

Seite 116

1⁹⁷³ Astronomie und Raumfahrt



INHALT

Zum neuen Jahrgang · Dr. Klaus Lindner	1
Nicolaus Copernicus und sein Verhältnis zur antiken Astronomie · Dr. D. B. Herrmann	2
Amateure beobachten und berichten	
Merkur im Großstadtdunst · Detlev Bedau	8
Bestimmung des wahren Monddurchmessers und der mittleren Bahnenexzentrizität des Mondes mit amateurastronomischen Mitteln · Christian Graß	10
Bildseiten	
Mariner-Mars-Fotos	I—IV
Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie	
Die Arbeit des ZFA und seiner Fachgruppen zwischen dem VII. und VIII. Bundeskongreß	17
Aus der Literatur	
Die Astrophysik — eine evolutionäre Wissenschaft · Prof. W. Ambarzumjan	16
Abfallverarbeitungsanlage für Raumschiffe — Wie wird die Sonnenenergie erzeugt? 3. Umschlagseite	
Entwicklung der militärischen Raumfahrt in den USA (I) · Karl-Heinz-Neumann	18
Mitteilungen der Astronautischen Gesellschaft der DDR	
Bericht über den XXIII. Kongreß der IAF in Wien, 9.—14. Oktober 1972	28
Redaktionsschluß: 16. November 1972	

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; Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitzschau, Straße der Jugend 8; Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“), 108 Berlin, Mohrenstraße 38/37; Heinz Mielke, 1603 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 Löfler, Jena.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1973 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 1490/63 des Preseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR.
Satz und Druck: IV/10/6 Druckhaus Freiheit Halle.

Zum neuen Jahrgang

Das vorliegende Heft unserer Zeitschrift ist das erste des zweiten Jahrzehnts ihres Erscheinens. Seit zehn Jahren ist die Zeitschrift ein treuer Ratgeber der Amateurastronomen und auch vieler Astronomielehrer unserer Republik. Sie hat in dieser Zeit, vor allem aber in den letzten Jahren, eine erhebliche Aufwärtsentwicklung genommen. Der Inhalt erreichte ein höheres Niveau, die Beiträge entsprachen immer besser den Anforderungen der Sternfreunde, die Zeitschrift erscheint pünktlich und die Bezieherzahl steigt ständig. All das ist Anlaß zur Freude; Anlaß, die Redaktion der Zeitschrift herzlich zum Abschluß des zehnten Jahrganges zu beglückwünschen.

Der Eintritt in das neue Dekennum markiert sich für unsere Leser durch eine Verbesserung des äußeren Erscheinungsbildes der einzelnen Hefte. Von der vorliegenden Nummer an wird unsere Zeitschrift in einem neuen Gewande erscheinen. Auch das ist Ausdruck der Verpflichtung, auf dem eingeschlagenen Entwicklungsweg weiter voranzuschreiten.

Die Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“ will die Belange der Amateurastronomen unserer Republik noch besser als bisher wahrnehmen. Sie will sowohl die Anfänger als auch die fortgeschrittenen Beobachter unter den Sternfreunden ansprechen. Sie will jenen etwas bieten, die eben erst durch den Astro-nomieunterricht der Oberschule auf unsere schöne und interessante Wissenschaft aufmerksam wurden. Sie will jene mit nützlichen Informationen und immer neuen Anregungen versorgen, die seit Jahrzehnten mit Hingabe Amateurastronomen sind und sich ein profundes Wissen und eine reiche Beobachtungs-praxis angeeignet haben.

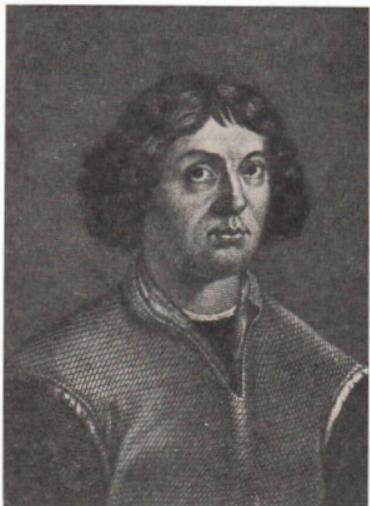
Diese Aufgabe ist gewiß nicht leicht, und es muß auch darauf hingewiesen werden, daß die Mitarbeit der Sternfreunde — sei es als Autoren umfangreicher Beiträge, sei es durch die Mitteilung von Beobachtungsergebnissen — ein ganz wesentlicher Faktor zur Gewährleistung eines hohen Niveaus ist. Auch in dieser Hinsicht haben die letzten Jahrgänge erkennen lassen, daß „Astronomie und Raumfahrt“ in wachsendem Maße eine Mittlerrolle zwischen den einzelnen Fachgruppen und Sternfreunden zukommt.

Das neue Jahrzehnt unserer Zeitschrift beginnt mit dem Jahre 1973, in dem sich der Geburtstag von Nicolaus Copernicus zum 500. Male jährt. Die Tat des großen Gelehrten, deren wir in diesem Jahre besonders gedenken, bedeutete in der Geschichte der Wissenschaft eine Revolution von ungeheurem Ausmaß. Durch sie wurde die Astronomie erst im eigentlichen Sinne zur Wissenschaft, durch sie wurde aber auch zum ersten Male in der Geschichte die eininige weltanschaulich-ideologische Bedeutung wissenschaftlicher Entscheidungen sichtbar. Es ist deshalb fraglos richtig, daß wir den weltanschaulichen Aspekt der kopernikanischen Wende besonders betonen.

In diesem Sinne darf das zeitliche Zusammenfallen des Eintretens in ein neues Jahrzehnt unserer Zeitschrift mit dem Copernicus-Jubiläum als Programm gelesen werden, denn eine der wesentlichen Aufgaben unserer Amateurtätigkeit — und der schulastronomischen Arbeit — ist die weltanschaulich-ideologische Bildung und Erziehung. Kein Sternfreund kann an den weltanschaulichen Konsequenzen seiner amateurastronomischen Tätigkeit vorbeideinen, und das werden stets dialektisch-materialistische Konsequenzen sein. Wer (in Volkssternwarten oder kleineren Beobachtungsstationen) in der Öffentlichkeitsarbeit steht, wird mit der Verbreitung wissenschaftlicher Kenntnisse stets auch Komponenten der weltanschaulichen Bildung gekoppelt sehen.

Indem die Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“ auch künftig wissenschaftlich denken und amateurwissenschaftlich forschen lehrt und hilft, leistet sie einen bedeutenden Beitrag zur Formung des wissenschaftlichen Weltbildes in all den Menschen, die wir mit unserer Arbeit erreichen. Möge es weiterhin eine erfolgreiche und freudebringende Arbeit sein!

Dr. KLAUS LINDNER
Vorsitzender des Zentralen Fachausschusses Astronomie



Nicolaus Copernicus und sein Verhältnis zur antiken Astronomie

Dr. D. B. HERRMANN

Unser Beitrag anlässlich der 500. Wiederkehr des
Geburtstages des großen polnischen Astronomen.

Abb. 1: Nicolaus Copernicus,
Stahlstich, Archiv des Verfassers.

Das Hauptwerk des Erneuerers der Astronomie, das bahnbrechende Buch „*De Revolutionibus Orbium Coelestium*“ (1543) ist die Frucht einer mehrere Jahrzehnte währenden Arbeit seines Verfassers gewesen. Schon im Jahre 1502 dürfte Copernicus mit der Ausarbeitung einer nichtptolemaischen Planetentheorie begonnen haben, aus der im Jahre 1508 der bekannte „*Kleine Kommentar*“ mit dem Originaltitel „*De hypothesibus motuum coelestium a se constitutis commentariolus*“ hervorging. In diesem Werk sind bereits die entscheidenden Grundlagen des kopernikanischen Weltsystems dargelegt und zwar in sieben Thesen:

1. Die Kreise, auf denen die Himmelskörper sich bewegen, haben verschiedene Mittelpunkte
2. Der Erdmittelpunkt ist Mittelpunkt der Mondbahn, nicht aber Mittelpunkt der Welt
3. Die Himmelskörper bewegen sich um die Sonne
4. Der Fixsternhimmel ist im Vergleich zu den Dimensionen des Planetensystems unendlich weit entfernt
5. Die Bewegung des Fixsternhimmels ist eine Folge der Erdrotation
6. Die Bewegung der Sonne am Himmel ist eine Folge der Erdrotation und des Umlaufs der Erde um die Sonne
7. Die Bewegungen der Planeten am Himmel entstehen aus der wirklichen Bewegung der Planeten um die Sonne und aus der Bewegung der Erde um die Sonne

Diese vereinfachte Form des kopernikanischen Weltbildes ist bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt die am weitesten verbreitete Darstellung seiner Grundideen und mit Recht; denn in diesen Thesen liegt das Wesentliche seiner Leistung begründet. Auch im Hauptwerk sind die entscheidenden Grundgedanken gesondert zusammengefaßt und zwar im ersten Teil von „*De Revolutionibus*“, der zugleich das erste von insgesamt 6 Büchern ist. Alle bekannten Copernicus-Zitate, die überwiegende Mehrzahl der Neueditionen beziehen sich auf dieses erste Buch.

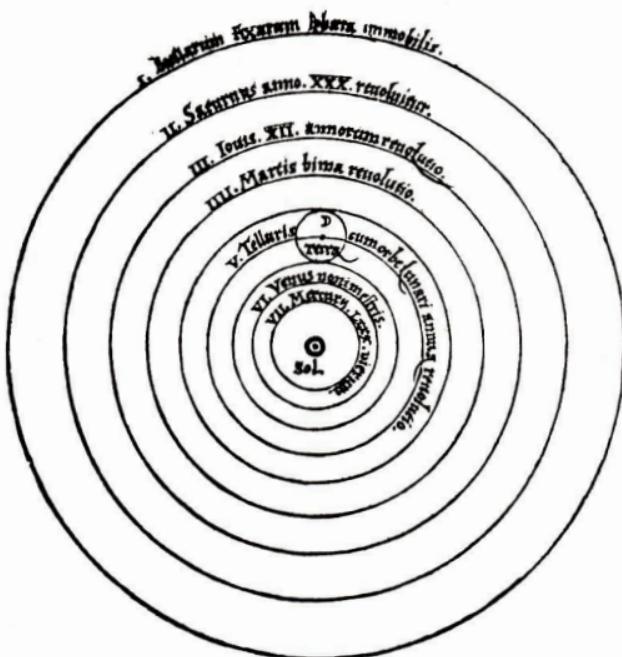
Diese Tatsache hat aber im Copernicus-Verständnis der breiteren Öffentlichkeit auch einen ernsten Mangel nach sich gezogen: wenn das Weltbild des Copernicus nur in vereinfachter Form dargestellt wird, bleibt nicht allein der Widerstand der Astronomen gegen das neue Weltsystem unverständlich, sondern auch die Einschätzungen verschiedener Historiker, daß es sich beim Weltsystem des Copernicus um eine Wiederbelebung antiker Ideen und Grundsätze handelt, wobei mit dieser Bemerkung keineswegs nur die antiken Vorläufer des Heliozentrismus gemeint sind, sondern ebenso die Vertreter Pythagoreisch-Platonischen Gedankengutes. Im folgenden sollen deshalb zu diesem Problemkreis einige Bemerkungen gemacht werden.

Abb. 2

Die bekannte Darstellung des kopernikanischen Systems aus dem in der Uni-Bibliothek der Karl-Marx-Universität Leipzig vorhandenen gedruckten Exemplar von „De revolutionibus“.

NICOLAI COPERNICUS

net, in quo terram cum orbe lunari tanquam epicyclo contineri diximus. Quinto loco Venus nono mense reducitur, Sextum denique locum Mercurius tenet, octuaginta dierum spacio circu surrens. In medio uero omnium residet Sol. Quis enī in hoc



pulcherimo templo lampadē hanc in alio uel meliori loco ponet, quām unde totum simul possit illuminare. Siquidem non inepti quidam lucernam mundi, alijs mentem, alijs rectorem uocant. Trimegistus uisibilēm Deum, Sophoclis Electra intuentē omnia. Ita profecto tanquam in solio regali Sol residens circum agentem gubernat Astrorum familiam. Tellus quoque minime fraudatur lunari ministerio, sed ut Aristoteles de animalibus ait, maximā Luna cū terra cognationē habet. Concipit interea à Sole terra, & impregnatur annuo partu. Inuenimus igitur sub hac

Copernicus und das Dogma der Kreisbahnen

Das folgenschwerste antike Element im kopernikanischen Weltbild ist die Übernahme des von Plato stammenden Gedankens, daß sich die Himmelskörper nur auf Kreisbahnen bewegen können. Diese Idee, auch bei Aristoteles nachdrücklich betont, wird allerdings von Copernicus anders begründet als

bei seinen antiken Vorgängern: während Plato hauptsächlich religiöse und Aristoteles physikalische Gründe heranzieht, schreibt Copernicus: „Die Beweglichkeit einer Kugel besteht nämlich darin, sich im Kreise zu bewegen, indem sie durch diese Tätigkeit ihre Form als diejenige des einfachsten Körpers ausdrückt, an welchem weder ein Anfang noch ein Ende zu finden ist“. Copernicus sieht also einen Zusammenhang zwischen Bewegungszustand und geometrischer Form eines Körpers.

Die Überzeugung des Copernicus, daß die Himmelskörper sich nur in Kreisbahnen bewegen können, konnte für die detaillierte Ausarbeitung seines Weltsystems nicht ohne Folgen bleiben. Die komplizierten Bewegungen der Sonne, der Planeten und des Mondes, die schon den Griechen bekannten ungleichen Längen der Jahreszeiten, die erste Ungleichheit der Planetenbewegung, dies alles kann in einem auf Kreisbahnen verharrenden heliozentrischen Planetensystem nicht ohne Schwierigkeiten dargestellt werden. Davon ist aber im ersten Buch von „De Revolutionibus“ keine Rede. Das Streben nach Harmonie und Einfachheit als Motiv für die Ausarbeitung der kopernikanischen Theorie kann deshalb auch bestenfalls auf die Grundidee Anwendung finden. Denn um die beobachteten Erscheinungen auf heliozentrischer Grundlage darzustellen, sah sich Copernicus gezwungen, in den nur für Mathematiker und Astronomen bestimmten Büchern 2 bis 6 seines Werkes recht verwickelte kinematische Konstruktionen zu verwenden, die im wesentlichen auf dem Rüstzeug der antiken Astronomie fußen, wie es im Hauptwerk des Ptolemäus überliefert ist. Durch die Einführung der Erdbebung sind insgesamt lediglich fünf Epizykel vermieden worden, so daß die kopernikanische Theorie der antiken geozentrischen Darstellung hinsichtlich deren Kompliziertheit praktisch zunächst kaum nachstand.

Ein eindrucksvolles Beispiel für die zwangsläufig ptolemäisch anmutende Kinematik der Planetenbewegung bei Copernicus ist die Erklärung der Merkurbewegungen im „Commentariolus“. Copernicus arbeitet hierbei mit zwei Epizykeln, wobei der Mittelpunkt des größeren Epizykels aber keineswegs einfach auf dem Bahnkreis entlangläuft; er führt vielmehr eine zusätzliche gradlinige Schwankung in Richtung des Bahnkreisradius aus und zwar mit einer halbjährigen Periode (s. Abb. 3). Diese Bewegung wird durch die sog. Geradführung mit Hilfe von zwei gleichgroßen Kreisen beschrieben. Der „innere Kleinkreis“ enthält auf seiner Peripherie den Mittelpunkt des größeren Epizykels. Durch Wahl eines vorgegebenen Verhältnisses der Winkelgeschwindigkeiten und Umlaufsrichtungen kann man erreichen, daß der Punkt P sich stets auf einer Geraden mit der zweifachen Länge des Kreisdurchmessers hin- und herbewegt, so daß damit auch diese Bewegung auf gleichförmige Kreisbewegungen zurückgeführt ist. Diese und ähnliche Erklärungen der Bewegungsabläufe kehren auch im späteren Hauptwerk „De revolutionibus“ wieder.

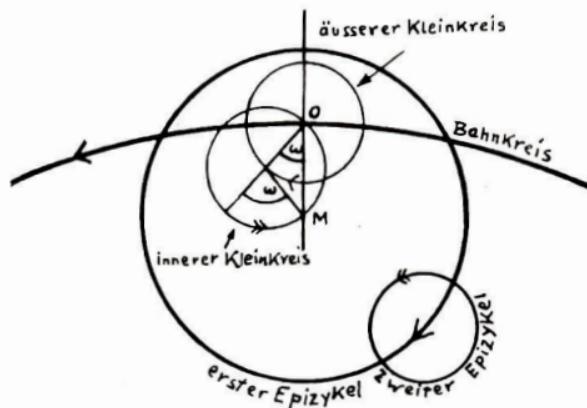


Abb. 3:
Kinematik der Bewegung des Merkur nach Copernicus.

Antike Quellen bei Copernicus

Unter den Werken der antiken Denker gab es zwei einander entgegengesetzte Tendenzen: einmal das hervorragend ausgearbeitete geozentrische Werk des Ptolemäus, zum anderen die gar nicht durchgearbeiteten heliozentrischen Spekulationen. Wie ist es mit der Kenntnis dieser Quellen zu Copernicus' Zeit bestellt?

Es ist ein untrennbarer Bestandteil der Renaissance gewesen, daß man sich dem Studium der Werke

der Antike zuwendete. Dies trifft auch auf die Meisterwerke der Astronomie des Altertums zu. Der griechische Text des „Almagest“ kam erstmals im Jahre 1538 in Basel heraus; eine weitere Ausgabe erfolgte erst im 19. Jahrhundert. Aus dem Verzeichnis der Bibliothek des Copernicus ist bekannt, daß er die Baseler Ausgabe seit 1539, also schon ein Jahr nach ihrem Erscheinen, in seinem Besitz gehabt hat. Es wird jedoch angenommen, daß die Niederschrift des kopernikanischen Hauptwerkes schon 1533 abgeschlossen war, so daß diese Ausgabe darauf keinen Einfluß mehr gehabt haben kann. Copernicus' Kenntnisse des Ptolemäischen Gedankengutes beruhten offenbar hauptsächlich auf einer Ausgabe des Gerhard von Cremona, die 1515 erschienen war und wiederum auf einer arabischen Übersetzung basierte. Sie war ein typisches Beispiel für die durch zahlreiche Übersetzungen und Abschriften bereits stark vom Original abweichenden Antikeausgaben. Das Originalexemplar aus dem Besitz von Copernicus hat sich in der Universitätsbibliothek in Uppsala erhalten. Für die Copernicus-Forschung ist es ein äußerst aufschlußreiches Dokument, weil es über 150 handschriftliche Anmerkungen enthält, größtenteils Korrekturen der verstimmtelten Übersetzung. Diese Tatsache zeigt, daß es Copernicus ernsthaft darum zu tun war, sich mit dem Originalwerk des großen antiken Astronomen auseinanderzusetzen und daß er selbst vor den mühsamen Rekonstruktionsarbeiten nicht zurückschreckte.

Mit Hilfe welcher Unterlagen hat er aber die Korrekturen bewerkstelligt?

Copernicus verfügte in seiner Bibliothek über eine ganze Reihe anderer antiker Werke, die im Zuge der Renaissance neu herausgekommen waren. Als Beispiele seien genannt: die „Geographia“ von Ptolemäus (lateinische Ausgabe von 1486), der Kommentar zum Aratos von Theon von Alexandrien (griechische Ausgabe von 1499), die „Naturalis Historia“ von Plinius (römische Ausgabe von 1473, venezianische Ausgabe von 1487). Von besonderer Wichtigkeit ist jedoch zweifellos die Almagest-Ausgabe von Peurbach und Regiomontan gewesen. Dabei handelt es sich um einen Auszug, den die beiden Reformatoren der Sternkunde hergestellt hatten und der 1496 als „Epitoma Ioannis de Monte Regio in Almagestum Ptolemei“ herauskam.

Sowohl für Peurbach als auch für seinen Schüler Regiomontan (Johannes von Müller) war es ein Hauptanliegen, die Werke der antiken Denker von ihren Verfälschungen zu befreien und in möglichst originaler Form wieder bereitzustellen. Das Schicksal der Entstellungen und Verzerrungen hatte den „Almagest“ mit besonderer Härte betroffen, denn dieses Buch war durch Kopien weit verbreitet. Eine der Kopien hatten die Araber in ihre Sprache übersetzt, wobei das früher „Syntaxis“ benannte Werk auch den heute üblichen Namen „Almagest“ erhielt. Im 12. Jahrhundert gelangte das griechische Original aus den Handschriften „schatzen von Byzanz nach Palermo, wo es wiederum ins Lateinische übertragen wurde. Eine weitere Übersetzung von Trapezuntius hatte Nicolaus V. veranlaßt. Diese Übersetzung zeigte besonders deutlich die Gefahr an, die für die antiken Werke aus der Tatsache erwuchs, daß sachkundige Übersetzer zu Sachwaltern des wertvollen Erbgutes eingesetzt wurden. Die Übersetzung von Trapezuntius stand im besonderen Kreuzfeuer der Kritik.

N. Perotto hatte sie als „nicht lateinisch, sondern barbarisch“ gebrandmarkt. Peurbachs Vorsatz, eine authentische Almagest-Ausgabe unter Benutzung des Originalmanuskriptes vorzubreiten, ist also verständlich; nach Peurbachs unerwartet frühem Tode reiste an seiner Stelle Regiomontan nach Rom, um das Vorhaben seines Lehrers zu verwirklichen. Über die Trapezuntius-Ausgabe hat er in Rom ein unzweideutiges Urteil abgegeben, indem er sagte, sie sei „so abgeschmackt, daß Ptolemäus, wenn er wieder auf die Welt käme, sie nicht wiedererkennen würde“. Die Folge war ein Streit mit Trapezuntius und dessen Söhnen, wodurch Regiomontan zur baldigen Wiederabreise gezwungen wurde. Die Zeit hatte aber ausgereicht, um den von Peurbach vorbereiteten Auszug des „Almagest“ anhand des Originalmanuskriptes zu vollenden. So entstand der schon genannte Auszug von Peurbach und Regiomontan, der zweifellos für Copernicus das wichtigste Quellenmaterial war.

Copernicus schätzte das Werk des Ptolemäus hoch ein. Die Behandlung der Planetenkinematik sowie mancher anderen Einzelheit seines eigenen Werkes zeigen, daß er vieles aus diesem Werk übernahm. Aber das Entscheidende blieb natürlich die prinzipielle Kritik an dieser Planetentheorie: „Denn obgleich C. Ptolemäus von Alexandrien, der an bewunderungswürdiger Geschicklichkeit und Umsicht die übrigen weit überragt, mit Hilfe der Beobachtungen von vierhundert und mehr Jahren diese Wissenschaft fast zur Vollendung gebracht hat, so daß es bereits den Anschein hatte, es fehle nichts, was er nicht berührt hätte, so sehen wir doch, daß das meiste nicht mit dem übereinstimmt, was aus seiner Überlieferung folgen sollte.“

Die antiken Vorläufer des heliozentrischen Gedankengutes waren Copernicus aus den schon genannten Werken ebenfalls gut bekannt. In seinem Widmungsartikel an den Papst Paul III. führt er aus, daß er sehr sorgfältig gesucht habe, „ob nicht irgendeiner einmal die Ansicht vertreten hätte, die Bewegungen der Sphären des Weltalls seien anders geartet als diejenigen anzunehmen, die in den Schulen die mathematischen Wissenschaften gelehrt haben“. Bei dieser Suche sei er auf Nicetas, Philolaos, Herakleides und Ekphantos gestoßen.

Auch die prinzipielle Bekanntheit mit dem heliozentrischen Weltsystem des Aristarch von Samos ist nicht unwahrscheinlich; allerdings fragt es sich, ob Copernicus den spärlichen Quellen, die ihm darüber zugänglich waren, allzu große Bedeutung beigegeben hat. Die ausführlichste Darlegung der heliozentrischen Ideen des Aristarch ist nämlich in der sog. „Sandrechnung“ des Archimedes überliefert, die aber erst nach dem Tode von Copernicus herausgekommen ist. Copernicus erwähnt daher Aristarch lediglich als Fixsternbeobachter und im Zusammenhang mit anderen astronomischen Leistungen. Die einzige Stelle, die auf Aristarchs Bekennnis zum Heliocentrismus Bezug nimmt, hat er später im Manuskript von „De revolutionibus“ wieder durchgestrichen. Offensichtlich, weil er aufgrund der ihm zur Verfügung stehenden Kenntnisse die Angabe für nicht gewichtig genug erachtete. In Anbetracht der Absicht seines Vorwortes hätte es ihm ansonsten nur willkommen sein können, „mit einem einwandfreien Verfechter seiner Lehre aus dem Altertum aufzumarschieren“ (Brachvogel). So aber mußte er es mit dem Verweis auf die anderen Autoritäten sowie einem allgemeinen Hinweis auf die Rolle der Sonne als Chorführer, als Beherrschender und König der Natur, also auf den Sonnenkult der Alten, bewenden lassen.

Wiederholt Copernicus antike Ideen?

Ist die Annahme, daß Copernicus lediglich einen „Neuaufguß“ antiker Ideen vorlegte, schon aus den oben genannten Gründen sehr wenig wahrscheinlich, so mutet sie geradezu unsinnig an, wenn man den historischen Gesamtzusammenhang, aus dem das kopernikanische Werk erwuchs, betrachtet. Dessen ungeachtet haben Historiker immer wieder versucht, Copernicus als Vollender der antiken Astronomie hinzustellen, während er in Wirklichkeit ihr Überwinder gewesen ist. Im Vorwort zu „Des Joachim Rheticus Erster Bericht über die 6 Bücher des Kopernikus“ hat Karl Zeller 1943 diese Ansicht aus sehr durchsichtigen Gründen unumwunden zum Ausdruck gebracht. Er meint dort, daß auf dem tiefreligiösen Grund der Geistigkeit des Copernicus Blumen aus Samenkörnern erblüht seien, „die einst im pythagoreischen Denken, im platonischen und im aristotelischen Garten gereift waren“.

Auch E. Zinner hat die antiken Ideen des Heliozentrismus ausdrücklich als die entscheidende Quelle des kopernikanischen Weltbildes bezeichnet und in diesem Zusammenhang darauf verwiesen, daß Copernicus in seiner Widmung an den Papst selbst ein ausdrückliches Bekennen zu diesen Autoren abgelegt hat. Bei der Einschätzung dieses Vorwortes muß man aber — wie bei den Widmungsadressen vieler kühner Bücher — in Rechnung stellen, daß es einen ganz bestimmten Zweck erreichen sollte. Copernicus' Zögern bei der Herausgabe seines Hauptwerkes ist bekannt. Er war sich natürlich vollauf bewußt, daß er sich mit diesem Buch in offenen Gegensatz zur herrschenden Auseinandersetzung stellen würde. Deshalb mußte ihm, nachdem er sich zur Veröffentlichung entschlossen hatte, viel daran gelegen sein, den Papst günstig zu stimmen. Die Berufung auf antike Autoritäten war dabei sicherlich ein geschickter Schritt als der Hinweis auf allerorts sich verdichtende Zweifel von Zeitgenossen. Dennoch sind auch diese indirekt in der Widmung enthalten. So z. B., wenn Copernicus davon spricht, daß ihn „zum Nachdenken über eine andere Art, die Bewegungen der Sphären des Weltalls zu berechnen, nichts anderes bewogen hat als die Einsicht, daß sich selbst die Mathematiker bei ihren Untersuchungen nicht einig sind. Denn erstens sind sie über die Bewegung der Sonne und des Mondes so im Ungewissen, daß sie die ewige Größe des vollen Jahres nicht abzuleiten und zu beobachten vermögen. Zweitens wenden sie bei Feststellung der Bewegungen sowohl jener als auch der übrigen fünf Planeten weder dieselben Grund- und Folgesätze noch dieselben Beweise für die zu beobachtenden Umkreisungen und Bewegungen an“. Damit verweist Copernicus sowohl auf die für die Praxis nicht ausreichende Genauigkeit als auch auf die theoretische Uneinheitlichkeit des Ptolemäischen Systems.

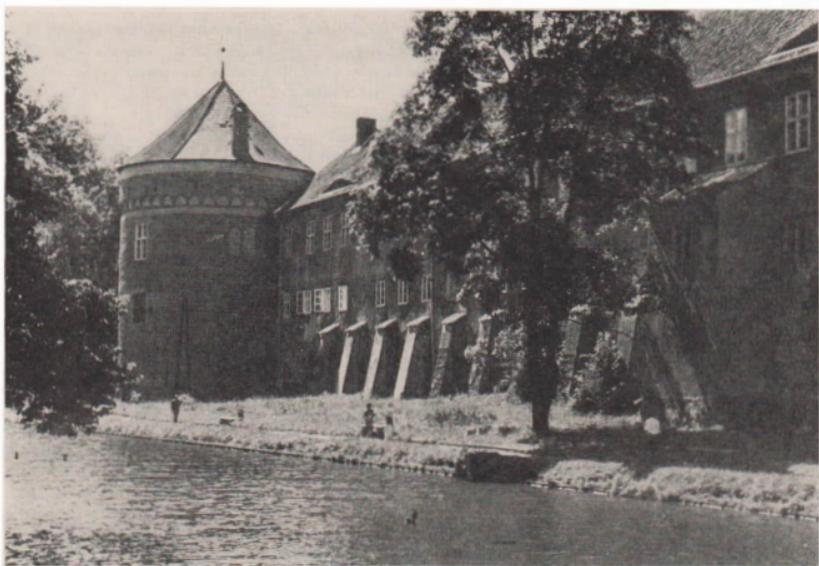
Schon 1802 hat ein bekannter Historiker der antiken Sternkunde, Schaubach, geltend gemacht, daß Copernicus durch die „vermehrten und schärferen Beobachtungen, durch die Unregelmäßigkeit im Laufe der Planeten und durch die veränderlichen scheinbaren Durchmesser derselben“ auf sein System geführt worden sei, während die Griechen und ihre Vorgänger „von diesem allen“ nichts wußten.

Daß die ersten Zweifel des Copernicus am System der Alten nicht aus dem Studium der Vertreter heliozentrischer Ideen in der Antike, sondern aus der Begegnung mit Zeitgenossen erwachsen sind, dürfte jetzt unbestritten sein.

Als Copernicus von seinem Onkel, dem einflußreichen und fortschrittlichen Politiker und späteren Bischof Lucas Watzenrode auf die Universität Kraków geschickt wurde, hörte er dort Vorlesungen auch von Wojciech von Brudzew und Jan von Glogow. Beide waren echte Vertreter der Renaissance-Wissenschaft und hatten verschiedene Werke antiker Autoren herausgegeben und kommentiert. Brudzew hatte u. a. einen Kommentar zur Peurbachschen Planetentheorie geschrieben. Bei aller

Abb. 4: Schloß in Lidzbark Warmiński; ehemaliger Sitz des Bischofs von Warmia (Ermland). Hier absolvierte Copernicus nach der Rückkehr aus Italien an der Seite seines Onkels, väterlichen Freundes und Förderers, des Bischofs Lukas Watzenrode ein „politisches Praktikum“ (1503 bis 1510). In diesen Jahren assistierte er seinem Onkel auf Ständetagungen, bei politischen Unterhandlungen sowie in administrativen und wissenschaftlichen Fragen.

Foto und Text: Dr. Manfred Schukowski



Spärlichkeit der Quellen ist es doch einigermaßen wahrscheinlich, daß Copernicus dort auch etwas von der Zweifeln Peurbachs an der antiken Theorie vernommen hat. In Italien hat er dann bei D. M. di Novara in Bologna an dessen Beobachtungen teilgenommen und sich selbst von einigen Diskrepanzen zwischen den tatsächlichen Gestirnsörtern und den aus der Ptolemäischen Theorie folgenden Positionen überzeugt. Die Kritik von Peurbach und Regiomontan an einigen Punkten der Ptolemäischen Mondtheorie hat er durch eigene Beobachtungen bestätigen können.

Inwieweit er im einzelnen von den zahlreichen anderen Versuchen, die Erscheinungen auf der Grundlage neuerer oder abgeänderter Modelle zu retten, gehört hat, sei dahingestellt. Es gab deren jedenfalls verschiedene: In Padua versuchte nach 1501 G. Francastoro gemeinsam mit G. B. Della Torre eine neue geozentrische Darstellung des Kosmos; er benötigte dazu 79 Kugelschalen. 1537 publizierte G. B. Amici ein Werk, in dem er die Epizylen ebenfalls durch Kugelschalen zu ersetzen versuchte. C. Calgagnini postulierte eine Erdrotation um eine Achse, die mit Jahresperiode einen Kegel beschreibt. In Italien standen A. Achillini und der Plato-Anhänger M. Ficinus in einem wissenschaftlichen Streit, wobei Achillini aus spekulativen Motiven eine heliozentrische Auffassung vertrat. J. Angelus in Deutschland wies darauf hin, daß die allgemein verbreitete Bewegungslehre die Planetenrörter falsch wiedergebe.

Bei Copernicus läßt sich also eine genaue Kenntnis der antiken astronomischen Tradition nachweisen; es läßt sich zeigen, daß er sich mit dem antiken Wissensgut ernsthaft auseinandergesetzt hat, eine Reihe antiker, besonders pythagoreisch-platonischer Gedankengänge zu seinen eigenen machte und daraus sein heliozentrisches System errichtete. Dafür gab es keinerlei Vorläufer; verglichen mit der kopernikanischen Leistung, ein mathematisch durchgearbeitetes heliozentrisches System geschaffen zu haben, sind die antiken Vertreter des Heliocentrismus letztlich in Spekulationen gefangen geblieben, die dem durchgearbeiteten Gesamtwerk des Ptolemäus schon an Gediegenheit weit unterlegen waren.

Das kopernikanische Werk ist aber nicht nur eine wissenschaftlich konsequenter Durcharbeitung

antiker Ideen; es so zu sehen, wäre reiner Formalismus. Das Werk des Copernicus ist vielmehr objektiv auch das Werk der angebrochenen gesellschaftlichen Umwälzungen, die vor allem durch das Aufkommen einer neuen Klasse, der Bourgeoisie, und der damit verbundenen neuen Produktionsverhältnisse bestimmt waren. Die Entwicklung eines Systems von Beziehungen, das auf dem Kauf und Verkauf von Waren basiert und damit den neuzeitlichen Handel schuf, brachte günstige Bedingungen und schließlich auch einen steigenden Bedarf für wissenschaftliche Kenntnisse hervor. Die Fülle der Zweifel am alten System des Ptolemäus häuft sich nicht zufällig gerade in jener Epoche einer breiten Strömung fortschrittlichen Gedankengutes.

Durch Copernicus und sein Werk hat sich der entscheidende Umbruch des alten astronomischen Weltbildes vollzogen, ein Teil des gesamten Umbruchs der Renaissance. Dabei handelte es sich bekanntlich nicht nur um unterschiedliche Meinungen einzelner Gelehrter, sondern um die Interessen von Klassen, die hart aufeinanderprallten. Und doch sind diese äußeren Widersprüche nur ein Teil jenes Prozesses, der schließlich zur Durchsetzung der neuen wissenschaftlichen Wahrheit führte.

Nicht geringer – wenn auch von anderer Art – waren die Kämpfe, die sich in dem widersprüchvollen inneren Gefüge des bahnbrechenden kopernikanischen Werkes niedergeschlagen haben: einerseits der Übergang zur bewegten Erde, zu einer nie zuvor erlangten Einfachheit und Harmonie, andererseits der Zwang zum Verharren auf dem Kreisbahndogma, der historisch bedingt war und schwere Konsequenzen für die vermeintlich errungene Umkompliziertheit nach sich zog.

Sodordringen sich schließlich revolutionäre und überkommene Elemente in dem berühmten Buch des Domherrn von Frombork. Aber worin das Wesentliche nun eigentlich besteht, darüber kann es keinen Zweifel geben, denn die weitere Geschichte der Astronomie selbst hat die Antwort gegeben: von den antiken Elementen, den Kreisbahnen, Epizykeln und Hilfskreisen ist das Modell durch die Erforschung der Tatsachen von Kepler schon bald befreit worden, so daß der Kerngedanke, die Widerspiegelung der tatsächlichen Struktur des Planetensystems um so klarer hervortrat.

Die Entwicklung hat damit auch jene schlagend widerlegt, die — wie Osiander in seinem von Copernicus nicht autorisierten Vorwort — glauben machen wollten, das neue System sei nur eine mathematische Konstruktion mit dem ausschließlichen Ziel, die Rechnungen den Beobachtungen besser anzupassen. Gerade dies war es nicht. Dem kopernikanischen Umbruch liegt vielmehr eine wissenschaftliche Wahrheit zugrunde, die weder durch gesellschaftliche Widerstände noch durch wissenschaftlichen Widerspruch auf die Dauer geknebelt werden konnte.

Literatur:

Brachvogel, E.: Nikolaus Kopernikus (1473–1543) und Aristarch von Samos (etwa 310–230 v. Chr.). In: Zeitschrift für die Geschichte Ermlands, Bd. 25 (= Sonderdruck Braunschweig 1935). — Burger, C.: Buchhändleranzeigen des 15. Jahrhunderts, Leipzig 1901. — Contro, W. S. u. a.: Zur Kinematik der Planetenbewegung in Copernicus' Commentariolus, In: Archive for History of Exact Sciences, 6 (1970) 360–371. — Copernicus, N.: Über die Kreisbewegungen der Weltkörper, Hgg. und eingel. v. G. Klaus, Ann. v. A. Birkenmajer, Berlin 1959. — Copernicus, N. (Kopernikus): Erster Entwurf seines Weltsystems, Hgg. v. F. Rossmann, München 1949. — Dijksterhuis, E. J.: Die Mechanisierung des Weltbildes, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1956. — Harig, G.: Die Tat des Kopernikus, Leipzig 1962. — Kauffeldt, A.: Der Umsturz des mittelalterlichen Weltbildes, Berlin 1954. — Müller, M.: Aristarch von Samos als Vorläufer des Kopernikus, In: Wiss. Zeitschr. d. Hochschule f. Verkehrswesen Dresden 6 (1959) 257–265. — Prowe, L.: Über die Abhängigkeit des Copernicus von den Gedanken griechischer Philosophen und Astronomen, In: Neue Preußische Provinzialblätter, Dritte Folge, Bd. 10, Königsberg 1865. — Ptolemäus: Handbuch der Astronomie, Bd. 1, Dt. Übers. u. erl. Anmerk. v. Manitius, Leipzig 1963. — Schubach, K. R.: Geschichte der griechischen Astronomie bis auf Eratosthenes, Göttingen 1802. — Wattenberg, D.: De revolutionibus orbium coelestium, Nikolaus Kopernikus und die Geschichte seines Lebenswerkes, Vorträge und Schriften der Archenhold-Sternwarte Nr. 33, Berlin-Treptow 1969. — Zinner, E.: Geschichte der Sternkunde, Berlin 1931.

Amateure beobachten und berichten

Merkur im Großstadtdunst

In der Schülerarbeitsgemeinschaft und später in der astronomischen Fachgruppe des Kulturbundes Magdeburg widmete ich mich dem Kennenlernen des Sternenhimmels, der Leistungsfähigkeit unserer Fernrohre und den verschiedenen Beobachtungsmethoden. Meine ersten selbständigen Arbeiten befaßten sich mit der Vermessung einiger Doppelsterne und der visuellen und photographischen Verfolgung der Planetoiden Ceres und Vesta.

Zu Anfang des Jahres 1971 stellte ich mir eine größere Aufgabe. Angeregt durch unsere Beobachtung des Merkurdurchgangs von 1970 Mai 9 in der Sternwarte Magdeburg, nahm ich die Beobachtung dieses Planeten auf, um die Beobachtungsmöglichkeiten unter den recht ungünstigen Sichtbedingungen einer Großstadt zu studieren. Merkur gilt ja als ein schwer zu beobachtendes Objekt, da er stets nur in Horizont- und Dämmerungsnahe bzw. am Tage in Sonnennähe aufzufinden ist.



Abb. 1
Datum: 71 III. 23
Zeit (MEZ): 19.10
Fernrohr: 50/540
Vergr. 67,5 ×
Phasenwinkel: 52°



Abb. 2
Datum: 71 III. 27
Zeit (MEZ): 19.10
Fernrohr: 150/2250
Vergr. 90 ×
Phasenwinkel: 81°



Abb. 3
Datum: 71 IV. 8
Zeit (MEZ): 19.25
Fernrohr: 150/2250
Vergr. 90 ×
Phasenwinkel: 110°



Abb. 4
Datum: 71 IV. 13
Zeit (MEZ): 19.30
Fernrohr: 80/1200
Vergr. 30 ×
Phasenwinkel: 137°

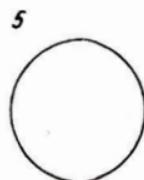


Abb. 5
Datum: 71 VI. 29
Zeit (MEZ): 19.20
Fernrohr: 80/1200
Vergr. 120 ×
Phasenwinkel: 33°

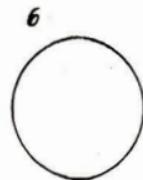


Abb. 6
Datum: 71 VII. 1
Zeit (MEZ): 20.20
Fernrohr: 80/1200
Vergr. 120 ×
Phasenwinkel: 35°



Abb. 7
Datum: 71 VII. 5
Zeit (MEZ): 14.50
Fernrohr: 80/1200
Vergr. 120 ×
Phasenwinkel: 54°



Abb. 8
Datum: 71 VII. 6
Zeit (MEZ): 20.00
Fernrohr: 80/1200
Vergr. 120 ×
Phasenwinkel: 66°



Abb. 9
Datum: 71 VII. 7
Zeit (MEZ): 15.00
Fernrohr: 80/1200
Vergr. 120 ×
Phasenwinkel: 75°



Abb. 10
Datum: 71 VIII. 8
Zeit (MEZ): 15.35
Fernrohr: 80/1200
Vergr. 200 ×
Phasenwinkel: 79°



Abb. 11
Datum: 71 VIII. 13
Zeit (MEZ): 19.45
Fernrohr: 80/1200
Vergr. 120 ×
Phasenwinkel: 90°



Abb. 12
Datum: 71 VIII. 6
Zeit (MEZ): 12.50
Fernrohr: 80/1200
Vergr. 120 ×
Phasenwinkel: 129°

Zum Einsatz gelangten alle in der Schulsternwarte vorhandenen Fernrohrtypen: Bastelfernrohr 50/540, Amateurfernrohr 80/1200 und Meniscas 150/2250. Das Bastelfernrohr war mit einfacher parallaktischer Montierung und Dreibeinstativ, die beiden anderen Rohre mit der parallaktischen Montierung 1b auf Säulenstativ mit Nachführmotor versehen. Es wurden je nach Sichtbedingungen verschiedene Vergrößerungen angewendet, die von 30 × bis zu 200 × reichten. In einem Fall wurde auch probeweise der Okularfarbglasrevolver benutzt.

Konnte ich den Merkur nicht mit bloßem Auge entdecken, stellte ich das Fernrohr nach den interpolierten geozentrischen Planetenkoordinaten des „Kalenders für Sternfreunde“ oder bei Tagbeobachtungen auch nach Koordinatendifferenzen zur Sonne ein. Zum Abschätzen der Lage des Terminators verwendete ich das bei der Venus übliche Verfahren.

Meine ersten Beobachtungen (Abb. S. 16) führte ich in der Abendsichtbarkeit im März und April 1971 durch. Es erfolgten hier insgesamt 5 Einzelbeobachtungen. Besonders interessant war, daß ich 1971 März 27 bei Benutzung des Meniscas mit 90facher Vergrößerung in der Nähe des Terminators einen dunkel getönten Rand sah (Abb. 2). Die letzte erfolgreiche Beobachtung dieser Sichtbarkeitsperiode gelang 1971 April 13 mit dem Amateurfernrohr bei 30facher Vergrößerung. Diese Beobachtung erfolgte also 6,2 Tage vor der unteren Konjunktion bei nur 10,5 Grad Sonnenabstand und einer scheinbaren Helligkeit von 2,1 (Abb. 4).

Ermöglicht durch die meine Erwartungen übersteigenden Erfolge nutzte ich nun sowohl die nachfolgenden Abendsichtbarkeiten 1971 Juni/Juli und 1972 März als auch die Morgensichtbarkeit 1971 September. Bereits 8,4 Tage nach der oberen

Konjunktion konnte ich Merkur 1971 Juni 29 bei nur 9 Grad Sonnenabstand im Amateurfernrohr mit 120facher Vergrößerung entdecken (Abb. 5). Insgesamt gelangten mir bis 1971 August 6 abends 5 und tagsüber 4 Beobachtungen. Nach eigenen Beobachtungen der Lage des Terminator ermittelte ich für diese Zeit ein Anwachsen des Phasenwinkels von 33 Grad auf 129 Grad (Abb. 5 bis 12). Nach Übergang zu Tagesbeobachtungen ergaben erstaunlicherweise die Phasenwinkel des Merkur von 1971 Juli 5 an bis zum Ende dieser Sichtbarkeitsperiode kleinere Werte als die theoretischen. Diesen Unterschied zwischen Dämmerungs- und Tagesbeobachtungen konnte ich auch am Morgen von 1971 September 15 durch zwei nacheinander erfolgten Beobachtungen belegen: um 5 Uhr ergab sich ein beleuchteter Teil von 0,55 und um 8 Uhr einer von 0,45.

Beim Einsatz des Okularfarbglasrevolvers zeigte sich im neutralen und zelben Filter das beste, gestochene Bild des Merkur. Hier sind jedoch meine Untersuchungen noch nicht abgeschlossen, da mir zu wenig Abschätzungen der Terminatorlage mit den einzelnen Filtern vorliegen.

Erwünshtewert sind noch drei Beobachtungen, die ich am Amateurfernrohr mit 200facher Vergrößerung anstelle. So sah ich 1971 Juli 8 in der nördlichen Hälfte des Merkur einen schwach dunklen Fleck (Abb. 10), 1971 Juli 13 ein dunkles Band (Abb. 11) und 1971 August 8 auf der sehr schmalen, rauchig dunkel erscheinenden Siebel helle Flecke (Abb. 12). Bei den dunklen und rauchig erscheinenden Gebieten handelt es sich offenbar um die von Antoniadi mit „solitudo“ bezeichneten Objekte, während die hellen Flocke Zwischengebiete darstellen könnten (siehe „Die Sterne“ 1970, Heft 4, J. Herrmann, „Der heutige Stand der Merkurforschung“).

Insgesamt kann ich zu der Erkenntnis, daß Merkur bei Geduld und Glück mit dem Wetter ein recht dankbares Objekt ist. Es zeigte sich, daß die Großstadtbefindungen grundsätzlich kein Hindernis für Merkurbeobachtungen darstellen, obwohl man bei günstigeren Voraussetzungen sicherlich noch mehr erreichen könnte. Die Wahrscheinlichkeit den Planeten aufzufinden, ist – sowohl von der scheinbaren Helligkeit als auch von der Elongation her – etwas größer als im „Kalender für Sternfreunde“ angegeben.

Das Abschätzen der Terminatorlage ist bei großem beleuchtetem Teil der Merkurscheibe schwieriger als bei kleinen beleuchtetem Teil, da er ja dann einen kleinen scheinbaren Durchmesser besitzt. Tagesbeobachtungen liefern zwar ein schärferes Merkurbild, ergeben aber auch kleinere Werte für den Phasenwinkel. Die Betrachtung des Merkur mit einem Refraktor erscheint günstiger als mit einem Reflektor.

Die für mich wichtigste Erkenntnis war jedoch, daß unsere relativ kleinen Fernrohre schon ausreichen, um einige Oberflächendetails des Merkur zu erfassen. Leider wurde in der neuen Merkurkarte im erwähnten Artikel von J. Herrmann keine Objektbezeichnungen mitgeteilt, was es mir erschwert, eventuell über die Identifikation der gesuchten Details einen Beitrag zur Konkretisierung der Merkurrotation zu versuchen.

Meine Erfahrungen veranlassen mich, den Amateuren und Fachgruppen den Merkur als Beobachtungsobjekt zu empfehlen, um ihre beobachtungspraktischen Fähigkeiten zu erproben bzw. um das Beobachtungsmaterial über diesen in einem der Brennpunkte der astronomischen Wissenschaft stehenden Planeten bereichern zu helfen.

DETLEF BEDAU
Schüler, 17 Jahre
Magdeburg

Bestimmung des wahren Monddurchmessers und der mittleren Bahnexzentrizität des Mondes mit amateurastronomischen Mitteln

CHRISTIAN GRASS

Anliegen dieses Beitrages ist es, am Beispiel des Themas detailliert zu zeigen, wie mit einfachen Mitteln durchaus achtbare Ergebnisse bei der Bestimmung von astronomischen Konstanten zu erzielen sind. Es sei erwähnt, daß sich das Verfahren analog auch auf die Sonne anwenden läßt. Als Meßmittel wurden verwendet ein Refraktor 63/630 mit Fadenkreuzokular $f = 12,5$ mm, ein Theodolit mit einer Ablesegenaugigkeit von $\pm 30''$ und eine Stoppuhr mit einer Ablesegenaugigkeit von $\pm 0,1$ s.

Bestimmung des wahren Monddurchmessers

Um den wahren Monddurchmesser bestimmen zu können, ist zunächst der scheinbare Durchmesser des Mondes zu ermitteln, welchen man aus der Durchgangszeit des Vollmondes durch das Fadenkreuz eines ruhenden Fernrohres erhält. Bei der Durchgangszeitbestimmung beachte man, daß in Meridian-nähe beobachtet wird, da sonst durch den schrägen Durchgang des Mondes durch das Fadenkreuz, die Durchgangszeiten zu groß ausfallen bzw. zusätzliche Rechnungen auftreten. In Tabelle 1 sind die Durchgangszeiten von 9 nacheinander durchgeführten Messungen in Meridiannähe angegeben, die am 18. 7. 70 angestellt wurden. Die weiteren Spalten dienen der Fehlerbetrachtung, die parallel zur Rechnung durchgeführt wird. Dabei bedeuten t_D die gemessenen Durchgangszeiten, t_M den Mittelwert der 9 Durchgangszeiten, Δt_D die Differenz zwischen Mittelwert und gemessener Durchgangszeit, n die Anzahl der Messungen und m_D den mittleren Fehler des arithmetischen Mittels.

Tabelle 1

Nr. der Messung	t_D	Δt_D	$(\Delta t_D)^2$
	s	s	s^2
1	151,1	-0,33	0,1089
2	151,9	0,47	0,2209
3	150,8	-0,63	0,3969
4	151,4	-0,03	0,0009
5	151,6	0,17	0,0289
6	151,2	-0,23	0,0529
7	150,9	-0,53	0,2809
8	151,8	0,37	0,1369
9	152,2	0,77	0,5929

$$\bar{t}_D = 151,43 \text{ s}$$

$$\sum (\Delta t_D)^2 = 1,8201 \text{ s}^2$$

Der mittlere Fehler der Meßreihe ergibt sich nach

$$m_{tD} = \pm \sqrt{\frac{\sum (\Delta t_D)^2}{n(n-1)}} = \pm \sqrt{\frac{1,8201 \text{ s}^2}{72}}$$

$$m_{tD} = 0,159 \text{ s} \approx 0,2 \text{ s.}$$

Somit beträgt die aus der Meßreihe ermittelte Durchgangszeit des Mondes $t_D = 151,4 \text{ s} \pm 0,2 \text{ s}$ mit einem Fehleranteil von

$$\left| \frac{m_{tD}}{t_D} \right| = \frac{0,2 \text{ s}}{151,4 \text{ s}} \approx 0,132 \text{ %.}$$

Mit dem erhaltenen Wert der Durchgangszeit lässt sich nun der scheinbare Monddurchmesser errechnen.

Bekanntlich rotiert die Erde in $23^h 56^m 04,0^s$ einmal um ihre Achse und mit ihr das feststehende Fadenkreuz des Refraktors. Somit lässt sich mit der Durchgangszeit des Vollmondes durch das Fadenkreuz, dem scheinbaren Monddurchmesser d und der Dauer der Erdrotation, die wir als Sternstag bezeichnen, folgende Beziehung aufstellen:

$$360^\circ : d = \text{Sternstag} : t_D \\ d = \frac{1296000'' \cdot t_D}{86164,1 \text{ s}} \\ d = 15,041 \frac{''}{\text{s}} \cdot t_D \quad (1)$$

Die Berechnung ergibt $d = 2277,3'' = 37'57'',3$.

Die Fehlerbetrachtung hierzu liefert mit m_d als mittleren absoluten Fehler von d

$$\left| \frac{m_d}{d} \right| = 0,00132 \text{ und somit wird } m_d = 3''.$$

$$\text{Man erhält damit } d = 2277'' \pm 3'' \\ d = 37'57'' \pm 3''.$$

Dieser Wert bedarf jedoch einer Verbesserung, da der Mond am Himmelsäquator schneller durch das Fadenkreuz läuft, als bei einer von 0° verschiedenen Deklination δ . Den korrigierten Wert d_K erhält man nach der Beziehung

$$d_K = d \cdot \cos \delta. \quad (2)$$

Die Deklination findet man in [2] für den betreffenden Beobachtungstag und kann für die jeweilige Beobachtungszeit interpolieren. Reizvoller für den Amateur dürfte jedoch die vom Verfasser angewandte Methode sein, nach der der beobachtete Mondort in eine Sternkarte (Tierkreiszone) eingebracht und daraus die Monddeklination bestimmt wird. Für den 18. 7. 70 ergab sich aus der Sternkarte eine Monddeklination $\delta = -24^\circ \pm 1^\circ$ und damit folgt mit (2)

$$d_K = 2277'' \cdot \cos(-24^\circ) \\ d_K = 2080'' \\ d_K = 34'40'',1$$

Die Fehlerbetrachtung zu (2) erfolgt mit der Bestimmung des mittleren Fehlers m_{dK} nach folgender Beziehung

$$m_{d_K} = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial d_K}{\partial d}\right)^2 m_d^2 + \left(\frac{\partial d_K}{\partial \cos \delta}\right)^2 m_{\cos \delta}^2}$$

$$m_{d_K} = \pm \sqrt{\cos^2 \delta \cdot m_d^2 + d^2 \sin^2 \delta \cdot m_{\cos \delta}^2} \quad (3)$$

wobei m_d der mittlere Fehler des scheinbaren Durchmessers und $m_{\cos \delta}$ der mittlere Fehler des Cosinus der Deklination ist.

Man erhält $m_d = 3''$ und $m_{\cos \delta} \approx 0,007$, da hier die Differenz zwischen $\cos 24^\circ$ und $\cos 23^\circ$ bzw. $\cos 25^\circ$ gebildet wird. Setzt man diese Werte in (3) ein, erhält man $m_{d_K} = \pm 6,5'' \approx 7''$.

Der verbesserte Wert des scheinbaren Monddurchmessers ergibt sich so zu $d_K = 34'40'' \pm 7''$ mit einem Fehleranteil von

$$\left| \frac{m_{d_K}}{d_K} \right| = \frac{7''}{2080''} \approx 0,00337 \approx 0,4\%.$$

Eine weitere Verbesserung des korrigierten scheinbaren Monddurchmessers macht sich erforderlich, da sich der Mond während der Beobachtungszeit t_D ein Stück rektäufig weiterbewegt. Dieser Sachverhalt wird mit folgender Gleichung erfaßt, wobei d_{KK} den scheinbaren Durchmesser nach der zweiten Korrektur und Δd_M den Betrag, um den sich der Mond weiterbewegt hat, bedeuten.

$$d_{KK} = d_K - \Delta d_M \quad (4)$$

Den Betrag Δd_M erhält man durch die Überlegung $M_{sid} : t_D = 360^\circ : \Delta d_M$ wobei M_{sid} die siderische Monatlänge angibt. Nach Δd_M aufgelöst, ergibt sich

$$\begin{aligned} \Delta d_M &= \frac{360^\circ \cdot t_D}{M_{sid}} \\ &= \frac{1296000''}{2360592s} \cdot t_D \\ &= 0,54902'' \cdot 151,4s \\ \Delta d_M &= 83,1'' \end{aligned}$$

In (4) eingesetzt, erhält man $d_{KK} = 1997''$ mit einem relativen Fehler von

$$\left| \frac{m_{d_{KK}}}{d_{KK}} \right| = 0,00337, \text{ da keine weiteren Variablen Verwendung fanden.}$$

Der mittlere Fehler bleibt somit $m_{d_{KK}} \approx 7''$. Der endgültig korrigierte scheinbare Monddurchmesser beträgt

$$\begin{aligned} d_{KK} &= 1997'' \pm 7'' \\ d_{KK} &= 33'17'' \pm 7'' \end{aligned}$$

Mit Hilfe dieses Wertes läßt sich nun der wahre Monddurchmesser D ermitteln.

Aus Abb. 1 findet man leicht die Beziehung

$$\tan \frac{d_{KK}}{2} = \frac{D}{r_M}$$

$$\text{und aufgelöst } D = 2r_M \cdot \tan \frac{d_{KK}}{2}. \quad (5)$$

$$\text{Weiterhin gilt } r_M = r - R_E, \quad (6)$$

da von der Erdoberfläche beobachtet wird. Zur Berechnung von r findet man in [2] die Gleichung

$$r = \frac{3422,7''}{\pi} \cdot 384\,400 \text{ km},$$

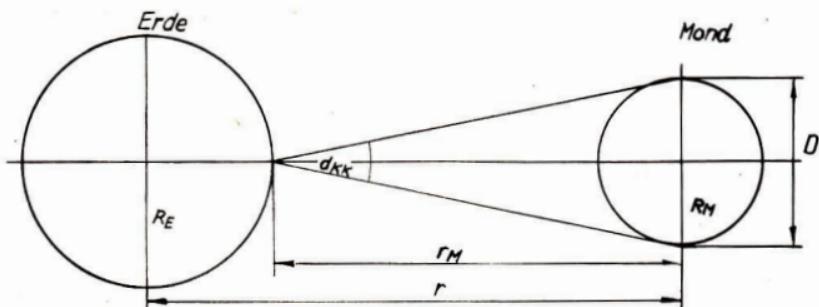
wobei π die Mondparallaxe bedeutet, die man zum Beobachtungstag aus [2] interpolieren kann. Mit dem gefundenen Wert für π , in diesem Fall $\pi = 60'56,1''$ erhält man $r = 359\,960 \text{ km}$.

Eingesetzt in (6) errechnet sich der Abstand r_M zu $r_M = 353\,600 \text{ km}$.

Unter Verwendung von (5) erhält man schließlich den wahren Monddurchmesser

$$\begin{aligned} D &= 2 \cdot 353\,600 \text{ km} \cdot \tan \frac{33'17''}{2} \\ D &= 3424 \text{ km.} \end{aligned}$$

Abb. 1: Skizze des Erde-Mond-Systems. Es bedeuten: R_E = Erdradius, R_M = Mondradius, r = Entfernung Erde-Mond, r_M = Abstand Erdoberfläche-Mondmittelpunkt.



Der relative Fehler beträgt auch hier 0,4 %, da nur mit Konstanten weitergerechnet wurde. Somit wird der mittlere Fehler des wahren Monddurchmessers $m_D = 13,696 \text{ km} \approx 20 \text{ km}$.

Der zu der am 18. 7. 70 aufgestellten Meßreihe errechnete wahre Monddurchmesser beträgt $D = 3420 \text{ km} \pm 20 \text{ km}$.

Gegenüber dem Präzessionswert ist der amateurastronomisch ermittelte Durchmesser etwas zu klein ausgefallen. Die Ursache dafür dürfte darin zu suchen sein, daß die Durchgangszeitmessungen nicht bei genauer Vollmondphase stattfinden. Deshalb ist das Anfertigen mehrerer Meßreihen zur Zeit der Vollmondphase ratsam.

Bestimmung der mittleren Bahnxzentrizität des Mondes

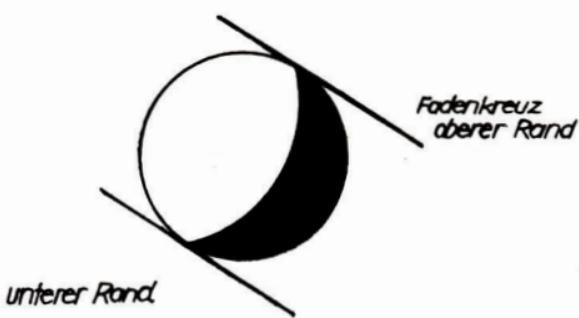
Zur Bestimmung der Bahnxzentrizität des Mondes ist eine möglichst lückenlose Beobachtung des Mondes über mehrere Monate hindurch nötig, um aus einer Vielzahl von ermittelten scheinbaren Monddurchmessern mit größerer Wahrscheinlichkeit den jeweils kleinsten (Mond im Apogäum) und größten Wert (Mond im Perigäum) auswählen zu können. Dazu genügt nicht die Ermittlung des scheinbaren Monddurchmessers aus der Durchgangszeit des Mondes durch ein feststehendes Fadenkreuz, da man hierbei auf die Vollmondphase angewiesen ist. Deshalb wurden die scheinbaren Monddurchmesser mit Hilfe eines Theodoliten (Markscheiderinstrument mit $\pm 0,5'$ Ablesegenauigkeit) unmittelbar gemessen.

Mit dem Fadenkreuz des Theodoliten wurde zuerst der obere und unmittelbar darauf der untere Mondrand angepeilt und aus den Meßwerten des Vertikalkreises des Theodoliten die Differenz, zur Bestimmung des scheinbaren Durchmessers, gebildet.

Beide Messungen müssen rasch hintereinander ausgeführt werden, da sonst durch die Höhenänderung des Mondes die Differenzen zu groß oder zu klein ausfallen. Damit der waagerechte Strich des Fadenkreuzes stets tangential am oberen und unteren Mondrand zu liegen kommt, wurde der Theodolit auf einen großen Holzkeil gestellt und der jeweiligen Lage der Mondphase angeglichen (s. Abb. 2).

Abb. 2:

Tangentielle Lage des Fadenkreuzes an der Mondphase.



Im folgenden sei die Ableitung der Gleichung zur Berechnung der Exzentrizität der Mondbahn wiedergegeben, die mit den einfachen Mitteln der Elementarmathematik erfolgt und für den Amateur von Interesse sein dürfte.

Aus der Definition der numerischen Exzentrizität e ergibt sich $e = \frac{e}{a}$, und aus Abb. 3 erhält man

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{R}{a - e}. \quad (7)$$

$$\text{Umgeformt gilt } a = \frac{R}{\tan \frac{\alpha}{2}} + e \quad (8)$$

$$\text{Aus } \tan \frac{\beta}{2} = \frac{R}{a + e} \text{ folgt}$$

$$a + e = \frac{R}{\tan \frac{\beta}{2}} \quad (9)$$

Wird (7) in (8) eingesetzt, ergibt sich

$$\frac{R}{\tan \frac{\alpha}{2}} + 2e = \frac{R}{\tan \frac{\beta}{2}} \text{ und nach } e \text{ aufgelöst}$$

$$e = \frac{\frac{R}{\tan \frac{\beta}{2}} - \frac{R}{\tan \frac{\alpha}{2}}}{2 \tan \frac{\beta}{2} - 2 \tan \frac{\alpha}{2}}$$

Setzt man e und a in (7) ein, folgt

$$e = \frac{\frac{R}{2 \tan \frac{\beta}{2}} - \frac{R}{2 \tan \frac{\alpha}{2}}}{\frac{R}{\tan \frac{\alpha}{2}} + e} = \frac{\frac{R}{2 \tan \frac{\beta}{2}} - \frac{R}{2 \tan \frac{\alpha}{2}}}{\frac{R}{\tan \frac{\alpha}{2}} + \frac{R}{2 \tan \frac{\beta}{2}} - \frac{R}{2 \tan \frac{\alpha}{2}}}$$

gekürzt und umgeformt, folgt

$$e = \frac{\cot \frac{\beta}{2} - \cot \frac{\alpha}{2}}{\cot \frac{\beta}{2} + \cot \frac{\alpha}{2}} = \frac{\frac{\sin \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\beta}{2}}{\sin \left(\frac{\alpha}{2} + \frac{\beta}{2} \right)}}{\frac{\sin \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\beta}{2}}{\sin \left(\frac{\alpha}{2} - \frac{\beta}{2} \right)}}$$

$$e = \frac{\sin \frac{1}{2} (\alpha - \beta)}{\sin \frac{1}{2} (\alpha + \beta)} \quad (10)$$

Aus Tabelle 2, die einen Auszug aus der Beobachtungsreihe der scheinbaren Monddurchmesser wieder gibt, lassen sich diese im Perigäum und Apogäum des Mondes entnehmen. Es ist dabei leicht ersichtlich, daß die Wahrscheinlichkeit, den richtigen Wert zu erhalten, um so größer wird, je dichter die Beobachtungswerte um das Perigäum und Apogäum liegen. Dieses Vorhaben wird jedoch durch ungünstige Witterungsbedingungen oft erheblich erschwert.

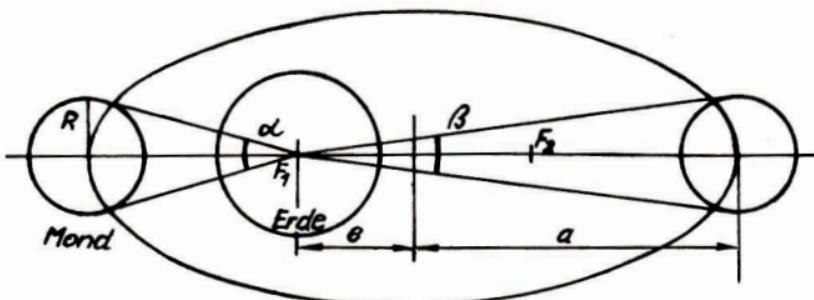


Abb. 3, Skizze der Mondbahn. Es bedeuten:

R = Mondradius, α = größter scheinbarer Monddurchmesser, β = kleinster scheinbarer Monddurchmesser, a = große Halbachse, $F_{1/2}$ = Brennpunkte der elliptischen Mondbahn, e = lineare Exzentrizität.

Tabelle 2

Datum	Scheinbarer Monddurch- messer	Perigäums- und Apogäumswert	Datum	Scheinbarer Monddurch- messer	Perigäums- und Apogäumswert
8. 6. 70	29,5'		17. 10. 70	32,0'	
9. 6. 70	29,25'		22. 10. 70	29,75'	
10. 6. 70	29,0'	β_1 1. Apogäumswert	24. 10. 70	29,5'	
14. 6. 70	29,75'		25. 10. 70	29,25'	
15. 6. 70	31,0'		26. 10. 70	30,0'	β_2 2. Apogäumswert
19. 6. 70	32,25'		
20. 6. 70	32,75'		13. 6. 71	31,5'	
22. 6. 70	31,25'		15. 6. 71	31,75'	
1. 7. 70	30,0'		16. 6. 71	32,5'	
9. 7. 70	29,5'		18. 6. 71	32,75'	α_3 3. Perigäumswert
18. 7. 70	33,25'	α_1 1. Perigäumswert	21. 6. 71	31,75'	
24. 7. 70	31,25'		22. 6. 71	31,75'	
9. 10. 70	32,25'		26. 6. 71	30,25'	
10. 10. 70	32,25'		30. 6. 71	29,25'	β_3 3. Apogäumswert
12. 10. 70	32,75'		7. 7. 71	31,0'	
14. 10. 70	33,0'	α_2 2. Perigäumswert	8. 7. 71	31,25'	

Setzt man die gefundenen Werte α und β in Gleichung (9) ein, so ergibt sich mit $\alpha_1 = 33'15''$ und $\beta_1 = 29'$ folgende Rechnung

$$\varepsilon_1 = \frac{\sin \frac{1}{2}(\alpha_1 - \beta_1)}{\sin \frac{1}{2}(\alpha_1 + \beta_1)} = \frac{\sin \frac{1}{2}(33'15'' - 29')}{\sin \frac{1}{2}(33'15'' + 29')} = \frac{\sin 4'15''}{\sin 62'15''}$$

$$= \frac{\sin 0,0702^\circ}{\sin 1,0372^\circ} = 0,067697$$

log. Rechnung: N	lg
$\sin 0,0702^\circ$	0,08821 — 3
$\sin 1,0372^\circ$	0,25764 — 2 —
0,067697	0,83057

Mit $\alpha_2 = 33'$ und $\beta_2 = 29'15''$ ermittelt man $\varepsilon_2 = 0,060271$ und mit $\alpha_3 = 32'45''$ und $\beta_3 = 29'15''$ berechnet man $\varepsilon_3 = 0,056440$.

Mit ε_1 , ε_2 und ε_3 lässt sich folgende Fehlerrechnung durchführen, wobei ε der Mittelwert der drei Exzentrizitäten, $\Delta\varepsilon$ die Differenz zwischen Exzentrizität und Mittelwert und m_ε den mittleren Fehler bedeuten.

ε	$\Delta\varepsilon$	$(\Delta\varepsilon)^2$	
0,067697	0,010953	0,0000385393	
0,060271	0,003527	0,0000014835	+
0,056440	-0,005049	0,0000254924	+

$$\varepsilon = 0,061489$$

$$\sum (\Delta\varepsilon)^2 = 0,0000655152$$

$$m\bar{\varepsilon} = \pm \sqrt{\frac{\sum (\Delta\varepsilon)^2}{n(n-1)}} = \pm \sqrt{\frac{0,0000655152}{6}}$$

$$m\bar{\varepsilon} = \pm 0,0033044 \approx \pm 0,004$$

$$\bar{\varepsilon} = 0,061489 \pm 0,0033044$$

Der Fehleranteil beträgt hierbei

$$\left| \frac{m\bar{\varepsilon}}{\varepsilon} \right| = \frac{0,004}{0,061} = 0,0655 \approx 7\%$$

Die mittlere Bahnexzentrizität beträgt somit $\varepsilon = 0,061 \pm 0,004$.

Da alle ermittelten Exzentrizitätswerte gegenüber dem Tafelwert zu hoch liegen, kann man schlußfolgern, daß bei der Messung noch nicht erfaßte systematische Fehler auftraten, die sicher in der recht einfachen Meßapparatur zu suchen sind.

Weiterhin wäre es für die Bestimmung der mittleren Bahnexzentrizität vorteilhaft, mehr als nur drei Einzelmessungen durchzuführen. Das ist jedoch von den Möglichkeiten des Amateurs abhängig, der Meßreihen über viele Monate hinweg anzufertigen hätte.

Zusammenstellung der Ergebnisse

	amateurastronomisch bestimmt	Präzisionswert nach [1]
wahrer Monddurchmesser	$D = 3420 \text{ km} \pm 20 \text{ km}$	$D = 3476 \text{ km}$
mittlere Exzentrizität der Mondbahn	$\varepsilon = 0,061 \pm 0,004$	$\varepsilon = 0,054901$

Literatur:

[1] Ahnert, Dr. Paul, Beobachtungsobjekte für Liebhaberastronomen. – [2] Ahnert, Dr. Paul, Kalender für Sternfreunde 1970/71.

Aus der Literatur

Die Astrophysik – eine evolutionäre Wissenschaft

Nach Beendigung unseres Studiums interessierten wir jungen Astrophysiker uns für die Theorie der Sternatmosphären mit ihren mathematischen Grundlagen – der Theorie der Strahlungsübertragung. Zur gleichen Zeit wurden die Gasnebel untersucht und wichtige Ergebnisse dieser Forschungen bekannt. Dies alles spielte bei der Wahl meines Hauptforschungsgebiets – der Untersuchung der Nebel und speziell der planetarischen Nebel – eine Rolle. Auf Grund theoretischer Berechnungen stellte sich heraus, daß diese Nebel nicht stationär sind. Zahlreiche Beobachtungen sprechen heute dafür, daß sich die planetarischen Nebel tatsächlich im Zustand einer ständigen Ausdehnung befinden, sich von ihrem Zentralstern entfernen und sich in den umgebenden Raum zerstreuen. Ihre Lebensdauer beträgt etwa hunderttausend Jahre. Damit gelang es, bei der Erforschung rasch verlaufender Erscheinungen in unserer Galaxis einen großen Schritt vorwärts zu tun.

Dann galt es den Beweis zu erbringen, daß die Sternhaufen – diese wichtigen Gebilde in unserer Galaxis – nicht lange bestehen können. Die Hauptursache für ihre kurze Lebensdauer liegt in ihrer Selbstverdampfung. Es wurde klar, daß die Sternhaufen nicht aus voneinander unabhängigen Sternen entstehen, sondern im Gegenteil durch ihre eigene Auflösung zu einer Quelle werden, die den gesamten Sternenhimmel der Galaxis speist.

Prozeß der Sternbildung setzt sich fort

Etwa zu der gleichen Zeit gelangten Forscher auf Grund des Studiums einiger Arten der heißen Sterne zu dem Schluß, daß diese sich in nichtstationärem Zustand befinden. Sie scheiden ständig Substanz aus, wodurch ihre Masse bedeutend abnimmt. Fortsetzung S. 32

**Mariner-Mars-
Aufnahmen**



Abb. 1:
Der Krater Nix Olympia. Er hat die Form eines Vulkankegels mit einem Grunddurchmes- ser von rund 500 km und ist etwa 6000 m hoch.
Der Hauptkrater hat einen Durchmesser von rund 65 km. In ihm sind noch weitere Krater, die von späteren Ausbrüchen stammen, zu erkennen.
Er erinnert an die Vul-kaninsel Hawaii.

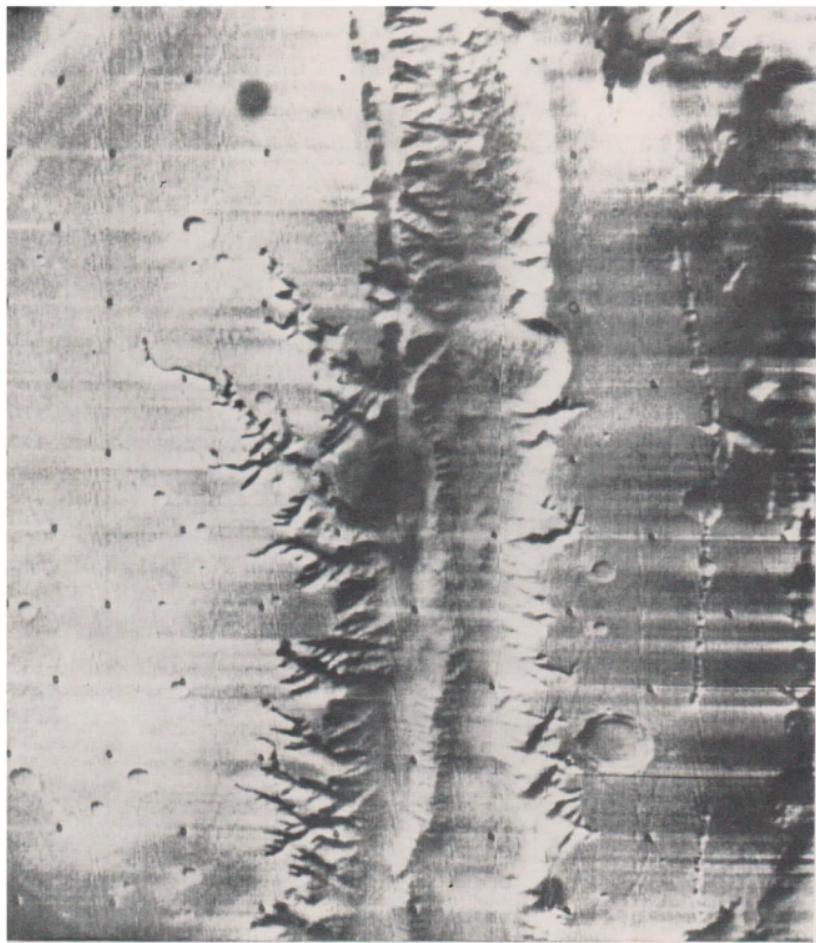
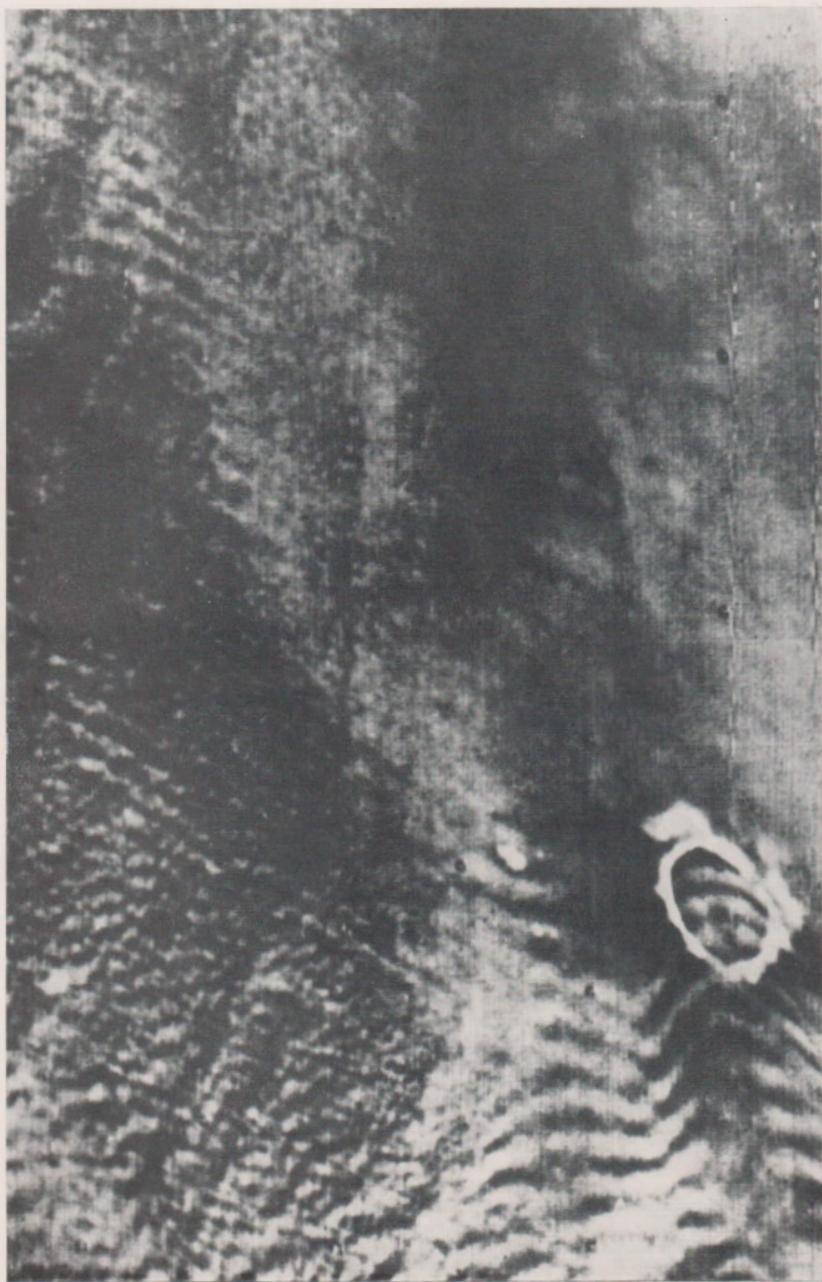


Abb. 2, oben: Ein Einbruchgraben in der Hochebene Tithonius Lacus. Seine durchschnittliche Breite beträgt 80 km. Vor allem die Einschnitte am linken Rand des Grabens erinnern in ihrer Form an Wassererosion. Im rechten Bildteil erkennt man lange Kraterketten, wie sie auch vom Mond her bekannt sind. Man vermutet, daß es sich hierbei um Spalten, die sich unter der Marsoberfläche gebildet haben, handelt und die Krater Einbruchkrater darstellen.

Abb. 3, rechts: Eine Aufnahme von der Nordhalbkugel des Mars aus dem Gebiet des Mare Acidalium (etwa 30 Grad östlicher Länge und 45 Grad nördlicher Breite). Hier sieht man nicht die Oberfläche, sondern ein ausgedehntes Wolkenfeld in der linken Bildhälfte und in der oberen rechten Bildhälfte. Unten links ein Krater von rund 90 km Durchmesser, dessen oberer Rand von Reif bedeckt ist. Deutlich sind die Störungen in den Wolkenformationen, die durch diesen Krater hervorgerufen werden, zu erkennen.



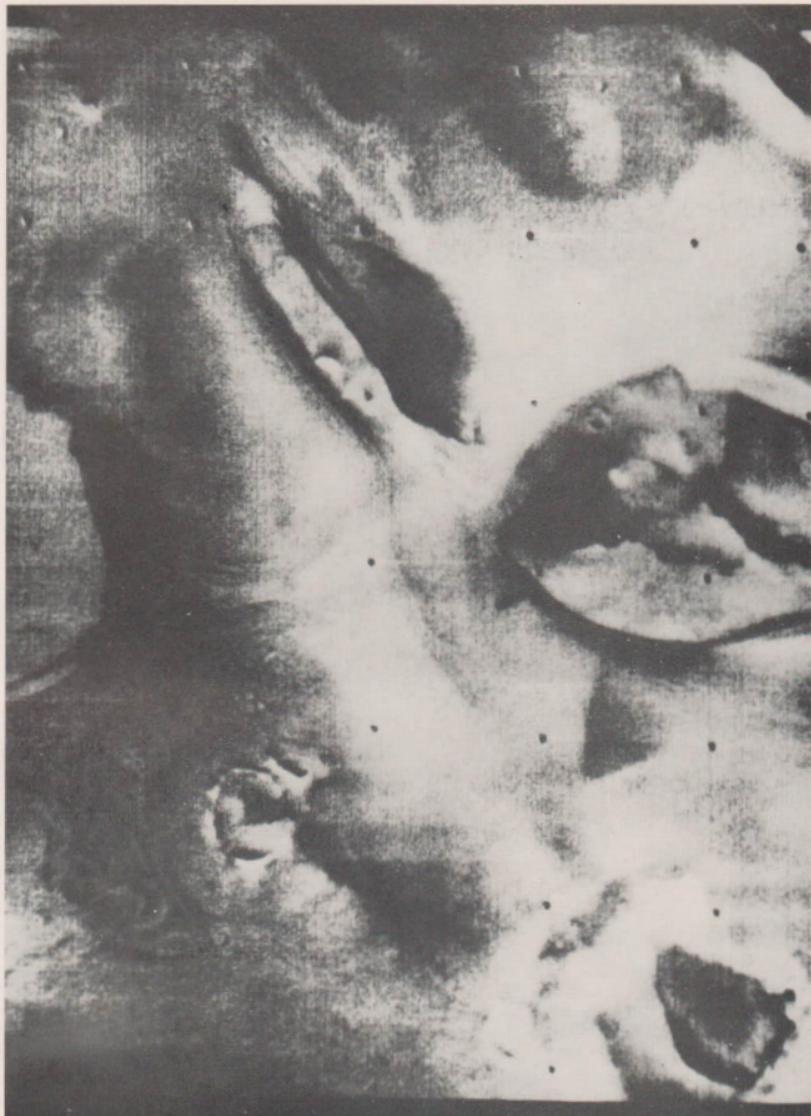


Abb. 4: Charakteristische Landschaft von der Südpolgegend des Mars. Die wiedergegebene Fläche hat eine Ausdehnung von etwa 80 mal 100 km. Die weißen Flächen sind hier Kohlensäureschnee. Einige Temperatur- und Druckwerte der Polkappen deuten darauf hin, daß zumindest ein Teil des weißen Belegs Wassereis sein muß.

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Die Arbeit des ZFA und seiner Fachgruppen zwischen dem VII. und dem VIII. Bundeskongreß. Aus einem Bericht zum VIII. Bundeskongreß des Kulturbundes der DDR (25. bis 28. Oktober 1972)

Die Tätigkeit des Zentralen Fachausschusses Astronomie in den vergangenen fünf Jahren wird gekennzeichnet durch das Bemühen um Kontinuität und intensive Betreuung der in den Fachgruppen des Kulturbundes organisierten Amateurastronomen. Wesentlicher Ausdruck der Absichten des Zentralen Fachausschusses ist die langfristige Planung von Vorhaben, die am 28. Mai 1969 beschlossen wurde. Darin heißt es u. a.:

„Die Fachgruppen Astronomie des Kulturbundes erfassen mit ihrer Arbeit alle an der Astronomie Interessierten und sind bemüht, ihre Mitglieder und die Gäste ihrer Veranstaltungen zu einer sinnvollen amateur-wissenschaftlichen oder populärbildenden Freizeitgestaltung zu führen. Der Zentrale Fachausschuß Astronomie ist den beiden Bereichen der Fachgruppenarbeit in gleicher Weise verpflichtet.“

Diese Passage enthält ein Programm. Zahlreiche aus ihm abgeleitete Vorhaben wurden verwirklicht.

Zum 20. Jahrestag der Deutschen Demokratischen Republik richtete der Zentrale Fachausschuß einen Festakt aus, der am 15./16. November 1969 in Radebeul stattfand. Sein Hauptthema war die Position der Amateurastronomie in der DDR. Die erfolgreiche Veranstaltung zeigte die Verbundenheit der Amateurastronomen des Kulturbundes und der Fachastronomen des Zentralen Fachausschusses mit unserem Staat.

Vier Seminare, die der Zentrale Fachausschuß in der Zeit von 1969 bis 1972 durchführte, dienten der fachlichen Schulung vor allem von Fachgruppenleitern, die durch diese Seminare in die Lage versetzt wurden, ihre FG-Mitglieder zu qualifizierter Tätigkeit anzuzeigen. Das erste Seminar (in Hartha) stand unter dem Thema „Himmelsfotografie“, das zweite (in Eilenburg) beschäftigte sich mit der „Veränderlichenbeobachtung“, das dritte (in Dresden) mit der „Beobachtung der Planeten und ihrer Monde“, das vierte (in Apolda) mit „Spektroskopie“.

Diese unmittelbar der Unterstützung und Anleitung der beobachtenden Amateurastronomen dienenden Veranstaltungen wurden ergänzt durch Beobachtungsaufrufe und -hinweise, die z. T. als Schnellnachrichten, z. T. auch in der Form von Rundbriefen an alle Fachgruppen gelangten. Neben besonderen Aufgaben für die Veränderlichenbeobachtung bildeten u. a. der Große Rote Fleck auf Jupiter und die Venus-Dichotomie Themen dieser Anleitungen.

In den Jahren 1970, 1971 und 1972 organisierte der Zentrale Fachausschuß (jeweils in den Sommerferien) Reisen nach Leningrad und Moskau, mit Besuch der Sternwarte Pulkowo und des Planetariums Moskau.

In einer großangelegten Aktion zur Unterstützung des Astronomieunterrichts an den allgemeinbildenden Oberschulen erneuerte der Zentrale Fachausschuß die Zusammenarbeit mit dem Ministerium für Volksbildung und den anderen mit schulastronomischen Problemen befassten Institutionen. Höhepunkt war eine Tagung am 14./15. November 1970 in Berlin, die gemeinsam mit dem Ministerium für Volksbildung veranstaltet wurde. Die wesentlichen Referate der Tagung erschienen als gedrucktes Arbeitsmaterial.

Auf zwei Regionalkonferenzen (am 27. Februar 1971 in Magdeburg für die Bezirke Halle, Magdeburg und Potsdam, und am 6. Juni 1971 in Karl-Marx-Stadt für die Bezirke Dresden, Karl-Marx-Stadt und Leipzig) berieten Vertreter des Zentralen Fachausschusses, der betreffenden Bezirksfachausschüsse und der Abteilungen Volksbildung der Räte der Bezirke über die Realisierung des in Berlin beschlossenen Unterstützungsprogramms.

Bis zum Sommer 1972 erklärten rund 200 Amateurastronomen ihre Bereitschaft, die obligatorischen Beobachtungen der Schüler im Astronomieunterricht mit ihren Instrumenten und ihrer Sachkenntnis zu unterstützen, astronomische Schülerarbeitsgemeinschaften zu leiten oder bei der Qualifizierung der Astronomielehrer mitzuwirken. Insgesamt 210 Fernrohre konnten dadurch in den Dienst der Schulastronomie gestellt werden.

Vom 10. bis 12. September 1971 nahm eine Delegation des Zentralen Fachausschusses an einem Seminar zum KEPLER-Jubiläum in Prag teil. Dabei wurden auch der Austausch von Beiträgen für die amateurastronomischen Zeitschriften und die gegenseitige Information über Arbeitsvorhaben erörtert.

Eine KEPLER-Ehrung der Bezirksfachausschüsse Halle und Leipzig in Zusammenarbeit mit dem Zentralen Fachausschuß fand am 23. Oktober 1971 statt. Die Veranstaltung hatte hohes Niveau und war von über 100 Teilnehmern aus allen Bezirken der DDR besucht.

Im Zusammenhang mit der Kosmos-Ausstellung der UdSSR in Karl-Marx-Stadt (4. September bis 10. Oktober 1972) veranstalteten die Ausstellungsteilnehmer und der Zentrale Fachausschuß einen Fotowettbewerb, der gute Ergebnisse brachte und vom sowjetischen Ausstellungsteilnehmer entsprechend gewürdigt wurde.

Für das Jahr 1972 hat der Zentrale Fachausschuß zu einem KOPERNIKUS-Jugendwettbewerb aufgerufen, der die Ehrung des großen polnischen Astronomen im Jahre 1973 vorbereiten helfen soll.

Ohne die in den vergangenen Jahren vom Zentralen Fachausschuß, den Bezirksfachausschüssen und in den Fachgruppen selbst der fachlichen Weiterbildung der Amateurastronomen geschenkte große Beachtung könnte mindern zu wollen, wird in den Arbeitsvorhaben doch auch den weltanschaulichen Aspekten der neuen Forschungsergebnisse in der Astronomie gebührend Rechnung zu tragen sein, damit die Fachgruppenmitglieder sich auch philosophisch-ideologisch noch besser mit unserem wissenschaftlichen astronomischen Weltbild vertraut machen können.

An organisatorischen Aufgaben werden u. a. zu lösen sein:

Schaffung arbeitsfähiger Bezirksfachausschüsse in allen Bezirken; Herausgabe eines Handbuches für Amateurastronomen; Verbesserung des Schnellnachrichtendienstes für Beobachtungen; Intensivierung der internationalen Zusammenarbeit, vor allem mit den Bruderländern.

Die Arbeitsanleitungen und Hinweise des Zentralen Fachausschusses für die Fachgruppentätigkeit fanden in den meisten Fachgruppen gemäß deren Ausbildungstand, Mitgliederstärke, Nutzungsmöglichkeiten von Beobachtungsgeräten u. a. geübliche Anwendung. Auch die hohen Teilnehmerzahlen der vom Zentralen Fachausschuß oder den Bezirksfachausschüssen organisierten Tagungen und Seminare zeugen davon, daß die Fachgruppen und ihre Mitglieder das kulturpolitisch-fachliche Programm des Zentralen Fachausschusses, das die Grundaufgaben des Kulturbundes und die Beschlüsse des Präsidialrates auf das eigene Arbeitsgebiet umsetzt, kontinuierlich durchführen.

Entwicklung der militärischen Raumfahrt in den USA (I)

KARL-HEINZ NEUMANN

Ideen und Vorstellungen über die militärische Nutzung der Raumfahrt gab es in den USA schon vor Beginn des Raumfahrtzeitalters. Es nimmt daher nicht Wunder, daß bereits im Jahre 1958, dem ersten Jahr der amerikanischen Raumfahrt, ein militärisches Satellitenprojekt mit dem Start des Satelliten Score seinen Anfang nahm. Wie auch bei den später durchgeführten militärischen Raumflugunternehmungen verstand man es sehr gut, diese vor der Öffentlichkeit als wissenschaftliche Unternehmen zu tarnen. Score wurde am 18. Dezember 1958 gestartet. Der Auftraggeber war die amerikanische Luftwaffe. Es handelte sich dabei praktisch um das erste Experiment für die Nutzung von Satelliten zur Nachrichtenübertragung. Hierbei wurde eine Altas-Rakete (ohne die zwei Boostertriebwerke) auf einer Erdumlaufbahn gebracht. Die Nutzmasse machte 68,1 kg aus und bestand aus einem Tonbandgerät, einer Sendeanlage und einer Empfangsanlage. Ein besonderer Kommandoempfänger sorgte für das Ein- und Ausschalten der Apparatur. Als Stromquellen wurden chemische Batterien benutzt. Um dem Unternehmen einen friedlichen Anstrich zu geben, war auf einem der mitgeführten Bänder eine „Friedensbotschaft“ des amerikanischen Präsidenten Eisenhower aufgesprochen. Diese wurde vom Satellitensender über verschiedenen Erdteilen abgestrahlt. Daneben liefen aber Versuche, bestimmte Kommandos an den Satelliten zu senden. Die Empfangsstationen konnten, wenn sich der Satellit über dem Funkhorizont befand, auf ein Kommando die auf Band gespeicherten Befehle abrufen.

Im Jahre 1959 begann dann mit der Discoverer-Serie eine Experimentalreihe für die Entwicklung eines wirksamen Beobachtungssystems durch Erdsatelliten.

Die Grundlagen für die Entwicklung eines Systems von sogenannten Aufklärungssatelliten reichen bis in das Jahr 1950 zurück. In diesem Jahr war der amerikanischen Luftwaffe die Verantwortung für die Entwicklung ballistischer Langstreckenraketen übertragen worden. Gleichzeitig wurde die Luftwaffe auch verantwortlich für die Entwicklung von Satelliten für militärische Zwecke. Zwar hatten sich schon früher verschiedene Luftfahrtkonzerne mit Problemen der Entwicklung von militärischen Satelliten beschäftigt. So konnte die Rand Corp. der Air Force einen neuen Studienentwurf vorlegen, der die Einzelheiten für die Nutzung eines Satelliten zur Beobachtung der Erde enthielt. Daraufhin beauftragte die Luftwaffe eine Reihe von Industrieunternehmen, darunter RCA, North American Aviation, Bendix Aviation, Allis-Chalmers, die Viro Corp. und Westinghouse Electric mit Detailstudien. Auf Grund dieser Studien empfahl Rand Corp. im Jahre 1953 die Entwicklung eines Satelliten und schloß 1954 die Arbeiten mit einem Bericht ab, in dem der für die Erfüllung der vorgesehenen Aufgaben notwendige Satellit beschrieben wurde. Im März 1955 gab die Air Force die Anforderung Nr. 80 (SA-e2) heraus. Hier war von einem strategischen Satellitensystem die Rede. Verschiedene Industriefirmen wurden aufgefordert, Entwurfsstudien zu entwickeln. Das Programm erhielt die Bezeichnung WS-117L. Die Grundlagen für die Entwurfsstudien waren die Rand Corp.-Vorschläge. Eine verhältnismäßig große Zweitstufe sollte als Satellit eingesetzt werden. In der Flugbahn, die mit hoher Präzision zu erreichen ist, sollte dieses Satellitenobjekt um alle drei Achsen mit großer Genauigkeit stabilisiert sein. Sie mußte in der Lage sein, Kommandos von Bodenstationen zu empfangen und auszuführen. Außerdem kam die Forderung dazu, Nutzlastkapseln auszuwerfen und diese zu landen. Mit den Entwurfsstudien wurden die Konzerne Lockheed, die Glenn L. Martin Company und RCA beauftragt. Lockheed erhielt schließlich im Oktober 1956 den Auftrag zur Entwicklung dieser Raketenendstufe, die gleichzeitig als Satellit fungiert. Sie ist unter der Bezeichnung Agena bekannt geworden. Das Triebwerk der Agena-Stufe, welches wiederzündbar sein mußte und dessen Schub geregelt werden konnte, entwickelte Hughes Aircraft Comp. Diese Agena-Stufe bildete die wesentliche Voraussetzung für den Beginn der Discoverer-Serie.

Im November 1958 gab das Pentagon bekannt, daß es sich bei dem WS-117L um drei von einander unabhängige Satellitenprogramme handelt. Eines davon war die Discoverer-Serie mit der Agena als Zweitstufe. Dazu gehörte der Aufbau eines weltweiten Bahnverfolgungs- und Kommandonetzes sowie der Aufbau eines neuen Startgeländes, der Vandenberg Air Force-Base in Californien. Das zweite Programm betraf die Satelliten der Serie Midas, die der Frühwarnung vor ballistischen Langstreckenraketen dienen sollte. Diese Satelliten arbeiten mit Infrarotsensoren. Das dritte trug die Bezeichnung Samos. Das sind fotografische Aufklärungssatelliten mit hohem Auflösungsvermögen.

Der erste Discoverer-Satellit erreichte am 28. Februar 1959 seine Erdumlaufbahn. Hier war noch kein Kapselausstoß vorgesehen. Der erste Kapselausstoß erfolgte bei Discoverer 2. Die weiteren Starts

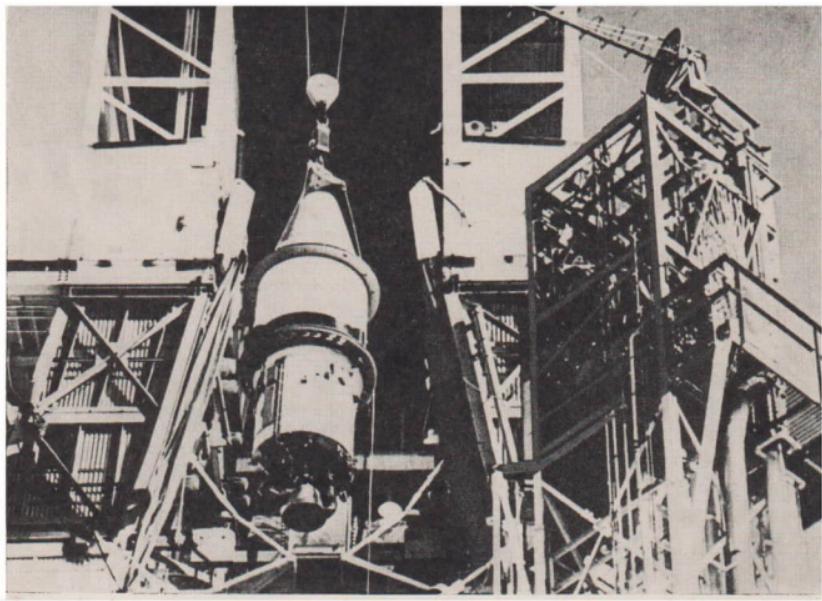
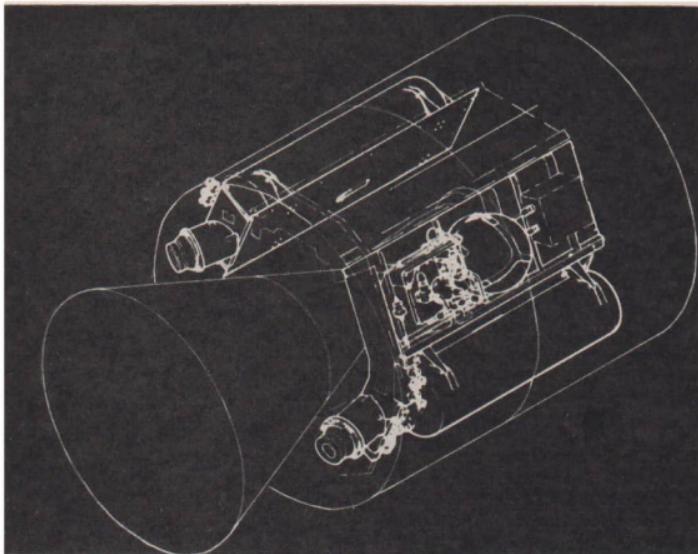


Abb. 1, oben: Die Agenastufe, die für Aufklärungssatelliten der US-Air Force eingesetzt wird. Hier die ältere Version Agena B.

Abb. 2, unten: Das Triebwerk der Agenastufe. Rechts und links neben dem Haupttriebwerk kleinere Triebwerke für feinere Korrekturen.



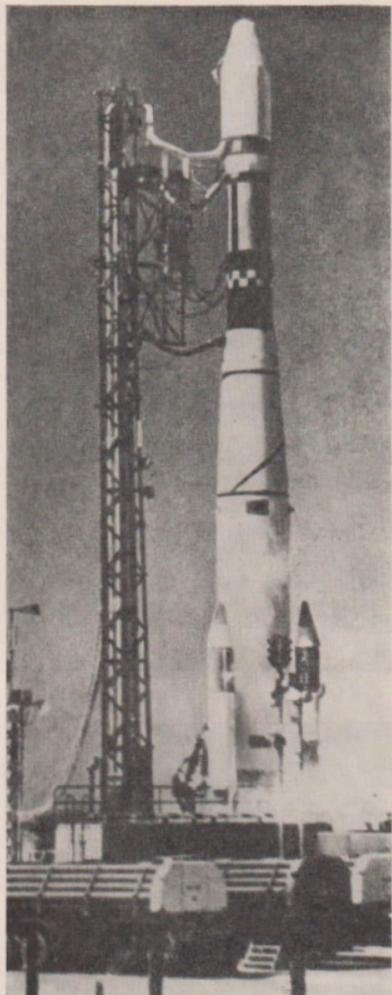
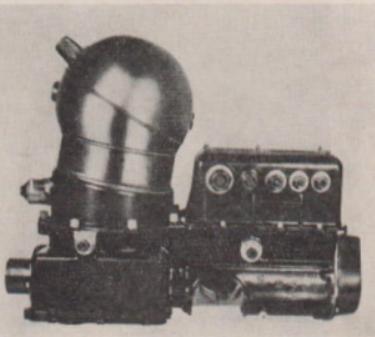
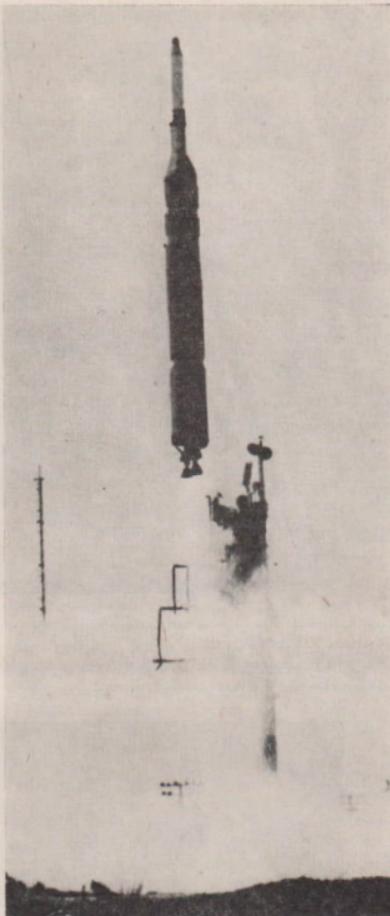


Abb. 3, oben: Eine TA-Thor Agena D mit seitlich angebrachten Feststoff-Boostern.

Abb. 5, oben rechts: Eine Titan 3B-Agena D Rakete beim Start. Sie wird in letzter Zeit für den Start von Detailaufnahmesatelliten der Air-Force eingesetzt.

Abb. 6, rechts: Eine Infrarotkamera, wie sie auch in Aufklärungssatelliten verwendet wird. Unten in der Mitte ist der um 45 Grad geneigte rotierende Spiegel zur zeilenweisen Abtastung der Erdoberfläche zu sehen.



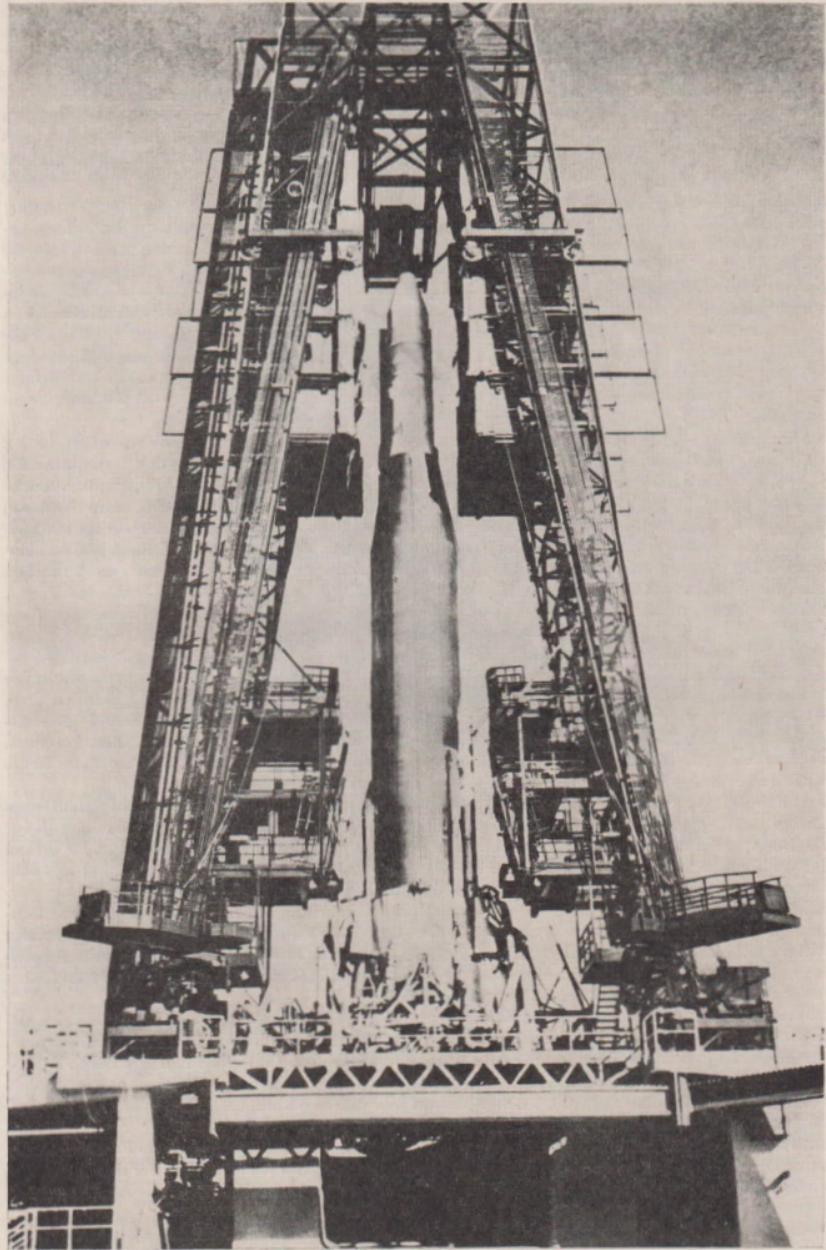


Abb. 4: Eine Atlas Agena D für den Start der größeren Detailaufnahmesatelliten.

waren wechselhaft erfolgreich. Von insgesamt acht im Jahre 1959 gestarteten Discoverer-Satelliten erreichten nur sechs ihre Erdumlaufbahn. Die Bergung der ausgestoßenen Kapseln gelang nicht. Erst bei Discoverer 13 im August 1960 konnte zum erstenmal eine Kapsel geborgen werden. Sie war allerdings nicht, wie vorgesehen, durch Flugzeuge mit Schleppnetzen beim Fallschirmsprung eingefangen worden, sondern mußte aus dem Pazifischen Ozean durch Froschmänner herausgefischt werden. Die Discoverer-Serie wurde bis Anfang 1962 weitergeführt und fand mit Discoverer 39 ihren Abschluß. Von den 39 gestarteten Satelliten erreichten aber lediglich 27 ihre Erdumlaufbahn. Diese Discoverer-Satelliten bildeten die Grundlage für den Einsatz der Aufklärungssatelliten der USA, über die noch zu berichten ist.

Die Rückführung der Discoverer-Kapseln und auch der späteren Kapseln von Geheimsatelliten ging in folgender Weise vor sich: Auf Kommando wurde die Agena-Stufe in die entsprechende Lage gebracht. Die vorn angebrachte Rückkehrkapsel wurde nach unten ausgestoßen, das geschah in etwa 1800 nautischen Meilen Abstand vom vorgesehenen Landeort. Die Kapsel besaß ein eigenes Antriebssystem, durch welches deren Geschwindigkeit so abgebremst wurde, daß eine ballistische Abstiegsbahn erreicht werden konnte. Das Antriebssystem wurde getrennt und die konische Rückkehrkapsel in die entsprechende räumliche Lage gebracht. Nach der aerodynamischen Abbremsung wurde ein Fallschirmsystem eingesetzt. Das Bergungsflugzeug wird mit Radar und danach mit einem Zielanfluggerät zur niedersinkenden Kapsel geleitet, bis diese in Sicht kommt. Die Bergung in der Luft erfolgt mit einer trapezförmigen Fangvorrichtung. Danach wird die Kapsel in das Innere des Suchflugzeuges gezogen.

Mit dem Auslaufen der Discoverer-Serie begann bereits der Einsatz der ersten aktiven militärischen Aufklärungssatelliten. Diese Satelliten erhielten keine offizielle Bezeichnung. In den Listen über die Raumfugkörperstarts werden sie Anonymus oder Geheimsatelliten genannt. RAE gibt als Bezeichnung die jeweils verwendete Trägerrakete an (Atlas-Agena, Thor-Agena usw.). Der erste Start am 22. 11. 1961 gelang nicht, der erste Geheim-Satellit, der seine Umlaufbahn erreichte, war 1961-Alpha-Lambda 1, gestartet am 22. 12. 1961. Der Satellit umkreiste die Erde bis zum 14. 8. 1962. Wahrscheinlich war bei diesem Satelliten eine Kapselrückführung nicht vorgesehen. Ab Februar 1962 tauchten dann die Satelliten auf, bei denen jeweils eine Kapsel zurückgeführt wurde.

Unterscheiden muß man am Anfang der Entwicklung zwei Typen. Der eine Typ wird mit einer Thor-Agena gestartet. Wir wissen heute, daß es sich hierbei um Spionage-Satelliten handelt, die sozusagen Übersichtsfotoaufnahmen des für die USA-Militärs interessanten Gebietes anfertigen. Sie tragen die Code-Bezeichnung 162. Mit ihnen werden Aufnahmen gemacht, die ein Auflösungsvermögen in der Größenordnung von 15 bis 30 Metern haben. Wie auch in der weiteren Entwicklung deutlich wird, werden nach Auswertung der zurückgeführten Fotomaterialien dann sogenannte Detail-Spionage-Satelliten gestartet. Anfänglich wurde hier die Kombination Atlas-Agena eingesetzt. Diese Satelliten besitzen Kamerasysteme mit bedeutend höherem Auflösungsvermögen. Es sollen Werte bis zu 30 cm Auflösungsvermögen erreicht werden. Sie tragen die Codenummer 920.

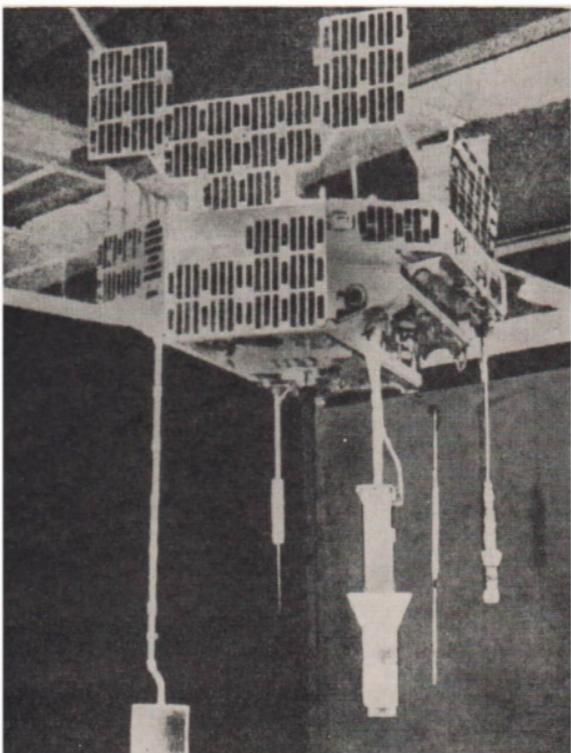
Der erste Einsatz erfolgte 1962. Am 21. 2. gelangte der Satellit 1962-Delta 1 in eine Erdumlaufbahn. Er war vom Typ 162. Die Trägerrakete war eine Thor-Agena B, der Startort Vandenberg. Seine Flugbahn verlief zwischen 167 und 375 km. Die Bahneigung machte rund 82 Grad aus. Er befand sich 16 Tage in der Erdumlaufbahn und beendete seinen Flug am 9. 3. 1962. Die Kapsel mit dem Fotomaterial, die Übersichtsaufnahmen enthielt, war schon vorher ausgestoßen und geborgen worden. Da alle diese Satelliten unter die Geheimhaltungsvorschriften fallen, läßt sich der genaue Zeitpunkt nicht ermitteln. Er muß aber vor dem 7. 3. 62 liegen. An diesem Tage startete sein sogenannter Partner mit einer Atlas-Agena B von Point Arguello. Dieser für Detailaufnahmen vorgesehene Satellit erreichte eine höhere Flugbahn als geplant. Er blieb deshalb bis zum 7. 6. 1963 in der Umlaufbahn, ehe er verglühte. Er trug die Bezeichnung 1962-Eta 1.

Im ersten Jahr des Einsatzes war die Zahl der gestarteten Satelliten relativ hoch. Das läßt sich dadurch erklären, daß nicht alle vorgesehenen Fotoaufklärungssatelliten zur vollen Zufriedenheit arbeiteten. Insgesamt 18 Satelliten für Übersichtsaufnahmen (Nr. 162) erreichten ihre Bahn. Bei wie vielen die Kapselbergung gelang, ist nicht bekannt. Vom Typ 920 wurden 1962 nur insgesamt neun Satelliten eingesetzt. Das zumindest deutet darauf hin, daß nicht alle Satelliten vom Typ 162 Aufnahmen in der gewünschten Qualität lieferten.

Ein Problem tauchte bei diesen Aufklärungssatelliten auf. Da anfänglich nur normale Fotoaufnahmen gemacht wurden, wirkte sich die Bewölkung als hemmender Faktor aus. Die Zahl der durch das Vorhandensein von Wolkendecken nicht nutzbaren Bilder überstieg in starkem Maße die Anzahl der auswertbaren.

Wenn man sich die Bahnelemente dieser Aufklärungssatelliten genauer ansieht, erkennt man, daß bei den meisten die Flugbahn so gelegt worden war, daß das Perigäum über den geographischen Breiten von +40 bis +70 Grad lag. Durch die Drehung der Apsidenlinie verändert natürlich das Peri-

Abb. 7: Eine Funkspionage-satellit P-11 der US-Air Force. Unten erkennt man die verschiedenen Antennen-systeme. Die Energiever-sorgung erfolgt über Solar-zellenflächen. Der Satellit ist in seiner Flugbahn drallstabilisiert.



gäum seine Lage. Die Flugbahnen waren so gewählt worden, daß diese Drehung der Apsidenlinie in Richtung zu höheren geographischen Breiten erfolgte. Am Anfang des Erdumlaufs lag das Perigäum meist bei 35 bis 40 Grad nördlicher Breite und wanderte dann im Laufe der darauffolgenden Tage weiter in nördlicher Richtung. Aus diesem Fakt wird sichtbar, daß die Aufgabenstellung der militärischen Aufklärungssatelliten die Erkundung der Volksrepublik China, der Sowjetunion und der anderen Länder des sozialistischen Lagers zum Ziel hatte. Sicherlich hat man zu Testzwecken bzw. zur Kalibrierung der Aufnahmegeräte auch Testaufnahmen vom eigenen Territorium gemacht. Es gibt aber auch Beispiele dafür, daß bestimmte Satelliten für besondere Aufgaben eingesetzt wurden. Kriegsgerüste und Spannungsgebiete wurden ebenfalls durch Spionagesatelliten überwacht. Bereits 1962 tauchten drei Vertreter einer anderen Gruppe von Spionagesatelliten auf. Der erste Vertreter dieser Art war der Satellit 1962-Sigma 1. Gestartet wurde er am 15. 5. mit einer Thor-Agena B-Rakete von der Vandenberg Air-Force-Base. Bei einer Bahnneigung von ebenfalls rund 82 Grad umkreiste dieser Satellit die Erde zwischen 290 und 655 km. Es war der erste Einsatztyp eines sogenannten Funküberwachungssatelliten. Diese Satelliten haben die Codebezeichnung P-11. Eine andere Bezeichnung lautet Ferret (deutsch: Frettchen). Sie besitzen Anlagen, mit denen der Funkverkehr im UKW-Bereich aufgenommen werden kann. Diese Funksendungen werden an Bord gespeichert und beim Überfliegen von Bodenstationen der USA mit hoher Bit-Rate überspielt. Zum anderen dienen sie der Überwachung des Radarnetzes. Auch sie werden vornehmlich über der Sowjetunion und den anderen Ländern des sozialistischen Lagers sowie der VR China eingesetzt. Im Jahre 1963 wurde mit dem Satelliten 1963-25 A erstmalig eine neue Startmethode angewandt. Da seine Nutzmasse relativ gering war (rund 60 kg), ergab sich die Möglichkeit, ihn als sogenannten Piggyback-Satelliten auf die Bahn zu bringen. Gestartet wurde er gemeinsam mit einem Satelliten für Über-sichtsaufnahmen mit einer Thor-Agena D. Nach dem Erreichen der Flugbahn wurde dann die P-11-



Abb. 8: Der Behälter mit den Filmmaterialien eines Rückkehrkörpers von Spionagesatelliten.

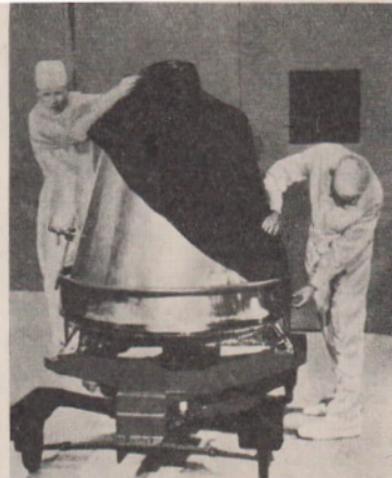


Abb. 9: Ein Wiedereintauchkörper eines Spionagesatelliten der USA.

Nutzlast im Apogäum getrennt, die mit einem eigenen kleinen Raketenantrieb eine kreisähnliche Bahn im Bereich um 350 km erhielt. Zwei der 5 1963 eingesetzten Funkspionagesatelliten wurden auf diese Weise gestartet. 1964 wurde von den sieben Funkspionagesatelliten nur einer, allerdings hier mit einer Atlas-Agena D zusammen auf die Bahn gebracht. 1965 und 1966 war dann der Trägersatellit für den P-11 jeweils die Atlas-Agena D. Von 1967 bis 1970 schließlich wurden die Funkspionagesatelliten mit der TA-Thor-Agena D als Piggyback gestartet. Danach wurden sie wiederum als selbständige Satelliten auf die Bahn gebracht. Das deutet darauf hin, daß von diesem Zeitpunkt an verbesserte Versionen mit einer höheren Nutzmasse eingesetzt worden sind.

Aus einem Bild dieser Satelliten vom Typ P-11 geht eindeutig hervor, daß sie Solarzellen als Energieversorgungsquelle benutzen. Ihre aktive Lebensdauer ist daher relativ lang, einige waren mehrere Jahre in Aktion.

Eine weitere Satellitengruppe gehört noch zum System der Aufklärungssatelliten. Oben wiesen wir darauf hin, daß Schwierigkeiten für den Einsatz der Fotospionagesatelliten durch Wolkenbedeckung aufraten. Anfänglich wird man sich mit den Wetterbildern der Ticos-Satelliten begnügt haben, aber schon bald setzte man spezielle militärische Wetterbeobachtungssatelliten ein. Bei ihnen kam es nur darauf an, den Wolkenbedeckungsgrad über dem interessierenden Territorium fernsehtechnisch aufzuzeichnen. Die Fernsehbilder wurden zur Erde übermittelt und dann für die Programmierung der fotografischen Aufklärungssatelliten genutzt. Die ersten derartigen Satelliten erreichten mit einer Scout-Trägerrakete ihre Bahn. Am 23. 8. 1962 startete der Geheimsatellit 1962-Alpha-Omkirk 1 mit einer Scout-Rakete von Point Arguello. Er umkreiste die Erde im Bereich zwischen 620 und 860 km Höhe. Als Nutzmasse für diese Satelliten nennt RAE nur rund 40 kg und als Durchmesser 1 m. Da nur einfache Angaben über den Wolkenbedeckungsgrad notwendig waren, konnte die Nutzmasse so klein gehalten und anfänglich die Scout-Trägerrakete eingesetzt werden.

Die späteren Starts dieser militärischen Wetterbeobachtungssatelliten erfolgten dann mit der Raketenkombination Thor-Altair bzw. Thor-Burner 1 und 2. Der hier verwendete verbesserte Typ hatte eine Nutzmasse von etwa 150 kg. Eingesetzt wurden die verbesserten Typen der Wetterbeobachtungssatelliten von 1965 an. Da auch sie sicherlich Solarzellenenergieversorgung haben, war eine lange aktive Lebenszeit möglich. Diese Wetterbeobachtungssatelliten laufen unter der Codebezeichnung 417. Anfänglich hatten — wie schon ausgeführt — die Aufklärungssatelliten für Übersichtsfotoaufnahmen die Codebezeichnung 162. Dieser Typ ist aber verbessert worden und erhielt damit die neue Codebezeichnung 770. 1962 wurde bereits eine zum Teil verbesserte und leistungsfähigere Zweitstufe für die Thor, mit der Bezeichnung Thor-Agena D verwendet. Ab 1963 wurde dann nur noch die Thor-Agena-D verwendet. 1966 taucht mit dem Satelliten 1966-72 A (gestartet am 9. 8.) zum ersten Mal

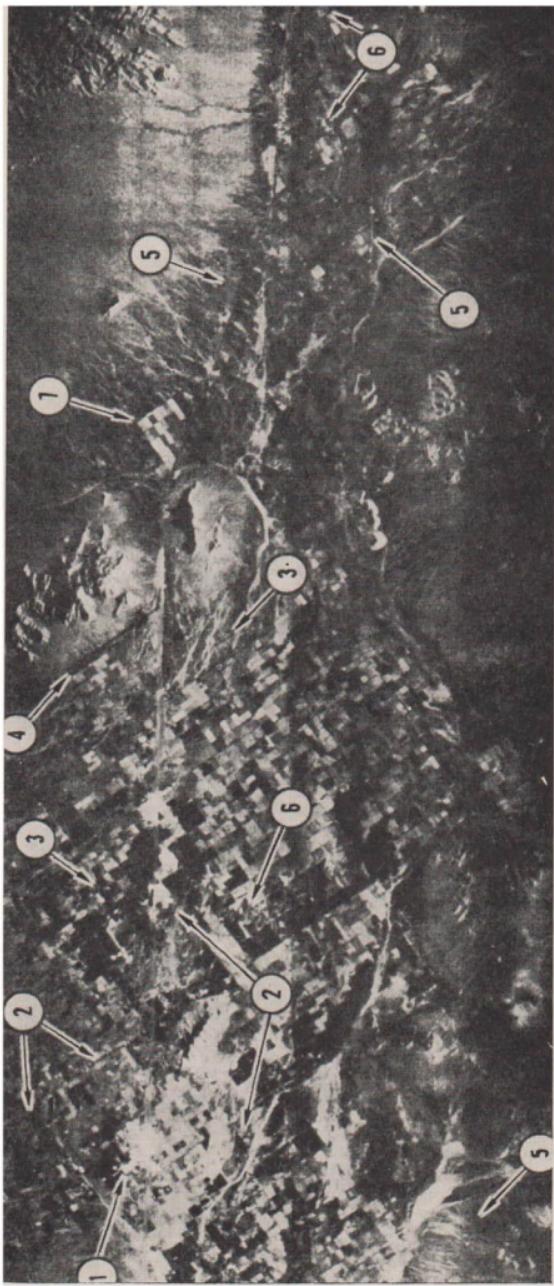


Abb. 10: Eine Seitensichtradaraufnahme, die wie ein gestochenes scharfes Foto erscheint. Mit Pfeilen sind Veränderungen, die sich seit der letzten topografischen Aufnahme des Gebietes ergeben haben, gekennzeichnet. Es bedeuten: 1 Stadtausdehnung, 2 Flugplätze, 3 Autobahnen, 4 Straßenabschnitt, 5 Hochspannungsleitung, 6 kleinere Ortschaften, 7 Nutzlandbegrenzung. Das Bild überdeckt eine Fläche von 3500 km².



Abb. 11: So etwa sehen Spionageaufnahmen mit einem Auflösungsvermögen von etwa 1 Meter aus.



Abb. 12: Eine Radaraufnahme der Straße von Dover-Calais. Die einzelnen Schiffe, die sich hier befinden, sind deutlich als kleine Striche zu erkennen.

die TA-Thor-Agena-D auf. Ab Mai 1967, also ab 1967-43 A, wurde für die 770-Satelliten nur noch die TA-Thor-Agena-D eingesetzt.

Für die Detailaufklärungssatelliten vom Typ 920 wurde 1962 die Kombination Atlas-Agena-B verwendet, 1963 löste sie dann die Atlas-Agena-D ab. 1966 wurde erstmals bei dem Satelliten 1966-69 A die Kombination Titan-Agena-D eingesetzt. Ab Juni 1967, mit dem Satelliten 1967-64 A, wurde sie nur noch für die Satelliten vom Typ 920 gebraucht. Der Einsatz einer schubstärkeren Grundstufe läßt darauf schließen, daß die Leistungsfähigkeit und damit auch die Nutzmasse dieses Satellitentyps verbessert bzw. vergrößert wurde.

Interessant ist auch ein zahlenmäßiger Vergleich beim Einsatz dieser Fotoaufklärungssatelliten. Die höchste Startquote pro Jahr beim Typ 162 bzw. 720, wurde 1962 erreicht. 1963 bis 1965 war die Anzahl der eingesetzten Satelliten etwa konstant und lag bei 13 Starts (1963 12 Starts), 1966 bis 1968 starteten nur noch 8 bzw. 9 Satelliten von diesem Typ. 1969 sind 6 derartige Raumflugkörper eingesetzt worden, 1970 nur noch 4 und 1971 nur 2. Dieser Rückgang ist sicherlich darauf zurückzuführen, daß sich die Qualität und die Zahl der gelieferten Bilder erhöht hat und die Mißerfolge geringer wurden.

Bei den Satelliten vom Typ 920 spiegelt sich im wesentlichen — die Starthäufigkeit betreffend — die allgemeine Entwicklungstendenz der amerikanischen Raumfahrt wider. Diese Tendenz brachte einen Anstieg der Starthäufigkeit mit einem Maximum im Jahre 1966, danach einen ständigen Abfall. Die höchste Zahl wurde im Jahre 1966 mit 15 Starts erreicht, 1971 sank sie kontinuierlich bis auf 4 Starts ab. Das Absinken wird aber sicherlich nicht seine Ursache in der allgemeinen Tendenz der USA-Raumfahrt haben. Der Faktor der Verbesserung der Systeme und die Steigerung der Erfolgsquote werden dabei eine Rolle spielen. Eine weitere Ursache ist darin zu suchen, daß ab 1971 — mit Vorsuchen schon 1970 — eine Umstellung des amerikanischen Fotospionageystems ihrem Anfang nahm.

Mit dem Satelliten 1970-46 A wurde erstmals ein militärischer Satellit der USA, der nicht Zwecken der Nachrichtenübermittlung diente, auf eine Synchronbahn gebracht. Es folgte 1970-69 A. Beide wurden mit einer Atlas-Agena-D gestartet. 1970-93 A folgte dann mit einer Titan-3 C. Er trägt auch die Bezeichnung BMEWS 2-1. BMEWS-2 war 1971-39 A, der mir (bis Mitte Juni 1972) bekanntgewordene letzte Synchronsatellit dieses Typs war BMEWS 2-3, 1972-10 A. Diese, sich in einer Synchronbahn befindlichen Satelliten bilden nur einen Teil des neuen Systems. Dazu gehören Satelliten, die mit der Titan 3D (eine verbesserte Version der Titan 3C mit 1 180 000 Startschub) ihre Erdumlaufbahn erreichten. Diese Satelliten haben die Codenummer 467. Sie besitzen eine Masse von 11 340 kg. Der erste Vertreter dieser Art war 1971-56 A. Der zweite bis Mitte Juni 72 eingesetzte Satellit war 1972-02 A. Es sind Satelliten mit verschiedenartigen Bildaufnahmesystemen. Sie besitzen Anlagen zur Entwicklung von Fotoaufnahmen an Bord und der digitalen Übertragung der entwickelten Aufnahmen an die BMEWS-Satelliten. Diese übertragen die empfangenen Bilder an Bodenstationen.

Sie sollen ferner in der Lage sein, mehrmals Kapseln mit Fotomaterial auszustoßen, die zur Erde zurückkehren. Außerdem sollen sie Anlagen haben, die Aufnahmen nach dem Prinzip des Seitensichtradars gestalten. Damit ist es möglich, auch durch Wolkendecken Objekte der Erdoberfläche als Bild sichtbar zu machen.

Zur Aufnahmetechnik: Sendet man elektromagnetische Strahlung senkrecht nach unten und tastet damit zeilenweise die Erdoberfläche ab, so entsteht dabei ein Bild, bei dem als Helligkeitskontrast nur die verschiedene Radarstrahlungsreflexionsfähigkeit der Details der Erdoberfläche wiedergegeben wird. Bei schräger Abstrahlung (deshalb die Bezeichnung Seitensichtradar) wird jede Unebenheit der Erdoberfläche — ebenfalls bei zeilenweiser Aufzeichnung eines Bildes — sichtbar. geneigte Flächen reflektieren die Radarstrahlung stärker als ebene Flächen. Jedes überhöhte oder vertiefte Objekt wird dadurch sichtbar. Außerdem sollen diese Satelliten auch noch mit verschiedenen Systemen für Infrarotaufnahmen in ausgewählten Spektralbereichen ausgerüstet sein.

Das erste Einsatzpaar waren 1971-39 A als Übermittlungssatellit und 1971-56 A als Beobachtungssatellit. Letzterer befand sich 52 Tage, vom 15. 6. bis 6. 8. 1971, in der Erdumlaufbahn. Eine zweite Erprobung von 1971-39 A erfolgte mit 1972-02 A, der vom 20. Jan. 1972 bis zum 29. Febr. 1972 die Erde umkreiste. Welche Bedeutung die herrschenden Kreise der USA dem Einsatz der militärischen Aufklärungssatelliten beimessen, sei an einer Äußerung des ehemaligen Präsidenten Johnson deutlich gemacht. Am 15. März 1967 teilte er in Nashville, Tennessee, einer kleinen Gruppe von Regierungsvertretern und Lehrern mit, daß „Wir (die USA) 35 bis 40 Milliarden Dollar für das Raumfahrtprogramm ausgegeben haben. Und wenn nichts anderes als nur das Wissen durch die aus dem Weltraum gemachten Fotografien daraus resultiert hätte, so ist dieses das Zehnfache des ausgegebenen Betrages wert. Weil uns nämlich heute bekannt ist, wie viele Lenkwaffen der Feind besitzt. Unsere Schätzungen lagen, wie wir feststellten, weit neben den Tatsachen.“

Mitteilungen der Astronautischen Gesellschaft der DDR — Mitglied der IAF



Präsident: Prof. Dr. Johannes Hoppe, Direktor am Heinrich-Hertz-Institut der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, **Vizepräsidenten:** Prof. Dr. Hans Reichardt, Dr. Eberhard Hollax, Helmut Mielke, **Sekretär:** Dipl.-Gewi. Herbert Pflaue

Bericht über den XXIII. Kongreß der IAF in Wien, 9. bis 14. Oktober 1972

Die Kongreßthemen

Natürlich ist es unmöglich, einen vollständigen Überblick über das gesamte Kongreßgeschehen zu geben, da weit mehr als 150 Vorträge gehalten wurden. Zum anderen fanden die Vorträge meist in fünf, an einigen Tagen auch in sechs Parallelsitzungen statt. Im folgenden seien wenigstens die Themenkomplexe, die in Wien behandelt wurden, aufgezählt.

Aspekte für die Entwicklung von wissenschaftlichen Raumfahrkörpern — Untersuchungen und Produktion bei Schwerelosigkeit — Rettung aus Raumnot — Gasdynamik und Mechanik — Transportprobleme im kosmischen Raum — Anwendungssatelliten — Bioastronomie — Kostenreduktion bei der Raumfahrt — Astrodynamik — Material- und Strukturprobleme — Erziehung und Bildung — Geschichte der Raumfahrt — Antriebsfragen — Verbindung zu außerirdischen Lebewesen — Weltraumrecht — IAF-Studentenkonferenz — 5. Symposium über ein internationales Mondlaboratorium — Erdekundungen durch Raumfahrkörper.

Wie aus dieser Zusammenstellung ersichtlich ist, war der Schwerpunkt der Thematik auf die irdische Anwendung der Raumfahrt gerichtet. Der XXIII. Kongreß stand bekanntlich unter dem Motto: „Der Weltraum für die Entwicklung der Erde“.

Gastgeber und Delegationen

Veranstalter und Gastgeber war die Österreichische Gesellschaft für Weltraumforschung und Flugkörperteknik.

Zur sowjetischen Delegation (28 Personen) gehörten auch die beiden Kosmonauten Anatoli Filipschenko und Waleri Kubasow. Letztergenannter hatte bekanntlich Schweißexperimente im Raumschiff Sojus 6 ausgeführt. erstgenannter war der Kommandant von Raumschiff Sojus 7. Die sowjetische Delegation stand unter der Leitung des bekannten Weltraumexperten Prof. Leonid Sedow.

Entgegen der Ankündigung hatten die USA keinen Astronauten zum Kongreß entsandt. Auf Anfragen wurde geantwortet daß die NASA hierfür nicht genügend Mittel zur Verfügung habe. Prominenteste Persönlichkeit der amerikanischen Delegation war Werner von Braun, der sieh ja bekanntlich seit Mitte des Jahres von der NASA zurückgezogen hat und nun bei der Firma Fairchild als Entwicklungsdirektor tätig ist. Außerdem waren bekannte Wissenschaftler, wie Prof. Gilruth, Prof. Kraft-Ehricke und Prof. Stuhlinger von der NASA, anwesend.

Die DDR-Delegation wurde von Vizepräsidenten der Astronautischen Gesellschaft, Dr. Eberhard Hollax, geleitet. Zu ihr gehörten die Präsidiumsmitglieder Prof. Reintanz, Horst Hoffmann und der Autor des Berichts. Außerdem gehörte noch Herr Dr. Kempe von der Akademie der Wissenschaften der DDR zu unserer Delegation. Auch die anderen sozialistischen Länder waren durch Delegationen beim Kongreß vertreten.

Unser Gespräch mit den sowjetischen Kosmonauten

Einige Mitglieder unserer Delegation hatten die Möglichkeit, mit den beiden sowjetischen Kosmonauten ein freundschaftliches Gespräch von mehr als einer Stunde Dauer führen zu können. Auch hier können wir nur einige wenige interessante Fragen, die uns die Kosmonauten beantworteten, wiedergeben.

Zum Verhältnis Mensch-Automat in der Raumfahrt

Zur Frage des Verhältnisses Mensch-Automat in der Raumfahrt, äußerte Filipschenko, daß die Rolle des Menschen mit jedem neuen benannten Unternehmen wächst, da er immer besser lernt, bestimmte Beobachtungsaufgaben auszuführen und sein Raumschiff selbst immer besser technisch beherrschen lernt. Bei bemannten Unternehmen muß man immer darum bemüht sein, ein optimales Verhältnis zwischen automatischen Systemen und dem Menschen herzustellen. Das gilt auch für Beobachtungsaufgaben. Solche Aufgaben, die Automaten präziser zu lösen vermögen, wird man ihnen überlassen. Dort, wo jetzt Automaten noch versagen oder fehlerhafte Ergebnisse liefern können, wird der Mensch eingreifen.

Ziele der Raumfahrt in unserer Zeit

Auf die Frage, welche Ziele noch in unserem Jahrtausend durch die Raumfahrt zu erreichen seien, meinte Filipetschenko, daß die Raumfahrt sich immer stärker dem Fortschritt und Nutzen der Menschheit zuwenden. Man kann natürlich noch nicht konkret im einzelnen sagen, welche Unternehmen stattfinden werden. Die Forschungen im erdnahen Raum werden weitergeführt, doch auch Mond, Mars und Venus werden weiterhin Ziele automatischer unbemannter Stationen sein. Diese Automaten sind billiger als ein bemanntes Unternehmen, kein Menschenleben wird gefährdet, und wir erhalten auch so die gewünschten Angaben. Zu einem späteren Zeitpunkt wird auch die Sowjetunion bemannte Flüge zum Mond ausführen.

Bemannte Flüge zum Mars liegen noch in sehr weiter Ferne, es fehlen hierfür die technischen Voraussetzungen und es ist noch nicht bekannt, wie lange ein Mensch im kosmischen Raum verbleiben kann. Zum anderen ist es so, daß die Rückwirkungen der Raumfahrt auf dieirdische Technik sehr stark sind. Ohne Raumfahrt wären viele Gebiete der Technik noch nicht so weit entwickelt, sie würden noch rückständiger sein. Alle Gebiete der Volkswirtschaft profitieren heute von der Raumfahrt: sei es die Erkundung von Bodenschätzen, sei es die meteorologischen Untersuchungen, die Warnungen vor Naturkatastrophen, die Beobachtungen von Fischzügen, landwirtschaftliche Beobachtungen usw.

Kopplung und Flugdauer von Salut-Stationen

Zur Frage, ob es auch möglich wäre, zwei Salut-Raumstationen in der Erdumlaufbahn zu koppeln, äußerte der Kosmonaut, daß das prinzipiell zu realisieren sei. Da aber die Salut-Stationen auch in Zukunft unbemannt gestartet würden, müßte dann die Besatzung mit Sojus-Raumschiffen zu einer gekoppelten Salut-Station gebracht werden. Das hätte natürlich den Vorteil, daß bedeutend mehr Raum für die Arbeit der Kosmonauten zur Verfügung stehen würde.

Auf die Frage, wovon denn die maximale Flugdauer bei den Salut-Stationen abhänge und ob es nicht günstiger wäre, eine solche Station für längere Einsatzzeiten auszubauen, erklärte Filipetschenko, daß vorläufig eine Einsatzzeit von zwei bis drei Monaten für eine Salut-Station ausreichen würde. Längere Einsatzzeiten sind vorläufig nicht notwendig. Die Flugdauer eines Salut-Raumschiffes hänge erstens von der Höhe der Flugbahn und zweitens vom Treibstoffvorrat für Bahnkorrekturen ab. Man wählt absichtlich die reicht tief gelegene Umlaufbahn, um günstige Möglichkeiten für die Erdebeobachtungen, die ja die Hauptarbeit auch bei künftigen Salut-Stationen sein wird, zu haben. Natürlich könnte man den Treibstoffvorrat vergrößern, aber er glaubt, daß dies zur Zeit noch nicht notwendig sei.

Wir hatten erfahren, daß der Kosmonaut Kubassow z. Zt. englisch lernt. Auf die Frage an Filipetschenko, ob auch er beabsichtigt englisch zu lernen, sagte er, daß er, wenn er in die Gruppe mit aufgenommen wird, die zu Kontakten bzw. Kopplungen mit amerikanischen Raumschiffen vorgesehen ist, auch englisch lernen würde.

Irdische Versuchsanlage für das Schweißen und Löten im Kosmos

Viel beachtet wurde ein Vortrag von I. N. Frantswitsch und anderen von der Sowjetischen Akademie der Wissenschaften, den Prof. Beljakow verlas. Das Thema lautete „Untersuchungen über die Möglichkeiten der Verwendung von Sonnenenergie zum Schmelzen und Löten im kosmischen Raum.“ Für diese Untersuchungen war in Kiew von der Ukrainischen Akademie der Wissenschaften eine irdische Versuchsanlage aufgebaut worden, die die Bezeichnung SGO-5 trägt. Die Anlage besteht aus einem Parabolospiegel von 2 Metern Durchmesser (ehemaliger Reflektor eines Scheinwerfers) als Sammler für die Sonnenstrahlung. Im Brennpunkt dieses Spiegels (850 mm) war eine Vakuumanlage angebracht. Der Spiegel hatte einen Öffnungswinkel von 120 Grad, die Reflexionsfähigkeit für Sonnenstrahlung betrug 0,87. Der Fokalfeck besaß einen Durchmesser von ungefähr 8,4 mm. Bei normalem Sonnenlicht (volkommen klarem Himmel) konnte in dem etwa 8 mm Fokalfeck eine Energie von 20 000 cal/cm²-min erzeugt werden. Die effektive Temperatur, die damit erreicht wurde, lag bei 3500 Grad Kelvin. Das Werkstück, welches geschweißt werden sollte, befand sich in der Vakuumkammer. Diese besaß eine Quarzglasabdeckung von gewölberter Form (Paraboloid). Zur Begrenzung des Schweißpunktes befindet sich direkt über dem Werkstück ein Blendsystem, welches wassergekühlt ist. Von außen kann das Werkstück in der Vakuumkammer zur Bearbeitung gedreht und bewegt werden. Durch entsprechende Vakuumpumpen gelang es, für etwa 10 Minuten ein Vakuum von 10^{-4} mm Quecksilbersäule aufrecht zu erhalten. Die Nachführung des gesamten Systems nach der Sonne erfolgte mit einer Genauigkeit von ± 10 Bogenminuten. Eine nicht vermeidbare Schwierigkeit trat darin auf, daß die beim Schweißen frei werdenden gasförmigen Bestandteile sich an der Quarzabdeckung absetzten. Damit wurde im Verlaufe des Schweißprozesses die Durchsichtigkeit der Quarzabdeckung geringer. Bei den ersten Experimenten hatte man Röhren bis zu 50 mm Durchmesser aus rostfreiem Stahl und aus Titanlegierungen zusammengeschweißt. Die Schweißgeschwindigkeit betrug dabei 0,7 bis 3,5 Meter/Stunde. Diese Schweißexperimente gelangen auch bei einem Druck von 10^{-4} bis 10^{-5} mm Quecksilbersäule. Auch bei bedeutend schwächerer Sonnenenergiestrahlung (Cirruswolken, Dunst oder Sonne in Horizontnähe), bei einem Strahlungsseinsfall von 0,04 Watt pro cm² gelangen diese Schweißexperimente. Besonders auffällig war das Fehlen von Kratern oder Ausbeulungen, die bei jedem anderen Schweißverfahren an der Oberfläche der Schweißnaht auftreten. Die Schweißnaht war spiegelglatt. Die Schweißnähte wurden sowohl mit Druckluft als auch mit Wasser unter hohem Druck getestet und erwiesen sich als absolut vakuumdicht. Ähnliches kann man nur mit Lichtbogenschweißungen erreichen. Die Haltbarkeit der Schweißnähte ergab sich zu 50 kg/mm². Das sind 0,9 der Haltbarkeit des Ausgangsmaterials, also ein sehr guter Wert. Die Mikrohärte ist gleichmäßig entlang der gesamten Schweißnaht. Bei Schweißexperimenten mit Titanlegierungen konnte eine Haltbarkeit von 73 kg /mm² festgestellt werden.

Neben den Schweißexperimenten wurden auch Lötexperimente gemacht. Für das Löten von rostfreiem Stahl wurde eine Silizium-Kupfer-Lötmasse verwendet. Die Lötspalte wurde zwischen den Kanten der Lötnaht eingebracht. Die Drehgeschwindigkeit bei diesen Lötexperimenten betrug etwa 1,6 Meter pro Stunde. Die Qualität der Lötverbindungen entspricht ohne weiteres allen anderen bisher angewandten Lötv erfahren.

Die irdische Anwendung des Schweißens und Lötsens mit Hilfe von Sonnenstrahlung ist sehr aussichtsreich, allerdings aber nur für Gebiete auf der Erde, die eine relativ hohe Quote an Tagen mit Sonnenschein haben. Da natürlich die Apparatur auf der Erde noch recht aufwendig ist, dürfte sie vorläufig nur für ganz spezielle Zwecke, bei denen eine hohe Qualität der Schweißnaht gefordert wird, Anwendung finden.

Für den kosmischen Raum bietet sich diese Methode des Schweißens direkt an. Die Intensität der Sonnenstrahlung in einer Satellitenbahn ist um das vier- bis fünffache größer als an der Erdoberfläche. Berechnungen haben ergeben, daß für Schweiß-

experimente im erdnahen Raum nur ein Parabolspiegel von etwa 20 cm Durchmesser notwendig wäre. Eine Vakuumanlage entfällt, da sich die zu schweißenden Teilstücke im Vakuum befinden. Für Schweißarbeiten im kosmischen Raum ist diese Methode sozusagen die ideale Lösung. Sicher werden einmal große Raumstationen mit Hilfe von Sonnenenergie-Schweißanlagen zusammengebaut werden. Die kleine Dimension des Parabolospiegels erlaubt die Konstruktion von Handgeräten, die ein Kosmonaut ohne Mühe mit sich führen kann.

Satelliten mit praktischer Nutzanwendung für die Erde

Wie bereits erwähnt, standen Fragen der praktischen Nutzanwendung der Raumfahrt für die Erde im Mittelpunkt. Es ist leider nicht möglich, viele behandelte Einzelheiten wiederzugeben, sondern es erscheint zweckmäßig, für die Satelliten, die bereits Anwendung finden oder in naher Zukunft zum Einsatz kommen, drei große Gruppen zu unterscheiden. (Das entspricht etwa auch der Einteilung, wie sie beim IAF-Kongreß zu finden war.) Als erste große Gruppe die sogenannten Kommunikationssatelliten, als zweite Gruppe die Meteorologie-Satelliten und als dritte die Ressourcensatelliten.

Von den Kommunikationssatelliten verspricht man sich folgendes: Eine Abnahme des Analphabetentums auf der Erde, ein Ansteigen des Bildungsniveaus und damit verbunden auch eine Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion, vor allem in Entwicklungsländern; die Steigerung des Bildungsniveaus kann auch in technischer und ökonomischer Hinsicht erfolgen. Es ergibt sich ferner die Möglichkeit, daß weltweit die größten Kapazitäten der Wissenschaft über Kommunikationsatelliten Vorlesungen halten, so daß ganz allgemein das Bildungsniveau in allen Staaten in extrem starkem Maße gesteigert werden kann. Ferner ergeben sich dadurch bessere und schnellere Informationsmöglichkeiten und schließlich auch eine größere Verkehrssicherheit, vor allem beim Schiffs- und Flugzeugverkehr durch Vermeidung von Schäden durch Kollisionen. Kommunikationssatelliten können also eingesetzt werden für Telefonverbindungen, Rundfunkübertragungen, Fernsehsendungen sowie für die Ausstrahlung von Bildungs-, Ausbildungs- und Aufklärungsprogrammen. Diese Satelliten lassen sich ferner für Navigationshilfen von Land-, See- und Luftfahrzeugen nutzen. Auch der umgekehrte Weg ist möglich und bereits ins Auge gefaßt, nämlich die Erfassung der Position von See- und Luftfahrzeugen über bestimmten großräumigen Gebieten und eine zentrale elektronische Auswertung zur Vermeidung von Kollisionen.

Meteorologiesatelliten können folgende Anwendung finden: Wetteranalyse (bereits realisiert), Wettervorhersage, Wetterkontrolle und Untersuchungen zur Luftverschmutzung. Voraussichtlich werden Wittersatelliten der besseren Ausnutzung der landwirtschaftlichen Lebensmittelproduktion durch verbesserte Wetterprognosen dienen. Ferner ist eine Verminderung von Verlusten in der Land- und Forstwirtschaft sowie eine Reduzierung von Verlusten durch Luftverschmutzung möglich. Wettervorhersagen und Unwettermeldungen können außerdem zur Vermeidung von Verlusten in der See- und Luftfahrt föhren.

Abschätzungen amerikanischer Wissenschaftler über die Einsparungen, die jährlich durch Wettersatelliten seit 1969 gemacht wurden, führten zu einer Summe von 2,7 Milliarden Dollar. Allein 2,5 Milliarden Dollar beziehen sich dabei nur auf die Landwirtschaft. Das sind Zahlenwerte, die nur für die USA Gültigkeit haben. Sicherlich könnte die Sowjetunion mit ähnlichen Werten aufwarten. Die Kosten, die bisher für alle amerikanischen Wettersatelliten (Tiros, ESSA, ATS und Nimbus) aufgebracht worden sind, betragen demnach nur ein Drittel der jährlichen Einsparungen seit 1969. Diese Zahlen mögen die Effektivität von Wettersatelliten deutlich machen.

Die Entwicklung der Ressourcensatelliten steht heute noch am Anfang. Die USA haben ihren ersten Ressourcensatelliten (ERTS-1) kürzlich gestartet und beginnen mit der Auswertung. Ähnliche Satelliten hat die Sowjetunion in der Kosmos-Serie bereits erprobt. Zum anderen haben sowjetische Kosmonauten, vor allem bei Sojus 6 bis 9, verschiedenartigste Methoden der Beobachtung durch den Menschen für die Erderkundung experimentell erprobt. Bei Salut 1 hat die Besatzung von Sojus 11 bei dem 26 Tage dauernden Flug diese Beobachtungen in der Praxis durchgeführt.

Die Aufgaben von Satelliten zur Erderkundung sind demnach: Kartografische Aufnahmen und Vermessungen der Erdoberfläche; Flut und Erosionsuntersuchungen; Untersuchungen der Wasserverschmutzung; Bodenklassifizierung; Ozeanografie; Ortung der Fischfauna; Hydrologie; Aufspüren von Gas-, Öl-, Wasser- und Erzlagerstätten; Abschätzungen der Ernteerträge der Landwirtschaft bzw. Forstwirtschaft; Entdeckung von Schädlingsbefall; Entdeckung von Waldbränden; Bewässerungs- und Vegetationsbeobachtungen u. a.

Derartige Untersuchungen durch Erderkundungssatelliten dienen der Steigerung der Lebensmittelproduktion; sie ermöglichen die Entdeckung und Ausbeutung von weiteren Lagerstätten; in der Land- und Forstwirtschaft ergeben sich Verbesserungen in der kurzfristigen Planung der Arbeit; allgemein also dienen die Erderkundungssatelliten der Verbesserung des Lebensstandards der Menschen und der Verbesserung der Rohstoffversorgung.

Zur Programmplanung der USA

Die Tendenzen der Entwicklung, die auf diesem Kongreß sichtbar wurden, zeigen deutlich, daß sich auch die USA jetzt in starkem Maße der Nutzung der Raumfahrt für irische Belange zuwenden. Die Sowjetunion hat — dank ihrer langfristigen Planung — diese Zielstellung schon seit vielen Jahren. Bei der NASA hat man doch wohl erkannt, daß dies der bessere Weg ist. Allerdings ist eines auch auf diesem Kongreß wieder besonders auffällig geworden. Sowohl die USA als auch die west-europäischen Raumfahrtorganisationen, vor allem die ESKO, bringen (für meine Begriffe) in übertriebenem Maße die Fragen der Umweltverschmutzung und der Möglichkeiten der Erkundung dieser Umweltverschmutzung durch Satelliten bzw. andere erdumkreisende Stationen, wie Skylab und deren Nachfolger, in die Diskussion. Natürlich besteht die Möglichkeit der Erkennung der Umweltverschmutzung durch Satelliten. Es hat aber den Anschein, daß durch Überbetonung gerade dieser Fakten versucht werden soll, größere Mittel für die Raumfahrt von staatlichen Stellen zu erhalten.

Bemerkenswert dabei ist, daß die Sowjetunion in ihrer Planung neben der Nutzung der Raumfahrt für irische Zwecke auch den Mond- und Planetenforschung in ihr Programm eingeordnet hat. Eingeordnet allerdings in einer Weise, wie es den Erfordernissen der jeweiligen Zeit entsprach. Werner von Braun hat in seinem, in vielen Zeitungen groß aufgemachten Vortrag den Versuch unternommen darzulegen, daß das Apollo-Projekt, welches jetzt mit dem Start von Apollo 17 zu Ende geht, doch eigentlich einen großen Nutzen für die Menschheit gebracht habe. Er sprach dabei nicht über die Mondbo-

proben, über die auf dem Mond aufgestellten wissenschaftlichen Apparaturen, sondern vor allem über die Rückwirkungen des gesamten Apollo-Projekts auf die technische Entwicklung auf der Erde. Angefangen vom sogenannten Management über die Elektronik, Steuerungstechnik bis zu neuen Werkstoffen und neuen Fertigungsmethoden. Es war ein Versuch, die 25 Milliarden Dollar, die ausgegeben wurden, zu rechtfertigen; ein Versuch, davon abzulenken, daß das Apollo-Unternehmen ein Prestigeunternehmen gewesen ist. Es besteht selbstverständlich kein Zweifel daran, daß die Raumfahrt die Technik, die Technologie und auch die Planung fördert. Interessant aber ist, daß beispielsweise der führende BRD-Raumfahrtkonzern Messerschmitt-Bölkow-Blohm GMBH dies in seinen Veröffentlichungen unter „Abfallprodukte“ (Spinoffs) einordnet.

Kommunikation mit außerirdischen Lebewesen?

Die höchste Besucherzahl (weil hier auch Nicht-Kongreßteilnehmer zugelassen wurden) hatte das am letzten Tag stattfindende internationale Treffen für den Meinungsaustausch über die Möglichkeiten der Kommunikation mit extraterrestrischen intelligenten Lebewesen. Es fand im Festsaal der Hofburg statt. Den Vorsitz führte der Leiter der Delegation der ČSSR, Prof. Rudolf Pešek. Erstmalig wurde bei diesem Internationalen Astronautischen Kongreß eine Halbtagsitzung zu Fragen der Kommunikation mit extraterrestrischen intelligenten Lebewesen abgehalten. (Abkürzung dafür ist CETI = Communication with Extraterrestrial Intelligence.) Leider wurden nicht alle hier angekündigte Vorträge gehalten.

Sowjetische Wissenschaftler, vor allem vom Armenischen Observatorium Burjakan, haben in dieser Hinsicht bereits eine große Anzahl von Untersuchungen ausgeführt. So wurde im Mai 1964 in Burjakan die erste Allionskonferenz über CETI in der UdSSR durchgeführt. In der Zeit vom 5. bis 11. September 1971 fand die bisher umfangreichste Konferenz über CETI ebenfalls in Burjakan statt. Es waren 32 Wissenschaftler aus der UdSSR, 19 aus den USA und je einer aus Großbritannien, der ČSSR und Ungarn anwesend. Diese über mehrere Tage dauernde Konferenz gab sozusagen den Auftakt für eine, eigentlich schon weltweite Bemühung zur Prüfung der Möglichkeiten des Empfangs von Signalen bzw. Sendungen extraterrestrischer intelligenter Lebensformen.

Grundsätzlich ist klar, daß auf optischem Wege keine Verbindung möglich ist, da die Intensität der jeweiligen Sonne jegliche optische Übermittlung von Informationen oder Zeichen infolge ihrer Strahlungsintensität verhindert. Bei diesem Symposium wurde festgestellt, daß man bei positiver Betrachtung der Verhältnisse damit rechnen könnte, daß etwa ein Prozent aller Sterne Planeten besitzen, bei denen ökologische Verhältnisse herrschen, die denen der Erde ähnlich sind. Demzufolge könnten in unserer Galaxis auf rund 2 Milliarden Planeten Verhältnisse herrschen, die die Entwicklung von Leben ermöglichen. Nach dieser Abschätzung die – wie gesagt – von den maximalen möglichen Verhältnissen ausgeht, dürfte der nächste derartige Planet in einem Abstand von etwa 15 Lichtjahren zu erwarten sein. Treibt man diese Wahrscheinlichkeitsrechnung weiter und nimmt an, daß die Periode der Existenz von technisch hochintelligenten Wesen nur 100000 Jahre dauert (meiner Ansicht nach gibt es keine Begründung dafür), so erklärte Prof. Sebastian v. Hoerner vom Nationalen Radioastronomie-Observatorium in Greenbank, Westvirginia USA, würden derzeit etwa 40000 technische Zivilisationen in unserem Milchstraßenystem existieren und die nächste wäre dann nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung etwa 500 Lichtjahre von uns entfernt.

Der Vortrag Prof. L. M. Muchins von der Sowjetischen Akademie der Wissenschaften wurde bei diesem Symposium verlesen. Er stellte fest, daß in den letzten 35 Jahren mehr als 20 Molekularten wie Methyalkohol, Ameisensäure, Formaldehyd und Azetaldehyd im interstellaren Raum gefunden worden sind. Sie sind kein Überbleibsel von organischen Leben, sondern bildeten sich unter den Bedingungen des interstellaren Raumes. In dichten Schichten von Planetenatmosphären müßt ihre Bildung bedeutend leichter vor sich gehen, so daß man der Entstehung von Leben eine bedeutend höhere Wahrscheinlichkeit zuschreiben müßt, als es früher der Fall war. In seinem Beitrag wurde ferner darauf hingewiesen, daß die wichtigsten Grundstoffe der lebenden Materie (Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphor, Schwefel, Kalzium, Magnesium, Eisen) im kosmischen Raum etwa im gleichen Verhältnis vertreten sind, wie in der lebenden Materie auf der Erde.

Die Bildung von Lebensformen müßte ein viel häufigerer Vorgang auf Planeten mit entsprechenden Atmosphären und geeigneten Temperaturbedingungen sein, als es bisher angenommen wurde. Prof. Muchin vertritt die Ansicht, daß die Entwicklung von vernunftbegabten Lebewesen nur auf jedem 100000sten Planeten vor sich gegangen ist, auf dem sich überhaupt Leben entwickelt hat. Trotzdem, so meint er, besteht die Chance, daß wir zumindest auf dem Funkwege die Existenz von technischen Zivilisationen feststellen können. Die Frage der Kontaktaufnahme dürfte allerdings äußerst schwierig sein, (Entfernung der nächsten zu erwartenden Zivilisation 500 bis 1000 oder mehr Lichtjahre.)

Auch die NASA hat sich bereits intensiv mit den Fragen der Möglichkeiten von CETI beschäftigt. Bernard Oliver, Hewlett-Packard Company, Palo Alto, Calif., ein weiterer Referent in diesem Symposium, berichtete über Untersuchungen, wie der Empfang von Signalen auf der Erde möglich wäre. Als Frequenzbereich kommt nur das von Störungen freie Band zwischen 1420 und 1662 MHz in Frage. Um aus diesen Entfernungen, in denen freunde Zivilisationen erwartet werden, noch oberhalb des Rauschabstandes empfangen zu können, wären riesige Antennenanlagen notwendig. Nach seinen Schätzungen müßten mindestens 1000 bis 10000 Parabolantennen mit einem Durchmesser von je etwa 100 Metern errichtet werden, die zusammenge schaltet eine Empfangsfläche von 20 km^2 entsprechen würden. Alle diese Antennen müßten synchron gesteuert werden und in einer einzigen Datenverarbeitungsanlage münden. Abschätzungen ergeben, daß dazu eine Entwicklungs- bzw. Bauzeit von etwa 10 bis 20 Jahren notwendig wäre. Seine Kostenrechnung, die natürlich die günstigsten Voraussetzungen zu Grunde legt, liegt bei 10 Milliarden Dollar, also etwa der Hälfte der Kosten des Apollo-Projekts. Allerdings, so sagte er selbst, ist er nicht davon überzeugt, daß sich dieses Projekt in absehbarer Zeit realisieren läßt, da im Gegensatz zum Apollo-Projekt hier nicht Garantien für Erfolgssicherheiten gegeben sind. Eine derartige Anlage würde den Empfang von Signalen außerirdischer Zivilisationen bis zu einer Entfernung von 1000 Lichtjahren ermöglichen, wenn diese mit einer Leistung von 1000 Megawatt ungerichtet abgestrahlt würden. Es fragt sich allerdings, ob es in der heutigen Zeit und mit den heutigen technischen Fähigkeiten sinnvoll ist, derart kostspielige Anlagen, die außerdem keine Erfolgssicherheit geben können, aufzubauen. Die von Oliver vorgeschlagene Anlage könnte höchstens die Existenz von außerirdischen Zivilisationen nachweisen, die eigentlich nicht zweifelhaft wird. Einen faktischen Nutzen hätte die Menschheit von einer derartigen Information nicht. Wenn Kommunikationszeiten von 100 bis 1000 oder mehr Jahren zum Informationsaustausch notwendig sind, dürfte kein praktischer Nutzen für die Erdbevölkerung abzusehen sein.

Zum Abschluß noch einige Gedanken, die hinsichtlich der weiteren Entwicklung der Raumfahrt — speziell im nächsten Jahrtausend — geäußert wurden. Es ist an der Zeit, daß wir uns an den Gedanken gewöhnen, daß unsere Erde ein Raumschiff mit zur Zeit 3,5 Milliarden Besatzungsmitgliedern ist. Wir sind dabei, dieses Raumschiff mehr oder weniger seiner Vorräte zu berauben und das normale Luftversorgungssystem langsam außer Betrieb zu setzen. Die führenden Raumforschungswissenschaftler der heutigen Zeit sind der Meinung, daß es nicht darum geht, die Menschheit umzusiedeln, sondern durch Verlagerung der Produktion in den kosmischen Raum unser Raumschiff Erde wieder zu „reinigen“.

K. H.

(Fortsetzung: Aus der Literatur)

nimmt. So wurden die klassischen spekulativen Hypothesen über die Evolution der Himmelskörper von Tatsachen und ernstzunehmenden Theorien abgelöst. Zwar ergaben diese Schlüssefolgerungen noch kein vollständiges Bild von der Entwicklung der Sternenwelt, zeugten aber davon, daß die moderne Astrophysik immer mehr zu einer evolutionären Wissenschaft wird.

Ende der vierziger Jahre begann die Erforschung von Sternensystemen eines neuen Typs — der Sternassoziationen. Durch ihre Erforschung konnte man zu zwei Schlüssefolgerungen gelangen, und zwar, daß sich der Prozeß der Sternbildung in der Galaxis auch heute noch fortsetzt und Sterne in der Regel nicht einzeln, sondern in Gruppen entstehen. Diese Tatsachen sprechen dafür, daß die Evolution der Sterne und ihrer Systeme vor allem mit den Prozessen der Ausdehnung und der Zerstreuung galaktischer Substanz zusammenhängt und daß sich die Bildung dieser Himmelskörper in relativ kleinen Räumen vollzieht.

In den letzten Jahren fesseln die Flackersterne die Aufmerksamkeit der Astronomen. Sie weisen lange Zeit eine normale Helligkeit auf, flackern jedoch von Zeit zu Zeit, wobei sich ihre Helligkeit buchstäblich in Zehntelsekunden mitunter um das Hundertfache vervielfacht.

Es ist uns gelungen, ein Verfahren auszuarbeiten, das der Bestimmung der Gesamtzahl der Flackersterne in jedem Sternensystem dient. Auf Grund erster Einschätzungen konnten wir schlüssefolgern, daß auch die sogenannten Zwerge ein langes Stadium der Aktivität durchlaufen.

Noch vor kurzem galten plötzlich aufleuchtende Sterne als relativ selten. Auf Grund der in den letzten Jahren im Observatorium Burjakan durchgeföhrten Arbeiten wissen wir, daß allein der Sternhaufen der Plejaden mindestens 700 solcher Sterne enthält.

Um einige astrophysikalische Probleme zu lösen, war es erforderlich, Beispiele für ein langes Anhalten der frühen Entwicklungsphasen der kosmischen Substanz ausfindig zu machen. Es gibt Beweise, daß die außergalaktische Astronomie, die sowohl optische als auch funktechnische Methoden zur Erforschung einzelner kosmischer Systeme verwendet, derartige Möglichkeiten bietet. Insbesondere gelang es 1952, einige kosmische Quellen der Radiostrahlung mit bestimmten Galaxien zu identifizieren. Es entstand der Begriff Radiogalaxien.

Radiogalaxien mit starken kritischen Prozessen

Die Astronomen Baade und Mankowski, die die ersten dieser Beobachtungen vornahmen, nahmen an, jede Radiogalaxie sei das Ergebnis eines Zusammenstoßes von zwei Galaxien. Wir aber äußerten von Anfang an die Meinung, die genannte Hypothese stehe in krassem Widerspruch zu einigen feststehenden Tatsachen. Die weitere Erforschung dieses Problems führte uns zu der Schlüssefolgerung, daß die Radiogalaxien starke kritische Prozesse zeigen, die durch die innere Entwicklung der Galaxien entstehen. Etwas später wurde klar, daß sich hier die Folgen von Explosionsprozessen gigantischen Ausmaßes im Kern der Galaxien offenbaren. Ferner stellte sich heraus, daß gerade die Kerne bei der Evolution dieser Sternensysteme eine sehr große Rolle spielen.

In den letzten Jahren wurden neue Angaben gewonnen, die von der sehr großen Bedeutung der Aktivität der Kerne zeugen. Offensichtlich bildet sich jede Galaxis durch die Aktivität ihres Kernes und der aus ihm ausgeschiedenen sekundären Aktivitätszentren. Mit fortschreitender Herausbildung der Galaxis verläuft ihre Evolution entsprechend den Gesetzen des Zusammenswirkens und der eigenen Entwicklung der Sterne und Nebel bei einem relativ geringen Einfluß des Kernes selbst.

Es erhebt sich die Frage, worin der Mechanismus der Kernaktivität besteht. Die Beantwortung dieser Frage vermittelt das Verständnis für die Entstehung der Galaxien. Leider sind wir noch sehr weit von der Lösung des Problems entfernt. Eine bescheidenere, aber dennoch sehr schwierige Frage beschäftigt sich damit, was die Kerne der Galaxien darstellen. Heute kann man lediglich sagen, daß es sich um supermassive Objekte handelt. Noch vor einem Vierteljahrhundert waren die Astronomen der Ansicht, die Kerne seien einfach große und sehr kompakte Sterngruppen, ähnlich den Kugelsternhaufen.

Die großartige Entdeckung Markarjans

Auch bei der Lösung einiger anderer Probleme der Astrophysik hat sich ein Fortschritt abzeichnet. Kürzlich haben Wissenschaftler des Observatoriums Burjakan eine große Anzahl von Galaxien mit einem anomal hellen ultravioletten Teil

des Spektrums entdeckt. Diese Galaxien wurden nach ihrem Entdecker — Mitglied der Akademie der Wissenschaften der Armenischen SSR, B. J. Markarjan — benannt. Es erwies sich, daß die Markarjan-Galaxien mit einem Ultraviolettschluß zwei Typen angehören. Dem einen Typ sind Nebel mit besonders aktiven Kernen zuzuschreiben, die in vieler Hinsicht Quasisternobjekten ähneln. Zu dem anderen Typ gehören Galaxien, die einen sehr hohen Prozentsatz heißer Sterne enthalten. Die Verzeichnisse von Markarjan sind für das Studium der Probleme der Evolution der Galaxien von ungewöhnlich großem Interesse.

Die Anzahl in den letzten zwei Jahren entdeckten Galaxien dieser Art beträgt bereits mindestens 500. Die Entdeckung dieser großen Anzahl von Markarjan-Objekten ist eine sehr bedeutsame Errungenschaft der Sowjetwissenschaft. Sowjetische und ausländische Astronomen arbeiten heute daran, die Natur dieser Objekte eingehender zu erforschen.

B. J. Markarjan hat auch einige der von ihm entdeckten Quasare in seine Verzeichnisse aufgenommen. Außerordentlich interessant ist zum Beispiel das Markarjan-Objekt 132. In der absoluten Helligkeit seiner optischen Strahlung übertrifft es alle anderen gegenwärtig bekannten Objekte des Weltalls.

Auf keinen Fall kann man die Meinung akzeptieren, daß fast alle grundlegenden Gesetze der Natur bereits bekannt seien. Ich bin davon überzeugt, daß die Wissenschaft sowohl in unserem Jahrhundert als auch später um neue fundamentale Entdeckungen bereichert wird. Ein anschauliches Beispiel dafür bietet die stürmische Entwicklung der Astrophysik in den letzten Jahrzehnten.

Aus PdSU 162/72 nach „Prawda“ vom 16. 6. 72. Dem Autor, Akademietmitglied Prof. W. Ambarumjan, wurde 1972 für seine bedeutsamen Forschungen auf dem Gebiet der Astrophysik die Lomonossow-Goldmedaille, die höchste Auszeichnung der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, verliehen.

Abfallverarbeitungsanlage für Raumschiffe

In Zusammenarbeit zwischen der NASA, der Atomic Energy Commission, der USAF und der Fa. General Electric wurde eine mit Kernenergie betriebene Anlage entwickelt, die gleichzeitig zur Wiedergewinnung von Wasser und zur Einäscherung aller anfallenden Abfälle bei langandauernden Raumflügen dient.

Die Anlage verarbeitet Waschwasser, Kondenswasser in Raumschiffen, Urin, Fäkalien, Lebensmittelreste und -abfälle, Verpackungsmaterial, Behälter, verbrauchte Kleidung und alle sonstigen nicht metallischen Abfallprodukte.

Mindlestens 98 Prozent der zugeführten Flüssigkeiten werden als reines, sterilisiertes und genießbares Trinkwasser wieder-gewonnen. Sie werden unter Vakuum verdampft, in einem Pyrolyseystem sterilisiert und anschließend zu Wasser kondensiert. Festabfälle werden in einem Zerhacker zerkleinert und verascht.

Das Gerät hat eine Masse von 340 kg und erlaubt kontinuierlichen Betrieb für Zeiträume von 6 Monaten bis zu 3 Jahren. Als Energiequelle dient Plutonium 238.

Nach: NZZ, Nr. 223/72, S. 16.

h-n

Wie wird die Sonnenenergie erzeugt?

Diese Frage bewegt die Wissenschaftler seit langem. In den dreißiger Jahren unseres Jahrhunderts wurde die Hypothese aufgestellt, die Energiequelle von Sternen sei die Reaktion der Bildung von Heliumkernen aus Protonen. Obwohl die Menschheit seitdem gelernt hat, explosive thermonukleare Reaktionen auszuführen, bleibt die Natur der Sonnen-energie eine Hypothese — eine harmonische, gut fundierte zwar, die aber überprüft werden muß.

Geben solare Neutrinos Auskunft?

Wie kann man sich davon überzeugen, daß die Sonne ein ständig wirkender thermonuklearer Kessel ist? Diesen Beweis findet man bei einem Blick in ihr Inneres. Die Möglichkeit dafür bieten im Prinzip die elektrisch neutralen Neutrinos, die bei thermonuklearen Reaktionen entstehen. Sie verlassen die Sonne ungehindert und bewahren dabei in ihrem „Gedächtnis“ die Besonderheiten der Prozesse, in deren Verlauf sie entstanden sind. Es gilt, die Neutrinos festzustellen und die in ihnen „verschlüsselte“ Information zu entziffern.

In jeder Sekunde müssen auf jeden Quadratzentimeter Erde viele Milliarden Neutrinos niedergehen. Selbst nachts gelangen die Neutrinos zu uns und durchdringen den ganzen Planeten. Ihr Strom enthält das Zehntausendfache mehr an Energie als zum Beispiel das Sonnenlicht.

Die Neutrinos enthalten nicht nur Informationen, ob thermonukleare Reaktionen vor sich gehen, sondern auch Informationen über die Temperatur und die chemische Zusammensetzung der Substanz im Innern der Sonne. Doch die Registrierung der Neutrinos hat sich als ein sehr schwieriges Unternehmen erwiesen, und erst nach mühseliger Arbeit ist es gelungen, ein wichtiges Experiment auszuführen. Es stand unter der Leitung von Professor Davis. Mehrere Monate lang wurden im USA-Staat Süddakota 400 000 Liter Perchlorathylen (im täglichen Leben wird diese Flüssigkeit in der chemischen Reinigung verwendet) einen halben Kilometer unter der Erdoberfläche in einer alten Grube, in der einmal Gold gefördert worden war, dem Neutrinostrom ausgesetzt. Auf den ersten Blick erscheint das paradox: Um in das Innere der Sonne zu schauen, steigen die Wissenschaftler tief in die Erde hinab. Das ist damit zu erklären, daß die Erde sehr gut die kosmischen Strahlen absorbiert, die einen starken Nulleffekt schaffen und damit den Versuch behindern.

Die erste Versuchsserie, die 1967 durchgeführt wurde, brachte entgegen den theoretischen Voraussagen keinen Erfolg und bewies damit erneut, wie rätselhaft diese Strahlung ist, — der Strom der energiereichen solaren Neutrinos erwies sich zumindest um neun Zehntel geringer, als man erwartet hatte.

Sehr bald wiesen die Theoretiker nach, daß die Diskrepanz zwischen Theorie und Experiment um etwa vier Fünftel verringert werden kann.

Im vergangenen Jahr führte eine neue Versuchsserie zu einem positiven Ergebnis. In jüngster Zeit ist ein weiteres Experiment ausgeführt worden, das wiederum negativ verlief: Der Strom der energiereichen Neutrinos erwies sich abermals um neun Zehntel geringer, als die Theorie angibt.

Eine Hypothese, die sich nicht bewahrheitet?

Was hat das zu bedeuten? Die Berechnungen der Theoretiker basieren ja auf der fundamentalen Hypothese, daß die Energiequellen der Sonne thermonuklear sind. Sollte sie falsch sein? Diese Schlußfolgerung wäre verfrüht. Klar ist jedoch, daß sich unsere Vorstellungen von der Struktur der Sonne als ungenau erwiesen haben.

Der bekannte sowjetische Physiker Akademiemitglied Pontekorwo stellte lange vor den Versuchen von Davis die gewagte These auf, daß sich die Neutrinos auf dem Wege von der Sonne zur Erde spezifisch verändern.

Um das Wesen dieser Hypothese anschaulich zu erklären, wollen wir annehmen, die verschiedenen Abarten der Neutrinos unterschieden sich farblich voneinander. Bisher meinen wir, wenn wir von den Neutrinos sprachen, die sogenannten Elektroneneutrinos, Teilchen, die sich beim Zerfall von Kernen unter Abgabe von Elektronen bilden. Beim Zerfall der Elementarteilchen Pion bilden sich Mymesonen und μ -Neutrinos. Angenommen, die Elektroneneutrinos seien rot, die μ -Neutrinos schwarz. Nach den heutigen Vorstellungen müssen die solaren Neutrinos rot sein. Nach der Hypothese von Pontekorwo werden die roten Neutrinos auf dem Flug von der Sonne zur Erde schwarz, dann die schwarzen rot usw. Mit anderen Worten ändert sich die Farbe der Neutrinos ohne jede äußere Einwirkung mit der Zeit. Die Zeit, in der diese „Metamorphose“ vorstatten geht, hängt von der Ruhemasse und der Energie der Neutrinos ab.

Da das beim Experiment verwendete Gerät nur für die roten Teilchen empfindlich war, läßt sich das negative Ergebnis folgendermaßen deuten: Die schwarzen Neutrinos waren in großer, die roten in geringer Zahl vorhanden. Wenn man also die Registrierung empfindlicher gestaltet und Intensität und Energie der roten Neutrinos mißt, erhält man wichtige Angaben über die Vorgänge innerhalb der Sonne und über die Eigenschaften der Neutrinos.

Besonders sei unterstrichen, daß sich Pontekorwos Hypothese, die für die Theorie der Elementarteilchen von größter Bedeutung ist, gerade an Experimenten in der Astrophysik der Neutrinos am besten überprüfen läßt.

1969 empfahl der Autor dieses Beitrags gemeinsam mit J. Starbunow eine qualitativ neue Möglichkeit, die Ergebnisse der Registrierung von solaren Neutrinos zu erklären. Die Versuchsausrüstung war für die Registrierung von Neutrinos bestimmt, die sich beim Zerfall eines der Bor-Isotope, Bor-8, bilden. Die Geschwindigkeit der Bildung von Bor-8-Kernen im Innern der Sonne (und folglich die Intensität der Neutrinos, die beim Zerfall entstehen) hängt sehr stark von der Temperatur im Innern der Sonne ab. Hier sei nur festgestellt, daß sich diese Intensität bei einer Veränderung der Temperatur von 12 auf 14 Millionen Grad um mehr als das 15fache verändert.

Dieser Umstand ist außerordentlich wichtig. Mit der Entfernung vom Sonnenzentrum geht die Intensität der Neutrinoerzeugung so schnell zurück, daß sich nur ein kleiner Bereich im Raum des Sonnenkerns als wesentlich erweist. Das heißt, wenn man die Intensität der Neutrinos mißt, kann man auf die Temperatur im zentralen Teil schließen. Das experimentelle Ergebnis der Neutrinoerzeugung ließe sich leicht erklären, wenn es im Inneren der Sonne kälter wäre als vermutet.

Gibt Spaltstoff Energie ab?

Damit aber bei der geringeren Temperatur die beobachtete Strahlungsleistung gewährleistet ist, muß es in ihrem Inneren einen Spaltstoff geben, der bei relativ niedrigen Temperaturen Energie abgibt. Das ließ den Gedanken aufkommen, dieser Spaltstoff könnte Wasserstoff sein. Die Analyse zeigt, daß dieser Spaltstoff das Isotop Helium-3 sein könnte. Nur ein halbes Prozent Helium-3 von der Gesamtmasse im Innern der Sonne würde ausreichen, daß sie bei einer Temperatur von 10 Millionen Grad im Zentrum ebenso hell schiene. Bei dieser Temperatur ist die Intensität der Neutrinos, die beim Zerfall von Bor-8 entstehen, äußerst gering. Das Vorhandensein von einem Hundertstel Helium-3 im Inneren der Sonne würde eine Erklärung für die experimentellen Ergebnisse bieten.

Die Diskrepanz zwischen Theorie und Experiment wird geringer, wenn sich herausstellen würde, daß die Konzentration der Elemente, die schwerer sind als Helium, im Inneren der Sonne im Vergleich zu ihrer Oberfläche sehr gering ist oder daß es in ihrem Inneren zu einer starken Vermengung von Stoffen kommt.

Vor einigen Monaten wurde eine weitere, beinahe extravagante Hypothese entwickelt, nach der das Neutrino eine von Null verschieden Ruhemasse habe und darüber hinaus radioaktiv sei. Beim Zerfall des Neutrinos entstünden Teilchen, die sich bei den heutigen Experimenten nicht registrieren lassen. Wenn also die Lebenszeit des Neutrinos wesentlich geringer ist als die Zeit, die es für den Weg von der Sonne zur Erde braucht, erreicht uns nur ein unbedeutender Bruchteil der solaren Neutrinos.

Alle dargelegten Hypothesen gehen über unsere heutigen Vorstellungen hinaus. Wenn sie (oder eine von Ihnen) sich bestätigen, erhält die Wissenschaft Ergebnisse von fundamentaler Bedeutung. Die nächste Zukunft wird uns Auskunft geben, welche der Hypothesen richtig ist. Oder sollte eine neu auftreten? Sowjetische Physiker bereiten sich zur Zeit darauf vor, die Neutrinoströme der Sonne experimentell zu erforschen.

G. Kotscharow, Doktor der physikalisch-mathematischen Wissenschaften, in „Iswestija“ vom 24. 6. 72 nach PdSU 88/72.

**EVP 1,50 M
PZV 31052**

2¹⁹⁷³ Astronomie und Raumfahrt



INHALT

Von der Areographie zur „Marsgeologie“ · Dr. J. Dorschner 33
Die Entwicklung der militärischen Raumfahrt in den USA (II) · Karl-Heinz Neumann 42

Bildseiten

Marsbilder I-VIII

Amateure beobachten und berichten

Eine Dunkelfeldbeleuchtung für den Amateur · Klaus Häußler 49
Bestimmung der Leistung eines selbstgebauten astronomischen Fernrohrs · Wolfgang Künzel . 51

Aus der Literatur

Wie entstand der Saturnring — Gibt es einen Transpluto? — Titan und seine Atmosphäre . . 57
Kohlenmonoxid nun erstmals extragalaktisch entdeckt — Bedeckung von β_2 Sco durch Jo? .
Einfache Bodenstation für Satellitendirektempfang 58
Navigationssatellitensystem für die Schifffahrt — Jupitertemperaturkarte — 59
Ergebnisse von „Venus 8“ 3. Umschlagseite 1

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Die Fachgruppen des BFA Magdeburg 58
„Arbeitskreis Veränderliche Sterne im Kulturbund der DDR“ 59
Kolloquium zu Fragen der Methodik des Astronomieunterrichts 60

Buchbesprechungen

Energie ohne Umwege 3. Umschlagseite
Gluthölle Venus — Neue Mondkarte 4. Umschlagseite

Redaktionsschluß: 20. Januar 1973.

Der Mehrumfang dieses Heftes wird in 3/73 ausgeglichen.

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), 69 Jena, Schillergäßchen 2; OMR Dr. Karl Sigmund, 829 Kamenz; 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, 1003 Eichwalde; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur), Redaktionssitz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher 4 22 07 44/45.
Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen.

Umschlaggestaltung: Gerd Löffler, Jena.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1973 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 1490/63 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR.

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

Von der Areographie zur „Marsgeologie“

Dr. J. DORSCHNER

1. Einleitung

Seit urdenklichen Zeiten interessieren sich die Menschen für den Planeten Mars. Wegen seiner entfernt an Blut oder Feuer erinnernden Farbe hielten ihn viele alte Kulturvölker für ein Symbol der Bedrohung und des bevorstehenden Unheils. Die Priester, die im alten Babylon eifrig den Lauf der Planeten verfolgten, sahen in dem gelbrot strahlenden Wandelstern den Pest- und Totengott Nergal. In der griechischen Mythologie hieß er Ares und war der Kriegsgott. Der Name des römischen Kriegsgottes Mars lieferte schließlich die astronomische Bezeichnung für diesen Planeten.

Vor der Erfindung des Fernrohrs konnte natürlich die wissenschaftliche Beschäftigung mit dem Mars nur im Studium seiner Bahn am Himmel bestehen. Im 16. Jh. studierte Tycho Brahe die Marsbahn sehr intensiv und sammelte eine Vielzahl von präzisen Positionsmessungen. Aus diesem hervorragenden Beobachtungsmaterial leitete dann sein Schüler und Nachfolger Johannes Kepler die ersten beiden nach ihm benannten Gesetze der Planetenbewegung ab.

Nachdem Galileo Galilei im Jahre 1609 das Fernrohr in die Astronomie eingeführt hatte, war es nur noch eine Frage der Zeit, bis die optische Qualität dieses neuen Hilfsmittels ausreichte, um Details der Marsoberfläche sichtbar werden zu lassen. Im Jahre 1636 bemerkte der Neapolitaner Francesco Fontana als erster Einzelheiten auf der Marscheibe und hielt sie zeichnerisch fest. Zumindest fiel ihm die geringe Marsphase auf. Was er sonst noch zeichnete, hatte wahrscheinlich nichts mit der Realität zu tun, sondern waren optische Effekte, die sein schlechtes Gerät produzierte.

2. Die Leistungen der Areographie

2.1 Die Pionierzeit

Die wissenschaftliche Beschreibung der Marsoberfläche begann 1659, als der niederländische Physiker, Mathematiker und Astronom Christian Huygens die ersten Marszeichnungen mit echten Oberflächendetails lieferte. Aus der periodischen Wiederkehr charakteristischer dunkler Flecken auf dem Mars konnte Huygens auch beweisen, daß die Rotationsdauer des Planeten rund 24 Stunden beträgt. Damit war der Beginn der Areographie, der „Marsbeschreibung“, markiert, und seit dieser Zeit wurde der Rote Planet von den Astronomen systematisch, vor allem zu Zeiten größter Erdnähe, also in der Stellung der Opposition, beobachtet. Der Begriff „Areographie“, eine zu „Geographie“ analoge Wortbildung, abgeleitet von dem griechischen Kriegsgott Ares, fand allerdings erst im 19. Jahrhundert Verbreitung. Sein Urheber dürfte der deutsche Mond- und Marsbeobachter Johann Hieronymus Schröter, ein namhafter Astronom des 18. Jahrhunderts, sein.

Im Jahre 1666 beobachtete und zeichnete der in Paris lebende italienische Mathematiker und Astronom Giovanni Domenico Cassini, der zum Begründer der berühmten französischen Astronomendynastie der Cassinis wurde, die südliche Polkappe des Mars. Sechs Jahre später studierte auch Huygens diese interessante Erscheinung. Im Jahre 1704 fiel Giacomo Filippo Maraldi, einem Neffen Cassinis, auf, daß sich sowohl die Polkappen des Mars als auch die dunklen Flecken am Äquator von Opposition zu Opposition veränderten.

Einen vorläufigen Höhepunkt erreichte die Marsforschung durch Wilhelm Herschel, den wohl bedeutendsten Teleskop-Konstrukteur und Himmelsbeobachter des 18. Jh. In den Oppositionen von 1777, 79, 81 und 83 ermittelte Herschel zahlreiche physikalische Parameter des Mars, wie die genaue Rotationsperiode, die Form des Planeten, die Neigung seiner Rotationsachse und den Durchmesser. Er beobachtete atmosphärische Phänomene auf dem Mars, studierte die Veränderungen der Polkappen im Laufe des Marsjahrs und definierte den Frühlingsbeginn. Bedeutsam war auch seine Entdeckung, daß verschiedene dunkle Gebiete ihre Färbung jahreszeitlich verändern. Auf Herschel gehen auch die Bezeichnungen „Land“ und „Meer“ für helle und dunkle Regionen zurück. Die Polkappen nannte er einfach „Eis“.

Abgeschlossen wurde die Pionierzeit der Areographie durch die Schaffung der ersten detaillierten Marskarten im 19. Jh. Die von den Berliner Marsbeobachtern Wilhelm Beer und Johann Heinrich von Mädler in den dreißiger Jahren erarbeitete Marskarte zeigte allerdings noch wenig Gemeinsamkeiten mit späteren Karten. Wesentlich detailliger war dann die Marskarte, die der Engländer Richard Anthony Proctor 1867 herausgab. Proctor definierte Kontinente, Länder, Inseln, Ozeane, Meere, Meerengen und Buchten und benannte sie nach großen Astronomen, vor allem nach Marsforschern.

Da er auch in großem Umfang die Namen zeitgenössischer Astronomen einbezog, setzte er sich heftiger Kritik seitens seiner Kollegen aus. Die Nichtengländer machten ihm nämlich zum Vorwurf, daß er seine Landsleute zu reichlich bedacht habe. Wenn man sich die Proctorsche Marskarte daraufhin anschaut, fällt eigentlich nur auf, daß William Rutter Dawes' Name für vier verschiedene Sorten von areographischen Details benutzt wurde. Außer dieser Häufung ist die Benennung nicht schlechter als die Namensgebung für die Mondkrater. Zur Festlegung des Meridianus benutzte Proctor die auffällig geformte dunkle Region, die heute Meridiani Sinus, gelegentlich auch noch nach Proctors Bezeichnung Dawes Bay heißt.

2.2 Die moderne Areographie

2.2.1 Kontinente und Meere

Der Beginn der modernen Areographie ist vor allem mit dem Namen des Mailänder Astronomen Giovanni Virginio Schiaparelli verknüpft. In den Oppositionszeiten 1877 bis 1886 stellte er die bis dahin genauesten Marskarten zusammen. Seine Bezeichnungsweise für die Oberflächendetails bildet den Grundstock der heutigen, von der Internationalen Astronomischen Union festgelegten Mars-Nomenklatur. Schiaparelli unterschied folgende Gruppen areographischer Erscheinungen: Land (nur durch einen Namen bezeichnet), Region (Name + Regio), Insel (nur durch einen Namen bezeichnet), Meer (Mare + Name), See (Name + Lacus), Sumpf (Name + Palus), Bucht (Name + Sinus), Meerenge (Name + Fretum), Hain (Name + Lucus), Quelle (Name + Fons) und Kanal (meist mit einem Flüssnamen bezeichnet). Die Namen bzw. von Namen abgeleiteten Eigenschaftswörter entstammen der antiken Geographie und Mythologie. Von dieser Regel gibt es allerdings einige wenige Ausnahmen.

Fast drei Viertel der Marsoberfläche nehmen helle Gebiete ein, die wir zusammenfassend als Kontinente bezeichnen. Ihr Farbton, der von orange bis ocker reicht, bestimmt das Aussehen des Planeten. Die Farbe dieser Gebiete ähnelt der irdischen Wüsten. Wie Experimente zeigten, liefert staubförmiger Limonit — das Mineral Limonit ist ein wasserhaltiges Eisenoxid — die beste irdische Parallele für das optische Verhalten der Kontinente. Möglicherweise enthält das Gestein der Marskruste mehr Eisen als das irdische Krustengestein, weil bei dem zehnmal masseärmeren Mars die Trennung in einen Eisenkern und einen Gesteinsmantel unterblieben sein könnte. Der bei der Dissoziation des Wasserdampfes der Marsatmosphäre durch die ungehindert eindfallende UV-Strahlung der Sonne in der Vergangenheit freigewordene Sauerstoff könnte das Eisen oxidiert haben, während sich der gleichfalls freigewordene Wasserstoff in den Weltraum verflüchtigte.

Das Relief der Marskontinente stellte man sich ziemlich eben vor; häufig betrachtete man die hellen Gebiete direkt als Hochebenen. Aus dem glatten Verlauf des Terminators und des Randes der Marscheibe schloß man, daß es auf dem Mars keine größeren Höhenunterschiede geben sollte. Den Kontinenten billigte man nur Hügel, aber keine Gebirge, die sich mehr als 1 km über ihre Umgebung erheben, zu.

Wesentlich mehr Überraschungen als die eintönigen Kontinente hielten die dunklen Gebiete, die Meere, Seen u. a., bereit. Die Meere bilden einen regelrechten Gürtel, der, mit seinem Schwerpunkt etwas zur südlichen Hemisphäre verschoben, den Planeten längs seines Äquators umgibt. Die ursprüngliche Deutung als offene Wasserflächen trifft mit Sicherheit nicht zu, sonst hätte man in ihnen Spiegelbilder der Sonne beobachten müssen. Bis auf wenige Ausnahmen hielten die Marsforscher des 20. Jh. diese Gebiete für Tiefländer, möglicherweise für ausgetrocknete Meeresbecken.

Im Laufe des Marsjahres verändern die dunklen Regionen ihre Größe und auch geringfügig ihre Gestalt sowie Intensität und Farbton. Geübte Beobachter registrierten grünliche bis bläuliche Farbtöne, die sich bei Frühlingsbeginn einstellten und im Marsherbst zurückgingen. Für viele Marsbeobachter galt dieser Befund als Hinweis darauf, daß es sich um Vegetationsgebiete handeln könnte. Das im Vergleich zur Erde ungewöhnliche an der „Marsvegetation“ war nur, daß das „Sprießen“ im Frühjahr zuerst in hohen areographischen Breiten begann und sich erst allmählich in Richtung Äquator fortsetzte. Als Erklärung für diese Beobachtung hatte man die Vorstellung entwickelt, daß diese Eigenart damit zusammenhängen könnte, daß die Vegetation nur von den im Frühjahr schmelzenden Polkappen mit dem lebensnotwendigen Wasser versorgt werden kann. Es gab aber auch Astronomen, z. B. Carl Sagan und James Pollack, die die jahreszeitlichen Veränderungen auf dem Mars überhaupt nicht mit einer Vegetation in Zusammenhang brachten, sondern der Wirkung der Windtätigkeit auf dem Mars zuschrieben.

2.2.2 Polkappen

Die auffälligste Erscheinung auf der Marsscheibe sind die weißen Polkappen. Sie können sich im Marswinter bis herunter zu 40° Breite ausdehnen. Aus ihrem schnellen Schrumpfen im Frühling hatte

man schon früher geschlossen, daß es sich nur um einen dünnen, höchstens zentimeterdicken Belag handeln kann, vergleichbar etwa mit Rauhreif. Hinsichtlich der chemischen Beschaffenheit schwankten die Meinungen, ob es sich um echten oder Kohlensäureschnee handle. Wasserdampf und Kohlendioxid konnten beide spektroskopisch nachgewiesen werden. Zugunsten von echtem Schnee schien die Beobachtung zu sprechen, daß sich die schrumpfenden Kappen mit einem dunklen „Kragen“ umgeben, wie man es auch bei feucht werdendem Erdreich zur Zeit der Schneeschmelze erwarten würde.

Ausdehnung und „Abschmelzgeschwindigkeit“ der Kappen sind im Norden und im Süden unterschiedlich. Auf der Südhalbkugel dauern die Winter länger, weil sich der Planet zu dieser Zeit nahe dem Aphel seiner Bahn befindet. Demzufolge erreicht auch die südliche Polkappe größere Ausdehnung als die nördliche. Andererseits sorgen die kurzen, heißen Sommer auf der südlichen Hemisphäre für ein schnelles und mitunter sogar vollständiges „Abschmelzen“. Während der langen kühlen Sommer auf der Nordhalbkugel unterschreitet der Durchmesser der nördlichen Polkappe nie 6 Grad. Interessanterweise werden jedes Jahr bei der „Schneeschmelze“ die Details des dunklen Untergrundes in der gleichen Reihenfolge sichtbar. Auch das Muster der dunklen und hellen Flecken, in die sich die „schmelzende“ Polkappe auflöst, bleibt weitgehend dasselbe.

2.2.3 „Kanäle“

Die „Marskanäle“ sind neben den „Vegetationsgebieten“ diejenigen areographischen Strukturen, denen der Planet seine Popularität verdankt. Im Jahre 1877 bemerkte Schiaparelli ein Netz dünner Linien, die die hellen Gebiete durchquerten und die dunklen miteinander und auch mit den Polargebieten zu verbinden schienen. Er hielt sie für Rillen oder Gräben und verwandte das italienische Wort „canali“ als Bezeichnung, eine für Nichtitalianer leicht irreführende Buchstabenkombination. In der Tat wurde die Übersetzung *canali* = Kanäle nirgendwo als Fehler empfunden, sondern meist als eine Art Erklärung gewertet, die der zurückhaltende Schiaparelli nicht beabsichtigt hatte. Die zunächst noch harmlosen „Rillen“ Schiaparellis wurden in der Meinung seiner Zeitgenossen zu künstlichen Kanalbauten der Marsbewohner, die auf ihrem ariden Planeten um das Überleben kämpften und denen dabei eine imposante Technik zur Verfügung stand.

Während der Opposition von 1886 konnten zahlreiche Beobachter in verschiedenen Ländern die „Kanäle“ sehen, ebenso entdeckte man, daß viele „Kanäle“ als Doppellinien auftreten. Für die kleinen dunklen Flecken, in denen sich mehrere „Kanäle“ sternförmig trafen, schlug in der Folgezeit der Amerikaner William H. Pickering die Bezeichnung „Oasen“ vor. Gerechtigkeitshalber müssen wir noch anmerken, daß einige „Marskanäle“ zumindest andeutungswise schon in Proctors Karte enthalten waren.

Die „Marskanäle“ wurden dann im 20. Jh. zum Gegenstand einer wissenschaftlichen Kontroverse. Manche Beobachter konnten tatsächlich wie Schiaparelli dunkle Linien auf der Marsscheibe sehen. Zu ihnen gehörte z. B. Percival Lowell, der eigens zum Zwecke intensiver Marsstudien, vor allem zum Nachweisen von Leben auf diesem Planeten, die große, später nach ihm benannte Sternwarte bei Flagstaff in Arizona geschaffen hatte. Andere Beobachter, z. B. Eugenios Michael Antoniadi in Frankreich, konnten dagegen selbst bei ausgezeichneten Sichtbedingungen nur ein verschwommenes Muster von dunklen Klecksen anstelle der „Kanäle“ wahrnehmen. Sie hielten daher die „Kanäle“ für eine Illusion, der das angestrengte Auge des Beobachters unterliegt, indem es bestimmte Oberflächendetails zu Linien verbindet. Dieser Auffassung schlossen sich in dieser oder jener Variante die meisten Marsbeobachter an, obwohl es bis in die jüngste Zeit nicht an Versuchen gefehlt hat, die „Kanäle“ mit echten topographischen Besonderheiten des Mars in Zusammenhang zu bringen, sie also geologisch, z. B. als Bruchlinien oder Spalten, zu interpretieren. Gegen diese Versuche spricht eine Feststellung, die einer der bekanntesten zeitgenössischen Marsforscher, der Franzose Audouin Dollfus, 1961 traf: Die „Kanäle“ sind nur bei relativ unruhiger Marsatmosphäre zu sehen, während sie sich bei extrem guten Beobachtungsbedingungen kurzzeitig in kleine Einzelflecken auflösen.

2.2.4 Atmosphärische Phänomene

Schon im 18. Jh. wurde sichergestellt, daß Mars eine Atmosphäre besitzt. Sie zeigte sich durch eine Aufhellung am Rand der Planetenscheibe und durch den unscharfen Terminator, vor allem aber durch das Auftreten von Wolken und Dunst. Rein theoretisch kann man bereits aus dem Vorhandensein der Polkappen auf die Existenz einer Atmosphäre schließen, denn der in einer Hemisphäre verschwindende weiße Belag muß ja irgendwie zur anderen gelangen, bzw. in ein Reservoir gegeben werden, aus dem ihn die andere beziehen kann. Die einfachste Lösung bietet hier eine Atmosphäre. Bis in die sechziger Jahre glaubte man, daß der atmosphärische Druck bei etwa 60 bis 80 mb liegen würde und daß der Hauptbestandteil des Gases Stickstoff wäre. Inzwischen wurden die Druckwerte

durch die Ergebnisse der Marssonden um einen Faktor 10 niedriger, während man gleichzeitig den CO₂-Anteil stark heraufsetzen mußte. Nachdem der amerikanische Astronom Gerard P. Kuiper im Jahre 1948 CO₂ spektroskopisch nachgewiesen hatte, war der Anteil dieser Atmosphärenkomponente zunächst relativ gering angesetzt worden. Auch Wasserdampf konnte spektroskopisch in Spuren in der Marsatmosphäre nachgewiesen werden, während der Nachweis von freiem Sauerstoff nicht gelang. Stickstoff entzieht sich leider weitgehend der Nachweismöglichkeit.

Relativ häufig treten in der Marsatmosphäre weiße und blaue Wolken auf. Die Bezeichnung „blaue Wolken“ bedeutet, daß es sich um Gebilde handelt, die nur auf Blauaufnahmen sichtbar werden. Da diese Wolken auf Rotaufnahmen nicht zu sehen sind, nimmt man an, daß sie wie die Zirruswolken der Erde aus Eiskristallen bestehen. Auch Polarisationsmessungen sprechen dafür. Weiße Wolken treten stets im Winter über den Polkappen auf. Sie entstehen auch zu bestimmten Tageszeiten an festen Orten auf dem Mars. So treten z. B. die sog. W-Wolken in der Landschaft Tharsis immer am Nachmittag in Erscheinung. Rätselhaft blieb bisher die geringe Durchsicht der Marsatmosphäre im Violett und das plötzliche Aufklaren für einige Tage in diesem Spektralbereich.

Die gelben Wolken der Marsatmosphäre, die vor allem beobachtet werden, wenn sich der Planet nahe seinem Perihel befindet, bestehen aus dem über den Kontinenten aufgewirbelten Staub. In seltenen Fällen kann die Windtätigkeit in der Marsatmosphäre eine solche Stärke annehmen, daß der größte Teil der Oberfläche unsichtbar wird, weil der Staubgehalt der gesamten Atmosphäre dann so groß ist, daß er die Durchsicht verhindert. Solche globalen Staubstürme traten beispielsweise 1956 und 1971 auf.

Eine besondere Art atmosphärischer Phänomene entdeckte 1950 der japanische Astronom Tsuneo Saeki. Er fand, daß in bestimmten Gebieten der Marsoberfläche hin und wieder graue Wolken auftreten, die anscheinend schnell in große Höhen aufsteigen und sich dann auflösen. Der gleiche Beobachter konnte auch die Realität von kurzzeitigen Leuchterscheinungen auf dem Mars sicherstellen, bei denen ein Punkt der Oberfläche für einige Minuten auffällig hell wird. Bisher gibt es keine befriedigende Erklärung für diese Beobachtungen. Wahrscheinlich ist das Phänomen den Leuchterscheinungen auf dem Mond, den TLP's, verwandt.

Die Marsatmosphäre und ihre Aktivität läßt keinen Zweifel daran, daß es auf dem Mars geologisch bedeutsame Erosionsprozesse gibt und daß Transport und Ablagerung staubfeinen Oberflächenmaterials möglich sind. Auch bestimmte Formen der chemischen Verwitterung könnten stattfinden. Zusätzlich zu diesen Faktoren, die irdische Parallelen besitzen, muß man natürlich noch die kosmischen Einflüsse in Betracht ziehen, die die dünne Atmosphäre nur ungenügend abschirmen kann. In dieser Hinsicht bieten die Verhältnisse auf dem Erdmond eine gute Vergleichsmöglichkeit.

3. Die Anfänge der „Marsgeologie“

3.1 Die ersten Fernsehbilder

Die rund 150mal größere Entfernung gegenüber dem Mond, die der Mars selbst zu Zeiten günstiger Oppositionen besitzt, ist die Ursache dafür, daß die Areographie nie ein auch nur entfernt mit der Selenographie vergleichbares Niveau erreichen konnte. Hinzu kommt, daß die Marsatmosphäre die Beobachtungen erheblich stört. Konnte man mit den großen Teleskopen auf dem Erdmond noch Objekte mit dem Durchmesser von einigen Hundert Metern ausmachen, so zeigt Mars nur selten Details, deren Abmessungen 100 km wesentlich unterschreiten. Entscheidende Fortschritte bei der Ermittlung der Marstopographie konnten erst durch den Einsatz von Raumsonden erzielt werden.

Im Jahre 1965 wurden erste Nahaufnahmen vom Mars gewonnen. Die Fernsehkamera der Sonde Mariner 4 hatte sie beim Vorbeiflug aus rund 10000 km Abstand von der Oberfläche aufgenommen. Die zur Erde übertragenen Bilder zeigten überraschende geologische Details. Wichtigstes Ergebnis war die Erkenntnis, daß die Marsoberfläche zahlreiche Einschlagskrater aufweist und dadurch weit „mondähnlicher“ aussieht, als die meisten Astronomen bis dahin angenommen hatten. Auf diese Möglichkeit hatten zwar schon der irische Astronom Ernest Öpik und der Entdecker des Pluto, Clyde Tombough, Anfang der fünfziger Jahre hingewiesen. Jedoch wurde diesen Überlegungen wenig Beachtung geschenkt. Die Faszination eines „erdähnlichen“ Mars war eben auch für die an sich um objektive Schlußfolgerungen bemühten Astronomen zu stark!

Auf den auswertbaren der 21 Fernsehbilder konnten über 600 Krater im Durchmesserbereich zwischen 4 und 350 km erkannt werden. Das Bildmaterial von Mariner 4, das nur etwa ein Prozent der Marsoberfläche und zudem nur äquatornahe Gebiete umfaßte, war jedoch noch keineswegs repräsentativ. Das zeigte die zehnmal größere Bildausbaude der beiden Sonden Mariner 6 und 7, die den Planeten 1969 in etwa 3400 km Abstand von seiner Oberfläche passierten. Die 200 Bilder überdeckten etwa 10 Prozent der Marsoberfläche und ließen neben den Kraterfeldern noch mindestens drei andere Landschaftstypen erkennen.

Auf manchen der Bilder von Mariner 6 und 7 zeigte der Untergrund überhaupt keine topographischen Details — und das bei einer Auflösungsgrenze von etwa 300 m! Das Gebiet Hellas wies beispielsweise eine solche „strukturlose“ Landschaft auf. Andere Bilder zeigten Terrain mit „chaotischer“ Beschaffenheit. Auf einigen Tausend Quadratkilometern Fläche waren nur wirr durcheinanderlaufende Grate und Schluchten zu sehen. In dieser Ausdehnung kannte man etwas Ähnliches weder von der Erde noch vom Mond her. Besondere Verhältnisse ließ schließlich die von Mariner 7 aufgenommene Südhalbkugel erkennen. Zum ersten Mal sah man Krater, bedeckt mit dem dünnen Belag des „Mars-schnees“, der sich mit großer Wahrscheinlichkeit als aus CO₂ in festem Zustand bestehend herausstellte. Neben den Bildern konnte man auch sehr zuverlässige Temperaturwerte von der Marsoberfläche u. a. Daten erhalten.

3.2 Die Marstopographie

3.2.1 Das Kartierungsprogramm von Mariner 9

Im Jahr 1971 begann die intensive Erforschung des Mars aus der Satellitenperspektive. Im November/Dezember dieses Jahres schwenkten nacheinander die Raumfahrtgeräte Mariner 9, Mars 2 und Mars 3 auf stark elliptische Satellitenbahnen um den Mars ein. Die beiden sowjetischen Sonden Mars 2 und Mars 3 absolvierten ein umfangreiches Meßprogramm physikalischer Parameter des Planeten. Mars 3 entsandte beim Anflug einen Landbehälter zur Oberfläche, von dem jedoch keine Bilder empfangen werden konnten. Das Programm von Mariner 9 sah die Überdeckung des größten Teils der Marsoberfläche mit Fernsehaufnahmen vor, aus denen die ersten Marskarten erarbeitet werden sollten.

Die ersten Bilder, die Mariner 9 von seiner am 14. November erreichten Umlaufbahn zwischen 1400 und 15000 km Abstand zur Oberfläche übertrug, waren enttäuschend. Durch einen globalen Staubsturm erschien die Planetenscheibe mit Ausnahme der südlichen Polkappe und vier dunklen Flecken strukturlos. Der Staubsturm hatte im September begonnen und ein bis dahin nicht bekanntes Ausmaß angenommen. Das ursprünglich geplante Kartierungsprogramm mußte daher vorerst verschoben werden. Man benutzte die dadurch freigewordene Zeit für ein Aufnahmeprogramm, das den beiden Marsmonden galt, und wandte sich dann Anfang Dezember den immer deutlicher aus dem Aerosol hervortretenden vier Flecken, die sich beim weiteren Aufklären als Gipfel von Vulkanmassiven herausstellten, und der südlichen Polkappe zu. Im Januar setzte sich der aufgewirbelte Staub sehr schnell ab. Hatte man zunächst befürchtet, der Staubsturm werde das Kartierungsprogramm zunichte machen, so zeigte sich jetzt, daß man keinen günstigeren Zeitpunkt hätte „wählen“ können. Man erhielt nämlich beim Aufklären der Oberfläche Einblick in eine Reihe interessanter Vorgänge auf dem Mars, die manche areographische Feststellung in einem neuen Licht erscheinen lassen.

Im Januar konnte man das geplante Kartierungsprojekt in Angriff nehmen; es wurde ein voller Erfolg. Im Verlaufe zweier Monate konnte die Marsoberfläche vollständig mit Bildern überdeckt werden. Nach der viermonatigen Pause, während der sich Mariner 9 durch den Marschatten bewegen mußte, hatte man sogar Gelegenheit, einzelne geologisch besonders interessante Regionen detailliert zu untersuchen. Bereits Mitte 1972 konnte das 28 Experten umfassende Auswertungsteam unter Leitung des Geologen Harold Masursky die erste physische Marskarte veröffentlichten. Inzwischen gibt es auch bereits provisorische geologische Marskarten, in denen eine Einteilung in Formationen angestrebt wird, wobei ähnliche Kriterien wie in der Mondgeologie benutzt wurden. Am 27. Oktober 1972 wurde Mariner 9 abgeschaltet, nachdem das Druckgas der Lageregelung erschöpft war. Der Satellit hatte bis zu diesem Zeitpunkt 7329 Bilder geliefert und den Mars 698 mal umlaufen. Die Auswertung dieses enormen Bildmaterials wird Jahre in Anspruch nehmen.

3.2.2 Die Ermittlung des Marsreliefs

Bevor wir uns der Beschaffenheit der Marsoberfläche im einzelnen zuwenden, muß erst noch ein anderes wichtiges Problem zur Sprache kommen. Fernsehbilder liefern bekanntlich nur eine zweidimensionale Ansicht, die dritte Dimension macht sich bestenfalls durch Schattenswurf von Unebenheiten bemerkbar. Zur Beurteilung der topographischen Verhältnisse und für die geologische Auswertung solcher Bilder ist aber die Kenntnis der Höhenunterschiede unerlässlich. Über das Marsrelief konnten die teleskopischen Untersuchungen der Areographie keine Klarheit schaffen. Die beim Mond anwendbaren klassischen Höhenbestimmungsmethoden versagten beim Mars wegen seiner viel größeren Entfernung.

Erst Mitte der sechziger Jahre gelang es, aus der Analyse von Radarechos Höhenunterschiede zwischen einzelnen Marslandschaften zu erfassen. Sie erwiesen sich als überraschend groß und zeigten, daß die Vorstellung einer völlig nivellierten Marsoberfläche, wie sie im Abschnitt 2.2.1 geschildert wurde,

unzutreffend ist. Weiterhin stellte sich heraus, daß im Gegensatz zur klassischen Meinung häufig gerade die dunklen Gebiete ihre Umgebung an Höhe beträchtlich überragen. Der „Mare-Gürtel“ am Marsäquator ist damit sicher nicht mit den dunklen Flächen der Mond-Maria verwandt.

Inzwischen konnte die terrestrische Marsforschung einen zweiten Weg zur Untersuchung des Marsreliefs gangbar machen. Als „Höhenmarken“ dienten hierbei die Intensitäten der Absorptionslinien, die das CO₂ der Marsatmosphäre dem Planetenspektrum aufprägt. Die Linien sind um so kräftiger, je mehr Kohlendioxid-Moleküle sich längs des Seustrahls zu einem bestimmten Punkt der Mars scheibe, der gerade auf dem Spalt des Spektrographen abgebildet wird, befinden, d. h. je tiefer sich die Landschaft dort in die Marskruste einsenkt. Über den Hochländern, wo der atmosphärische Druck am geringsten ist, sind die Linien am schwächsten. Wenn man dieses Verfahren eicht, lassen sich damit Höhenangaben auf spektroskopischem Wege gewinnen.

Ein analoges Verfahren wurde auch von den bisherigen Marssonden benutzt. Infrarot- und Ultraviolet-Spektrometer erlaubten, die Intensitäten verschiedener Emissions- und Absorptionslinien von Komponenten der Marsatmosphäre zu messen. Unter Zugrundelegung eines Modells der Atmosphäre ließen sich die Meßwerte in relative Höhen umrechnen. Bei Mariner 9 wurde häufig durch das von der Fernsehkamera gerade erfaßte Areal simultan ein „Höhenschmitt“ des UV-Spektrometers gelegt, so daß dem betreffenden Bild die dritte Dimension zugeordnet werden konnte.

Absolute Höhenangaben wurden weiterhin aus den Bahndaten der Sonden und Satelliten und ihren Eintrittszeiten in den Funkschatten abgeleitet. Die Ergebnisse aller dieser Methoden stimmen darin überein, daß die maximalen Höhenunterschiede auf dem Mars rund 15 km betragen. Gemessen an seinem Durchmesser, der nur halb so groß wie der der Erde ist, zeigt unser Nachbarplanet ein äußerst „rauhes“ Relief; er ist also offensichtlich weniger nivelliert als die Erde.

Bestätigt werden konnte mit den „astronautischen“ Höhenbestimmungsmethoden auch das Ergebnis der Radaruntersuchungen, wonach im Mittel die dunklen Gebiete Hochländer und die helleren Tiefebene sind. So erwies sich beispielsweise die helle Landschaft Hellas als ein Becken von rund 1400 km Durchmesser, das sich 4 bis 6 km tief in die Marskruste einsenkt. Die dunklen Gegenden Mare Sirenum und Solis Lacus überragen dagegen ihre helle Umgebung um 5 bis 8 km.

Die bisher von der Areographie erfaßten Gebiete unterschiedlicher Albedo sind also keineswegs wie die ähnlich benannten Mondlandschaften gleichen Verhaltens zu interpretieren. Höchstwahrscheinlich ähnelt gerade die hellen Regionen des Mars den Maria des Mondes. Andererseits zeigt Mars offensichtlich nicht die für die Erdkruste typische Einteilung in Kontinentschollen und Meeresbecken bzw. Tiefsee graben. Bereits vom Relief her behauptet der Planet eine gewisse Eigenständigkeit. Dieser Eindruck verstärkt sich noch, wenn man die Marsoberfläche nach geologischen Gesichtspunkten untersucht.

3.2.3 Einteilung in „geologische Provinzen“

Wenn man die vom U. S. Geological Survey herausgegebene vorläufige Marsskarte betrachtet, dann springt sofort ins Auge, daß man die Marsoberfläche grob in zwei Hemisphären mit eindeutig unterschiedlichen topographischen Verhältnissen einteilen kann. Erstens treten riesige, mit Einschlagskratern aller Größen übersäte Flächen in Erscheinung, die wir im folgenden einfach „Kraterfelder“ nennen wollen. Zweitens gibt es weite, glatte Arealen, die mit Ausnahme der Vulkanmasse, von denen sie durchsetzt werden, einen ebenen und „strukturlosen“ Eindruck hinterlassen. Mittelpunkt der „Hemisphäre der Kraterfelder“ ist das Gebiet Sabaeus Sinus mit den areographischen Koordinaten L 335° und B -12°, während das Zentrum der „Hemisphäre der vulkanbeherrschten Ebenen“ im Gebiet Nix Olympica mit den Koordinaten L 132° und B 21° liegt. Der Mars ist damit nach dem Erdmond der dritte planetarische Körper, dessen Kruste eine deutliche Asymmetrie aufweist. Da die unterschiedlichen topographischen Verhältnisse nur ein Ausdruck für verschiedene geologische Prozesse sind, werden wir im folgenden von „geologischen Provinzen“ sprechen.

Die erste geologische Provinz, die Kraterfelder des Mars, ähnelt weitgehend dem Festland, der Terra, des Mondes. Statistische Untersuchungen lieferten das Ergebnis, daß die Flächendichte der Einschlagskrater in dieser Provinz etwa halb so groß wie auf der Mondterra ist. Da nun aber Mars dem Planetoidengürtel wesentlich näher ist als Erde und Mond und damit sicher einer größeren Rate von Einschlägen ausgesetzt war, deutet die heute beobachtete geringere Kraterdichte auf die Wirkung geologischer Prozesse, die zur Beseitigung der Krater bzw. zur Nivellierung der Oberfläche führten. Wir werden auf diese Erosionsvorgänge, auf deren Existenz bereits im Abschnitt 2.2.4 hingewiesen wurde, im nächsten Abschnitt eingehen.

Im Gegensatz zur Terra des Erdmondes, die nur die helleren Gebiete umfaßt, gehören zu den typischen Kraterfeldern des Mars vor allem die Gebiete niedriger Albedo, also die Maria und Sinus. In den hellen Gebieten innerhalb der „Hemisphäre der Kraterfelder“ sind zwar die großen Krater in normaler

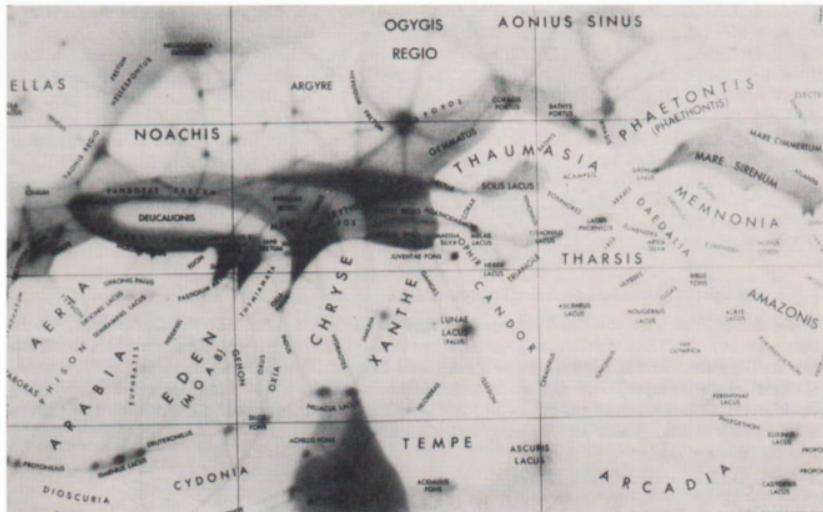


Abb. 1: Ausschnitt aus der von Earl C. Slipher herausgegebenen Marskarte mit den von der IAU empfohlenen Bezeichnungen.

Häufigkeit vorhanden, die kleineren mit Durchmessern unterhalb von etwa 50 km treten aber in wesentlich geringerer Dichte in Erscheinung. Offensichtlich haben sie sich bereits mit Verwitterungsprodukten gefüllt bzw. wurden „wegerodiert“. Beispiele für solche helle Kraterfelder sind die Landschaften Noachis, Aeria, Arabia und Eden. Zu dieser geologischen Provinz gehören auch die beiden hellen Landschaften Hellas und Argyre I. Sie fallen als fast kreisrunde Becken von knapp 1400 und rund 1000 km Durchmesser auf, die in ihrem Inneren keine topographischen Details erkennen lassen. Mit großer Wahrscheinlichkeit handelt es sich hier um lavaüberflutete Riesenkrater, vergleichbar mit dem Mare Imbrium und dem Mare Crisium des Mondes.

Die mit Vulkanmassiven durchsetzten weiten Ebenen, die einen großen Teil der klassischen Kontinente umfassen – zu ihnen gehören z. B. die Landschaften Tharsis, Amazonis, Arcadia, Zephyria, Elysium, Aethiopia – bilden eine weitere geologische Provinz. Mit Ausnahme ihrer höheren Albedo und ihrer Färbung kann man sie mit den Mare-Flächen des Mondes vergleichen. Sie weisen wie die Mond-Maria sehr viel weniger Einschlagskrater als die restliche Planetenoberfläche auf und sind offensichtlich ebenfalls durch eine intensive Lavaüberflutung entstanden. Wahrscheinlich war dieser Prozeß auf dem Mars stärker ausgeprägt als auf dem Mond, denn der Anteil dieser Ebenen an der Gesamtoberfläche ist größer als der der Maria an der Mondoberfläche.

Besonders eindrucksvoll sind die zu dieser Provinz gehörenden Zeugen für Vulkanismus. Mindestens zehn der in den Ebenen gelegenen Massive sind mit Sicherheit Vulkanbauten. Sie weisen große vulkanische Einsturzbecken, sog. Calderen, und zahlreiche endogene Krater auf. Die eindrucksvollste Vulkanbaute ist zweifellos das Massiv in der Landschaft Nix Olympica, einer der vier dunklen Flecken, die zuerst die Aufmerksamkeit des Auswertetestabes der Fernsehbilder von Mariner 9 auf sich zogen. In der Landschaft Tharsis sind in gerade Linie auf einer Front von etwa 1500 km Länge die drei andern Riesenvulkane aufgereiht. Sie fallen mit den dunklen Flecken Ascreus Lacus, Pavonis Lacus und Nodus Gordii zusammen.

Eine weitere geologische Provinz sind die Polargebiete des Mars. In ihnen findet man zusätzlich zu Einschlagskratern und vulkanischen Erscheinungen die deutlichsten Anzeichen für Sedimentation. In Schichten bis zu 100 m Dicke ist hier Material abgelagert. Es deutet manches darauf hin, daß es sich nicht um Ablagerungen von Vulkanasche handelt, sondern eher um Gletscherablagerungen, also Glazialsedimente. In der nördlichen Polarregion finden sich auffällige, konzentrisch zum Pol angeordnete Bögen, die sich zwangslässig als die Kämme von Endmoränen deuten lassen, Ergebnis mehrerer vom Pol her kommender Vereisungswellen (s. Abb. 4, S. II).

Zu diesem Bild passen auch Entdeckungen im Bereich der Südpolkappe. Auf einem Hochplateau fand man hier interessante Muster paralleler Streifen, die eine auffällige Ähnlichkeit mit Gletscher-schrammen besitzen (s. Abb. 3, S. I). In einer 800 km vom Südpol entfernten Formation zeigten sich zahlreiche Becken und Gruben mit glatten, nicht terrasierten Böschungen, aber ziemlich scharf definierten Rändern. Möglicherweise war schmelzendes Grundeis die Ursache dieser Niederungen, die sich durch langsames Einsacken gebildet haben könnten. Auffällig ist weiterhin, daß in einem fast kreisförmigen Gebiet mit einem Radius von rund 10° um den Südpol keine großen Einschlagskrater zu sehen sind. Wurde ihre Bildung durch dicke Eiskappen zur Zeit des großen „Beschusses“ der Mars-oberfläche verhindert oder wurden sie durch Eiserosion beseitigt? Bei der jetzt beobachtbaren extremen Trockenheit der Marsatmosphäre ist natürlich die Vorstellung, daß es früher einmal dicke Eiskappen und Eisberge auf dem Mars gegeben haben könnte, ziemlich problematisch. Wir werden auf diese Fragen noch im Abschnitt 3.4 näher eingehen.

3.3 Morphologische Besonderheiten der Marsoberfläche

Um die Ausprägung der verschiedenen geologischen Bildungen an der Marsoberfläche studieren zu können, ist in erster Linie Anschauungsmaterial notwendig. Wir sparen uns hier die verbale Beschreibung der Einschlagskrater, der endogenen Krater und Calderen, der tektonisch angelegten Strukturen der Oberfläche wie Grabenbrüche, Verwerfungszenen u. a. m., der Erosionsstrukturen und der Zonen geschichteter Sedimente und verweisen auf die beigefügten Abbildungen, die natürlich nur jeweils ein Bild pro morphologischer Erscheinung bieten können.

3.4 Geologische Prozesse auf dem Mars

3.4.1 Exogene Prozesse

Mit großer Selbstverständlichkeit haben wir bisher für Marsphänomene irdische Vergleichsobjekte herangezogen und auch häufig das Attribut „geologisch“ gebraucht, obwohl eigentlich parallel zu „Arealographie“ die Wortbildung areologisch benutzt werden sollte. Soweit man bis jetzt die Lage absehen kann, hat die Wortbildung „Areologie“ keine Chancen, sich durchzusetzen, schon allein deswegen nicht, weil die Leute, die die Marsoberfläche auf den Satellitenbildern erkunden, in erster Linie Geologen sind. Bei ihrer Art von Marsforschung wenden sie natürlich die Forschungsmethoden, Erkenntnisse und Theorien der Geologie an, die zwar primär für die Erforschung der Erdkruste gewonnen und entwickelt wurden, die aber, wie sich immer deutlicher zeigt, nicht so spezifisch irdisch sind, als daß man sie nicht auch auf die Oberflächen anderer erdähnlicher Himmelskörper anwenden könnte. In der Zukunft werden sich solche Fachgebiete wie Geologie und Geophysik auch in „kosmischer Richtung“ weiterentwickeln und den Grundstock einer Disziplin „Planetologie“ bilden, von der man heute schon gelegentlich spricht und deren Ergebnisse wiederum sehr bedeutungsvoll für die wirksamere Erforschung der Erde sein könnten. Übrigens können die „Marsgeologen“ bei der Erkundung dieses Planeten schon recht gut von den Ergebnissen der Mondgeologie profitieren, des ersten außerirdischen Zweiges der Geologie.

Die auf die Marsoberfläche einwirkenden äußeren „Kräfte“ röhren entweder von kosmischen Einflüssen her oder gehen auf die Marsatmosphäre zurück. Der wichtigste Prozeß, der die Oberfläche vom Weltraum her gestaltet hat und in bescheidenumfang auch jetzt noch beeinflußt, ist der Einschlag fester Körper. Im Prinzip sind die Vorgänge beim Meteoriteinschlag auf dem Mars dieselben wie auf der Erde und auf dem Mond. Gewisse Modifikationen an diesem allgemeinen planetologischen Prozeß bringen die Massenunterschiede der drei Himmelskörper und die Tatsache, daß Erde und Mars eine Atmosphäre besitzen, die dem Mond fehlt.

Die dünne Marsatmosphäre bietet aber weit weniger Schutz gegen kosmische Einwirkungen als die der Erde. Insolation und Temperaturgegensätze sind auf dem Mars nur wenig geringer als auf dem Mond. Wegen des fehlenden Magnetfeldes können auch die Partikel des Sonnenwindes die Marsoberfläche erreichen. Insgesamt gibt es dadurch ähnliche Vorgänge einer physikalischen Verwitterung wie auf dem Mond. Wahrscheinlich existiert sogar eine Art chemischer Verwitterung, weil die Dissoziationsprodukte der Marsatmosphäre, die die UV-Strahlung der Sonne erzeugt, mit dem Bodenmaterial reagieren können.

Eine weitere Quelle exogener Prozesse ist die Windtätigkeit in der Marsatmosphäre. Der durch Meteoriteinschläge und physikalische Verwitterung reichlich vorhandene Staub wird durch den Wind transportiert und in den Niederungen abgelagert. Er bildet Dünenfelder (s. Abb. 12, S. V) und erzeugt Albedoveränderungen der Marslandschaften (s. Abb. 5, S. II). Zum typischen Oberflächengestein auf dem Mars dürften daher auch vom Wind abgelagerte (äolische) Sedimente gehören.

Verwehtes Oberflächenmaterial, sog. Deflationsstaub, wirkt natürlich auch nach Art eines Sand-

strahlgebläses auf den Untergrund ein, schleift Erhebungen ab und modelliert Einsenkungen. Im gegenwärtigen Entwicklungsstadium ist diese Winderosion wahrscheinlich der wichtigste zerstörende und für Nivellierung des Terrains sorgende geologische Vorgang. Abschätzungen zeigen, daß ein Einschlagskrater von 1 km Durchmesser, der auf der Erde rund 7 Millionen Jahre als topographisches Gebilde Bestand hat und auf dem Mond solange bestehen bleibt, bis ihn ein benachbarter Einschlag auslöscht, auf dem Mars etwa 200 Millionen Jahre lang nachweisbar sein sollte. Nach diesem geologisch nicht sehr großen Zeitraum hat ihn die Erosion beseitigt.

Sehr problematisch ist die Frage, welche Rolle die erodierende Wirkung von Wasser und Eis bei der Gestaltung der Marslandschaft spielte. Der aus den Ergebnissen der Infrarot-Spektrometer der Satelliten Mars 2, Mars 3 und Mariner 9 abgeleitete Wasserdampfgehalt der Marsatmosphäre ist so gering, daß er nur eine wenige Mikrometer dicke Wasserschicht auf dem Planeten ergeben würde, könnte man ihn abregnen lassen. Bei dem geringen Druck der Marsatmosphäre ist natürlich an flüssiges Wasser nicht zu denken. Eine andere Frage ist aber, ob sich eventuell im Marsboden, den man sich auf Grund der niedrigen mittleren Temperatur und des schlechten Wärmeleitvermögens als Dauerfrostboden vorstellen muß, noch Wasservorräte in Form von Eis befinden. An der Oberfläche ist der Planet heutzutage auf jeden Fall extrem trocken.

Im Widerspruch zu diesen Vorstellungen stehen aber geologische Bildungen, die große Ähnlichkeit mit irdischen Erosionsstrukturen haben. So fand man auf den Bildern von Mariner 9 regelrechte „Flußläufe“ (s. Abb. 8 und 9, S. IV). Die großen Längen (bis zu 700 km) dieser gewundenen Täler, die zahlreichen Einmündungen von „Nebenflüssen“ und das Fehlen irgendwelcher endogenen Krater an den Quellen der „Flüsse“ und „Nebenflüsse“ stehen einer Deutung als kollabierte Lavatunnel im Wege. Diese Gebilde unterscheiden sich damit markant von den Sinusrillen vulkanischen Ursprungs, die es auf dem Mond und — wie man inzwischen weiß — auch in den Vulkangebieten des Mars gibt. Auch die Ränder des großen Grabenbruchsystems am Marsäquator und die „zernagten“ Wälle der großen Einschlagskrater sprechen mehr zugunsten von Wasser- als von Winderosion.

Wie bereits in Abschnitt 3.2.3 erwähnt wurde, finden sich in den Polargebieten Anzeichen für Gletscherschliff, moränenartige Ablagerungen u. a. auf die Existenz von Eis in früheren Epochen der Marsgeschichte hinweisende geologische Bildungen. Die Deutung dieser Erscheinungen ist natürlich noch nicht sehr sicher. Sie zwingt aber dazu, die Möglichkeit zu prüfen, ob Mars eventuell früher wasserreicher als jetzt gewesen sein könnte. Vorerst lassen die tiefer liegenden Regionen des Planeten keine Merkmale erkennen, daß sie über längere Zeiträume hinweg als Meeresbecken fungierten, was aber nicht ausschließt, daß es in der Marsgeschichte kurze, wasserreichere Zeitabschnitte gegeben haben kann, die zur Vereisung der Polargebiete und zur Bildung der „Flüsse“ geführt haben könnten. Man wird diese Frage erst entscheiden können, wenn repräsentative Proben von Marsgestein zur Verfügung stehen und feldgeologische Untersuchungen durchgeführt werden können.

3.4.2 Endogene Prozesse

Der wichtigste endogene Prozeß auf dem Mars ist der Vulkanismus. Im Bildteil von Heft 1/73 zeigt Abb. 1 den vulkanischen Komplex im Gebiet Nix Olympica. Der nahezu kreisrunde Sockel ist mit 500 km Durchmesser mehr als doppelt so groß wie der untermeerische Sockel des Hawaii-Massivs, der größten irdischen Vulkanbaute. Die etwa 65 km Durchmesser messende Caldera auf dem 6 bis 8 km über die umgebenden Ebenen emporragenden Kegel weist auf ihrem Boden mehrere Öffnungen auf. Ihre Ränder sind flach und innen scharf abgebrochen. Lavazungen und -rinnen finden sich auf den Hängen des Vulkankegels.

Sehr interessant ist auch die Caldera im Gebiet Nodus Gordii. Das ziemlich kreisförmige Einsturzbecken besitzt einen Durchmesser von etwa 100 km. Der Innenrand wird durch zahlreiche Terrassen markiert, im Außenbereich findet man konzentrisch angeordnete Bruchlinien, die stellenweise mit endogenen Kratern besetzt sind. Neben weiteren großen Calderen fand man auf dem Mars zahlreiche andere Anzeichen vulkanischer Aktivität: kettenartig aufgereihte randlose Krater mit tektonischer Orientierung, die wahrscheinlich Förderspalten markieren, eingebrochene Lavaröhren und Seen erstarrter Lava mit charakteristischen Schwundrissen (s. Abb. 6). Die scharfen Ränder der Calderen und die geringe Zahl der Einschlagskrater in diesen Gebieten beweisen, daß es relativ junge Gebilde sein müssen. Ein absolutes Alter läßt sich natürlich vorerst nicht angeben.

Der Marsvulkanismus legt nahe, daß dieser Planet in geochemischer Hinsicht wesentlich entwickelter als etwa der Erdmond sein dürfte. Durch die stärkere Differentiation kann man eine bunte Palette magmatischer Gesteine erwarten. Mars scheint aber auch im Hinblick auf die Dynamik seiner Kruste kompliziertere Verhältnisse als der Mond zu bieten. Zwar gibt es auf dem Mars keine echte Gebirgsbildung, keine Orogenese, insbesondere existiert keine Parallele zu dem die Erde umspannenden Gürtel von Kettengebirgen, man fand auch keine Anzeichen, die sich als Ergebnis des Driftens von

Kontinentschollen interpretieren ließen, es gibt aber viele Hinweise auf eine gewisse tektonische Aktivität. Die Kruste ist nämlich an vielen Stellen gebrochen und wird von tiefen Grabenbrüchen durchzogen.

Wie rissige Elefantenhaut sieht ein Hochplateau in der Landschaft Phoenicis Lacus auf den aus 6000 km Höhe gewonnenen Bildern aus. Mindestens drei verschiedene Bruchliniensysteme überlagern sich hier und rufen ein eindrucksvolles Gewirr von Grabenbrüchen hervor. Westlich davon liegt eine weitere große Verwerfungszone. Über Hunderte von Kilometern hinweg erstrecken sich parallele Bruchlinien nach Art eines Staffelbruchs (s. Abb. 6, S. III).

Die imposanteste Erscheinung ist zweifelsohne das große Grabenbruchsystem, das sich in einer Breite von fast 100 km rund 400 km längs des Marsäquators hinzieht. In der Landschaft Tithonium Lacus (s. Abb. 2, S. I, H. 1/73) ähnelt dieser gewaltige Einbruch einem Canyon, der eine Tiefe von 3 km erreicht. Einbrüche in die Marskruste bilden anscheinend ein charakteristisches Element der Oberflächenmorphologie des Planeten. Sie erreichen allerdings nur in einem Falle so gewaltige Dimensionen. Häufig sind diese tektonischen Bildungen durch Wind- und vielleicht auch Wassererosion modelliert.

Für die tektonische Aktivität sprechen auch die zahlreichen Lineaturen, geradlinige Strukturen, die man auf den Bildern fand. Dazu zählen polygone Kraterwälle, gerade Rillen, gerade Berggrücken, Verwerfungen, perlschnurartig aufgereihte endogene Krater. Ein globales System solcher Lineamente mit breitenabhängiger Vorzugsrichtung ist angedeutet. Großkrater wie das Hellas-Becken besitzen ein eigenes radiales und konzentrisches Lineamentsystem. Diese geradlinigen Gebilde haben aber nichts mit den „Marskanälen“ zu tun. Es zeigte sich nämlich — und damit dürfte das Rätsel der „Kanäle“ endgültig gelöst sein —, daß nur in ganz seltenen Fällen ein „Kanal“ mit einer tektonischen Bildung identifizierbar ist. Ein solcher Fall ist beispielsweise der allerdings untypische „Kanal“, den Schiaparelli Agathodæmon genannt hatte und der heute meist als Coprates in den Marskarten verzeichnet ist. Er fällt mit dem canyonartigen Teil des großen Grabenbruches zusammen. Die typischen „Marskanäle“ haben dagegen keinerlei topographische Entsprechung, lediglich eine Reihe von „Oasen“ fallen mit echten geologischen Bildungen zusammen. Die „Marskanäle“ sind daher als optisches Phänomen zu betrachten, das nicht geologisch interpretiert werden kann.

4. Ausblick

In diesem Beitrag sollte deutlich werden, welche Präzisierung, Modifikation und Korrektur gegenwärtig das von der Areographie gezeichnete Marsbild erfährt. Die neuen Forschungsmöglichkeiten lassen keinen Zweifel daran, daß der Rote Planet ähnlich wie der Erdtrabant auftreten wird, alleiniger Forschungsgegenstand der Astronomie zu sein. Die weitere Erforschung seiner Oberfläche wird in erster Linie Aufgabe der Geologen, der „Marsgeologen“, sein. Den gegenwärtigen satellitengeologischen Untersuchungen werden bereits in den nächsten Jahren Felduntersuchungen durch Roboter direkt an der Marsoberfläche folgen. Der Planet Mars wird mit Sicherheit der nächste planetarische Körper sein, den der Mensch betrifft, möglicherweise noch in diesem Jahrhundert.

Die Abb. 1–6 wurden vom Autor zur Verfügung gestellt, die Abb. 7–16 einschließlich der Bildunterschriften hat die Redaktion zusätzlich aufgenommen.

Die Entwicklung der militärischen Raumfahrt in den USA (II)

KARL-HEINZ NEUMANN

Am Ende von Teil I dieses Beitrags haben wir das Zusammenwirken der Satellitensysteme Typ 467 und Typ 647 besprochen. Die Satelliten 467, die mit der Titan 3D auf eine erdnahen Umlaufbahn gelangen, sind die Nachfolger vom Typ 920. Für Übertragungszwecke wurden inzwischen die Satelliten vom Typ 647 eingesetzt. Zu diesem System gehören noch militärische Nachrichtensatelliten. Sie haben die Codebezeichnung DSCS (Defence Satellite Communication System). Am 3. November 1971 gelangten zwei derartige Satelliten mit einer Titan 3C auf eine Erdumlaufbahn. Es handelt sich hierbei um den neuesten Typ der militärischen Nachrichtensatelliten. Sie sind zylinderförmig, haben einen

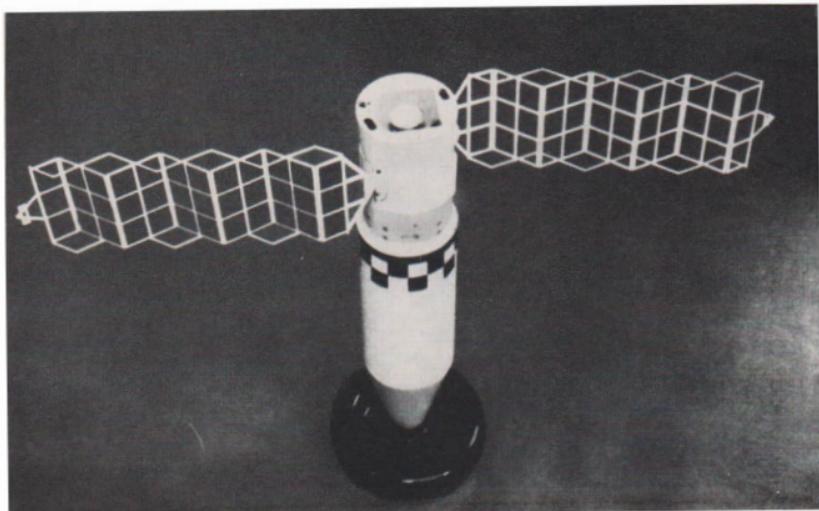


Abb. 1: Modell eines Satelliten vom Typ BMEWS. Für die Energieversorgung besitzt er zwei große Ausleger mit Solarzellen.

Durchmesser von 2,39 Meter und sind 1,65 Meter hoch. Auf der oberen Fläche sind nebeneinander zwei Parabolantennen angebracht. Ihre Masse wird mit 472 kg angegeben. Beide Satelliten gelangten auf Synchronbahnen, wobei der eine über dem Pazifischen Ozean und der zweite über dem Atlantik stationiert wurde. Sie haben die Codenummer 313.

Die Informationen der Satelliten vom Typ 467 — auch Big Bird genannt — gehen über einen der BMEWS-Satelliten, die über dem Indischen Ozean stationiert sind, nach Australien, von dort zum Pazifik-Satelliten 313 und über diesen direkt nach den USA.

Wie schon erwähnt, wurden die ersten Satelliten vom Typ BMEWS (Ballistic Missile Early Warning Satellite) mit der Atlas Agena D gestartet. Drei Satelliten von den insgesamt vier gestarteten erreichten ihre Synchrongröße. Es sind dies 1968—63 A, 1969—36 A und 1970—69 A. 1970—46 A verblieb in der elliptischen Umlaufbahn. Er konnte deshalb nicht genutzt werden. Charakteristisch für diese Satelli-

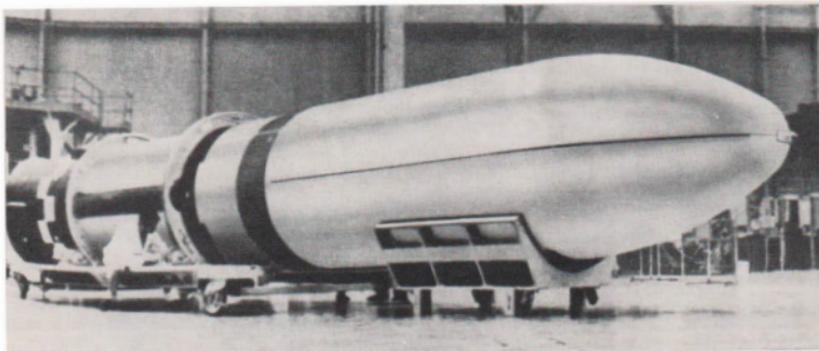


Abb. 2: Eine Agena-Endstufe mit einem Satelliten vom Typ BMEWS in der Montagehalle. Auffällig ist die Überlänge der Satelliten-Nutzlastverkleidung.

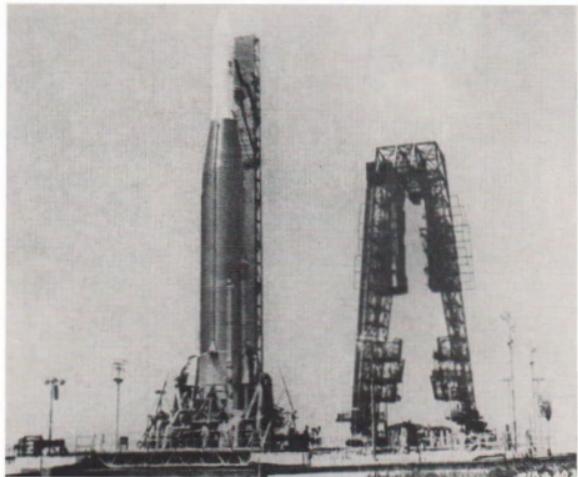


Abb. 3: Eine Rakete vom Typ Atlas Agena D auf der Startplattform.

ten ist, daß sie trotz Synchronbahn noch eine Neigung von 9,9 Grad haben, also zwischen 9,9 Grad nördlicher und südlicher Breite hin und her pendeln. Diese geringe Bahnneigung wurde gewählt, um zu erreichen, daß auch die polnischen Gebiete der Sowjetunion sicher erfaßt werden können.

Wie aus der Bezeichnung hervorgeht, handelt es sich hierbei um Nachfolgetypen der sogenannten Midas-Serie. Sie sind mit Infrarotsensoren ausgerüstet und sollten Starts ballistischer Raketen feststellen können.

Die vorangegangenen Midas-Satelliten, Codenummer 828, also Midas 2 bis Midas 9, waren ebenfalls mit der Atlas Agena gestartet worden. Ihre Bahnneigung betrug rund 90 Grad und die Flughöhe 3000 bis 3700 km. Der letzte Midas-Satellit, 1966–89 A, war am 5. Oktober 1966 gestartet worden. Danach hatte man sich entschlossen, dieses System vorläufig aufzugeben, da die Sensoren keine brauchbaren Informationen geliefert hatten. Die von ihnen angezeigten Wärmequellen ließen sich nicht eindeutig mit Raketenstarts identifizieren. In den folgenden 2 Jahren waren neue, verbesserte Sensoren entwickelt worden, die dann bei den BMEWS-Satelliten zum Einsatz kamen.

Die im ersten Teil als BMEWS-2 bezeichneten verbesserten Versionen sind inzwischen umbenannt worden. Sie tragen jetzt die Bezeichnung IMEWS (Integrated Missile Early Warning Satellite). Ihre Codenummer ist 949. Bis Anfang August 1972 wurden drei IMEWS gestartet. Der erste, 1970–93 A (Trigerrakete hierfür Titan 3C), hatte noch eine Bahnneigung von 7,8 Grad und verblieb in einer subsynchronen Umlaufbahn. Er konnte deshalb nicht voll eingesetzt werden, sondern wurde für experimentelle Aufgaben verwendet. Sein Start erfolgte am 6. November 1970. Die beiden nächsten, 1971–39 A und 1972–10 A, kamen auf ihre Synchronbahn und sind beide über dem Indischen Ozean stationiert. Man verzichtete auf eine stärkere Bahnneigung (sie beträgt bei beiden 0,87 Grad).

Gegenüber den BMEWS-Satelliten haben sie zusätzlich andere Aufgaben zu erfüllen. Sie besitzen Fernsehanlagen, mit denen es möglich ist, Bilder der Wolkenverteilung über dem Territorium der VR China, der Sowjetunion und den anderen sozialistischen Ländern zu übertragen. Das ist auch der Grund, warum man von 1971 an keine Wetterbeobachtungssatelliten vom Typ 417 mehr einzusetzen brauchte. Sie sollten ferner auch die Aufgabe der Satelliten mit der Codebezeichnung 770 übernehmen, also Übersichtsaufnahmen für den Einsatz der 920- bzw. 467-Satelliten liefern. Es hat aber den Anschein, daß diese Übersichtsbilder nicht von ausreichender Qualität sind, denn sowohl 1971 als auch 1972 wurden weitere Satelliten vom Typ 770 eingesetzt.

Ein anderer Typ, von dem die Codenummer nicht bekannt ist, der aber ebenfalls der optischen Spionage dient, befindet sich im Einsatz. Die Startquote ist relativ gering. Die Flughöhe liegt im Bereich von rund 500 km, die Bahnneigung bei etwa 75 Grad (bei den ersten dieser Satelliten zum Teil auch bei 82 Grad). Wegen der großen Flughöhe haben sie eine relativ lange Lebensdauer.

Ihre Energieversorgung erfolgt über Solarzellen. Sie besitzen fernsehtechnische Anlagen mit extrem hohem Auflösungsvermögen. Sie liefern wie die 770-Satelliten ebenfalls Übersichtsaufnahmen, aber wegen der fernsehtechnischen Übertragung der Bilder (beim Überfliegen der Bodenstationen in schnel-

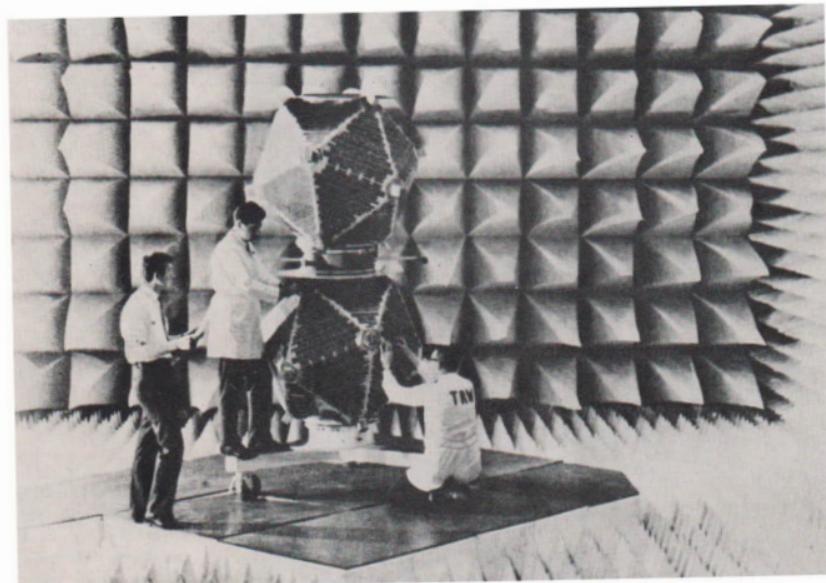
ler Folge) haben sie naturgemäß ein geringeres Auflösungsvermögen. Der erste Vertreter dieser Art war der Satellit 1963-03 A (16. Januar). 1964 wurden drei derartige Satelliten gestartet (1964-11 A, -35 A und -72 A). 1965 wurde wieder nur einer eingesetzt (1965-55 A). 1966 waren es zwei (1966-09 A und -118 A). 1967 ebenfalls wieder ein Satellit (1967-71 A). 1968 wieder zwei (1968-04 A und -86 A). 1969 (1969-65 A), 1970 (1970-66 A) und 1971 (1971-60 A) je einer. Ihre Trägerrakete war anfänglich Thor Agena D und vom zweiten Satelliten des Jahres 1968 an die Thorad Agena D. Es war vorgesehen, daß die Aufgaben auch dieser Satelliten von den IMEWS übernommen werden. Ob das zufriedenstellend gelungen ist, kann noch nicht entschieden werden, denn es wurde 1971 noch ein Satellit von diesem Typ eingesetzt, jedoch bis August 1972 noch kein weiterer.

Als zusätzliche Aufgabe sollen die IMEWS-Satelliten auch die der Vela Hotel übernehmen. Vela Hotel oder auch nur mit Vela bezeichnet, tragen die Codenummer 823. Mit ihrer Hilfe sollten Kernexplosionen auf der Erdoberfläche registriert und lokalisiert werden. 1963 wurden die ersten beiden Vela-Satelliten mit einer Atlas Agena A gestartet. Die Satelliten, deren Oberfläche mit Solarzellen belegt ist, haben die Form eines Icosahedrons. Ihr Durchmesser beträgt 1,4 Meter und ihre Masse 170 kg. Sie werden auf relativ hohe Erdumlaufbahnen in rund 100000 km Höhe gebracht. Jeweils zwei Satelliten werden gleichzeitig gestartet. Das letzte Paar, Vela 11 und 12, wurde 1970 gestartet, ihre astronomische Bezeichnung ist 1970-27 A und B. Auch hier kann man nicht sagen, ob es gelungen ist, die Aufgabe der Kernexplosionsdetektion durch die IMEWS-Satelliten voll zu übernehmen, da die Starts der Vela-Paare in ein- bis zweijährigem Abstand erfolgten.

Zu den militärischen Satelliten zählen ferner die Navigationssatelliten vom Typ Transit. Die Codenummer ist 621. Die ersten Starts dieser Navigationssatelliten erfolgten bereits im Jahre 1960. Das Pentagon war an der Entwicklung derartiger Satelliten besonders interessiert, da bereits Ende der fünfziger Jahre die Entwicklung von atomgetriebenen U-Booten, die mit ballistischen Raketen bestückt sind, angelaufen ist.

Um mit einer ballistischen Rakete ein Ziel zu treffen, besteht die wesentlichste Voraussetzung darin, die genaue Position des Startortes zu kennen. Deshalb fand der Vorschlag, Satelliten für Navigationszwecke zu entwickeln, die sofortige Zustimmung des Pentagons. Das Prinzip der Funktion bei den Navigationssatelliten vom Typ Transit ist folgendes: Auf zwei Frequenzen sendet der Satellit kontinuierlich Signale. Dabei wird gleichzeitig die Position des Satelliten in seiner Umlaufbahn mit übertragen. Ein Schiff, welches diesen Satelliten zu Navigationszwecken nutzen will, nimmt die Doppler-

Abb. 4: Zwei Satelliten vom Typ Vela Hotel (823) hier bei einem Test im Herstellerwerk TRW.



kurve der Signale auf. Durch eigennavigatorische Hilfsmittel wird eine theoretische Dopplerkurve für die Satellitensignale berechnet. Der Vergleich der theoretisch ermittelten Dopplerkurve mit der real aufgenommenen zeigt die Differenzen zwischen der angenommenen und der wahren Position des Schiffes, woraus man die genaue Position exakt ermitteln kann.

Transit 1 B, der am 13. April 1960 gestartet wurde, war der erste experimentelle Einsatztyp. Bei einer Bahnneigung von 51,3 Grad umkreiste er die Erde im Bereich zwischen 370 und 750 km Höhe. Er verglühte am 5. Oktober 1967. Die Starts der ersten Transit-Satelliten erfolgten mit der Thor Able Star-Rakete und waren wegen der hohen Fehlerquote bei diesem Rakentyp nur wechselhaft erfolgreich. Ab Transit 5A wurde dann die vierstufige Feststoffrakete Blue Scout eingesetzt. Für diese Rakete mußte die Nutzmasse reduziert werden. Anfänglich lag sie im Bereich von etwa 100 kg, durch die Scout konnten aber nur rund 60-kg-Satelliten auf die Umlaufbahn gebracht werden, deren Einsatzhöhe vergrößert wurde. Sie stieg von etwa 700 km kreisähnlicher Bahn auf rund 1000 km Höhe an. Bei den Starts mit der Thor Able wurden meist noch Zweit- oder Dritt-Satelliten mit auf die Bahn gebracht. Bis 1968 haben 22 Transit-Satelliten ihre Erdumlaufbahn erreicht. Von diesem Zeitpunkt an wurden keine weiteren Transit-Satelliten gestartet. Es gibt hierfür zwei Erklärungen. Entweder wurden die Aufgaben der militärischen Navigationssatelliten von anderen Satelliten übernommen, oder die Funktionsdauer der letzten dieser Satelliten ist so lang, daß keine weiteren Starts erforderlich sind. Die erstgenannte Möglichkeit ist wahrscheinlicher; es wurden nämlich inzwischen von einigen der zuletzt gestarteten Transit-Satelliten, die noch funktionstüchtig sind, die Sendefrequenzen bekannt gegeben. Die USA wollen damit den Anschein erwecken, daß es sich bei den Transit-Satelliten um normale Nutzsatelliten, die von jedermann genutzt werden können, handelt. Für ihre militärischen Navigationszwecke — also vor allem für die Polaris-U-Boote — werden sehr wahrscheinlich andere militärische Satelliten verwendet. Doch es gibt bisher noch keine Hinweise in der für diesen Beitrag ausgewerteten Literatur, die die Richtigkeit dieser Annahme beweisen.

Die Entwicklung der militärischen Nachrichtensatelliten der USA ist äußerst interessant. In Teil I wurde bereits das erste Experiment mit dem Satelliten Score beschrieben. Rund zwei Jahre danach, am 4. Oktober 1960, wurde das zweite Exemplar eines militärischen Nachrichtensatelliten gestartet. Es trug die Bezeichnung Courier 1B (Courier 1A hatte am 18. August 1960 wegen des Versagens der Trägerrakete seine Bahn nicht erreicht). Bei Courier handelte es sich um ein verbessertes Experiment von Score. Der Satellit war im Auftrage des amerikanischen Heeres entwickelt worden. Er sollte Funksignale bzw. Meldungen aufnehmen und auf Abruf bestimmter Bodenstationen in den verschie-

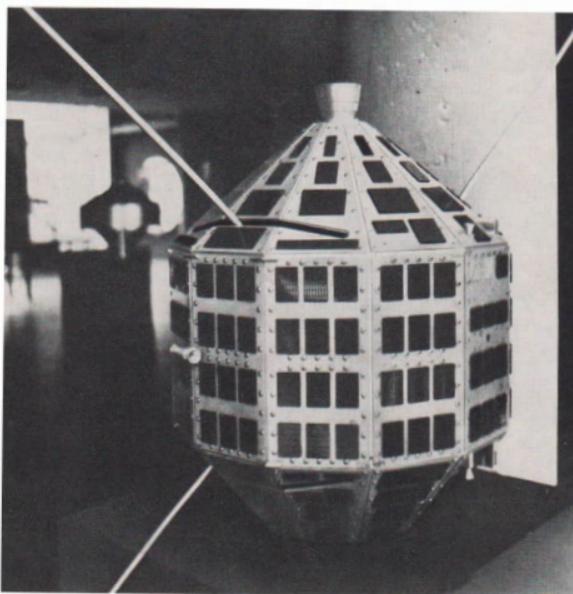


Abb. 5:
Ein Satellit vom Typ IDSCP.

Zum Beitrag S. 33: Marsgeologie



Abb. 2: Eine der besten und detailreichsten Marskarten. Sie wurde 1958 von dem griechischen Planetenbeobachter J. H. Focas am 24"-Refraktor der Sternwarte am Pic du Midi gewonnen.



Abb. 3:
Geschichtete Sedimente im Südpolgebiet. Auf dem Plateau im rechten Teil sind Gletscherschrammen zu sehen.

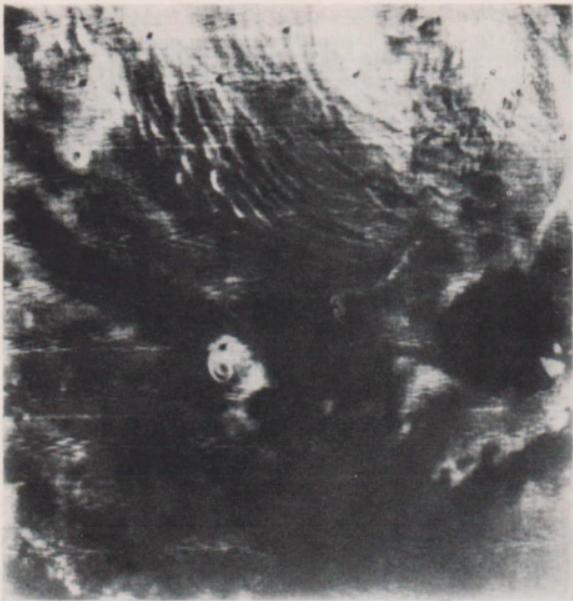


Abb. 4:
Konzentrisch um den Nordpol (oben rechts) angeordnete Moränenkämme.



Abb. 5, unten:
Durch Windverwehung von Staub erzeugtes Streifenmuster in der Landschaft Hesperia. Im Windschatten der Kraterwälle wurde heller Staub auf dunklem Untergrund abgelagert.

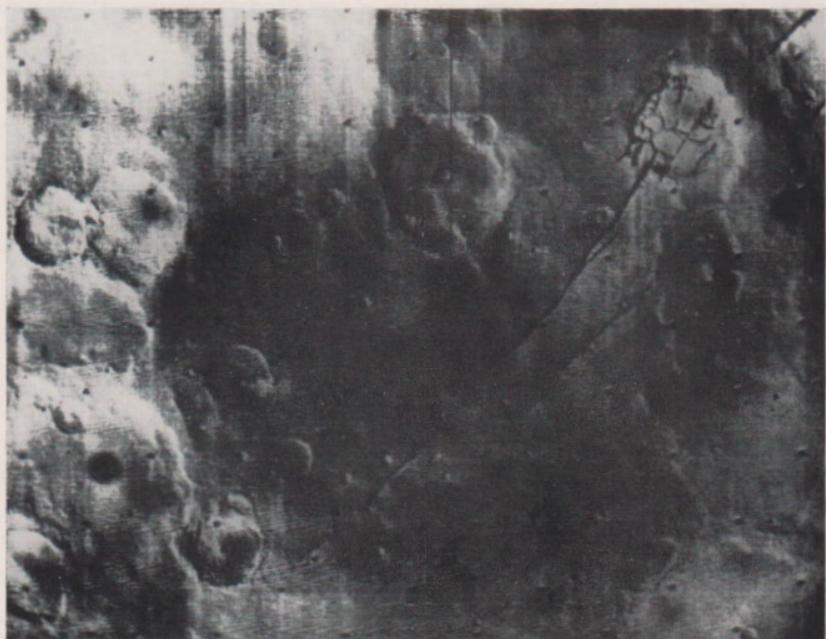
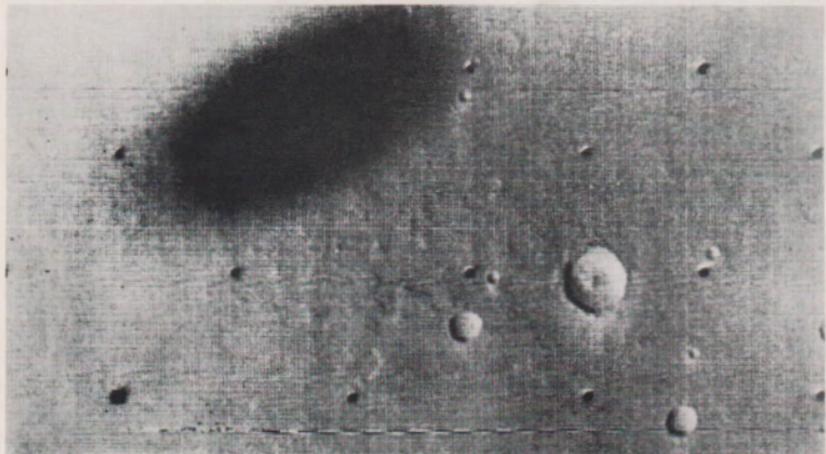


Abb. 6: System paralleler Verwerfungslinien in der Landschaft Memnonia. Der „Schildkrötenrücken-Krater“ rechts oben ist ein See erstarrter Lava, die die typischen Schwundrisse aufweist.

Abb. 7: Eine Sonnenfinsternis auf dem Mars, aufgenommen am 4. 2. 1972. Diese Aufnahme des Gebietes Aethiopis, 14 Grad nördlich des Marsäquators, erfolgte aus einem Abstand von 2210 km. Der Schatten des Marsmondes Phobos hat einen Durchmesser von 50 mal 110 km. Dieser innere Mond des Mars, der den Planeten dreimal täglich in einem Abstand von rund 9300 km umkreist, hat ovale Form von 21 mal 26 km Ausdehnung.



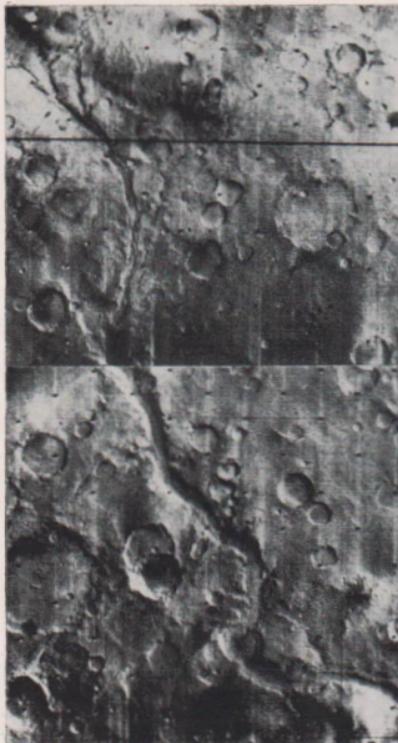




Abb. 8, linke Seite, oben links: Eine rund 700 km lange Rille auf der Marsoberfläche. Das Bild ist aus zwei Einzelaufnahmen zusammengesetzt. Der Ursprung der Marsrillen ist z. Zt. noch sehr umstritten. Das abgebildete Gebiet befindet sich in der Marsregion Rasena, das Zentrum des zusammengesetzten Bildes liegt bei 20 Grad südl. Breite und 182 Grad Länge.

Abb. 9, linke Seite, oben rechts: Eine andere flußähnliche Rille, die rund 400 km Länge und eine maximale Breite von 5 bis 6 km aufweist. Aufällig auch hier die sogenannten „Nebenflüsse“.

Abb. 10, linke Seite, unten: Eine Teilaufnahme des mittleren der drei großen Vulkankegel des Mars, die rund 1500 km östlich von Nix Olympia auf einer Linie zu liegen scheinen. Der Kraterrand zeigt Feinstrukturen mit Erosionsrillen. Der Kraterboden ist eben. An der Kraterböschung und im Kraterboden sind Sekundärkrater (wahrscheinlich meteoritische Einschlagskrater) zu erkennen.

Abb. 11, oben: Ein Gebiet nahe des Mars Südpols. Deutlich heben sich hier dunkle und helle Oberflächendetails ab. Die dunkleren Gebiete sind von Vulkanasche, die hellen von Kohlendioxyd bzw. Wassereis bedeckt. Auffällig ist das ovale, terrassenförmig abfallende, relativ ebene Gebiet.

Abb. 12, rechts: Ein Dünengelände im Inneren eines 150-km-Kraters im Gebiet Hellepons. Wahrscheinlich handelt es sich hier um loses staubförmiges Material. Die Ausmaße des Dünengeländes betragen rund 130 × 65 km.





Abb. 13: Dieses Bild wurde durch zwei Aufnahmen der Hochauflösungskamera von Mariner 9 gewonnen. Es handelt sich um das Gebiet Novus Mons bei 66 Grad südl. Breite und 325 Grad Länge. Der Unterschied zwischen hellem und dunklem Material der Marsoberfläche wird hier besonders deutlich. Den größten Teil der Abb. nimmt eine relativ ebene Fläche ein, die gegenüber drei Umgebung erhöht ist. Auf dieser erhöhten Fläche erkennt man auch parallel Streifen, die sehr dicht nebeneinander liegen. Eine Deutung dieses Erscheinungsbildes steht noch aus.

Abb. 14 a, b: Einbruchrinnen, hervorgerufen durch Lavafluß am südlichen der drei großen Vulkankegel, der in der Nähe von Pavonis Lacus, wenige Grade nördlich des Marsäquators liegt. Das eingezzeichnete Rechteck begrenzt das Gebiet, welches in der linken Aufnahme wiedergegeben ist.



Abb. 15:

Die drei Abb. geben etwa die gleiche Gegend der Marsoberfläche wieder. Es handelt sich um das Gebiet Euxinus Lacus. Zur besseren Orientierung ist der gleiche Krater auf allen drei Aufnahmen durch einen Pfeil gekennzeichnet.

Das obere Bild gibt das Gebiet am 11. 2. 1972, gegen 17 Uhr Ortszeit für diese Gegend wieder. Die mittlere Aufnahme, die 24 Stunden später gemacht wurde, zeigt, daß sich ein riesiger Staubsturm von etwa 480 km Ausdehnung südlich des gekennzeichneten Kraters gebildet hat. Das untere Bild, welches drei Wochen später von derselben Gegend gewonnen wurde, weist nach, daß sich dieser Staubsturm inzwischen gelegt hat. Im linken Bildteil erkennen wir einen neuen Staubsturm, der sich etwa 300 km weiter westlich gebildet hat.

Wenn wir das obere und das untere Bild vergleichen, fällt auf, daß die dunklen Bodenregionen um den markierten Krater erst hier deutlich erkennbar werden. Bei der ersten Aufnahme war die Umgebung des Kraters schon durch Staub getrübt. Derartige Staubaufwirbelungen können auch die bei früheren Iridischen Beobachtungen festgestellten Form- und Dimensionsveränderungen sowie Verfärbungen bestimmter Marsregionen erklären, die man früher für jahreszeitliche Effekte (Pflanzenwuchs) hielt.



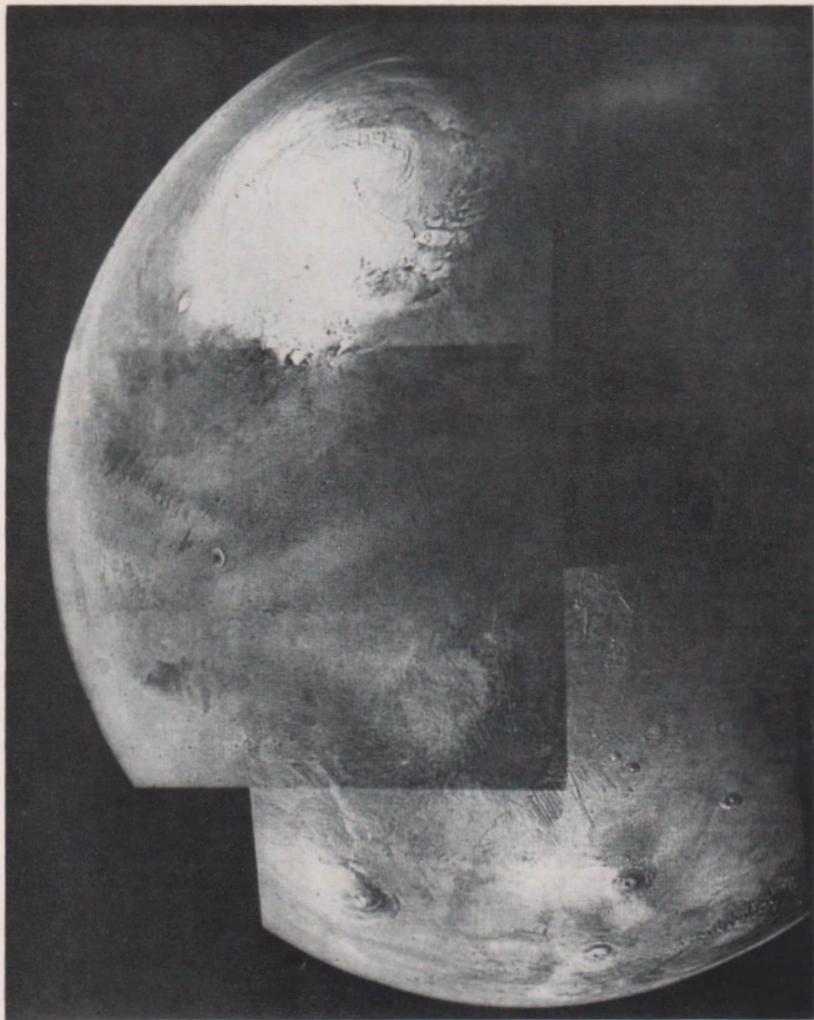


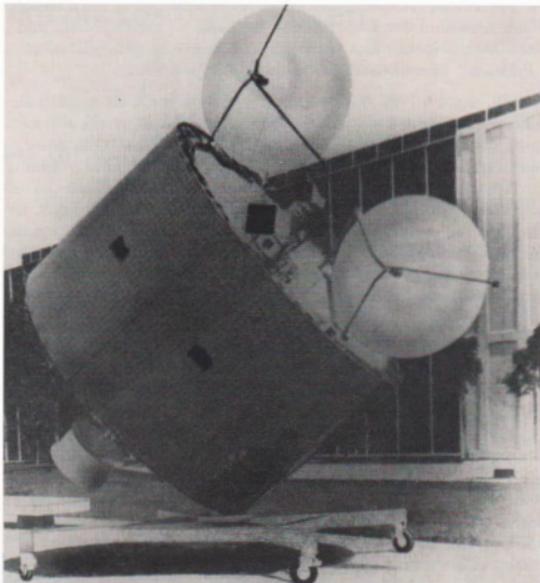
Abb. 16: Eine Aufnahme des Mars von der nördlichen Hemisphäre bis zu einigen Graden südlich des Äquators. Dieses Bild wurde aus drei Aufnahmen, die am 7. 8. 1972 aus einer Entfernung von 13 700 km gewonnen wurden, zusammengesetzt.

Die Nordpolarkappe des Mars tritt deutlich hervor. Unten links erkennt man den Krater Nix Olympia und im rechten unteren Bildteil die drei Großkrater. In der rechten unteren Ecke ist auch der Riesen-canyon zu sehen. Interessant sind die parallel in etwa Nord-Südrichtung verlaufenden Rillen nördlich der drei Riesenkrater und auch im mittleren linken Teil der Bilder.

Da zum Zeitpunkt der Aufnahme die Marsatmosphäre nicht mehr durch Staub getrübt war, lassen sich die Hauptstrukturen gut erkennen. Gegenüber dem Mond hinterläßt der Mars hier einen ebeneren Eindruck, die Hell- und Dunkelstrukturen sind bedeutend differenzierter als auf der Mondoberfläche.

Abb. 6:

Einer der neuesten amerikanischen militärischen Nachrichtensatelliten vom Typ DSCS (313). Oben die entdrallte Antennenanlage.



densten Stützpunkten der USA zur Erde zurückfunken. Zur Instrumentierung gehörten fünf Magnettonbänder mit einer Kapazität von 68 000 Wörtern pro Minute. Die Meldungs- bzw. Befehlsübermittlung sowie die Rücksendung dieser Informationen erfolgte mit der gleichen Geschwindigkeit. Dieses System der Nachrichtenübermittlung wurde aber nach Abschluß der Experimente mit Courier 1B (am 22. 10. 1960 sendete er zum letzten Mal Signale) abgebrochen. Es hatte sich wegen der Zeitverzögerung beim Überfliegen bestimmter Bodenempfangsstationen als nicht brauchbar erwiesen. Die weitere Entwicklung von Nachrichtensatelliten überließ das Pentagon zivilen Dienststellen bzw. den verschiedensten Konzernen und der später gegründeten Comsat. Es bestand naturgemäß bei den US-Konzernen ein großes kommerzielles Interesse an der Entwicklung von Nachrichtensatelliten. Bekannt sind die Experimente mit Telstar und Relay. Interessant wurden für die Militärs allerdings die Satelliten, die auf Synchronbahnen die Erde umrundeten. Der erste derartige Versuch war Syncrom 1, der am 14. Februar 1963 gestartet wurde. Das war ein Fehlschlag, denn 30 Sekunden nach der Zündung des Apogäumsraketenmotors, der den Satelliten in seine Synchronbahn befördern sollte, riß die Funkverbindung ab. Der im gleichen Jahr, am 26. Juli, gestartete Syncrom 2 erreichte eine Synchronbahn, allerdings bei einer Bahnneigung von 33,4 Grad. Mit diesem Satelliten wurden die ersten Experimente der Nachrichtenübermittlung von militärischen Dienststellen wieder aufgenommen.

Abb. 7:

Ein Hubschrauber in Südvietnam mit einer Empfangs- und Sendeanlage für den Satelliten TACOM-SAT. Unter der Abdeckung über den Rotorblättern (SHF Antenne) befindet sich die Antenne.



Er war von der NASA gestartet und die Beteiligung des Pentagon wurde anfänglich geheimgehalten. Nach Abschluß der Experimente der NASA ging er jedoch voll in die Hände der Militärs über. Ein Jahr nach seinem Start wurde er von seiner ursprünglichen „Position“ über dem Atlantik auf eine „Position“ über dem Pazifischen Ozean gebracht.

Am 19. August 1964 startete die NASA Syncrom 3. Er wurde von der westlichen Propaganda als sogenannter Olympia-Satellit deklariert. Tatsächlich erfolgte über diesen Satelliten auch die Übertragung der Olympischen Spiele von Tokio nach den USA. Aber bereits vom Zeitpunkt seiner Stationierung über dem Pazifischen Ozean, nutzten militärische Dienststellen der USA einen Teil der Übertragungskanäle dieses Satelliten. Nach Abschluß der Olympischen Spiele hörte man in der offiziellen westlichen Propaganda nichts mehr von Syncrom 3. Er war, wie sich nachweisen läßt, voll dem Pentagon zur Nutzung überreignet worden. Syncrom 3 sendet auch heute noch. Durch ihn erfolgte 1964 die Befehlsübermittlung des Pentagon zu den in Südostasien stationierten amerikanischen militärischen Einheiten. Syncrom 3 spielte also beim Beginn der Vietnam-Aggression der USA schon eine wesentliche Rolle.

Aus den Erfahrungen, die bei der Nutzung von Syncrom 2 und von Syncrom 3 sowie der ersten Intelsat-Satelliten gewonnen wurden, war das erste Einsatzsystem militärischer Nachrichtensatelliten der USA entwickelt worden. Die Satelliten dieses Systems tragen die Bezeichnung IDCSP. Für ihren Start wurde die Titan 3C eingesetzt und es gelangten jeweils ein Bündel derartiger Satelliten, maximal bis acht, auf eine subsynchrone Umlaufbahn. Dadurch, daß die einzelnen Satelliten nacheinander mit geringfügig unterschiedlichen Geschwindigkeiten von der Transstage getrennt wurden, konnten diese subsynchronen Satelliten entlang der Bahn fast gleichmäßig um die Erde herum verteilt werden. Es waren also für die Bodenstationen auf dem Territorium der USA jeweils mehrere Satelliten über dem Funkhorizont. Die Möglichkeiten der Befehlsübermittlung oder Informationsrückübermittlung waren damit nach Südostasien und nach Europa fast ständig gegeben. Beim ersten Start, am 16. Juni 1966, gelangten sieben derartige Satelliten auf ihre subsynchrone Bahn. Beim zweiten Start, am 18. Januar 1967, waren es acht Satelliten. Drei IDCSP mit einem Testsatelliten, IDCSP 3—4 (Synonym-Bezeichnung DATS = Despun Antenne Test Satellite) wurden am 1. Juli 1971 gestartet. Bei dem Start am 13. Juni 1968 gelangten wieder acht IDCSP-Satelliten auf die Umlaufbahn. Damit fand diese Serie ihren Abschluß. Da alle diese Satelliten eine sehr lange Lebenszeit hatten, waren weitere Starts nicht notwendig, denn Anfang 1972 waren noch 21 dieser insgesamt 26 Satelliten in Funktion. Weitere Starts erübrigten sich deshalb, da inzwischen — wie bereits gesagt — das System DSCS (313) einsatzfähig geworden war.

Speziell für die Kriegsführung der USA in Südostasien wurde ein besonderer Nachrichtensatellit am 9. Februar 1969 gestartet. Er trägt jetzt die offizielle Bezeichnung Tactical Comsat 1. Früher lief er auch unter der Bezeichnung Tacomsat. Die Codenummer ist nicht bekannt, die astronomische Bezeichnung ist 1969—13 A. Gestartet wurde er mit einer Titan-3C-Rakete. Er erreichte eine synchrone Umlaufbahn und wurde über dem Pazifischen Ozean stationiert.

1969—13 A hat Zylinderform, ist 6,1 Meter hoch und hat einen Durchmesser von 2,4 Metern. An der Mantelfläche des Zylinders sind Solarzellenflächen angebracht, sie dienen der Stromversorgung. Auf der oberen Plattform befinden sich fünf Wendelantennen; diese obere Plattform ist entdrallt, da der Satellitenkörper drallstabilisiert ist. Die Antennen können also genau gerichtet werden. Die Gesamtmasse dieses Satelliten macht 713 kg aus. Er dient der direkten Befehlsübermittlung zwischen dem Pentagon und amerikanischen Einheiten in Vietnam. Die Sendeleistung dieses Satelliten ist infolge der starken Richtwirkung der Wendelantennen so groß, daß relativ kleine Empfangsanlagen zum Befehlsempfang sowie zur Informationsrückübermittlung ausreichen. Die Bodenempfangs- und Sende-anlagen können in einem Hubschrauber, in einem Jeep oder einem kleinen Flußboot untergebracht werden. Damit ergibt sich die Möglichkeit der Kommandoübermittlung und Informationsrückmeldung zu Einheiten bis zu Kompaniestärke.

Man kann also feststellen, daß die militärischen Nachrichtensatelliten der USA bereits seit Jahren der direkten Kriegsführung dienen.

Über weitere amerikanische Satelliten mit militärischer Aufgabenstellung wird in Teil III berichtet.

Amateure beobachten und berichten

Eine Dunkelfeldbeleuchtung für den Amateur

KLAUS HÄUSSLER

Jeder Amateur, der eine Himmelskamera besitzt, hat bestimmt schon einmal den Versuch unternommen, damit Aufnahmen zu gewinnen. Für langbelichtete Aufnahmen ist es erforderlich, einen geeigneten Leitstern zu verwenden. Ist es ein relativ heller Stern, so kommt man mit einer Hellfeldbeleuchtung aus. Man muß dabei allerdings in Kauf nehmen, daß schwächere Sterne „untergehen“. Wenn man einen schwächeren Stern als Leitstern auswählen muß, so ist eine Dunkelfeldbeleuchtung vorteilhaft, da man dabei ein helles Fadenkreuz gegen den dunklen Himmel sieht. So lassen sich mit einem Amateurfernrohr 80/1200 mm noch Sterne der 10. Größe als Leitsterne benützen.

Industriell gefertigte Dunkelfeldbeleuchtungen sind relativ teuer. Ich habe deshalb ein orthoskopisches Okular mit Fadenkreuzeinsatz (VEB Zeiss) mit einer Dunkelfeldbeleuchtung ausgerüstet. Der Umbau eines solchen Okulars ist sehr einfach und von jedem Amateur durchführbar.

Aus dem Fadenkreuzeinsatz wird das Fadenkreuzplättchen herausgenommen. In den Fadenkreuzeinsatz wird seitlich ein Loch gebohrt (etwa 3,5 mm Durchmesser), das genau auf die Kante des Fadenkreuzplättchens zeigen muß (Abb. 1).



Abb. 1: Okulareinsatz mit Fadenkreuz.

Die Bohrung wird auf beiden Seiten entgratet. Danach setzen wir ein Fadenkreuzplättchen für Dunkelfeldbeleuchtung ein (seine Herstellung wird unten beschrieben).

Der Fadenkreuzeinsatz wird nun in das Okular eingeschoben und scharfgestellt. Wir messen jetzt den Abstand vom Okulareinsatz bis zur Mitte des Fadenkreuzplättchens. Dieses erhaltene Maß reißen wir außen am Okular an. Das Maß entspricht etwa der Länge des Führungsröhrchens vom Okular. Jetzt nehmen wir den Fadenkreuzeinsatz und auch die optischen Teile aus dem Okular heraus, dabei müssen wir mit den optischen Teilen sorgfältig umgehen, damit sie nicht beschädigt werden.

In das Okular bohren wir nun ebenfalls ein Loch von 3,5 mm Durchmesser. Nachdem wir die Bohrung auf beiden Seiten entgratet haben, entfernen wir außen auf dem Okularkörper die Farbe und löten ein Stück Messingrohr o. ä. mit einer Länge von 25 mm und einer Bohrung von 10 mm rechtwinklig zur optischen Achse auf den Okularkörper weich auf. Die Lötstelle wird sauber bearbeitet und zusammen mit Rohr und Okular schwarz gestrichen.

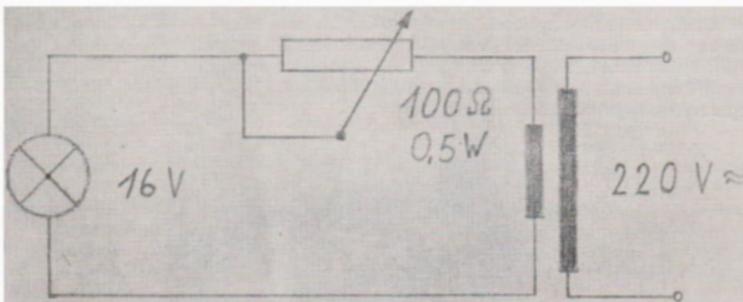
Wir besorgen uns eine Glühbirne mit Fassung von der Modelleisenbahn (PIKO). Die Glühbirne (16 V) bauen wir in das Rohr ein und verschließen das Rohr mit einer Kappe. Die Glühbirne wird über ein Potentiometer von 100 Ohm (0,5 Watt) an einen Trafo mit einer Sekundärspannung von 16 V angeschlossen (Abb. 2). Jetzt werden die optischen Teile und der Fadenkreuzeinsatz wieder in das Okular eingebaut. Wenn wir nun den Trafo einschalten, sehen wir im Okular ein hell leuchtendes Fadenkreuz, dessen Helligkeit je nach Leitstern über das Potentiometer regelbar ist (Abb. 3).

Der Umbau eines orthoskopischen Okulars ohne Fadenkreuzeinsatz ist prinzipiell auch möglich. Jedoch erfordert das einige technische Voraussetzungen.



Abb. 2: Okular mit angebauter Beleuchtungseinrichtung.

Abb. 3:
Elektrische Schaltung.



Es wird dazu im Okular die Blende entfernt, denn genau an dieser Stelle muß das Fadenkreuzplättchen sitzen. Für das Okular wird ein Fadenkreuzeinsatz gedreht. Der übrige Aufbau ist genau wie oben beschrieben. Es ist jedoch nicht zu empfehlen, für diesen Zweck Okulare mit kurzen Brennweiten zu verwenden. Am besten eignen sich orthoskopische Okulare mit 16 bis 25 mm Brennweite.

Für die Herstellung des Fadenkreuzplättchens für Dunkelfeldbeleuchtung brauchen wir eine möglichst dünne unverscherte Fotoplatte, Rasierklingen und Flußsäure (HF).

VORSICHT! Flußsäure ist eine wäßrige Lösung von HF. Mittelstarke Säure; Aufbewahrung in PVC- oder Hartgummiflaschen. Flußsäure ist giftig und besonders schädlich für Schleimhäute (Auszug) und verletzte Haut (Gummihandschuh!).

Auf die Schichtseite der Fotoplatte legen wir ein Stahllineal. Mit einer Rasierklinge schneiden wir mit ganz leichtem Druck gleichmäßig am Stahllineal entlang die fotografische Emulsion durch. Danach legen wir unser Lineal rechtwinklig zur Schnittfläche und schneiden erneut die Emulsion durch. Für jeden Schnitt sollte man eine neue, scharfe Rasierklingenecke nehmen. Auf das entstandene Kreuz geben wir einen Tropfen Flußsäure und lassen ihn etwa 2 Minuten einwirken (je nach Konzentration variieren!). Danach spülen wir die Platte mit heißem fließendem Wasser ab. Falls sich die Emulsion mit heißem Wasser nicht löst, kann sie auch mit Kalialauge abgewaschen werden. Wir betrachten das entstandene Fadenkreuz mit der Lupe und können entscheiden, ob es unseren Ansprüchen genügt. Danach schneiden wir mit dem Glasschneider das Fadenkreuzplättchen aus der Scheibe heraus und lassen es von einem Optiker für unseren Fadenkreuzeinsatz passend schleifen (Zentrierung beachten!). Die Kanten des Fadenkreuzplättchens dürfen natürlich nicht geschwärzt werden.

Auf diese Art habe ich bereits viele Fadenkreuzplättchen, auch solche mit doppeltem Faden für Spektralaufnahmen, hergestellt. Selbstverständlich erfordert die Anfertigung etwas Übung und Geduld. Vorteilhaft ist es, mehrere Plättchen gleichzeitig anzufertigen, um das beste auswählen zu können. Diese Fadenkreuzplättchen sind geeignet für Hell- und Dunkelfeldbeleuchtung.

Bestimmung der Leistung eines selbstgebauten astronomischen Fernrohres

WOLFGANG KÜNZEL

Viele Jugendliche beschäftigen sich in ihrer Freizeit mit der Astronomie. Ein industriell gefertigtes Fernrohr ist für junge Menschen meist zu teuer. Die in Optikgeschäften erhältliche preiswerte Basteloptik 50/540 zum Selbstdbau eines Fernrohrs hilft jedoch, offene Wünsche zu erfüllen.

Wird aber ein solches Fernrohr auch den Ansprüchen für astronomische Beobachtungen genügen? Dies gilt es zu untersuchen. Ich baute mir dieses Fernrohr. Nachdem ich mich theoretisch und praktisch mit ihm vertraut gemacht hatte, begann ich mit den verschiedensten Untersuchungsmethoden zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit meines Refraktors.

Der folgende Beitrag vermittelt die Ergebnisse meiner Untersuchungen und soll dem jungen Amateur für seine eigene Arbeit nützlich sein.

1. Das Fernrohr

1.1 Angaben zum Fernrohr

Objektiv: zweilinsig achromatisch, Öffnung $D = 50 \text{ mm}$, Brennweite $f = 540 \text{ mm}$.

Okulare: Huygens-Okulare mit Brennweiten $f_1 = 25 \text{ mm}$
 $f_2 = 16 \text{ mm}$
 $f_3 = 10 \text{ mm}$ } Normalausrüstung (mit Steckhülse)

Fernrohr-Typ: Keplersches Fernrohr.

Die fernbeobachteten Gegenstände werden als auf dem Kopf stehende und seitenverkehrte Bilder wiedergegeben.

Für die Selbstherstellung des Fernrohres ist die Baulänge wichtig. Sie wird durch die Summe der Brennweite des Objektivs und des Okulars bestimmt:

$$l_F = f_{\text{Ob}} + f_{\text{Ok}} \quad (1)$$

In unserem Falle beträgt die maximale Länge des Fernrohrs $l_F = 565 \text{ mm}$.

Das vom Objektiv erzeugte Bild des Gegenstandes wird mit Hilfe des Okulars wie mit einer Lupe betrachtet (s. Abb. 1, nach [7]).

Zur Bestimmung der Verwendbarkeit des Refraktors spielt das Öffnungsverhältnis ÖV (Verhältnis zwischen Durchmesser und Brennweite der Objektivlinse) eine Rolle.

$$\text{ÖV} = \frac{D_{\text{Ob}}}{f_{\text{Ob}}} \quad (2)$$

Tabelle 1 (nächste Seite) gibt hierüber Auskunft.

Da das beschriebene Fernrohr ein ÖV von 1 : 10,8 besitzt, lässt es sich für Amateurzwecke vielseitig einsetzen.

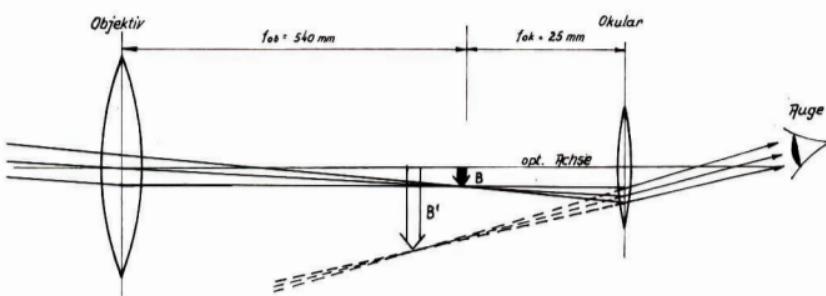


Abb. 1

Tabelle 1:

Öffnungsverhältnis des Fernrohrs	Verwendbarkeit des Fernrohrs
1 : 16 bis 1 : 20 (klein) 1 : 11 bis 1 : 15 (mittel)	Beobachtung von Fixsternen und Planeten. Noch gut für Beobachtung von Planeten und Doppelsternen, aber auch gerade noch zur Wahrnehmung lichtschwacher Objekte geeignet.
1 : 6 bis 1 : 10 (groß) 1 : 3 bis 1 : 5 (sehr groß)	Beobachtung von Nebeln und Kometen. Geeignet für photographische Zwecke.

1.2 Ermittlung wichtiger Größen des Fernrohrs

1.2.1. Die Vergrößerung N

Mit der einfachen Gleichung

$$N = \frac{f_{OB}}{f_{OK}} \quad (3)$$

lässt sich die Vergrößerung N eines Fernrohres leicht errechnen.

Mein Fernrohr liefert demnach bei

$f_{OK} = 25 \text{ mm}$ eine Vergrößerung von $N = 22\text{fach}$

$f_{OK} = 16 \text{ mm}$ eine Vergrößerung von $N = 34\text{fach}$

$f_{OK} = 10 \text{ mm}$ eine Vergrößerung von $N = 54\text{fach}$.

Um die Vergrößerung N auch praktisch zu überprüfen, wendete ich folgende Arbeitsmethode an:
Ich ließ Licht durch das Fernrohr fallen und maß mit Hilfe von Millimeterpapier den Durchmesser des projizierten Lichtflecks bei den drei Okularen. Dividiert man die freie Öffnung (D) des Objektivs durch den Durchmesser des projizierten Lichtflecks (genannt Austrittspupille AP), so erhält man ebenfalls die Vergrößerung:

$$N = \frac{D}{AP} \quad (4)$$

Die nachfolgende Tabelle 2 gestattet einen Vergleich der errechneten Vergrößerungswerte mit den praktisch ermittelten:

Tabelle 2:

f _{OK} in mm	D _{OB} in mm	AP in mm	praktisch ermittelt N	errechnet N
25	50	2,3	21,7	21,6
16	50	1,5	33,4	33,8
10	50	0,9	55,3	54,0

1.2.2 Die Normalvergrößerung N_{norm}

Bei den bisher ermittelten Vergrößerungen handelt es sich um sogenannte sinnvolle Vergrößerungen, die um das drei- bis achtfache über der Normalvergrößerung N_{norm} liegen dürfen. Unter der Normalvergrößerung versteht man den Quotienten aus Eintrittspupille D (freie Öffnung des Objektivs) und der Augenpupillenöffnung bei voll dunkel angepaßtem Auge von Menschen mittleren Alters (durchschnittlich 6 mm).

Die Normalvergrößerung des untersuchten Fernrohres liegt demnach bei

$$N_{norm} = \frac{D}{6 \text{ mm}} = \frac{50 \text{ mm}}{6 \text{ mm}} = 8,32 \text{fach.}$$

Durch eine Vervielfachung der Normalvergrößerung kommt zwar das Licht des Sternes noch voll auf die Netzhaut des Auges, jedoch wird die Nachtheiligkeit des Himmels stark herabgesetzt, so daß sich auch noch lichtschwächste Objekte vom Himmelshintergrund abzeichnen können (siehe dazu auch Abschnitt 2.2).

Unter der *Leistung* eines Fernrohres versteht man aber nicht allein die Fähigkeit des Fernrohres, die betrachteten Gegenstände größer zu zeigen, als sie dem bloßen Auge erscheinen, sondern auch die

Fähigkeit, mehr Licht zu sammeln, als die Pupille des unbewaffneten Auges aufnehmen kann. Die letztergenannte Fähigkeit wird die *Lichtstärke* des Fernrohrs genannt.

1.2.3 Die Lichtstärke des Fernrohrs

Sie wird ermittelt durch die Beziehung

$$\Delta I \text{ (Lichtstärke)} = (N_{\text{norm}})^2 = \frac{D^2}{6^2 \text{mm}^2} = 68\text{fach}.$$

Daraus folgt: Mein Fernrohr hat eine 68mal größere lichtsammelnde Kraft als die Pupille meines Auges. Es können also 68mal schwächere Objekte am Sternenhimmel mit dem Fernrohr gesehen werden.

1.2.4 Das Gesichtsfeld des Fernrohrs

Für die Auffindung von astronomischen Objekten mit einem stark vergrößernden Fernrohr ist es unerlässlich, sich über das Gesichtsfeld des Refraktors zu informieren, weil davon bis zu einem gewissen Grade das Auffinden der Himmelsobjekte abhängig ist.

Unter dem Gesichtsfeld versteht man den Himmelsausschnitt, den man mit dem Fernrohr gerade noch überblicken kann — das ist in fast allen Fällen eine Kreisscheibe. Der Durchmesser dieser Kreisscheibe ist der Gesichtsfelddurchmesser. Es gilt: Das Gesichtsfeld wird mit zunehmender Vergrößerung kleiner. Die nachfolgende Tabelle 3 veranschaulicht den Inhalt dieses Satzes.

Tabelle 3:

Vergrößerung N	Gesichtsfelddurchmesser
22fach	1°74
34fach	1°12
54fach	0°71

Zur Ermittlung des Gesichtsfelddurchmessers gibt es eine Reihe von Methoden. Ihre Aufzählung kann unterbleiben. Es sei auf [2] hingewiesen.

2. Aussagen zum Leistungsvermögen des Fernrohrs

2.1 Das Auflösungsvermögen des Fernrohrs

Um das wahre Leistungsvermögen des Fernrohrs zu ermitteln, untersuchte ich zunächst sein Auflösungsvermögen. Unter Auflösungsvermögen versteht man hier den kleinsten noch trennbaren Winkelabstand d zweier Beugungsscheiben (Huygensesches Prinzip), die im Fernrohr durch den Wellencharakter des Lichtes von zwei nahe beieinanderstehenden Sternen (sogenannten visuellen Doppelsternen) herrühren (Abb. 2).

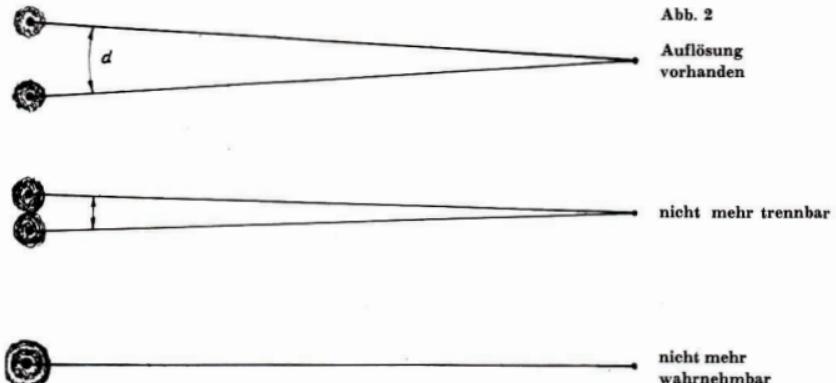


Abb. 2

Auflösung vorhanden

nicht mehr trennbar

nicht mehr wahrnehmbar

Für die Berechnung des Auflösungsvermögens stehen zwei Gleichungen zur Verfügung:

$$d = 1,22 \frac{\lambda_{\text{Licht}}}{D} D 206265'' \quad (5)$$

$$d = \frac{115}{+D} \quad (6)$$

(nach [3])

(nach [1])

Bei Anwendung dieser Beziehungen ergeben sich für mein Fernrohr die Werte

$$d = 2'79 \quad \text{und} \quad d = 2'3$$

(Die hier abweichenden Werte sind in der unterschiedlich angenommenen mittleren Wellenlänge des Lichts zu suchen).

Der errechnete Auflösungswert könnte nur erreicht werden, wenn die maximale Vergrößerung des Fernrohres den Durchmesser seines Objektivs nicht überschreitet:

$$N_{\max} = D \text{ (in mm)} \quad (7)$$

Außerdem dürfte tatsächlich das theoretisch gefundene Auflösungsvermögen nicht erreicht werden können, da die Abbildungsfehler der Linsen und die Luftunruhe den Lichtfleck des Beugungsscheibchens vergrößern.

An vier Abenden versuchte ich nun, das Auflösungsvermögen meines Fernrohres praktisch an der Beobachtung von Doppelsternen zu überprüfen. Hierzu suchte ich mir in [5] eine Reihe von geeigneten Doppelsternen aus, deren Komponenten jeweils ungefähr gleiche scheinbare Helligkeit besitzen und am Sommerhimmel mit dem Fernrohr günstig zu erreichen sind.

Die folgende Tabelle 4 zeigt die gefundenen Ergebnisse:

Tabelle 4:

d	14. 6. 23 - 24 Uhr			16. 6. 23 - 24 Uhr			21. 6. 23 - 24 Uhr			27. 6. 23 - 24 Uhr		
	Okular f =			Okular f =			Okular f =			Okular f =		
	25	16	10	25	16	10	25	16	10	25	16	10
r im Drachenkopf	62"	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
v im Drachen	3 "	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
a der Jagdhunde	20"	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
η in Cassiopeia	10"	-	x	x	-	-	x	-	x	x	x	x
p Bootis	6"	-	-	x	-	x	-	x	x	x	x	x
α Herculis	{ 5" } 4"	4"	3"	2"	keine Trennung mehr feststellbar!							
e ₁ von ε-Lyrae												
e ₂ von ε-Lyrae												

An allen vier Beobachtungabenden bestanden gute Sichtverhältnisse, Luft klar, keine Wolken im Gesichtsfeld, völlig windstill. Störend machte sich der aufgehelle Himmelshintergrund (21.6.) bemerkbar.

Diese Tabelle zeigt, daß das Auflösungsvermögen des Fernrohres bei $d = 6''0$ garantiert ist. Eine ähnliche Untersuchung muß sich an einem klaren Winterabendhimmel anschließen, da daraus erst das wahre Auflösungsvermögen des Fernrohres ermittelt werden kann.

2.2 Bestimmung der Reichweite meines Fernrohres

2.2.1 Welche Sterne scheinbarer Helligkeit können mit dem Instrument noch beobachtet werden?

Wie bereits unter (1.2.3) gefunden, liegt die Lichtstärke meines Fernrohres bei dem 68fachen gegenüber dem Auge. Das bedeutet, daß man Sterne sieht, die nur $1/68$ derjenigen Helligkeit besitzen, die man noch mit bloßem Auge wahrnimmt. Durch die möglichen linearen Vergrößerungen von 22-, 34- und 54fach kommt man zu einer Flächenvergrößerung von $22^2 = 480$ fach, $34^2 = 1150$ fach, und $54^2 = 2920$ fach. Daraus folgt wiederum, daß man bei Division der Lichtstärke durch die Flächenvergrößerung die anteilmäßige Flächenhelligkeitssenkung beim Nachthimmel erhält (siehe Abschnitt 1.2.2).

$$\frac{68}{480} = \frac{1}{7} \quad \text{Bei 22facher Vergrößerung verdunkelt sich der Himmelshintergrund um das 7fache!}$$

$$\frac{68}{1150} = \frac{1}{17} \quad \text{Bei 34facher Vergrößerung verdunkelt sich der Himmelshintergrund um das 17fache!}$$

$$\frac{68}{2920} = \frac{1}{33} \text{ Bei 54facher Vergrößerung verdunkelt sich der Himmelshintergrund um das 33fache!}$$

Die Sterne erscheinen aber bei diesen verschiedenen Vergrößerungen in nahezu gleicher Helligkeit und heben sich, je dunkler der Himmelshintergrund ist, noch besser ab. So kommt es, daß wir trotz der Absorptions- und Reflexionsverluste an den Linsen und trotz einäugigen Sehens tatsächlich im astronomischen Fernrohr noch schwächere Sterne sehen können, als wir nach den geometrischen Verhältnissen der Eintrittsöffnung von Auge und Fernrohr sehen dürfen.

Zur Ermittlung der Empfindlichkeit des Fernrohres bezüglich der scheinbaren Helligkeit des Fixsterne kann nun folgende Beziehung aus [1] Seite 111 herangezogen werden:

$$\frac{I_1 : I_2}{\text{Intensitäts-} \atop \text{verhältnis}} = 1 : 10^{0,4 \cdot (m_2 - m_1)} \quad (8)$$

Das Intensitätsverhältnis zwischen Auge und Fernrohr beträgt hier 1 : 68. Gesucht ist der scheinbare Helligkeitszuwachs.

$$\Delta m = m_2 - m_1 \quad (9)$$

Der Ansatz lautet demnach

$$\begin{aligned} 1 : 68 &= 1 : 10^{0,4 \cdot \Delta m} \\ 68 &= 10^{0,4 \cdot \Delta m} \\ \lg 68 &= 0,4 \cdot \Delta m \\ \Delta m &= \frac{\lg 68}{0,4} = \frac{1,8325}{0,4} = 4,581 \\ \Delta m &= 4^m 6 \end{aligned}$$

Mit dem Fernrohr kann ich demzufolge einen Gewinn von $\Delta m = 4^m 6$ Größenklassen gegenüber dem Auge ($6^m 0$) erzielen. Daraus folgt eine maximale Beobachtungsmöglichkeit von Sternen durch das Fernrohr von $6^m 0 + 4^m 6 = 10^m 6$ scheinbarer Helligkeit.

2.2.2 Überprüfung des Empfindlichkeitswertes von $m_{\text{theor.}} = 10^m 6$ durch Beobachtungen der Sterne um den Himmelsnordpol mit dem Fernrohr und Vergleich mit der internationalen Polsequenz

Für diese Aufgabe wartete ich eine günstige Beobachtungszeit ab, bei der kein Mondlicht störte und die Luft durch Schichterwärmung nicht zu stark flammerte. Das ungünstige Wetter in den vorangegangenen Monaten gab mir nur einige klare Nächte, wo diese Bedingungen vorzufinden waren: 14., 16., 21. und 27. Juni 1971. Das Instrument wurde schon frühzeitig auf das Stativ montiert, um eine Temperaturanpassung zu garantieren.

Gegen 22 Uhr der angegebenen Nächte beobachtete ich zunächst den Jupiter mit seinen 4 Monden und eine Reihe von Doppelsternen, um eine Anpassung meiner Augen an die Dunkelheit zu erreichen. Gegen 23 Uhr begann ich dann mit der Beobachtung der Sterne um den Himmelsnordpol.

Als Okular verwendete ich die 16er Brennweite, dessen Vergrößerung bei 34 fach liegt und das mir ein Blickfeld von $1^{\circ} 12'$ liefert. Zum Vergleich benutzte ich die Karte II der „internationalen Polsequenz“ aus [2], die Sterne bis 2° Polabstand zeigt. Diese Karte zeichnete ich auf einen Karton, den ich mit einer ganz matten Beleuchtungseinrichtung versah, um gerade noch die Sternpunkte zu erkennen. Nach anfänglichen Ortungsschwierigkeiten (vgl. „Astronomie und Raumfahrt“ 3/72, 3. Umschlagseite) gelang es mir bald, eine Reihe von Sternen zu identifizieren. Die beobachteten Sterne wurden angekreuzt. An jedem Abend wurde eine andere Farbe zum Ankreuzen benutzt, so daß sich der Unterschied der beobachteten Sterne zum jeweiligen Beobachtungsnachmittag klar abhob. In Abb. 3, S. 56, wurden alle Ergebnisse gleichzeitig dargestellt. Es ergibt sich Vergleichstabelle 5, S. 56.

Wie die Tabelle zeigt, waren bei der Beobachtung die Sterne bis zur Helligkeit $8^m 63$ stets zu erkennen. Die halbfett gesetzten Werte bedeuten Sterne, die nur als aufflackernder Lichtpunkt wahrgenommen werden konnten. Sie geben mit größter Wahrscheinlichkeit die Grenzhelligkeit ($\approx 11^m 90$).

3. Übersicht zu den ermittelten Daten meines Fernrohres

Vergrößerungen: 22fach, 34fach, 54fach. Normalvergrößerung: 8,32fach. Öffnungsverhältnis: 1 : 10,8. Intensitätsgewinn ΔI : 68fach (gegenüber dem Auge).

Gesichtsfeld für $f_{\text{OK}} = 25 \text{ mm}$: $1^{\circ} 74'$ $f_{\text{OK}} = 16 \text{ mm}$: $1^{\circ} 12'$ $f_{\text{OK}} = 10 \text{ mm}$: $0^{\circ} 71'$

Auflösungsvermögen: theoretisch: 2''8, praktisch: 6''0 (!). Noch erfaßte scheinbare Helligkeit: 11^m90.

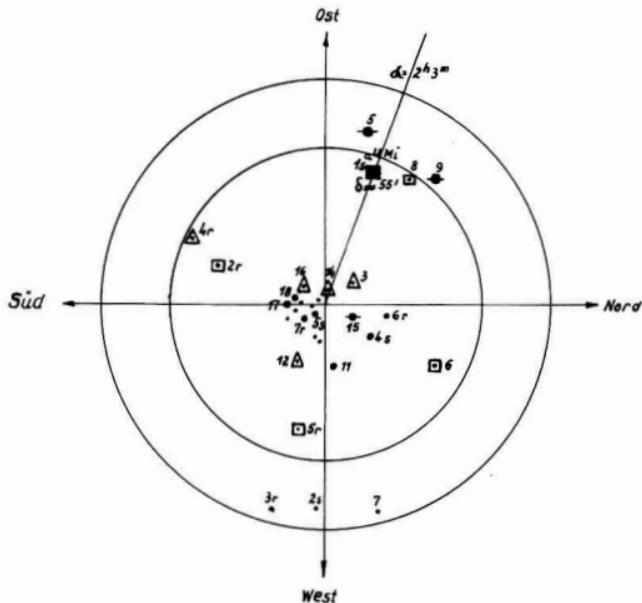


Abb. 3:
Es gelten folgende Zeichenvereinbarungen:
Punkt = 1 × gesehen
Waagerecht durchgestrichener Punkt
= 2 × gesehen
Dreieck mit Punkt
= 3 × gesehen
Quadrat mit Punkt
= 4 × gesehen

Tabelle 5:

14. Juni	16. Juni	21. Juni	27. Juni	scheinbare Helligkeit
1 s	1 s	1 s	1 s	2 ^m 08
5	1 s		5	6 ^m 45
6	6	6	6	7 ^m 06
2 r	2 r	2 r	2 r	6 ^m 32
8	8	8	8	8 ^m 13
9			9	8 ^m 83
10	10		10	9 ^m 06
4 r		4 r	4 r	8 ^m 27
12	12		12	9 ^m 56
5 r	5 r	5 r	5 r	8 ^m 63
			4 s	9 ^m 83
			6 r	9 ^m 24
			7 r	9 ^m 87
14	14		14	10 ^m 56
			5 s	10 ^m 06
	15		15	10 ^m 88
16	16		8 r	10 ^m 46
			16	11 ^m 22
			17	11 ^m 30
			18	11 ^m 90

Der Leser möge bei den angegebenen gemessenen Werten stets daran denken, daß diese fehlerbehaftet sind, also bei Nachprüfungen nach oben oder unten abweichen können. Messungen dieser Art hängen stark von den psychologischen und physiologischen Aspekten der Verfassung der Beobachtungsperson am Beobachtungsbald ab.

Literatur:

- [1] Weigert-Zimmermann, „Brockhaus ABC Astronomie“, VEB Brockhaus Verlag Leipzig, 1961. [2] Brandt, „Himmelswunder im Feldstecher“, Joh. Ambr. Barth Verlag Leipzig, 1964. [3] Friedemann, „Das Weltall“, Urania Verlag Leipzig, 1971. [4] Ahnert, „Beobachtungsobjekte für Liebhaberastronomen“, Joh. Ambr. Barth Verlag Leipzig, 1968. [5] Drössler, „Wir beobachten den Himmel“, VEB Volk und Wissen Verlag Berlin, 1963. [6] Recknagel, „Physik - Optik“, VEB Verlag Technik Berlin, 1962. [7] „Physik in Übersichten“, VEB Volk und Wissen Verlag Berlin, 1965.

Aus der Literatur

Wie entstand der Saturnring?

Eine Theorie, die die Entstehung des Saturnringes erklären kann, muß auch die Frage beantworten, warum nur ein Planet des Sonnensystems einen solchen Ring hat.

Prinzipiell sind zwei Denkvarianten möglich:

1. Es handelt sich um „Urmaterie“, Restmaterie von der Planetenmondbildung. Für einen bestimmten Raum um einen Planeten (innerhalb der sogenannten Roche'schen Grenze) sind die Gezeitenkräfte des Planeten so groß, daß sie einen entstehenden Körper (Mond) auseinanderreißen würden, so daß es gar nicht zur Mondbildung kommen kann. In diesem Fall ist das Ringalter identisch mit dem Alter des Sonnensystems.
2. Ein bestehender Mond hat sich auf einer Spiralbahn dem Planeten so weit angenähert, daß er zu einem bestimmten Zeitpunkt unter die Roche'sche Grenze kommt und zerrissen wird.

Welche dieser beiden Möglichkeiten ist die wahrscheinlichste? Wenn die erste richtig wäre, müßten auch bei anderen Planeten Reste der Urmaterie vorhanden sein, d. h. auch andere Planeten müßten Ringsysteme besitzen. Das ist aber nicht der Fall.

Der finnische Astronom Lumme glaubt nur weitere Argumente für die Gültigkeit der zweiten Überlegung gefunden zu haben.

- Es gibt noch andere Planetenmonde (Mimas, Io, Europa, Ganymed, Kallisto, Jupiter V, Phobos), die sich auf Spiralbahnen ihren Planeten nähern. Danach wäre es möglich, daß Mars, Jupiter, und wieder einmal Saturn Ringsysteme bekommen. Die Entstehung eines solchen Objektes ist nur eine Frage der Zeitdauer; zu jenem Zeitpunkt, zu dem die Monde unter die Roche'sche Grenze kommen, übertreffen die Gezeitenkräfte die Mondstabilität und zerstören den Mond.
- Es gibt nach Ansicht des finnischen Astronomen Hinweise dafür, daß das Saturnringalter wesentlich kleiner ist als das Alter des Sonnensystems.

Nach diesen Überlegungen müßte der Saturnring ein zerrissener Mond sein.

Sm.

Gibt es einen Transpluto?

Die Suche nach einem 10. Planeten und seine „Entdeckung“ eregte immer wieder einmal die Gemüter von Astronomen und oft durch aufgemachte Pressemeldungen auch viele sonst nicht an der Astronomie interessierte Menschen. Die Planeten Neptun und Pluto wurden sozusagen zuerst am Schreibtisch entdeckt und nach den Berechnungen am Himmel gefunden. Ihre Existenz wurde aus vor ihrer Entdeckung nicht geklärten Bahnstörungen des Uranus gefolgert. Ähnlich wurden nun die Periheldurchgangszeiten des berühmten Halley'schen Planeten untersucht und aus der Variation der Periheldurchgangszeiten auf einen 10. transplutonischen Planeten geschlossen. Die Daten dieses Himmelskörpers sollen sein:

- Umlaufzeit 464 Jahre, Große Halbachse 59,9 Astronomische Einheiten, Bahnexzentrizität 0,07, Masse etwa dreifache Saturnmasse, scheinbare Helligkeit etwa 13. bis 14. Größenklasse bei gleicher Albedo wie Pluto, „Standort“ etwa bei $\alpha = 0^{\circ} 37^m$, $\delta = 72^{\circ}$, Sternbild Cassiopeia.

Im Sommer 1972 gingen nun englische Astronomen des Royal Greenwich Observatory mit einem 13-inch-Astrographen daran, den 10. Planeten nach den Rechenergebnissen zu suchen.

Sie haben auf Aufnahmen, die ein Gebiet von 7° Durchmesser um den vorausgesagten Ort überdeckten und deren Grenzhelligkeit unter der 16. Größenklasse lagen, kein bewegtes Objekt nachweisen können.

Als Lösung sind drei Schlußfolgerungen möglich:

1. Dieser Planet ist sehr klein oder hat eine sehr niedrige Albedo und seine scheinbare Helligkeit liegt demzufolge unter der 16. Größenklasse, also weit unter der vorausgesagten.
2. Der Planet befand sich mehr als 7° vom vorausgesagten Ort entfernt.
3. Es gibt diesen transplutonischen Planeten gar nicht.

Die Frage nach dem Transpluto wird von einem Theoretiker bejaht. Die Theorie konnte aber durch die Beobachtung noch nicht bestätigt werden.

Sm.

Titan und seine Atmosphäre

Titan ist ein Saturnmond. Er wurde 1655 von Huygens entdeckt. Seine Helligkeit beträgt während der Opposition 8,3 Größenklassen. Der Durchmesser dieses Mondes wird mit 5000 km angegeben. Damit ist er etwas größer als der Planet Merkur und der größte Planetenbegleiter in unserem Sonnensystem überhaupt. Bei der großen Entfernung von der Sonne und der damit verbundenen geringen thermischen Einstrahlung ist eine Atmosphäre des Titan durchaus möglich. Bereits 1944 gelang es auch Kuiper, in Spektren des Titan Absorptionsbänder von Methan (CH_4) nachzuweisen. Darüberhinausgehende Ergebnisse ließen lange auf sich warten.

1972 erschienen aber nun einige weitere Veröffentlichungen über die Atmosphäre des Titan. Danach gelang es, Wasserstofflinien in den Spektren zu erkennen. Es wurden auch Aussagen über die Oberflächentemperatur gemacht. Diese soll infolge Aufheizung durch den Greenhouse-Effekt bei 150 K liegen. Als minimaler atmosphärischer Oberflächendruck werden 60 Millibar angegeben. In einer Arbeit in Astrophysical Letters vom Mai 1972 wird sogar ein atmosphärischer Druck auf dem Titan von 1 Atmosphäre genannt. Danach herrscht auf diesem Mond derselbe „Luftdruck“ wie auf der Erde.

Sm.

Kohlenmonoxyd nun erstmals extragalaktisch entdeckt

Mit dem 11-m-Radioteleskop des Kitt Peak Observatoriums wurde im September 1972 bei 2,6 mm Wellenlänge Kohlenmonoxyd in Emmission von einem extragalaktischen Objekt entdeckt. Es handelt sich um eine Strahlungsquelle in der bekannten Galaxis M 33. Die Strahlungsquelle ist eine helle H II-Region bei α (1950) = $1^h 31^m 41\rlap{.}^s 7$ und δ (1950) = $+30^\circ 31' 48''$. Die durch diese Radiobeobachtung gemessene Radialgeschwindigkeit stimmt sehr gut mit den bisherigen Werten überein.

Nach: IAU Circular No. 2447

Sm.

Bedeckung von β_2 Sco durch Jo?

In der Nacht vom 13. zum 14. Mai 1971 war ein sehr enger Vorübergang bzw. eine Bedeckung von β_2 Sco durch den Jupitermond Jo vorhergesagt.

β Sco ist ein visuelles Dreifachsystem, β Sco A = β_1 Sco hat eine scheinbare Helligkeit von 2,76 Größenklassen, β Sco B (scheinbare Helligkeit 9 Größenklassen) befindet sich 0,8 Bogensekunden von β Sco A entfernt, β Sco C = β_2 Sco ist ein Stern von 5,06 Größenklassen in einer Distanz von 13,7 Bogengraden von β Sco. Dieser Stern β_2 Sco sollte nun von dem Jupitermond eventuell bedeckt werden.

Ein Nachweis der Bedeckung ist auf verschiedenen Wegen möglich. Kann man die eng beieinander befindlichen Gestirne im Fernrohr auf Grund der zu kurzen Brennweite nicht mehr trennen, ist es möglich, aus dem Helligkeitsverlauf des „Doppelgestirns“ (Jo – β_2 Sco) auf eine Bedeckung zu schließen. Jo hat eine Helligkeit von 4,8 Größenklassen, β_2 Sco von 5,06 Größenklassen. Die Helligkeitssumme beider Objekte beträgt 4,2 Größenklassen. Kommt es nun zu einer totalen Bedeckung, so müßte die scheinbare Helligkeit von 4,2 auf 4,8 Größenklassen abnehmen, bei einer teilweisen Bedeckung um einen entsprechend geringeren Betrag. Diese Methode ist lichtelektrisch und durch photographische Reihenaufnahmen realisierbar.

Steht ein genügend langbrennweitiges Instrument zur Verfügung, kann man die photographischen Reihenaufnahmen, die die Objekte gut trennen, direkt mikrometrisch ausmessen. Dies wurde am Astronomischen Observatorium in Krakow getan. Das Ergebnis war, daß für Krakow keine Bedeckung stattfand. Die engste Annäherung wurde 1971 Mai 14,2 h , 53 m MEZ beobachtet. Der geringste Abstand zwischen β_2 Sco und Jo betrug ($2,1 \pm 0,2$) Bogensekunden. Solche Beobachtungen sind für die Astronomie interessant und von Bedeutung. Sie können schon mit kleineren Instrumenten auch von Amateuren vorgenommen werden.

Sm.

Einfache Bodenstation für Satellitendirekttempfang

Anlässlich der Weltraumfunkkonferenz 1971 in Genf wurden für den Satellitendirekttempfang u. a. die Frequenzgebiete 2,50 – 2,69 GHz und 11,7 – 12,5 GHz zugewiesen. Während europäische Projekte vorrangig auf die Nutzung des 12 GHz-Bereiches ausgerichtet sind, bereiten sich die USA auf einen Versuchsbetrieb im 2-GHz-Bereich vor. 1973 sollen mit dem technologischen Experimental-satelliten ATS VI, der über eine Sendeleistung von 20 W und eine Parabolantenne mit 10 m Durchmesser verfügt, die ersten Experimente in diesem Bereich unternommen werden. Bestrahlt werden soll ein dünnbesiedeltes Gebiet von 1500 km \times 800 km Ausdehnung in den Rocky Mountains, wo die Empfangsversuche durchgeführt werden.

Die hierfür entwickelten Bodenstationen sollen nur 200 Dollar kosten. Sie arbeiten mit einer Antenne von 2,10 m Durchmesser, die bei 2,62 GHz Bandmittelfrequenz 33 dB Gewinn erreicht und einen Antennenwirkungsgrad von 55% besitzt. Der nach einer relativ einfachen, den Kompliziertheitsgrad einer modernen Rundfunkgeräteproduktion nicht übersteigenden Technologie herstellbare Empfänger wurde von der Stanford Universität entwickelt. Er setzt die Satellitensignale in einen der üblichen Fernsehbereiche um und wird an die Antennenbuchsen eines normalen Fernsehempfängers angeschlossen.

Nach: Funkschau, 44 (1972), H. 6, S. 172.

H. D. N.

Fortsetzung 3. Umschlagseite

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Die Fachgruppen des BFA Magdeburg

Im Bezirk Magdeburg gibt es neben zahlreichen Einzelbeobachtern acht stetig arbeitende Schulbeobachtungsstationen und drei private Stationen. Vier Schulstationen werden von den Fachgruppen Astronomie des Kulturbundes in Magdeburg, Schönebeck/E., Zerbst und Stendal genutzt, während sich die Fachgruppe Burg auf ihre privaten Stationen stützt. Die Schulstationen Genthin, Stendal und Wernigerode (mit Kleinplanetarium) dienen z. Z. noch ausschließlich schulischen Zwecken.

Die Fachgruppen in Zerbst, Burg und Staßfurt leisten in letzter Zeit mit wenigen Teilnehmern eine recht isolierte Arbeit. Der Bezirksfachausschuß mußte feststellen, daß es dort versäumt wurde, die Jugend rechtzeitig in die Sternwarten- und Leitungstätigkeit verantwortlich mit einzubeziehen. Deshalb wurden Maßnahmen beschlossen, um die Arbeit — unter Einbeziehung der Jugend — wieder zu aktivieren und zu unterstützen. Außerdem wurden Initialveranstaltungen vereinbart, um in den Kreisen Genthin, Wernigerode, Stendal und Haldensleben im COPERNICUS-Jahr neue Fachgruppen zu gründen. Die Arbeit der Fachgruppen in Schönebeck/E. und Magdeburg kann als sehr rege und vielseitig bezeichnet werden. Die Fachgruppe Schönebeck/E., unter Leitung des Bfr. Elbrecke konnte im April 1972 nach annähernder Fertigstellung der Schulsternwarte der POS „Bruno Bürgel“ anläßlich eines KEPLER-Abends nun auch instrumentell abgesichert werden. Die Fachgruppe besteht seit 1952. Die 21 Mitglieder, von denen acht Jugendliche regelmäßig mitarbeiten, treffen sich 14-tägig zu Beobachtungen oder theoretischen Erörterungen. Jeder Amateur bearbeitet sein individuell gewähltes Beobachtungsprogramm. Ein zentrales Programm für ein bestimmtes Objekt gibt es z. Z. noch nicht. Neben den Fachgruppenabenden werden anlässlich der Kulturfesttage oder aktueller Ereignisse Sternwartenführungen mit Kurzvorträgen oder öffentliche Foren und Diavorträge veranstaltet. Der stetige gute Besuch dieser Veranstaltungen zeugt von dem großen Interesse unserer Bürger an astronomischen und astronautischen Problemen. Unter hohem Arbeits- und Zeitaufwand unterstützen die Mitglieder der Fachgruppe die endgültige Fertigstellung und instrumentelle Erweiterung „ihrer“ Schulsternwarte.

Die Fachgruppe Magdeburg besteht aus 21 aktiven, 13 sporadisch teilnehmenden und 23 korrespondierenden Mitgliedern, wobei die letzteren meist eigene Instrumente und Beobachtungsprogramme (Sonnenbeobachtungen, Mondformationen, Satellitenbahnen, Planetenoberflächen; Leitung einer astronomischen Betriebsarbeitsgemeinschaft) besitzen. Von den 21 aktiven Mitgliedern befinden sich z. Z. sieben Bundesfreunde bei der NVA, wo sie in ihren Einheiten (mit Unterstützung ihrer Fachgruppe) in regelmäßigen Abständen Diavorträge zu weltanschaulichen Problemen der Astronomie und Astronautik halten.

Stützpunkt der Fachgruppe ist die kleine Sternwarte der Komarow-Oberschule Magdeburg (5 Fernrohre, 10 Sitzplätze), die in besonderen Absprachen mit der Leitung der Schule der Fachgruppe an drei Wochentagen ab 20 Uhr und bei deren Nichtbenutzung durch die Schule auch zu anderen Zeiten zur Verfügung gestellt wurde. Die Mitglieder sind in zwei Gruppen aufgeteilt (A- und B-Gruppe), die jeweils unter der Leitung eines Bundesfreundes (Studenten) montags, bis dienstags in der Sternwarte zusammenkommen. Während die A-Gruppe nach festem Plan in die praktischen und theoretischen Grundlagen der Astronomie und Astronautik eingeführt wird, arbeiten die Mitglieder der B-Gruppe nach selbstgewählten und vorbesprochenen Beobachtungsprogrammen (Sonnenflecken, Merkur, Venus, Planetoiden, Veränderlicher RZ Cas). Da die Sternwarte keinen hauptamtlichen Leiter besitzt, haben die Mitglieder der B-Gruppe je nach Erfordernissen eigene Sternwartenschlüssel, um unabhängig auch Tages- und Morgenbeobachtungen durchführen zu können. Dem Leiter der Fachgruppe obliegt die Koordinierung der Arbeiten.

Jeden Mittwoch besetzt ein Bundesfreund im Wechsel die Sternwarte, um den gut frequentierten öffentlichen Beobachtungsabend der Sternwarte durchzuführen. Weitere Bundesfreunde gehen je nach Wetterlage mit einem transportablen Fernrohr in das Stadtgebiet zur Straßenastronomie. Alljährliche Höhepunkte sind die Sternwartenführungen anlässlich der Wohngebiete- und Betriebsfeste, wobei schon über 500 Besucher pro Veranstaltung gezählt wurden. Halbjährliche öffentliche Vorträge im Club „Otto von Guericke“, monatliche Himmelsübersichten in der sozialistischen Presse, Ausstellungspavillons zum Pressefest und zu anderen Gelegenheiten, Foren, Telefoninterviews und angeforderte spezielle Vorträge vor Organisationen und in Betrieben ergänzen die Öffentlichkeitsarbeit.

Zur Unterstützung der Schulastronomie leitet ein Bundesfreund eine Schülerarbeitsgemeinschaft Astronomie für die Klassen 7 und 8 und ein Bundesfreund (Astronomielehrer) zwei AG Astronomie nach Rahmenprogramm (9./10. Klassen). Sechs weitere Bundesfreunde betreuen zusätzlich und im Wechsel die Fernrohre, wenn sich Klassen zur Absolvierung ihrer obligatorischen Beobachtungen in der Sternwarte angemeldet haben. Drei Bundesfreunde gehen regelmäßig zu Beobachtungsabenden in ihre ehemalige Schule, um dort den Astronomielehrer zu unterstützen, bzw. die schuleigenen Fernrohre zu pflegen.

Die breitwirksame Arbeit der Fachgruppe Magdeburg ist eine Frucht der zielstrebigsten, die Jugend verantwortungsvoll einbeziehenden Leistungstätigkeit. So werden alle Interessenten aus den Schülerarbeitsgemeinschaften, wenn sie nach Abschluß der 10. Klasse in ihre Berufe oder in die Erweiterte Oberschule gehen, in die Fachgruppe übernommen. Besonders einsatzbereite und bewährte Fachgruppenmitglieder können einen eigenen Sternwartenschlüssel erhalten, um unabhängig Literaturstudien, Beobachtungen, Kleinveranstaltungen und Pflegearbeiten durchzuführen. Diese Aktivmitglieder bilden auch das Leitungskollektiv der Fachgruppe. Sie werden zielstrebig an die Leitungstätigkeit herangeführt durch Übergabe der Vorbereitung spezieller Ausstellungen oder Veranstaltungen und durch Teilnahme an Besprechungen der Leitungsgremien des Kulturbundes auf Stadtkreis- und Bezirksebene.

GERHARD ESCHENHAGEN
Vorsitzender des BFA Magdeburg

Aktionskreis „Veränderliche Sterne“

Seit vielen Jahren bestehen Bestrebungen, die Beobachtung der Veränderlichen Sterne durch Astroamateure zu aktivieren und zu einer engeren Zusammenarbeit der Veränderlichenbeobachter zu kommen. Diesem Zweck diente die Zusammenkunft der aktiven Veränderlichenbeobachter in Hartha. Über 20 Sternfreunde aus der Republik nahmen daran teil. Die Beratung hatte ausschließlich Arbeitscharakter.

Nach einer kurzen Begrüßung wurde das Ziel der Tagung erläutert. Dann hatte jeder Teilnehmer Gelegenheit, sich vorzustellen und über seine bisherige Beobachtungstätigkeit und seine Instrumentelle Ausrüstung zu berichten. Erstaunlich war die Tatsache, daß praktisch bei allen Beobachtern ausgezeichnete instrumentelle Voraussetzungen vorhanden sind.

Sehr differenziert jedoch sind die Probleme, mit denen sich die einzelnen Sternfreunde zu beschäftigen haben, wodurch Einschränkungen in der Arbeit gemacht werden müssen.

Um die Beobachtungstätigkeit zu koordinieren, wurde als Zentrale die Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte Hartha gewählt, da hier die besten Voraussetzungen und langjährige Erfahrungen in der Veränderlichenbeobachtung vorliegen. Von hier aus erhalten alle Mitglieder des Arbeitskreises Beobachtungsunterlagen und Unterstützung fachlicher und technischer Art. Es wurden visuelle und photographische Programme für die Beobachtung vorgeschlagen, ohne die individuellen Programme der Beobachter zu beeinträchtigen. Jedes Mitglied des Arbeitskreises wählt aus dem vorgeschlagenen Programm aus und liefert die Ergebnisse zur Zentralstelle, wo sie gesammelt und weitergeleitet werden zur Veröffentlichung in Fachpublikationen.

Von den Teilnehmern der 1. Arbeitsberatung wurde vorgeschlagen, in den Frühjahrsferien 1973 die 2. Beratung in Hartha durchzuführen. Hier sollen die vorliegenden Ergebnisse gesichtet sowie ausgewertet werden, und durch fachliche Hinweise soll erreicht werden, das unterschiedliche Niveau der Mitglieder auszugleichen.

Aufruf!

Die aktiven Veränderlichenbeobachter in der DDR rufen hiermit alle Amateure und Interessenten auf, die sich der ernsthaften visuellen oder photographischen Beobachtung Veränderlicher Sterne widmen oder damit beginnen wollen, sich unserem Arbeitskreis anzuschließen. Mitteilungen und Anfragen an

HELMUT BUSCH
Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte
7302 Hartha

Kolloquium zu Fragen der Methodik des Astronomieunterrichtes

In immer stärkerem Maße nehmen Amateurastronomen am Astronomieunterricht in den Oberschulen der DDR sowohl direkt als auch indirekt Anteil. Wir berichten in Jahrgang 1972 unserer Zeitschrift mehrfach darüber. Aus diesem Grunde informieren wir die Leser in diesem Heft über eine neuere Tagung der Schulastronomen, zu der die Akademie der Pädagogischen Wissenschaften – Forschungsgruppe Astronomie – anlässlich des 50jährigen Bestehens der Schulsternwarte Bautzen für den 23. Oktober 1972 nach dort eingeladen hatte.

Die Veranstaltung war als Kolloquium ausgeschrieben worden mit dem Ziel, allgemeine und spezielle Fragen der Methodik des Astronomieunterrichts sowohl für die Gegenwart als auch für die nahe Zukunft aufzuwerfen und zu diskutieren. Dem Anliegen der Organisatoren – sowohl Tellergebnisse begommener als auch abgeschlossener Untersuchungen vortragen zu lassen – kamen alle Beteiligten (Referenten und zur Diskussion Sprechende) entgegen.

Es wurden 9 Vorträge gehalten; jeder Redner hatte Gelegenheit, den Teilnehmern vorher zusätzliches Material (Thesen, Zusammenfassungen, Diagramme u. a.) zu übergeben, so daß eine rasche Orientierung auf das Wesentliche möglich wurde. Von den Referierenden (ausnahmslos Schulpädagiken) wurden folgende Problemkreise behandelt: „Über den Stand der Forschungsvorhaben auf dem Gebiet der Methodik des Astronomieunterrichtes in der DDR“ (J. Stier, APW Berlin); „Möglichkeiten der Erhöhung der Effektivität und der Rationalisierung des Astronomieunterrichts mit den Mitteln des Kleinplanetariums“ (K. Schmidt, Herzberg/Elster); „Ideologisches Werten im Astronomieunterricht, ein Beitrag zur klassenmäßigen Erziehung“ (H. Winkler, Berlin); „Zur Darstellung fachwissenschaftlicher Hypothesen und Modellvorstellungen im Astronomieunterricht“ (OL Dr. H. Bernhard, Bautzen); „Probleme der Lehrplanerfüllung, speziell in der Astrophysik“ (H. Eckert, Berlin); „Möglichkeiten einer besseren Anordnung der astronomischen Bildung im Lehrplanwerk unter dem Gesichtspunkt einer kontinuierlichen Vermittlung derselben“ (W. Gebhardt, Reichenbach); „Untersuchungen zum Wesen, Aufgabenbereich und effektiven Einsatz von Schulsternwarten unter Beachtung der territorialen Verteilung schulastronomischer Einrichtungen“ (H. Albert, Crimmitschau); „Ergebnisse der optischen, mechanischen und beobachtungspraktischen Erprobung des neuen Schulfernrohrs 63/840“ (H. Niemz, Bautzen); „Einige Konsequenzen, die sich aus der Forderung nach hoher Qualität des Lehrens und Lernens im Fach Astronomie für die zukünftige Aus- und Weiterbildung der Astronomielehrer ergeben“ (Dr. K. Lindner, Leipzig).

Weitere Autoren hatten die Möglichkeit erhalten, folgende Beiträge schriftlich einzureichen und zur Diskussion zu stellen: „Über die Ausbildung in Astronomie und die Tätigkeit der Volkssternwarten und Planetarien in der Volksrepublik Bulgarien“ (N. Petrow, Leiter der Volkssternwarte N. Copernicus in Varna, VR Bulgarien); „Über eine Möglichkeit für die zukünftige Einbeziehung von wissenschaftlichen Arbeitsmethoden der Astronomie in den Astronomieunterricht“ (Stf. Dr. M. Schukowski, Rostock); „Jahresarbeiten der Schüler zu Problemen des Astronomieunterrichtes, eine Form der außerunterrichtlichen Beschäftigung der Schüler“ (H. Küntzel, Aschersleben); „Zur Behandlung astronomischer Probleme im Astronomieunterricht“ (W. Wenzel, Bernau). Der letzte Beitrag war verbunden mit Vorschlägen und Entwürfen für eine Lichtbildreihe (bzw. für Folien), die der Autor im Tagungsraum ausstellte.

Alle Beteiligten wurden sich einig, den Gedankenaustausch brieflich oder durch Veröffentlichungen in Fachzeitschriften weiterzuführen.

Die 26 Teilnehmer, darunter Vertreter des Ministeriums für Volksbildung, der Akademie der Pädagogischen Wissenschaften der DDR, des Zentralinstitutes für Weiterbildung der Lehrer und Erzieher in Ludwigsfelde und des Verlages Volk und Wissen Berlin, stimmten darin überein, derartige Veranstaltungen auf gleichhohem Niveau künftig zu wiederholen, und damit Grundlagen zu schaffen, die der Entwicklung der Unterrichtspraxis unmittelbar zugute kommen. Denn es geht um die allseitige Unterstützung der im Fach Astronomie unterrichtenden Lehrkräfte.

HEINZ ALBERT

Navigationssatellitensystem für die Schifffahrt

Ein weltumspannendes Schifffahrts-Satellitensystem für Navigation und Nachrichtenverbindungen wird unter der Bezeichnung MARSAT (Maritime Satellite System) von der USA-Seefahrtsbehörde in Zusammenarbeit mit den Schifffahrtsunternehmen vorbereitet. Es soll den Atlantik, den Pazifik und den Indischen Ozean erfassen und ist für ständige Funkkontakte mit 4460 Schiffen konzipiert. Die Inbetriebnahme ist nach einer etwa siebenjährigen Aufbauphase für 1980 vorgesehen. Als Vorbereitungphase wird eine Erprobung von Schiffsstationen mit neun großen Handels Schiffen und den ATS-Satelliten Nr. 3 und 5 vorgenommen. 1975 soll ein Prototyp-System in Betrieb genommen werden, das mit vier Satelliten (je zwei über dem Atlantik und Pazifik) arbeitet.

Für das endgültige System werden sechs Satelliten vorgesehen mit etwa je 500 Watt Leistungsbedarf. Das Bodensystem umfaßt neben den Schiffsstationen vier Bodenstationen mit Großantennenanlagen sowie ein Kontrollzentrum, von dem aus über Großrechner der gesamte Funkverkehr computergesteuert wird. Die Schiffsstationen enthalten automatisch nachgeführte Richtantennen sowie Computer für die Verarbeitung der Funckdaten. Die Kosten einer Schiffstation werden mit 22000 Dollar veranschlagt, davon 9000 Dollar Installationskosten, 7000 Dollar Decks- und Mastausstattungen, 6100 Dollar Unterdeckausstattungen.

Bei den zugrunde gelegten 4460 Teilnehmern wird eine siebenjährige Amortisationszeit veranschlagt.

Eine Kopplung des MARSAT-Systems mit dem gleichzeitig vorgesehenen Luftfahrt-Satellitensystem AEROSAT, dem analogen Zielstellungen für den Luftverkehr zugrunde liegen, wird angestrebt.

Nach: W. F. Arnold: Ship - satellite System sought, Electronics, 45 (1972), Nr. 7, S. 68 - 69.

H. D. N.

Jupitertemperaturkarte

Eine detaillierte Temperaturkarte von der sichtbaren Jupiteroberfläche haben amerikanische Astronomen der Universität von Arizona mit Hilfe eines neu entwickelten Infrarot-Abtastgeräts erarbeitet. Die Temperaturverteilung auf dem Jupiter steht im deutlichen Zusammenhang mit den parallel zum Äquator verlaufenden Wolkenstrukturen. Die „wärmensten“ Gebiete – etwa 40 Grad minus – erstrecken sich bandartig im Bereich des Äquators. Polwärts schließen sich kältere Zonen mit eingelagerten Wärmeinseln an. Es konnte noch nicht ermittelt werden, ob für diese Temperaturverteilung nach oben gerichtete Wärmeströmungen verantwortlich sind oder ob es sich um Wolken unterschiedlicher Höhe handelt.

Nach ADN

Ergebnisse von „Venus 8“

Auf der Licht- und der Schattenseite der Venus herrschen keine merklichen Druck- und Temperaturunterschiede. An der Landestelle auf der Sonnenseite des Planeten betrug die Temperatur der Atmosphäre 470 Grad Celsius und der Druck 90 Kilogramm pro Quadratzentimeter. Das entspricht etwa den Werten, die Venus 7 auf der Schattenseite ermittelt hatte. Aus den Meßdaten geht weiter hervor, daß die Wolken und die Atmosphäre der Venus offenbar das Sonnenlicht erheblich abschwächen. Messungen der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre, die von der Station ab 46 Kilometer Höhe vorgenommen wurden, bestätigten im wesentlichen frühere Angaben sowjetischer Sonden. Danach besteht die Venusatmosphäre zu 97 Prozent aus Kohlendioxid, zu höchstens zwei Prozent aus Stickstoff und zu weniger als 0,1 Prozent aus Sauerstoff. In der Nähe der Wolkenschichten enthält sie weniger als ein Prozent Wasserdampf. In größeren Höhen wurden Spuren von Ammoniak (0,01 Prozent) festgestellt.

In der Venusatmosphäre wurden in Höhen über 45 Kilometer Windgeschwindigkeiten von mehr als 50 Metern pro Sekunde gemessen. Zum Venusboden hin nahmen sie bis auf zwei Meter pro Sekunde ab. Unterhalb von zwölf Kilometer Höhe ermittelte die Sonde auch die Windrichtung. Sie entsprach der Rotationsrichtung des Planeten.

Nach Angaben über die Oberfläche des Planeten ist die oberste Bodenschicht recht locker und hat eine Dichte von etwas weniger als 1,5 Gramm pro Kubikzentimeter.

Vorläufigen Analysen zufolge ist das Oberflächengestein im Landungsgebiet relativ reich an Kalium, Uran und Thorium. Es enthält etwa vier Prozent Kalium, 0,0002 Prozent Uran und 0,00065 Prozent Thorium. Damit ähnelt das Oberflächengestein hinsichtlich des Gehalts an radioaktiven Elementen und ihres Verhältnisses untereinander irdischem Granit. Auf der Erde ist ein solches Verhältnis von Elementen charakteristisch für Gesteine, die nach dem Ausschmelzen aus dem Planeteninneren sekundäre Veränderungen durch äußere Einflüsse durchgemacht haben.

Nach ADN

Buchbesprechungen

Energie ohne Umwege

Mit dem vorliegenden Buch „Energie ohne Umwege“ wird versucht, eine zusammenfassende Darstellung der wesentlichsten Methoden der „Energiedirektumwandlung“ zu geben, wobei Solarzellen, thermoelktrische Energiewandler (Thermoelemente und thermionische Wandler), MHD-Generatoren, und elektrochemische Brennstoffzellen behandelt werden.

Es wird versucht, die Bedeutung dieser modernen Verfahren der Erzeugung von Elektroenergie sowohl für die Nutzung auf der Erde als auch in der Raumfahrt einzuschätzen, wobei es eine spürbare Lücke im bisherigen Angebot der wissenschaftlich-technischen Literatur in der DDR zu schließen galt.

Dem Verfasser ist es gelungen, den Inhalt verständlich darzustellen und einen breiten Leserkreis an die Grundlagen der behandelten Themen heranzuführen sowie das Interesse darzu wecken.

Es werden die physikalischen Grundlagen, Varianten des Aufbaus, Materialien, Eigenschaften und Kenndaten der verschiedenen Entwicklungen besprochen.

Bei der Wertung der in dem Buch getroffenen Schlußfolgerungen hinsichtlich der Entwicklungstendenzen und der Bedeutung der einzelnen Verfahren zur Erzeugung von Elektroenergie muß man berücksichtigen, daß dem Buch etwa der Wissensstand von 1967/1968 zugrunde liegt und inzwischen eine Reihe von neuen Erkenntnissen erzielt wurde, die zu wesentlichen Verschiebungen der Schwerpunkte geführt haben.

(So ist beim gegenwärtigen Stand der Technik der Einsatz von Solarzellen beispielweise für die Nutzung in der Raumfahrt bis zu elektrischen Leistungen von 75 kW diskutabel, während die breite Anwendung von Brennstoffzellen für erdegebundene Zwecke ausgesprochen pessimistisch beurteilt werden muß.)

Dr. Hx.

Hans-Dieter Naumann: Energie ohne Umwege. VEB Fachbuchverlag Leipzig 1971. 227 S., 101 Abb., 17 Tabellen, 5,50 M

EVP 1,50 M
PZV 31052

Gluthölle Venus

Die phantasievolle äußere Gestaltung des Heftes läßt zunächst auf einen utopischen Roman schließen. Tatsächlich handelt es sich aber um einen gelungenen Beitrag des Verlages zur Würdigung der Erforschung unseres Nachbarplaneten durch die Sowjetunion.

Der sowjetische Autor hat es verstanden, in anschaulicher und allgemeinverständlicher Weise eine Zusammenfassung klassischer und neuerer Forschungsergebnisse über die Venus zu bringen. Dabei sind die Darlegungen so gehalten, daß sie einen sehr breiten Leserkreis ansprechen. Die komplizierten Gesetzmäßigkeiten zum Verständnis aller Einzelheiten sind auf ein Mindestmaß reduziert und durch eine große Zahl sehr instruktiver und wirklich gelungener Grafiken und ausgearbeitet wiedergegebener Fotos auch für den Laien verständlich.

Sicher bietet die gestraffte und übersichtliche Darstellung auch allen Referenten eine willkommene Zusammenfassung. Für Arbeitsgemeinschaften und für Astronomielehrer, zur Belehrung ihrer Unterrichts, ist das Heft besonders zu empfehlen. So läßt sich beispielsweise das Planetensystem in einer AG mit Schülern der 9. bzw. 10. Klasse gut anhand der Darlegungen beschreiben. Interessierte Schüler finden zusätzlich weitere Ergänzungen.

In einem Abschnitt über die klassischen Methoden der Venusforschung wird natürlich auf die Vorstellungen zum Aufbau unseres Planetensystems eingegangen und damit ein Beitrag zur Copernicus-Ehrung geleistet. Dazu gibt es eine historische Darstellung des geozentrischen Weltsystems und die Wiedergabe der Originalzeichnung aus dem Werk des COPERNICUS. Der Leser erhält auch einen Überblick über die Möglichkeiten der Radioastronomie und die Erfolge der Infrarotspektroskopie bei der Erforschung des Planeten, wobei auf die verschiedenen Hypothesen zur Erklärung der Vorgänge auf der Venus näher eingegangen wird. Schließlich wird die Erforschung der Venus durch unbemannte Raumsonden ausführlich erläutert. Auch dabei ergänzen sich übersichtliche schematische Darstellungen mit guten Fotos. Eine Tabelle gibt eine Übersicht über Start- und Ankunftszeiten aller bisher entsandten Venussonden. „Venus 8“ konnte in der 1. Auflage (Redaktionsschluß: 6. Juni 1972) noch nicht ausgewertet werden.

Da die 1. Auflage bereits vergriffen ist, sollte der Verlag recht bald eine Zweitaufgabe herausbringen und darin die neuen Forschungsergebnisse (erzielt mit „Venus 8“) bekannt machen.

KARL RADLER

WITALI A. BRONSCHTEN: Gluthölle Venus. Urania-Verlag Leipzig-Jena-Berlin 1972. 48 Seiten mit 41 Abb. Brosch. 4 M. (Übersetzung aus dem Russischen: Dr. J. Gürler).

Neue Mondkarte

Der Mondkartograph und Leiter des Prager Planetariums A. Rükl legt seine neueste Mondkarte vor. Auf sechs 45×62 cm großen Karten ist die Vorder- und Rückseite des Mondes im Maßstab 1:1000000 in Lamberts Projektion dargestellt. Die Einteilung der Karten ist folgende: Vorderseite, Osthemisphäre, Rückseite, Westhemisphäre, Nordhemisphäre und Südhemisphäre. Für eine schnelle Benutzung wäre ein Übersichtsbild über diese Einteilung von Vorteil gewesen. Als Ersatz findet man in den rechten oberen Kartenecken einen aus den Ziffern 1–6 bestehenden Kartenindex. Bei der Beschriftung der Mondobjekte wurden die neuen von der IAU beschlossenen Benennungen berücksichtigt. Beigegeben ist ein 24 Seiten großer Textband in englischer Sprache, der eine Einleitung von Z. Kopal enthält.

Der schöne fünffarbige Druck der eigentlichen Mondkarten (schwarz, gelb, braun, grau und rot) wurde in der ČSSR besorgt. Er lehnt sich an den bewährten Druck der bisherigen tschechischen Mondkarten an und läßt in hervorragender Weise das Hochland und das Tiefland des Mondes erkennen.

Die neue Mondkarte von A. Rükl ist eine der ersten größeren Gesamtkarten des Mondes und damit eine Bereicherung der Mondliteratur.

J. CLASSEN

Antonín Rükl: Maps of Lunar Hemispheres, Dordrecht-Holland, D. Reidel Publ. Comp. 1972.

3¹⁹⁷³ Astronomie und Raumfahrt



INHALT

Physikalische Grundlagen der Spektroskopie/Dr. Siegfried Marx	65
Die helleren Saturnmonde/Dr. Paul Ahnert	72
Inhaltsverzeichnis der Jahrgänge 1963 bis 1972	73
Technische Details des westdeutsch-französischen Nachrichtensatellitensystems „Symphonie“/Karl-Heinz Neumann	89
Amatoren beobachten und berichten	
Graphische Bestimmung des Mondvorübergangs an den Planeten/Hans-H. Lenz	92
Tafeln der Planetensichtbarkeit. Eine Variante	94
Interessante Meteorerscheinung	95
Aus der Literatur	
Ein ungewöhnliches Fernrohr	95
Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie	
Fachgruppenleitertagung und COPERNICUS-Ehrung des ZFA	95
Buchbesprechungen	
Signale aus dem All — Physik im Kosmos	4. Umschlagseite
Redaktionsschluß: 23. März 1973 Das Inhaltsverzeichnis für die Jahrgänge 1973/74 erscheint 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, 69 Jena; Dr. Siegfried Marx (Astronomie), 69 Jena, Schillergräfchen 2; OMR Dr. Karl Sigmund, 829 Kamenz; 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 1973 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 1490/63 des Preseesamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR.
Satz und Druck: IV/10/5 Druckhaus Freiheit Halle.

Physikalische Grundlagen der Spektroskopie

Nach einem Vortrag auf dem Spektroskopieseminar des Zentralen Fachausschusses Astronomie in Apolda

Dr. SIEGFRIED MARX

Abgesehen von einigen Ausnahmen ist die Astronomie darauf angewiesen, ihre Informationen über die Himmelskörper der von ihnen kommenden Strahlung zu entnehmen. In der Integralfotometrie wird die gesamte von den Sternen kommende Strahlung in einem Punkt erfaßt. In der Spektrofotometrie wird die Strahlung durch Prismen oder Gitter auf eine längere Strecke verteilt. Um aus den Spektren Schlußfolgerungen auf die Strahlungsquelle ziehen zu können, muß man wissen, wie die Strahlung entsteht und welchen Beeinflussungen sie auf dem Wege von der Quelle zum Empfänger unterliegt.

1. Der Schwarze Körper

Trifft Strahlung auf einen Körper, so ist die Möglichkeit der Reflexion (R), der Absorption (A) und des Durchgangs (D) vorhanden. Es gilt die Beziehung

$$R + A + D = 1, \quad (1)$$

wobei die jeweiligen Beträge von R, A und D vom Material des Körpers, der Struktur seiner Oberfläche und der Wellenlänge der auftreffenden Strahlung abhängen. Für das sichtbare Licht ist
für einen Silberspiegel $R = 0,98$,
für Ruß $A = 0,99$ und
für Glas D etwa $= 0,9$.

Man kann mit Hilfe von R, A und D einen speziellen Körper definieren.

$$A = 1, R = D = 0$$

Dieser Körper absorbiert die gesamte ankommende Strahlungsenergie, er erscheint in der Draufsicht und in der Durchsicht schwarz und wird deshalb als vollkommen Schwarzer Körper bezeichnet. Die 100%ig absorbierte Energie wird im Körper in Wärme umgesetzt und man kann durch Messung der Temperaturerhöhung auf die Menge der eingefallenen Strahlung schließen.

2. Das Lambertsche Gesetz

Bei der astronomischen Beobachtung spielt das Durchlaßvermögen (D) eine wichtige Rolle, z. B. beim Einsatz von Filtern für die Festlegung bestimmter Farbbereiche. Trifft die Intensität I_0 auf eine Schicht bestimmter Dicke (z. B. Filter), so wird die durchgelassene Intensität mit I_D bezeichnet. Sie ist

$$I_D = D \cdot I_0, \text{ mit } D < 1. \quad (2)$$

Wird die Schichtdicke verdoppelt, kommt der Betrag I_D (2) $= D \cdot D \cdot I_0 = D^2 \cdot I_0$ hindurch, bei n Schichten ist die durchgelassene Intensität $I_D = D^n \cdot I_0$. Das berechtigt zu dem Ansatz

$$-dI = k \cdot I \cdot ds, \text{ bzw. } \frac{dI}{I} = -k \cdot ds \quad (3)$$

ds ist die Schichtdicke, die eine Intensitätsabnahme dI zur Folge hat. Durch Integration ergibt sich daraus

$$\int_{I_0}^{I_D} \frac{dI}{I} = -k \int_0^s ds \quad (4)$$

$$\ln \frac{I_D}{I_0} = -k \cdot s \text{ bzw. } I_D = I_0 \cdot e^{-k \cdot s} \quad (5)$$

Dadurch erhält man für das Durchlaßvermögen durch Kombination von (2) und (5)

$$D = e^{-k \cdot s} \quad (6)$$

Dies ist das nach Lambert benannte Gesetz, das die Schwächung des Lichtes beim Durchgang durch ein homogenes Medium der Dicke d gibt. k ist material- und wellenlängenabhängig.

3. Der Kirchhoffsche Satz

Der Satz von Kirchhoff macht eine Aussage über das Absorptions- und Emissionsvermögen (A, E) von Körpern. Wenn man annimmt, daß ein Schwarzer Körper der Temperatur T von einer schwarzen Hülle der Temperatur T_0 umgeben und zwischen beiden ein Vakuum ist, so wird zwischen beiden ein Energieaustausch durch Strahlung stattfinden. T sei größer als T_0 , beide Temperaturwerte seien konstant. Das kann man erreichen, indem man den Schwarzen Körper ständig erhitzt und die Hülle kühlte. Die vom Körper im Mittelpunkt der Hülle emittierte Energimenge (E) wird größer sein als die in der gleichen Zeit vom ihm durch die Hüllestrahlung absorbierte (A). Das Verhältnis

$$\frac{E}{A} = F(T, T_0, \lambda) \quad (7)$$

ist eine Funktion der Temperaturen T, T_0 , sowie der Wellenlänge (λ). Wenn der zentrale Körper ein Schwarzer Körper ist, gilt für ihn $A = 1$ und demzufolge $E = F$.

Ersetzt man nun den Schwarzen Körper durch verschiedene beliebige Körper, so gilt

$$\frac{e_1}{a_1} = f_1, \quad \frac{e_2}{a_2} = f_2, \quad \frac{e_3}{a_3} = f_3 \text{ usw.} \quad (8)$$

Kirchhoff konnte nun zeigen, daß $f_1 = f_2 = f_3 \text{ usw.} = F = E$, d. h. das Verhältnis von Emissions- und Absorptionsvermögen ist für alle Körper die gleiche, von der Wellenlänge und der Temperatur abhängige Funktion F , sie ist identisch mit dem Emissionsvermögen der Schwarzen Körper.

Eine Folgerung aus dem Kirchhoffischen Satz ist: Ein Schwarzer Körper hat ein Emissionsvermögen, das größer ist als das jedes anderen Körpers, denn es gilt $e = a \cdot E$ und a ist für jeden nicht schwarzen Körper kleiner als 1.

4. Das Stefan-Boltzmannsche Gesetz

Das Stefan-Boltzmannsche Gesetz gilt exakt nur für den Schwarzen Körper. Es macht eine Aussage über den Zusammenhang zwischen der Gesamtstrahlung und der Temperatur.

$$E = \sigma T^4 \quad (9)$$

Die Konstante σ hat den Wert $1,375 \cdot 10^{-12} \text{ cal cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ grad}^{-4}$. Diese Gesetzmäßigkeit macht sofort einen astronomischen Sachverhalt klar. Die Zustandsgröße Temperatur der Sterne variiert relativ wenig, etwa um den Faktor 50 zwischen 1000 K und 50000 K, die Leuchtkraft, ein Maß für die Gesamtenergieabgabe des Sternes, jedoch erheblich. Eine Änderung der Temperatur um den Faktor 50 hat nach dem Stefan-Boltzmannschen Gesetz aber eine Änderung der Leuchtkraft um den Faktor 50^4 zur Folge, d. h. zwei Sterne, deren Temperaturen sich um den Faktor 50 unterscheiden, haben bei gleichem Radius eine um den Faktor $6 \cdot 10^6$ unterschiedliche Leuchtkraft.

5. Das Wiensche Verschiebungsgesetz

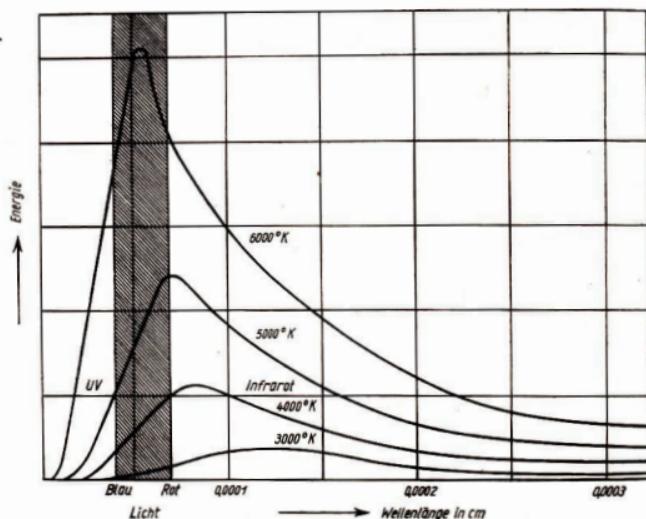
Aus den Untersuchungen am Schwarzen Körper lassen sich auch Rückschlüsse auf den Nichtschwarzen Körper ziehen. Schon die Beobachtungen einer mit verschiedener Belastung brennenden Glühlampe, d. h. unterschiedlicher Spannung, zeigen zwei wichtige Beobachtungsergebnisse:

- Mit zunehmender Temperatur erhöht sich die Gesamtstrahlung (s. Stefan-Boltzmannsche Gesetz)
- Mit zunehmender Temperatur ändert sich die Farbe der abgegebenen Strahlung von rot zu blau, d. h. der Hauptanteil der emittierten Strahlung verschiebt sich zu kürzeren Wellenlängen.

Diese Beobachtung gesetzmäßig zu erfassen hat viel Mühe gekostet. Man kann von zwei unterschiedlichen Gesichtspunkten an die Klärung des Sachverhaltes herangehen.

- Es ist möglich, die Strahlungsleistung eines Körpers in einem bestimmten fest vorgegebenen Wellenlängenbereich für verschiedene Temperaturen zu messen. In diesem Fall erhält man Isochromaten der Strahlung.
- Andererseits ist es möglich, bei konstanter Temperatur die Strahlungsleistung für verschiedene Wellenlängen zu ermitteln. In diesem Fall erhält man die sog. Isothermen (s. Abb. 1).

Abb. 1:
Isothermen der Strahlungsintensität des Schwarzen Körpers.



Die Verschiebung des Strahlungsmaximums wurde schließlich von Willy Wien gesetzmäßig erfaßt:

$$\lambda_{\max} \cdot T = \text{konst} = 0,2898 \text{ cm} \cdot \text{grad} \quad (10)$$

Auch dieses Gesetz gilt exakt nur für den Schwarzen Körper. Betrachten wir diesen Zusammenhang für astronomische Objekte in der Tabelle 1. Dort findet man für eine Reihe verschiedener Himmelskörper deren Temperatur und das zur Temperatur gehörende Strahlungsmaximum der Eigenstrahlung sowie eine Aussage, in welchem Wellenlängengebiet das Strahlungsmaximum liegt.

Tabelle 1

Objekt	Temperatur in K	Wellenlänge des Strahlungsmaximums	Wellenlängenbereich
Mond (Nachtseite)	153	0,02 mm	Infrarot
Mond (Tagseite)	393	0,0075 mm	Infrarot
Erde	288	0,01 mm	Infrarot
Venus	748	0,004 mm	Infrarot
Stern von	2000	0,0015 mm	Infrarot
Sonne	6000	500 nm	sichtbares Licht
H II-Gebiet	10000	300 nm	sichtbares Licht
Stern von	50000	60 nm	Ultraviolet
Sonnenkorona	10^6	3 nm	Röntgengebiet
Interstellarer Staub	50	0,060 mm	Infrarot
3 K Strahlung	3	1 mm	Radiobereich

Durch Kombination des Stefan-Boltzmannschen und des Wienschen Verschiebungsgesetzes kommt man zu einer weiteren bedeutungsvollen Aussage:

$$E_{\max} = \text{konst.} \cdot T^5 \quad (11)$$

d. h. die Höhe des Maximums wächst mit der 5. Potenz der Temperatur, während die Gesamtenergie nur mit der 4. Potenz zunimmt.

6. Das Plancksche Strahlungsgesetz

Mit dem Stefan-Boltzmannschen Gesetz kann man die Gesamtenergie, mit dem Wienschen Verschiebungsgesetz die Lage des Strahlungsmaximums jeweils in Abhängigkeit von der Temperatur bestimmen. Offen ist noch die Frage, wie für einen Körper die Strahlungsenergie sich in Abhängigkeit

von der Temperatur ändert (s. auch Abb. 1). Eine Aussage dazu macht das Plancksche Strahlungsgesetz:

$$E\lambda \cdot d\lambda = \frac{c_1}{\lambda^5} \frac{d\lambda}{e^{-c_2/\lambda + T} - 1} \quad (12)$$

bzw. in Frequenzschreibweise

$$E\nu \cdot d\nu = \frac{h\nu^3}{c^2} \cdot \frac{d\nu}{e^{h\nu/kT} - 1} \quad (12a)$$

Die einzelnen Größen in (12) und (12a) bedeuten:

- λ : Wellenlänge
- ν : Frequenz
- c : Lichtgeschwindigkeit
- T : Temperatur
- k : Boltzmannsche Konstante = $1,380 \cdot 10^{-16}$ erg · grad⁻¹
- h : Plancksches Wirkungsquantum = $6,624 \cdot 10^{-27}$ erg · s

$$c_1 = c^2 \cdot h, c_2 = \frac{c \cdot h}{k}$$

Das Plancksche Strahlungsgesetz gibt den spektralen Verlauf der Energieabgabe wieder. Es ist nicht aus den Vorstellungen der klassischen Physik herleitbar. Nach den klassischen Vorstellungen ist die Energie eines Oszillators eine stetig veränderliche Größe. Nach den Grundlehrern von Planck kann im Bereich des atomaren Geschehens ein Oszillator nicht jeden beliebigen Energiewert annehmen, sondern nur um ein ganzzahliges Vielfaches von h (Plancksches Wirkungsquantum) unterschiedene Beträge. Damit ist eine Quantisierungsvorschrift gegeben. Die vollkommene Ableitung der Planckschen Strahlungsformel würde den Rahmen dieses Beitrags überschreiten. Das Gesetz soll aber anhand einiger Sonderfälle diskutiert werden.

Im ersten Fall wird nur Strahlung bei kleiner Temperatur und hohen Frequenzen betrachtet (T klein, ν groß). Das bedeutet, daß $\frac{h \cdot \nu}{k \cdot T}$ sehr groß ist, und demzufolge auch $e^{-h \cdot \nu / k \cdot T}$ sehr groß wird, somit kann man in $e^{-h \cdot \nu / k \cdot T} - 1$ die -1 vernachlässigen.

Damit vereinfacht sich (12a) zu

$$E\nu \cdot d\nu = \frac{h\nu^3}{c^2} \cdot e^{-h\nu/kT} d\nu \quad (13)$$

Dies ist das Wiensche Strahlungsgesetz, das bis zu Temperaturen von 3000 K und Frequenzen von der Röntgenstrahlung bis zum sichtbaren Licht gilt.

Der zweite Sonderfall ist charakterisiert durch hohe Temperaturen und niedrige Frequenzen. Das bedeutet

$\frac{h \cdot \nu}{k \cdot T}$ sehr klein. Wenn man nun $e^{-h \cdot \nu / k \cdot T}$ als Reihenentwicklung schreibt,

$$e^{-h \cdot \nu / k \cdot T} = 1 + \frac{h \cdot \nu}{k \cdot T} + \frac{1}{2} \left(\frac{h \cdot \nu}{k \cdot T} \right)^2 + \dots$$

kann man wegen der Kleinheit von $\frac{h \cdot \nu}{k \cdot T}$ die Reihe nach dem zweiten Glied abbrechen, ohne damit einen großen Fehler zu begehen. Somit wird aus (12a)

$$E\nu \cdot d\nu = \frac{\nu^3}{c^2} k \cdot T d\nu \quad (14)$$

Das ist die Rayleigh-Jeansche Näherung, die für langwellige Strahlung (Infrarot, Radiobereich) bei hohen Temperaturen angewendet werden kann.

7. Das Linienspektrum

Für die Information über kosmische Strahlungsquellen ist die Auswertung vom Linienspektrum von großer Bedeutung. Emissions- und Absorptionslinienspektren beobachtet man sowohl von stellaren

als auch von nichtstellaren Objekten. Ein typisches Linienspektrum, das man natürlich auch aus dem irdischen Laboratorium kennt, ist eine Linienfolge des Wasserstoffs im optischen Bereich (s. Tabelle 2). Die Wellenlängen der Linienfolge sind nicht durch ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge einer Linie darzustellen. Lange Zeit „sträubten“ sich die Spektren gegen einen Darstellungsversuch. Erst 1885 gelang es Balmer eine Gesetzmäßigkeit in der Linienfolge zu erkennen.

$$\lambda = k \cdot \frac{n^2}{n^2 - 2^2} \text{ mit } n = 3 \dots 16, k = \text{konstant.} \quad (15)$$

Dies ist die Balmerformel und man spricht bei dieser Linienfolge von der Balmerserie. Oft ist es zweckmäßig, nicht die Wellenlänge einer Linie, sondern den reziproken Wert der Wellenlänge anzugeben.

$$\tilde{\omega} = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{k} \cdot \frac{n^2 - 2^2}{n^2} = R \cdot \frac{n^2 - 2^2}{2^2 \cdot n^2} = R \left[\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right] \quad (16)$$

R ist eine Konstante (Rydbergkonstante) mit dem Zahlenwert $1,09678 \cdot 10^8 \text{ cm}^{-1}$.

Für andere bekannte Linienspektren ließen sich keine der Balmerformel analoge Beziehungen finden.

Tabelle 2: Wellenlängen der Balmerlinien

Linie	Wellenlänge
H α	656,3 nm
H β	486,1 nm
H γ	434,0 nm
H δ	410,2 nm
H ϵ	397,0 nm

Die Entwicklung einer umfassenden Theorie war notwendig. Linien in Spektren sind verbunden mit diskreten Energiewerten, denn nach der Beziehung $E = h \cdot \nu$ ist jedem Frequenzwert ein ganz bestimmter Energiebetrag zugeordnet. Niels Bohr ging unter Zugrundelegung seines Atommodells bei der Entwicklung einer Theorie zur Deutung der Linienspektren von drei Annahmen aus.

Zum besseren Verständnis soll hier kurz auf das Bohrsche Atommodell hingewiesen werden. Man kann wohl zu Recht von einem „atomaren Planetensystem“ sprechen. Um den Atomkern, der die Hauptmasse des gesamten Atoms beinhaltet und der eine positive elektrische Ladung trägt, bewegen sich auf Kreisbahnen die massarmen, negativ geladenen Elektronen. In einem Atom ist die Zahl der positiven Ladungseinheiten im Kern gleich der Zahl der Elektronen, so daß das Atom nach außen neutral ist. Der Atomdurchmesser ist sehr klein und beträgt etwa 10^{-8} cm .

Das Bohrsche Atommodell ist im Laufe der Jahre in vielen Punkten verfeinert und verbessert worden. Zur Erklärung der Liniententstehung kann es wegen seiner Anschaulichkeit aber sehr gut genutzt werden. Die drei erwähnten Voraussetzungen für die Deutung der Linienspektren sind:

- Es gibt strahlungsfreie Elektronenbahnen; das umlaufende Elektron also, obwohl beschleunigt (Kreisbahn), soll im Gegensatz zu den Forderungen der klassischen Theorie bei seinem Umlauf nicht strahlen, da ja damit eine allgemeine, stetige Energieabnahme verbunden wäre.
- Es gibt im Atom nur eine bestimmte Anzahl strahlungsfreier Bahnen.
- Zur Emission, bzw. Absorption eines Energiequants kommt es beim sprunghaften Übergang eines Elektrons von einer diskreten, strahlungsfreien Bahn auf eine andere; Emission beim Übergang von einer energiereichen auf eine energieärmere, Absorption beim umgekehrten Vorgang.

Für die Bahnbewegung eines Elektrons auf einer strahlungsfreien Bahn geht Bohr von der klassischen, dem 3. Keplerschen Gesetzen analogen Beziehung aus

$$\frac{Z \cdot e^2}{r^2} = \frac{m \cdot v^2}{r} \quad (17)$$

In Worte heißt das: Die Coulombsche Anziehungskraft $\frac{Z \cdot e^2}{r^2}$ des Kernes ist gleich der Fliehkraft $\frac{m \cdot v^2}{r^2}$ des Elektrons. $Z \cdot e^2$ ist die Ladung des Kernes, r der Bahnradius, m die Masse und v die Geschwindigkeit des Elektrons. Jede strahlungsfreie Bahn besitzt eine andere Energie E . Beim Übergang von einer Bahn mit der Energie E_1 zu einer anderen Bahn mit der Energie E_2 wird die Differenz

$$E_2 - E_1 = h \cdot \nu \quad (18)$$

emittiert, wenn $E_2 > E_1$ bzw. absorbiert, wenn $E_2 < E_1$ ist. Das Plancksche Wirkungsquantum h hat die Dimension erg·s. Innerhalb des Bohrschen Atommodells hat der Drehimpuls $p = m \cdot v \cdot r$ diese Dimension einer Wirkung. Daraus erhielt Bohr seine Quantenbedingung

$$n \cdot h = 2\pi \cdot m \cdot v \cdot r \quad \text{mit } n = 1, 2, 3 \dots \quad (19)$$

Aus dem Bewegungsgesetz der Elektronen (17) erhält man unter Benutzung der Quantenbedingung (19) die Geschwindigkeit eines Elektrons auf der n -ten Bahn

$$v_n = \frac{2\pi Z e^2}{n \cdot h} \quad (20)$$

und den Radius der n -ten Bahn

$$r_n = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m \cdot Z \cdot e^2} \quad (21)$$

Wenn man nun die Zahlenwerte für das Wasserstoffatom, das das einfachste und wegen seiner großen Häufigkeit im Weltall für die Astronomie sehr wichtig ist, in die Beziehungen (20) und (21) einsetzt, erhält man

$$v_1(H) = 2182 \text{ km s}^{-1} \quad r_1(H) = 0,5 \cdot 10^{-8} \text{ cm}.$$

Aus der Beziehung (18), die man auch ganz allgemein schreiben kann

$$E_e - E_n = h \cdot v, \quad (22)$$

lässt sich theoretisch die Rydbergkonstante und die allgemeine Balmerformel herleiten. Die Rydbergkonstante ergibt sich zu

$$R = \frac{2\pi^2 m Z^2 e^4}{c h^3}$$

Setzt man die Zahlenwerte der Größen ein, bekommt man in guter Übereinstimmung mit der Beobachtung die Konstante zu

$$R = 1,09674 \cdot 10^8 \text{ cm}^{-1}.$$

Die verallgemeinerte Balmerformel lautet

$$\tilde{\omega} = R Z^2 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{l^2} \right) \quad \text{mit } n = 1, 2, 3, \dots \text{ und } l = n + 1, n + 2, n + 3, \dots$$

8. Die Linienserien des Wasserstoffs

Ein Serienspektrum eines Elementes wird charakterisiert durch die Linienserie und die Seriengrenze. Dies soll am Beispiel des bekannten Balmeremissionsspektrums erläutert werden (s. auch Abb. 2). Befindet sich ein Elektron auf der mit 3 gekennzeichneten Bahn und fällt auf die mit 2 gekennzeichnete herunter, kommt es zur Emission der sog. H_α -Linie bei 656,3 nm. Der sprunghafte Übergang eines Elektrons von der 4. auf die 2. Bahn ist verbunden mit der Ausstrahlung der H_β -Linie bei 486,1 nm, die energiereicher als die H_α -Linie ist. Analog kann man sich die Entstehung der H_γ , H_δ -Linie usw. vorstellen.

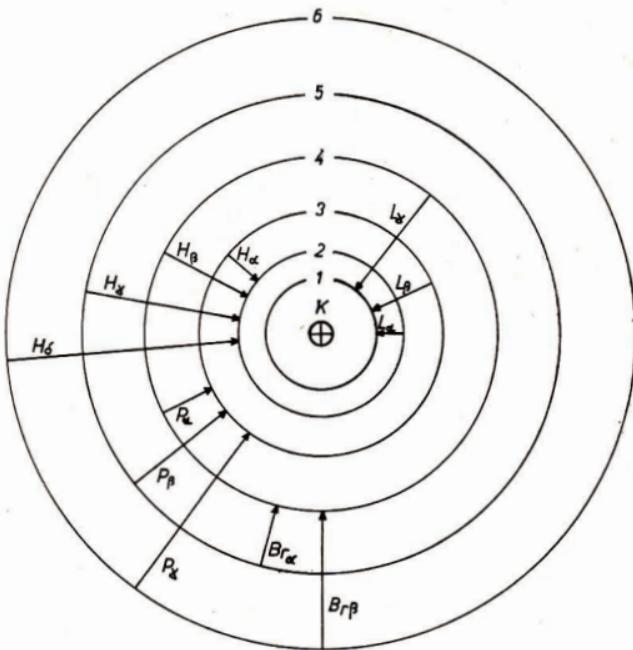
Ganz analog verläuft die Entstehung der Absorptionslinien. Die Absorption von Strahlung der Wellenlänge 656,3 nm (H_α -Linie) führt zum Anheben eines Elektrons von der 2. auf die 3. Bahn usw. Um ein Elektron so weit „anzuheben“, daß es ganz aus dem Atomverband gelöst wird, muß die Ablösearbeit (A) geleistet werden. Hat die Strahlung, die das Atom trifft, noch mehr Energie ($h \cdot v$) als zur Abtrennung benötigt wird, so wird der Rest dem freigesetzten Elektron als kinetische Energie

$$\left(\frac{m}{2} v^2 \right) \text{ mitgegeben.}$$

$$h \cdot v = A + \frac{m}{2} v^2$$

Jetzt sind keine diskreten Energiewerte mehr maßgebend, sondern jede beliebige Strahlungsenergie, die größer als die für die Ablösung notwendige ist, kann wirksam werden, da jeder beliebige Rest-

Abb. 2:
Darstellung möglicher
sprunghafter Über-
gänge zwischen ver-
schiedenen strahlungs-
freien Bahnen beim
Wasserstoffatom. Ein-
gezeichnet sind Über-
gänge für die in Ta-
belle 3 erwähnten Se-
rien.



betrag dem abgelösten Elektron als Bewegungsenergie zuguteholt wird. Mit dem Frequenzwert, der der Abtrennungsenergie des Elektrons entspricht, beginnt die Seriengrenze.

Tabelle 3: Seriengrenzen der Wasserstofflinienserien

Linienserie	Wellenlänge der Seriengrenze	Wellenlängenbereich der Lage der Seriengrenze
Lyman-Serie	91,2 nm	Ultraviolett
Balmer-Serie	365 nm	sichtbares Licht
Paschen-Serie	820 nm	Infrarot
Brackett-Serie	1460 nm	Infrarot
Fund-Serie	2275 nm	Infrarot

Entsprechend der Balmerserie kann man auch die anderen Serien erklären (s. Abb. 2). Das Anheben eines Elektrons von einer diskreten Bahn auf eine andere strahlungsfreie Bahn, nennt man Anregung des Atoms. Das Atom ist danach in der Lage, durch das Wiederherunterfallen des Elektrons Strahlung zu emittieren. Wird ein Elektron völlig vom Atomverband gelöst, spricht man von Ionisation. Wird von dem nun positiven Ion wieder ein Elektron eingefangen, so kommt es ebenfalls wieder zur Ausstrahlung, allerdings nicht zur Linienemission. Das eingefangene Elektron muß auch keinesfalls gleich auf die energieärmste Bahn fallen, sondern es kann diese kaskadenartig erreichen. Ein willkürliches Beispiel kann diesen Prozeß am besten erläutern. Das Elektron fällt von außen auf die Bahn 5 (Emissionsvorgang) — von Bahn 5 fällt es auf Bahn 3 (Emission von P_β) — weiterer Fall auf Bahn 2 (Emission von H_α) — weiterer Fall auf Bahn 1 (Emission von L_α). Einen ähnlichen Vorgang kann es bei der Anregung geben. Durch Absorption wird ein Elektron auf eine sehr hohe Bahn gehoben und fällt dann von dort Stufe für Stufe wieder herunter.

Die helleren Saturnmonde im 2. Halbjahr 1973 (MEZ)

Dr. PAUL AHNERT

Im „Kalender für Sternfreunde“ konnten für 1973 die Erscheinungen der Saturnmonde, die ich der „Astronomical Ephemeris“ entnehme, wegen der stark verspäteten Herausgabe dieser Ephemeriden nicht mehr aufgenommen werden. Der Anregung eines Dresdner Sternfreundes folgend, gebe ich die vermüßten Werte für die erste Hälfte der kommenden Sichtbarkeitsperiode bis Ende 1973. Für den Kalender 1974 liegen die Ephemeriden der Saturnmonde – und auch die graphische Darstellung der Jupitermondumläufe – bereits im Manuskript vor.
Die folgende Übersicht enthält hinter dem Namen des Mondes die Oppositionshelligkeit und die mittlere synodische Periode.

Tethys, 10^m6, P = 1^d 21^h3

(Jede 3. östliche Elongation)

August:	1 ^d Sh, 7 ^d 0 ^h , 12 ^d 16 ^h , 18 ^d Sh, 24 ^d 0 ^h , 29 ^d 16 ^h ;
September:	4 ^d Sh, 10 ^d 0 ^h , 15 ^d 16 ^h , 21 ^d Sh, 27 ^d 0 ^h ;
Oktober:	2 ^d 16 ^h , 8 ^d 7 ^h , 13 ^d 23 ^h , 19 ^d 15 ^h , 25 ^d 7 ^h , 30 ^d 23 ^h ;
November:	5 ^d 15 ^h , 11 ^d 7 ^h , 16 ^d 23 ^h , 22 ^d 15 ^h , 28 ^d 7 ^h ;
Dezember:	3 ^d 23 ^h , 9 ^d 14 ^h , 15 ^d 6 ^h , 20 ^d 22 ^h , 26 ^d 14 ^h , 32 ^d 6 ^h .

Dione, 10^m7, P = 2^d 17^h7

(Jede 2. östliche Elongation)

August:	2 ^d 1 ^h , 7 ^d 12 ^h , 13 ^d 0 ^h , 18 ^d 11 ^h , 23 ^d 23 ^h , 29 ^d 10 ^h ;
September:	3 ^d 21 ^h , 9 ^d 9 ^h , 14 ^d 20 ^h , 20 ^d 8 ^h , 25 ^d 19 ^h ;
Oktober:	1 ^d 7 ^h , 6 ^d 18 ^h , 12 ^d 5 ^h , 17 ^d 17 ^h , 23 ^d 4 ^h , 28 ^d 15 ^h ;
November:	3 ^d 3 ^h , 8 ^d 14 ^h , 14 ^d 1 ^h , 19 ^d 13 ^h , 25 ^d 0 ^h , 30 ^d 11 ^h ;
Dezember:	5 ^d 22 ^h , 11 ^d 10 ^h , 16 ^d 21 ^h , 22 ^d 8 ^h , 27 ^d 20 ^h , 33 ^d 7 ^h .

Rhea, 10^m0, P = 4^d 12^h5

(Östliche Elongationen)

August:	1 ^d 5 ^h , 5 ^d 18 ^h , 10 ^d 0 ^h , 14 ^d 19 ^h , 19 ^d 7 ^h , 23 ^d 20 ^h , 28 ^d 8 ^h ;
September:	1 ^d 21 ^h , 6 ^d 9 ^h , 10 ^d 22 ^h , 15 ^d 11 ^h , 19 ^d 23 ^h , 24 ^d 11 ^h , 29 ^d 0 ^h ;
Oktober:	3 ^d 1 ^h , 8 ^d 1 ^h , 12 ^d 13 ^h , 17 ^d 2 ^h , 21 ^d 14 ^h , 26 ^d 2 ^h , 30 ^d 15 ^h ;
November:	4 ^d 8 ^h , 8 ^d 16 ^h , 13 ^d 4 ^h , 17 ^d 16 ^h , 22 ^d 5 ^h , 26 ^d 7 ^h ;
Dezember:	1 ^d 5 ^h , 5 ^d 18 ^h , 10 ^d 0 ^h , 14 ^d 18 ^h , 19 ^d 0 ^h , 23 ^d 19 ^h , 28 ^d 7 ^h .

Titan, 8^m3, P = 15^d 23^h3

(Westliche – W – und östliche – E – Elongationen)

August:	5 ^d 17 ^h E, 13 ^d 12 ^h W, 21 ^d 17 ^h E, 29 ^d 12 ^h W;
September:	6 ^d 17 ^h E, 14 ^d 12 ^h W, 22 ^d 17 ^h E, 30 ^d 12 ^h W;
Oktober:	8 ^d 16 ^h E, 16 ^d 11 ^h W, 24 ^d 15 ^h E;
November:	1 ^d 9 ^h W, 6 ^d 13 ^h E, 17 ^d 7 ^h W, 25 ^d 11 ^h E;
Dezember:	3 ^d 5 ^h W, 11 ^d 8 ^h E, 19 ^d 2 ^h W, 27 ^d 5 ^h E.

Japetus, 10^m8, ¹⁾ P = 79^d 22^h

(Westliche Elongationen)

August 4,2^h (10^m5), Oktober 23,8^h (10^m8)

¹⁾ Helligkeit veränd. zw. 10^m1 (westl. El.) und 11^m9 (östl. Elongation)

ASTRONOMIE UND RAUMFAHRT

Inhaltsverzeichnis der Jahrgänge 1963—1972

Redaktion

Herbert Pfaffe, Berlin (Chefredakteur): Astronautik

Prof. Dr. Johannes Hoppe, Jena

Dr. Siegfried Marx, Jena: Astronomie

OMR Dr. Karl Sigmund, Kamenz

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. 4229744/45

„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 1490/63 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR. Satz und Druck: Druckhaus Freiheit Halle. Bezug der Zeitschrift durch die Post oder den Buchhandel.

Die veröffentlichten Beiträge sind unter folgenden Sachgebieten entsprechend ihres chronologischen Erscheinens erfaßt:

ASTRONOMIE: Erde und erdnaher 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

(S) — Sonderheft

Erde und erdnaher Raum

Direkte Messungen des kosmischen Staubes in der Nähe der Erde (I)	1963	1-2	45
Lunare Gezeiten in der Ionosphäre (I)	1963	1-2	46
Die Abhängigkeit des Ozongehaltes der Atmosphäre vom Sonnenfleckencyklus (I)	1963	1-2	46
Neue Bestimmung der Aberrationskonstante (L)	1963	3-4	81
Stickstoffionen in der oberen Atmosphäre der Erde (L)	1963	5-6	164
Messung der Windgeschwindigkeit in der Mesosphäre bei Raketenauftiegen (L)	1963	5-6	164
Die Entdeckung eines intensiven Flusses von niederenenergetischen Protonen oder Ionen schwererer Elemente im inneren Strahlungsgürtel (L)	1963	5-6	166
Elektronen im inneren Strahlungsgürtel der Erde (L)	1964	1	24
Zeitliche Variationen der Intensität der Teilchen im inneren Strahlungsgürtel von Oktober 1959 bis Dezember 1960 (L)	1964	1	24
Der äußere Strahlungsgürtel der Erde in einer Höhe von 320 km (L)	1964	1	25
Versuch zur Bestimmung der nächtlichen Extinktion aus Helligkeitsbeobachtungen des künstlichen Satelliten ECHO 1, 1960 (Wörner, H.)	1964	2	60
Zum Programm im „Jahr der ruhigen Sonne“ (L)	1964	3	92
Die Mittag-Mitternacht-Rotverschiebung (L)	1964	4	123
Neue Erscheinung der kosmischen Strahlung (L)	1965	3	86
Die ionisierende Wirkung von Meteoren und deren praktische Bedeutung (Naumann, H.-D.)	1965	6	175
Haloerscheinungen und Niederschlagswahrscheinlichkeit (Schütz, E.)	1967	2	44
Elektrische Vorgänge in der Ionosphäre. Elektromagnetische Lichtheorie (Rötsch, M.)	1968	2	35
Wasserstoff- und Helium-Konzentrationen in der äußeren Atmosphäre (I)	1969	3	76
Szintillationen der Radiowellen von Satelliten und Sternen (I)	1969	3	77
Die Großstruktur in der Ionosphäre mit den Ergebnissen von Troposondeinheitgeräten (I)	1969	3	78
Die Wechselbeziehungen zwischen der Stratosphäre und Ionosphäre (I)	1969	3	78
Was die Erde früher leichter? (L)	1970	3	72
Voraussage der Leuchtenden Nachtwolken (L)	1970	3	74
Verändert der Mensch die Oberflächentemperatur der Erde? (L)	1972	3	84
Die Lichterscheinungen in der Erdatmosphäre, 1. Teil (Sigmund, K.)	1972	5	141
Nordlicht durch Plasma-Eruption (L)	1972	5	164

Mond

Ist der Mond unpunktlich? (Sandig, H.-U.)	1963	1-2	23
Optische Echo vom Mond (I)	1963	1-2	44
Staubprobleme einer Raketenlandung auf dem Mond (L)	1963	1-2	47
Luminosität auf der leuchtenden Mondoberfläche (Rötsch, M.)	1966	2	39
Zur ersten weichen Mondlandung von Luna 9 (Neumann, K.-H.)	1966	3	65
Die Erde rückt dem Monde näher (Pfaffe, H.)	1967	2	41
Der Mond (Michallow, A. A.)	1967	4-5	124
Die Struktur der Mondoberfläche (n. Winogradow und Surkow)	1967	4-5	146
Neues vom Mond (L)	1967	6	180
Probleme der Mondforschung (L)	1968	5	142
Bewegung auf dem Mond (L)	1968	5	139
Mondbasalt - Tektite. Glas vom Mond? (L)	1968	5	139
Mond und Erde (L)	1968	6	169
Mondvulkanismus und Perlestein - Ursachen der Tektiteschauer (Clasen, J.); Teil 1	1969	2	41
dto.; Teil 2	1969	3	70
Gase auf der Mondoberfläche (Clasen, J.)	1970	2	33
Entstanden die Mondkrater durch Meteoritenaufsturz oder durch Vulkanismus? (L)	1970	5	147
Mondminerale (Dorschner, J.)	1971	2	35
Meteoritenaufschlag oder Vulkanismus? (L)	1971	2	62
Interplanetare und Mondforschung heute und morgen (Pfaffe, H.)	1971	4	97
Wasser dampf und Restmagnetismus auf dem Mond (L)	1971	5	135
Schwerefeldanomalien des Mondes durch Mascons? (L)	1971	5	144
Die Vermessung des Mondes (L)	1972	3	83
Iridische Mikroorganismen überlebten auf dem Mond (L)	1972	3	85
Der Mond - ein Erdkontinent.	1972	3	85
Zur Mondbeschaffenheit (L)	1972	4	116
Der neue Mondkrater Selena (L)	1972	5	153

513 Mondkrater erhielten Namen:

Abbe ... Crommelin	1970	6	176
Crookes ... Fitzgerald (mit Beitrag von Hoffmann, H.)	1971	1	19
Fizeau ... Kékulé	1971	2	36
Khwołson ... Lebedev	1971	3	86
Lebedinsky ... Malysi	1971	4	106
Mandelstam ... O'Day	1971	5	141
Ohm ... Prager	1971	6	171
Prandtl ... Seares	1972	1	20
Sechenov ... Trumper	1972	2	37
Tyndall ... White	1972	3	71
Wiechert ... Zsigmondy	1972	4	112

Für Mondkrater vorgeschlagene Namen lebender Astronauten	1972	4	113
Berichtigte Positionen der Krater auf der sowjetischen IAU-Liste 1961.	1972	4	114
dto. (Schluß)	1972	5	140

Planeten

Radarkontakte mit dem Mars (I)	1963	1-2	44
Neue Meßergebnisse von Mariner 2 (L)	1963	1-2	47
Ebene Flächen auf dem Mars (Pfaffe, H.)	1963	3-4	70
Spektrometrische Studien des Reflexionsvermögens der Mars scheibe zur Opposition (L)	1963	3-4	81
Temperaturbestimmung der Venus durch die Radiostrahlung im 10-cm-Bereich (L)	1964	2	59
Spektroskopische Temperatur- und Druckmessungen in der Venusatmosphäre (L)	1964	2	59
Die Ergebnisse der Radiobeeobachtung der Venus im Jahre 1961 (L)	1964	2	59
Neue Werte für die Größe des Mars (L)	1965	4	104
Die Präzisierung der AE nach den Ergebnissen der Venus-Funkortung (Sowjet. Autorenkollektiv)	1965	4	118
Neue Erkenntnisse im Bereich unseres Planetensystems (Hoppe, J.)	1966	6	161
Neues von Jupiter (L)	1966	6	184
Doch Leben auf dem Mars? (I)	1967	1	5
Neuer Saturnmond entdeckt (Pfaffe, H.)	1967	2	43
Neue Erkenntnisse über Planeten (L)	1967	3	87
Ungelöste Venus-Rätsel (nach Martynow, D.)	1967	4-5	145
Neues vom Mars (L)	1967	6	180
Vierter Saturnring (L)	1967	6	181
Venus-Rotation noch immer widersprüchsvoll (L)	1968	5	139
Jupiter mit Ringsystem? (L)	1968	5	142
Der zehnte Satellit des Saturn (Marx, S.)	1969	2	39
Radarmessungen an der Venus (L)	1969	2	3. US
Nichteintritt einer vorhergesagten Verfinsternung (Classen, J.)	1969	3	66
Zur Masse des Planeten Pluto (L)	1969	3	3. US
Sternbedeckung durch Neptun (L)	1969	5	158
Die nächsten Merkurdurchgänge (L)	1969	5	158
Das Problem der Venustemperatur (L)	1969	6	187
Zur Eigenrotation des Merkur (L)	1969	6	188
Organische Farbstoffe in der Jupiteratmosphäre (L)	1970	5	147
Messungen an Phobos (L)	1970	5	147
Rätsel der Venusatmosphäre (L)	1970	5	160
Marssmond Phobos wurde fotografiert (L)	1971	1	13
Radarbeobachtungen der Venusoberfläche (Friedemann, Ch.)	1972	1	33
Fester Wasserstoff auf dem Jupiter? (L)	1971	3	84
„Mars 2“ und „Mars 3“ (Pfaffe, H.)	1971	4	105
Von Hypothesen zu Tatsachen. Zum Flug von „Mars 2“ und „Mars 3“ (L)	1971	4	114
Ist Unerwartetes auf dem Mars zu erwarten? (L)	1971	4	4. US
Jupiter-Modell (L)	1972	3	84
Der Planet Venus – ein Ziel der Raumforschung (Hoppe, J.)	1972	4	97
Neues vom Mars durch Marssondenbeobachtungen (L)	1972	4	116
Ein Beobachter auf der Venus (L)	1972	4	3. US
Marskanäle – neu gesehen. Eine Hypothese zur Deutung des Erscheinungsbildes (Koch, A.)	1972	5	136
Neues von Jupiter und Saturn (L)	1972	6	183

Kleinkörper: Planetoiden, Kometen, Meteorite

Mikrometeorite in Erdnähe und im interplanetaren Raum (I)	1963	1-2	45
Glametereite vom Mond (L)	1963	1-2	48
Die Durchschlagskraft von Mikrometeoriten (L)	1964	4	123
Stürzt Ikarus 1968 auf die Erde? (L)	1966	6	184
Rätsel der Steinigen Tunguska (Ander, A.)	1967	1	1
Vorbereitungen auf die Rückkehr des Halleyschen Kometen (L)	1967	1	22
Die künstliche Natur des Tungusischen Meteoriten (nach Sigel, F. W.)	1967	4-5	144
Meteoritenfunde in Australien (L)	1967	6	181
Begegnung der Erde mit dem Planetoiden Ikarus (Hoppe, J.)	1968	2	33
Meteoritenkrater in der Sahara entdeckt (L)	1968	3	78
Meteoritenfund in der UdSSR (L)	1968	3	83
Über die Bildung von Glykhydraten im Kern von Kometen (Strubell, W.)	1968	4	97
Über Eisenmeteorite. Wurden sie bereits von den Urmenschen genutzt? (Claasen, J.)	1968	4	103
Ikarus blieb ein lichtschwaches Objekt (L)	1968	6	170
Kometen, interplanetarer Raum und die Probleme des Sonnensystems (I)	1969	1	11
Annäherung des kleinen Planeten Geographos an die Erde (L)	1969	1	20
Neuere Ansichten über die Natur des Zodiakallichtes (Hoppe, J.)	1969	2	33
Woher kommen die Meteorite? (L)	1969	6	188
Organische Verbindungen in Meteoriten (L)	1970	2	45
Aufnahmen der Kometen „Bennett“ und „Tago-Sato-Kosaka“ (Neumann, K.-H.)	1970	2	46
Helle periodische Kometen der nächsten Jahre (L)	1970	4	106
2304333 Meteore gezählt (L)	1970	5	147
Ältester verlorengegangener Planetoid wiedergefunden	1971	2	48

Meteorite als Strahlungsforscher (L)	1971	2	62
Meteorite als Informationsträger (Hoppe, G.)	1971	5	136

Sonne

Korpuskularströme als Erzeuger von Radiostrahlung (L)	1963	3-4	77
Messungen der solaren Radiostrahlung bei 8 cm-Wellenlänge (L)	1963	3-4	77
Untersuchung der langsam veränderlichen Komponente der solaren Radiostrahlung bei 327 MHz (L)	1963	3-4	77
Messung der Intensität der Spektrallinien der Sonne in Abhängigkeit von der Phase der Sonnenaktivität (L)	1963	3-4	78
Die Lage von Flecken auf der Sonnenoberfläche (L)	1963	3-4	78
Geschwindigkeitsfelder in der Sonnenatmosphäre (L)	1963	3-4	78
Flecken-Protuberanzen vor der Sonnenscheibe (L)	1963	3-4	79
Der Intensitätsgradient der Koronalinie 6374 Å (L)	1963	3-4	79
Die Ausbreitung solarer Korpuskel und interplanetares Magnetfeld (L)	1963	3-4	80
Der Gegensehen und die Koronastrahlung der Sonne (L)	1963	3-4	80
Zur relativistischen Rotverschiebung im Sonnenspektrum (L)	1963	3-4	80
Astrophysikalische Forschungen im „Jahr der ruhigen Sonne“ (Künzeli, H.)	1963	5-6	129
Beobachtung solarer Protonen durch Explorer VII (L)	1963	5-6	165
Beobachtung solarer Protonen, Alphateilchen und schwerer Kerne bei Raketenauftaufen anlässlich einer Sonneneruption vom 15. Nov. 1960 (L)	1963	5-6	165
Beobachtung solarer Protonen durch den Injun-Satelliten im Juli 1961 (L)	1963	5-6	166
Eine direkte Beobachtung des „solaren Windes“ (L)	1964	2	58
Charakteristische Eigenschaften chromosphärischer Eruptionen, die mit Radiostrahlungsemissionen verbunden sind (L)	1964	2	58
Radioastronomische Beobachtung bewegter Wolken von Plasma in der Superkorona der Sonne (L)	1964	2	58
Sonnenfleckennimum und Definitive Sonnenflecken-Relativzahlen für 1965 (Naef, R. A.)	1966	4	109
Neuer Kanon der Sonnenfinsternisse (L)	1967	3	87
Röntgenfotos von der Sonne (L)	1967	4-5	147
Energetische Sonnenstrahlung (I)	1969	1	9
Der Ursprung des Sonnenwindes und seine astrophysikalischen Aspekte (I)	1969	1	10
Direkte Messungen von interplanetaren Feldern und Plasmen (I)	1969	1	11
Unsere Sonne als veränderlicher Stern (L)	1970	2	46
Magnetfelder in Sonnenähnlichkeit (L)	1971	5	149
OSO 7 fotografiert Sonneneruption mittels Röntgenstrahlen (L)	1971	5	155
Sonnenwind als Rotationsbeschleuniger? (L)	1971	5	3. US
Sonne und menschlicher Organismus (L)	1972	1	3. US
Hauptenergiequelle der Sonne ist der p-p-Zyklus (L)	1972	4	116
Sonnenaktivität und Gesundheit (L)	1972	4	13. US
Sonnenaktivität und Nadelholz (L)	1972	5	164
Expandernder Ring interplanetaren Gases mit Expansionszentrum nahe der Sonne (L)	1972	6	182

Sterne

Die Ökosphäre veränderlicher Sterne (Neumann, K.-H.)	1963	1-2	38
Veränderliche Sterne ohne Lichtwechsel (Pfaffe, H.)	1966	5	150
Junge Sterne (Wenzel, W.)	1967	2	38
Ein neuer Sterntyp (L)	1967	3	87
Überreste von Supernovae (Shklovsky, J. S.)	1967	4-5	130
Aufflammende Sterne (L)	1968	3	83
Über den Endzustand der Sternentwicklung (L)	1968	3	85
Neues aus der Radioastronomie. Pulsare (L)	1968	5	139
Die Zustandsgrößen der Fixsterne (Marx, S.)	1969	1	1
Pulsare (Marx, S.)	1969	1	14
3 weitere Pulsare (L)	1969	1	20
Neues über Barnards Pfeilstern (L)	1969	1	20
Neues über Pulsare (L)	1969	3	84
Die Erforschung der Veränderlichen Sterne (Wenzel, W.)	1969	4	110
Methoden zur Entfernungsbestimmung von Fixsternen (Marx, S.)	1969	5	133
Ergebnisse der Pulsarforschung (Marx, S.)	1969	6	165
Nova Vulpeculae 1968 (L)	1970	3	73
Stern 23.6 Größe gemessen (L)	1970	5	148
Röntgensterne (nach Ginsburg, W. L.)	1970	5	161
Der Veränderliche XX Camelopardalis (L)	1971	2	48
Der Veränderliche CV Serpentis stellte seinen Lichtwechsel ein (L)	1971	2	49
Spica als Doppelstern (L)	1971	2	49
Neue kurzerperiódische Bedeckungsveränderliche (L)	1972	5	153
Neue Flare-Sterne im Oriongebiet (L)	1972	5	153
Centaurus X 3, ein Bedeckungssystem? (L)	1972	5	153

Galaxien

Elektronenoptik im Dienste der Astronomie (Pfaffe, H.)	1963	1-2	37
Die Natur der Galaxis NGC 5128 (L)	1963	3-4	82

Beobachtung der UV-Strahlung von Himmelsobjekten über der südlichen Hemisphäre (L)	1964	2	59
Polarisation in der zentralen Komponente der Radioquelle Centaurus A (L)	1964	2	59
Eine Neubestimmung der Masse der Galaxis (L)	1964	4	123
Neues von Röntgenstrahlungsquellen (L)	1967	3	87
Von der Evolution der Galaxien (Ambarzumjan, W. A.)	1967	4-5	102
Zur Entwicklung extragalaktischer Radioquellen (Baier, Fr.)	1967	4-5	107
Röntgenstrahlung aus einem Spiralnebel (L)	1968	5	138
Ungewöhnliche Objekte im Weltall (Ambarzumjan, W. A.)	1968	5	141
Bewegungsgesetze von Sternansammlungen ermittelt (L)	1968	6	173
Quasistellares Objekt mit „Jet“ oder Stern mit Galaxie? (L)	1969	1	3. US
OH-Emissionsquellen (L)	1969	2	3. US
Veränderliche Galaxien? (L)	1970	2	45
Die Spiralstruktur unserer Milchstraßensystems (Marx, S.)	1970	3	70
2. IAU-Kolloquium über interstellaren Staub (L)	1970	3	71
Spektren außergalaktischer Objekte ermittelt (L)	1970	3	76
Die Sternsysteme der Lokalen Gruppe (Friedemann, Chr.)	1971	1	1
Weitere Moleküle im interstellaren Raum entdeckt (L)	1971	4	113
Ist eine Supernova-Explosion zu erwarten? (L)	1971	6	182
Nebel vom Gum-Nebel (L)	1971	6	182
Zwei neue Milchstraßensysteme (L)	1971	6	3. US
Gemeinsame Beobachtung von Quasaren (L)	1971	6	3. US
Weitere Moleküle im interstellaren Raum gefunden (L)	1972	1	3. US
Die Verteilung der Röntgenquellen (L)	1972	4	115
Interstellare Moleküle (Gürtler, J.)	1972	5	129
Unbekannte Energiequelle in der Cassiopeia (L)	1972	5	164
Extragalaktische Ca II-Absorptionslinien (L)	1972	6	182
Position und Identifikation der Röntgenquelle Cygnus X 1 (L)	1972	6	182
Energie aus dem Weltall? (L)	1972	6	183

Kosmogonie, Kosmologie, Wissenschaftsgeschichte

Vom Wirkungsquantum zum Sternspektrum (Herrmann, D.)	1964	3	78
1. Die Entdeckung des elementaren Wirkungsquantums	1964	4	101
2. Die Deutung der Atom- und Molekülspektren	1964	5-6	158
3. Astrophysik und Sternspektrum	1965	6	161
Über den Nachweis extraterrestrischen Lebens (Swart, H.)	1966	1	3
Historisches Kabinett (Hoffmann, H.)	1966	2	42
Aus der Geschichte der Astronautik (Hoffmann, H.)	1966	3	72
Über den Ursprung der kosmischen Strahlung (Strubell, W.)	1966	4	106
Siderius nuncius – Der Sternenbote (Classen, J.)	1966	4	108
Das optische Museum in Jena (Wolf, H.)	1966	5	129
Mikroorganismen von fremden Sternen? (Naumann, H.-D.)	1966	5	133
Das STEFAN-BOLTZMANNsche Gesetz – Ein Grundgesetz der Astrophysik (Wenzl, E.) – Teil 1	1967	1	6
dt.; Teil 2	1967	1	12
Wie weit und wie hoch flogen Raketen des 18. und 19. Jahrhunderts? (Strubell, W.)	1967	1	21
4 Supernovae in 1000 Jahren (I)	1967	2	33
Mondforschung – Rückschau und Ausblick (Ahner, P.)	1967	3	87
Selenologische Ansichten von Prof. Pascual Jordan (L.)	1967	4-5	97
Astronomische Forschungen in der Sowjetunion (Hoppe, J.)	1967	4-5	113
Die Meteoritenforschung in der SU (Classen, J.)	1967	4-5	132
M. W. LOMONOSOW als Astronom (Brandt, R.)	1967	4-5	148
50 Jahre Große Sozialistische Oktoberrevolution – 10 Jahre aktive Raumfahrt (Hoffmann, H.)	1968	6	173
Theorie des heißen Weltalls (L.)	1969	6	183
Vom Mondkult bis Apollo 11. Zeittafel zur Geschichte der Mondforschung	1969	6	188
Immer wieder: Leben auf dem Mars? (L.)	1969	6	193
Die Entwicklung des Höhenrekords vom ersten Heißluftballon bis Apollo 10 (Swart, H.)	1970	1	13
Der Einfluß der Philosophie auf die Revolution in der Physik (L.)	1970	5	148
Dokumente zur Mondforschung von 1492 bis 1970 (L.)	1970	6	161
Struktur und Entwicklung des überschaubaren Universums (Dorschner, J.)	1970	6	183
Weltall und Unendlichkeit (L.)	1971	1	12
Einfluß der Kosmosforschung auf die Weltanschauung (L.)	1971	1	13
Ameisenäsure im Weltall? (L.)	1971	4	112
Rotverschiebung nicht nur kosmologischen Ursprungs?	1971	6	161
Johannes Kepler – Leben und Werk (Hoppe, J.)	1971	6	168
Ist Mangan kosmischen Ursprungs? (L.)	1972	3	US
Supernovae-Entdeckungen seit 1885 (Marx, S.)	1972	3	68

Instrumente

Das Radioteleskop von Sugar Grove wird nicht gebaut.	1963	1-2	47
Neues Radioteleskop; Green Bank (L.)	1963	1-2	48
Geometrische und Wellenoptik in der Astronomie (Rötsch, M.)	1963	3-4	71
I. Bildfehler	1963	5-6	137
II. Abbildungsfehler	1963	5-6	137

Radio teleskope - Ohren im Weltall (Rötsch, M.)	1963	5-6	149
Geometrische und Wellenoptik i. d. Astronomie (Rötsch)			
III. Abbildungsfehler	1964	1	15
IV. Achromatische Fernrohrobjektive	1964	2	49
V. Beugung - Interferenz - Aplanasie - Apochromasie	1964	3	82
VII. Polarisiertes Licht	1964	4	107
VII. Interferenzerscheinungen	1964	5-6	167
Asphärische Spiegel - ihre Anwendung in Astronomie und Astronautik (Rötsch, M.)	1965	2	46
Lohnt der Bau von Radioteleskopen noch? (Rötsch, M.)	1965	4	97
Die Kardinalelemente der optischen Glaslinsen und ihre numerische Berechnung nach SEYDEL-BEREK (Rötsch, M.) - Teil 1	1965	4	105
dto. - Teil 2	1965	5	138
Das optische System aus Äquivalentlinsen in Luft (Rötsch, M.)	1966	2	35
Die radioastronomische Instrumententechnik (Naumann, H.-D.) - Teil 1	1966	4	97
dto. - Teil 2	1966	6	166
Teleskop der „Deutsch-sowjetischen Freundschaft“ (Jensch, A.)	1966	5	146
Neues Riesen-Radioteleskop (L)	1966	6	184
Amateurastronom aus der CSSR gießt 105 cm-Spiegel (Classen, J.)	1968	2	39
Das größte vollbewegliche Radioteleskop der Erde (L)	1968	3	83
Abstastgerät zur kartographischen Erfassung des Mondes (L)	1968	3	84
Neues Spiegelteleskop in der UdSSR, 6 m-Spiegel (L)	1968	4	115
Neues Material für Teleskopspiegel (L)	1968	5	138
Fernsehkamera für Mondastronauten (L)	1968	5	159
Zweite Antenne für Raisting (Naumann, H.-D.)	1969	2	64
Zwei neue Großspiegel (Classen, J.)	1969	2	3. US
Neues Riesen-teleskop (Classen, J.)	1969	6	167
Informationsgrenzen des Tautenburg-Schmidt-Teleskops (L)	1970	2	46
3-m-Spiegelteleskop in Erdsatelliten vorgeschlagen	1970	2	46
Zweite Antenne in Pleumer-Bobau in Betrieb genommen	1970	3	73
Optik für den Amateur: Bilddefinition des Spiegelteleskops (Stachowski, D.)	1970	4	97
Holländisches Radioteleskop in Westerbork in Betrieb genommen (L)	1971	1	13
Das Eifelberger Radioteleskop (Hoffmann, H.)	1971	6	167
Objektivprismenaufnahmen (Marx, S.)	1972	3	74.
Radioteleskopanlage in der Wüste New Mexiko geplant	1972	4	3. US
Selbstbau von Teilkreisen für die einfache Montierung vom VEB Carl Zeiss Jena (Schätz, J.)	1972	5	150

Amateure beobachten und berichten

Sonnenfleckenebeobachtungen 1962 (Schütz, E.)	1963	1-2	42
Die Sonnenfleckentätigkeit im 2. und 3. Quartal 1963 (Schütz, E.)	1963	5-6	167
- im 4. Quartal 1963 (Schütz, E.)	1964	1	28
- im 1. Quartal 1964	1964	3	94
- im 2. Quartal 1964	1964	4	114
- im 3. Quartal 1964	1964	5-6	177
- im Jahre 1964	1965	1	22
- im 1. Quartal 1965	1965	4	117
- im 2. Quartal 1965	1965	5	152
- im Jahre 1965	1966	1	12
- im 1. Quartal 1966	1966	4	109
- im 2. Quartal 1966	1966	5	150
- im 3. Quartal 1966	1966	6	185
- im Jahre 1966	1967	2	46
- im 1. Quartal 1967	1967	3	85
- im 2. Quartal 1967	1967	6	177
- im 3. und 4. Quartal 1967	1968	1	11
- im 1. Quartal 1968	1968	3	87
- im 2. Quartal 1968	1968	5	136
- im 3. Quartal 1968	1968	6	174
- im 4. Quartal 1968	1969	1	22
- im 1. Quartal 1969	1969	3	78
- im 3. Quartal 1969	1969	6	176
- im 4. Quartal 1969	1970	1	12
- im 1. Quartal 1970	1970	3	77
Volksternwarte Jonsdorf (Fröhlich, W.)	1963	1-2	40
Jahresbericht der Astronomischen Arbeitsgemeinschaft „Urania“ Jena für das Jahr 1962 (Wolf, H.)	1963	1-2	41
Beobachtung der Mondfinsternis 1963 Juli 6/7 in Gera (Müller, H.)	1964	1	28
Protokoll über die Beobachtung der Mondfinsternis 1964 Juni 24/25 an der Schulternwarte Herzberg (Schmidt, K.L.)	1964	4	119
Beobachtung der totalen Mondfinsternis am 24./25. Juni 1964 an der Schulbeobachtungsstation Groß-Räschen (Suckow, Schulz)	1964	4	121
Beobachtung der totalen Mondfinsternis am 24./25. Juni 1964 im Bezirk Dresden (Blasberg, H.-J.)	1964	5-6	178
Eröffnung der Volkssternwarte Radeberg (Bär, E.)	1965	1	18
Plauener Tagung der Amateurastronomen (Gerlach, K.)	1965	1	19
Eine verhinderte Finsternisbeobachtung (Löchel, K.)	1965	1	21
Beobachtung des Vogelzuges vor der Mondscheibe (Wolf, H.)	1965	2	44

Astronomische Beobachtungsstation Rostock (Pfaffe, H.)	1965	5	152
Die Sterne haben es ihm angetan. Martin Wendler, Königsbrück (Brumm, H.-W.)	1966	1	10
Geburtstag am Fernrohr. Über die Fachgruppe Astronomie in Leipzig	1966	1	12
Luna 9 auf der Spur. Über die Fachgruppe Zerbst	1966	1	13
2 Jahre astronomische AG „Bruno H. Bürgel“ in Potsdam (Zenker, A.)	1966	2	44
Eröffnung der Sternwarte „Dr. H.-J. Gramatzki“ in Kleinmachnow (Zenker, A.)	1966	3	3. US
Venusflecken von der Sternwarte Pulsnitz beobachtet (Classen, J.)	1966	4	110
Meteoriten aus der Sowjetunion in der Pulsnitzer Sternwarte (Classen, J.)	1966	4	110
Die Bruno H. Bürgel-Sternwarte in Hartha fotografierte eine Barium-Dampfwolke (Busch, H.)	1966	4	110
Beobachtung der Sonnenfinsternis vom 20. Mai 1966 in Dresden (Blasberg, H.-J.)	1966	5	142
Halo-Tage 1965 (Sandner, W.)	1967	2	45
Sommerreise 1967 zur Krimsternwarte und zur Stadt der Wissenschaften „Nauchny“ (Otto, E.)	1967	4-5	131
Anregungen für den Bau einer kleinen astronomischen Beobachtungsstation (Söllner, P.)	1967	6	173
Die neue Jugendsternwarte „Wladimir Komarov“ in Potsdam-Babelsberg (Zenker, A.)	1967	6	179
Erfolgreiches 1967 der Astronomischen AG „Urania“ Jena (Wolf, H.)	1968	1	12
Vogelzugbeobachtungen vor der Mondscheibe 1965/66 (Wolf, H.)	1968	2	37
Langjährige Mittel der monatlichen Halo-Tage (Sandner, W.)	1968	4	110
Besonders schöne Sonnenfinsternis auf Jupiter (Schmalwasser, H.)	1968	4	110
Planetarium in Potsdam eröffnet (Zenker, A.)	1968	5	138
Die Volks-, Schul- und Privatsternwarten der DDR im Zittauer Gebirge (Sigmund, K.)	1968	5	129
Bericht über die Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis vom 22. Sept. 1968 (Neumann, K.-H.)	1968	6	161
Die Bruno H. Bürgel-Sternwarte in Hartha (Busch, H.)	1969	4	105
Erfahrungen aus der Fachgruppenarbeit (Blasberg, H.-J.)	1969	4	127
Aus einem Ausstellungsbericht der Fachgruppe Thal.	1969	5	143
Leuchterscheinungen am Nachthimmel (Richter, G.)	1969	6	177
Das Erdbeben vom 22. Januar 1970 (Wolf, H.)	1970	1	11
Neue Schulsternwarte in Osterfeld eröffnet (L.)	1970	3	74
Der Merkurdurchgang am 9. Mai 1970, beobachtet in Potsdam (Zenker, A.)	1970	3	77
Beobachtung des Kometen Abé, 1970 g (Böhme, D.)	1971	1	11
Die Mondfinsternis am 6. August 1971 (Böhme, D.)	1971	4	108
Das Astronomische Zentrum „Bruno H. Bürgel“ in Potsdam (Zenker, A.)	1971	4	111
Die Sternwarten der DDR: Volks- und Schulsternwarte „Juri Gagarin“ Eilenburg (Sigmund, K.)	1971	5	139
Mondfinsternis 1971 August 06 (Böhme, D.)	1972	2	45
Mondberghöhenmessungen auch an der Schulsternwarte Rodewisch (Ruhnow, D.)	1972	2	46
Mondfinsternis 1971 August 06 (Blasberg, H.-J.)	1972	2	47
Meteorschau vor der Mondscheibe (Mosch, J.)	1972	2	48
Der Große Rote Fleck auf Jupiter 1971 (Blasberg, H.-J.)	1972	2	51
Erfahrungen bei Jupiterbeobachtungen (Dietrich, M.)	1972	2	52
Marskarte aus Beobachtungen während der Opposition 1971 (Mosch, J.)	1972	3	Bild
Untersuchung langperiodischer Änderungen der Bahnelemente künstlicher Erdsatelliten (Otto, E. jun.)	1972	6	174
Eine Uhr für den Astroamateur (Schulze, W.)	1972	6	179

Beobachtungsanleitungen

Bestimmung des Durchmessers von Mondringgebirgen mit einfachen Mitteln (Suckow, A.)	1963	1-2	28
Beobachtungen von Jupitermond-Verfinsternissen und Sternbedeckungen als lohnende Aufgaben für Volkssternwarten und Amateurastronomen (Ahnert, P.)	1963	3-4	66
Die Taschenuhr als Stoppuhr (Suckow, A.)	1963	3-4	68
Die Grunderscheinungen und Anwendungsmöglichkeiten der Polarisation von Lichtstrahlen (Rötsch, M.)	1964	2	46
Die Anwendung der WALDMEIERschen Gesetze für den abklingenden Teil der Sonnenfleckenkurve (Schütz, E.)	1964	4	119
Eine Näherungsmethode zur Messung der Höhen von Mondbergen mit einfachen Mitteln (Suckow, A.)	1964	5-6	172
Physiologische Optik in der Astronomie (Rötsch, M.)	1965	1	11
Astronomische Beobachtungen im Infrarot (Marx, S.)	1969	3	65
Satellitenmessungen mit dem Schüffernrohr (Otto, E.)	1969	3	67
Moderne astronomische Beobachtungsmethode (L.)	1969	3	83
Über die Methode zur Erhöhung der Reichweite fotografischer Aufnahmen (L.)	1969	3	84
Probleme des Liebhaberastronomen (Ahnert, P.)	1969	4	122
Konstellationen und Ereignisse am Sternhimmel 1970 (Marx, S.)	1969	6	171
Sternbedeckungsbeobachtungen durch den Mond (L.)	1969	6	186
Spektrographische Aufnahmen mit den Mitteln des Amateurastronomen (Junge, K.; Pfau, W.)	1970	1	1
Telefotografie durch Kombination zweier Objektive (Newiak, K.)	1970	1	8
Photographische Photometrie in der Astronomie (Marx, S.)	1970	3	65
Die Szintillation und ihre Wirkung auf die Beobachtung (Marx, S.)	1970	4	101
Sonnen- und Sternzeit (Marx, S.)	1970	5	136
Erfahrungen beim Fotografieren astronomischer Objekte (Wanags, H.)	1970	5	141
Konstellationen und Ereignisse am Sternhimmel 1971 (Marx, S.)	1970	6	172
Über die Sichtbarkeitsbedingungen von Erdsatelliten (Strubell, W.)	1970	6	186
Zur Beobachtung der scheinbaren Venus-Dichotomie und deren Auswertung (Zschau, E.)	1971	3	73
Hinweise und Aufforderung zur Beobachtung des GRF auf Jupiter (Blasberg, H.-J.)	1971	3	83
Die Anwendung von Äquidistanzen auf astronomische Probleme (Reiche, J.)	1971	5	129
Anwendungsmöglichkeiten der Äquidistanzentechnik für den Amateurastronomen (Kitta, D.)	1971	6	176
Konstellationen und Ereignisse am Sternhimmel 1972 (Marx, S.)	1972	1	1
Höhenbestimmung von Oberflächenformen auf dem Mond aus Fernrohrbeobachtungen (Quellmalz, R.)	1972	1	11

Die Erdatmosphäre als Störenfried bei astronomischen Beobachtungen: Refraktion (Marx, S.)	1972	2	33
Planetensichtbarkeit 1972. 2 Tabellen (Albert, H.)	1972	2	4. US
Die Beobachtung der visuellen Venus-Dichotomie (Blaesberg, H.-J.)	1972	2	48
Die fotografische Beobachtung der Planeten (Sigmund, K.)	1972	3	75
Hilfen zur Reichweitenbestimmung des Fernrohrs: Die internationale Polsequenz (Albert, H.)	1972	3	3/4. US
Die atmosphärische Extinktion (Marx, S.)	1972	4	99
Beobachtung von Sternbedeckungen durch den Mond (Miltzner, K.)	1972	4	104
Justierhilfe für den Newton-Reflektor (Grünberg, A.)	1972	4	110
Hilfen zur Reichweitenbestimmung des Fernrohrs: Die Plejadensterne. Mit Katalog und Karte (Albert, H.)	1972	5	146
Konstellationen und Ereignisse am Sternhimmel 1973 (Marx, S.)	1972	6	168
Planetensichtbarkeit 1973. 2 Tabellen (Albert, H.)	1972	6	3/4. US

Astronomieunterricht

Gedanken zur Behandlung astronautischer Probleme im Astronomieunterricht (Otto, E. jun.)	1964	1	34
Die Schulsternwarte Rostock	1967	1	19
Astronomieunterricht und Amateurastronomie (Lindner, K.)	1969	4	118
Aufgaben und Organisationsformen für astronomische Schülertbeobachtungen (Lindner, K.)	1969	5	140
Eine Kerblöchekarte als Datenspeicher: Raumflugkörper (Swart, H.)	1970	4	116
Zur Auswahl des Lehrstoffes für den Astronomieunterricht (Lindner, K.)	1970	6	169
Arbeitstagung zur Unterstützung des Astronomieunterrichts	1971	2	43
Regionaltagung in Magdeburg (Albert, H.)	1971	3	69
Amateure unterstützen die Schulastronomie. Zur 2. Regionaltagung (Albert, H.)	1971	4	109
Astrophysikalische Beobachtungen mit Teilnehmern schulischer Arbeitsgemeinschaften (Wettengel, G.)	1972	2	41

Verschiedenes

Vorwort (Pfaffe, H.)	1963	1-2	1
Glückwünsche zum 2. sowjetischen Gruppenflug	1963	1-2	2
Zwei neue Entdeckungen auf dem Gebiete der Laser-Strahlung (Rötsch, M.)	1963	3-4	74
MAX KUTSCHE gestorben (Pfaffe, H.)	1963	3-4	110
In memoriam EUGEN SÄNGER (Hoffmann, H.)	1964	5-6	182
Vergessene Kulturerbe? (Schünemann, S.)	1965	3	84
Inhaltsverzeichnis zur Artikelsammlung „Künstliche Erdsatelliten“	1965	3	86
Sonnenuhren gesucht (Zenker, A.)	1966	2	45
Fernrohrmangel in der BRD (L)	1966	6	184
Sternwartenprojekt in Österreich (L)	1966	6	184
Radius 1000 Lichtjahre (I)	1967	1	21
Milesteinen der Raumfahrt - Zum Tod Oberst KOMAROWS (Pfaffe, H.)	1967	4-5	156
Sammlung von Sprüchen auf Sonnenuhren	1967	6	181
Druckfehlerberichtigung zu Heft 5/1966	1967	6	181
Prof. Dr. Cuno HOFFMEISTER gestorben (Wenzel, W.)	1968	1	13
Die hydropneumatische Rakete. Theorie eines Spielzeugs (Hantzsche, E.)	1968	1	23
Astronomische Schnellnachrichten	1968	2	51
dto. . . .	1968	3	87
Neuer Mondatlas - Berliner Mondatlas (Pfaffe, H.)	1968	2	64
Neue Definition der Sekunde (L)	1968	3	85
Von der Mikrowelt zum Kosmos (L)	1968	4	115
Waren außerirdische Kosmonauten bei uns zu Gast? (Reintanz, G.)	1968	5	132
300 000 Jahre mit ± 1 Sekunde Differenz (Rötsch, M.)	1968	5	134
Bölsche-Preis für L. I. SEDOW (Hoffmann, H.)	1968	5	160
Erstaunliche Beobachtungen der Astronomen (Sonne, Neutrinoastronomie, neue Himmelsuhren) (L)	1968	6	170
Eine Testmöglichkeit für die Relativitätstheorie (L)	1969	1	21
GANSWINDT - der „Edison“ von Schöneberg (Hoffmann, H.)	1969	3	94
Zum 20. Jahrestag der DDR	1969	4	97
Auf Datennempfang am Himmel. Aus der Arbeit und von den Aufgaben des Karl-Schwarzschild-Observatoriums Tautenburg (Richter, N.)	1969	4	98
Besuch der Sternwarte Wroclaw (Stachowski, D.)	1969	6	177
LENINS sozialistischer Staat als Förderer der Raumfahrt (Hoffmann, H.; Pfaffe, H.)	1970	1	19
Die HUBBLE-Konstante (L)	1970	4	104
Über einige Effekte bei großen Geschwindigkeiten (Classen, J.)	1970	5	129
Feuerüberfall auf Spiegelteleskop (L)	1970	5	147
Laser simuliert Mondprozesse (L)	1971	1	13
Kulturpolitische und fachliche Aufgaben für den astronomischen Teil der Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“ (Marx, S.; Sigmund, K.; Albert, H.)	1971	3	65
Der Weltraum - ein Laboratorium der Erde (Biagronrawow, A.; Saizew, I.)	1971	3	66
20.Jahre Jodrell Bank (Hoffmann, H.)	1971	4	101
Wie hell ist es Innen eines Kugelsternhaufens? (L)	1971	4	113
Automatisierung in der Astronomie (L)	1971	4	113
Perspektiven der geodätisch-astronomischen Arbeiten mit Fundamentalinstrumenten (Kautzleben, H.)	1971	6	179
- Kontakt mit außerirdischen Zivilisationen? (L)	1972	1	4. US
Röntgen- und Gammaastronomie (Zimmer, D.)	1972	3	65
Dr. rer. nat. h. c. PAUL AHNERT 75 Jahre (Richter, G. A.)	1972	6	180

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Die V. Zentrale Tagung Astronomie (Berger, J.; Pfaffe H.)	1963	3-4	108
Seminar für Fachgruppenleiter Astronomie in Oybin	1963	3-4	109
Bericht über das Astronomie-Seminar in Oybin (Berger, J.; Sigmund K.)	1963	5-6	169
Bericht über die VI. Astronomie-Tagung in Dresden (Sigmund, K.)	1963	5-6	170
Astronomie-Tagung in Leipzig (Wolf, H.)	1963	5-6	191
Auszeichnungen zum 20. Jahrestag des Deutschen Kulturbundes	1965	4	117
Ferienkursus für Satellitenbeobachter	1965	5	153
Beobachtungswettbewerb des ZFA Astronomie (Veränderliche Sterne)	1965	5	154
Arbeitsplanentwurf 1966	1966	1	9
Beobachtungswettbewerb (Veränderliche Sterne)	1966	1	9
Tätigkeitsbericht der Fachgruppen des Bezirkes Dresden	1966	3	83
Tätigkeitsbericht der Fachgruppe Hildburghausen (Schütz, E.)	1966	4	110
Tätigkeitsbericht der Sternwarte Pulsnitz (Classen, J.)	1966	5	151
Astronomie-Tagung in Dresden (Sigmund, K.)	1967	2	46
Arbeitsplan des Bezirksfachausschusses Leipzig (Lindner, K.)	1967	3	85
Tätigkeitsbericht 1966 der Sternwarte Pulsnitz (Classen, J.)	1967	3	86
VI. Zentrale Tagung für Astronomie am 3./4. Juni 1967 in Jena	1967	6	178
Tätigkeitsbericht 1967 der Sternwarte Pulsnitz (Classen, J.)	1968	2	44
Beratung des ZFA Astronomie am 24. Mai 1968 in Leipzig (Wolf, H.)	1968	5	136
Seminar „Himmelsfotografie“ in Hartha (Sigmund, K.)	1968	6	167
Funfjähriges Bestehen der Fachgruppe Potsdam	1969	1	21
Zur Gründung einer Fachgruppe Astronomie in Berlin (Stachowski, D.)	1969	1	22
Tätigkeitsberichte der Fachgruppen Astronomie des BFA Dresden	1969	2	45
Perspektivplan des ZFA Astronomie (Lindner, K.)	1969	4	3. US
Tätigkeitsberichte der Fachgruppen Astronomie des BFA Dresden 1969	1970	2	51
Seminar für Veränderlichen-Beobachter in Eilenburg	1970	2	53
Tätigkeitsberichte 1970 der Fachgruppen Astronomie des BFA Dresden	1971	3	70
Seminar „Beobachtung der Planeten und ihrer Monde“ (Christoph, T.)	1971	4	111
Exkursion nach Moskau und Leningrad (Eiltzer, E.)	1972	1	23
Ergebnis des Fotowettbewerbs anlässlich der sowjetischen Kosmos-Ausstellung in Karl-Marx-Stadt (Ruhnnow, D.)	1972	1	23
KEPLER-Ehrung in Halle (Albert, H.)	1972	1	24
COPERNICUS-Jugendwettbewerb des ZFA Astronomie	1972	3	81
Tätigkeitsberichte 1971 der Fachgruppen Leipzig und Eilenburg (Lindner, K.; Otto, E.)	1972	3	82
Tätigkeitsbericht der Fachgruppe Hartha 1970/71 (Busch, H.)	1972	4	103
Spektroskopie-Seminar in Apolda (Busch, H.)	1972	5	152
Über den wissenschaftlichen Nutzen der Amateurastronomie (Ahnert, P.; Bartl, E.; Lindner, K.; Wenzel, W.)	1972	6	165
Tätigkeitsberichte der Fachgruppen des Bezirkes Rostock (Albert, H.)	1972	6	181

ASTRONAUTIK

Berichte und Informationen

Teilbericht über die Konferenz der Vertreter von Satellitenbeobachtungsstationen sozialistischer Länder über Fragen der fotografischen Vermessung künstlicher Satelliten in Leningrad (Penzel, E.)	1963	1-2	15
Start von Syncrom 1 (Naumann, H.-D.)	1963	1-2	22
Der XIII. IAF-Kongreß in Warna und die Aufgaben der Deutschen Astronautischen Gesellschaft (Ruhle, F.)	1963	1-2	51
Arbeitsgruppe „Dokumentation“ gebildet	1963	1-2	63
Von „Mars 1“ bis „Wostock 6“ (Pfaffe, H.)	1963	3-4	105
Automatischer Mondforscher (Pfaffe, H.)	1963	3-4	107
Kommission „Astronautik und Schule“ konstituiert	1963	3-4	127
Die Raumforschung in Frankreich (Neumann, K.-H.)	1963	3-4	152
Die Sicherungen gegen Strahlung während der Raumflüge der sowjetischen Kosmonauten Gagarin, Titow, Nikolajew und Popowitsch (I.)	1963	3-4	155
Probleme der Strahlungssicherheit bei Raumflügen (I.)	1963	3-4	156
Syncrom 2 - Details (I.)	1963	3-4	157
Der dritte britische Satellit (I.)	1963	3-4	158
Der Flug von Mariner 2 (I.)	1963	3-4	158
Frankreich errichtet Raketenbeobachtungsanlagen auf den Azoren (L.)	1965	2	55
Italien schließt Abkommen mit Kenia (L.)	1965	2	55
COMSAT und NASA einigen sich über den Start von „Early Bird“ (L.)	1965	2	55
XV. IAF-Kongreß, Warschau: Bodenhilfsausrüstungen und Starteinrichtungen im Kennedy-Raumflugzentrum	1965	2	56
Fünf Jahre Deutsche Astronautische Gesellschaft (Pfaffe, H.)	1965	4	124
Jahresbericht 1964 der Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“ und DAG	1965	4	125
5. Europäischer Raumfahrtkongreß (Mielke, H.)	1965	5	157
(NASA) für den bemannten Mondflug	1965	6	185
Mariner 4 und Sonde 3 - zwei Raumflugkörper mit astronomischer Aufgabenstellung (Neumann, K.-H.)	1965	6	193
Satelliten zum „Jahr der ruhigen Sonne“ (Priesemuth, B.)	1966	2	40
Die Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt 1965 (Neumann, K.-H.)	1966	4	115
Voyager-Einsatz verschoben (Hoffmann, H.)	1966	5	158
Raketenexperiment beobachtet (L.)	1966	6	185
Satelliten auf Himmelsaufnahmen (L.)	1966	6	185
XVII. IAF-Kongreß (Pfaffe, H.)	1966	6	191
Satelliten-Fernmeldestationen für Mondexpeditionen	1967	1	21
Kein Interesse für internationale Nachrichtensatelliten (I.)	1967	1	21
Nochmals: Raketen-Experiment in Süddeutschland beobachtet (L.)	1967	1	22
Erste „Satellitenfirma“ (L.)	1967	1	22
Apollo-Raumschiff nicht nur zum Mond? (L.)	1967	1	22
Sowjetunion plant Nachrichtensatelliten für Direktempfang (L.)	1967	1	22
Leitschiffe für Apollo-Mondflug (L.)	1967	1	22
Sowjetische Raumforschung 1964 - 1966 (Neumann, K.-H.)	1967	2	52
Zweiter Jahresbericht der Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“ (Neumann, K.-H.)	1967	3	92
10 Jahre optische Satellitenbeobachtung in der DDR (Penzel, E.)	1967	4-5	141
Die Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt 1966 (Neumann, K.-H.)	1967	4-5	158
Die Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt im 1. Halbjahr 1967 (Neumann, K.-H.)	1967	4-5	165
Die Beobachtungsstation „Junge Welt“ beim Pfingsttreffen der FDJ in Karl-Marx-Stadt	1967	4-5	170
Brief des Clubs Junger Astronauten „G. Titow“ in Leipzig an den Chefredakteur	1967	4-5	171
Astronautische Objekte der Gegenwart (Hoffmann, H.)	1967	8	26
Neue britische Nachrichten-Satelliten-Bodenstation	1968	3	83
3. Jahresbericht der Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“ (Neumann, K.-H.)	1968	6	184
Goonhilly II eröffnet (L.)	1969	3	96
Die Entwicklung der Deutschen Astronautischen Gesellschaft (Pfaffe, H.)	1969	4	131
Bericht vom XIX. IAF-Kongreß 1968 in New York (Hollax, E.)	1969	5	144
Fernmeldesatellit „Symphonie“: Starttermin erst nach der Olympiade (L.)	1969	5	159
Die Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt 1968 (Neumann, K.-H.)	1969	5	159
Zweite Weltraumfunkkonferenz 1971 einberufen (L.)	1969	6	189
Intelsat IV (Naumann, H.-D.)	1969	6	196
Kooperation im Kosmos. Bericht über den XX. Kongreß der IAF (Hoffmann H.)	1970	2	54
Kanadische Firma baut in Pakistan Satellitenbeobachtungsstation; Frankreich baut Satellitenbeobachtungsstation (Stachowski, D.)	1970	2	62
Das Unternehmen „Apollo 18“ (Neumann, K.-H.)	1970	3	8
Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt 1969 (Neumann, K.-H.)	1970	4	123
Kongresse der Internationalen Astronautischen Föderation IAF (L.)	1970	5	149
Ursache des Apollo 13-Unglücks geklärt (L.)	1971	1	13
Einige Ergebnisse des XXI. IAF-Kongresses (Neumann, K.-H.)	1971	1	25
Zwei Pioneer-Sonden zum Jupiter (L.)	1971	2	50
Die Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt 1970 (Neumann, K.-H.)	1971	2	55
Die Entwicklung der bemannten Raumfahrt der Sowjetunion (Neumann, K.-H.) - Teil 1	1971	4	125
dto. - Teil 2	1971	5	156
Sowjetische und USA-Kosmonauten (Aufstellung)	1971	5	159
Bericht über die 34. Jahrestagung der Meteoritical Society (Neumann, K.-H.)	1972	1	7
Die Weltraumforschung und die Weltorganisation für Meteorologie (Fellhauer, H.)	1972	1	25

Neue Ergebnisse über das Fernmeldesatellitenprogramm „Symphonie“ und einige Länderberichte (L)	1972	1	32
Dritte Zusammenkunft von Raumfahrtexperten der UdSSR und der USA (L)	1972	2	53
Programmablauf von Lunochod 1 (Neumann, K.-H.)	1972	2	61
Der Internationale Fermeldeverein fördert die Erforschung des Weltraums - Teil 1	1972	2	54
dto. - Teil 2 (Fellhauer-Stelzner, H.)	1972	3	87
Besuch bei der Bulgarischen Astronautischen Gesellschaft (Herrmann, D. B.)	1972	3	92
Pioneer 10 passierte den marsnahen Raum (L)	1972	5	164

Satellitenbeobachtung, technische Probleme

Technische Probleme des 2. bemannten Gruppenfluges (Pfaffe, H.)	1963	1-2	3
Bald totales Rendezvous (Pfaffe, H.)	1963	3-4	65
Zum Problem der Synchronsatelliten (Naumann, H.-D.)	1963	3-4	82
Der Satellitenbeobachtungsdienst der USA (nach NASA)	1963	3-4	85
Amerikanische Nachrichtensatelliten - Eine Bilanz über fünf Jahre (Hoffmann, H.)	1963	3-4	96
Probleme bei der Durchführung astrophysikalischer und astronomischer Messungen mit Hilfe von Raumfugkörpern (Ruhle, F.)	1963	3-4	111
Grundlagen der Kosmeteknik (Buble, F.)	1963	5-6	171
Die Steuerung von Raumfugkörpern (Ruhle)	1963	5-6	173
Die Zuverlässigkeit von Raumfugkörpern (Neumann, K.-H.)	1964	1	1
Zukünftige Anwendungsmöglichkeiten von Lasern in der Raumfahrttechnik (Naumann, H.-D.)	1964	1	10
Projekt der Satellitenortung mit Hilfe von Laser-Geräten (L.)	1964	1	25
Berechnung der Ephemeriden künstlicher Erdsatelliten an der Ephemeridenzentrale der DDR (Lange, M.)	1964	1	30
Energieversorgung in Raumfugkörpern (Mielke, H.)	1964	2	37
Einiges zur Strahlungseinwirkung auf Satellitengeräte (Naumann, H.-D.)	1964	3	69
Studie über Sonnensonden (L.)	1964	3	91
GD/A-Satellit zum Studium der Hochatmosphäre (L.)	1964	3	92
Über die Ausrüstung der zukünftigen Tiros-Satelliten	1964	3	93
Funktechnische Satellitenbeobachtungsstation der Deutschen Astronautischen Gesellschaft (Hoffmann, H.)	1964	3	95
ISIS-Ionosphärensatelliten (Hoffmann, H.)	1964	3	99
Probleme des Raumfluges im Erde-Mond-Bereich. Das Dreikörperproblem - Teil 1 (Hantzsche, E.)	1964	4	124
Langzeitspeicheranlage der DAG	1964	4	132
dto. - Teil 2	1966	1	14
dto. - Teil 3	1966	2	51
dto. - Teil 4	1966	5	152
Nimbus A 1 (Hoffmann, H.)	1964	5-6	156
Optisches Radarsystem mit nichtkohärentem Licht für das Weltraumrendezvous (L.)	1964	5-6	180
Optische Messung der Orientierung der Drallachse des Satelliten Telstar und ihre zeitlichen Änderungen (L.)	1964	5-6	180
Funktechnische Beobachtung der sowjetischen Erdsatelliten mit rund 60° bzw. 51° Bahnneigung (Neumann, K.-H.)	1964	5-6	183
Einige Probleme des Nachrichtenverkehrs mit künstlichen Satelliten und Raumsonden (Naumann, H.-D.)	1965	1	1
Die Satelliten der Elektron-Serie (Neumann, K.-H.)	1965	1	23
Über die aerodynamische Erwärmung von Flugkörpern (Strubell, W.)	1965	1	31
Sonde 2 - Mariner 3 und 4 (Neumann, K.-H.)	1965	2	33
Die Trägerrakete „Europa 1“ (Hoffmann, H.)	1965	3	76
Betrachtungen zu den Satelliten der Kosmos-Serie (Neumann, K.-H.)	1965	3	89
Der kleinste Raketenmotor (L.)	1965	4	123
Werkstoffe für die Raketenfertigung (Sachse, M.)	1965	5	129
Raumforschung und Nachrichtentechnik (Hoffmann, H.)	1965	5	134
Nimbus 1 (Neumann, K.-H.)	1965	5	147
Überwachung und Auswertung der Probelaufe des F 1-Triebwerkes mit einer IBM-Datenverarbeitungsanlage	1965	5	154
Internationaler Uhrenvergleich (L.)	1965	5	155
Wetterempfangsanlage von Rolde und Schwarz (L.)	1965	5	156
Bemerkungen über Dichtungsprobleme in Raumfahrzeugen (Röder, V.)	1965	5	159
Raumschiffe als thermionische Konverter (L.)	1965	6	184
Mondflugprobleme (Hoffmann, H.)	1966	1	6
Griffe der Astronauten	1966	1	8
	1966	2	41
Fernsehdirekttempfang von Satelliten (Naumann, H.-D.)	1966	2	33
Einige Probleme der Raketenfertigung (Sachse, M.)	1966	3	73
Das erste amerikanische Rendezvous im Weltraum (Friesemuth, B.)	1966	3	88
Brennstoffelemente für die Raumfahrt (Swart, H.)	1966	3	90
Der Gemini-Antreibstornister (Hoffmann, H.)	1966	5	149
Strahlungsdruck und Raumfugtechnik (Naumann, H.-D.)	1967	3	68
Die Katastrophe von Cape Kennedy (Hoffmann, H.)	1967	3	83
Elektrochemische Energiequellen und -speicher für Raumfugkörper. Teil 1 (Hollax, E.)	1967	3	88
dto. - Teil 2	1967	6	187
Echo 2 überfliegt Gamma Cygni (Classen, J.)	1967	6	182
Wettersatelliten (Neumann, K.-H.)	1967	8	1
Das Saturnprogramm (Hoffmann, H.)	1967	8	7

Das Apolloprogramm (Hoffmann, H.)	1967	S	9
Schutz von Raumfahrzeugelementen durch Oberflächenbehandlung (Hollax, E.)	1967	S	19
Sternwarten im Weltall (Pfaffe, H.)	1967	S	32
Solarzellen zur Bordenergieversorgung von Raumflugkörpern (Hollax, E.)	1968	1	6
Aufgabenstellung und Instrumentierung der Satelliten der OGO-Serie (Neumann, K.-H.) Teil 1	1968	1	14
dto. - Teil 2	1968	4	119
Probleme beim Wiedereintauchen von Raumsonden in die Erdatmosphäre (Strubell, W.)	1968	2	45
Vorentwurfsdiagramm für Mehrstuferaketen (Sachse, M.)	1968	2	52
Der „Verteilersatellit“ eine neue Entwicklungsstufe der Nachrichtensatelliten (Naumann, H.-D.)	1968	2	61
Zum Flug von Kosmos 215 (L)	1968	3	85
Automatische Bildübertragung von Wettersatelliten (Naumann, H.-D.)	1968	3	88
Der Mensch - künftiger Bauherr im Kosmos (L)	1968	4	3. US
Fotoaufnahme eines Mondsatelliten von der Erde aus (L)	1968	5	140
Weltraumschiff zum Neptun (L)	1968	5	140
Kernraketen in der Raumfahrttechnik (Naumann, H.-D.)	1968	5	147
Programm der Satellitenbeobachtung (L)	1968	6	173
Das sowjetische Nachrichtensatellitensystem Molniya und das amerikanische Intelsat-Nachrichtensystem (Reintanz, G.)	1969	1	31
Möglichkeiten und Grenzen der Steuerungs- und Regeltechnik in der Raketentechnik (Strubell, W.)	1969	2	62
Lagestabilisierung von Satelliten durch Schwungrad (L)	1969	3	96
Aufbereitung von Satellitendaten (L)	1969	3	3. US
Entwicklungstendenzen bei Solarzellen (Naumann, H.-D.)	1969	3	85
Simulation in Raketen- und Raumfahrttechnik (Remane, H.-K.)	1969	3	86
Festpulverraketen und Raumfahrt (Strubell, W.)	1969	3	92
Reise zum Pluto mit Hilfe der Swingby-Technik (Neumann, K.-H.)	1969	6	168
Manövriegeräte für Außenbordtätigkeit (Swart, H.)	1969	6	190
Satelliten-Navigation (L)	1970	2	58
Der Einsatz von Bordrechnern in Raumfahrzeugen (Fromme, W.-D.)	1970	2	59
Isotopengenerator als Mondkraftwerk (Stachowski, D.)	1970	2	63
Neue Frequenzen für Satelliten (I)	1970	2	63
Flugzeug-Satelliten-Fernmeideverbindungen (L)	1970	2	3. US
Satelliten steuern ozeanographische Meßboot (L)	1970	2	64
Einfache Fernseh-Satelliten-Empfangsstation (L)	1970	3	73
Elektronische Datenverarbeitungsanlage im Apollo-Mondflugprogramm (Remane, K.-H.)	1970	3	78
Satellit ATS 5 (L)	1970	3	91
Thermodynamik des Raketenmotors mit flüssigem Treibstoff (Strubell, W.)	1970	3	93
Farbfernsehner aus dem Weltraum (L)	1970	4	128
Solarzellen für Satellitenbatterien (L)	1970	5	148
Laserstrahl markiert Satellitenbahn (L)	1970	5	149
Sonnenlaboratorium misst ultraviolette Strahlen (L)	1970	5	149
Verbesserung der Landetechnik von Apollo 12 gegenüber Apollo 11 (Fromme, W.-D.)	1970	5	155
Wird „Venus 7“ neue Fragen aufwerfen? (Pfaffe, H.)	1970	5	159
Mehrsprachige Fernsehbegleittonübertragungen bei Fernsehsatelliten (Naumann, H.-D.)	1970	6	192
Neue Funkanlage für Apollo-Flüge der J-Serie (L)	1971	1	14
Elektronik und Raumfahrt (Naumann, H.-D.)	1971	1	30
Satellitenfunkverbindungen auf mm-Wellen (L)	1971	2	50
Mondmobil Lunochod 1; ausführliche Beschreibung (L)	1971	2	50
Nach Lunochod: Ein Schreitroboter (L)	1971	3	84
Flexible Solarezellengeneratoren für die Raumfahrt (L)	1971	3	85
Achtfachstart (L)	1971	3	85
Laser-Höhenmesser für Mondflüge (L)	1971	4	113
Zusammensetzung der Verbrennungsprodukte eines Raketenanziehpulvers (Strubell, W.)	1971	4	115
Bordelektronik für Apollo (Bork, M.)	1971	4	121
Hybride Raketentriebwerke (Sachse, M.)	1971	5	145
Informationsübermittlung aus dem Kosmos (L)	1972	2	53
Geo-Satellitenprojekt ERTS (L)	1972	2	3. US
Italienisches Satellitenprojekt SIRIO	1972	2	3. US
Französische Solarzellen für Raumfahrtanwendungen (L)	1972	3	85
Nachrichtensatelliten für jedermann? (L)	1972	4	3. US
Systematik der Flugbahnen von der Erde zum Mond. Teil 1 (Häntzsche, E.)	1972	4	117
dto. - Teil 2	1972	5	163
Schreitvorrichtungen für raumfahrttechnische Anwendungsbereiche (Remane, H.-K.)	1972	5	154
Der Kreisprozeß des Flüssigkeitsraketenantriebs (Sachse, M.)	1972	6	188

Politische und ökonomische Fragen der Raumfahrt, Weltraumrecht

Aspekte der Weltraumfahrt in Ost und West (Ruhle, F.)	1963	1-2	5
Frage des Weltraumrechts vor der XVIII. UNO-Vollversammlung (Reintanz, G.)	1963	1-2	13
USA-Raketen-Budget (Hoffmann, H.)	1964	2	45
Japans Raumfahrtforschungsprogramm (L)	1964	3	90
Italienische Satelliten-Nutzlast getestet (L)	1964	3	91
Comsat - das USA-Nachrichtensatelliten-Monopol (Hoffmann, H.)	1964	3	100
ELDO und ESRO (Reintanz, G.)	1964	4	109
Einige Betrachtungen zum Mondflugprogramm der USA (Neumann, K.-H.)	1964	5-6	133
Künstliche Erdsatelliten kontrollieren die Einhaltung des Moskauer Teststoppabkommen (Swart, H.)	1964	5-6	138

Über die Verwendung künstlicher Erdsatelliten zu Navigationszwecken (Neumann, K.-H.)	1964	5-6	148
Rechtsgrundlagen des amerikanischen Nachrichten-Satelliten-Systems (Reintanz, G.)	1965	3	65
Stratoscope II (L)	1965	3	85
Betrachtungen zu Wetersatelliten (Hoffmann, H.)	1965	4	98
Raumforschungs- und Raumfahrtprojekte kleinerer Länder (Neumann, K.-H.)	1965	4	101
Veränderungen im ELDO-Programm (I)	1965	4	110
Westdeutsche Aufwendungen für Weltraumforschung (I)	1965	5	156
Zentren der amerikanischen Raumfahrtindustrie (Hoffmann, H.)	1965	6	173
EUROSPACE (Reintanz, G.)	1966	1	1
Astronautische Schwerpunkte 1966 (Pfaffe, H.)	1966	2	46
COMSAT 1965 (Reintanz, G.)	1966	4	105
Vom Nutzen der Raumfahrt (Pfaffe, H.)	1966	5	149
USA-Raumfahrt-Budget 1967 (Remane, H.-K.)	1966	5	159
Der Kosmos-Vertrag (Reintanz, G.)	1967	3	65
Was kommt nach der geplünderten Mondlandung? (L)	1967	3	87
Sind passive Nachrichtensatelliten noch aktuell? (Naumann, H.-D.)	1967	5	12
ELDO-Kostenverteilung (Hoffmann, H.)	1967	5	14
Die Erde aus dem Kosmos erkennen (L)	1968	2	40
Westdeutscher Nachrichtensatellit zur Münchener Olympiade 1972? (Naumann, H.-D.)	1968	2	42
Akkommoden über Hilfeleistung für Kosmonauten und Bergung von Weltraumflugkörpern (Reintanz, G.)	1968	3	75
Militärisches Satelliten-Nachrichtennetz der USA (L)	1968	3	85
Die Erforschung und Nutzung des Mondes vom Standpunkt des Weltraumrechts (Reintanz, G.)	1968	4	117
Großbritannien scheidet aus der ELDO aus (Reintanz, G.)	1968	4	126
Vladimir MANDL – der Vater des Weltraumrechts (Reintanz, G.)	1968	4	127
Was kostet Raumfahrt? (Swart, H.)	1968	5	153
COMSAT 1967 (Reintanz, G.)	1968	5	157
Ist die ELDO am Ende? (Naumann, H.-D.)	1968	5	158
Das INTELSAT-Konsortium und seine Satellitenprojekte (Naumann, H.-D.)	1968	6	179
Bölkow und Messerschmidt fusionieren (Reintanz, G.)	1968	6	192
Westeuropas Nachrichtensatelliten-Pläne – Hintergründe, Organisation, Projekte (Naumann, H.-D.)	1969	1	23
EUROSPACE tagte (astronauticus)	1969	1	28
Über die Weltraumaktivität Japans (L)	1969	2	53
Großauftrag für zwei Erdbeobachtungssatelliten (L)	1969	3	3. US
Westdeutschland beantragt Frequenznutzung für Satelliten	1969	5	3. US
Das sowjetische und das amerikanische Raumfahrtprogramm (Pfaffe, H.)	1970	1	27
Kürzung des NASA-Haushaltes (L)	1970	2	63
Arabischer Raum an Satelliten-Fernmeldenetz angeschlossen (L)	1970	2	64
Das eingeschränkte Mondflug-Apollo-Programm (L)	1970	3	74
Weltraumforschungsdienste in Japan (CL)	1970	4	128
Westeuropäische NASA (Reintanz, G.)	1970	5	158
Aktuelle Fragen für die Praxis des Weltraumrechts (Reintanz, G.)	1970	6	189
Satellitenfernmeidenedienste (L)	1970	6	190
Kosmos und Produktion (L)	1971	2	60
Satellitenfernmeidenedienste (L)	1971	3	96
Über die Berechnung der Lebensdauer von Erdsatelliten (Strubell, W.)	1971	3	89
Neues vom Weltraumrecht (Reintanz, G.)	1971	4	153
Das teuerste Auto der Welt (L)	1971	6	175
Scheinproß zum Weltraumrecht (L)	1971	6	3. US
Entwicklungstendenzen der amerikanischen Raumfahrt und deren Ziele (Bork, M.)	1971	6	187
Sowjetisch-amerikanische Raumfahrtkooperation (L)	1972	3	84
Die Apollo-Serie – Einschränkung kontra Erweiterung (Fromm, W.-D.)	1972	3	94
1975 Sojus-Apollo-Kopplung. Das sowjetisch-amerikanische Weltraum-Abkommen (Hoffmann, H.)	1972	5	160
15 Jahre Raumfahrt – Rückblick und Ausblick (Neumann, K.-H.)	1972	6	184

Ergebnisse bemannter und unbemannter Raumflüge

Strahlungsmessungen mit Kosmos 3 und 5 (Neumann, K.-H.)	1963	1-2	19
Mercury-Programm beendet (Neumann, K.-H.)	1963	3-4	101
Astronomische Beobachtungen und Raumfahrt (N., K. H.)	1963	5-6	142
Aktuelles aus der Astronautik (Pfaffe, H.)	1963	5-6	151
Strahlenprobleme beim Flug im All (Schmidt, W.)	1964	1	5
Messung der Strahlungsdosen, die von Gagarin und Titow während der ersten kosmischen Flüge empfangen wurden (L)	1964	1	23
Echo 2 – der zweite passive Relaisatellit (Neumann)	1964	2	42
Ergebnisse der Untersuchungen der kosmischen Strahlung (Neumann, K.-H.)	1964	3	71
Astronomische Ergebnisse der Astronautik. Weitere Möglichkeiten der astronomischen Forschung (Neumann, K.-H.)	1965	2	40
Helium-Atmosphäre (I)	1965	2	62
120 Tage in der Kabine (I)	1965	2	63
Psychologische Probleme (I)	1965	2	64
Astronomische Ergebnisse der Astronautik. Weitere Möglichkeiten der astronomischen Forschung. Teil 2 (Neumann, K.-H.)	1965	3	74
Einige Ergänzungen zu den Flügen der Raumschiffe Woßchod 1 und 2 (Endert, H.)	1965	4	115
dto. – Teil 2 (Endert, H.)	1965	6	171
Bio-Satelliten-Programm der USA (NASA)	1965	5	155

Ergebnisse der funktechnischen Beobachtung sowjetischer Erdsatelliten mit 65° bzw. 51° Bahnneigung von Oktober 1964 bis November 1965 (Neumann, K.-H.)	1966	2	57
dto.	1966	3	85
dto.	1966	4	124
Über einige Probleme des Strahlenschutzes bei kosmischen Flügen. Teil 1 (Swart, H.)	1966	4	119
Teil 2	1967	1	23
Teil 3	1967	2	57
Psychologie und Weltraumfahrt (Remane, H.-K.)	1966	6	174
Informationen über Surveyor 1 (Neumann, K.-H.)	1966	6	186
Zur Ernährung und Wasserversorgung von Kosmonauten (Swart, H.)	1967	3	74
Schwereloser Mensch und schwereloser Raum (Hoffmann)	1967	8	10
Neue Ergebnisse der astronautischen Wissenschaft (Neumann, K.-H.)	1967	8	20
Betrachtungen zum Problem der Raumanzüge (Remane, H. K.)	1967	8	30
Raumfahrttechnische und -medizinische Eigenschaften verschiedener Kabinenatmosphären (Swart, H.)	1968	1	1
Einige astronomische Ergebnisse der Raumfahrt in den letzten Jahren (Neumann, K.-H.)	1968	3	65
Anwendungsmöglichkeiten der Bionik in der Weltraumfahrt (Remane, H.-K.)	1968	3	94
Zur Strahlenexposition bei Orbitalflügen (Swart, H.)	1969	2	58
Über Lebenserhaltungssysteme im Kosmos (L.)	1970	1	29
Ergebnisse der ersten beiden Mondlandungen im Apollo-Programm (I)	1970	2	43
Sterilisationsproblem beim Weltraumflug (Remane, H. K.)	1970	4	108
Neue Ergebnisse sowjetischer Raumfahrtkörper (Neumann)	1970	5	150
Lunochod 1 misst kosmische Strahlung (L.)	1971	1	4. US
Kosmische Strahlung als Lichtblitze gesehen (L.)	1971	3	85
Probleme der Raumfahrtmedizin (L.)	1971	3	95
Neue Etappe der Weltraumforschung eingeleitet (L.)	1971	5	3. US
Weltraumforschung und Weltgesundheit. Spezialaufgaben und Aktivitäten der WHO (Fellhauer, H.)	1971	6	183
Aufgaben und erste Ergebnisse der Planetensonden Mars 2 und 3 und Mariner 9 (Neumann, K.-H.)	1972	4	126

Bildberichte

Ausstellung über die Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt	1963	1-2	31
Erde von Bord der Mercury-Kapsel MA 4 aus gesehen	1963	3-4	
Atlas-Rakete mit Mercury-Kapsel - G. COOPER - Titan 2 - M. SCHIRRA - Synchron-System - Projekte zur Lösung des Rendezvous-Problems - Französische Raketen und Satelliten - Mercury-Gemini-Kapseln - Radioteleskop in Berlin-Adlershof (im Aufbau)	1963	5-6	
Strahlenprobleme beim Flug im All - Rendezvous-Problem - Start einer Titan 2 - Gemini-Kapsel	1964	1	
Aufbau einer Raumstation aus Gemini-Kapseln - Apollo-Kapsel - NASA-Modell einer Raumstation für 4-6 Mann - Astronauten in der 3 Mann-Apollo-Kapsel - Radioteleskop-Signalempfangssation - Aufstiegsphase von Titan 2 - Beobachtungsschiff der USA	1964	2	
Satelliten der Kosmos-Serie - Projekte für Raumgleiter	1964	3	
Ranger 7 - Mare Nubium mit Krater Guericke - Projektstudie: 4-Mann-Raumstation - ehemalige Sternwarte in Remplin	1964	4	
Sternspektren - Interferenzfoto eines Fotoobjektivs 1 : 3,5 und f = 5 cm - Echo 2-Bahnspur - XV. IAF-Kongress, Warschau 1964 - Satellitenbeobachtungsstation der DAG	1964	5-6	
Z. JANSSEN - Zitronensäure-Kristalle - Elektron 1 und 2 - Zwei Mondaufnahmen (ANSORGE) - Volkssternwarte Radeberg - Sternwarte in Valašské Meziříčí (CSSR)	1965	1	
Gemini-Astronauten - Thor-Delta-Rakete und Saturn-Rakete auf der Startrampe - Leitzentrale auf Cape Kennedy	1965	2	
Mare tranquillitas (Mondkarte) - Mondaufnahmen von Ranger 8 - Konferenz der DAG 12. 2. 65 - Mondsonde „Surveyor“ im Prüfraum - Early Bird - Mars im Sternbild Fuhrmann mit M 35 - Plejaden - Sternwarte Pultsmitz	1965	4	
Mondkrater Alphonsus im Spiegelteleskop und auf Ranger 9-Aufnahmen	1965	5	
Marsfotos von Mariner 4	1965	6	
Fotos von Wostock und Woßchod	1966	1	
Erde von Raumfahrtkörpern aus gesehen	1966	2	
Luna 9 - Fotos von der Mondoberfläche	1966	3	
Projektstudie der NASA für Raumstation - Mondsonde Luna 9 - Venus 2 - W. Foerster-Sternwarte Westberlin	1966	4	
Mondaufnahmen der Satellitenbeobachtungsstation der DAG - Sonnenfinsternis 1966 V 20 in Dresden - Sonne im Röntgenbereich - Molnija - Kosmossatellit - Early Bird - elektrisches Antriebsaggregat - 2-m-Spiegelteleskop vom VEB C. Zeiss Jena	1966	5	
Surveyor 1 und von ihm gewonnene Mondaufnahmen - ATDA-Satellit	1966	6	
Schulsternwarte Rostock	1967	1	
Luna 10 - Mondaufnahme von Lunar Orbiter 2 - Luna 12	1967	2	
Mondaufnahme von Lunar Orbiter 2 - Apollo-Kapsel	1967	3	
Spiegelteleskop des Krim-Observatoriums - Radioquelle Cygnus A - Krebsnebel - Ejektor-Sitz von Wostock 1 - Wostock-Trägerrakete	1967	4-5	
Echo 2 überfliegt Gamma Cygni - Sowjetische Raumfahrtkörper - Sowjetische geophysikalische Höhenrakete	1967	6	
Die Erde am Himmel des Mondes - Radioastronomische Station in Robledo de Chavela (Spanien)	1967	8	
Modelle des Marsflugprojektes - Satturn-Rakete auf Raupenschlepper - Stabilisierungskreisel für Satelliten - Raketenmunitionslast zum Versand fertig	1968	1	
Satellit der Molnija-Serie - Die südliche Milchstraße (Bildmontage v. VEHRENBERG) - Satellit der Kosmos-Serie	1968	2	
Kosmos-Satelliten - Luna 1 und Luna 10	1968	3	

Mundrabilla-Meteorite – Wetterbilder: Skandinavien und Mittelmeerraum	1968	4
Volkssternwarten Zittau, Lückendorf, Jonsdorf – Venus 3 – Radioteleskop	1968	5
Sonnenfinsternis 1968 Sept. 22	1968	6
Sowjetische Raumflugkörper im Detail vorgestellt	1969	1
Röntgenstrahlungsfoto der Sonne – Sonnensensoren – Meßinstrumentengeber – Saturn-Rakete – amerikanischer Militärsatellit	1969	2
Sojus – Sonde 5 – Sonnenteleskop in Arizona – Beobachtungsschiff „W. Komarov“	1969	3
Kuppelgebäude in Tautenburg – Andromedanebel M 31 und NGC 7000 – Nordamerikanenebel – 2 m-Universal-Spiegelteleskop Tautenburg	1969	4
Fotos von der Ausstellung der Fachgruppe Thal – Kosmos-Satelliten	1969	5
Fotos von Apollo 9 und 11 (Der Mensch auf dem Mond)	1969	6
Spektrographische Aufnahmen – Mars-Aufnahmen durch Mariner 6 und 7 – Ardenne-Sternwarte in Dresden	1970	1
Aufnahmen vom Kometen „Bennett“ – Apollo 11 und 12 (Der Mensch auf dem Mond)	1970	2
Merkurdurchgang 9. Mai 1970	1970	3
Sojus – Erde vom Mond aus	1970	4
Komet „Bennett“ – Mond und Sonne (Amateuraufn.) – Astronomie im Ferienlager	1970	5
XII. IAF-Kongreß – Raumtransporter	1971	1
Badarbild der Venusoberfläche – Mondmobil Lunochod	1971	2
Radiuspiegel in Jodrell Bank: Mark 1 und 2 – Apollo 14 – Bruno H. Bürgel-Gedenkstätte Potsdam	1971	4
Amateur-Äquidensiten-Aufnahmen (KITTA, D.)	1971	6
Mare Imbrium – Salut 1 im Sternbild Cepheus (1. Preis des Fotowettbewebs 1971)	1972	1
Marzeichnungen und -karte (MOSCH) – Marsregion von Mariner 9 aufgenommen – Deimos und Phobos	1972	3
– Objektivprismenaufnahme im Cygnus	1972	4
Mond von Apollo 14 aus gesehen – Mariner 7 und 9 – Aufnahmen vom Mars	1972	6
Mariner-Marsaufnahmen	1972	6

Buchbesprechungen

Kalitzin, N. S.: Weltraumfüge von Ziolkowski bis Gagarin		
Gagarin, J.: Mein Flug ins All		
Titow, G.: 700 000 km durch den Weltraum		
Hoffmann, H.: Der Mensch im All		
Melnikow, M.: Kotysch, N.: 17 mal um die Erde		
Ullerich, K.: Nachts am Fernrohr	1963	1-2 48
Pfaffe, H.; Hoffmann, H.: Hallo, Nachbar im All	1963	5-6 168
Sowjetische Fachzeitschrift „Künstliche Satelliten der Erde“ (Inhaltsverzeichnis der Hefte 12-14/1962)	1964	1 25
Pfaffe, H.; Stache, P.: Typenbuch der Raumfunkörper (1957-1964)	1964	5-6 182
Kehrberger, H. P.: Legal and Political Implications of Space Research. Bibliography (Rechtliche und Politische Verwicklungen der Weltraumforschung).	1966	2 64
Tuner, M.: Elektronenaugen im Weltall; das fernste Fernsehen, das es je gab	1966	3 3. US
Elektronisches Jahrbuch für den Funkamateure 1966 – Flieger-Jahrbuch 1966	1966	4 3. US
Flieger-Jahrbuch 1967	1967	2 3. US
Es begann in Petrograd. 50 Jahre deutsch-sowjetische Freundschaft – Wissenschaft und Menschheit. Jahrbuch 1967. 3. Band	1968	1 3. US
Mielke, H.: Zu neuen Horizonten		
Brandt, R.: Himmelswunder im Feldstecher	1968	2 3. US
Die Druckschriften des Zeiss-Planetariums in Jena	1968	3 3. US
Der Mensch – künftiger Bauherr im Kosmos	1968	4 3. US
Ahnert, P.: Astronomisch-chronologische Tafeln für Sonne, Mond und Planeten. 4. Auflage (1968)	1968	5 3. US
dto. – 5. Auflage (1971)	1972	3 86
Grundkalenderium 1970	1968	6 3. US
Ahnert, P.: Beobachtungsobjekte für Liebhaberastronomen. 2. Auflage (1968)	1969	1 3. US
Jenaer Rundschau, Heft 6/1968	1969	2 51
Klepesta, J.: Taschenatlas der Sternbilder	1969	5 3. US
Flieger-Jahrbuch 1970	1970	2 3. US
Löbering, W.: Jupiterbeobachtungen von 1926 bis 1964	1970	3 76
Ahnert, P.: Kalender für Sternfreunde 1970	1970	3 3. US
Flieger-Jahrbuch 1971		
Hoffmeister, C.: Veränderliche Sterne	1971	2 3. US
Schmidt: Johann Kepler, Sein Leben in Bildern und eigenen Berichten	1971	6 4. US
Dieminger, W.: Kenntnis vom erdnahen Raum im Wandel eines Jahrhunderts	1972	3 85

Die Zusammenstellung besorgte: HEINZ ALBERT

Jahrgänge vor 1973 (nicht alle vollständig) und Einzelhefte können bezogen werden von:
Kulturbund der DDR, Abt. Natur und Heimat, 104 Berlin, Hessische Straße 11/12.

Technische Details des westdeutsch-französischen Nachrichtensatellitensystems „Symphonie“

KARL HEINZ NEUMANN

Es ist bekannt, daß die westeuropäischen Staaten – vor allem die BRD und Frankreich – in sehr starkem Maße an dem Einsatz eigener Nutzsatelliten und ganz besonders von Nachrichtensatelliten interessiert sind. Einer der Gründe dafür ist, daß im internationalen Intelsat-Konsortium der US-Konzern Comsat 53 Prozent der Aktien besitzt und demzufolge auch mehr als 50 Prozent aller Profite einsteckt. Seit 1968 liegen Aufwendungen und Betriebskosten bereits unterhalb der Einnahmen beim Intelsat-Unternehmen. 1970 beispielsweise übertrafen die Reineinnahmen mit 75 Millionen Dollar bereits die Aufwendungen um das Dreifache. Da aber sowohl Frankreich als auch Westdeutschland nur je 5,3 Prozent Aktienanteile haben, erhalten sie auch nur die entsprechende Prozentzahl des Reingewinns.

Zum anderen haben sich die USA seit vielen Jahren geweigert, Westeuropa irgendwelche Raketen für Nutzsatelliten zu verkaufen. Kürzlich ging durch westliche Informationsmedien die Meldung, daß Präsident Nixon angeblich seine Bereitschaft geäußert hätte, unter gewissen Bedingungen auch Raketen zum Start von Nutzsatelliten zur Verfügung zu stellen. Wie diese Bedingungen beschaffen sein sollen, ist allerdings nicht bekannt.

Deshalb besteht ein weiteres Problem in der Entwicklung der für diesen Satelliten vorgesehenen Trägerrakete. Die Europa 2-Rakete erwies sich inzwischen als Fehlentwicklung, weitere Starts sind deshalb nicht vorgesehen. Man spricht jetzt davon, diesen Satelliten mit der noch zu entwickelnden Europa 3-Rakete auf die Bahn zu bringen. Allerdings treten bei der Entwicklung speziell dieser Rakete große Schwierigkeiten auf, die vor allem durch die widersprüchlichen Interessen der BRD und Frankreichs hervorgerufen werden. Die BRD hat die Absicht, am amerikanischen Post-Apollo-Programm mitzuarbeiten. Frankreich dagegen besteht auf der Entwicklung der Europa 3 und dem Start ihres Symphonie-Satelliten. England hat sich von der Raketenentwicklung völlig zurückgezogen. Es bestand deshalb gegen Ende November 1972 ein krisenhafter Zustand, an dem die gesamte westeuropäische Raketenentwicklung, also die ELDO, scheitern könnte. Frankreich verzirbt bis jetzt den Standpunkt, daß es gegebenenfalls selbständig eine eigene Trägerrakete entwickelt. Eine Einigung ist bis jetzt nicht abzusehen.

Trotzdem ist es interessant, die Entwicklung des Nachrichtensatelliten Symphonie von der technischen Seite her zu betrachten. Man erkennt hier, daß die westeuropäischen Konzerne den Versuch unternommen haben, durch modernste Technik und integrierte Zusammenarbeit einen Nachrichtensatellitentyp zu entwickeln, der ihnen gegenüber dem amerikanisch regierten Intelsat-System zumindest eine bemerkenswerte Konkurrenzfähigkeit sichert.

1967 wurde ein Konsortium, das im wesentlichen aus drei bundesdeutschen und drei französischen Konzernen mit großer Erfahrung auf dem Gebiet der Raumfahrt- und Nachrichtenübertragungstechnik besteht, gebildet. Es trägt die Bezeichnung „Consortium Industriel Franco-Allemand pour le Satellite Symphonie“ (Deutsch-Französisches Industriekonsortium für den Satelliten Symphonie), die Abkürzung ist C.I.F.A.S. Folgende Konzerne sind beteiligt:

- BRD** — AEG-Telefunken, Fachbereich Weitverkehr und Kabeltechnik;
— Siemens AG, Bereich Weltverkehrstechnik, Geschäftsbereich Satellitenfunk;
— Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH, Unternehmensbereich Raumfahrt.
Frankreich — aeroespaciale, Division Systemes Balistiques et Spatiaux;
— Societe Anonyme de Telecommunication;
— Thomson-CSF, Direction des Activites Spatiales.

Die Bildung dieses Konsortiums erfolgte auf Grund eines Vertrages zwischen der Gesellschaft für Weltraumforschung (GFW) beim Bundesministerium für Wissenschaft und Bildung und dem Centre National d'Etudes Spatiales (C.N.E.S.). Die Finanzierung des Symphonie-Programms wird je zur Hälfte von der BRD-Regierung und der französischen Regierung getragen.

Die BRD- und französischen Konzerne führen jeweils etwa zur Hälfte das gesamte Symphonie-Satellitenprojekt aus, wobei allerdings etwa 4 Prozent des Gesamtumfangs der Aufträge an belgische Konzerne vergeben wurden.

Im Jahre 1969 begannen die Projektstudien. Die Auslieferung des ersten startfertigen Modells des Satelliten ist für Mitte 1973 vorgesehen. Ein zweites Satellitenobjekt soll Ende 1973 ausgeliefert werden.

Für den Einsatz sind zwei Satelliten dieses Typs vorgesehen. Sie sollen in eine geostationäre Bahn gelangen. Man hofft mit einer Betriebsdauer von etwa 5 Jahren auszukommen. Jeder der Satelliten ist mit zwei Transpondern ausgerüstet. Die vom Satelliten empfangenen Informationen zur Weitergabe entstammen einem Gebiet, das bei geostationärer Bahn bei einer Position von 15 Grad westlicher Länge zu überblicken ist.

Die vom Satelliten zu versorgenden Gebiete sollen durch gerichtete Strahlung zwei Hauptzonen überstreichen. Eine der Zonen ist die euro-afrikanische. Sie enthält Europa und Afrika bis Madagaskar. Die zweite Zone, die sogenannte amerikanische, überstreicht Südamerika, Mittelamerika und den östlichen Teil der Vereinigten Staaten. Aus diesen beiden Einflußzonen werden die Interessengebiete der westeuropäischen Konzerne recht deutlich.

Die beiden Sendequellen bilden eine Ellipse, deren Achsen Öffnungen von 13 und 8 Grad haben. Jeder Transponder beider Satelliten kann in beide Zonen senden.

Die Frequenz der Verbindung Boden–Satellit liegt bei etwa 6 GHz und die Frequenz der Verbindung Satellit–Boden bei etwa 4 GHz. Die einzelnen Transponder arbeiten mit einem modulierten Frequenzband von 90 MHz.

Die Satelliten sind durch ein Schwungrad dreiachsenfestgestellt. Ferner ist ein pneumatisches Kaltgassystem vorhanden. Außerdem werden Infrarotdetektoren und Sonnensensoren eingesetzt. Die Satelliten besitzen ferner ein Schubsystem für Bahnkorrekturen, wobei die maximale Längen- und Breitenabweichung ± 5 Grad betragen kann. Die Geräteplattform ist am Zentralrohr dämpfungsfrei angehängt. Der Wärmeausgleich soll durch Spezialisolierung ausgeglichen werden. Die Solarzellen für die Energieversorgung sollen noch minimal 180 Watt nach 5 Jahren Betriebsdauer liefern. Die Telemetrie- und Telekommunikationsverbindungen erfolgen im SHF- und VHF-Bereich. Folgende Frequenzbänder sind als Empfangsbereich vorgesehen: 5940 – 6030 MHz, 6065 – 6155 MHz, 6195 – 6285 MHz und 6320 – 6410 MHz. Die vom Raum aus gestrahlte äquivalente isotrope Leistung muß mindestens 29 dBw am Rande der beiden Ausleuchtungszonen betragen. Man hofft dabei mit Parabolantennen von 12 bis 14 Metern Durchmesser auszukommen.

Die Sendefrequenzen des Satelliten sollen etwa in folgenden Bereichen liegen: 3715 bis 3805 MHz, 3840 bis 3930 MHz, 3970 bis 4065 MHz und 4095 bis 4185 MHz. Für einen Transponder eines Symphonie-Satelliten sollen folgende Übertragungskanäle möglich sein:

- ein Fernsehbild mit drei Tonkanälen und einem Regiekanal,
- für Rundfunkübertragung 18 Tonkanäle mit einem Regiekanal,
- für Fernsprechverbindungen 132 Fernsprechkanäle + 60 Fernsprechkanäle sowie bei zusätzlichen 6 Trägern je 12 Fernsprechkanäle,
- für Rundfunk und Fernsehen zusätzlich 10 Tonkanäle für jeden der drei Träger sowie 12 Fernsprechkanäle für ebenfalls jeweils 3 Träger.

Die Integration des Satellitensystems hat aerospaciale übernommen. In Les Mureaux wurden eigens für diese Zwecke Spezialräume innerhalb dieses Raumfahrtzentrums eingerichtet. Hier erfolgt die elektrische und mechanische Integration des sogenannten elektrischen Identifikationsmodells (M. I.) sowie des ersten Flugmodells (MV 1). Die Tests erfolgen mit werkseligen Mitteln sowie auch zum Teil mit Hilfe staatlicher Labors.

Der Satellit besitzt eine Gesamtmasse von 61 kg, das sind 15,8 Prozent der Gesamtmasse des Satellitenkörpers. Die Struktur wird hauptsächlich in sogenannter Wabenbauweise ausgeführt. Das ergibt die beste Beziehung zwischen mechanischem Widerstand und Gesamtmasse. Insgesamt setzt sich die Struktur aus der sogenannten Ausrüstungskapsel, die die gesamten Instrumente des Satelliten mit sich führt, einem Zentralrohr von 580 mm Höhe und 650 mm Durchmesser sowie den Ansatzstellen und verschiedenem Zubehör zusammen.

Bei der Ausrüstungskapsel muß gewährleistet werden, daß zwischen den Anlagen zur aktiven Lagestabilisierung und den Kommunikationsantennen ein relatives Lageverhalten mit einer Genauigkeit von 0,3 Grad für etwa 5 Jahre garantiert ist. Das Zentralrohr bildet die mechanische Verbindung mit der letzten Raketenstufe, dem Apogäumsmotor und der Ausrüstungskapsel.

Zu den Ansatzstellen gehören Flächen mit Solarzellen von jeweils 813×582 mm Dimension. Diese insgesamt 12 Solarzellenträger sind zusammenfaltbar. Die Antennensysteme auf der Oberfläche des Satelliten, bestehen aus zwei parabolförmigen Sendeantennen mit einem Erreger vom Typ „box-horn“, der jeweils einen Parabolspiegel ausleuchtet, und der Empfangsantenne, die einen Hornstrahler darstellt. Es gehört ferner das Jo-Jo-System dazu, mit dem durch Abwurf von Gewichten, die an Seilen befestigt sind, die ursprüngliche Rotation des Satelliten von 120 auf 5 Umdrehungen pro Minute reduziert werden kann. Es gehört ferner ein sogenannter Shunt-Regulator dazu, dessen elektronische Anlage den von den Solarzellflächen gelieferten Energieüberschuß in Wärme umwandelt und abstrahlt.

Auch für das Temperaturregelungssystem, welches eine Gesamtmasse von 10 kg hat, ist aerospaciale verantwortlich. Die im Ausrüstungsteil befindlichen Geräte dürfen auch bei extremer Außentemperaturbelastung nur im Bereich zwischen 0 und +40 Grad Celsius belastet werden. Das System der Regulierung des Wärmeausbaus ist grundsätzlich passiv entworfen. Es basiert auf der Grundlage bestimmter Oberflächenanstriche von Spezialisolierungen und Solarstrahlungsreflektoren. Neben mathematischen Simulierungen der Temperaturbelastung von außen sind bereits in Raumsimulationskammern bei maßstabgetreuen Anlagen entsprechende Tests ausgeführt worden.

Das Kaltgasdüsensystem zur Lageregulation besteht aus zwei Titan-Tanks, die 1,15 kg Stickstoff unter einem Druck von 250 Bar enthalten. Der Druck und die Temperatur in diesen Tanks werden telemetrisch überwacht. Dazu gehört ferner ein Hochdruckhauptheventil, ein Druckreduzierungsventil sowie vier Elektroventile für die Schubdüsen, die als nominalen Wert einen Einheitsschub von 1 Newton abgeben. Dieses Kaltgassystem, ebenfalls von aerospaciale entwickelt, dient als zusätzliche Mittel zur Lageregulation des Satelliten. Die Gesamtmasse dieser Anlage macht 105 kg aus. Das Verkapselungssystem des Satelliten, mit einer Gesamtmasse von 11,83 kg, wurde ebenfalls von aerospaciale entwickelt. Die Gesamtanlage enthält ungefähr 3500 Kontakte, die auf 130 Verbindungen verteilt sind.

Die pyrotechnische Anlage dient dazu, durch Kommandos pyrotechnische Ventile und Kabelunterbrecher zu zünden, um den Satelliten in seine Arbeitsposition zu bringen. Auch sie wurde von dem eben genannten Konzern entwickelt.

AEG-Telefunken lieferte und entwickelte die SHF-TM-Doppelmodulatoren, die Vanderfeld-Röhren vom Typ TL 4003, die Stromversorgungsanlagen, die HF-Schalteneinrichtungen und zwei Typen von Ersatzwiderständen. Auch das gesamte Untersystem der Energiebereitung wurde von diesem Konzern entwickelt. ETCA, Charleroi, Belgien, lieferte als Unterlieferant von AEG-Telefunken die Konverter für dieses System.

Der westdeutsche Rüstungskonzern MBB ist auf vier verschiedenen Gebieten an dem Satelliten Symphonie beteiligt, und zwar mit dem kompletten Untersystem der Lagestabilisierung, dem kompletten Untersystem des Apogäumsmotors, dem kompletten Untersystem der mechanischen Bodenhilfsmittel und der Integration des Prototyps sowie der zwei zum Einsatz gelangen sollenden Satelliten.

Zur Stabilisierung gehören – wie eingangs schon erwähnt – eine Schwungradanlage, eine Bahnregelungsanlage mit Kaltgas- und Heißgasschubsystemen. Dabei wird im wesentlichen das Kaltgasschubsystem die geringfügigen Einflüsse beispielsweise des Strahlungsdrucks der Sonne ausgleichen können. Das Heißgasschubsystem soll vor allem dem Ausgleich der bahnmechanisch gegebenen Störungen dienen. Das System arbeitet mit den Treibstoffen MMH und N₂O und ist aus Zuverlässigkeitserwägungen in zwei redundante Systeme aufgeteilt. Die Treibstoffversorgung erfolgt durch Balgen und durch das in den Behältern enthaltene Gas N₂. Die Triebwerke liefern einen Schub von 10N bei einem spezifischen Impuls von 285 Sekunden. Der Schubaufbau und die Abfallzeiten liegen unter 10 ms.

Der Apogäumsmotor arbeitet im Gegensatz zu den bisher üblichen (Feststoffmotoren) mit flüssigem Treibstoff. Verwendet wird Aerozine 50 und N₂O. Der spezifische Impuls soll etwa 300 Sekunden betragen. Der Treibstofftank ist kugelförmig und hat in seinem Inneren einen elliptischen Zwischenboden zur Trennung der beiden Treibstoffkomponenten. Außen sind zwei kleinere kugelförmige Behälter mit dem Preßgas zur Treibstoff-Förderung angebracht. Durch die Verwendung eines Flüssigkeitsapogäumsmotors konnte Masse eingespart werden. Die Gesamtmasse bei Treibstofffüllung dieses Antriebsystems beträgt 150 kg.

Zu den mechanischen Bodenhilfsmitteln gehören Montagewagen, Transportwagen, Container, Drehgeschirr, Heißgeschirr, Hydraulikkran, Zwischenringe und Spannbänder sowie optische Vermessungseinrichtungen.

Zum Integrationsystem wurden inzwischen bei der Firma MBB in Ottobrunn spezielle Integrationsräume sowie ein Cleanraum aufgebaut. Auch elektromagnetische Interferenzprüfungen werden auf den Anlagen von MBB durchgeführt.

Der französische Konzern SAT entwickelt für diesen Satelliten die Telemetricodieranlagen. Ferner ist er für die Entwicklung der Solarzellen, die auf der Grundlage von Silizium-NP-Halbleiterelementen aufgebaut werden, verantwortlich. Nach Erreichen der Erdumlaufbahn soll die Solarzellenanlage die Höchstleistung von 300 Watt abgeben. Die Solarzellen müssen ferner gegen die täglichen Temperaturschwankungen von +70 bis -175 Grad Celsius unempfindlich sein.

Das gesamte Untersystem der Transponder wurde von Siemens entwickelt. Ein Transponder hat folgende Kenndaten:

Rauschtemperatur	1210 K
Eingangspiegel (umschaltbar)	-69, -71, -79 dBm
Ausgangsleistung je Transponder	≥ 9,6 dBW (13 W)
Bandbreite je Transponder	90 MHz
Verstärkungs-Frequenz je Band (bei Sättigung)	≤ 0,8 dB
Verstärkungssteilheit	≤ 0,027 dB/MHz
Gruppenlaufzeit je Band	≤ 38 ns
Laufzeit-Frequenzgang	≤ 0,48 bis 1,48 ns/MHz
AM/PM-Umwandlung	≤ 5,5°/dB
Nebensprechdämpfung (bei fm = 252 kHz)	≤ 61 dB
Lebenserwartung	5 Jahre
Frequenzinstabilität während dieser Zeit	≤ ± 2 · 10 ⁻⁵
Leistungsaufnahme	127 W
Masse	17,8 kg

Ferner gehörte die Entwicklung der Prüfgeräte für die Transponder zum großen Teil zu den Aufgaben der Konzern-Gruppe Siemens. Es geht dabei um die Möglichkeit der Durchführung von Integrationstests, Qualifikationstests und Funktionskontrolle des gesamten Systems.

Dem französischen Konzern Thomson-CSF, der als Leitfirma für die gesamte Elektronik fungiert, fiel die Aufgabe zu, folgende Systeme zu entwickeln: Antennen für die Nachrichtenübermittlung und den Empfang, spezielle Transponder für die Nachrichtenübermittlung, die Telemetrie- und Telekommandantennen, die Telekommandanlagen des Satelliten, eine mobile Prüfstation sowie Startvorbereitung und -durchführung.

Literatur:

- H. D. Naumann, „Astronomie und Raumfahrt“, Heft 1/60, S. 23–28.
- Werksveröffentlichungen der Betriebe: AEG-Telefunken, Siemens-AG, MBB, aerospatiale, SAT und Thomson-CSF.
- Vortrag von M. Rahmann auf der 5. DGLR-Jahrestagung Berlin 1972.
- Vortrag von Dipl.-Ing. H. Sodelkat (CIFAS) auf der gleichen Tagung.
- Vortrag von H. Huy-Phong (SNIADS) auf der gleichen Tagung.

Amateure beobachten und berichten

Graphische Bestimmung des Mondvorübergangs an den Planeten

HANS-H. LENZ

Wo die Berechnung von Ephemeriden nicht möglich ist, bietet sich ein Ausweg zur Bestimmung von Bahndaten und Elementen der Bahnen in der graphischen Analyse des gegebenen Problems. Nachteilig wirken sich hier jedoch die Genauigkeitsgrenzen der Zeichnung aus.
Wird der Vorübergang des Mondes an den Planeten nach der hier angewandten Methode bestimmt, wird folgende Auswertung des Diagramms ermöglicht: Bestimmung des Vorübergangs an den in der Darstellung erfassten Planeten — Identifizieren der Planeten — Auswerten der Diagramme hinsichtlich der Geschwindigkeit der Objekte.

Bestimmung des Vorübergangs des Mondes an den in der Darstellung erfassten Planeten

Soll der Vorübergang des Mondes an den Planeten nach Datum, Stunde und dem geringsten Abstand bestimmt werden, sind zwei Diagramme anzufertigen. Im ersten Diagramm wird die Rektaszension über dem Datum für alle Planeten und den Mond aufgetragen und durch Kurven verbunden. Hierbei genügt es, wenn je eine Koordinate vom Monatsanfang und eine vom Monatsende eingezeichnet werden. Die Schnittpunkte der so gezeichneten Mondbahn mit den Planetenbahnen ergeben das Datum des Vorüberganges und bei genauer Zeichnung (mehrere Koordinaten eintragen) auch die Uhrzeit des Ereignisses. Soll nun der geringste Abstand der Objekte ermittelt werden, ist das Deklinations-Datum-Diagramm anzufertigen. Hierbei ist zur Deklinationsachse eine Parallelle durch das ermittelte Datum (aus Diagramm 1) einzuziehen. Eine einfache Differenzbildung der Deklinationen des Mondes und des entsprechenden Planeten ergibt das gewünschte Ergebnis.
Als weitere Möglichkeit soll noch auf die Bestimmung der siderischen Umlaufzeit des Mondes hingewiesen werden, jener Zeit, die der Mond benötigt, um wieder den gleichen Ort unter den Sternen zu

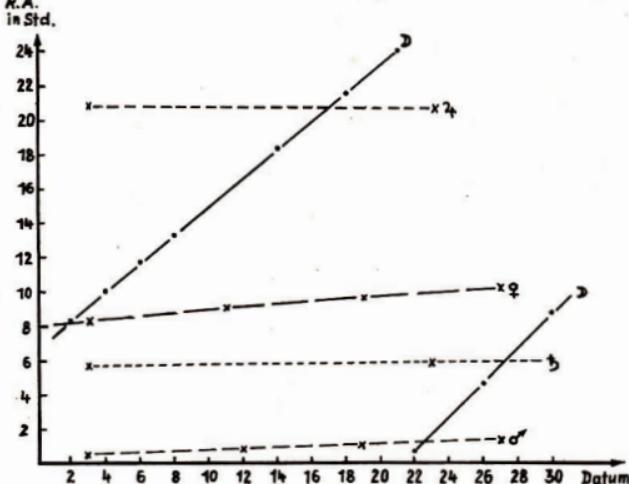
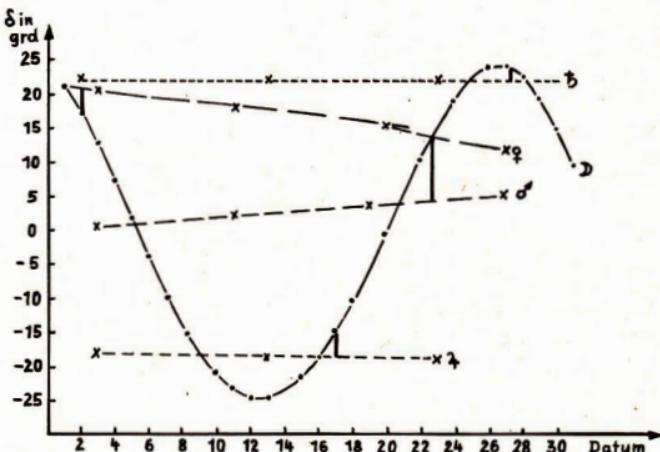


Abb. 1:
Rektaszension-Datum-
Diagramm
(für Juli 1973).
Die eingezeichneten
Ordinaten markieren
die Zeit für den Vor-
übergang des Mondes
an den entsprechenden
Planeten.

Abb. 2:
Deklination-
Datum-Diagramm
(für Juli 1973).
Die eingezeichneten
Ordinaten-
abschnitte geben
den Abstand des
Mondes vom Plane-
ten an.
Abb. 3

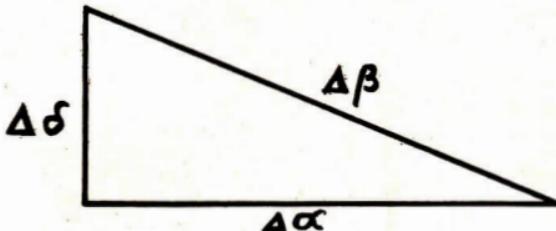


erreichen. Zeichnet man eine Gerade parallel zur Datumsachse (im Diagramm 1), so gibt die Differenz der beiden Daten (t_1 und t_2) mit der gleichen Rektaszension die Länge des siderischen Umlaufs ($4t$) an.

$$t_2 - t_1 = \Delta t$$

Auswerten des Diagramms hinsichtlich der Geschwindigkeit der Planeten und des Mondes

Mit diesem Diagramm können die Bahngeschwindigkeiten der genannten Objekte nicht berechnet werden, denn die Abstände der Planeten von der Sonne und der des Mondes von der Erde sind nicht aus dem Diagramm zu entnehmen. Aus diesem Grunde ist (durch eine einfache Rechnung) nur die geozentrische Winkelgeschwindigkeit festzustellen möglich.



Infolge der Neigung der Bahnebenen zur Erdbahn bewegen sich die Körper in einem gewissen Zeitraum in Rektaszension und Deklination. Der überstrichene Winkel in Deklination sei δ , in Rektaszension α , die aus dem RA- bzw. Dekl.-Diagramm für die entsprechenden Zeiten entnommen werden können.

Da diese Koordinaten senkrecht aufeinanderstehen, ist folgende Darstellung (Abb. 3) möglich:
Der Einfachheit halber sehen wir die Bahnstücke Δx (muß in Grad umgerechnet werden) und $\Delta \delta$ als Gerade an und erhalten den zurückgelegten Weg an der Sphäre in Grad, wenn der Satz des Pythagoras angewendet wird.

Es gilt

$$(\Delta\beta)^2 = (\Delta\alpha)^2 + (\Delta\delta)^2$$

$$\Delta\beta = \sqrt{(\Delta\alpha)^2 + (\Delta\delta)^2}$$

Ist γ die Winkelgeschwindigkeit, so gilt nach Definition

$$\gamma = \frac{\Delta \beta}{4t}.$$

Mit Hilfe der errechneten Winkelgeschwindigkeit ist eine angeneherte Berechnung der Umlaufzeit der Planeten um die Sonne möglich, wenn man bedenkt, daß einem Umlauf 360° entsprechen. Ist T die Umlaufzeit, so gilt

$$T : t = 360^\circ : \gamma,$$

unter der Voraussetzung, daß man die Winkelgeschwindigkeit als den zurückgelegten Winkel für die Zeit t auffaßt.

Verfolgt man den Gedankengang weiter, so bietet sich die Bestimmung der großen Halbachsen der Bahnen mit Hilfe des dritten Keplerschen Gesetzes an.

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

T_1 sei die Umlaufzeit der Erde in Tagen und a_1 die große Halbachse der zugehörigen Bahn in AE. Unter bestimmten Voraussetzungen können also durch Amateure und Schüler Näherungswerte der Bahnbewegungen berechnet werden.

Tafeln der Planetensichtbarkeit

Eine Variante

Angeregt durch die in Heft 6/72 gewählte Darstellungsform zur Planetensichtbarkeit (Tafel I) über-sandte uns Ing. EMANUEL NAUMANN, 402 Halle (Saale), Rembrandtstraße 3, seine eigene gra-phische Darstellung, die er seit Jahren benutzt und die auf dem Prinzip der Balkendiagramm-Darstellung beruht.

Er schreibt dazu: „Zu den Begriffen „Abend- und Morgensichtbarkeit“ muß ich erwähnen, daß sie ganz subjektiv festgelegt wurden. Ich bin Amateurbeobachter (hauptberuflich als Ingenieur tätig) und kann astronomische Beobachtungen abends nicht zu lange ausdehnen und morgens nicht zu früh beginnen. Von daher röhren (im Diagramm) der 1. und der 4. Grenzwert.“

Bei Merkur und Venus ergeben sich die Grenzwerte durch die Mindest-Elongationen, die für eine Be-obachtung erforderlich sind.

Alle Eintragungen beruhen auf Angaben des „Kalenders für Sternfreunde“ von Dr. P. AHNERT. Das Diagramm erlaubt die Eintragung weiterer Anmerkungen, z. B. Größenklassen, Konjunktion, Opposition, Elongationen. Die Darstellung der Sichtbarkeitsdauer durch Strecken ermöglicht eine rasche Abschätzung der zeitlichen Abstände von Konjunktionen, Opposition oder größten Elonga-tionen.

... Ich glaube, ... daß meine Darstellungsform gut verwendbar ist und als Ergänzung betrachtet werden kann.“

Im Diagramm bedeuten (außer bei Merkur und Venus):

- |- Aufgang gegen 21 Uhr (bei Planetoiden gegen 20 Uhr), d. h. Beginn der „Abendsicht-barkeit“
- | Untergang etwa 1 Stunde nach Sonnenuntergang (bei Planetoiden 2 Stunden danach oder Helligkeitsrückgang unter 12^m), d. h. Ende der „Abendsichtbarkeit“.
- — — — — Aufgang etwa 1 Stunde vor Sonnenaufgang (Beginn der „Morgensichtbarkeit“)
- — — — — | Untergang gegen 5 Uhr (Ende der „Morgensichtbarkeit“)

Im Original ist das Diagramm (3. Umschlagseite) farbig angelegt, wodurch es an Übersichtlichkeit gewinnt. Es kann für Fachgruppenmitglieder, Lehrer und Arbeits-gemeinschaften als Arbeitsmaterial dienen.

Interessante Meteorerscheinung

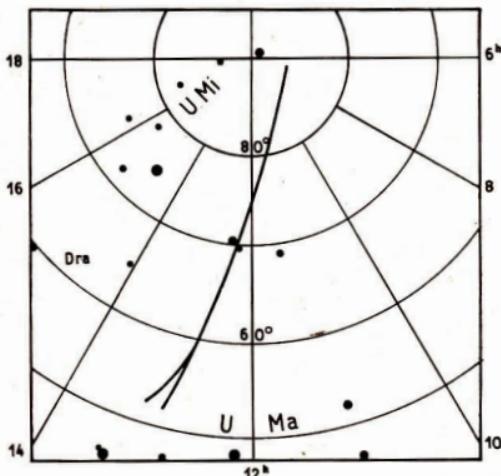
Am 16. Dezember 1972 leuchtete um 21^h54^m20^s MEZ ein helles Meteor am Nordhimmel auf. Seine Helligkeit betrug im Maximum etwa -3^m. Die zu beobachtende Leuchterscheinung hatte eine Länge von etwa 17° und erstreckte sich von Polnähe gegen NNE. Danach teilte sich das Objekt in zwei gleichhelle Komponenten, die etwa eine scheinbare Helligkeit von -2^m besaßen. Sie bewegten sich noch 5° gegen das Sternbild UMa und erloschen darin (s. Skizze!).

Die gesamte Leuchterscheinung dauerte etwa 4 Sekunden.

Aus den Angaben lassen sich ungefähr folgende Horizontkoordinaten rekonstruieren:

Erscheinung	Azimut	Höhe
Beginn	190°	50°
Ende	208°	28°

Die Angaben über die Beobachtung teilte mit: Herr Ulrich Rogsch, Mitglied einer AG Astronomie in Zwickau, 11. Kl. Wir bitten alle Beobachter, die diese Erscheinung ebenfalls festhielten, uns ihre Ergebnisse einzusenden.



Aus der Literatur

Ein ungewöhnliches Fernrohr

Gegenwärtig entsteht auf dem Mount Hopkins in Arizona/USA ein neues Großteleskop, dessen Primärspiegel aus sechs Hauptspiegeln mit Durchmessern von je 1,83 m besteht. Bei Vereinigung aller Strahlengänge in einem gemeinsamen Fokus, wozu sechs Sekundärspiegel installiert werden, ersetzt das Instrument ein herkömmliches 4,50-m-Teleskop.

Zu dieser ungewöhnlichen Bauweise, die evtl. sogar eine Tendenz im Bau von Großteleskopen ankündigt, hat man sich aus kostensparenden Gründen entschlossen: für das Instrument ist nur etwa ein Viertel der herkömmlichen Bausumme veranschlagt.

Eines der konstruktiven Probleme liegt in der exakten Bildüberlagerung, die mit einer Genauigkeit von 0,5 Bogensekunden gewährleistet sein soll, aber während des Betriebes geringfügigen Änderungen unterworfen ist. Durch laufende Justierung über einen Kontroll-Laserstrahl soll eine optische Starrheit innerhalb des vorgegebenen Toleranzbereiches garantiert sein.

Die systembedingte Neigung der einzelnen Fokalebenen gegeneinander beschränkt das verwertbare Gesichtsfeld auf etwa 5 Bogenminuten. Das Gerät ist daher nur zur Untersuchung von Einzelobjekten geeignet und darüberhinaus nur für Beobachtungen im Infrarotbereich konzipiert.

Nach: „Sterne und Weltraum“ 1972/11.

K.F.

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Fachgruppenleitertagung und COPERNICUS-Ehrung des ZFA

Für den 24. und 25. 2. 1973 waren alle Fachgruppenleiter zu einer Tagung nach Crimmitschau eingeladen. Sie behandelte „Probleme der amateurmäßigen Beobachtungstätigkeit“ und war verbunden mit einer Beratung des Zentralen Fachausschusses sowie einer Festveranstaltung zu Ehren des 500. Geburtstages von NICOLAUS COPERNICUS.

Zielstellung und Umfang der Fachgruppenarbeit

Dr. Klaus Lindner, Vorsitzender des ZFA, sprach über „Die Arbeitsgebiete der Amateurastronomie und die kulturpolitischen Aufgaben der Fachgruppen“. Er ging davon aus, daß die sozialistischen Produktionsverhältnisse in der DDR ein neues Freizeitverhalten der Bürger ermöglichen. Der Kulturbund unterstützt seine Mitglieder bei einer kulturuollen und schöpferischen Freizeitgestaltung. Der Sinn amateuerwissenschaftlicher Arbeit besteht im Kenntnisverlust astronomischer Tatbestände (Erscheinungen, Zusammenhänge usw.), in ihrer Einordnung in das wissenschaftliche Weltbild. Welche Möglichkeiten gibt es dafür in der Fachgruppenarbeit? An erster Stelle steht die fachliche Qualifikation der Mitglieder. Dazu kommt zweitens die wissenschaftliche Beobachtungstätigkeit. Welche Möglichkeiten es dabei gibt und welche wissenschaftlichen Nutzen die Amateurastronomie bringen kann, findet jeder Interessent in Heft 6/1972 unserer Zeitschrift erläutert.

Für die Arbeit der Fachgruppen sollte aber nicht unbedingt die wissenschaftliche Arbeit das Hauptziel sein. Es gilt hier der von Dr. AHNERT geprägte Satz: „Die Freude an den Erscheinungen des nahen und fernen Kosmos, das bewußte Erfassen seiner Schönheit und Größe sind schon an sich eine volle Rechtfertigung unserer Beschäftigung mit der Astronomie“ (Vorwort zum Kalender für Sternfreunde 1972).

Das dritte Gebiet der Fachgruppenarbeit ist die kulturpolitische Öffentlichkeitsarbeit. Möglichkeiten dazu bieten allgemein zugängliche Beobachtungen mit und ohne Fernrohr, Gestaltung von Ausstellungen, öffentliche Vorträge, Veröffentlichungen in der Presse, Gestaltung von Schaukästen u. a. m. sowie die kontinuierliche Zusammenarbeit mit den Schulen. Dazu gehört auch die Gestaltung von Jugendstunden durch Fachgruppenmitglieder.

In den Fachgruppen kann und wird es die unterschiedlichsten Akzente der Arbeit geben. Entscheidend dabei ist die Zusammensetzung der Gruppe und die Fähigkeit des Leiters, die vorhandenen Möglichkeiten zu erkennen und zu nutzen. Doch bei allem Einsatz muß die Amateurarbeit für den Einzelnen eine Erholung bleiben.

Beispiele aktiver Fachgruppenarbeit

Im zweiten und dritten Referat der Tagung ging es um die Umsetzung des Grundanliegens der Fachgruppenarbeit in die Praxis. Edgar Otto jun. behandelte „Aufbau und Arbeitsweise der Fachgruppen Astronomie“ am Beispiel der FG Ellenburg. Die Breite und Vielfalt amateurastronomischer Tätigkeit erfordern die Zusammenarbeit, die Spezialisierung und den Erfahrungsaustausch in der Fachgruppe. Dabei wirkt sich die in unserer Gesellschaft heranwachsende Einheit von persönlichen Interessen mit den Interessen der Gesellschaft positiv aus.

Zur Aufstellung eines Beobachtungsprogramms und eines Arbeitsplanes wurde deutlich gemacht, daß ein fester Plan nicht vor Beginn der Tätigkeit bestehen kann, sondern sich im Detail erst während der Arbeit ergibt. Damit wurde keinesfalls eine planlosen Arbeit das Wort geredet. Erste Beobachtungen ergeben sich aus astronomischen Ereignissen und Möglichkeiten, die weinen Freude und Interesse an der Arbeit und bringen Fertigkeiten an den Geräten. Erst daraus ergibt sich dann eine eigentliche Beobachtungsaufgabe und ein Arbeitsplan, der langfristige allgemeine Aufgaben, spezielle Aufgaben und konkrete Maßnahmen enthält und durch einen Terminplan ergänzt wird.

Empfehlenswert sind oft auch direkte Kontakte zwischen einzelnen Fachgruppen sowie vor allem Zusammenarbeit mit anderen Organisationen und Institutionen. Erst wenn eine Fachgruppe am gesamten gesellschaftlichen Leben des Ortes Anteil nimmt, wird sie zu einem anerkannten Mitglied.

Bfr. Arnold Zenkert sprach bei seinem Thema „Planung, Durchführung und Auswertung von Beobachtungsprogrammen“ vorwiegend über die Öffentlichkeitsarbeit, die in Potsdam in großer Breite betrieben wird und zeigte dazu viele Dias. Wenn die Fachgruppenleiter auch nur wenig von der Durchführung und Auswertung amateurmäßiger Beobachtungen erfahren, so beeindruckt sie die vielseitige und publikumswirksame Arbeit beider „Wohnbezirks-, Straßen- und Campingastronomie“, deren Möglichkeiten sehr anschaulich geschildert wurden.

Zum Thema „Der Fachgruppenabend und die Anleitung spezieller Beobachtungsgruppen“ konnte wegen Erkrankung des Referenten Bfr. Blasberg nur die Disposition vorgetragen werden.

Die Diskussionszeit

wurde von 12 Bundesfreunden genutzt. OMR Dr. Sigmund (Kamenz) sprach z. B. über die gute Arbeit der Fachgruppe Dresden und lenkte die Aufmerksamkeit wieder auf die Probleme der amateurmäßigen Beobachtungstätigkeit, die vor allem diskutiert werden sollte. Die Bfrde. Ellzer (Thal) und Paul (Hartenstein) gaben in ihren Beiträgen nützliche Anregungen zur Arbeit. Am zweiten Beratungstag wurde die Aussprache fortgesetzt. Besonders lebhaft und interessant wurde die Frage diskutiert, ob zur FG-Arbeit eine Sternwarte nötig ist und wie die Arbeit ohne eine solche interessant und vielseitig gestaltet werden kann, wozu z. B. Bfr. Peter (Dessau) berichtete.

Die Tagungsteilnehmer hatten am 2. Beratungstag Gelegenheit, den „Copernicus“-Film zu sehen.

Die Tagung war für die Diskussionsteilnehmer ein guter Beginn einer fortzuführenden Diskussion. Die Diskussionsergebnisse werden im ZFA ausgewertet.

Festveranstaltung zum 500. Geburtstag von NICOLAUS COPERNICUS

Es war Anliegen des ZFA, einen Beitrag zur weltweiten Ehrung von NICOLAUS COPERNICUS zu leisten. Er lud gemeinsam mit der Pionier- und Jugendsternwarte „Johannes Kepler“ Crimmitschau und dem Urania-Kreisvorstand Werda zu einer öffentlichen Festveranstaltung in das Kulturzentrum der Tuchstadt Crimmitschau ein.

Mit Unterstützung des Polnischen Kultur- und Informationszentrums Leipzig und des Kulturbundgruppen des Kreises Werda war durch die Mitarbeiter der Sternwarte eine niveaulöffe Ausstellung aufgebaut worden, die etwa 2100 Besucher sahen. Durch eine Reihe von Wandzeitungen hatten junge AG-Teilnehmer in Betrieben auf das Anliegen einer COPERNICUS-Ehrung aufmerksam gemacht.

Die Festveranstaltung fand am 24. 2. 1973 abends statt. Sie wurde vom Kammerorchester Altenburg musikalisch ausgestaltet.

Im Mittelpunkt der Veranstaltung stand der Festvortrag von Dr. D. B. HERRMANN (Berlin) zum Thema „COPERNICUS und der Sturz des antiken Weltbildes“. Der Redner verstand es sehr gut, unterstützt durch Dias, die 380 Besucher aus allen Bevölkerungsschichten vor der Bedeutung der Erkenntnis des großen Astronomen zu überzeugen. Diese Festveranstaltung war ein sehr würdigter Beitrag zur COPERNICUS-Ehrung in der DDR, und für die Fachgruppenleitertagung war sie die gelungene kulturpolitische Höhepunkt.

Die Fachgruppe Crimmitschau, die sowohl für die Tagung als auch für die COPERNICUS-Ehrung Gastgeber war, hat sich mit Erfolg um beide Veranstaltungen verdient gemacht.

KARL RADLER

1973

Tafeln der
Planetensichtbar-
keit.
Siehe S. 94

Objekt	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
♂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
♀	w. E. -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
♂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	♀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⌚	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⌚	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⌚	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⌚	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⌚	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ceres	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pallas	8.-0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Juno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vesta	6.-9	-	7.-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Euterpe	-	-	10.-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Melis	-	-	10.-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parthenope	-	-	-	10.-4	-	-	-	-	-	-	-	-
Ausenia	-	-	-	-	10.-1	-	-	-	-	-	-	-
Hygiea	-	-	-	-	-	10.-5	-	-	-	-	-	-
Lætitia	-	-	-	-	-	-	10.-3	-	-	-	-	-
Iris	-	-	-	-	-	-	-	12.-4	-	-	-	-

Buchbesprechungen

Signale aus dem All

* Wenn ein bekannter Nachrichtentechniker, der Erfinder eines extrem störsicheren Übertragungsverfahrens, das überall dort angewandt wird, wo es auf äußerste Sicherheit der Übertragung ankommt, ein populärwissenschaftliches Buch schreibt, so verspricht das von vornherein eine interessante Lektüre zu werden. Prof. Dr. sc. techn. N. T. PETROWITSCH hat sein Buch über Probleme der Kontaktaufnahme mit fernen Zivilisationen zu großen Teilen während eines Bergurlaubs geschrieben. Bei der anschaulichen Erklärung einiger Probleme der Wahrscheinlichkeitstheorie meint der Autor humorvoll, daß die Wahrscheinlichkeit, mit seinem Buch spannend und unterhaltsam zu sein, nur 5 Prozent beträgt und ihn das traurig stimmt. Wer das Buch in sicher sehr kurzer Zeit durchgelesen hat, wird gern bestätigen, daß es zu diesen 5 Prozent gehört.

Wer hat nicht schon einmal in sternklaren Nächten von fernen Welten geträumt? A. T. PETROWITSCH träumt aber nicht einfach, sondern er wählt Möglichkeiten ab, wie eine Kontaktaufnahme zu anderen Zivilisationen zustandekommen kann und wo diese Zivilisationen zu suchen sind. Er setzt sich mit den verschiedensten Theorien auseinander und zeigt dabei eine eindeutige humanistische Parteinahe gegen zweckpessimistische kapitalistische Theorien zur Entwicklung einer Zivilisation.

In dem Buch werden im Plauderton eine große Anzahl astronomischer Probleme, so z. B. Theorien der Entwicklung der Galaxien, das HERTZSPRUNG-RUSSEL-Diagramm und Doppelsterne, behandelt. Es werden die Voraussetzungen für die Entstehung von Leben untersucht und mit den Mitteln der Wahrscheinlichkeitsrechnung die Zahl der möglichen Zivilisationen im Weltall und ihrer Entfernung abgeschätzt. Schwerpunkt bildet natürlich die Behandlung von Schwingungen und Wellen und die Informationsübermittlung.

Verblüffend bei der Vielzahl der behandelten Probleme ist, wie es der Autor versteht, auch komplizierte Dinge anschaulich und verständlich zu erklären, ohne unwissenschaftlich zu sein. Jugendliche Leser, denen das Buch besonders empfohlen sei, sollten sich durch die vielen behandelten Probleme und durch die großen Zahlen nicht von der Lektüre abschrecken lassen. Auch wenn nicht jedes Detail restlos klar geworden ist, das Buch bleibt interessant, spannend zu lesen und sehr lehrreich.

K. Radler

N. T. Petrowitsch: Signale aus dem All. Übersetzung aus dem Russischen, VEB Verlag Technik Berlin 1972, 150 Seiten mit zahlreichen Abb., 9,80 M.

Physik im Kosmos

Sehr anschaulich und kaum mehr Voraussetzungenfordernd, als sie der Mathematik-, Physik- und Astronomie-Unterricht an unseren OS vermittelten, im Wortsinn also populärwissenschaftlich, behandelt der Autor physikalische Probleme der Raumfahrt und des Weltalls. Wo es angebracht und möglich ist, wird dem Verständnis des Stoffes durch eine humorvolle Darstellung (auch in den Abb.) eine Brücke gebaut. Auch der Amateurastronom kommt bei der Lektüre auf seine Kosten, zumal dann, wenn er durch seine zwar notwendige, jedoch zu ausschließlich wahrgenommene Beobachtungstätigkeit den Kosmos als Ganzheitsproblem mit allseinen physikalisch-philosophischen Konsequenzen aus den Augen verloren hat; das gleiche gilt für den vorliegend technisch interessierten Bewunderer der Leistungen der Raumfahrt. Vom (klassischen) Einfachen, physikalisch Vertrauten ausgehend und bis zu den viele Grenzprobleme aufwurfenden möglichen Raumdimensionen und Weltmodellen gelangend, durchschreitet der Autor sozusagen den Kosmos als Informator des Lesers, aber auch als ein selbst noch Fragernder dort, wo neue Erkenntnisse neue Fragestellungen aufwerfen.

Unter dem Titel „Vorbetrachtungen“ erläutert der Verfasser „worum es (ihm) geht“, nämlich „an konkreten Beispielen (zu) zeigen, wie die im Kosmos waltenden Gesetzmäßigkeiten von Grund auf zu erklären und die allgemeinen physikalischen Gesetze auf spezielle kosmische Fragen anzuwenden sind“. Das geschieht nach einer Kurzbeschreibung unseres Planetensystems und der Entstehung der klassischen Mechanik in folgenden Kapiteln: Die Newtonschen Axiome – Der Impulsatz – Die Überwindung der Schwerkraft – Die Flucht von der Erde – Maßstab Licht – Die Strahlung der Sterne – Die Substanz der Sterne – Die kosmische Strahlung – Die relative Welt – Letzte Perspektiven. Ein kurzes Sachwortverzeichnis schließt das Buch ab.

Was der Autor in den Vorbetrachtungen verspricht, hält er in allen Abschnitten des Buches soweit physikalische Fakten vorliegen bzw. deren Deutung bewiesen ist. Problematischer wird es für ihn dort (wobei er sich in bester Gesellschaft mit den Fachwissenschaftlern befindet), wo z. Z. die Astronomie, die Astrophysik, die Kosmologie und Kosmogonie auch noch nicht mehr bieten können, als eine Palette möglicher Lösungen ihrer Probleme zur Auswahl. Diesem Sachverhalt muß der Autor Rechnung tragen, aber er tut es immerhin so, daß als übergeordneter Fakt bleibt: Die Welt ist erkennbar!

Hf.

Helmut Lindner, Physik im Kosmos. VEB Fachbuchverlag Leipzig. 2. neubearbeitete und erweiterte Auflage. 215 S., 147 Abb.; Leinen, 8,50 M.

EVP 1,50 M
PZV 31052

III-BERLIN
CH
1 212
1503

4¹⁹⁷³ Astronomie und Raumfahrt



INHALT

Radiosterne · Dr. Christian Friedemann	97
Solare Erscheinungen im August 1972 · Dr. Josef Olmr.	103
Systematik der Flugbahnen von der Erde zum Mond II · Dr. E. Hantsche	107
Bildseiten	
Abb. zu den Beiträgen „Solare Erscheinungen im August 1972“ und „Jupiterbeobachtungen 1972“	I-IV
Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie	
Preisträger im COPERNICUS-Jugendwettbewerb	113
Amateure beobachten und berichten	
Sonnenflecken auf der nördlichen und auf der südlichen Hemisphäre · Willi Schulze	114
Jupiterbeobachtungen 1972 · Jörg Mosch.	115
Meine Veränderlichenbeobachtungen 1970–1972 · Dietmar Böhme	118
Zur Größenklassifikation der Sonnenflecke · Willi Schulze	3. Umschlagseite
Aus der Literatur	
Einige Probleme der extragalaktischen Astronomie	120
Extraterrestrische Uranusbeobachtungen	121
Sternentstehung im Kern des Milchstraßensystems? — Untersuchungen an Monden im Planetensystem — Astronomische Beiträge der „Jenaer Rundschau“, Heft 7/72	122
Sternwartengründungsgesetz — Informationen über den Mond	123
Die orange-rote Mondbodenprobe — Die Reflektionsfähigkeit des Mondes	124
Staubatmosphäre und magnetische Feldstärken auf dem Mond	125
Die mechanischen Eigenschaften des Mondbodens — Automatische Kamera für Astrogeodäsie	4. Umschlagseite
Mitteilungen der Astronautischen Gesellschaft der DDR	
Die Internationale Astronautische Föderation (IAF) — Aufbau, Ziele und Aktivitäten Dr. E. Hollax	125
Redaktionsschluß: 20. Mai 1973	

Herausgeber: Kulturbund der DDR, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Astronautischer Gesellschaft der DDR. Redaktion: Herbert Pfaife (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, 820 Kamenz; Helmut Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“), 108 Berlin, Mohrenstraße 36/37; Heinz Mielke, 1608 Elchwalde; 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 1973 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 1490/63 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR.
Satz und Druck: IV/10/5 Druckhaus Freiheit Halle.

Einleitung

Im Gegensatz zur Entdeckung der solaren Radiostrahlung ist der Nachweis von Sternen, die elektromagnetische Strahlung im Dezimeter- oder Meterwellenbereich aussenden nicht zufälliger Natur, sondern das Ergebnis einer zielgerichteten Suche. Sie konnte selbstverständlich erst dann erfolgreich sein, als es technisch möglich war, hinreichend leistungsfähige Radioteleskope zu bauen. Aus diesem Grunde blieb auch der schon Ende des vorigen Jahrhunderts von einigen Physikern unternommene Versuch, die solare Radiostrahlung nachzuweisen, erfolglos. Sie wurde erst während des zweiten Weltkrieges zufällig entdeckt.

Bereits ein oberflächlicher Blick auf die spektrale Energieverteilung der Sonnen-, aber auch der Sternstrahlung zeigt, daß die Intensität der Strahlung im Meterwellengebiet um einige Größenordnungen schwächer ist als im optischen Spektralbereich. Der Nachweis von stellarer Radiostrahlung setzt deshalb neben außerordentlich empfindlichen Radioteleskopen eine Strahlungsintensität voraus, die viel höher als die der Sonne sein muß.

Die Suche nach Radiosterne führte vor mehr als zehn Jahren zur Entdeckung der ersten Objekte, deren Anzahl sich in der Folgezeit rasch vergrößerte. Inzwischen ist das Beobachtungsmaterial so angewachsen, daß sich eine Einteilung der Radiosterne in die folgenden sechs Klassen erforderlich macht:

Flare-Sterne (rote Hauptreihensterne) — rote Überriesen — physische Doppelsternsysteme — Novae — Pulsare — Röntgensterne.

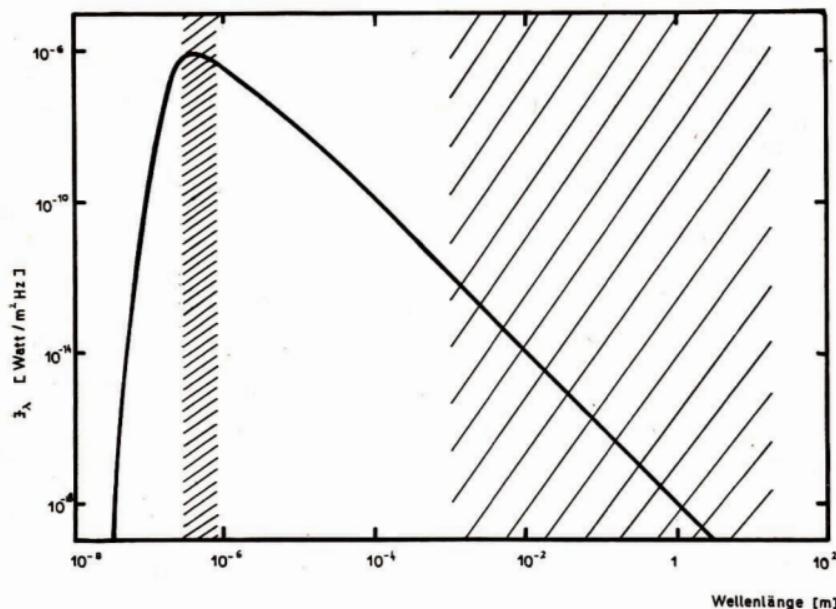


Abb. 1: Spektrale Energieverteilung E eines schwarzen Körpers mit einer Temperatur von 10^4 K. Das schmale schraffierte Gebiet entspricht dem optischen Fenster der Erdatmosphäre und das breite schraffierte Gebiet ihrem Radiofenster. Im Radiofrequenzgebiet liegt die Strahlungsintensität mehr als 6 Größenordnungen unter der des optischen Bereiches.

Die von den Radiosterne emittierte Strahlung besteht sowohl aus einzelnen Linien als auch aus einer kontinuierlichen Radiostrahlung. Es hängt von den physikalischen Verhältnissen in den Sternatmosphären bzw. den zirkumstellaren Hüllen ab, ob eine Linienemission oder kontinuierliche Radiostrahlung beobachtet werden kann. Aus den spezifischen Charakteristika der empfangenen Strahlung lassen sich wertvolle Rückschlüsse auf den physikalischen Zustand des emittierenden Gebietes ziehen. Auf derartige Einzelheiten soll aber erst später eingegangen werden.

Nachweismöglichkeit stellarer Radiostrahlung

Neben einer hohen Empfindlichkeit wird von einem für den Nachweis von stellarer Radiostrahlung vorgesehenen Radioteleskop ein gutes Winkelauflösungsvermögen gefordert. Damit ist klar, daß für die angestrebten Beobachtungen nur Interferometeranordnungen in Frage kommen. Ihre Empfindlichkeit läßt sich dadurch steigern, daß über Stunden hinweg die vom vermeidlichen Radiosternen einfallende Strahlung registriert wird, wobei das unvermeidliche Rauschen der Empfängerapparatur ebenfalls mit aufgenommen wird. Auf diese Weise läßt sich die stellare Strahlung von den irdischen Störquellen trennen. Durch eine Integrations-(Meß-)zeit von 8 Stunden ließ sich beispielsweise die Meßgrenze des Interferometers der Nationalen Radiosterne warthe der USA in Green Bank auf einen Wert von $3 \cdot 10^{-29}$ Wattm $^{-2}$ Hz $^{-1}$ $\triangleq 3 \cdot 10^{-3}$ f. u. (flux units) herabdrücken.

Man kann nun nach den Eigenschaften der Sterne fragen, für die eine Suche nach ihrer Radiostrahlung unter den technischen Gegebenheiten erfolgversprechend erscheint. Dabei hilft eine Diskussion der Gleichung

$$S_r = \frac{T_B \Theta^2}{1970 \lambda^2}$$

weiter, die den Strahlstrom S_r [f. u.] im Radiofrequenzgebiet des Spektrums beschreibt. Die auf der rechten Seite der Gleichung auftretenden Größen haben die folgende Bedeutung:

Θ : scheinbarer Stern durchmesser [$''$],

T_B : mittlere Strahlungstemperatur [K] und

λ : Wellenlänge, bei der das Interferometer arbeitet [cm].

Für ein spezielles Radioteleskop sind sowohl die Meßgenauigkeit, bis zu der man Sternstrahlung nachweisen kann $S_{r\min}$ als auch die optimale Arbeitswellenlänge technisch vorgegebene Größen, an denen nicht viel geändert werden kann. Entsprechend dieser Tatsache läßt sich die obige Gleichung in eine andere Form bringen, in der die technischen und die naturgegebenen Größen auf den entgegengesetzten Seiten der Gleichung stehen. Es ist wohl offensichtlich nur dann möglich Radiostrahlung zu empfangen, wenn

$$T_B \Theta^2 \geq 1970 S_{r\min} \lambda^2.$$

Als entscheidende naturgegebene Größe stellt sich der Stern durchmesser heraus, da er in der 2. Potenz auftritt. Als aussichtsreiche Kandidaten für den Nachweis von stellarer Radiostrahlung kommen daher nahe und möglichst große Sterne — also Riesen oder Überriesen — in Betracht. Allerdings sollten außerdem Strahlungstemperaturen von mehr als 10^5 K vorliegen, damit sich ein meßbarer Beitrag für die Radiostrahlung ergibt. Typische Strahlungstemperaturen der Sterne liegen aber rund eine Zehnerpotenz unter der gerade geforderten Minimaltemperatur von 10^5 K. Jedoch können in der Chromosphäre und der Korona der zur Diskussion stehenden Sterne die Temperaturen den geforderten Mindestbetrag erreichen bzw. übertreffen. Außerdem besteht die Möglichkeit, daß auf den Sternen Aktivitätserscheinungen ähnlich wie auf der Sonne, nur in bedeutend größeren Ausmaßen auftreten.

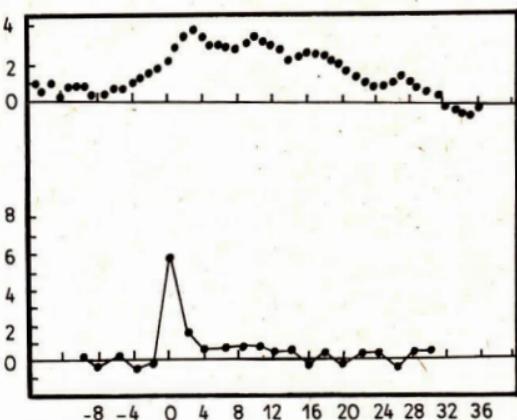
Die Klassen der Radiosterne und ihre Eigenschaften

Flare-Sterne

Von einigen roten Zwergsternen vom Spektraltyp M war schon längere Zeit bekannt, daß sie Helligkeitsänderungen durchmachen, die durch einen verhältnismäßig raschen Anstieg zu einem Maximalwert und einen langsameren Abstieg zum Normallicht gekennzeichnet sind. Dieses „Flackern“ der Helligkeit läuft in einem Zeitraum von Minuten bis zu einigen Stunden ab. In Analogie zu den in ihrer Intensität wesentlich schwächeren Strahlungsausbrüchen auf der Sonne vermutete man, daß die Helligkeitsänderungen der flare-Sterne von Ausbrüchen im Radiofrequenzgebiet begleitet sind. Diese Vermutung bestätigte sich. Ein umfangreiches Beobachtungsmaterial liegt bereits für die Sterne UV Ceti, YZ Canis Minoris, und V 371 Orionis vor. An der Registrierung der sporadisch auftretenden Lichtausbrüche beteiligten sich einige über die ganze Erde verteilte optische Observatorien, die eng

mit den radioastronomischen Einrichtungen zusammenarbeiten. Das vorliegende Beobachtungsmaterial zeigt, daß die Ausbrüche im optischen Spektralbereich mit Ausbrüchen im Radiofrequenzbereich korreliert sind.

Abb. 2: Mittlere Kurven von 14 flares des Sternes UV Ceti im Radiofrequenzgebiet (oben) und im visuellen Spektralbereich (unten). Die Abszisse gibt die Zeit in Minuten. Der Nullpunkt der Zeitzählung wurde willkürlich auf den Zeitpunkt der maximalen visuellen Helligkeit gelegt. Die Intensität der Radiostrahlung ist in f. u. ($\approx 10^{-26}$ Watt/m²Hz) gegeben, die Einheit der visuellen Amplitude entspricht rund 0,1 Größenklassen.



Für die Ursache der Strahlungsausbrüche der flare-Sterne liegen bisher nur Vermutungen vor. So könnte die Radiostrahlung von Stoßwellen herrühren, die die Koronen der Sterne durchlaufen und aufheizen. Vielleicht haben diese Erscheinungen mit den solaren Radiobursts (-ausbrüchen) eine gewisse Ähnlichkeit. Auf jeden Fall ist es schwierig, die aus den Beobachtungen errechneten Strahlungstemperaturen von 10^{15} K zu verstehen, die um einige Größenordnungen jene Werte übertreffen, die uns von der Sonne her geläufig sind.

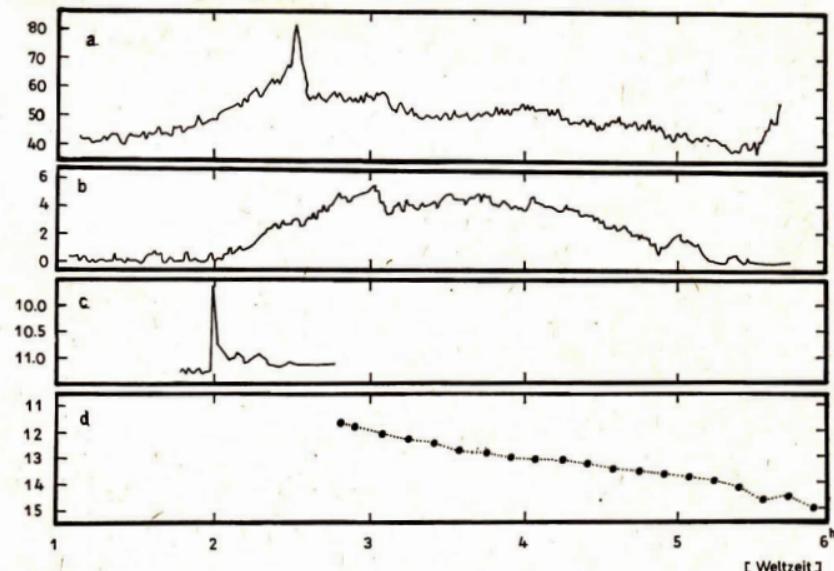


Abb. 3: Simultanbeobachtungen der flare-Erscheinung des Sternes YZ Canis Minoris von 19. Januar 1969 im Radiofrequenzgebiet und im optischen Spektralbereich. Die einzelnen Kurven bedeuten: a) Strahlungsintensität bei 240 MHz, b) Strahlungsintensität bei 408 MHz (beide gemessen in f. u.), c) visuelle Helligkeiten, d) ultraviolette Helligkeiten.

Rote Überriesen

Wie bereits erwähnt wurde, sind die Überriesen wegen ihrer großen Durchmesser aussichtsreiche Kandidaten für den Empfang der von ihnen emittierten Radiostrahlung. Wenn auch die roten Überriesen relativ niedrige Oberflächentemperaturen besitzen, so ist doch zu vermuten, daß sie von ausgedehnten Chromosphären und Koronen umgeben sind, in denen hinreichend hohe Temperaturen herrschen.

Die von α Orionis (Beteigeuze) emittierte Radiostrahlung konnte zunächst nur in einer Nacht im Jahre 1966 empfangen werden, während die nachfolgenden Beobachtungen ergebnislos blieben, so daß sich Zweifel an der Realität der ersten Messung einstellten. Später jedoch lag die Radiostrahlung von Beteigeuze wieder über der Nachweisbarkeitsgrenze. Es hat danach den Anschein, als ob die Radiostrahlung von diesem bekannten Stern im wesentlichen aus gelegentlichen kurzen Ausbrüchen besteht.

Inzwischen gelang auch die Entdeckung der Radiostrahlung, die von dem Stern π Aurigae ausgeht.

Physische Doppelsternsysteme

Auch aus der Richtung von α Scorpii (Antares) wurde eine zeitlich veränderliche Radiostrahlung empfangen. Es mag daher verwunderlich erscheinen, daß dieser Überriese nicht in der vorhergehenden Klasse mit aufgeführt ist. Wie aber erst nach einer Steigerung der Genauigkeit in der Positionsbestimmung des verwendeten Radioteleskopes erkannt wurde, stammt die Radiostrahlung nicht von Antares, sondern von seinem Begleiter. Er ist ein blauer Zwergstern vom Spektraltyp B3, der mit dem roten Überriese ein physisches Doppelsternsystem bildet. Beide Sterne haben einen Winkelabstand von ungefähr $3''$ voneinander. Für das völlig unerwartete Beobachtungsergebnis gibt es bisher noch keine Erklärung.

Von den beiden bekannten Bedeckungsveränderlichen β Persei (Algol) und β Lyrae wurde ebenfalls Radiostrahlung empfangen. Ein umfangreicheres Beobachtungsmaterial liegt aber bisher nur für Algol vor. Die Radiostrahlung, die er emittiert, besteht aus flares, die verhältnismäßig häufig auftreten. Eine Korrelation zur optischen Variabilität besteht offenbar nicht, denn die flares scheinen an keine Phase der optischen Lichtkurve gebunden zu sein. Soweit es sich schon übersehen läßt, ändert sich die Intensität der flares über größere Zeiträume hinweg. Wie die Messungen ergaben, ist die spek-

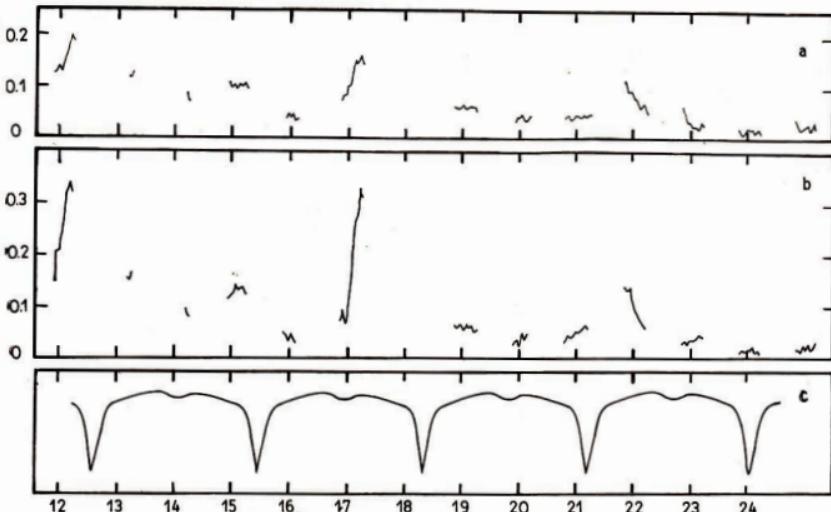


Abb. 4: Radiobeobachtungen des Bedeckungsveränderlichen Algol bei 2795 MHz (a) und 8085 MHz (b). Die Strahlungsintensitäten sind in f. u. gegeben. Die schematisierte optische Lichtkurve (c) ist zeitlich an die Radiobeobachtungen angepaßt. Die Abszisse gibt die Zeit in Tagen an. Die Beobachtungen überstreichen den Zeitraum vom 12.-25. Januar 1972.

trale Energieverteilung der Radiostrahlung ebenfalls beachtlichen zeitlichen Veränderungen unterworfen.

Die bisher diskutierten Möglichkeiten der Entstehung der Radiostrahlung im Doppelsternsystem Algol führten noch nicht zur Erklärung der festgestellten Phänomene. Nur soviel scheint festzustehen, daß heiße Gasströme zwischen den beiden Komponenten eine Rolle bei der Entstehung der Radiostrahlung spielen. Als Besonderheit ist noch zu erwähnen, daß die Intensität der Radiostrahlung von Algol um fünf Größenordnungen über der solaren Radiostrahlung im gleichen Wellenlängenbereich liegt.

Das von β Lyrae vorliegende Beobachtungsmaterial ist noch zu spärlich, um einigermaßen sichere Schlüsse über das zeitliche und spektrale Verhalten der empfangenen Radiostrahlung zu ziehen. Hier helfen erst zusätzliche Messungen weiter.

Nova

Bei Novaexplosionen werden Teile der Sternatmosphären in den zirkumstellaren Raum geschleudert. Die ausgestoßene Gashülle hat eine Masse, die größtenordnungsmäßig dem 10^{-5} fachen der Sternmasse entspricht. Das Gas in der Hülle ist hochionisiert und hat eine Elektronentemperatur von etwa 10^4 K. Durch die Expansion der Gashülle vergrößert sich ihre Winkelausdehnung ständig und kann dadurch die Beobachtung der von ihr ausgehenden Radiostrahlung möglich machen. Später, wenn die Dichte in der Novahülle infolge der Expansion stark abgenommen hat, verschlechtern sich die Bedingungen für den Empfang von Radiofrequenzstrahlung wieder.

Im Sommer 1970 wurde zum ersten Male Radiostrahlung von der drei Jahre vorher aufgeleuchteten Nova Delphini und der gerade erschienenen Nova Serpentis empfangen. Beide Novae verhielten sich hinsichtlich der zeitlichen Veränderungen der von ihnen emittierten Radiostrahlung recht unterschiedlich. Während sich die Strahlungsintensität der Nova Serpentis bis zum Oktober des Jahres 1970 um das dreifache erhöhte, blieb die Radiostrahlung der Nova Delphini im gleichen Zeitraum konstant.

Der Charakter der Radiostrahlung weist auf thermische Bremsstrahlung, d. h. frei-freie Übergänge hin, die in den rasch expandierenden Novahüllen entsteht.

Der Versuch, Radiostrahlung von alten Novae nachzuweisen, ist bisher erfolglos geblieben. Bei diesen Sternen sind die bei der Explosion abgestoßenen Hüllen schon soweit expandiert und die in ihnen vorherrschende Gasdichte ist so stark abgesunken, daß keine für uns beobachtbare Radiostrahlung mehr ausgesandt wird.

Auf Grund der vorliegenden Erfahrungen hat man abgeschätzt, daß von jenen Novae, deren optische Helligkeit maximal die 5. Größenklasse erreicht, einige Monate nach dem Ausbruch Radiostrahlung beobachtet werden kann und zwar über einen Zeitraum von einigen Jahren hinweg.

Die erste Supernova, die von der Radiostrahlung beobachtet werden konnte, ist die Supernova 1970 g, die im Sternsystem M 101 aufleuchtete. Diese Supernova erreichte Ende Juli 1970 ihre maximale optische Helligkeit. Anfang August, also kurz nach dem Aufleuchten, wurde mit den Radiobeobachtungen begonnen und am Ort der Supernova eine Radiostrahlung festgestellt. Über neun Monate hinweg konnte bei den Beobachtungswellenlängen 11,1 und 3,7 cm die Radiostrahlung, deren Intensität bei $4 \cdot 10^{-3}$ f. u. lag, verfolgt werden. Bei erneuten Radiobeobachtungen im Jahre 1972 lag die Strahlungsintensität bei 11,1 cm Wellenlänge unter der Nachweisbarkeitsgrenze des verwendeten Radioteleskopes ($3 \cdot 10^{-3}$ f. u.). Dieser Befund wird als eine Bestätigung der Vermutung angesehen, daß gerade aufgeleuchtete Supernovae variable Radioquellen sind.

Pulsare

Der im Jahre 1967 erfolgten Entdeckung des ersten Pulsars schlossen sich in den Folgejahren noch zahlreiche weitere Entdeckungen an, so daß die Gesamtzahl inzwischen auf über 70 angestiegen ist. Nach den bestehenden theoretischen Vorstellungen verkörpern die Pulsare Sterne, die ein Endstadium der Sternentwicklung erreicht haben. Es spricht einiges dafür, daß die Pulsare die schon vor längerer Zeit vorausgesagten Neutronensterne repräsentieren. Sie zeichnen sich durch eine kaum vorstellbare Dichte (größenordnungsmäßig 10^{12} g/cm³) aus. In die rasch rotierenden Neutronensterne ist ein starkes Magnetfeld „eingefroren“, dessen Pole nicht mit der Rotationsachse des Sternes zusammenfallen. Durch die Wechselwirkung hochenergetischer geladener Teilchen mit dem Magnetfeld kommt es zur Emission von Synchrotronstrahlung, die vorzugsweise in Richtungen parallel zu den magnetischen Feldlinien in den Polgegenden erfolgt. Bei einer geeigneten Lage der Rotationsachse übersteicht der Strahlungskegel die Erde im Takte der Rotationsfrequenz des Pulsars und ruft somit die beobachteten Strahlungsblitze hervor.

Röntgensterne

Der Nachweis von Röntgenstrahlungsquellen wurde durch den Einsatz von Ballonteleskopen und Raketen mit entsprechenden Meßeinrichtungen möglich. Die erste Identifikation einer Röntgenquelle, Scorpius - X1, mit einem pekuliaren Stern erfolgte 1966. Seine optische und seine Röntgenstrahlung unterliegen schnellen irregulären Veränderungen, die manchmal miteinander korreliert sind. Die von diesem Objekt ausgehende schwache Radiostrahlung und deren Veränderlichkeit wurden 1968 bzw. 1969 nachgewiesen.

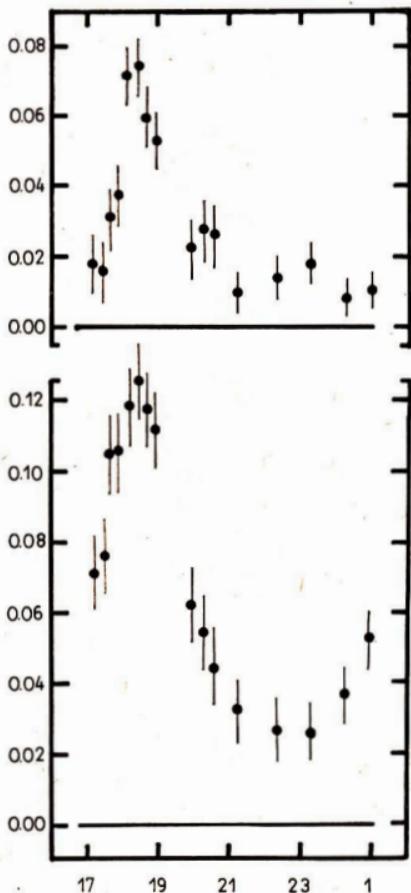


Abb. 5: Beobachtungen der Strahlungsintensitäten im Radiofrequenzgebiet (Angaben in f. u.), die von dem Röntgenstern Scorpius-X1 emittiert werden, vom 29.-30. September 1970. Die obere Kurve gilt für die Frequenz 8085 MHz, die untere Kurve für 2795 MHz. Die Abszisse gibt die Zeit in Stunden (Weltzeit).

Eine genauere Untersuchung von Scorpius-X1 ergab, daß die festgestellte Radiostrahlung offenbar von drei Quellen herrührt: Ein Emissionsgebiet fällt positionsmäßig mit dem optisch sichtbaren Stern zusammen und zeigt rasche Intensitätsschwankungen großer Amplitude. Die Zeitskala dieser Vorgänge liegt in der Größenordnung von einigen Stunden. Zwei weitere Radioquellen flankieren den Stern in einem Abstand von weniger als 2 Bogenminuten symmetrisch. Ihre Strahlung ist zeitlich konstant. Wenn auch hinsichtlich der Eigenschaften der Radiostrahlung wenig Gemeinsamkeiten mit den Pulsaren bestehen – bei Scorpius-X1 wurden bisher keine Radiopulse gefunden –, so wird doch vermutet, daß dieser Röntgenstern die physikalischen Eigenschaften eines Neutronensternes besitzt.

Von den Röntgenquellen GX 17+2 und Cygnus-X1 geht ebenfalls Radiostrahlung aus. Wahrscheinlich ist die Röntgenquelle Cygnus-X2 gleichfalls ein Radiostrahler.

Zu den Sternen, für die die Entdeckung von Radiostrahlung möglich erscheint, bisher aber noch nicht erfolgt ist, gehören die sehr heißen Wolf-Rayet-Sterne, die O-Sterne, die B-Sterne mit Emissionslinien und die Sterne mit starken Magnetfeldern. Die genannten Objekte bleiben aber auch weiterhin aussichtsreiche Kandidaten für zukünftige Radiobeobachtungen.

Stellare Linienstrahlung im Radiofrequenzgebiet

In den vorangegangenen Abschnitten wurde die kontinuierliche Radiofrequenzstrahlung, die von den verschiedensten Sternen ausgeht, betrachtet. Nun soll das Gewicht auf die Schilderung der Eigenheiten der stellaren Linienstrahlung gelegt werden.

Die Entdeckung der ersten Linie des H_2O -Moleküls, die im Radiofrequenzgebiet liegt und von extrem kühlen Sternen mit einem Infrarotüberschuß im Spektrum ausgesandt wird, fiel in das Jahr 1969. Bereits ein Jahr später waren neun sogenannte Infrarotsterne bekannt, von denen Radiostrahlung der H_2O - und OH -Moleküle emittiert wird.

Der zahlenmäßig größere Teil der Infrarotsterne mit Radiostrahlung sind Mira-Veränderliche. Unter ihnen findet man solche Veränderliche wie z. B. U Orionis, W Hydræ, U Herculis, S Coronæ Borealis.

Der restliche Teil der Infrarotsterne, von denen Radiostrahlung ausgeht, sind späte Überriesen und Sterne mit Eigentümlichkeiten im Spektrum. Zur letzteren Gruppe gehören solche interessanten Objekte wie VY Canis Maioris, MNL Cygni, VX Sagittarii und RX Bootis.

Im allgemeinen ist die von den genannten Infrarotsternen ausgehende Radiostrahlung der H₂O-Moleküle absolut genommen etwa 100 mal schwächer als jene, die von den interstellaren Wolken beobachtet wird. Die Intensitätsschwankungen der H₂O-Emissionen sind gut mit den optischen Variationen korreliert, wenn auch kleine Phasenverschiebungen auftreten.

Wesentlich für die Lokalisierung der stellaren Radioemissionen ist die Kenntnis der Radialgeschwindigkeiten der Liniенemissionen. Die Beobachtungen zeigen, daß die Radialgeschwindigkeiten der H₂O-Emissionslinien kleiner sind als die zyklischen Radialgeschwindigkeitsänderungen der in den unteren Atmosphärenschichten gebildeten optischen Absorptionslinien. Andererseits sind die Radialgeschwindigkeiten der H₂O-Linien größer als die Radialgeschwindigkeiten der optischen Emissionslinien. Diese Fakten deuten darauf hin, daß die Maser-Emissionen der Moleküle in Gebieten stattfinden, die sich nach außen bewegen und soweit von der Sternoberfläche entfernt sind, daß die Sternpulsationen keinen messbaren Einfluß mehr haben.

Es ist bekannt, daß die Sterne oberhalb des Riesenastes im Hertzsprung-Russell-Diagramm, einschließlich der Mira-Sterne, expandierende Hüllen besitzen, durch die beträchtliche Materiemengen an das interstellare Medium abgegeben werden. Die H₂O- und OH-Emissionen scheinen in diesen kühlen Hüllen zu entstehen, wo die Maser-Tätigkeit durch die Infrarotstrahlung in Gang gesetzt werden kann. Falls die bestehenden Vorstellungen zu dem eben erwähnten Entstehungsmechanismus der Radiostrahlung richtig sind, würde sich über diesen Prozeß eine neue Möglichkeit eröffnen, das Problem der Effektivität des Massenverlustes neu zu diskutieren.

Bisher gibt es noch keine geschlossene Theorie über alle beobachteten Fakten, die die Liniенemission von Molekülen in den ausgedehnten Hüllen kühler Riesensterne widerspruchsfrei erklären kann. Es ist wahrscheinlich, daß in absehbarer Zeit in den Hüllen von Riesen- und Überriesensternen später Spektraltypen weitere Moleküle entdeckt werden.

Literatur:

R. M. Hjellming, C. M. Wade, Science 173, 1087 (1971); R. M. Hjellming, C. M. Wade, E. Webster, Nature 236, 43 (1972); B. Lovell, Quart. Journ. Royal Astron. Soc. 12, 98 (1971); S. T. Gottesman, J. J. Broderick, R. L. Brown, B. Balick, Astrophys. Journ. 174, 383 (1972).

Solare Erscheinungen im August 1972

Dr. JOSEF OLMR

Astronomisches Institut der Akademie der Wissenschaften der ČSSR
Observatorium Ondřejov

Während der einzelnen solaren Zyklen, im Intervall von 8—14 Jahren (Mittelwert 11 Jahre), kann es zu großen Sonneneruptionen kommen. Auch im jetzigen 20. Zyklus, der nach dem Minimum im Jahre 1964 begonnen hat, gab es außerordentliche Eruptionen.

Sie kommen besonders in den aktiven Zentren mit starken magnetischen Feldern und komplizierten, gemischten Polaritäten vor. Diese gewaltigen Eruptionen, verbunden mit starken Radiostrahlungsausbrüchen, haben ebenfalls große geophysikalische Wirkungen zur Folge, die sich in ionosphärischen Stürmen, magnetischen Stürmen, Polarlichtern und anderen Erscheinungen äußern.

Solche Eruptionen mit mächtigen geophysikalischen Phänomenen waren Anfang August 1972, besonders am 4. und 7. August, zu beobachten. So erschien am 29. Juli 1972 auf der sichtbaren Sonnenhemisphäre ein aktives Zentrum mit einer an sich nicht üblichen Struktur (Lage: N 14° E 85° bzw. L = 009 nach Carrington). Das Zentrum bestand aus einem gewaltigen mehrkernigen Fleck, der eine Fläche von beinahe 4 Milliarden km² umfaßte. Zahlreiche kleinere Flecke konnten außerdem in der Umgebung festgestellt werden.

In diesem Zentrum ist es in der Periode vom 1. bis 7. August zu zahlreichen kleinen Eruptionen gekommen. Ungewöhnlich stark waren die Eruptionen am 2. August (31^h16^m, 18°38' WZ), am 4. August (6^h21^m WZ) und am 7. August (15^h00^m WZ). Diese Eruptionen hatten auch eine verstärkte X-Strahl-

lung zur Folge, was praktisch Auswirkungen auf das irdische Leben nach sich zieht. Die X-Emission bei Eruptionen ist unmittelbar und stört namentlich die atmosphärische D-Schicht und ihren unteren Bereich. Hier werden im Falle dieser hohen Sonnenaktivität die Radiowellen im Bereich von 1 bis 30 MHz absorbiert, Kurzwellessendungen über große Entfernung erreichen nicht mehr den Empfänger und es kommt zum Kurzwellentotschwund (Mögel-Dellinger-Effekt). Bei der Eruption vom 7. August hat man im besagten Bereich 4 Stunden lang den Mögel-Dellinger-Effekt beobachtet. (Die Messung der solaren X-Strahlung wurde auch mit Hilfe der Raumsonde Pioneer-9 durchgeführt). Zwei mächtige magnetische Stürme zeigten an, daß die Erde von Partikelströmen magnetischer Diskontinuität getroffen wurde. So trat der magnetische Sturm vom 5. August (23^h55^m WZ) als Folge der Eruption vom 4. August auf. Der magnetische Sturm vom 8. August (23^h54^m WZ) kann sicher der Eruption vom 7. August zugeordnet werden. 54 Minuten nach Beginn der Eruption am 4. August wurde durch Pioneer-9 eine Erhöhung der kosmischen Strahlung festgestellt. Nach der Eruption vom 7. August wurde eine Erhöhung um 6 % über das normale Niveau vom Neutronenmonitor in Deep River (Kanada) gemessen.

Bei der Messung im Bereich der kosmischen Strahlung führte die Sonnenaktivität zum Forbush-Effekt. Nach einigen Eruptionen erfolgte anstelle einer Erhöhung eine Senkung der kosmischen Strahlung. Diese Erscheinung wird durch die vom aktiven Zentrum kommenden magnetischen Wolken hervorgerufen, die gegenüber der kosmischen Strahlung als Blende wirken. Die magnetischen Wolken breiten sich auch im Raum hinter der Erdumlaufbahn noch aus. Wenn sich die Erde innerhalb einer solchen magnetischen Wolke befindet, können die kosmischen Strahlen und die erden Partikel nicht mehr zur Erdatmosphäre durchdringen. Während der erste Forbush-Effekt im Zusammenhang mit den Eruptionen vom August zu einer Senkung der kosmischen Strahlung um 6,7 % führte, wurde beim zweiten Effekt am 4. August (21^h10) mit Maximum am 5. August (01^h20) eine Senkung um 23 % registriert.

Man hat auch sehr umfangreiche Polarlichter in den Vereinigten Staaten und in Kanada, aber auch in Europa, beobachtet. An unserem Observatorium wurde das Polarlicht vom 4. zum 5. August beobachtet. Es zeigte granatrote Färbung und reichte bis in eine Höhe von 50 Grad.

Die Eruptionen von Anfang August hatten auch starke Auswirkungen im Bereich der Radiowellen. Man benutzt oft als Index für die Sonnenaktivität den Radiostrom auf 10 cm. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über registrierte Eruptionen, X-Strahlen und Radioaktivitäten.

Tabelle 1:

Eruption Beginn	Max.	Ende	Imp.	X-Emission (1 – 8 Å)			Intensität	$\lambda = 10 \text{ cm}$			Spektraltype
				Beginn	Max.	Ende		Beginn	Max.	Ende	
02/0316	0355	0506	1B	0250	0350	1800	1.5×10^{-1}	0310	0405	0628	I, II, III, IV, V
02/1838	1842	1859	1B	1838	1840	1950	4.4×10^{-2}	1837	1839	1850	IV
02/2005	2010	2336	2B	1958	2056	03/1500	1.8×10^{-1}	2000	2148	0000	IV
04/0621	0638	0852	2B	0600	0622	2150	$> 5 \times 10^{-1}$	0618	0634	0823	II, III, IV
				1517							
07/1500	1530	~2000	3B	1433	1557	–	$> 5.0 \times 10^{-1}$	1500	1527	1620	IV

Wie man aus der Tabelle ersehen kann, wurden alle Eruptionen von Strahlungsausbrüchen des Typs IV, den mächtigen Radioerscheinungen, begleitet. Die Strahlungstemperatur der Ausbrüche des Typs IV erreicht Werte von 10^{11} bis 10^{12} Grad K und kann offensichtlich nicht thermischen Ursprungs sein. Das kontinuierliche Spektrum, sehr breit und stabil, ist synchrotroner Herkunft.

Bei den Beobachtungen und Messungen der Erscheinungen vom 4. und 7. August am Observatorium Ondřejov bestanden am 4. August keine günstigen Bedingungen zur optischen Beobachtung, jedoch wurden die Effekte auf den Bereichen der Radiowellen und der X-Emission gemessen.

Im Radiobereich gehört die Erscheinung vom 4. August zu den mächtigsten im 20. Zyklus. Es wurde auf 37 cm (808 MHz), 56 cm (536 MHz) und 115 cm (260 MHz) gemessen. Die Erscheinung hat kurz nach 6 Uhr (06^h21 WZ) begonnen. Der Anfang war sehr intensiv. Es gelang nicht, die Spitzen bis 07^h20 aufzuzeichnen. Der analoge Verlauf war auf der Wellenlänge von 56 cm. Auch auf 115 cm wurde das Maximum in der Periode von 06^h20 bis 07^h20 nicht aufgezeichnet. Nach 09^h09 herrschte auf dieser Wellenlänge ein Rauschsturm, der mit kleinerer oder größerer Intensität bis zum Untergang des Aktivitätszentrums (10. August) andauerte. Der Tabelle 2 sind die von uns gewonnenen Angaben über die Radioerscheinung vom 4. August zu entnehmen.

Während die Eruption vom 4. August als Eruption 2B klassifiziert wurde, erhielt die Eruption vom 7. August die Bezeichnung 3B. Es handelte sich um eine Protoneneruption. Sie wurde an unserem Observatorium mit optischen Instrumenten beobachtet. Die H-Alpha-Linie im Spektrohelioskop war

Abb. 1: Aufzeichnung der Radiostrahlung vom 4. August 1972 auf der Wellenlänge 56 cm (Ondřejov)

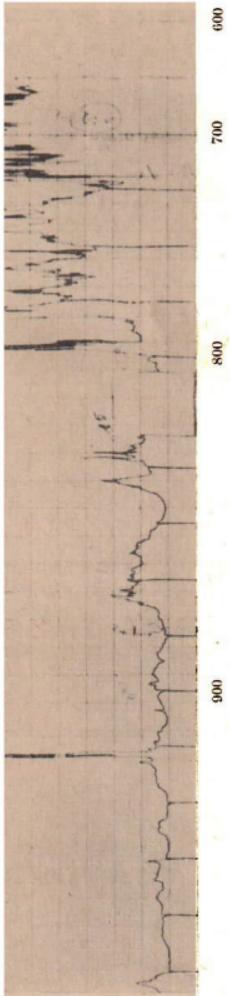


Abb. 2: Aufzeichnung der Radiostrahlung vom 4. August 1972 auf der Wellenlänge 115 cm (Ondřejov)

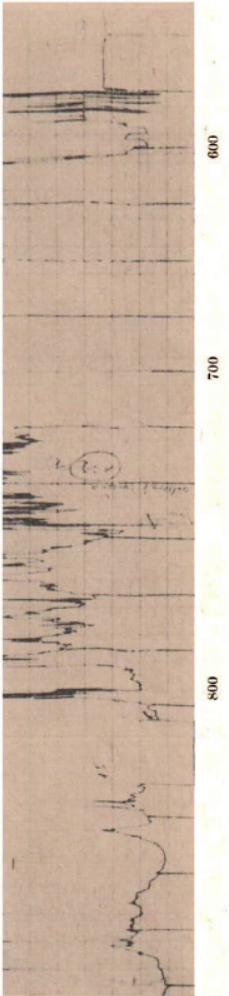


Abb. 3: Atmosphärische Störungen auf der Wellenlänge von 11 km, 27 kHz (Ondřejov). Auf der Kurve sieht man den Erhöhungseffekt über das normale Niveau (unterbrochene Linie) ab 6^h20^m während des Ausbruchs der Ro-Emission von < 8 Å als Effekt der erhöhten Ionisation der D-Schicht der Atmosphäre

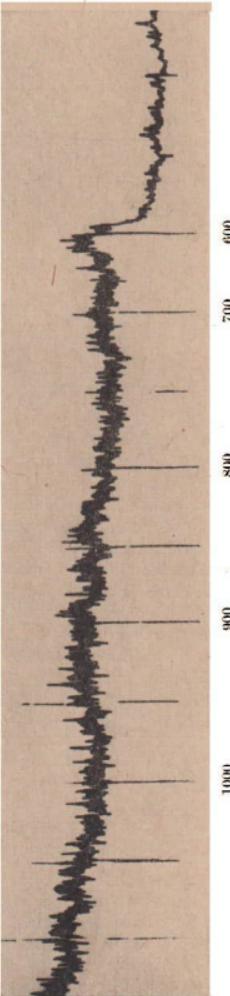




Abb. 4: Aufzeichnung der Radiostrahlung vom 7. August 1972 auf der Wellenlänge 56 cm (Ondřejov).

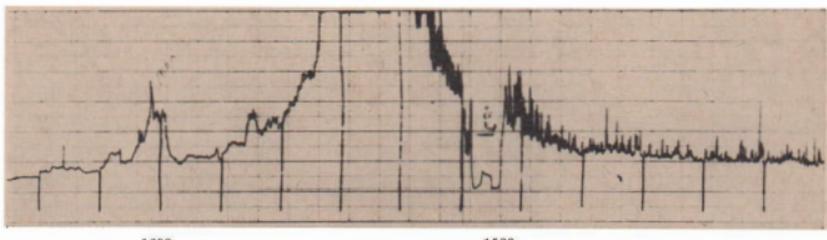


Abb. 5: Aufzeichnung der Radiostrahlung vom 7. August 1972 auf der Wellenlänge 115 cm (Ondřejov).

Tabelle 2:

	37 cm	56 cm	115 cm
Beginn	06 ^h 20	06 ^h 21	06 ^h 21
Maximum	X	X	X
Dauer	340 Min.	299 Min.	169 Min.
Type	CD	CD	CD
Intensität	2,3 Sonne	$320 \cdot 10^{-22} \text{ Wm}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$	$110 \cdot 10^{-22} \text{ Wm}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$

ungewöhnlich breit. Sie erreichte die Breite $> 17 \text{ Å}$ im Intervall von 15^h17^m bis 15^h25^m. Es wurde nicht der maximale Wert gemessen. Die Eruption emittierte im Kontinuum, was sehr selten vorkommt. Man hat solche Eruptionen seit 1859 nur 20 mal beobachtet.

Die Eruption war die Quelle von schnellen Partikeln, was die gemessene X-Emission anzeigen. Im Radiobereich wurde die Eruption vom 7. August von einem mächtigen Strahlungsausbruch begleitet. Nach schnellem Anfang kurz nach 15.00 Uhr dauerte der Ausbruch etwa 90 Minuten. Auf den Meterwellen wurde vor dem Strahlungsausbruch ein Rauschsturm beobachtet. In der Tabelle 3 sind die Angaben über die Radioerscheinung vom 7. August auf den Wellenlängen 56 cm und 115 cm zusammengefaßt.

Tabelle 3:

	56 cm	115 cm
Beginn	15 ^h 11	15 ^h 11
Maximum	X	X
Dauer	69 Min.	110 Min.
Typ	CD	CD
Intensität	$> 390 \cdot 10^{-22} \text{ Wm}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$	$> 50 \cdot 10^{-22} \text{ Wm}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$

An unserem Observatorium arbeitete am 4. August auch der Radiospektrograph im Bereich 70-810 MHz. Auch hier gehörte die Erscheinung zu den bisher größten. Es waren alle Typen von Radioerscheinungen vertreten, wobei der Typ IV überwog.

Die hier beschriebenen Erscheinungen gehören zu den bisher außerordentlichsten ihrer Art. Die geophysikalischen Wirkungen waren sehr stark. Man stellte eine große Zahl von Telephonstörungen fest und beobachtete große Überspannungen und Störungen in Hochspannungsschaltanlagen. Für Ornithologen dürfte interessant sein, daß sogar die Zugvögel ihre Orientierung verloren.

Systematik der Flugbahnen von der Erde zum Mond II

Dr. E. HANTZSCHE

Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die Gesamtheit der Flugbahnen von der Erde zum Mond, und zwar einen qualitativ vollständigen Überblick im Rahmen einiger spezieller Voraussetzungen und Vereinfachungen, die unumgänglich sind, wenn das Problem nicht zu umfangreich werden soll.

Erweiterung der Parameterbereiche

Das Ziel unserer Untersuchung ist, wie bereits in Teil I dieses Berichts¹⁾ angegeben, einen möglichst vollständigen und anschaulichen Überblick über die Gesamtheit der möglichen Flugbahnen von der Erde zum Mond und zurück zu geben, wobei wir bei der Berechnung einige vereinfachende Annahmen machen (insbesondere das Konzept der Wirkungssphäre verwenden) und von der Anfangssituation ausgehen, daß die Raumsonde aus einer erdnahen Parkbahn startet und in der Umlaufebene des Mondes bleibt (ebenes Problem). Man erhält Bahnen, die sich normalerweise aus einem primären geozentrischen, einem selenozentrischen und einem sekundären geozentrischen Teil zusammensetzen, und deren Parameter dann nur noch von zwei Anfangswerten abhängen, nämlich von der Startgeschwindigkeit v_{11} und dem Startwinkel ψ_1 (vgl. Abb. 1 in Teil I). Die wichtigsten Ergebnisse der numerischen Rechnungen sind in I, Abb. 2 und 3 dargestellt²⁾, und zwar in dem praktisch und theoretisch interessantesten Parameterbereich von etwa $105^\circ < \psi_1 < 155^\circ$ und $-120 \text{ m/s} < \Delta v_1 < +60 \text{ m/s}$, wobei Δv_1 der Überschuß über die parabolische Geschwindigkeit v_p ist: $\Delta v_1 = v_{11} - v_p = 11,0314 \text{ km/s}$ (parabolische Geschwindigkeit beim Start aus der geozentrischen Parkbahn).

Für einen vollständigen Überblick ist es jedoch wünschenswert, die Untersuchung auch auf andere Parameterbereiche der Anfangswerte auszuweiten sowie die bisher noch nicht berücksichtigten Bahntypen einzubeziehen, die im Erde-Mond-Bereich möglich sind. Im einzelnen heißt das:

1. Ausdehnung des Startwinkelbereichs auf alle möglichen Werte ($0^\circ \leq \psi_1 < 360^\circ$),
2. Ausdehnung des Startgeschwindigkeitsbereichs auf kleinere und vor allem auf größere Werte (etwa $-300 \text{ m/s} < \Delta v_1 < +100 \text{ km/s}$),
3. Untersuchung von Ed-Bahnen, die also erst nach Durchlaufen des Apogäums der ersten geozentrischen Bahn in die Wirkungssphäre des Mondes eintreten (im absteigenden Bahnast; über die Bezeichnung der Bahntypen siehe Teil I, S. 121, 125),
4. Untersuchung von Bahnen, die erst beim zweiten Erdumlauf in die Wirkungssphäre des Mondes eintreten,
5. Anfangswerte von Bahnen, die ein zweites Mal die Wirkungssphäre des Mondes durchqueren,
6. Anmerkung über primär rückläufige Bahnen.

Diese Erweiterungen sind nicht unabhängig voneinander.

Absteigende Bahnen

Wenn die Raumsonde nicht schon im aufsteigenden Bahnast unmittelbar in die Wirkungssphäre des Mondes eindringt (Ed-Bahnen), sondern erst bei der Rückkehr nach Durchlaufen des Apogäums der primären Bahn, liegt der Bahntyp Ed vor, genauer E_e^+ , da es sich um rechtläufige Bahnen handelt (+) und eine Rückkehr natürlich nur dann möglich ist, wenn die primäre Bahn elliptisch ist (e), also bei $\Delta v_1 < 0$. Tatsächlich müssen wir die obere Grenze der Anfangsgeschwindigkeiten für solche Bahnen sogar noch tiefer setzen, nämlich etwa $\Delta v_1 < -30 \text{ m/s}$, da bei größeren Δv_1 der Abstand des Apogäums von der Erde auf $> 10^6 \text{ km}$ ansteigt (vgl. I, Abb. 2a). In dieser Entfernung sind die Störungen durch die Sonne schon recht erheblich (die wir hier vernachlässigen), die Bahn wird dadurch stark verändert, und schließlich wird eine Rückkehr überhaupt unmöglich.

Während für Ea-Bahnen die geozentrische Anomalie des Eintrittspunktes in die lunare Wirkungssphäre $\varphi_{12} < \pi$ ist, wird sie für Ed-Bahnen $> \pi$.

Bei diesen Ed-Bahnen, die in die Wirkungssphäre des Mondes gelangen, gibt es hinsichtlich des seleno-

¹⁾ Astronomie und Raumfahrt 1972, S. 117, 163.

²⁾ Die beiden Abbildungen 2b und 2c in I, S. 122 und 123, sind zu vertauschen, d. h. die Abbildungsüberschriften beziehen sich auf die gegenüberliegende Abbildung.

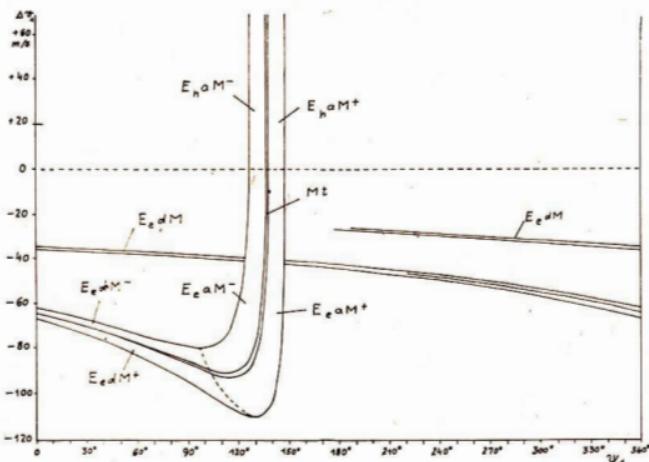


Abb. 1:
Flugbahnen von der
Erde zum Mond.
Bereiche in der
Ebene der Start-
geschwindigkeiten
 $v_{11} = v_p + \Delta v_1$ und
der Startwinkel ψ_1 ,
die zum Eintritt in
die Wirkungssphäre
des Mondes führen,
und zwar im auf-
steigenden Bahnast
(Ea-Bahnen) und im
absteigenden Bahn-
ast (Ed-Bahnen).

zentrischen Bahnteils und der zweiten geozentrischen Bahn dieselbe Vielfalt an Möglichkeiten wie bei den in Teil I untersuchten Ea-Bahnen: Die selenozentrische Bahn kann rechtsläufig oder rückläufig sein (M^+ , M^-), sie kann den Mond treffen (Mt) oder in eine aufsteigende (Ma) oder absteigende (Md) sekundäre geozentrische Bahn münden, die ihrerseits hyperbolisch oder elliptisch ist (E_h , E_e), rechtsläufig oder rückläufig (E^+ , E^-), und die dabei die Erde treffen kann (Et, E(t)) oder vorbeiführt. In Abb. 1 ist der Bereich der Anfangswerte Δv_1 und ψ_1 für diese Ed-Bahnen dargestellt, und man erkennt daraus den wesentlichen Unterschied gegenüber den Ea-Anfangswerten: Während für letztere der Winkelbereich begrenzt ist, der zum Eintritt in die Wirkungssphäre des Mondes führt (und umso mehr der Winkelbereich, der sich für Mond-Auftreffbahnen ergibt), haben wir jetzt für die Ed-Bahnen einen schmalen Streifen von Anfangswerten, der sich über alle Winkel ψ_1 erstreckt, z. T. sogar zweifach (unterhalb der oben genannten Δv_1 -Grenze), und innerhalb dieses Streifens gibt es wieder einen noch viel schmalen für die Mt-Bahnen, der (bei unserem Maßstab) gar nicht mehr eingezeichnet werden kann. Die Ursache für diese in ψ_1 -Richtung langgezogene Form der Fläche ist leicht einzusehen: Sofern die Anfangsgeschwindigkeit v_{11} nicht sehr klein ist (also etwa für $\Delta v_1 > -75$ m/s), liegt das Apogäum weit jenseits der Mondbahn, und dort bewegt sich die Sonde nach dem 2. Keplerschen Gesetz sehr langsam. Dadurch werden die Flugzeiten bis zum Eintritt in die Wirkungssphäre des Mondes sehr groß, der Mond legt inzwischen einen beträchtlichen Winkel zurück, so daß ψ_1 (dieser Winkel entspricht ja etwa dem „Vorhalt“ beim Schuß auf ein bewegtes Ziel) viel kleiner und schließlich sogar negativ gewählt werden muß. Es ist auch verständlich, daß dann eine nur geringfügige Veränderung von v_{11} sich sehr stark auf die Entfernung des Apogäums und damit auf die Flugzeit und auf ψ_1 auswirken muß. Aus diesem Grunde ist der Streifen der erforderlichen Anfangswerte auch in v_{11} -Richtung (Ordinate) so schmal.

In Abb. 2a und b sind die Bahntypen (sowohl für die Ea- wie für die Ed-Bahnen) in einem v_{11} - χ_2 -Diagramm dargestellt, wobei χ_2 der selenozentrische Eintrittswinkel in die Wirkungssphäre des Mondes ist (vgl. I, Abb. 1). Hier erkennt man die vielen Analogien zwischen den Ea- und den Ed-Bahnen, aber auch einige weitere charakteristische Unterschiede: Für Ed-Bahnen sind die χ_2 im allgemeinen kleiner, nämlich $< 0^\circ$ (also $< 360^\circ$), der Eintritt in die Einflußsphäre geschieht fast ausschließlich auf deren Vorderseite; mit wachsendem v_{11} verschieben sich die Winkel nach kleineren Werten (bei Ea-Bahnen nach größeren), und rückläufige sekundäre Bahnen (E^-) treten rechts vom Streifen der Mt-Bahnen auf, bei Ea-Bahnen dagegen links dieses Streifens. Der Zusammenhang zwischen den Winkeln χ_2 und ψ_1 ist in Abb. 3 aufgezeichnet.

Kleine Startgeschwindigkeiten

Startgeschwindigkeiten v_{11} , die noch kleiner sind als die in Teil I diskutierten Werte (also etwa $\Delta v_1 < -120$ m/s), ergeben elliptische Bahnen mit sehr niedrigem Apogäum, die die Wirkungssphäre des Mondes überhaupt nicht erreichen können (Abb. 4a). Diese Bahnen sind deshalb für den Mondflug ohne Bedeutung.

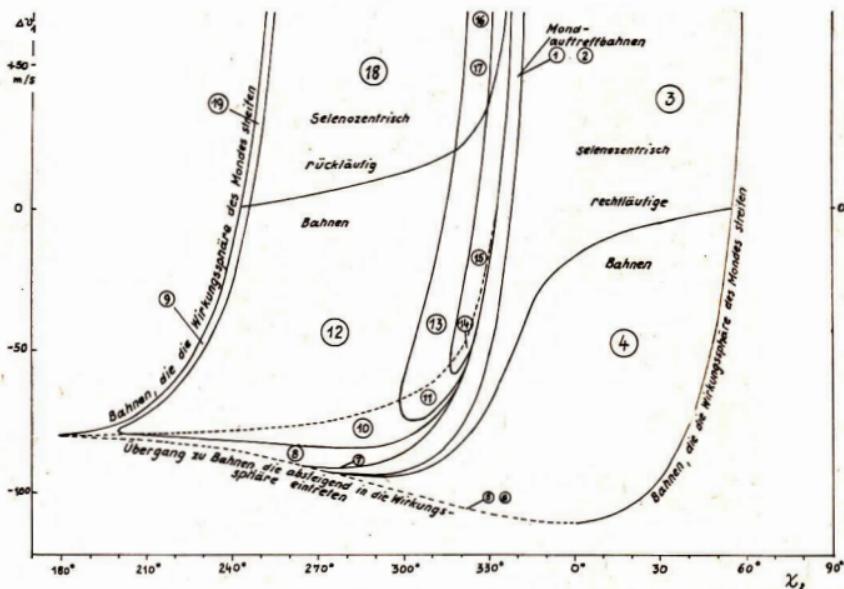


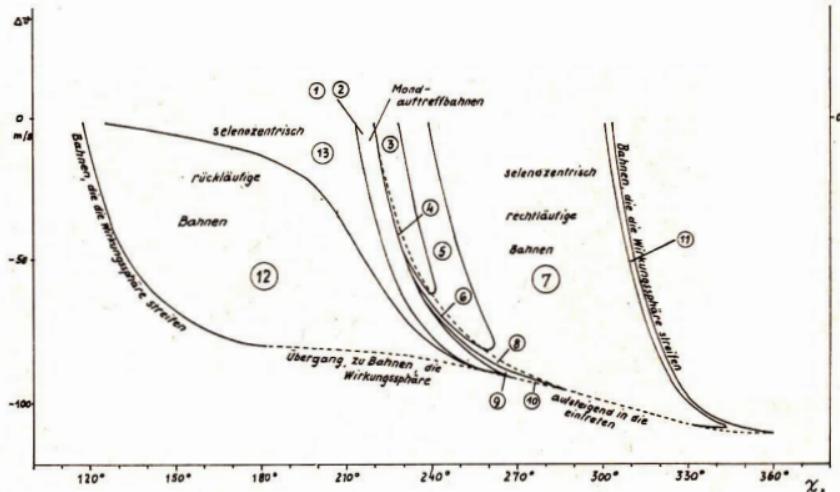
Abb. 2: Bahntypen als Funktion von Startgeschwindigkeit (Δv_1) und selenozentrischem Eintrittswinkel in die Wirkungssphäre des Mondes χ_2 .

a) oben, für aufsteigende Bahnen (Ea)

1 und 2: M^-t und M^+t , 3: $M^+aE_h^+$, 4: $M^+aE_e^+$, 5 und 6: $M^+dE_e^+$ und $M^+dE_e^-t$ (sehr schmal), 7: $M^-dE_h^-$ (sehr schmal), 8: $M^-dE_e^+$, 9: $M^-aE_e^+$, 10: $M^-dE_h^-t$, 11: $M^-dE_e^-t$, 12: $M^-aE_e^-t$, 13: $M^-aE_h^-t$, 14: $M^-dE_e^-$, 15: $M^-aE_h^-$, 16: $M^-aE_e^-$, 17: $M^-aE_h^-t$, 18: $M^-aE_h^+(t)$, 19: $M^-aE_h^+$

b) unten, für absteigende Bahnen (Ed)

1 und 2: M^-t und M^+t , 3: $M^+dE_h^-$, 4: $M^+aE_e^-$, 5: $M^+dE_e^-t$, 6: $M^+aE_e^-t$, 7: $M^+dE_e^+t$, 8: $M^+aE_e^+t$, 9: $M^+aE_e^+$, 10: $M^+aE_h^+$ (sehr schmal), 11: $M^+dE_e^+$, 12: $M^+dE_e^-t$, 13: $M^+dE_e^-$



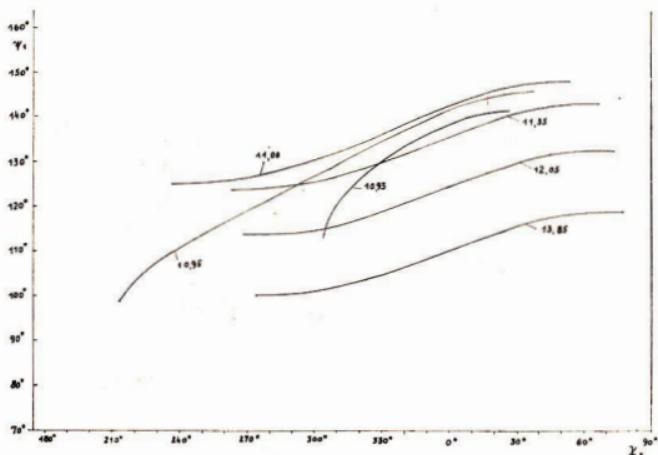


Abb. 3: Zusammenhang zwischen den Winkeln ψ_1 (geozentrischer Startwinkel) und χ_2 (seleenozentrischer Eintrittswinkel in die lunare Wirkungssphäre), Ea-Bahnen. Parameter: Startgeschwindigkeit v_{11} in km/s.

Große Startgeschwindigkeiten

Wesentlich interessanter sind große Startgeschwindigkeiten, etwa $\Delta v_1 > + 60$ m/s (vgl. Teil I), zumindest theoretisch, denn sehr hohe v_{11} sind bisher technisch noch nicht einsetzbar. Selbstverständlich kann man die Wirkungssphäre des Mondes oder auch den Mond selbst mit so hohen Anfangsgeschwindigkeiten stets erreichen, doch verschiebt sich der Bereich der erforderlichen Startwinkel ψ_1 dann nach niedrigeren Werten, wie Abb. 4b zeigt, nämlich beispielsweise vom Bereich $127^\circ < \psi_1 < 148^\circ$ bei der Geschwindigkeit $\Delta v_1 = +20$ m/s auf $80^\circ < \psi_1 < 99^\circ$ für $\Delta v_1 = +40$ km/s. Diese Abnahme der Startwinkel hat folgende Ursache: ψ_1 wird u. a. durch den geozentrischen Winkel bestimmt, den der Mond während der Flugzeit der Sonde zurücklegt. Mit wachsender Startgeschwindigkeit

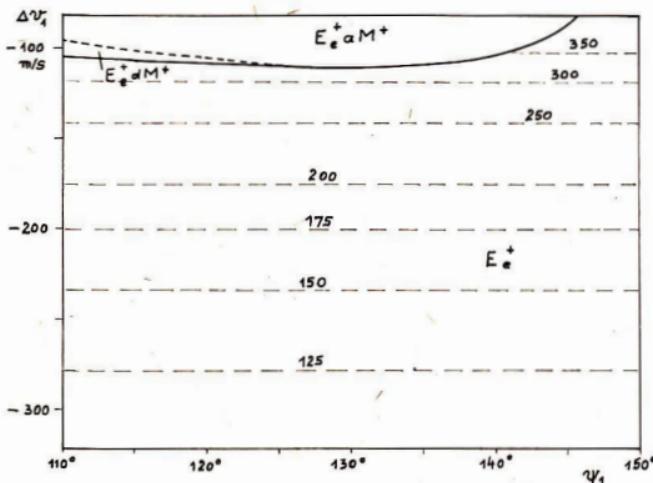
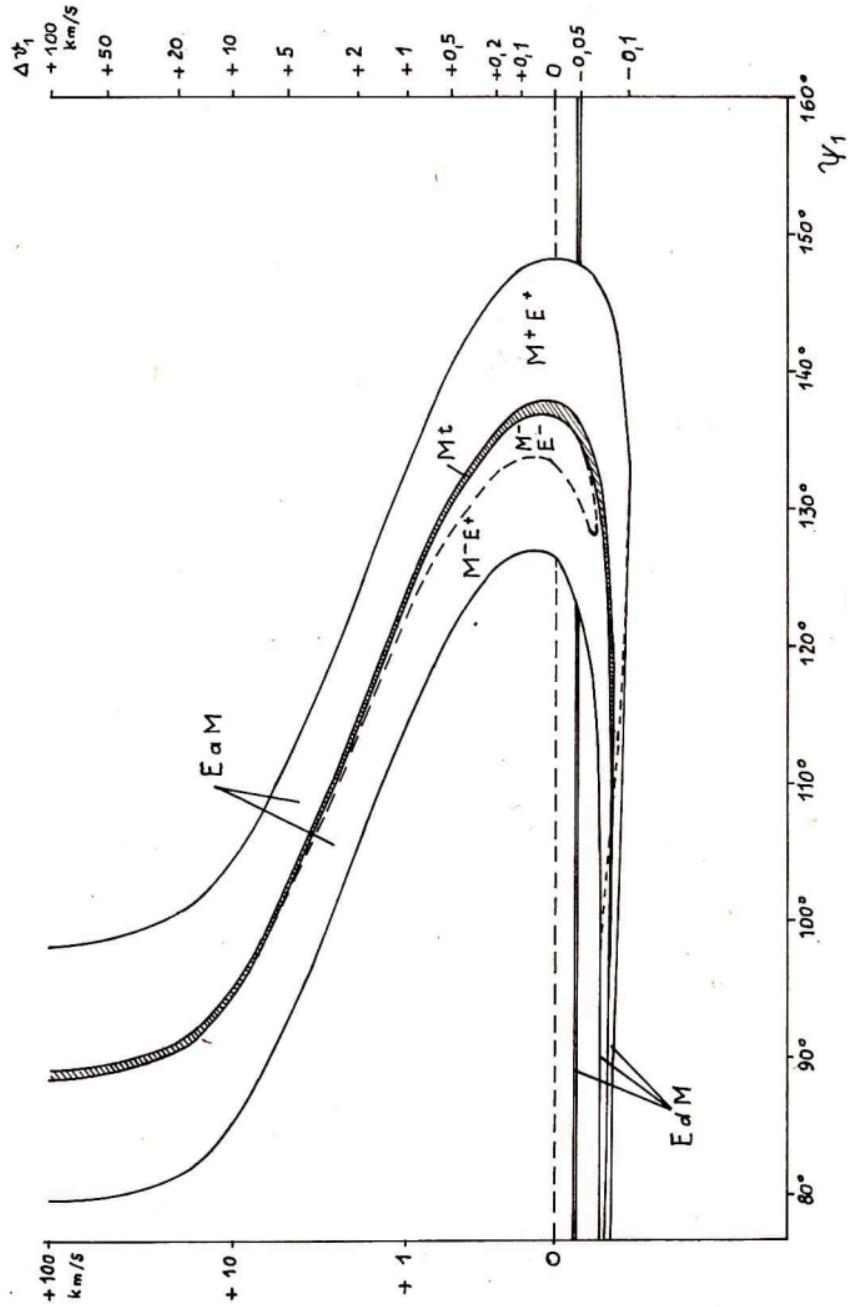


Abb. 4:
Mondflugbahnen als
Funktion von An-
fangsgeschwindigkeit
 v_{11} (bzw. Δv_1) und
Startwinkel ψ_1 .

a) links, für sehr kleine Startgeschwindigkeiten.
Parameter: Apogäum der ersten geozentrischen Bahn (in 10³ km)

b) nächste Seite,
für kleine bis sehr große Startgeschwindigkeiten.
Schraffiert: Mondauf-
treffbahnen.



keit und deshalb abnehmender Flugzeit der Sonde wird dieser Winkel natürlich kleiner, was eigentlich zu einer Vergrößerung von χ_1 führen müßte (Abb. 1 in Teil I).

Quantitativ viel wichtiger ist jedoch ein entgegengesetzter Effekt: Die Verkleinerung der geozentrischen Anomalie des Eintrittspunktes in die lunare Wirkungssphäre von fast π (d. h. 180°), wenn dieser Eintritt gerade im Apogäum oder dessen Nähe erfolgt, auf nahezu $\pi/2$ (d. h. 90°) bei sehr hohen Anfangsgeschwindigkeiten (dann ist die durchlaufende Hyperbel nämlich kaum noch von einer Geraden zu unterscheiden). Wenn dieser Zustand erreicht ist — das ist bei einem 10 km/s Startgeschwindigkeit der Fall — kann dann der Startwinkel ψ_1 kaum noch weiter abnehmen (Abb. 4b). Außerdem dieser Verschiebung des Startwinkelbereichs ergeben sich auch bei den Bahntypen Änderungen, insbesondere nimmt die Zahl der möglichen Typen ab, wenn die Geschwindigkeit groß wird: Für selenozentrisch rechteckläufige Bahnen (M^+) existieren ohnehin nur sekundäre geozentrische Bahnen vom Typ E_h^+ ; bei rückläufigen Mondbahnen (M^-) verschwinden mit steigender Anfangsgeschwindigkeit zunächst die elliptischen sekundären Bahnen, die alle rückläufig sind (E_e^-), später auch die hyperbolischen Bahntypen E_h^- und $E_h^-(t)$, und bei sehr hohen Geschwindigkeiten v_{11} bleibt schließlich nach Verschwinden von $E_h^-(t)$ nur noch — wie im Falle der M^- -Bahnen — der Bahntyp E_h^+ übrig. Daneben gibt es natürlich die Mondauftreffbahnen M^-t und M^+t .

Erreichen des Mondes beim zweiten Erdumlauf

Wir hatten den Fall der EdM-Bahnen oben diskutiert, die erst nach Durchlaufen des Apogäums auf dem absteigenden Bahnast in die Wirkungssphäre des Mondes eindringen. Man kann nun dieses Ereignis zeitlich noch weiter hinausschieben, wenn die Sonde erst beim zweiten geozentrischen Umlauf — also nach Durchlaufen des Perigäums — die Nähe des Mondes erreicht, wieder im aufsteigenden Bahnast, oder aber erst im absteigenden Bahnast, nachdem sie zum zweiten Mal durchs Apogäum gegangen ist. Natürlich kann dasselbe auch beim 3., 4. usw. Umlauf geschehen, doch wollen wir diese Fälle hier nicht untersuchen, weil sie ohne jedes praktische Interesse sind, da die Diskussion dann zu undurchsichtig wird und vor allem, weil die Fehler, die durch die vernachlässigten Störungen entstehen, mit jedem Umlauf wesentlich größer werden.

Für den zweiten Umlauf gelten diese Argumente auch schon, wenn auch in geringerem Maße, so daß eine Diskussion mit unserem Modell gerade noch zulässig erscheint.

In Abb. 5a ist in der $v_{11} \cdot \psi_1$ -Ebene der Bereich der Anfangswerte eingetragen, die zum Eintritt in die Wirkungssphäre des Mondes beim zweiten Erdumlauf führen. Wir können solche Bahnen mit E_{2a} und E_{2d} bezeichnen (der Index e ist hier selbstverständlich und deshalb überflüssig). In der Mitte dieses Bereichs liegt wieder der schmale Streifen der Auftreffbahnen. Aus dem gleichen Grund wie bei den Ed-Bahnen erstreckt sich die Fläche der E_2 -Bahnen in zwei zusammenhängenden Streifen über alle Winkel ψ_1 : In diesem Falle muß ja der vom Mond während des gesamten Umlaufzeit der Sonde um die Erde durchlaufende Winkel vom ursprünglichen Wert für ψ_1 abgezogen werden. Bei niedrigen Startgeschwindigkeiten sind Startwinkel ψ_1 um 30° und kleiner erforderlich.

Fortsetzung folgt.

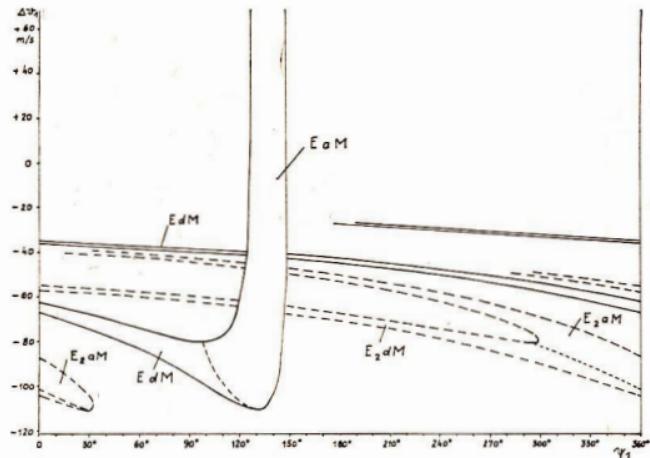


Abb. 5a:

Flugbahnen von der Erde zum Mond; Bereiche in der $\Delta v_{\text{f-p}}$ -Ebene, in denen Bahnen beim ersten Erdumlauf (ausgezogen) und beim zweiten Erdumlauf (gestrichelt) in die Wirkungssphäre des Mondes eintreten.



Abb. 1, oben

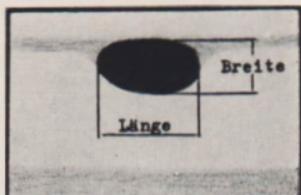
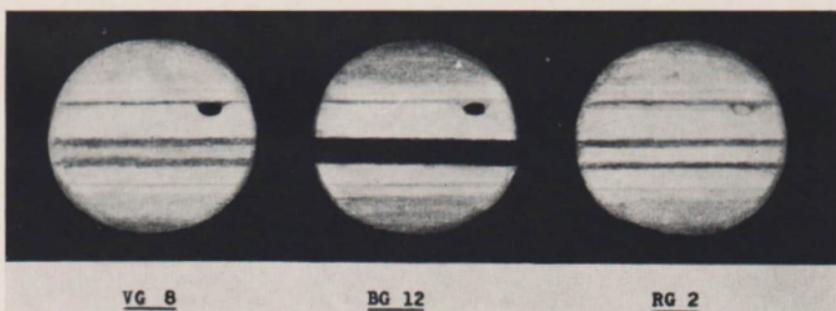


Abb. 3, unten

Abb. 2



VG 8

BG 12

RG 2



Abb. 5

Dat.: 72 a 6 m 18 d MEZ: 0^h5/10^m

Zentr. Mer. I: 359°, 0, II: 42°

Beob.: Mosch, Instr.: C 150, V: 140 ×

Luft: gut - mäßig, klar - ohne Filter

Abb. 6

Dat.: 72 a 6 m 18 d MEZ: 0^h55/10^m

Zentr. Mer. I: 29°, 5, II: 72°

Beob.: Mosch, Instr.: C 150, V: 140 ×

Luft: gut, klar - ohne Filter

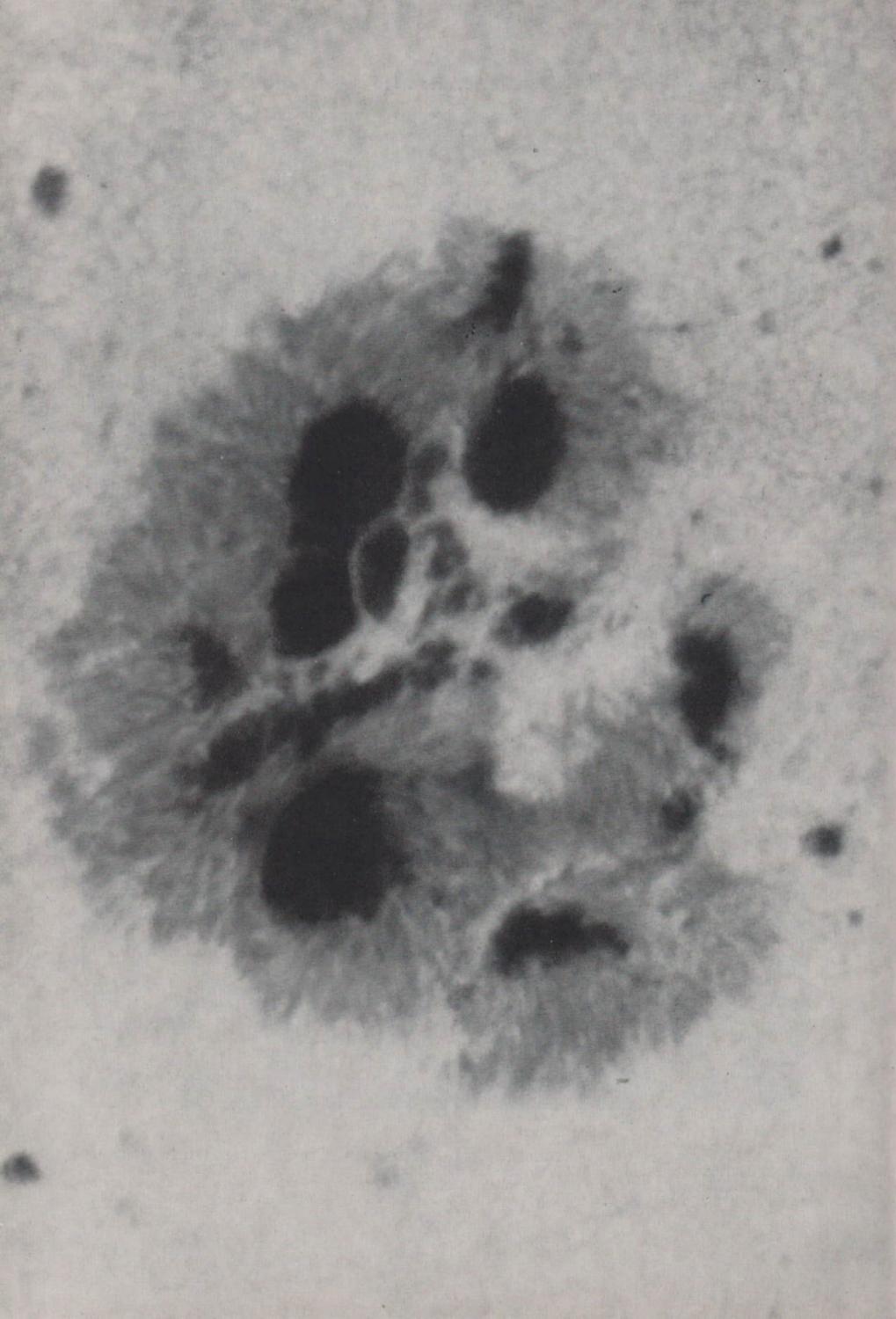
Abb. 7

Dat.: 72 a 7 m 6 d MEZ: 23^h50/10^m

Zentr. Mer. I: 112°, 2 II: 10°, 4

Beob.: Mosch, Instr.: C 150, V: 140 ×

Luft: gut - sehr gut, klar - GG 7



**Zum Beitrag: Solare
Erscheinungen im Au-
gust 1972, S. 103**

Abb. 6, links:
Flecken des aktiven Zen-
trums vom 7. August 1972.
Aufnahme von Dozent
V. Bumba und Dr. Suda,
Ondřejov.

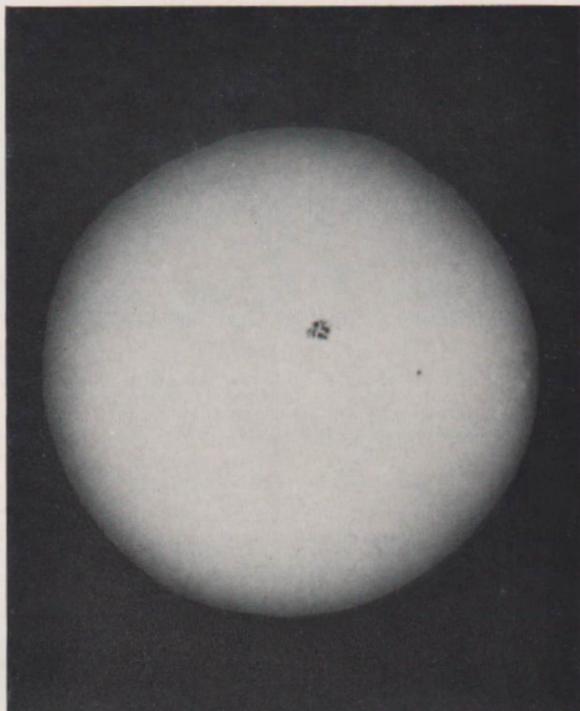
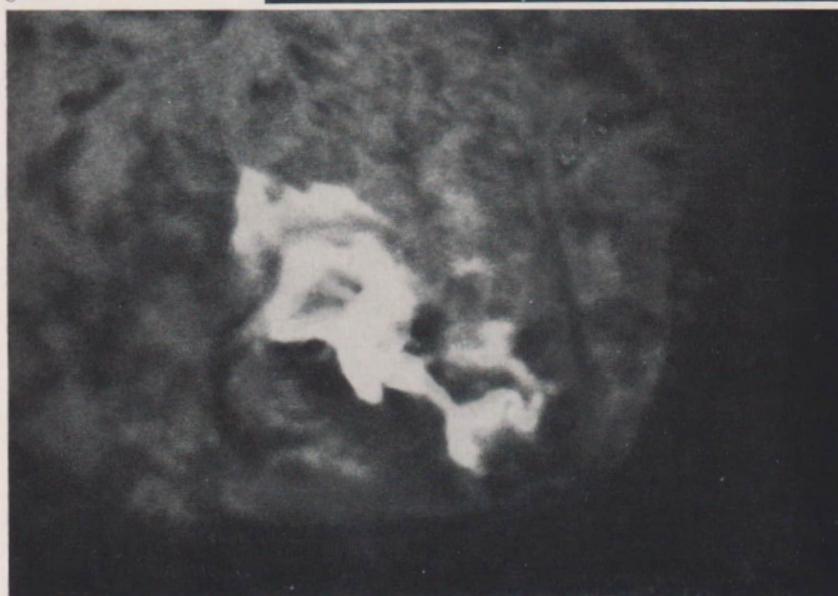


Abb. 7, rechts:
Das aktive Zentrum, aufge-
nommen am 5. August 1972,
11^h30^m, Ondřejov.

Abb. 8, unten:
Die Protoneneruption vom
7. August 1972 (15^h19^m12^s),
aufgenommen in der H- α -
Linie von Dozent V. Bumba
und Dr. B. Valniecek.
Aufnahme kurz nach der
sogenannten γ -Phase, wenn
beide Emissionsfackeln zur
völligen Aufspaltung über-
gehen.



Zum Beitrag: Jupiterbeobachtungen 1972, S. 115



Abb. 8

Dat.: 72 a 7 m 16 d MEZ: 22^h20/10m
Zentr. Mer. I: 197°2, II: 19°6
Beob.: Mosch, Instr.: C 150, V: 140 ×
Luft: gut - mäßig, klar - GG 7



Abb. 9

Dat.: 72 a 7 m 18 d MEZ: 21^h20m10
Zentr. Mer. I: 116°6, II: 283°9
Beob.: Mosch, Instr.: C 150, V: 140 ×
Luft: gut, sehr klar GG 7

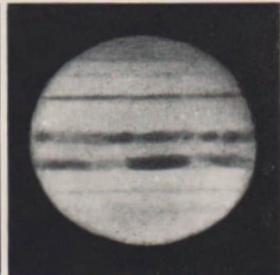


Abb. 10

Dat.: 72 a 8 m 10 d MEZ: 20^h05m10
Zentr. Mer. I: 103°0 II: 95°3
Beob.: Mosch, Instr.: C 150, V: 140 ×
Luft: mäßig, mäßig klar - GG 7/0,F.



Abb. 11

Dat.: 72 a 8 m 14 d MEZ: 20^h15m
Zentr. Mer. I: 20°6, II: 342°4
Beob.: Mosch, Instr.: C 150, V: 140 ×
Luft: gut - mäßig, klar - GG 7



Abb. 12

Dat.: 72 a 8 m 23 d MEZ: 19^h35m
Zentr. Mer. I: 336°8, II: 230°1
Beob.: Mosch, Instr.: C 150, V: 140 ×
Luft: gut, später mäßig - klar GG 7

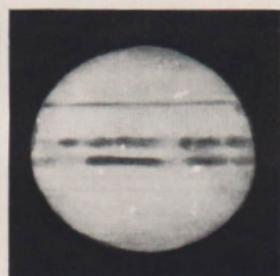


Abb. 13

Dat.: 72 a 8 m 28 d MEZ: 20^h13m
Zentr. Mer. I: 69°0 II: 284°0
Beob.: Mosch, Instr.: C 150, V: 140 ×
Luft: gut, teils mäßig, s. klar - GG 7

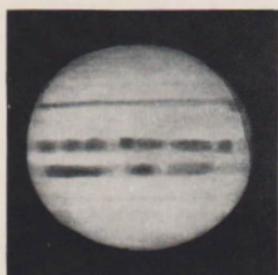


Abb. 14

Dat.: 72 a 8 m 28 d MEZ: 20^h43m
Zentr. Mer. I: 87°3, II: 302°1
Beob.: Mosch, Instr.: C 150, V: 140 ×
Luft: gut, teils mäßig, s. klar
GG 7/VG 8

Mitteilungen

des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Preisträger im COPERNICUS-Jugendwettbewerb

Mit diesem Beitrag beginnen wir unter dem Kennwort „Preisträger im COPERNICUS-Jugendwettbewerb“ die Veröffentlichung einiger Arbeiten, die Jugendliche dem Zentralen Fachausschuß Astronomie eingereicht haben und die von der Jury ausgezeichnet wurden. Da nicht alle prämierten Arbeiten veröffentlicht werden können, wurde eine Auswahl vorwiegend nach drucktechnischen Gesichtspunkten getroffen. Die Namen der Preisträger sowie Angaben über die Preise und die Themen der Arbeiten bringen wir in Heft 5/73.

Jugendliche bauten eine astronomische Beobachtungsstation mit Newton-Spiegelteleskop

In Kirchheim im Kreis Arnstadt entstand 1970 – 1972 durch die Initiative zweier dort wohnhafter Jugendlicher, des Werkzeugmacherlehrlings Gunter Freydark und des Schülers der Erweiterten Oberschule Arnstadt Jürgen Schulz, eine kleine astronomische Beobachtungsstation. Das Interesse an der Astronomie wurde in beiden durch die Teilnahme an einem astronomischen Spezialistenlager gefördert. Die Anregung zum Bau der Station gewannen sie durch den spürbaren Mangel an Beobachtungsmöglichkeiten im Astronomieunterricht ihrer ehemaligen 10klassigen Oberschule in Kirchheim. Unterstützt wurde das Vorhaben durch die Fachgruppe Astronomie des Kulturbundes Arnstadt, die auf das Anliegen der Arbeitsgruppe vom 14./15. 11. 1970 in Berlin, veranstaltet vom Zentralen Fachausschuß Astronomie des Kulturbundes orientierte. Nachdem bereits 1970/71 ein Newtonsches Spiegelteleskop (Öffnung 123 mm, Brennweite 1189 mm) im Selbstbau entstanden war, gingen beide an den Bau einer festen Unterkunft für das Gerät. Die LPG Kirchheim-Werningsleben stellte die notwendige Fläche außerhalb des Ortes zur Verfügung.

Beobachtungen werden hier weder durch störende Lichtquellen noch durch irgendwelche Hindernisse beeinträchtigt. Baumaterialien wurden teilweise von der Schule des Ortes gestellt. Die Station nimmt eine Fläche von 3 m mal 3 m ein, ist 1 m hoch und besitzt ein Schiebedach aus Stahlblech. Der Fußboden ist betoniert. Das Gerät steht in der Mitte der Fläche.

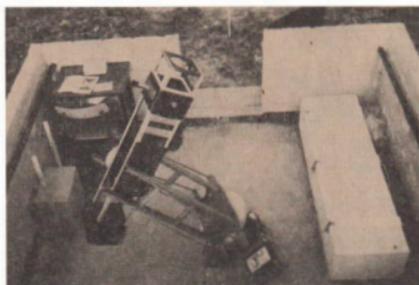
Die Station dient neben der persönlichen Benutzung durch die beiden Amateurastronomen, denen sich inzwischen weitere begeisterter Jugendliche angeschlossen haben, vor allem der Unterstützung des Astronomieunterrichts der 10. Klasse der Oberschule des Ortes. Hier werden die obligatorischen Schülerbeobachtungen nach dem Lehrplan durchgeführt. Eine Arbeitsgemeinschaft Astronomie nimmt in Kürze ihre Arbeit auf. Um die populärwissenschaftliche Arbeit auf dem Gebiet der Astronomie zu entwickeln, ist die Station der Bevölkerung zugänglich.

Einige nähere Erläuterungen zum Gerät und seinem Zubehör:

Die Optik ist in einem Glitterubus untergebracht, der aus Alu-Winkelmaterial und durch Schrauben mit ihm verbundenen Pertinaxplatten besteht. Der Hilfsspiegel ist um 90° drehbar, so daß das Fokalbild aus einer Bohrung entweder mittels eines Okulars oder des Kamerasobjektivs in eine Spiegelreflexkamera projiziert werden kann. Der Anschluß der Kamera erfolgt durch Zwischenringe. Die Kamera ist auf einer justierten Führung angebracht und kann mit einer Einstellschraube in die richtige Entfernung gebracht werden.

Die parallaktische Montierung ist als Gabelmontierung ausgelegt. Die Gabel besteht im wesentlichen aus U-Stahl. Durch ein Stahlrohr ist die Montierung fest mit dem Boden verbunden. Schrauben am Kopf gestatten die Einstellung des Meridiens und der Polhöhe. Die Justierung erfolgte nach der Scheinerschen Methode.

Die Nachführung kann von Hand geschehen oder über einen angebauten Schallplattenmotor mit eingebautem Zentrifugalregler (6...9 V/45 mA) und einem nachgeschalteten umgebauten alten Getriebe, das eine Umdrehung pro Tag





in guter Annäherung gewährleistet. Als Spannungsquellen dienen Akkumulatoren. Dieser Nachteil mußte in Kauf genommen werden, da kein Netzzanschluß in der Nähe vorhanden ist.

Die Spannungsquellen sind zusammen mit Voltmeter für Gesamt- und Motorspannung, Ampermeter, Potentiometern für die Beleuchtung der Teilkreise und Schaltern in einem Schaltpult untergebracht. Eine eingebaute Spannungsstabilisierungsschaltung mit Zener-Diode erübrigte sich durch den Einbau des genannten Motors. Die Leitungen werden in einem Rohr im Fußboden zum Teleskop geführt.

Teilkreise an der Deklinations- und Stundenachse lassen eine hinreichend genaue Einstellung der Deklination und des Stundenwinkels zu.

Ein nachträglich eingebauter weiterer Teilkreis an der Stundenachse kann in eine gewünschte Stellung gebracht und festgeklemmt werden, so daß er mit der täglichen Bewegung des Fernrohrs mitgeführt wird. Dadurch kann die Einstellung bzw. Ablesung direkt in Rektaszension erfolgen und der Stundenwinkelteilkreis erübrigte sich praktisch.

Höhe von Dach und Fernrohr sind so aufeinander abgestimmt, daß das Fernrohr beim Zuschließen des Daches nicht demonstriert zu werden braucht.

Diese eigenwillige und verblüffend einfache Lösung des Problems der leichten Zugänglichkeit des Gerätes für mehrere Personen, seiner schnellen Einsatzbereitschaft, seines Schutzes vor Witterungseinflüssen und der unbefugten Benutzung verdient Beachtung.

Mit viel Liebe zur Sache und im Bewußtsein ihrer Bedeutung wurde hier in vielen Stunden bei relativ geringem materiellen Aufwand trotz fehlender Erfahrung ein Wert mit nicht zu verkennendem kulturellen Nutzen geschaffen.

GUNTER FREYDANK, JÜRGEN SCHULZ, Kirchheim

Amateure beobachten und berichten

Sonnenflecke auf der nördlichen und auf der südlichen Hemisphäre

WILLI SCHULZE

Sonnenflecke bevorzugen zu bestimmten Zeiten die nördliche, zu anderen Zeiten die südliche Hemisphäre. Im jetzt laufenden 20. Sonnenfleckenzzyklus war bis zum Jahre 1971 ein Überschuß der Relativzahlen auf der Nordhemisphäre zu beobachten. Das Jahresmittel 1972 zeigte nun in diesem Zyklus erstmals einen Überschuß auf der Südhemisphäre. Die nachstehende Übersicht spiegelt diese Entwicklung wider.

Jahr	R _N	R _S	$\frac{R_N}{R_S}$
1963	22	4	5.5
1964	7	2	3.5
1965	13	3	4.3
1966	41	6	6.8
1967	69	36	1.9
1968	66	47	1.4
1969	55	32	1.7
1970	64	45	1.4
1971	37	33	1.1
1972	29	45	0.6

Den Jahresmitteln liegen ausnahmslos eigene Beobachtungen zu Grunde. Der Quotient $\frac{R_N}{R_S}$ gibt einen Überschuß der Sonnenflecke auf der Nordhemisphäre an, wenn er größer als 1 ist. Ist er kleiner als 1, so wurden mehr Sonnenflecke auf der Südhemisphäre beobachtet.

Jupiterbeobachtungen 1972

JÖRG MOSCH

Beobachtungsbedingungen

Die Beobachtungsbedingungen waren 1972 infolge der ungünstigen Sichtbarkeitsverhältnisse schlecht. Jupiter hatte in der ganzen Beobachtungsperiode eine Deklination von etwa -23° . Die Zeit, in der das Beobachten möglich war, wurde durch den frühen Dämmerungsbeginn (September und Oktober) im Vergleich zum Vorjahr etwas verlängert. Begründet durch atmosphärische Störungen in der geringen Höhe über dem Horizont war die Luftunruhe fast immer erheblich. Das Instrument konnte nie voll ausgenutzt werden. Demzufolge sind die Beobachtungen dieses Jahr nur mit Vorbehalten zu betrachten. Die Fehlergrenzen bei den Positionsbestimmungen des GRF müssen erweitert werden.

Beobachtungsinstrument

Verwendung fand das Spiegelteleskop nach Cassegrain 150/900/2250 (CZ Jena) mit einem orthoskopischen Okular $f = 16$ mm. Die Vergrößerung war 140fach. Als günstig für das Steigern der Kontraste auf der Jupiteroberfläche erwiesen sich die Gelbfilter GG 7 (4900 Å bis Infrarot) und Grünfilter VG 8 (Maximum bei 5250 Å) des Farbglasrevolvers. Allerdings konnten sie bei einigen Beobachtungen wegen der zu starken Extinktion nicht mehr verwendet werden. Beobachtungsort war 825 Meissen, Gartenstraße 16 und in der Zeit von Juli 16 bis August 28 8231 Hirschsprung, Ferendorf.

Beobachtungsverfahren

Das zeichnerische Verfahren bestand darin, die Jupiteroberfläche in vorgedruckte Schablonen einzutragen. Dabei mußte beachtet werden, daß die Zeichnungen innerhalb von zehn Minuten fertiggestellt wurden, weil die Änderung des Zentralmeridians in dieser Zeit bereits 6° beträgt. Es wurden stets in den ersten fünf Minuten alle Details den Umrissen nach eingetragen und in der zweiten Hälfte der Beobachtungszeit die Grauwerte festgelegt.

Bei der visuellen Filterbeobachtung wurde lediglich die Jupiteroberfläche mit den Filtern VG 8, BG 12 (Maximum bei 4100 Å) und RG 2 (6500 Å bis Infrarot) beobachtet und die Unterschiede in schematischen Zeichnungen festgehalten.

Die Positionen des GRF wurden nach der Durchgangsmethode beobachtet. Dieses Verfahren besteht darin, den Zeitpunkt des Durchgangs des GRF durch den Zentralmeridian festzustellen. Um die Ausdehnung berechnen zu können, wurde neben der Mitte des Flecks auch dessen Anfang und Ende bestimmt. Außerdem gab das eine verbesserte Sicherheit bezüglich der schlechten Beobachtungsbedingungen. Abb. 1, S. I zeigt die Positionen des GRF. Weiterhin wurde das Verhältnis Länge zu Breite geschätzt (Abb. 2, S. I), um eventuelle Formveränderungen und die wahre Größe des GRF herauszufinden. Mit der unter [1] gegebenen Tabelle „Rotation des Jupiter 1972“, System II und den beobachteten Zeiten ließen sich die Positionen leicht berechnen.

Ergebnisse

Die Jupiteroberfläche 1972 unterschied sich nur wenig von der des Vorjahres. Dominierend war das NEB [4], welches sich in zwei Teilbänder aufgliederte. Die Tendenz im südlichen dieser Teilländer, sich aufzulösen und einzelne, voneinander und von nördlichen Teilländer getrennte Wolken zu bilden, war nicht mehr zu erkennen. Dafür herrschten durchgehende Bänder vor, in denen Wolken unterschiedlicher Helligkeit auftreten. Die Möglichkeit, die Bewegung, Auflösung und Neubildung solcher Wolken exakt zu verfolgen, war durch die schlechten Beobachtungsbedingungen nicht gegeben. Es konnten nur 12 Zeichnungen angefertigt werden, von denen nicht einmal alle zuverlässig sind. Die Oberfläche blieb im Beobachtungszeitraum von Mitte Juni bis Mitte Oktober nahezu unverändert, wenn man von einigen, allerdings recht unsicher erkannten Verschiebungen von dunklen Wolken im NEB absieht. So große Veränderungen wie 1971 traten nicht auf. Bemerkenswert ist die Tatsache, daß der Südpol des Planeten zu Beginn der Beobachtungszeit dunkler erschien als der Nordpol. Später wurde dieser Unterschied nicht mehr bemerkt. Der GRF war stets etwas dunkler als das NEB (mit Grünfilter VG 8). Aufällig waren Trübungen in der hellen Äquatorzone, die vom NEB ausgehend auf den GRF zuzuströmen schienen.

Visuelle Filterbeobachtungen wurden am August 23 und 28 durchgeführt. Dabei stellte sich heraus, daß bei Einsatz des Rotfilters RG 2 die helle Zone zwischen den beiden Teilländern des NEB scheinbar verbreitert war. Diese erschien außerdem im Vergleich zur Umgebung heller als bei filterlosen Beobachtungen. Der GRF war nicht erkennbar. Mit Blaufilter BG 12 erkannte man das NEB als geschlossenes, fast schwarzes Band, welches den Anblick der Jupiteroberfläche beherrschte. Abb. 3, S. I zeigt an Hand schematischer Skizzen diese Unterschiede. Zum Vergleich wurde der Anblick durch das Grünfilter VG 8 hinzugefügt.

Die Positionsbestimmungen des GRF erstreckten sich über die Zeit von Juni 18 bis Oktober 11. Es wurden 20 Beobachtungen durchgeführt. Oft war es infolge der Witterungseinflüsse nicht möglich, alle drei Positionen (Anfang, Mitte und Ende) zu bestimmen. Hier wurden die fehlenden Werte mit Hilfe des Durchschnitts der GRF-Ausdehnungen rekonstruiert. Diese Angaben sind mit (...) gekennzeichnet. Die Bewegung des GRF 1972 ist pendelnd in den Grenzen von 356° bis 7° jovigrafischer Länge (siehe Abb. 4a, 4b). Die unsicheren Beobachtungen wurden in der Tabelle S. 21 mit einem Ausrufezeichen versehen. Für alle Positionen wurde der Mittelwert berechnet. Bei der Ausdehnung und beim Verhältnis Länge zu Breite kam außerdem die Streuung σ (1) hinzu. Mit Hilfe der beobachteten Positionen lassen sich einige Größenverhältnisse auf dem Jupiter berechnen.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\Delta l)^2}{n}} \quad (1)$$

Das Bestimmen der wahren Ausdehnung des GRF erfolgte ohne Berücksichtigung der Tatsache, daß der Beobachter nicht senkrecht auf diesen Teil der Jupiteroberfläche blickt, wodurch dessen Anblick verzerrt wird. Lediglich der verringerte

Jovigr.
Länge

Bewegung des GRF. Einzelbeob.

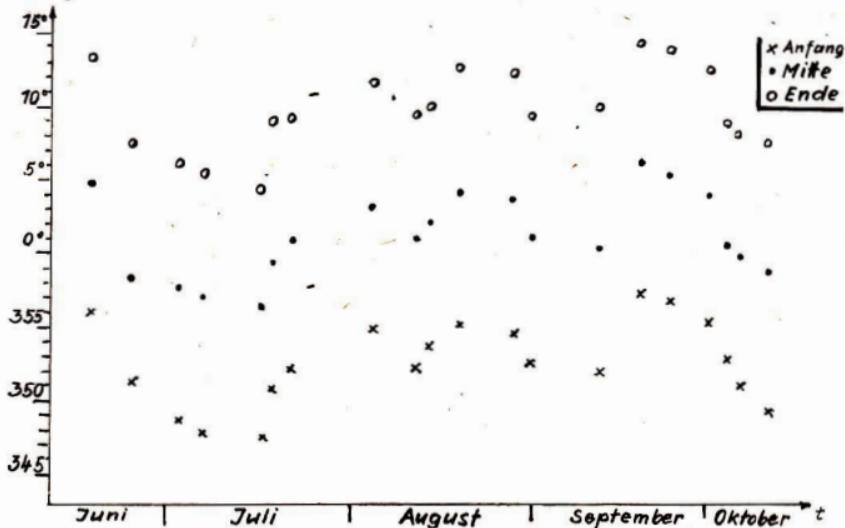


Abb. 4a: Bewegung des GRF. Einzelbeobachtung.

Jovigr.
Länge

Bewegung des GRF - mittlere Kurven

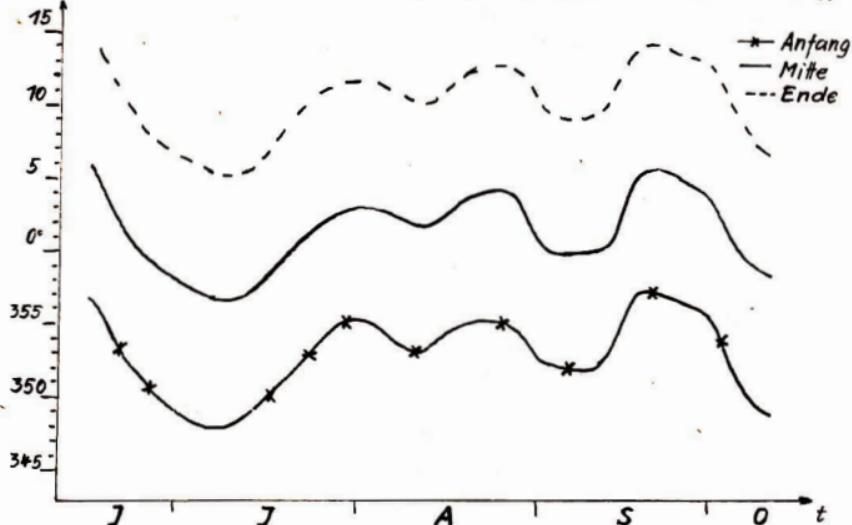


Abb. 4b: Bewegung des GRF — mittlere Kurven.

Umfang in der jovigrafischen Breite des GRF wurde grob in die Rechnung einbezogen. Der Aquatordurchmesser des Jupiter nach [6] ist 143650 km. Zum Bestimmen der Sehne in der jovigrafischen Breite des GRF wurde die Zeichnung von 1972 Juli 6 vermessen. Durch eine Verhältnisgleichung wurde ermittelt, daß die Sehne s eine Länge von 136200 km hat. Die Verzerrung, die durch die Neigung der Jupiterachse zum Beobachter entsteht, wurde nicht berücksichtigt, weil sie in diesem Falle sehr klein ist. Sie liegt weit innerhalb der Fehlergrenzen des Verfahrens. Der Umfang in der jovigrafischen Breite des GRF beträgt nach (2)

$$U = \pi \cdot s \quad (2)$$

427900 km. Wiederum durch eine Proportion ließ sich jetzt die Längsausdehnung des GRF bestimmen. Sie beträgt 20700 ± 800 km. Die Streuung wurde auf dem gleichen Wege in ihre entsprechende Größe umgewandelt. Durch das Verhältnis Länge zu Breite ließ sich auch die wahre Breite des GRF berechnen. Sie beträgt 11800 ± 1200 km. Allerdings sind diese Zahlenwerte nur sehr grob. Unter besseren Beobachtungsbedingungen ließe sich weit mehr erreichen. Die stärkste Änderung der GRF-Position fand zwischen Juli 16 und Juli 18 statt. Wenn man die Beobachtungsfehler vernachlässigt — um hier eine Kontrolle zu erhalten, sind die Positionsbestimmungen vieler Beobachter notwendig — bewegte sich der GRF in $49^{\circ}7$ um 2° , das sind auf dem Jupiter etwa 3450 km. Die durchschnittliche Geschwindigkeit betrug dann nach (3)

$$v = \frac{ds}{dt} \quad (3)$$

etwa $70 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Allerdings dürfte sich der GRF auch im kleineren Maßstab nicht gleichmäßig bewegen. Nochmals wird betont, daß diese Zahlenangaben als unsicher eingeschätzt werden müssen, da durch mangelnde Vergleichsmöglichkeit, ungünstige Beobachtungsbedingungen und auch durch die Einfachheit des Rechenverfahrens Fehler entstanden sein können.

Literatur:

- [1] Ahnert, Paul: Kalender für Sternfreunde 1972, Johann Ambrosius Barth-Verlag Leipzig, S. 94 ff.
- [2] Ahnert, Paul: Der Große Rote Fleck (GRF) auf Jupiter 1971, erschienen in: Die Sterne, Johann Ambrosius Barth-Verlag Leipzig, 48. Jahrgang, 1972, Heft 1, S. 53 ff.
- [3] Blasberg, Hans-Joachim: Der Große Rote Fleck auf Jupiter 1971, Astronomie und Raumfahrt, 1972, Heft 2, S. 51 ff.
- [4] Reese, Elmer J.: Getting acquainted with astronomy, The planets — Jupiter, Sky and Telescop, Mai 1961, S. 272 ff.
- [5] Autorenkollektiv: Siebenstellige logarithmische und trigonometrische Tafeln, VEB Fachbuchverlag Leipzig, 1972.
- [6] Weigert, A., und Zimmermann, H.: ABC Astronomie, VEB F. A. Brockhaus Verlag, Leipzig, 1971, S. 267.

Positionsbestimmung des Großen Roten Flecks

Datum 1972	Genauigkeit	Jovigrafische Länge des GRF			Ausdehnung	Verhältnis Länge zu Breite
		Anfang	Mitte	Ende		
Juni 17	!	(356°1)	(4°8)	13°5	—	—
24		351°3	358°5	7°6	16°3	—
Juli 2		348°8	357°8	6°3	17°5	—
6		348°0	357°1	5°5	17°5	—
16		347°6	356°6	4°5	16°9	—
18		351°0	359°5	9°1	18°1	—
21	!	(352°3)	1°0	9°4	—	1.75 : 1
Aug. 4	!	355°0	3°3	(12°6)	—	2.00 : 1
12	!	(352°4)	(1°1)	9°8	—	—
14		353°8	2°3	11°3	17°5	1.50 : 1
19		355°3	4°4	12°9	17°5	1.75 — 1.50 : 1
28	!	354°8	3°9	(12°6)	—	—
31		352°8	1°3	9°7	16°9	1.75 : 1
Sept. 12	!	352°2	0°7	10°3	18°1	2.00 : 1
19		357°5	6°5	15°0	17°5	—
24	!	(357°0)	5°7	(14°4)	—	2.00 : 1
Okt. 1	!	355°7	(4°4)	(13°1)	—	—
4		353°0	0°8	9°8	16°3	1.75 — 150 : 1
6		351°1	0°1	8°6	17°5	1.75 : 1
11		349°4	359°1	8°1	18°7	1.75 : 1
Anzahl n		20	20	20	13	12
Durchschnitt		352°8	1°4	10°2	$17^{\circ}4 \pm 0^{\circ}66$	$1.75 \pm 0.18 : 1$

Meine Veränderlichenbeobachtungen 1970—1972

DIETMAR BÖHME

Als ich 1970 mit diesem Gebiet begann, waren meine Vorstellungen darüber sehr begrenzt. Nach drei Jahren Beobachtungsarbeit hat mich diese höchst interessante Thematik so erfaßt, daß ich daran weiter arbeiten werde. Soweit die Sterne nicht heller als 5^m waren, wurden alle Beobachtungen an einem 165 mm Newton bei einer Vergrößerung von 58 × angestellt. Mit Hilfe der Bruchtellmethode wurden die Größenklassenwerte bestimmt. Den Hauptanteil der Arbeit machen Mira-Sterne sowie Halb- und Unregelmäßige aus. An insgesamt über 40 Veränderlichen konnten — auf Jahre aufgeschlüsselt — folgende Beobachtungen gewonnen werden: 1970 216, 1971 etwa 390, 1972 etwa 1250. Vielleicht kann dieser Beitrag für andere Amateure eine weitere Anregung sein, sich mit der Veränderlichenbeobachtung zu beschäftigen. Der Verfasser gehört dem „Arbeitskreis Veränderliche“ des Kulturbundes (Sternwarte Hartha) an.

1. MIRA-Sterne

Tabelle: Beobachtete Maxima und Minima

1	2	3	4	5	6	7
1	U Her	26. 11. 70	+ 25 ^d	7 ^m 5	17	Max
2	R Tri	17. 12. 70	+ 14 ^d	6 ^m 3	14	Max
3	R Leo	16. 04. 71	- 4 ^d	6 ^m 0	13	Max
4	RT Cyg	07. 08. 71	+ 20 ^d	8 ^m 1	42	Max
5	T Her	24. 08. 71	+ 48 ^d	7 ^m 8	46	Max
6	R Cyg	26. 08. 71	+ 26 ^d	7 ^m 8	59	Max
7	R Leo	14. 03. 72	- 11 ^d	6 ^m 6	23	Max
8	S UMa	24. 06. 72	+ 27 ^d	7 ^m 5	62	Max
9	T Her	21. 07. 72	+ 7 ^d	8 ^m 4	32	Max
10	T UMa	29. 07. 72	- 31 ^d	8 ^m 3	41	Max
11	RT Cyg	21. 08. 72	+ 13 ^d	6 ^m 9	43	Max
12	R Dra	09. 09. 72	- 11 ^d	8 ^m 2	47	Max
13	R Cyg	22. 09. 72	+ 95 ^d	6 ^m 2	52	Max
14	T Cep	18. 10. 72	-	9 ^m 8	52	Min
15	R Vul	22. 10. 72	- 10 ^d	7 ^m 8	37	Max
16	R Tri	30. 10. 72	-	11 ^m 4	41	Min
17	W Cyg	04. 11. 72	-	6 ^m 4	49	Max
18	Y Per	11. 11. 72	-	10 ^m 6	30	Min
19	RT Cyg	06. 12. 72	-	12 ^m 3	35	Min
20	TU Cyg	25. 12. 72	-	9 ^m 7	28	Max

1 = Nummer des beobachteten Maximums oder Minimums

2 = Name des Veränderlichen

3 = Beobachtetes Maximum oder Minimum

4 = B-R Werte anhand der vorberechneten Maxima im „Kalender für Sternfreunde“

5 = Beobachtete Maximumshelligkeit oder Minimumshelligkeit

6 = Anzahl der verwendeten Einzelbeobachtungen zur Bestimmung des Maximums oder Minimums

7 = Phase des Lichtwechsels

2. Halb- und Unregelmäßige Sterne

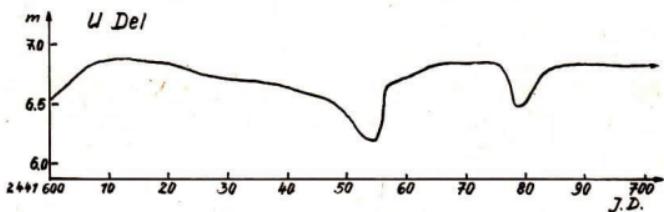
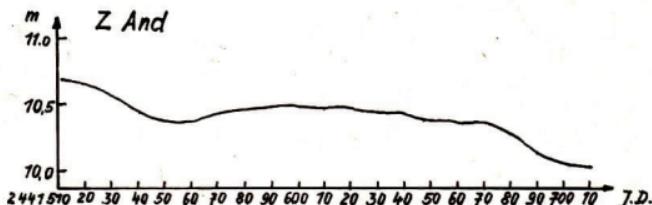
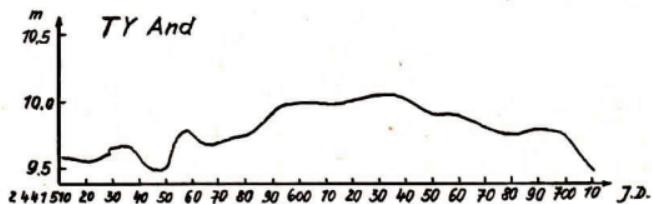
Im folgenden Abschnitt werden einige nach meinen Beobachtungen zusammengestellte Lichtkurven von un- und halbregelmäßigen Veränderlichen gegeben. Es wurden hier ausschließlich Ergebnisse aus dem Jahre 1972 verwertet. Natürlich können derartige Beobachtungen über Zeiträume von nur einem Jahr keinen repräsentativen Überblick des Lichtwechsels geben.

Variabler	Amplitude	Mittlere Periode
Z And	8 ^m 5—11 ^m 0	irregular
U Del	5 ^m 6—7 ^m 5	≈ 110 ^d
TY And	8 ^m 0—10 ^m 0	151 ^d
AF Cyg	7 ^m 4—9 ^m 4	94 ^d 1
W Cyg	5 ^m 1—7 ^m 2	131 ^d

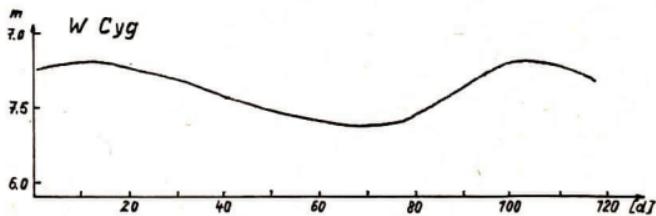
3. Sonstige Variable

Ein geringerer Teil meiner Arbeit war den kurzperiodischen und den anderen bislang nicht erwähnten Typen gewidmet. Von diesen wenigen soll hier nur SS Cyg (Typ U Gem) genannt werden. (Siehe Tabelle S. 120).

In jüngster Zeit (J. D. 2441630) zeigt SS Cyg Unregelmäßigkeiten im sonst relativ konstanten Minimum von 12^m0. Seine Helligkeit bewegte sich in unregelmäßiger Weise zwischen 11^m0 – 11^m7, nach letzten Beobachtungen bis 10^m0.



W Cyg
Infolge Beobachtung von nur einer Periodenlänge ist die Lichtkurve etwas unsicher.



AF Cyg
Lichtkurve aus der Beobachtung von nur einer Periodenlänge.

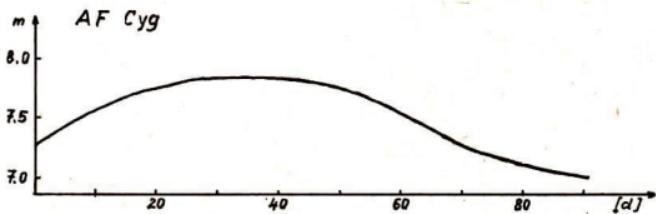


Tabelle: Beobachtete Eruptionen

1	2	3	4	5	6	7
1	K	2441232	8m4	17 ± 3	0d	1
2	L	2441297	8m4	22 ± 2 (?)	65d	2
3	L	2441472	8m5	?	240d	6
4	K	2441517	8m3	14 ± 2	285d	7
5	L	2441564	8m3	24 ± 1	332d	8
6	K	2441613	8m6	13 ± 2	381d	9
7	L	2441666	8m6	20 ± 2	434d	10

1 = Nummer der beobachteten Eruption

2 = Typ (kurz oder lang)

3 = Tag der größten Helligkeit

4 = Maximalhelligkeit

5 = Gesamtdauer

6 = Vergangene Tage seit der ersten beobachteten Eruption

7 = Laufende Nummer für die Eruptionen

Aus der Literatur

Einige Probleme der extragalaktischen Astronomie

Die Entwicklung neuer Methoden für den Nachweis und die Aufzeichnung der Spektren schwacher Lichtquellen wird in Zukunft einen großen Aufschwung in der extragalaktischen Astronomie bringen. Die geringe Quantenausbeute der fotografischen Platte speziell in den langwelligeren Spektralbereichen und ihre nichtlineare Empfindlichkeitsfunktion bringen große Schwierigkeiten mit sich, auf vielen interessanten Gebieten der extragalaktischen Forschung voranzukommen. Die folgenden Probleme betreffen alle Instrumente, die neue Methoden der Aufzeichnung von Spektren anwenden.

Trotz der Tatsache, daß viele der nahen Galaxien — wenn man ihre Gesamthelligkeit betrachtet — sehr hell sind, erfordern die meisten extragalaktischen Forschungen Arbeiten an sehr schwachen Strahlungsquellen, sowohl flächenhaften als auch Punktquellen. Daher sind Empfänger mit Bildröhren, also Empfänger mit höherer Quantenausbeute als sie die fotografische Platte ergibt, notwendig.

Die Sternpopulationen in den Galaxien erwecken großes Interesse. Die meisten publizierten Arbeiten beschränken sich indes auf die Kernregionen heller, naher Galaxien, bei denen die Flächenhelligkeit nicht zu schwach ist. Für das Studium der Entwicklung der Galaxien werden jedoch auch Arbeiten über andere Teile der Galaxien sowie über weiter entfernte Objekte benötigt. Die Untersuchung der Sternpopulationen in den Galaxien ist z. B. ein wichtiger Teil bei der Eichung des Hubble-Diagramms (Helligkeit-Rotverschiebung) am hellen Ende.

Um Galaxien mit größerer Rotverschiebung in das Hubble-Diagramm einzurordnen, ist eine Spektralphotometrie notwendig. Die hohe Quantenausbeute der Detektoren über einen weiten Wellenlängenbereich wird monochromatische Helligkeitsmessungen bei einer oder mehreren Wellenlängen ermöglichen.

Die quasistellaren Objekte (QSOs) sind meistens schwach, so daß systematische Arbeiten bei Rotverschiebungsmessungen sehr viel Zeit an großen Teleskopen beanspruchen, wenn man die konventionelle fotografische Technik benutzt. Einige sehr interessante QSOs haben mehrfache Absorptionslinienrotverschiebungen; wegen der großen Zahl von Absorptionslinien und ihrer geringen Breite sind für die Analyse Spektren von möglichst hoher Auflösung notwendig. Um diese hohe spektrographische Auflösung in annehmbarer Zeit zu erreichen, ist eine hohe Quantenausbeute bei der Beobachtung erforderlich. Es ist sehr wenig über die Natur der schwachen ausgedehnten Leuchtrektionen zwischen und um die Galaxien — Brücken, Fasern, Schwärme usw. — bekannt. Sie haben gewöhnlich eine sehr schwache Flächenhelligkeit. Die Entwicklung dieser Strukturen ist nur zu verstehen, wenn man bestimmen kann, welche von ihnen nichtthermische Strahlung aussenden, aus Gas oder aus Sternen bestehen. Falls letzteres zutrifft, wäre es nützlich, einige Vorstellungen über die Populationscharakteristik zu haben.

Für quantitative spektrographische Arbeiten, bei denen hinreichende Genauigkeiten verlangt werden, ist es das Beste, einen Detektor mit linearer Empfindlichkeit in Bezug auf das Signal zu benutzen. Ein Problem von großer Wichtigkeit beim Studium der galaktischen Entwicklung ist die Bestimmung der Elementenhäufigkeit in den Sternen und im Gas der externen Galaxien. Aus einigen entsprechenden Arbeiten haben sich sehr interessante Resultate ergeben. Z. B. hat das Gas in den Kernen vieler Typen von Galaxien ein höheres Verhältnis von Stickstoff zu Wasserstoff (oder Sauerstoff) als in der Sonnen nachbarschaft oder in den Spiralarmregionen; Sterne in elliptischen Systemen geringerer Masse scheinen einen geringeren Metallgehalt zu haben als solche in den Kernen größer elliptischer Systeme.

Die Theorie der Emissionsprozesse im heißen Gasen könnte auf QSOs und ähnliche Objekte mit viel größerer Effektivität angewendet werden, wenn mehr quantitative spektralphotometrische Beobachtungen von QSOs, Radiogalaxien, Seyfert-Galaxien usw. vorhanden wären.

Ein anderes Problem betrifft die Profile der breiten Emissionslinien in QSOs und Seyfert-Kernen. Nur mit Hilfe genauer Linien-Profilen wird entschieden werden können, ob sie durch Elektronenstreuung oder Massenbewegungen verursacht werden. Ebenso erfordert die Verfolgung der Spektren auf Veränderungen hin, wie sie bei einigen Seyfert-Galaxien gefunden wurden und bei einigen QSOs vermutet werden, eine genaue Spektralphotometrie.

Die immer mehr zunehmende Helligkeit des Himmelsuntergrunds (Licht der Städte) macht es notwendig, bei Arbeiten an schwachen Objekten das Himmelslicht zu berücksichtigen. Alle großen Teleskope in Kalifornien sind von diesem Problem

in zunehmendem Maße betroffen. Die Himmelslicht-Subtraktion (sky subtraction) erfordert die gleichzeitige Beobachtung des Objekts und des Himmels mit einem Empfänger von linearer Empfindlichkeit, damit die Subtraktion hinreichend genau wird. Bei der Beobachtung sehr schwacher Objekte und der schwachen ausgedehnten äußeren Teile der Galaxien ist eine sehr sorgfältige Berücksichtigung des Himmelslichts auch in den Lagen nötig, die noch einen dunklen Himmel haben, wie die Observatorien in Chile. Hier sind das Nachlichtspektrum und die interplanetare Streuung des Sonnenlichts zu berücksichtigen.

Im folgenden werden zwei neue spektrographische Systeme beschrieben:

1. Image-dissector super-scanner

Bei diesem Instrument tastet eine Bildaufnahmeröhre den letzten Leuchtschirm einer Kette von drei Bildverstärkern elektronisch ab. So wird das Bild elektronisch zerlegt und in einem Speicher mit 2048 Kanälen festgehalten. Ein zweiter Speicher ist dazu parallel angeordnet. Zwei verstellbare Abtastöffnungen sind vor der ersten Fotokathode angeordnet: für die Messung Objekt plus Himmel und die Messung Himmel. Die Wellenlängeneinstellung wird mit Neon-, Helium- und Argon-Lampen und die Intensitätssteuerung über das Bildfeld der Röhre wird mit einer Quarz-Jod-Wolfram-Lampe durchgeführt. Ein Computer wertet die Meßdaten aus, breite sie von einigen Reduktionsdaten während der Beobachtungsperiode, startet und beendet die Integrationsperioden u. a. Schließlich werden die Daten auf Magnetband gespeichert. Während jeder Integrationsperiode kann der momentane Signalaufbau auf einem Kathodenstrahlröhren-Sichtgerät beobachtet werden. So kann man z. B. den Aufbau von Emissionslinien im dem Spektrum eines QSO beobachten und die Integration stoppen, wenn ein hinreichendes Signal-Rausch-Verhältnis erreicht ist. Mit diesem Gerät wurde am Lick-Observatorium ein Programm spektroskopischer Beobachtungen einer Zahl von vorgeschlagenen Identifikationen von Radio-Quellen begonnen. Der vergrößerte Wirkungsgrad dieser Methode der Messung von Rotverschiebungen (und Befreiung von Fehlidentifikationen) gegenüber der konventionellen fotografischen und Bildröhren-Spektroskopie war auffallend. Von den erhaltenen Spektren wird die annähernde Helligkeit und Gestalt der Kontinua ableitbar sein, ebenso die relativen Intensitäten und Profile der breiten Emissionslinien.

2. Digicon (Digital-Bild-Röhre)

Das wesentliche Merkmal ist eine Bildröhre, in welcher Fotoelektronen nach Beschleunigung und Fokussierung durch elektrische und magnetische Felder auf einem Feld von sehr kleinen Silizium-Dioden empfangen werden. Jede Diode, die in einen eigenen Vervorstärker integriert wurde, ist mit einem äußeren Verstärker, Diskriminator und Digital-Speicher verbunden. Die akkumulierten Zählraten werden reihenweise abgelesen. Durch die Eigenart des Systems bedingt, kann das Rauschen elektronisch kompensiert werden, daher kann eine Kühlung des Systems entfallen und der Dunkelstrom ist trotzdem sehr gering. Der Prototyp hat 88 Elemente in einer linearen Anordnung und ist damit für die Aufzeichnung von Spektren geeignet. Die lichtempfindliche Fläche jedes Elements ist $89 \mu\text{m}$ im Quadrat, die lineare Ausdehnung beträgt $101 \mu\text{m}$, so daß nur eine relativ kleine unempfindliche Fläche vorhanden ist. Dieses Instrument ist bereits an mehreren Teleskopen erprobt worden. Eine weiterentwickelte Röhre mit einer Kathode höherer Quanteneinsbeute und einer 200-Element-Anordnung wird eine längere Ausdehnung der Spektren und eine höhere Auflösung ermöglichen.

Die Leistungsfähigkeit des Digicon soll an einem Beispiel gezeigt werden. Während einer Nacht wurden mit dem Digicon am Cassegrain-Fokus des 305-cm Lick Teleskops Beobachtungen an PHL 957 gemacht, einem Radio-quiet QSO mit einer großen Emissionslinienrotverschiebung von $z = 2,69$ und einer großen Zahl von verschiedenen Absorptionslinienrotverschiebungen. Das auffallende Merkmal ist eine sehr breite Absorption genau bei Lyman α mit $z = 2,309$. Um die Physik des Gases zu erforschen, das diese Absorption erzeugt, war es erwünscht, ein genaues Profil und besonders die Restintensität in den zentralen 3 nm dieser Linie zu bestimmen. Die Beobachtungen von 30 nm Ausdehnung um das Zentrum der Lyx-Absorption wurden mit einer Dispersion von $7,66 \text{ nm/mm}$ vorgenommen, sie ergaben eine Auflösung von $0,8 \text{ nm}$. Es wurde je eine Stunde Integration am Objekt und am Himmel ausgeführt. Die vom Stadt-Licht verursachte starke Quecksilberlinie bei $404,6 \text{ nm}$ kam in einem Flügel der Absorption vor, konnte jedoch durch eine genaue Himmelslicht-Subtraktion unwirksam gemacht werden. Die Meßergebnisse lassen die Schlüssefolgerung zu, daß ein Teil des Lyx-Profilen von angrenzenden Lyx-Absorptionen durch Rotverschiebungen unwe sentlich kleiner und größer als die mittlere überlagert wird. Wahrscheinlich entstehen alle diese Absorptionen eher in einem mit dem QSO verbundenen Gas (vermutlich wird es mit hoher Geschwindigkeit von ihm ausgestoßen) als in dazwischenliegenden intergalaktischen Wolken.

Ein grundsätzliches Problem der extragalaktischen Astronomie ist das der QSOs, im wesentlichen was sie sind und woher ihre Energie kommt. Die Wege voranzukommen liegen gegenwärtig anscheinend beim Studium der QSOs mit benachbarten Galaxien, beim Versuch das Problem der nichtgleichen Rotverschiebung zu entscheiden. Für die Physik der QSOs selbst erscheinen quantitative spektrafotometrische Analysen und hochauflösende Bearbeitung von Spektren mit reichlichen Absorptionslinien als dringende Aufgaben. Durch Installation der neuen spektrographischen Systeme an allen großen Teleskopen wird das Problem nach und nach zu lösen sein.

E. R.

Nach: E. Margaret Burbidge, Some problems in extragalactic astronomy. Proceedings, ESO/CERN conference on auxiliary instrumentation for large telescopes. Genf 1972.

Extraterrestrische Uranusbeobachtungen

Uranusbeobachtungen sind von der Erde aus wegen der großen Entfernung und der sich darum besonders ungünstig bemerkbar machenden Erdatmosphäre sehr schwierig. Mit Hilfe des 90-cm-Ballontelekopes gelangen Aufnahmen mit einer Auflösung von $0,3$ Bogensekunden, die um den Faktor 5 besser als die auf der Erdoberfläche erhaltenen sind. Daraus folgt:

- Der Durchmesser des Planeten beträgt $51800 \pm 600 \text{ km}$. Dieser Wert weicht von den bisherigen deutlich ab.
- Die Dichte des Planeten beträgt demnach nur $1,2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ und ist damit kleiner als die des Jupiter.
- In der Planetarynosphäre gibt es eine Wolkenschicht. Zu diesem Ergebnis kam man aus Messungen des Verlaufs der Randverdunklung. Die chemische Zusammensetzung der Wolken konnte nicht ermittelt werden.
- Die Atmosphäre besteht zu einem hohen Anteil aus Wasserstoff und Helium.

Sm.

Sternentstehung im Kern des Milchstraßensystems?

Entsprechend den Vorstellungen wie sie vor allem von W. Baade entwickelt wurden, sollten der Kern unseres Milchstraßensystems und auch die Kerne anderer Sternensysteme überwiegend aus Objekten der Population II bestehen, d. h. alten Sternen bei Abwesenheit interstellarer Materie. Das würde aber auch bedeuten, daß es im Gebiet des Kerns des Milchstraßensystems seit langem keine Sternbildung mehr gibt.

Neuere Beobachtungen der zentralen Radioquellen scheinen nun aber ein anderes Bild zu geben. Es handelt sich um die Quelle des galaktischen Zentrums Sagittarius A, die 12 Bogeminuten von Sagittarius A entfernte Quelle Sagittarius B 1 und die 42 Bogeminuten von Sagittarius A entfernte Quelle Sagittarius B 2, die besonders durch die Entdeckung vieler organischer Moleküle bekannt wurde.

Folgende wichtige neue Beobachtungstatsachen verlangen möglicherweise eine neue Interpretation:

- Innerhalb der Quelle Sagittarius B 2 gibt es einige kompakte, sehr dichte, kurzlebige H II-Gebiete. Die Ionisation des Wasserstoffs in diesen Gebieten ist wahrscheinlich die Folge kurzwelliger Strahlung von heißen O-Sternen. O-Sterne sind aber junge Sterne, so daß im Zentralgebiet des Milchstraßensystems noch vor kosmisch sehr kurzer Zeit Sternentstehung vor sich gegangen sein muß.
- Im Wellenlängenbereich zwischen 50 und 300μ wurde Strahlung gefunden, die ihre Ursache in durch Sternstrahlung aufgeheiztem Staub haben muß. Auch hier werden wieder heiße junge Sterne gefordert.
- Es gibt in diesem Gebiet Quellen von OH- und H_2O -Linienstrahlung.
- Es konnten sehr dichte Gaswolken nachgewiesen werden, die Quellen molekularer Linienstrahlung sind und lokal eng mit den H-II-Regionen in Verbindung stehen.

Diese Struktur in der Zentralregion des Milchstraßengebietes ist der des Orion-Nebels, des Pferdekopfnebels und einiger anderer Gebiete des Milchstraßensystems sehr ähnlich, in denen nachweislich Sternentstehungsprozesse auch heute noch ablaufen. Ein Vergleich von Orion-Nebel und Sagittarius B 2 zeigt, daß die Dichte in dem Gebiet von Sagittarius B 2 um eine Größenordnung höher ist als im Gebiet des Orion-Nebels.

Insgesamt ist folgende Schlußfolgerung möglich: Das Gebiet von Sagittarius B 2 hat die typische Struktur von Sternentstehungsgebieten. Da die Dichte höher als in anderen demartigen Gebieten ist, könnte der Sternbildungsprozeß in der Nähe des Milchstraßenzentrums noch effektiver ablaufen als z. B. im Gebiet des Orionnebels. Würden diese Schlußfolgerungen zutreffen, wäre das natürlich nicht nur für unsere Kenntnis des Milchstraßensystems, sondern aller Sternensysteme von Bedeutung.

Sm.

Untersuchungen an Monden im Planetensystem

Der Bereich der Durchmesser der Monde in unserem Planetensystem ist sehr groß. Der kleinste Mond hat einen Durchmesser von etwa 10 km, womit er zu den Planetoiden gehören könnte, der größte einen solchen von 5600 km, so daß man ihn bereits zu den Planeten zählen dürfte. Aus dieser Tatsache folgt aber bereits, daß die Struktur der Monde sehr unterschiedlich sein wird. Denken wir nur an das durch die Masse bedingter Vorhandensein bzw. Nichtvorhandensein einer Atmosphäre und den entsprechenden Einfluß auf die Oberflächengestaltung des Objektes. In den letzten Jahren hat man sich u. a. intensiv der Erforschung der Jupiter- und Saturnsatelliten angenommen.

Die Beobachtungen der Monde I bis IV des Jupiter wurden zwischen 1,25 und $4,0\mu$ durchgeführt, d. h. im infraroten Spektralbereich. Diese Untersuchungen bestätigten, was Kuiper bereits 1952 als Vermutung äußerte: Auf allen vier Monden gibt es Eis. Die dafür charakteristischen Absorptionsstrukturen im Spektrum sind am stärksten für den Mond II, weniger stark für III und am schwächsten für I und IV. Aus diesen Messungen wurde der Schluß gezogen, daß der Mond II zu 50% bis 100% mit Eis überdeckt ist, Mond III zu 20% bis 65% und Mond IV zu 5% bis 25%. Für den Mond I sind die Ergebnisse widersprüchlich. Die Messungen im infraroten Spektralbereich deuten auf wenig Eis hin, während die Messungen im sichtbaren Wellenlängenbereich auf eine stärker vereiste Oberfläche des Mondes schließen lassen.

Die Beobachtungen des Saturnmondes Phoebe mit großen Instrumenten ergaben eine schwächere als bisher angenommene Oppositions helligkeit. Sie beträgt 16,56 Größenklassen. Die Periode der Veränderlichkeit seiner Helligkeit konnte aus den wenigen bisherigen Messungen mit den großen Instrumenten nicht mit Sicherheit abgeleitet werden, so daß die vermutete Periode von kleiner als einem Tag noch nicht bestätigt werden konnte.

Starke Lichtvariationen sind vom Saturnmond Japetus bekannt. Die Periode beträgt wie die Umlaufszeit 79 Tage. Der Mond ist am hellsten, wenn er am weitesten westlich vom Saturn steht und am schwächsten, wenn er am weitesten östlich des Planeten steht. Die Helligkeitsdifferenz beträgt etwa 2 Größenklassen, wobei die Tiefe des Minimums um 0,3 Größenklassen variiert. Dies könnte durch eine Eigenrotation des Mondes und unterschiedliches Reflexionsvermögen der beiden Mondhemisphären erklärt werden.

Sm.

Astronomische Beiträge der „Jenaer Rundschau“, Heft 7/72

Das Heft 7 des Jahrganges 1972 der „Jenaer Rundschau“ ist astronomischen Problemen und astronomisch-technischen Fragestellungen gewidmet. Aus der Vielzahl der Beiträge soll hier nur auf drei Artikel aufmerksam gemacht werden, die sich mit astrophysikalischen Problemen beschäftigen.

In dem Beitrag „Hier entstehen Sterne“ von W. Wenzel werden Gebiete des Milchstraßensystems vorgestellt, in denen heute Sternentstehungsprozesse ablaufen. Es handelt sich um Regionen nahe des Nordamerika-Nebels und im Orion-Nebel. Dabei wird davon ausgegangen, daß Sterne durch Kontraktionsvorgänge aus der interstellaren Materie entstehen. Innerhalb einer solchen Kondensation gibt es eine Phase, in der von dem Objekt in der Hauptsache Infrarotstrahlung ausgeht, was zur Beobachtung spezielle Infrarotdetektoren verlangt.

Objet, die Frühphasen eines nun bereits entstandenen Sternes darstellen, sind die sog. T-Tauri-Veränderlichen. Das Alter der T-Tauri-Sterne, die man z. B. in Assoziationen im Orion findet, wird auf 10^4 Jahre geschätzt, was in der kosmischen Zeitskala ein sehr kurzer Zeitraum ist, wenn man bedenkt, daß für das Alter der Erde und der Sonne 5 Milliarden Jahre angenommen werden. Die Aufklärung der Frühphase in der Sternentwicklung ist von großer Bedeutung, da sie wahrschein-

lich eng im Zusammenhang mit der Herausbildung von Planetensystemen, d. h. damit auch der Entwicklung unserer Erde, steht. Zur Lösung der Problematik gehört auch das weitere Sammeln von guten Beobachtungsdaten. Mit einer besonderen Klasse von Objekten beschäftigt sich der Beitrag von N. Richter („Die blauen Objekte“). Es handelt sich um Himmelskörper, die einen U-B-Farbenindex von $\leq 0,40$ Größenklassen haben. In dem Artikel werden drei verschiedene Methoden des Heraufindens derartiger blauer Objekte beschrieben. Das Ergebnis von Suchprogrammen mit dem Schmidt-Teleskop in Tautenburg wird im weiteren diskutiert und in Zweifarbenindexdiagrammen die besondere Lage der blauen Objekte gezeigt. Es ist ein Gebiet, in dem man auch Weiße Zwerge und quasistellare Objekte findet. Aus dem Vergleich von Zweifarbenindexdiagrammen von quasistellaren Objekten und blauen Objekten, die in Tautenburg gefunden wurden, zieht der Autor den Schluss, daß ein hoher Prozentsatz der gefundenen blauen Objekte echte quasistellare Objekte sind, also den Tiefen des Kosmos zuzuordnen.

Der dritte Beitrag bezieht sich ebenfalls wieder auf den 2-m-Spiegel in Tautenburg, denn er berichtet über 5 Jahre Spektroskopie am Karl-Schwarzschild-Observatorium. Nach einer kurzen Beschreibung der optischen Systeme werden die verschiedenen Spektrographen vorgestellt. Es handelt sich um die Coude- und Cassegrain-Spektrographen. Sehr interessant ist die kurze Erwähnung der Forschungsprogramme mit diesen Zusatzergeräten für den 2-m-Spiegel. Die Hauptthemen der Forschungsarbeit, um die es hier geht, sind die Spektroskopie nichtstationärer Galaxien und von Magnetsternen.

Diese sowie die weiteren Beiträge des Heftes 7/1972 der „Jenaer Rundschau“ sind eine Bereicherung der Informationen über wichtige astronomische Probleme.

Sm.

Sternwartengründungsgesetz

Während die Kosmosforschung in den letzten Jahrzehnten durch verschiedene Institutionen und Unternehmungen repräsentiert wird, waren Sternwarten „während eines relativ langen historischen Zeitraumes die Hauptproduktionsstätten des astronomischen Wissens“. In einem Beitrag „Zur Statistik von Sternwartengründungen im 19. Jahrhundert“ („Die Sterne“ 49 (1973), H. 1, S. 48–52) untersucht D. B. Herrmann (Berlin) die zeitliche Verteilung von Sternwartengründungen von 1750–1930 und kommt zu dem überraschenden Ergebnis, daß bei kumulativer Betrachtung das Wachstum von Sternwarten in der Zeitspanne von 1800 bis 1910 sehr genau dem Gesetz

$$N_t = N_0 \cdot e^{kt^{\alpha}}$$

genügt. In einer Zeit von $T_D = 34$ Jahren verdoppelte sich danach die Anzahl der für die astronomische Forschung repräsentativen Sternwarten.

Dieses erste mathematisch formulierte Gesetz in der Astronomiegeschichte gibt allerdings keine Auskunft über den „Mikromechanismus“ (ebd.) der Gründung von Sternwarten. Interessant ist die Feststellung, daß die o. a. Beziehung nur international gültig ist.

Od.

Informationen über den Mond

Die begonnene Erforschung des Mondes hat uns Antwort auf viele Fragen geliefert, die uns seit langem bewegen, zugleich aber auch neue aufgeworfen, die noch beantwortet sein wollen.

Eine Fülle von Informationen über das Makro- und Mikrorelief der Mondoberfläche liegt vor. Wir wissen nun, daß sie einer ziemlich eintönigen Wüste mit relativ glattem Relief ähnelt.

Außer den großen Strukturdetails (Meeren, Kontinenten, Gebirgen und Kratern), die schon früher von der Erde aus zu beobachten waren, sehen wir jetzt auch feinere Elemente. Das sind in erster Linie viele Krater unterschiedlicher Form, Größe und Herkunft. Leicht lassen sich junge, alte und schon zerfallene Krater unterscheiden. In Gebirgsgegenden findet man kompakte Verschüttungen und Anhaufungen großer Gesteinsbrocken. An einigen Stellen sind Risse (wahrscheinlich tektonischen Ursprungs) sichtbar, die mit bröckelndem Oberflächenmaterial ausgefüllt sind. Schließlich ist die gesamte Mondoberfläche mit kleinen Kratern übersät, die sich durch abfallende Bruchstücke des Rindengesteins beim Aufprall großer Meteoriten auf dem Mond gebildet haben.

Wie lange existiert der Mond schon in dieser Gestalt? Wann ist er entstanden, und wie sah er früher aus? Wie ist seine Geschichte verlaufen, und ähnelt sie der unseres Planeten?

Antwort auf diese Fragen gab die Untersuchung der Mondsubstanz, die zur Erde gebracht wurde. Bis jetzt sind Proben der Oberflächenschicht von sieben verschiedenen Gebieten untersucht worden. Ihr geologisches Alter (die Zeit der Kristallisation) liegt zwischen 3,2 und 4,6 Milliarden Jahren. Die Proben aus den Meeresgebieten sind etwa 3,2 bis 3,6 Milliarden Jahre, die aus den Festlandsgebieten 3,9 bis 4,0 Milliarden Jahre, die Oberflächenschicht (Regolith) und einige einzelne Gesteinsstücke sind 4,5 bis 4,6 Milliarden Jahre alt.

Offenbar hat sich der Mond vor mindestens 4,6 Milliarden Jahren aus einer kalten Gasstaubwolke gebildet. Mit seiner Vergrößerung zog er immer stärker verstreute Substanz an. Dabei gaben die Meteorite und die Teilchen der Urmaterie, die auf ihm niedergingen, ständig wachsende Energie ab, wodurch sich die Oberflächenschicht erwärmt. Dieser Zeitraum währt wahrscheinlich nur einige Millionen Jahre. Vermutlich entstand damals auch das Urgestein, dessen Alter mit etwa 4,6 Milliarden Jahren anzusetzen ist. Etwa 500 Millionen Jahre später (das heißt vor 4 Milliarden Jahren) wurde die Oberflächenschicht des Mondes von der Wärme erhitzt und geschmolzen, die beim Zerfall der natürlichen radioaktiven Elemente abgegeben wurde. Damals bildeten sich die Gesteine, aus denen sich heute die Mondkontinente zusammensetzen. In einer späteren Periode schließlich – vor 3,2 bis 3,6 Milliarden Jahren – trat Basaltlava an die Oberfläche und bildete die Mondmeere.

Aber stammt alles, was wir heute auf dem Mond sehen, aus ferner Vergangenheit? Unser Planet ist bekanntlich auch vor 4,5 Milliarden Jahren entstanden. Aber bis auf den heutigen Tag vollziehen sich im Inneren der Erde Prozesse, die tektonische Veränderungen und Vulkanitätigkeit zur Folge haben.

Anders ist es auf dem Mond. Im wesentlichen verändern nur jene Prozesse sein Antlitz, die durch äußere Faktoren ausgelöst werden – durch Meteoritenbeschuß und galaktische Strahlung.

Außer der Kraterbildung als Folge des Aufpralls großer Meteoriten vollzieht sich auf dem Mond eine Erosion – eine Zerstörung des kristallinen Gesteins unter der Einwirkung von Mikrometeoritenstaub und Strahlung. Dieser Prozeß verläuft sehr langsam: Ein Fragment kristallinen Gesteins von fünf bis zehn Zentimeter Größe wird auf dem Mond erst innerhalb von 15 bis 30 Millionen Jahren zu Staub.

Die lang andauernde Einwirkung von Meteoriteinschlägen und Mikrometeoriten, kosmischen Strahlen, Sonnenwind, starkem Temperaturgefälle und hohem Vakuum haben zur Bildung einer Schicht lockeren Materials, des Regolith, geführt, das das Rindengestein überzieht. Die Mächtigkeit dieser Schicht ist in den verschiedenen Gebieten des Mondes unterschiedlich. Sie reicht von einer dünnen Staubschicht auf dem hervortretenden Felsengestein bis zu einigen Metern in den Meeresgebieten. Das Regolith besteht aus Splittern von Magmastein, schlackenförmigen Teilchen und sphäroidalen Gebilden — Tröpfchen geschmolzenen Magmasteins. Obwohl wir jetzt eine ziemlich umfassende Kenntnis von diesem Gestein haben, da es in den Laboratorien auf der Erde im wesentlichen untersucht worden ist, sind einige Erscheinungen noch nicht hinreichend erkläbar. Unter anderem ist unklar, warum das Regolith wesentlich älter ist als das darunter liegende Rindengestein, das ihm in der chemischen Zusammensetzung ähnelt.

Bereits 1966 wurde mit dem ersten Mondsatelliten Luna 10, der ein Gammaspktrometer mitführte, festgestellt, daß in den Meeresgebieten des Mondes Ergußgesteine lagern, die in ihrer Zusammensetzung den Basalten auf der Erde ähneln.

Die Mondbasalte sind Magmastein, das hauptsächlich aus Kalziumplagioklas, Pyroxen, Ilmenit, Olivin, Cristobalit und anderen Mineralen besteht. Dieses Gestein hat bei der relativ niedrigen Temperatur von 1 050 bis 1 100 Grad Celsius Kristalle gebildet. Das spricht dafür, daß eine zähflüssige Magma an die Oberfläche getreten ist. Obwohl die Proben aus verschiedenen Gebieten und sogar aus einem Gebiet sich in Zusammensetzung und Struktur unterscheiden, gehören sie alle ein und denselben Gesteinstyp an — dem Basalt.

Die Mondkontinente bestehen, wie bei der Untersuchung der Bodenproben festgestellt wurde, die Luna 20 zur Erde gebracht hat, in wesentlichen aus Anorthositgesteinen. Diese Gesteine enthalten hauptsächlich Feldspat (mehr als 50 Prozent) sowie Olivin, Spinell und andere Minerale. Die Analyse der von den Kontinenten erbrachten Proben hat ergeben, daß hier eine größere Vielfalt von Gesteinen anzutreffen ist, als in den Mondmeeren. Das deutet darauf hin, daß die Gesteine der Mondkontinente viel stärker differenziert sind als die der Mondmeere.

Eine Reihe wesentlicher Unterschiede zwischen den Mond- und den Erdgesteinen sei hervorgehoben. Vor allem fehlen jegliche wasserhaltige Einschlüsse und hydratisierte Minerale fast völlig. Offenbar war schon in der Ausgangsschmelze, aus der sich später das Gestein kristallisierte, kein Wasser enthalten. Dasselbe gilt für den Sauerstoff und die anderen flüchtigen Komponenten. Viele experimentelle Unterlagen liegen vor, denen zufolge der Mond schon zur Zeit seiner Entstehung äußerst arm an diesen Komponenten und reich an hochschmelzenden Bestandteilen war (zumindest in der äußeren Schicht). Es wird vermutet, daß in einer Tiefe von 250 bis 300 Kilometern dichtere Gesteine als die Basalt- und Anorthositgesteine liegen, die erheblich mit Metallen angereichert sind. Doch unsere Kenntnis von den tiefen Schichten des Mondgesteins ist noch höchst begrenzt.

Was läßt sich über den inneren Bau des Mondes sagen? Eine ziemlich gute Vorstellung haben wir von den Ergußprozessen, durch die sich die Meeresgebiete des Mondes mit Basaltlava überzogen haben. Wir wissen um die Wirkungen, die der Beschuß der Mondoberfläche auslöst. Er hat zur Bildung des Mondbodens, des Regolith, geführt. Doch offenbar entsprechen weder die Meeresbasalte noch die Kontinentalanorthosite in der Zusammensetzung dem Mondinneren. Überhaupt gibt es noch kein zufriedenstellendes Modell von der „primären“ oder der heutigen Zusammensetzung des Mondinneren. Allerdings liegen geochemische und geophysikalische Angaben vor, nach denen das Mondinnere aus Primärmaterial bestehen kann, das niemals geschmolzen war. Offenbar hat sich das aktive Leben des Mondes nur in einer Oberflächenschicht von einigen hundert Kilometern Mächtigkeit abgespielt.

Der Mond ist auch heute kein kalter, lebloser Körper. In seinem Innern glimmt noch Leben. Die Durchschnittstemperatur im Tag-Nacht-Zyklus ist in einer Tiefe von 30 Zentimetern unter der Oberfläche mit etwa minus zehn Grad Celsius praktisch konstant. Mit der Tiefe nimmt die Temperatur zu, und im Innern des Mondes beträgt sie etwa 1 000 Grad Celsius.

Prof. J. Surkow, Doktor der physikalisch-mathematischen Wissenschaften in „Iwestija“ vom 18. 1. 73 nach PdSU Nr. 6/73 (gekürzt).

Die orange-rote Mondbodenprobe

Die von der amerikanischen Apollo-17-Besatzung zur Erde mitgebrachte orange-rote Mondprobe hat ihre Farbe nicht auf Grund von Wassereinwirkungen erhalten. Das ergaben erste Untersuchungen. Ursprünglich hatte eine Reihe amerikanischer Wissenschaftler die Vermutung, daß das Gestein habe infolge der Einwirkung von Wasser, das dem Mondboden entströmte, die eigenartige Farbe angenommen. Eine plausible Erklärung dagegen scheint nunmehr zu sein, daß Gase, die dem Mondinnern entwichen, Ursache der Verfärbung gewesen sind.

Bei dem zur Erde gelangten Material handelt es sich um mikroskopisch kleine Glaskugeln und ihre Bruchstücke. Dem bloßen Auge erscheint es pulverförmig. Die Kugeln enthalten bis zu 22 Prozent Eisenoxid und bis zu acht Prozent Titan und erscheinen unter dem Mikroskop als dunkle Kerne mit hellem Rand. Das deutet darauf hin, daß die Randzone durch einen Entglasungsvorgang, also durch Rekristallisation beeinflußt wurde.

Die Kugeln sind homogen. Das spricht einerseits gegen die Vermutung, daß sie bei Meteoriteinschlägen entstanden sind. Andererseits fehlen Spuren von Wasser oder anderen flüssigen Substanzen, die für einen vulkanischen Ursprung sprechen. Da die Bildung von Glas jedoch Temperaturen von über 1000 Grad Celsius und danach schnelle Abkühlung verlangt, da die Schmelze sonst kristallisieren würde, glaubte man bisher, daß die Kugeln eben entweder von Meteoriteinschlägen oder infolge von Vulkanismus entstanden sind. Beide Vermutungen haben sich nach dem gegenwärtigen Stand der Forschungen als falsch erwiesen.

In Kommentaren zu dieser Tatsache sprechen jetzt Wissenschaftler in Houston die Vermutung aus, daß die Glaskugelchen aus dem Mondinnern stammen und mit Gasausbrüchen an die Oberfläche gelangten. Schon vor einigen Jahren hatten Fachleute die Theorie aufgestellt, derzu folge sich im Mondinnern größere Lagerstätten von Glas oder Glasrohstoffen befinden. Die Kugeln zeigen eine völlig glatte Oberfläche, ohne geringste Spuren von Mikrometeoriteinschlägen, Spuren, die bei längerer „Liegzeit“ auf der Mondoberfläche unbedingt zu sehen sein müßten. Daraus ist zu schließen, daß das Material relativ jung sein muß.

ND 10. 2. 73

Die Reflektionsfähigkeit des Mondes

Ein bisher ungeklärtes Phänomen ist die geringe Reflektionsfähigkeit des Mondes. Während die Venus 64 Prozent, die Erde und der Saturn 40 Prozent des auftreffenden Sonnenlichtes reflektieren, wirft der Mond nur sieben Prozent zurück. Den

Messungen der von der Mondoberfläche zur Erde gebrachten Proben zufolge müßte der Mond jedoch sechs- bis neunmal heller sein, als er es in Wirklichkeit ist. Für diese Diskrepanz gibt es gegenwärtig noch keine Erklärung.

ND 10. 2. 73

Staubatmosphäre und magnetische Feldstärken auf dem Mond

Die Mondabenddämmerung erreicht den 10- bis 15fachen Helligkeitswert der Dämmerung auf der Erde. Zu diesem Ergebnis gelangten sowjetische Forscher, nachdem sie Meßdaten auswerteten, die mit Hilfe des auf Lunochod 2 installierten Astrotometers gewonnen wurden. Wie der Leiter des Astrophysikalischen Observatoriums auf der Krim, Andrej Sewerny, erklärte, belege dieses Ergebnis die Existenz von winzigen Staubpartikeln in der Mondatmosphäre. Die Partikel erzeugten eine besonders hohe Leuchtkraft, indem sie das von der Sonne und der Erde herstammende Licht stark streuen. Direktor Sewerny wertete die jüngsten Meßergebnisse von Lunochod 2 als „klaren Beweis für das Vorhandensein einer Staubatmosphäre auf dem Mond, in der kleinste Staubpartikel die Rolle der Gasmoleküle spielen“.

Zusammen mit Lunochod 2 führt die sowjetische automatische Station Prognos 3 Magnetfeldmessungen durch. Sie sollen genauere Kenntnisse darüber vermitteln, inwieweit zwischen dem Wechsel der magnetischen Feldstärke auf der Mondoberfläche und den Veränderungen der Intensität des interplanetarischen und des Erdmagnetfeldes Zusammenhänge bestehen.

ADN 17. 2. 73

Mitteilungen der Astronautischen Gesellschaft der DDR — Mitglied der IAF

Präsident: Prof. Dr. Johannes Hoppe, Direktor am Heinrich-Hertz-Institut der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Vizepräsidenten: Prof. Dr. Hans Reichardt, Dr. Eberhard Hollax, Heinz Mielke, Wissenschaftlicher Sekretär: Dipl.-Gewi. Herbert Pfaffe

Die Internationale Astronautische Föderation (IAF)

Aufbau, Ziele und Aktivitäten

Dr. EBERHARD HOLLAX

Geschichtliches

Mit dem Ziel, eine internationale Föderation zur Förderung „der Entwicklung der interplanetaren Reise“ und der Astronautik schlechthin zu gründen, trafen sich 1950 Delegierte aus 8 Ländern in Paris. Es wurde ein Komitee gebildet, das mit der Ausarbeitung der Pläne und Richtlinien beauftragt wurde. Die Gründung der IAF erfolgte im September 1951 auf dem 2. Kongreß in London.

Die erste Verfassung wurde auf dem 3. Kongreß 1952 in Stuttgart formal angenommen.

Als 1958 die IAF ein umfangreiches Programm zur Erweiterung der internationalen Beziehungen beschloß, wurde auch die Verfassung neu ausgearbeitet und 1961 durch die Generalversammlung bestätigt.

Wesentliche Änderungen erfolgten nochmals im Jahre 1968. Die Verfassung der IAF zählt — untergliedert in 9 Kapitel — 39 Artikel.

In der Verfassung festgelegte Ziele

Die Internationale Astronautische Föderation stellt gemäß ihrer Verfassung (Artikel 1) eine wissenschaftliche, nicht auf Regierungen gestützte oder Profit orientierte Organisation dar.

Laut Artikel 2 verfolgt sie nachstehende Ziele:

- Pflege der Entwicklung der Astronautik für friedliche Zwecke
- Anregung zur umfangreichen Weitervermittlung von technischen und anderen Informationen bezüglich der Astronautik
- Stimulierung des öffentlichen Interesses und der Unterstützung der Entwicklung aller Aspekte der Astronautik durch die verschiedenen Kommunikationsmittel.
- Ermunterung zur Beteiligung an der astronautischen Forschung oder anderen relevanten Projekten durch internationale und nationale Forschungsinstitutionen, Universitäten, kommerzielle Firmen und individuelle Experten.
- Schaffung und Pflege der Aktivitäten von Akademien, Instituten und Kommissionen der Föderation, die der Fortsetzung und Pflege aller Aspekte der Natur- und Sozialwissenschaften bezüglich der Astronautik und der friedlichen Nutzung des Weltraums gewidmet sind.
- Unterstützung der betreffenden Akademien, Institute, Kommissionen, Internationalen Astronautischen Kongressen, Symposien, Kolloquien und anderen wissenschaftlichen IAF-Veranstaltungen.
- Koordination mit und Beratung von internationalen und nationalen, regierungs- und nichtregierungsmäßigen Organisationen und Institutionen in allen Natur-, Ingenieur- und Sozialwissenschaften hinsichtlich der Astronautik und der friedlichen Nutzung des Weltraumes.

Mitgliedschaft

Entsprechend der Verfassung der IAF gibt es 3 Kategorien von Mitgliedern

- Nationale Mitglieder
- Institutionenmitglieder
- assoziierte Mitglieder

Alle 3 Mitgliedschaften bedürfen der Zustimmung der Generalversammlung (Majorität). Die Bewerbungen werden durch das Büro der IAF geprüft und der Generalversammlung vorgelegt. Nur die nationalen Mitglieder sind in der Generalversammlung stimmberechtigt. Neben den Stimmberrechtigten können durch die Generalversammlung auch noch weitere nicht stimmberechtigte Mitglieder der schiedenen Staaten gewählt werden, die ebenfalls berechtigt sind, an den Plenarsitzungen teilzunehmen.

Zu den Institutionsmitgliedern zählen wissenschaftliche oder technische Institute sowie Universitäten. Beispielsweise wurde von der Generalversammlung des 23. IAF-Kongresses die Empfehlung gebilligt, daß Museen für Luft- und Raumfahrt Mitglieder der IAF sein sollten.

Assoziierte Mitglieder sind internationale Organisationen oder Körperschaften, deren Ziele und Anstrengungen mit den Zielen der IAF übereinstimmen.

Die insgesamt 57 Mitglieder der IAF aus 36 Staaten repräsentieren über 65 000 Ingenieure und Wissenschaftler.

Mitgliedsländer

Gegenwärtig sind folgende 36 Staaten in der IAF vertreten:

Argentinien	Zypern	Griechenland
Australien	CSSR	VR Ungarn
Österreich	Finnland	VR Polen
Belgien	Dänemark	VR Rumänien
Brasilien	Frankreich	Indien
VR Bulgarien	DDR	Iran
Canada	BRD	Israel
Italien	Japan	Mexiko
Niederlande	Norwegen	Peru
Portugal	Spanien	Schweden
Schweiz	UdSSR	Großbritannien
USA	Jugoslawien	Taiwan

Die Aufnahme der Deutschen Demokratischen Republik — vertreten durch die Deutsche Astronautische Gesellschaft — erfolgte 1960 auf dem XI. Kongreß der IAF in Stockholm als stimmberechtigtes Mitglied.

Nicht zuletzt durch die Zusammenarbeit der sozialistischen Staaten war gewährleistet, daß innerhalb der IAF kein Staat diskriminiert wurde.

Präsidium (Büro) und weitere Offizielle

Das Büro der IAF besteht aus dem Präsidenten und den 4 Vizepräsidenten sowie dem Past-Präsidenten (d. h. dem vorherigen Präsidenten) als stimmberechtigte Mitglieder. Der Präsident und seine 4 Stellvertreter werden jeweils durch die Majorität der Generalversammlung für ein Jahr gewählt.

Die bisherigen Präsidenten waren:

E. Sänger (BRD, 1951–1953),	E. A. Brun (Frankreich, 1962–1964),
F. C. Durant (USA, 1953–1956),	W. H. Pickering (USA, 1964–1966),
L. R. Shepherd (GB, 1956–1957),	L. G. Napolitano (Italien, 1966–1968),
A. G. Haley (USA, 1957–1959),	E. Caratoil (Rumänien, 1968–1970),
L. J. Sedow (Sowjetunion, 1959–1961),	A. Janmotte (Belgien, 1970–1972),
J. Pétré (Frankreich, 1961–1962),	L. G. Napolitano (1972 erneut gewählt).

Zu den führenden Persönlichkeiten der IAF gehört der 1907 in Rostow geborene Prof. L. Sedow (UdSSR), der in den Jahren 1956–1959 und nunmehr seit 1962 außerdem ohne Unterbrechung zum Vizepräsidenten durch die Generalversammlung gewählt wurde.

Dem Büro der IAF gehören ferner die Inhaber folgender Funktionen – General Counsel – Honorary Secretary – Executive Secretary – als nicht stimmberechtigte Mitglieder an. Hinzu kommen noch die Präsidenten der Internationalen Akademie der Astronautik und des Internationalen Instituts für Weltraumrecht.

Komitees der IAF

Zu den wesentlichen Trägern der IAF-Aktivitäten zählen die von der Generalversammlung bestätigten Komitees, deren Mitgliedschaft möglichst internationale Breite erreichen soll. Sie werden für jeweils zwei Jahre eingesetzt, können aber unbegrenzt für weitere Zeit bestätigt oder erneuert werden.

So besteht z. B. das Komitee für Bioastronautik (gegründet unter der Bezeichnung „Life Science Committee“) seit 1960. Es hat die Aufgabe, solche Gebiete wie „Lebenserhaltungs-“ oder „physiologische und psychische Probleme beim Aufenthalt im Weltraum“ zu fördern. Es steht in Kontakt mit den IAA-Komitees „Mensch im Weltraum“ und „Studien zur Rettung im Weltraum“.

Zu den wesentlichen Komitees gehören fernerhin diejenigen, die Fragen der Anwendungssatelliten, Bildungsprobleme sowie Publikationen und Finanzen bearbeiten.

IAF-Kongresse

Höhepunkt aller von der IAF veranstalteten Treffen stellt der jährlich im Herbst durchgeführte IAF-Kongreß dar, der etwa von 500 – 1000 Personen besucht wird, und an dem jedermann – unabhängig davon, ob er IAF-Mitglied ist – teilnehmen kann.

Die Gesellschaft, die Gastgeber des IAF-Kongresses ist, zeichnet für alle materiellen Probleme verantwortlich: benötigte Räume, Überseeferderung der Vorträge, Organisation der sozialen Betreuung etc.

Hauptanliegen der Kongresse ist der umfassende Austausch von Ergebnissen und Ideen auf möglichst allen Gebieten der Astronautik. Daraus resultiert, daß der Kongreß mehrere Vortragsveranstaltungen parallel (täglich etwa 3 – 6) durchführen muß, um annähernd den Informationsbedarf zu befriedigen. Die Planung des wissenschaftlich-technischen Programms obliegt dem Programm-Komitee. Die Auswahl der Programme geschieht zunehmend – vor allem in den letzten Jahren – unter dem Aspekt der Anwendung der Raumfahrttechnik für die Lösung der die Menschen auf der Erde bewegenden Probleme. Die wissenschaftlich-technischen Vortragsessions werden durch Foren und Panel-Diskussionen ergänzt, deren Thematik den aktuellsten Fragen gilt.

Seit 1969 wird das Programm des Kongresses durch einen speziellen Vortrag – zumeist während der Eröffnung – eines führenden Fachmannes bereichert, der auf besondere Einladung hingehalten wird und ein Thema von allgemeinem Interesse behandelt.

Zusätzlich zu den vom internationalen Programm-Komitee ausgewählten wissenschaftlich-technischen Veranstaltungen werden spezielle Symposien bzw. Kolloquien der Internationalen Akademie der Astronautik und des Internationalen Institutes für Weltraumrecht abgehalten.

Ausdruck der internationalen Wertschätzung der IAF-Kongresse ist die Vielzahl von Grußtelegrammen führender Repräsentanten verschiedener Staaten und Institutionen oder die Eröffnung der Kongresse durch Staatsoberhäupter der veranstaltenden Länder selbst. Laut Entscheidung des UN-Komitees zur friedlichen Nutzung des Weltraums besteht seit 1971 ein offizieller Beobachterstatus bei den Vereinten Nationen.

Bereits zum 19. IAF-Kongreß (1968 in New York) hatte der damalige Generalsekretär der Vereinten Nationen, U Thant, in einer Botschaft betont, ... Die Zeit ist gegeben den Nutzen zu eruieren, der aus den Weltraumaktivitäten abgeleitet werden kann und diesen allen zugänglich zu machen, die ihn benötigen, besonders den Entwicklungsländern ...“. Dr. Kurt Waldheim unterstrich in seiner Grüßbotschaft an den 23. IAF-Kongreß (1972) erneut die Wertschätzung, die die Arbeit der IAF genießt. Der Realisierung des Ziels, die Weltraumtechnik sowie wie nur möglich den Menschen dienstbar zu machen, gelten die Hauptanstrengungen der IAF, wie es auch im Motto zum Ausdruck kommt, unter dem der letzte IAF-Kongreß stand: „Space for World development“ (Weltraum für die Entwicklung auf der Erde).

Zu den bisherigen Schwerpunkten der technischen Sessionen gehörten solche Gebiete wie Anwendungssatelliten, Astrodynamik, Antriebs- und Energieprobleme, Strömungsmechanik, Auslastungsspektre wissenschaftlicher Satelliten, Telemetrie und Datenmanagement, Bildungsfragen (und deren Lösung mit Hilfe der Weltraumtechnik) und Bioastronautik.

Von den erfolgreichen Symposien seien diejenigen über Fragen der Rettung im Raum, Geschichte der Astronautik, Internationales Mondlaboratorium, Orbitalabor und Kostensenkung genannt.

Zu den Höhepunkten der IAF-Kongresse gehören auch die Treffen mit sowjetischen und US-amerikanischen Kosmonauten bzw. Astronauten.

Die Teilnahme von Kosmonauten begann 1962 in Varna mit der Anwesenheit von German Titow und derjenigen von Juri Gagarin 1963 in Paris. 1970 in Konstanz wurde ein Höhepunkt durch die Teilnahme von Andrijan Nikolajew, Vitali Sewastjanow, Boris Jegorow sowie Mc Divitt, 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.

Der wissenschaftlich-technische Inhalt der Kongreßvorträge wird durch das Internationale Programm-Komitee der IAF vorbereitet und gestaltet. Die Mitglieder dieses Komitees werden in jedem Jahr neu von der Generalversammlung für das folgende Jahr gewählt.

Die Internationale Akademie der Astronautik (IAA) und das Internationale Institut für Weltraumrecht (IISL)

Entsprechend der IAF-Verfassung wurden 1960 die Internationale Akademie der Astronautik und das Internationale Institut für Weltraumrecht gegründet.

Die IAA zählt gegenwärtig 464 Mitglieder und korrespondierende Mitglieder, außerdem 12 Ehrenmitglieder. Der Vorstand („Board of Trustees“) setzt sich zusammen aus dem Präsidenten, dem „Past-Präsidenten“ (vorheriger Präsident) und 4 Vizepräsidenten. 12 weitere Vorstandsmitglieder werden aus den 3 Sektionen der Akademie (Grundlagen-, Ingenieur- und Lebenserhaltungswissenschaften) gewählt.

Die Präsidenten der IAF und des IISL gehören dem Vorstand als ex-officio-Mitglieder an.

Das Programm der IAA konzentriert sich auf die Förderung aller Ideen und Pläne zur Erforschung des Weltraums und aller damit in Zusammenhang stehenden Fragen. Die IAA organisiert internationale Symposien und gibt als Publikations-

organ die Astronautica Acta heraus. Auch für das Erscheinen eines vielsprachigen astronautischen Wörterbuches trug die IAA Sorge.

Sie arbeitet mit folgenden internationalen Organisationen zusammen: UN, UNESCO, WHO, WMO, IAEA.

Das IISL (International Institute of Space Law) zählt gegenwärtig über 400 Mitglieder aus 48 Staaten. Dem IISL steht ein „Board of Directors“ vor, das sich aus dem Präsidenten, 2 Vizepräsidenten, dem Sekretär, dem Schatzmeister und 10 weiteren Mitgliedern zusammensetzt. Der IAF- und der IAA-Präsident sind „ex officio“-Mitglieder.

Das Statut der IISL wurde während des 11. IAF-Kongresses 1960 in Stockholm angenommen.

Zu den Hauptaktivitäten gehört das jährlich während der IAF-Kongresse organisierte Kolloquium für Weltraumrecht. Unter wesentlicher Einflußnahme des seit 1964 amtierenden Präsidenten E. PEPIN (Frankreich) wurden in den letzten Jahren Rechtsfragen bezüglich ständiger Mondbasen, Orbitallabors, Systemen von Kommunikationssatelliten und des Weltraumvertrages von 1967 u. a. behandelt.

Zu den wesentlichsten Aktivitäten des IISL gehört auch die Behandlung der mit der Lehre des Weltraumrechts in Zusammenhang stehenden Fragen.

IAF Beziehungen zu anderen internationalen Organisationen

Die vorrangigste Bedeutung der Beziehungen der IAF kommt wohl den Vereinten Nationen und ihren Spezialorganisationen zu. Dabei berät u. a. die IAF das Wissenschaftlich-Technische Unterkomitee des „UN Peaceful Uses of Outer Space Committee“ und dessen Arbeitsgruppen in wichtigen Fragen.

IAF-Projekte erhielten mehrfach die finanzielle Unterstützung der UNESCO, z. B. das Symposium für kleine Höhenforschungsraketen in Stockholm 1960 während des 11. IAF-Kongresses.

Beziehungen der Kategorie 2 bestehen auch seit 1964 zum ECOSOC!

Sehr eng sind die Beziehungen zur ITU (International Telecommunication Union), die bereits auf das Jahr 1952 zurückgehen. Gebiete der ITU, wie die Zuteilung der Radiofrequenzen, sind für die IAF ebenfalls von großer Wichtigkeit. Die gegenseitige Repräsentanz von IAF und ITU auf Kongressen und Veranstaltungen erfolgt ständig. So nahm die IAF beispielsweise im Juni 1971 auf Einladung hin an der „World Space Telecommunication Conference“ in Genf teil.

Ein Konsultationsstatus besteht mit der WMO (World Meteorological Organisation) seit 1964, der in Zukunft – soweit es das Gebiet der Wetter-Satelliten betrifft – noch weiter ausgebaut wird. Kontakte bestehen auch zur ICAO (International civil Aviation Organisation).

Gut entwickelten sich die offiziellen Beziehungen zur WHO (World Health Organisation). Gemeinsame Interessen gebiete sind die Resultate der Forschung des Einflusses der Weltraumbedingungen auf das physische und psychologische Befinden des Menschen sowie die resultierenden Kenntnisse für das Wohlbefinden auf der Erde. Die WHO unterstützt auch das IAA-Symposium über grundlegende „Probleme des Menschen im Weltraum“ 1971 in Jerevan.

Arbeitsbeziehungen bestehen auch zur IAEA (International Atomic Energy Agency). Ausdruck dessen war auch das z. Zt. des 23. IAF-Kongresses mit Hilfe der IAEA organisierte Symposium über „Sicherheit der Operation von Kernenergie und Antriebsausrüstungen im Weltraum“.

Kontakte bestehen auch zur COSPAR (Committee on Space Research), mit mehreren Mitgliedsvereinigungen der ICSU, mit der IFAC (International Federation of Automatic Control), sowie der ELDO und ESRO.

Jugend- und Studentenaktivität

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 von morgen ist, sowie Tatendrang und Ideenreichtum zeigt.

Vor allem das IAF-Komitee für Bildungsprobleme veranlaßte die Gründung einer Studiengruppe für Sicherheitsfragen bei Raketenexperimenten der Jugend, der „Study Group for Safety in Youth Rocket Experiments“ (SYRE). Diese analysiert die auf der Welt vorhandenen Aktivitäten auf dem Gebiet der Raketenexperimente und erarbeitet Sicherheitsvorschriften bzw. Empfehlungen. Die von der Studiengruppe während der IAF-Kongress abgehaltene Vortragsession enthält z. B. Berichte über Probleme des Antriebs, des Aufbaus der Raketen oder der an Bord befindlichen Instrumente.

1971 fand in Brüssel die erste IAF-Studentenkonferenz während des XXII. IAF-Kongresses statt. Sie war dem 25. Jahrestag der UNESCO gewidmet. Diese Konferenz ließ sich in mehrere Sessionen unterteilen: technische Vortragsveranstaltungen und Studentenversammlungen. Die Vorträge beinhalteten recht unterschiedliche Probleme, vom Antrieb bis zu Fragen der Kopplung sowjetischer und US-amerikanischer Raumschiffe oder der direkten Nutzung der Raumfahrt für die Menschen. Die Studentenversammlung erarbeitete Empfehlungen, die noch in Brüssel 1971 von der Generalversammlung genehmigt wurden:

- Bildung eines IAF-Studentenkomitees, das sich aus Senior- und Studentenmitgliedern zusammensetzt.
- Fortsetzung der IAF-Studentenkonferenz als ein jährliches Charakteristikum der IAF-Kongresse
- Unterstützung des Studentenaustausches zwischen den IAF-Mitgliedsorganisationen.

Die 2. Studentenkonferenz fand 1972 in Wien statt. In diesem Jahr wird in Baku die 3. Konferenz abgehalten.

Zukünftige Aufgaben

Hauptziel der Bemühungen der IAF wird es sein, den Menschen auf der gesamten Welt die Fortschritte der Astronautik nutzbar zu machen.

Es ist das erklärte Ziel der IAF, in den siebziger Jahren ihren internationalen Einfluß und ihre Wirksamkeit sehr beträchtlich auszuweiten und den Kontakt zu anderen weltweiten Organisationen und Institutionen auszubauen. Die IAF verfügt über eine Expertenbreite, wie wohl keine andere Organisation oder Institution und erfaßt nahezu alle Gebiete der Wissenschaft und Technik.

Es ist eine gute Basis dafür vorhanden, eines der Hauptanliegen der IAF zu realisieren, nämlich die Menschen auf der gesamten Welt mit den Fortschritten und Erkenntnissen der Astronautik vertraut zu machen. Diesem Zweck dienen auch die Proceedings der IAF-Kongresse, die seit dem Jahre 1970 unter dem Titel „Astronautical Research“ herausgegeben werden.

Zur Größenklassifikation der Sonnenflecke

WILLI SCHULZE

Vom Verfasser wurde in den unter (1) und (2) genannten Arbeiten eine empirische Beziehung zwischen den Fleckenzahlen und ihren Größen aufgezeigt. Ist r_i die Fleckenzahl einer bestimmten Größenklasse ($i = 1 \dots 5$) und G die zugehörige Größenklasse selbst, so wird also $r_i = f(G)$. Mit Hilfe eines Näherungsverfahrens wurde für die erwähnte Abhängigkeit ein Ausdruck gefunden, der für die praktische Berechnung auf die Formel $r_i = a\bar{f}$ führte. \bar{f} ist das Jahresmittel der Einzelflecke; für a sind die in Tabelle 1 genannten Werte einzusetzen. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß a im Jahre 1965 nur aus den Beobachtungen von 1959-1965 gebildet wurde, während dieser Faktor im Jahre 1972 statistisch besser gesichert ist.

Das Beobachtungsverfahren selbst ist in der unter (1) genannten Arbeit ausführlich beschrieben. Es soll nur noch einmal wiederholt werden, daß hierbei die Größen der Umbrärfächen einer 5-stufigen Skala, mit den in Tabelle 1 aufgeführten Charakteristika, zugeordnet werden. Alle Beobachtungen erfolgten mit dem Schulfernrohr 63/S40 im Projektionsverfahren.

Tabelle 1

Größenklasse G	Durchmesser auf der Sonne in Grad	Mittelwert zur Bestimmung von F_i in MH	a im Jahre 1965	a im Jahre 1972
1	0...1	5	0,8100	0,850
2	1...2	50	0,0885	0,110
3	2...3	200	0,0226	0,038
4	3...4	350	0,0079	0,005
5	> 4	500	0,0032	0,002

Durch statistische Korrektur des Wertes a konnte die Übereinstimmung zwischen Berechnung und Beobachtung von Jahr zu Jahr verbessert werden. In Tabelle 2 sind die Ergebnisse für das Beobachtungsjahr 1972 zusammengestellt. Aus den Beobachtungen folgte $f = 23,5$. ϵ ist die relative Abweichung zwischen Berechnung und Beobachtung.

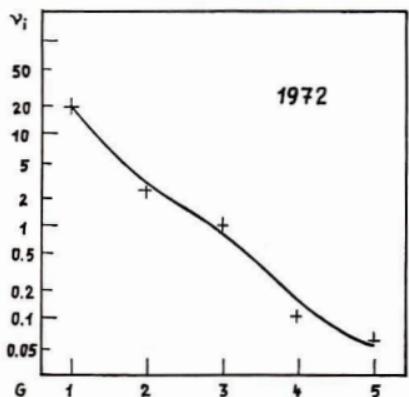


Abb.: Beziehung zwischen Größenklassen und Fleckenzahlen.

Tabelle 2

Größenklasse G	Berechnung r_i	Beobachtung r_i	ϵ in %
1	20,0	19,7	-1,5
2	2,6	2,6	0
3	0,9	1,0	+11,1
4	0,12	0,10	-16,7
5	0,05	0,06	+20,0

Die Übereinstimmung zwischen den berechneten und den beobachteten Werten ist erstaunlich gut. Der Überschuss an Flecken der Größenklasse 5 ist auf das Auftreten der außergewöhnlichen Sonnenfleckengruppen Anfang August und Anfang November zurückzuführen.

In der Abbildung sind an der Abszisse die Größenklassen und an der logarithmisch geteilten Ordinate die Fleckenzahlen vermerkt. Die zugehörigen Werte wurden für das Beobachtungsjahr 1972 eingetragen und durch einen ausgleichenden Kurvenzug verbunden.

Abbildung und Tabelle zeigen, daß die Sonnenflecke nicht in unsymmetrischen Größenverteilung auftreten, sondern daß die definierten Größenklassen einer empirischen Beziehung folgen. Ein interessantes Ergebnis.

Die Sonnenfleckenzählstatistik ist in letzter Zeit etwas in den Hintergrund getreten. Sie kann aber immer noch ein interessantes und sehr reizvolles Betätigungsgebiet des Amateurastronomen und astronomischer Arbeitsgemeinschaften sein und zu recht aufschlußreichen Ergebnissen führen. So möchte der Verfasser die vorstehende Arbeit auch als Ergänzung zu den Ausführungen von Dr. AHNERT u. a., „Über den wissenschaftlichen Nutzen der Amateurastronomie“ im Heft 6 des Jahrganges 1972 dieser Zeitschrift verstanden wissen.

Literatur: [1] SCHULZE, W., Die Sterne 42 (1966) 209, [2] SCHULZE, W., Die Sterne 45 (1969) 107.

und regelmäßig — auch in der DDR — von wissenschaftlichen und technischen und sonstigen Forschungs- und Entwicklungsstellen erworben werden sollten.

Ziel der IAF wird es zukünftig auch verstärkt sein, Experten von Industrieländern und Entwicklungsländern zusammenzuführen, um gemeinsame Projekte und Programme — allen Menschen zum Nutzen — zu erarbeiten.

Eine besondere Aufgabe sieht die IAF in der Förderung und Erziehung der Jugend und Studenten in allen Bereichen der Astronautik. Diesem Anliegen wird auch auf dem kommenden — dem 24. IAF-Kongreß — Rechnung getragen werden.

Literatur:

1. Verfassung der Internationalen Astronautischen Förderation.
2. Broschüre „Internationale Astronautische Föderation (IAF)“ 1971, 29 Seiten.
3. IAF-Kongreßmaterialien von 1968-1971.

Die mechanischen Eigenschaften des Mondbodens

Eine wichtige Aufgabe des fahrbaren wissenschaftlichen Laboratoriums, das eine neue Etappe der Mondforschung eingeleitet hat, ist die Untersuchung der mechanischen Eigenschaften des Mondbodens. Sie sind von großer Bedeutung, denn die mechanischen Eigenschaften des Bodens lassen auf die Art seiner Entstehung und folglich auf die Entwicklung der geologischen Vorgänge auf dem Mond sowie auf die Evolution des Himmelskörpers insgesamt schließen. Außerdem charakterisieren die mechanischen Eigenschaften die Tragfähigkeit der Oberflächenschicht des Mondes, ihre Passierbarkeit und die Wechselwirkung zu festen Körpern. Diese Angaben sind für die Wissenschaftler, die die technischen Mittel für die Erforschung und Erschließung des Mondes entwickeln und anwenden, unerlässlich. Heute ist klar, daß die Oberflächenschicht des Mondes aus feinkörnigem Boden besteht, dem eine große Menge von Steinen und Gesteinsplättchen unterschiedlicher Größe beigemischt ist. Nach dem Gehalt an Teilchen unterschiedlicher Größe ist es zum staubigen Sand zu rechnen. Doch seine Festigkeit und sein Deformationsverhalten unterscheiden sich erheblich von den Eigenschaften der Böden gleicher Art auf der Erde. Das läßt sich hauptsächlich durch die unterschiedlichen Bedingungen erklären, unter denen er sich gebildet hat und existiert. Die nicht durch eine Atmosphäre geschützte obere Schicht des Mondbodens ist bekanntlich ständigen Meteoritenbeschuß, der kosmischen Strahlung und krassen Temperaturschwankungen ausgesetzt und steht unter der Einwirkung eines hohen Vakuums. Daher auch die eigenartige Struktur des Bodens, die keiner Struktur auf der Erde in irgendeiner Weise ähnelt. Hier verbinden sich große Instabilität bei mechanischer Einwirkung mit der Neigung der Teilchen zu gegenseitiger Bindung. Auch das Verhalten bei äußerer Belastungen ist ungewöhnlich. Der Mondboden zeichnet sich durch eine sehr geringe Ausgangsstabilität aus, läßt sich leicht und schnell zusammendrücken, neigt zur Bildung von Teilchenaggregaten, kann Klumpchen bilden, agglutinieren und sich erheblich verdichten, wobei die Tragfähigkeit größer wird.

Untersuchungen haben außerdem ergeben, daß die quantitativen Werte der mechanischen Bodencharakteristika nicht nur in verschiedenen Gebieten des Mondes, sondern auch an ganz nahe beieinander liegenden Orten sehr erheblich – um mehrere Größenordnungen – unterschiedlich sein können. Das war sowohl bei Veränderung des Reliefs als auch in ebenen, äußerlich völlig gleichartigen Gebieten zu beobachten. Dichte, Widerstand, Tiefe der Senkung des Bodens bei Belastung und andere mechanische Eigenschaften ändern sich wesentlich. Mit der Tiefe kann die Art der Verfestigung des Bodens erheblich anders werden. In unterschiedlichen Oberflächenbereichen verändert sich plötzlich die Mächtigkeit der obersten feinkörnigen Staubschicht. Dabei sind die Eigenschaften des Staubs, und das Haften an berührenden Gegenständen unterschiedlich.

Viele Unterschiede der mechanischen Eigenschaften des Mondbodens können mit Eigenarten des Geländes zusammenhängen. Doch einige Veränderungen sind noch nicht mit irgendwelchen bekannten geologischen Merkmalen zu identifizieren oder durch die Auswirkung der Mondbedingungen zu erklären. Möglicherweise hält die scheinbare Einförmigkeit des Mondmilieus oder der Mondlandschaft viele Überraschungen bereit.

Nur die Untersuchung des Mondbodens an seiner natürlichen Lagerstätte ermöglicht es, seine Besonderheiten in verschiedenen Gebieten zu vergleichen, in jedem einzelnen Fall seine Eigenart und neue Erscheinungen festzustellen, die mit bisher noch unbekannten Besonderheiten bei der Bildung der Oberflächenschicht und der Einwirkung äußerer Faktoren zusammenhängen. Andererseits können bei Laboruntersuchungen auf der Erde technische Methoden angewandt werden, die das Experiment wirksamer gestalten. Schließlich tragen die Untersuchungen der Gesteinsproben vom Mond und analoger Bodenproben von der Erde zum Verständnis verschiedener auf dem Mond wirkender Faktoren bei. Das hat für die Entwicklung der Mittel zur Erforschung des Mondes große Bedeutung.

A. Leonowitsch, Dr. der technischen Wissenschaften, und W. Schwarzw., Kandidat der technischen Wissenschaften, in „Prawda“ vom 23. 1. 73, nach PdSU Nr. 7/73 (gekürzt).

**EVP 1,50 M
PZV 31052**

Automatische Kamera für Astrogeodäsie

Am Zentralinstitut Physik der Erde der DAW wurde die Automatische Kamera für Astrogeodäsie des VEB Carl Zeiss JENA eine komplexe Technologie zur Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von photographischen Beobachtungen aktiver und passiver künstlicher Erdsatelliten entwickelt.

Die Untersuchungsergebnisse an einem ersten Funktionsmuster dieser Kamera und die bisher vorliegenden Beobachtungsergebnisse zeigen, daß nahezu punktförmige und astrometrisch auswertbare Abbildungen von Satelliten mit einer Grenzhelligkeit von etwa 10^m (bei effektiven Belichtungszeiten von nicht mehr als 1 s) erhalten werden können. Unter Verwendung der gezeigten Verfahren der Bahnverfolgung, der Beobachtung und Auswertung lassen sich Einzelpositionen passiver Satelliten mit Genauigkeiten $< \pm 2''$ in der Lage und etwa $\pm 0,002$ s im zugehörigen Zeitmoment ableiten. Die Genauigkeit der beobachteten Positionen aktiver Satelliten ist nicht schlechter als $\pm 1''$.

Dr.-Ing. K.-H. Marek (Mitteilung des Zentralinstituts Physik der Erde Potsdam Nr. 242), in „Jenaer Rundschau“ 7/72.

5¹⁹⁷³ Astronomie und Raumfahrt



INHALT

Die Spektren der Sterne · Dr. W. Pfau	129
Systematik der Flugbahnen von der Erde zum Mond II · Dr. E. Hantzsch	133
Hier entstehen Sterne · Dr. Wolfgang Wenzel	140

Amateure beobachten und berichten

Auswertung der Venusbeobachtungen 1972 · Gudrun Saupe, Jörg Mosch	142
---	-----

Bildseiten

Abb. zu den Beiträgen S. 129 und 140	I-IV
--	------

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Preisträger im Copernicus-Jugendwettbewerb	156
Saturnbedeckung durch den Mond · Dr. S. Marx	157
Probleme kapitalistischer Raumfahrtforschung · Klaus Marquart	157

Aus der Literatur

Programm für den gemeinsamen Flug von Sojus und Apollo — Die sowjetischen und die amerikanischen Besatzungen für den gemeinsamen Flug von Sojus und Apollo —	
Lunochod 2	3. Umschlagseite
Austausch sowjetischer und amerikanischer Mars-Venus-Forschungsergebnisse — Radarvermessungen des Saturn	4. Umschlagseite

Redaktionsschluß 20. 7. 73

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; DL 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 1973 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 Zeitungsvertreibamt, Abt. Export, 1017 Berlin, Straße der Pariser Kommune 3–4.

Veröffentlicht unter Lizenznummer 1490/63 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR.

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

Die Spektren der Sterne

Nach einem Vortrag auf dem Spektroskopieseminar des ZFA.

Dr. W. PFAU

Die Spektroskopie als Methode der Untersuchung des in seine spektralen Bestandteile zerlegten Lichtes wurde zu einer wesentlichen Quelle für die Entstehung des Teilgebietes Astrophysik innerhalb der Astronomie. Aus den Anfängen der Spektroskopie können die Namen Newton und Fraunhofer genannt werden. Der erstere führte in der Mitte des 17. Jahrhunderts die präzise Zerlegung des Sonnenlichtes in die Kontinuumsfarben durch und zog seine Schlüsse hinsichtlich der Natur des Lichtes. Fraunhofer entdeckte Anfang des 19. Jahrhunderts — nach dem englischen Physiker Wollaston allerdings — die dunklen Absorptionslinien im Spektrum des durch einen Spalt geleiteten Sonnenlichtes. Die Lage von 600 solcher Linien wurde von ihm mit hoher Genauigkeit vermessen, die stärksten von ihnen bezeichnete er mit lateinischen Buchstaben, die auch heute noch benutzt werden. Die Beschäftigung mit den Spektren der Venus und einiger heller Fixsterne ließ Fraunhofer deutliche Unterschiede von Objekt zu Objekt erkennen. Für Fraunhofer als Optiker war die Spektroskopie aber vorwiegend Mittel zur Untersuchung der Brechbarkeit des Lichtes in Gläsern.

Um die Mitte des vergangenen Jahrhunderts war bekannt, daß durch Salze gefärbte Flammen ein Spektrum aus diskreten hellen Linien aussenden. Kirchhoff und Bunsen beobachteten bei ihren Untersuchungen farbiger Flammen, daß Sonnenlicht, das nach Passieren eines Spaltes durch die Flamme geleitet wird, nicht eine weitere Aufhellung der Linien bewirkt, sondern unerwarteterweise verstärkte dunkle Linien zeigt: Das Sonnenlicht wird von der Flamme gerade an jenen Stellen des Spektrums absorbiert, an denen die Flamme allein sonst Linien aussendet. Die Ergebnisse solcher Untersuchungen fanden ihren Niederschlag in einer Arbeit von Kirchhoff aus dem Jahre 1861 mit dem Titel „Untersuchungen über das Sonnenspektrum und die Spektren der chemischen Elemente“. Diese Veröffentlichung steht am Anfang der Spektroanalyse in Chemie und Astronomie. Der Autor leitete aus dem Spektrum ab, daß die Sonne ein glühender Körper sein müsse, dessen kontinuierlichem Spektrum in einer gasförmigen Atmosphäre das beobachtete Linienspektrum aufgeprägt wird. Aus der Existenz bestimmter Linien schloß er auf das Vorhandensein von beispielsweise Kalzium, Magnesium, Natrium und Eisen, während Lithium auf der Sonne fehlen müßte. Wir wissen heute, daß dieses Element dort tatsächlich unterhäufig ist. Die genannte Kirchhoff'sche Arbeit ist wissenschaftsgeschichtlich außerordentlich bedeutungsvoll. Hier wurde erstmals aus Beobachtungen zwingend etwas über die physikalischen Eigenschaften eines Himmelskörpers ausgesagt. Weiterhin wurde der Schluß gezogen, daß auf diesem Gestirn die gleichen chemischen Elemente vorkommen wie auf der Erde. Der Astronom hat prinzipiell nur wenige Möglichkeiten, etwas über seinen Forschungsgegenstand zu erfahren. In der Spektroskopie entstand ihm ein Hilfsmittel, das in seiner Bedeutung gar nicht hoch genug eingeschätzt werden kann.

Fixsterne sind Gaskugeln mit Oberflächentemperaturen von einigen tausend bis zu einigen zehntausend Kelvin. Die Intensitätsverteilung in ihren Spektren läßt sich durch ein langsam mit der Wellenlänge veränderliches Kontinuum mit aufgeprägten, relativ scharfen Absorptionslinien beschreiben. Die Intensitätsverteilung im Kontinuum folgt nicht derjenigen eines Schwarzen Strahlers mit bestimmter Temperatur. Es besteht zwar ein Maximum der Strahlungsintensität, dessen Lage von der Temperatur abhängt (Wiensches Verschiebungsgesetz!), im einzelnen entsteht die Kurve aber aus der Überlagerung vieler Planckkurven. Diese entsprechen den Beiträgen verschiedener oberflächennaher Schichten, die umso höhere Temperaturen haben, je weiter innen sie sich befinden.

Die Entstehung der Spektrallinien wird vom Atombau her verständlich. Den Elektronen im Atom bzw. Ion stehen für den Aufenthalt nur ganz bestimmte Energieniveaus zur Verfügung und eine spezielle Besetzung dieser hervorgehobenen Zustände mit Elektronen ist stabil. Die Lage der Energieniveaus und die Besetzung sind charakteristisch für eine Atomart, für ein chemisches Element also. Wird das Atom von Strahlung getroffen, so kann es dem Strahlungsfeld nur Lichtquanten mit ganz bestimmter Energie entziehen. Das sind gerade diejenigen Quanten, die den Elektronen mit Atomverband Übergänge auf Niveaus höherer Energiewerte ermöglichen. Bei genügender Anzahl auf diese Weise absorbiert Quanten entsteht im Spektrum eine scharfe Linie bei einer Wellenlänge, die durch die Energiewerte genau vorgegeben ist. Diesen Vorgang bezeichnet man als „Anregung“.

Es sei hier schon erwähnt, daß durch das Strahlungsfeld unter Umständen Elektronen sogar aus dem Atom herausgerissen und zu freien Elektronen werden können. Diese sogenannte Ionisation ist ebenfalls im Spektrum nachweisbar, allerdings nicht in Form scharfer Linien.

Der angeregte Zustand ist nicht stabil, und innerhalb einer unvorstellbar kurzen Zeit geht das Atom in den Ausgangszustand zurück. Jetzt muß die Differenz zwischen den Energiewerten der beteiligten Niveaus als Lichtquanten wieder ausgestrahlt werden. Damit erhebt sich die Frage, was aus der vorher entstandenen Spektrallinie wird. Wird sie nicht durch die im gegenläufigen Prozeß entstehenden Quanten sozusagen aufgefüllt und verschwindet im Spektrum? Nein, das geschieht nicht. Erstens wird im allgemeinen das „Zurückfallen“ der Elektronen kaskadenartig über zwischenliegende Niveaus erfolgen, so daß ganz andere Wellenlängen emittiert werden. Das ist der Fall der reinen Absorption. Andernfalls sind zwar die Wellenlängen von Absorption und Emission gleich, jetzt macht sich aber ein Intensitätsunterschied bemerkbar. Die Absorption erfolgte aus dem auf den Beobachter gerichteten Strahlungsstrom heraus. Die Emission geht jedoch in alle Richtungen, so daß direkt auf den Beobachter nur sehr wenig entfällt. Die Linie entsteht diesmal durch Streuung.

Das einzelne Atom strebt, nachdem es angeregt worden ist, immer wieder dem stabilen Grundzustand zu. Bei der Fülle der in der Sternstrahlung zur Verfügung stehenden Lichtquanten kann es aber auch aus dem schon angeregten Zustand noch höher angeregt werden und landet erst dann, wenn es zufällig „längere“ Zeit nicht von geeigneten Lichtquanten getroffen wird, einmal wieder im Grundzustand. Dazwischen mögen noch Ionisations- bzw. gegenläufige Rekombinationsprozesse ablaufen, bei denen sich ein Ion ein beliebiges freies Elektron einfängt und sein „eigenes“ verlorengegangenes ersetzt.

In den äußeren Schichten des Sternes, in denen das Spektrum entsteht, laufen nun bei der Vielzahl der Atome, Ionen, Elektronen und Lichtquanten alle diese Vorgänge gleichzeitig und durcheinander ab. Die verschiedenen vorhandenen chemischen Elemente mit ihren unterschiedlichen Beiträgen komplizieren das Bild des entstehenden Spektrums weiter. Das einzelne Atom läßt sich nicht mehr verfolgen, man kann nur statistisch feststellen, wie sich Atome und Ionen auf die verschiedenen Anregungs- und Ionisationszustände verteilen und wieviele gerade irgendwelche Übergänge erleiden. Eine wesentliche, dieses Gleichgewicht bestimmende Größe ist die Temperatur, denn durch diese ist die Anzahl energiereicher Lichtquanten im Strahlungsstrom gegeben. Nur am Rande sei erwähnt, daß der Temperaturbegriff in der Astrophysik allerdings nicht so einfach zu fassen ist, wie er sich aus der täglichen Erfahrung heraus zu ergeben scheint.

Der Anblick eines Sternspektrums ist durch die Fülle verschieden starker Absorptionslinien zunächst verwirrend. Aus der Kenntnis der vorgenannten Feststellungen bzw. Einsichten, läßt sich das Aussehen aber verstehen und es erlaubt Rückschlüsse auf die in der Sternatmosphäre herrschenden physikalischen Zustände.

Gegen Ende des vergangenen Jahrhunderts wurde Ordnung in die Vielfalt der Sternspektren gebracht, in dem man diese der äußeren Ähnlichkeit nach in zunächst willkürlich nebeneinander gestellte Gruppen einordnete. Ein System, die Harvard-Klassifikation, setzte sich sehr schnell weltweit durch, da auf ihr der am Harvard-Observatorium von etwa 1900 an herausgegebene Henry-Draper-Katalog mit der Spektralklassifikation für 223 000 Sterne beruhete. Das System erlaubt es, 99,8 % der Spektren aller Sterne heller als achter Größe in sieben Klassen unterzubringen. Diese tragen die Bezeichnungen O, B, A, F, G, K, M, wobei die merkwürdige Reihenfolge der Buchstaben historisch bedingt ist. Bei genauerer Einteilung werden die Klassen noch dezimal unterteilt. In der oben angeführten Anordnung repräsentieren die Spektren eine Folge mit abnehmender Oberflächentemperatur. Das wird ersichtlich an der Intensitätsverteilung im Kontinuum. Es äußert sich aber auch in den auftretenden Linien. Nur bei den heißesten Sternen können zum Beispiel Spektrallinien auftreten, die auf einfach ionisiertes Helium zurückgehen, da nur in der Strahlung dieser Objekte genügend energiereiche Lichtquanten sind, so daß ständig eine hinreichende Anzahl von Heliumatomen eines ihrer beiden relativ fest gebundenen Elektronen beraubt ist. Das den Ionen verbleibende Elektron führt dann die Übergänge aus, die für He^+ charakteristisch sind. In gleicher Weise erklärt sich das Auftreten von Linien des jeweils zweifach ionisierten Stickstoffs (N^{++}) und Sauerstoffs (O^{++}) bei den heißen Sternen.

Die „Metalle“, darunter versteht man etwas verallgemeinert die schweren Elemente, treten bei mittleren Temperaturen ionisiert auf. Unter diese Kategorie zählt zum Beispiel das Kalzium, dessen seit Fraunhofer mit H und K benannte Linien vom Ca^+ bei den F- und G-Sternen als die stärksten in Erscheinung treten. Einleuchtend ist, daß Molekülbanden, vorwiegend handelt es sich um die des Titanoxids, nur in den Spektren der kühleren Sterne beobachtet werden können, da eine energiereiche Sternstrahlung die Moleküle dissoziieren würde.

Einen auffälligen systematischen Gang durch die Spektralsequenz zeigt die Balmerserie des Wasserstoffs. Sie wird bei den kühleren Sternen innerhalb des Spektraltyps O schwach sichtbar, ist am An-

O B A F G K M

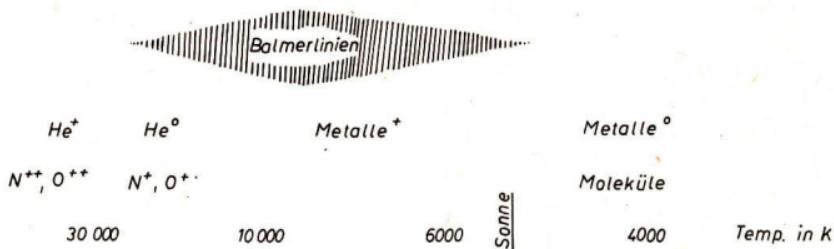


Abb. 2: Schematische Darstellung charakteristischer Erscheinungen in den Sternspektren verschiedener Typen. (Nach H. H. Voigt, Abriß der Astronomie I. Mannheim 1969).

fang der A-Gruppe, bei A 0 bis A 4 etwa, dominierend, und ist bei den G-Sternen bereits wieder schwer auffindbar. Dieses Verhalten soll im folgenden verständlich gemacht werden.

Zunächst müssen überhaupt neutrale Wasserstoffatome vorhanden sein, denn im ionisierten Zustand besitzt diese Atomart kein Elektron mehr, kann also auch keine Linien erzeugen. Nun sind von der Temperatur und damit der Zusammensetzung der Strahlung her die Verhältnisse so, daß in den Atmosphären von B-Sternen von 250 000 Wasserstoffatomen im zeitlichen Mittel nur eins neutral ist, alle anderen sind ionisiert. Günstiger für die Linienentstehung sieht es bei den etwas kühleren A-Sternen aus. Beim Typ A 1 kommen ganz grob auf ein ionisiertes Wasserstoffatom drei neutrale. Geht man zu noch kühleren Objekten über, so verschiebt sich das weiter zugunsten der neutralen Atome. Damit sollte man dort eigentlich noch stärkere Balmerlinien als bei den A-Sternen erwarten. Es ist aber zu beachten, daß Balmerlinien durch Absorption aus einem angeregten Zustand heraus entstehen, dessen Vorhandensein wieder eine gewisse Mindesttemperatur voraussetzt. Vergleicht man in dieser Hinicht den A1-Stern mit der Sonne, so läßt sich nach einer von Boltzmann aufgestellten Formel abschätzen, daß im ersten Fall ein angeregtes, also geeignetes Atom auf 40 000 im Grundzustand kommt, im zweiten Fall dieses Verhältnis 1 : 200 Millionen beträgt, also erwartungsgemäß ungünstig für die Entstehung von Linien ist.

Weiter oben wurde bereits der Begriff der Rekombination erwähnt. Es stellt sich in der Sternatmosphäre entsprechend den physikalischen Bedingungen ein statistisches Gleichgewicht zwischen den gegenläufigen Ionisations- und Rekombinationsvorgängen ein. Die Rekombination setzt voraus, daß sich zwei „zueinander passende“ Partikeln begegnen, ist also abhängig von der Teilchenzahl in der Volumeneinheit, bzw. vom Druck. Damit ist zu erwarten, daß die Temperatur allein zur Beschreibung der Sternspektren nicht ausreicht. Tatsächlich muß bei einer genaueren Klassifikation ein zweiter, druckabhängiger Parameter berücksichtigt werden. Dessen Wirken ist in den Spektren allerdings nicht so augenfällig wie der Temperatureinfluß. Er macht sich in den Intensitätsverhältnissen bestimmter druckabhängiger Linien bemerkbar und läßt allgemein in Objekten geringeren Drucks schärfere Spektrallinien entstehen.

Die eindimensionale Harvard-Sequenz fand ihre Erweiterung im 1943 aufgestellten, zweidimensionalen MKK-System, das den Sternen neben der Spektralklasse eine Leuchtkraftklasse zuordnet. Bei gleicher Temperatur bzw. Spektralklasse bedeutet geringerer Druck eine ausgedehntere Atmosphäre und damit durch die größere Oberfläche eine höhere Leuchtkraft des Sterns. Die Korrelation zwischen dem Druck und der Leuchtkraft als einer wichtigen Zustandsgröße ist damit verständlich. Die Bezeichnung des Systems deutet auf die Herausgeber des zugrunde gelegten Spektralatlas von Standardsternen, die Astronomen Morgan, Keenan und Miss Kellman, hin. Die Typen wurden 1953 etwas revidiert und bilden jetzt das sogenannte MK-System.

Bei der praktischen Durchführung von Klassifikationsarbeiten werden fotografisch aufgenommene Sternspektren mit dem Atlas verglichen und den zunächst unbekannten Objekten dann die passenden Spektral- und Leuchtkraftklassen zugeordnet. Der Atlas ist im Original mit einer reziproken linearen Dispersion von 125 Ångström pro Millimeter aufgenommen. Wie aus der Zusammenstellung S. 132 ersichtlich ist, werden die Leuchtkraftklassen mit römischen Zahlen bezeichnet.

Die Klasse I ist gelegentlich noch in Ia und Ib unterteilt. Nach diesem System wird unsere Sonne als G2V klassifiziert, der Stern Alpha Cygni als A2 Ia und Beta Geminorum als K0 III, um nur einige Beispiele zu nennen.

I	Überriesen	
II	helle Riesen	
III	Riesen	↑ absolute Helligkeit,
IV	Unterriesen	Radius
V	Zwerge	
	(Hauptreihesterne)	
VI	Unterzwerge	↓ Druck, Schwerebeschleunigung in der Sternatmosphäre

Bis zu dieser Stelle haben wir Sternspektren nur beschrieben und ihre Erscheinungsformen erklärt. Mit den angedeuteten theoretischen Grundlagen ist aber verständlich, daß rückwärts aus der genauen fotometrischen Untersuchung von Kontinuum und Linien zuverlässige Aussagen über die physikalischen Parameter Druck und Temperatur in den Sternatmosphären, in denen die Spektren entstehen, folgen müssen. Selbstverständlich erwarten wir auch quantitative Aussagen über die chemische Zusammensetzung dieser äußersten Schichten der Sterne.

Zunächst läßt sich aus dem Vorhandensein einer bestimmten Spektrallinie natürlich schließen, daß das betreffende Element vorkommen muß. Der umgekehrte Schluß, Nichtvorhandensein der Linie bedeute Fehlen des Elements, ist jedoch nicht zulässig! Hier müssen die Anregungsbedingungen in Betracht gezogen werden, die unter Umständen das Auftreten einer Spektrallinie im sichtbaren Teil des Spektrums verhindern. Es sei nur erinnert, daß der Wasserstoff als das allgemein häufigste chemische Element seine Existenz eben nicht in jedem Spektrum durch starke Linien demonstriert. So wird die quantitative Spektralanalyse der Gestirne zu einer recht komplizierten Aufgabe, die nicht ohne die gleichzeitige Lösung des Aufbaus der Sternatmosphäre auskommt. Darüberhinaus setzt sie die Kenntnis zahlreicher atomphysikalischer Größen voraus, die von der Physik beigesteuert werden müssen.

Um ein Maß für die Stärke der Spektrallinien zu haben, geht man von den sogenannten Äquivalentbreiten aus. Man denkt sich die durch die verwaschene Linie aus dem Kontinuum absorbierte Energie durch einen völlig dunklen, scharf begrenzten Streifen aus dem Spektrum herausgenommen. Die Breite des Streifens, die erforderlich ist, um auf die gleiche Gesamtabsorption zu kommen, ist die Äquivalentbreite. Diese wird umso größer sein, je mehr Atome bzw. Ionen an der Entstehung der Linie beteiligt waren. Das geht zunächst sogar proportional, da jedes Atom sozusagen aus dem Vollen schöpft und demnach alle den gleichen Beitrag zur Absorption leisten. Mit wachsender Zahl der beteiligten Atome geht das weitere Anwachsen der Äquivalentbreiten mit der Atomzahl dann langsamer, da jedes zugefügte Atom immer weniger Energie zum Absorbieren vorfindet. Erst bei großen Atomzahlen wachsen die Äquivalentbreiten noch einmal stärker an, weil sich Linienflügel ausbilden, die Linie also in die Breite wächst. Die Theorie dieser „Wachstumskurven“ erlaubt die Ableitung von Atomzahlen aus den gemessenen Äquivalentbreiten. Diese Anzahlen gelten aber nur für eine bestimmte Anregungs- bzw. Ionisationsstufe des Elementes, für diejenige nämlich, die die bearbeitete Spektrallinie entstehen läßt. Es müssen zusätzlich Linien aus anderen Zuständen der gleichen Atomart gefunden und ausgewertet werden, oder die Theorie muß aussagen, in welchen Verhältnissen die einzelnen Stufen bei den herrschenden Bedingungen vorkommen, so wie wir das oben beim Wasserstoff behandelt hatten. Summation ergibt dann endlich die Gesamtzahl der Atome eines Elementes. Der Meß- und Rechenaufwand bei diesem Vorgehen ist enorm hoch und es liegen deshalb bis heute nur für relativ wenige Objekte zuverlässige quantitative Spektralanalysen vor. Dabei spielt auch eine Rolle, daß bei Sternen kühler als etwa die Sonne physikalische Effekte berücksichtigt werden müssen, die rein theoretisch noch nicht sicher faßbar sind.

Bisher haben wir uns recht einseitig mit dem Auftreten und der Stärke von Absorptionslinien beschäftigt. Dabei ließ die Liniенstärke Schlüsse auf die chemische Zusammensetzung und die physikalischen Parameter in den Sternatmosphären zu. Ein Sternspektrum enthält aber darüber hinaus noch wesentlich mehr Informationen.

Aus der Lage der Linien läßt sich über den Doppler-Effekt auf den Bewegungszustand des untersuchten Himmelskörpers schließen. Darunter fällt die Ermittlung der Radialgeschwindigkeit als die eine Komponente der räumlichen Bewegung der Gestirne, die Bestimmung der Rotation von Sonne, Planeten und bestimmten Doppelsternen und schließlich der Nachweis von Pulsationen der Sternkörper. Die Linienverschiebung wird durch mikrometrische Messung relativ zu einem irdischen Vergleichsspektrum bestimmt, das gleichzeitig mit der Himmelsaufnahme auf der Fotoplatte aufgenommen sein muß. Bei der Kleinheit der nachzuweisenden Effekte erfordern derartige Untersuchungen ganz besondere Sorgfalt.

Die Form der Spektrallinien ist beeinflußt durch die thermische Bewegung der Atome und Ionen und durch die gegenseitige Störung der Teilchen. Sie läßt sich also ebenfalls nach den Parametern Temperatur und Druck auswerten. Sie liefert aber vor allem auch Aussagen über die Turbulenz in der Stern-

atmosphäre und über die Rotation eines Sternes. Aus charakteristischen, betragsmäßig allerdings wieder äußerst geringen Linienauflösungen läßt sich die Stärke eventueller stellarer Magnetfelder ermitteln.

Die Fülle der im letzten Teil summarisch angedeuteten Möglichkeiten rechtfertigt wohl die eingangs aufgestellte Behauptung, daß Astrophysik ohne Spektroskopie, diese aber ohne eine weitentwickelte Theorie und eine ausgefeilte Beobachtungstechnik nicht denkbar wären.

Systematik der Flugbahnen von der Erde zum Mond II

Dr. E. HANTZSCHE

Fortsetzung.

Die zweite selenozentrische Bahn

In engem Zusammenhang damit stehen Bahnen, die ein zweites Mal in die Wirkungssphäre des Mondes gelangen, nämlich beim zweiten (oder auch einem späteren) Erdumlauf. Das geschieht für solche Anfangswerte der E_{gM} - bzw. E_{gdM} -Bahnen, die zusätzlich die Bedingung für E_{aM} -Bahnen erfüllen. Voraussetzung ist, daß keine Mt -Bahn vorliegt (erste selenozentrische Bahn) und daß die zweite geozentrische Bahn keine dEt - oder aE_h -Bahn ist. Wir bekommen damit einen vierten Bahnabschnitt der Sonde (siehe Teil I, S. 118), der analog gekennzeichnet werden kann (M^- , M^+ , Mt usw.). Daran schließt sich – außer bei Mt -Bahnen – wieder eine dritte geozentrische Bahn an; wir wollen jedoch darauf nicht näher eingehen, ebenso wenig (aus den oben bereits genannten Gründen) auf die Möglichkeit, daß der Raumflugkörper erst bei einem späteren (3., 4., ...) Erdumlauf die lunare Einflußsphäre zum zweiten Mal erreicht, oder daß dieses Ereignis ein drittes oder vierstes Mal usw. eintritt. Diese Fälle sind ohne Bedeutung, und die durch unser Verfahren entstehenden Fehler werden dann auch zu groß, so daß sich eine Untersuchung nicht mehr lohnt. Es ist naheliegend, daß bereits ein zweites Durchqueren der Wirkungssphäre des Mondes an sehr spezielle Anfangsbedingungen gebunden sein muß, wodurch die Streifen dieser Bahnen im $v_{11} \cdot \psi_1$ -Diagramm sehr schmal werden, siehe Abb. 5b. Es existieren drei getrennte Flächen von Anfangsbedingungen für solche Bahnen, von denen eine in den Bereich der EdM -Bahnen hinaüberreicht.

Rückläufige primäre Bahnen

Unsere Untersuchung bezieht sich nur auf rechtläufige primäre geozentrische Bahnen, die in der Mondbahnebene verlaufen (Neigung 0°), weil sie energetisch am günstigsten sind und deshalb die größte praktische Bedeutung haben. Wenn die Ebene der primären Bahn gegen die Mondbahnebene geneigt ist, steigt gewöhnlich der Energiebedarf, und das Gleichungssystem zur Beschreibung solcher Bahnen wird erheblich komplizierter. Man kann jedoch mit demselben ebenen Modell auch noch den entgegengesetzten Grenzfall, nämlich rückläufige Bahnen in der Mondbahnebene (E^-) untersuchen. Ihre Neigung gegen die Umlaufbahn des Mondes beträgt 180° . In den Gleichungen ändern sich dabei nur einige Vorzeichen. Auch ohne numerische Ergebnisse ist zu erwarten, daß ähnliche Bahntypen wie bei rechtläufigen Bahnen auftreten werden, allerdings in anderen Bereichen der Anfangswerte v_{11} und ψ_1 . Einige solche rückläufige Bahnen wurden zur Orientierung ebenfalls berechnet; aus den Ergebnissen läßt sich der in Abb. 6 dargestellte Eintrittsbereich in die Wirkungssphäre des Mondes (im wesentlichen für E^-a -Bahnen) ermitteln.³⁾

Doppelstreifende Bahnen

Wir kommen nun wieder zu den Bahnen vom Typ E^+a zurück, die hauptsächlich in Teil I untersucht wurden. Alle Bahnen hängen von zwei Parametern ab, für die wir die Anfangswerte v_{11} und ψ_1 ge-

³⁾ ψ_1 ist dabei wie bisher rechtläufig gezählt, also entgegengesetzt zur Bewegungsrichtung der Sonde.

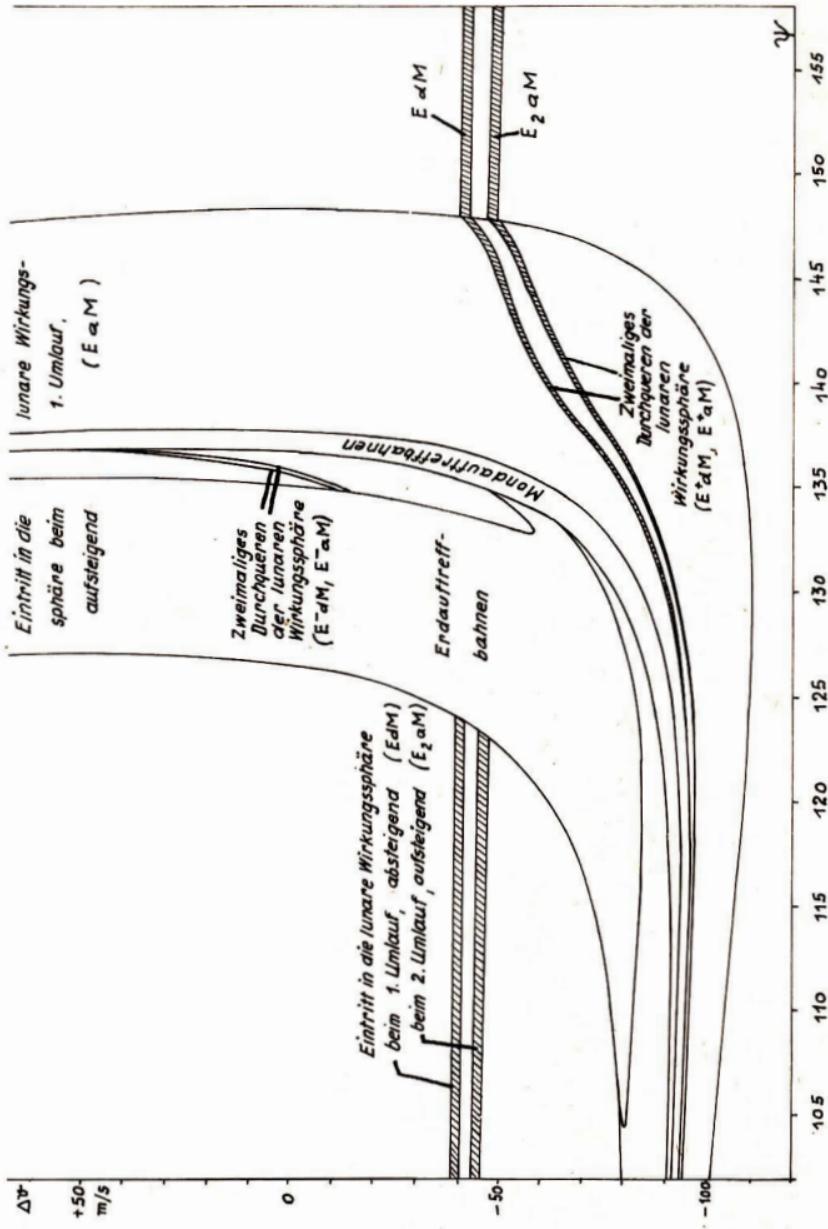


Abb. 5 b, links: Bereiche der Anfangswerte als Funktion von Startgeschwindigkeit und Startwinkel, in denen eine zweimalige Durchquerung der Wirkungssphäre des Mondes stattfindet.

Dicht oberhalb des fast horizontal verlaufenden Teils des Streifens der Mondaufstiegbahnen befinden sich noch zwei weitere äußerst schmale Streifen von Bahnen, die eine zweimalige Mondpassage erlauben (nicht eingezeichnet).

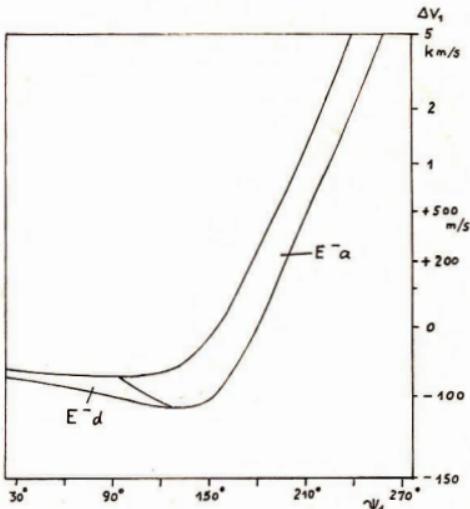


Abb. 6: Bereiche der Anfangswerte Δv_1 und ψ_1 , die bei rückläufigen geozentrischen Bahnen (E^-) zum Eintritt in die lunare Wirkungssphäre führen.

wählt haben, doch kann man genau so gut auch zwei andere unabhängige Parameter verwenden, beispielsweise die minimale Entfernung vom Mondmittelpunkt r_{22} in der selenozentrischen Bahn (Periselenum) und die minimale Entfernung der zweiten geozentrischen Bahn vom Erdmittelpunkt r_{14} (Perigäum). Besonders interessant erscheinen dabei solche Bahnen, die sowohl an der Mondoberfläche nahezu streifend vorüberführen als auch nach der Rückkehr zur Erde dicht an der Oberfläche unseres Planeten entlanggehen, die also sowohl die Bedingung $r_{22} \approx R_2$ als auch $r_{14} \approx R_1$ erfüllen. Es sind Bahnen, die eine Untersuchung des Mondes aus sehr geringer Entfernung ermöglichen und die dann ohne Bahnkorrektur in die Erdatmosphäre bzw. zur Erdoberfläche zurückführen.

Aus den in I beschriebenen Ergebnissen geht hervor, daß diese Bedingungen nur für rückläufige selenozentrische Bahnen (M^-) erfüllbar sind, da eine rechtsläufige den Mond streifende Bahn sich nicht mehr der Erde nähern kann: das Perigäum wird sehr weit von der Erdoberfläche entfernt liegen.⁴⁾ Bei rückläufigen Mondbahnen kann dagegen das Perigäum beliebig nahe an den Erdmittelpunkt heranrücken, wobei der Umlauf um die Erde rechtsläufig oder rückläufig wird (zweite geozentrische Bahn). Deshalb gibt es zwei Punkte im $v_{11}\cdot\psi_1$ -Diagramm, in denen die Bahn sowohl den Mond als auch die Erde streift. Sie sind in I, Abb. 2c (Seite 122) zu erkennen, wo die Grenzen der beiden schraffierten Bereiche sich schneiden. In Abb. 7a und b ist die Umgebung dieser Punkte noch einmal vergrößert dargestellt, zusammen mit Linien konstanter Perigäums und Periselenum. Die ungefähren Koordinaten dieser Punkte sind: $\Delta v_1 = -64 \text{ m/s}$, $\psi_1 = 133^\circ$ (für M^-E^+) bzw. $\Delta v_1 = -44 \text{ m/s}$, $\psi_1 = 135^\circ$ (für M^-E^-), siehe auch Tab. 1.

Der Vollständigkeit halber müssen wir hier erwähnen, daß es bei den E^+a -Bahnen noch zwei weitere Punkte in der $v_{11}\cdot\psi_1$ -Ebene gibt, die die oben genannten Bedingungen ebenfalls erfüllen: Bei sehr hohen Startgeschwindigkeiten verschwinden die sekundären E^- - und $E^+(t)$ -Bahnen wieder, wie bereits erwähnt wurde, es gibt deshalb zwei zusätzliche Schnittpunkte der Kurven $r_{22} = R_2$ und $r_{14} = R_1$. Sie liegen ungefähr bei $\Delta v_1 = +4 \text{ km/s}$, $\psi_1 = 104^\circ$, bzw. bei $\Delta v_1 = +100 \text{ km/s}$, $\psi_1 = 89^\circ$. Tatsächlich kann die Sonde dann allerdings nicht mehr zur Erde zurückgelangen, die sekundären Bahnen sind ja vom Typ aE_h , führen also von der Erde weg. Andererseits gibt es beim primären Bahntyp E^+d zwei weitere, und zwar „echte“ doppeltstreifende Bahnen, die den oben beschriebenen ganz analog sind.

Verzeichnis der Geschwindigkeits-Grenzwerte

Wir hatten gerade die $v_{11}\cdot\psi_1$ -Koordinaten einiger bemerkenswerter Bahnen angegeben. Wie ein Blick auf Abb. 3 (Teil I) zeigt, existieren eine ganze Reihe weiterer Bahnen, die sich durch irgendeine

⁴⁾ Dieses hohe Perigäum kann von der Sonde nicht einmal durchlaufen werden, da die Bahnen vom Typ aE_h sind.

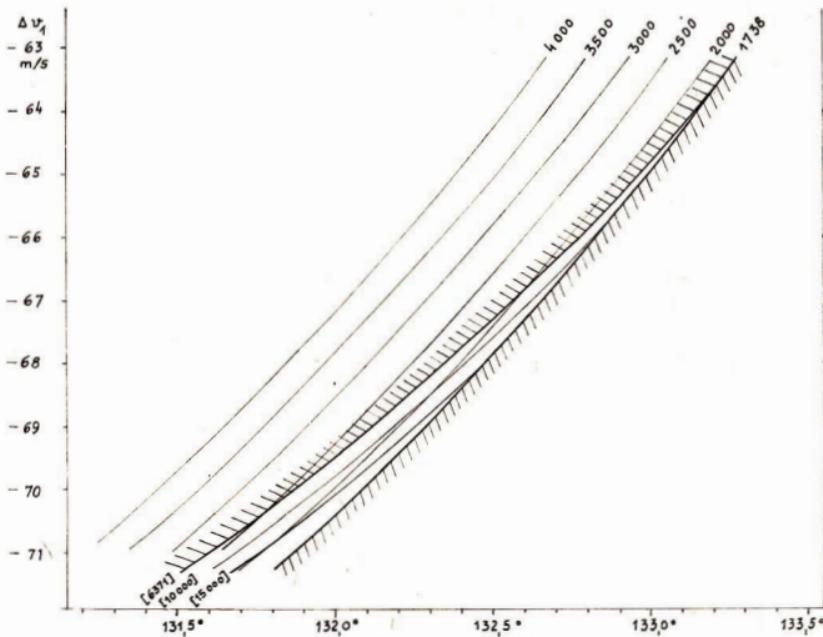


Abb. 7 a und b: Mondflugbahnen in Abhängigkeit von Startgeschwindigkeit und Startwinkel in der Umgebung der doppelstreifenden Bahnen. Schraffiert: Grenzen des Bereiches, die zu Mondtreffern bzw. Erdtreffern führen. Eingezeichnet sind Kurven konstanten Periselenums und konstanten Perigäums; Parameter: Entfernung des Periselenums vom Mondzentrum (km), bzw. (in eckigen Klammern) Entfernung des zweiten Perigäums vom Erdzentrum (km). Abb. a, oben: M-E⁺-Bahnen, b, unten: M-E⁻-Bahnen.

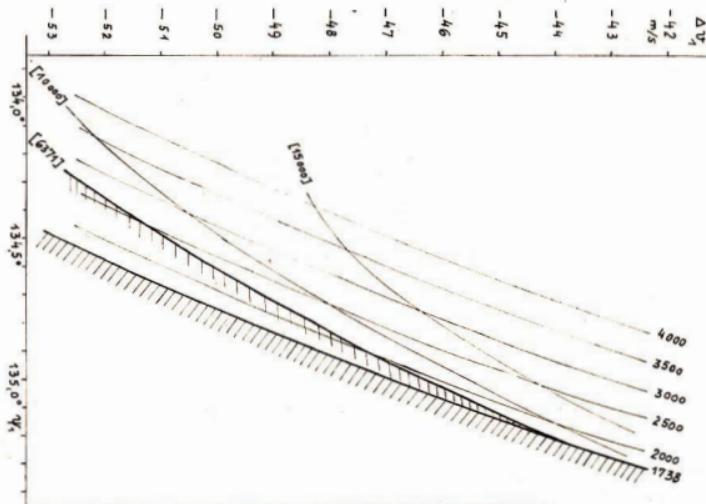


Tabelle 1: Anfangswerte für spezielle Bahnen

$$(v_{11} = v_p + \Delta v_1; v_p = 11,0314 \text{ km/s})$$

Bahntyp	Δv_1 (m/s)	v_1	x_2
Erreichen der Wirkungssphäre:			
1. min. v_{11} zum Erreichen der Wirkungssphäre des Mondes (Apogäum am Rande der Wirk'sph., $M^+E_e^+$)	-110,78	129,64°	360°
2. max. v_{11} für Apogäum innerhalb der Wirk'sph. ($M^-E_e^+$)	-79,86	97,91°	180°
Erreichen des Mondes:			
3. min. v_{11} zum Erreichen der Mondoberfl. (streifend, rechtl. M^+t)	-94,21	115,8°	287,1°
4. dasselbe wie 3., rückl. (M^-t)	-91,53	113,8°	277,6°
5. dasselbe wie 3. für absteigende Bahnen (dM^+t)	-92	105°	271°
6. min. v_{11} für selenozentr. Drehimpuls Null (Bahn durch Mondmittelpunkt) = min. v_{11} für rückl. selenozentr. Bahnen (M^-)	-92,86	114,8°	282,4°
Energie der sekundären Bahn:			
7. min. v_{11} für hyperbol. sekund. Bahnen (rechtl., $M^+aE_h^+$)	-94,59	117,1°	289,8°
8. dasselbe wie 7., selenozentr. rückl. ($M^-dE_h^+$)	-91,53	113,8°	277,6°
9. dasselbe wie 8., aufsteig. ($M^-aE_h^+$)	0,00	126,5°	243°
10. dasselbe wie 8., geozent. rückl. ($M^-aE_h^-(t)$)	+19	133,5°	318°
11. min. v_{11} für ellipt. sekund. Bahnen (rechtl., $M^+aE_h^+$)	-110,78	129,64°	360°
12. dasselbe wie 11., selenozentr. rückl. ($M^-dE_h^+$)	-91,4	114,2°	278°
13. max. v_{11} für ellipt. sekund. Bahnen (rückl., $M^-aE_h^-$)	+110	136,3°	340,9°
14. dasselbe wie 13., rechtl. ($M^+aE_h^-$)	0,00	148,4°	55°
Drehimpuls der sekundären Bahn:			
15. min. v_{11} für geozentr. Drehimpuls Null (Bahn durch Erdmittelpunkt) = min. v_{11} für rückl. geozentr. Bahnen ($M^-dE_e^-$)	-74,38	128,8°	303,6°
16. v_{11} für geozentr. Drehimpuls Null bei der Mond streifenden Bahnen (unterer Schnittpunkt)	-54,5	134,3°	322,8°
17. dasselbe wie 16., oberer Schnittpkt., = max. v_{11} für geozentr. Drehimpuls Null = max. v_{11} für geozentr. rückl. Bahnen ($M^-aE_h^-(t)$)	+9,0 km/s	94,9°	357°
Erdauftreffbahnen:			
18. min. v_{11} für Bahnen, die die Erdoberfl. streifen (rechtl., absteigend, $dM^+dE_e^-t$)	-109,8	124°	344°
19. dasselbe wie 18., selenozentr. rückl., aufsteigend ($M^-dE_e^+t$)	-84,6	120,4°	277,9°
20. max. v_{11} für Rückkehr zur Erde (rückl., $M^-aE_e^-t$)	+36	135,4°	329°
21. dasselbe wie 20. für geozentr. rechtsläufige Bahnen ($M^-aE_e^+t$)	+19	133,5°	318°
22. dasselbe wie 18., selenozentr. und geozentr. rückl. ($M^-dE_e^-t$)	-58,19	133,05°	317,6°
Doppeltstreifende Bahnen:			
23. v_{11} für Bahnen, die sowohl Erdoberfl. (rechtl.) wie Mondoberfl. (rückl.) streifen ($M^-dE_e^+$)	-64,0	133,16°	319,1°
24. dasselbe wie 23., geozentr. ebenfalls rückl. ($M^-dE_e^-$)	-44,0	135,21°	325,8°
25. dasselbe wie 24., oberer Schnittpunkt = max. v_{11} für Bahnen, die die Erde rückl. streifen ($M^-aE_h^-(t)$)	+4,0 km/s	104,0°	355°
26. dasselbe wie 23., oberer Schnittpunkt = max. v_{11} für Bahnen, die die Erde streifen (rechtl., $M^-aE_h^-(t)$)	+100 km/s	88,5°	359,2°
Aufsteigende und absteigende Bahnen:			
27. min. v_{11} für sekundär aufsteigende Bahnen, selenozentr. rückl. ($M^-aE_e^+$)	-79,86	97,91°	180°
28. max. v_{11} für sekundär absteigende Bahnen ($M^-dE_e^-$)	+14	136,8°	334,8°
Weitere Minima:			
29. min. v_{11} für $M^-aE_e^+t$	-79	105°	207°
30. min. v_{11} für $M^-aE_e^-t$	-69	128,2°	299°
31. min. v_{11} für $M^-aE_e^-$	-56	132,9°	316°
32. min. v_{11} für $M^-aE_h^+(t)$	+0,6	126,0°	247°
33. min. v_{11} für $M^-aE_h^-(t)$	+19	133,5°	318°
34. min. v_{11} für $M^-aE_h^-$	+36	135,4°	329°

besondere Eigenschaft auszeichnen, meistens sind es minimale oder maximale Geschwindigkeiten, die zu einem bestimmten Bahntyp führen. In Tab. 1 sind Zahlenwerte für diese Punkte in der Ebene der Anfangswerte angegeben, die Ausgangsbahn (erste geozentrische Bahn) ist meist vom Typ E^a. Zur richtigen Beurteilung dieser Zahlenwerte muß man sich an das in Teil I Gesagte erinnern: Wegen der starken Vereinfachungen, die unserem Modell zugrunde liegen, können alle Zahlen, die sich aus ihm ergeben, nur näherungsweise gültig sein. Man darf also z. B. der letzten angegebenen Dezimale keine reale Bedeutung mehr beimessen. Unter günstigen Umständen kann sie vielleicht noch zu treffen; wenn die Fehler dagegen sehr groß sind, ist vielleicht schon die vorletzte Dezimale zweifelhaft. Genaueres kann man darüber ohne den Vergleich mit exakten Bahnberechnungen nicht aussagen. Die Zahlen der Tab. 1 haben deshalb mehr einen orientierenden Charakter, sie geben Anhaltspunkte für die Werte der erforderlichen Anfangsbedingungen und stellen die Relationen zwischen dem Aufwand, der für verschiedene Missionen benötigt wird, korrekt dar.

Ein weiteres Beispiel

In Teil I hatten wir für den Fall konstanter Startgeschwindigkeit v_{11} gezeigt, was bei allmählicher Veränderung des Startwinkels ψ_1 passiert. Jetzt wollen wir umgekehrt ψ_1 konstant lassen, und zwar beispielsweise $\psi_1 = 135^\circ$ wählen, d. h. die Sonde startet dann aus der erdnahen Parkbahn, wenn der Mond, gesehen vom Erdzentrum, um 135° voraus ist. Was geschieht, wenn wir die Startgeschwindigkeit v_{11} allmählich erhöhen? Aus den Abb. 4a und b sowie aus 2b und c in Teil I kann man folgendes ablesen:

Für $v_{11} < 10,9218 \text{ km/s}$ beschreibt die Sonde eine langgestreckte Ellipse um die Erde, deren Apogäum jedoch noch soweit innerhalb der Mondbahn liegt, daß sie vom Mond nur unwesentlich gestört werden kann. Bei einer Geschwindigkeitsdifferenz von $\Delta v_1 = -176 \text{ m/s}$ beträgt die Entfernung des Apogäums z. B. 200 Tsd. km, bei -119 m/s werden es 300 Tds. km. Falls $v_{11} = 10,9218 \text{ km/s}$ ist, d. h. $\Delta v_1 = -109,6 \text{ m/s}$, erreicht die Sonde streifend im Apogäum die Wirkungssphäre des Mondes. Bei weiter wachsender Geschwindigkeit wird die minimale Entfernung r_{22} vom Mond immer kleiner, z. B. $r_{22} = 30 \text{ Tsd. km}$ bei $\Delta v_1 = -93,8 \text{ m/s}$, und $r_{22} = 10 \text{ Tsd. km}$ bei $\Delta v_1 = -75,9 \text{ m/s}$, die selenozentrische Bahn ist dabei rechtläufig. Unter dem Einfluß des Mondes verändert sich auch die sekundäre geozentrische Bahn (nach Verlassen der Wirkungssphäre des Mondes) um so stärker, je höher die Anfangsgeschwindigkeit ist, und zwar steigen das Perigäum und das Apogäum an (die geozentrische Bahn bleibt dabei rechtläufig): ersteres z. B. auf $r_{14} = 10 \text{ Tsd. km}$ bei $\Delta v_1 = -103,7 \text{ m/s}$, auf $r_{14} = 30 \text{ Tsd. km}$ bei $\Delta v_1 = -91,1 \text{ m/s}$, und auf $r_{14} = 100 \text{ Tsd. km}$ bei $\Delta v_1 = -77,6 \text{ m/s}$. Der Anstieg des Apogäums führt schließlich dazu, daß die zweite geozentrische Bahn bei $\Delta v_1 = -81,3 \text{ m/s}$ hyperbolisch wird. Da die Sonde in den aufsteigenden Ast der Bahn gelangt, kann sie also überhaupt nicht wieder in die Erde zurückkehren.

Bei der Geschwindigkeitsdifferenz $\Delta v_1 = -62,5 \text{ m/s}$ zur parabolischen Geschwindigkeit streift die Bahn die Mondoberfläche, eine weitere Erhöhung von v_{11} führt zu Mondaufstiegbahnen. Für $\Delta v_1 = -55,3 \text{ m/s}$ (d. h. $v_{11} = 10,9761 \text{ km/s}$) stürzt die Sonde senkrecht auf die Mondoberfläche, der selenozentrische Bahndrehimpuls ist Null. Für noch größere v_{11} wird die selenozentrische Bahn rückläufig, wobei sie zunächst noch den Mond trifft. Erst bei $\Delta v_1 = -46,9 \text{ m/s}$ streift die Sonde wiederum die Mondoberfläche; die sekundäre geozentrische Bahn, die nun wieder entstehen kann, ist elliptisch und rückläufig, sie schneidet zunächst noch die Erde, doch schon bei $-46,3 \text{ m/s}$ erhalten wir eine Bahn, die die Erdoberfläche nur noch streift, und mit weiter wachsender Geschwindigkeit steigen sowohl das Periselenum (die minimale Entfernung vom Mond) als auch das Perigäum. Beide Bahnschnitte sind jetzt rückläufig. Bereits bei $-45,5 \text{ m/s}$ ist das Perigäum auf 10 Tsd. km angewachsen, doch flacht dieser Anstieg rasch ab, und oberhalb -32 m/s wird das sekundäre Perigäum wieder kleiner, so daß bei $\Delta v_1 = -6,2 \text{ m/s}$ die geozentrische Bahn abermals die Erdoberfläche streift, doch verengt sich dann r_{14} nur noch wenig, und oberhalb $+45 \text{ m/s}$ wächst es wieder.

Im Vergleich zu diesem mehrfachen Hin und Her ist das Verhalten des Periselenumen r_{22} etwas weniger kompliziert. Es steigt zunächst ebenfalls noch an und erreicht 10 Tsd. km bei $\Delta v_1 = -13,0 \text{ m/s}$, wächst dann jedoch kaum noch und sinkt oberhalb $+33 \text{ m/s}$ wieder. Ab $\Delta v_1 = 0$, d. h. $v_{11} = 11,0314 \text{ km/s}$ ist die erste geozentrische Bahn hyperbolisch. Wir müssen noch nachtragen, daß die Sonde unterhalb $-38,7 \text{ m/s}$ unmittelbar in den absteigenden Bahnhast zur Erde gelangt, oberhalb dieses Wertes in den aufsteigenden Bahnhast, und daß das Apogäum mit zunehmender Anfangsgeschwindigkeit v_{11} ansteigt, bis die zweite geozentrische Bahn ab $\Delta v_1 = +30,1 \text{ m/s}$ hyperbolisch wird.

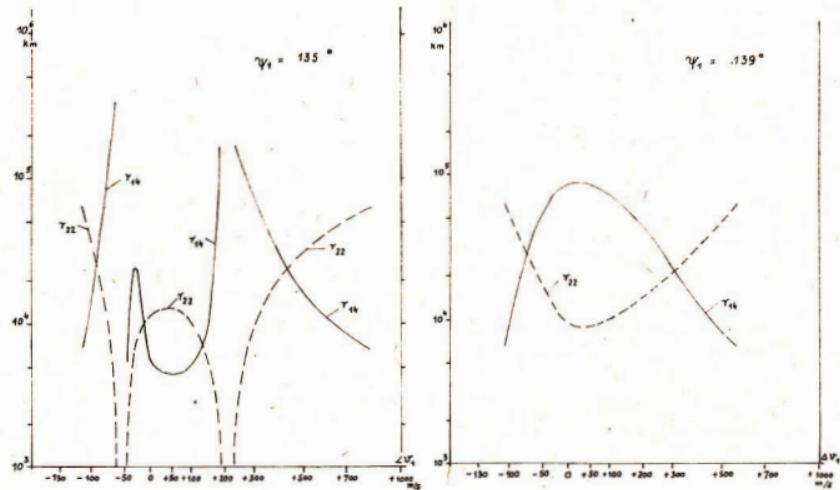
Eine weitere Erhöhung der Startgeschwindigkeit führt dazu, daß sich die Sonde wieder stärker dem Mond nähert, während das Perigäum der zweiten geozentrischen Bahn ansteigt (es wird jedoch nicht durchlaufen, weil die Bahn hyperbolisch ist). Bei etwa $\Delta v_1 = +100 \text{ m/s}$ ist $r_{22} = 10 \text{ Tsd. km}$, und bei

+ 187 m/s streift die Sonde wiederum (rückläufig) die Mondoberfläche. Das Perigäum wächst zu- nächst langsam; bei $\Delta v_1 = + 125$ m/s ist r_{14} gleich dem Erdradius, dann wird der Anstieg von r_{14} steiler, und kurz bevor die Bahn die Mondoberfläche streift, erreicht $r_{14} 100$ Tsd. km (etwa + 185 m/s). Die geozentrische Bahn ist dabei nach wie vor rückläufig.

Anfangsgeschwindigkeiten oberhalb $\Delta v_1 = + 187$ m/s führen zu Mondtreffern, bei + 213 m/s stürzt die Sonde senkrecht auf die Mondoberfläche ($v_{11} = 11,244$ km/s), danach wird die selenozentrische Bahn wieder rechtläufig, bis sie bei $\Delta v_1 = + 236$ m/s abermals die Mondoberfläche streifend passiert. Eine weitere Erhöhung von v_{11} vergrößert die minimale Entfernung vom Mond (z. B. $r_{22} = 10$ Tsd. km bei $\Delta v_1 = + 310$ m/s, $r_{22} = + 30$ Tsd. km bei + 495 m/s), während das Perigäum der nun wieder rechtläufigen (und selbstverständlich hyperbolischen) sekundären geozentrischen Bahn langsam abnimmt ($r_{14} = 100$ Tsd. km bei $\Delta v_1 = + 275$ m/s, 30 Tsd. km bei + 400 m/s, 10 Tsd. km bei + 645 m/s). Schließlich berührt die Sonde bei $\Delta v_1 = + 833$ m/s nur noch die Wirkungssphäre des Mondes ($v_{11} = 11,864$ km/s), und für alle Geschwindigkeiten $v_{11} > 11,864$ km/s kann die geozentrische, hyperbolische Bahn der Sonde kaum noch vom Mond beeinflußt werden.

Aus dieser Beschreibung, die an Hand der oben genannten graphischen Darstellung leicht verifizierbar ist, erkennt man, daß die v_{11} -Abhängigkeit der Bahn noch komplizierter ist als die in Teil I dargestellte ψ_1 -Abhängigkeit. In Abb. 8a ist das Wichtigste nochmals zusammengefaßt. Ursache für dieses merkwürdige Verhalten ist, daß ψ_1 sich aus mehreren Gliedern mit unterschiedlicher v_{11} -Abhängigkeit zusammensetzt; dadurch entsteht die gekrümmte Form des Anfangswertstreifens in der v_{11} - ψ_1 -Ebene (Abb. 4b) und damit die Möglichkeit, den Mond bei festgehaltenem Startwinkel in zwei getrennten Geschwindigkeitsbereichen zu treffen. Wenn der Startwinkel ψ_1 nur wenig größer ist (z. B. $\psi_1 = 139^\circ$), führt die Bahn stets rechtläufig am Mond vorbei, und auch die sekundäre geozentrische Bahn bleibt rechtläufig (Annäherung an den Mond bis auf minimal 9 Tsd. km, Anstieg des Perigäums auf maximal rund 90 Tsd. km), vgl. Abb. 8b; d. h. die v_{11} -Abhängigkeit der Bahn wird dann wesentlich einfacher. Das in Teil I beschriebene Beispiel ($v_{11} = 11$ km/s, Abhängigkeit der Bahn von ψ_1) kann nun ebenfalls noch ergänzt werden: Auch im absteigenden Ast der geozentrischen Bahn kann die Wirkungssphäre des Mondes durchquert werden (Ed-Bahnen), und für diese Startgeschwindigkeit geschieht das, wie Abb. 1 zeigt, wenn ψ_1 zwischen etwa 268° und 291° liegt.

Abb. 8: Parameter von Mondflugbahnen für festen Startwinkel $\psi_1 = 135^\circ$ (Abb. 8a, links unten) und $\psi_1 = 139^\circ$ (Abb. 8b, rechts unten) als Funktion der Startgeschwindigkeit $\Delta v_1 = v_{11} - v_p$. Ausgezogen: zweites geozentrisches Perigäum r_{14} , gestrichelt: Periselenum r_{22} (Entfernung vom jeweiligen Zentrum).



Weitere Schlußfolgerungen

Fassen wir die wichtigsten Ergebnisse aus Teil II dieses Berichts zusammen:

1. Elliptische geozentrische Bahnen, die sich erst im absteigenden Bahnast dem Mond nähern und in die Wirkungssphäre des Mondes eindringen, erfordern Anfangswerte in der $v_{11} \cdot v_1$ -Ebene, die in einem schmalen Streifen liegen, der sich über alle Winkel v_1 erstreckt. Innerhalb dieses Bandes befindet sich ein noch wesentlich schmälerer Streifen der Mondauf treffbahnen.
2. Die bei solchen absteigenden Mondflugbahnen möglichen Bahntypen sind denen analog, die bei elliptischen aufsteigenden Bahnen (siehe Teil I) vorkommen.
3. Bei sehr hohen Startgeschwindigkeiten v_{11} verschiebt sich der Bereich der erforderlichen Startwinkel v_1 nach etwas kleineren Werten, doch wird er schließlich von v_1 nahezu unabhängig. Die Vielfalt der sekundären Bahntypen verringert sich dabei, z. B. verschwinden die elliptischen und die rückläufigen geozentrischen Bahnen sowie die Erdaufstießbahnen mit steigender Anfangsgeschwindigkeit.
4. In ähnlicher Weise ist es möglich, das Gebiet der Startbedingungen für solche Bahnen anzugeben, die erst beim zweiten Erdumlauf in die Wirkungssphäre des Mondes eintreten. Dieses Gebiet beginnt bei wesentlich kleineren Winkeln v_1 und erstreckt sich mit wachsender Anfangsgeschwindigkeit in zwei schmalen Streifen ebenfalls über alle Winkel v_1 .
5. Anfangswerte für Bahnen, die zweimal die Wirkungssphäre des Mondes durchqueren, liegen in mehreren sehr schmalen Streifen der $v_{11} \cdot v_1$ -Ebene.
6. Geozentrisch rückläufige Bahnen zum Mond erfordern wieder andere Bereiche der $v_{11} \cdot v_1$ -Fläche, und zwar größere Winkel v_1 (bei rechtsläufiger Zählung). Solche Bahnen führen auf eine ähnliche Vielzahl von Bahntypen wie die geozentrisch rechtsläufigen Bahnen.
7. Es gibt Mondflugbahnen, die ohne Bahnkorrektur fast streifend die Mondoberfläche passieren (rückläufig) und dann ebenso streifend in die Erdatmosphäre eintreten (rechtsläufig oder rückläufig).
8. Infolge der Existenz vieler Bahntypen gibt es auch zahlreiche Bahnen mit besonderen oder extremalen Eigenschaften. Anfangswerte für solche spezielle Bahnen sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Hier entstehen Sterne

Dr. WOLFGANG WENZEL

Schon vor 50 Jahren fiel den Astronomen, die sich mit der Systematisierung des damaligen Wissens über veränderliche Sterne befaßten, auf, daß die veränderlichen Sterne im Orion-Nebel eine außergewöhnliche Rolle spielen: Es sind „Zwergsterne“ und nicht „Riesensterne“ wie alle übrigen damals bekannten Veränderlichen, und sie ändern ihre Lichtstärke regellos, unperiodisch, nicht voraussagbar. Heute wissen wir, daß es sich hierbei um extrem junge Fixsterne handelt, deren Helligkeitsschwankungen überwiegend auf Vorgänge in ihren ausgedehnten Atmosphären zurückgehen und daß diese ausgedehnten Atmosphären — wir sprechen von „Hüllen“ — Überreste darstellen aus der Ursprungszeit, der Zeit der Entstehung dieser Sterne.

Fixsterne entstehen, entweder zu wenigen oder in Haufen (Assoziationen), durch Bildung von Konzentrationen in kühlen diffusen Gas- und Staubwolken. Wir verstehen heute die physikalischen Vorgänge, die sich bei dieser Zusammenballung, dem Zusammenfall der diffusen Massen zu Anfangsstadien der Sternentstehung abspielen, schon recht gut. Sicher scheint jedenfalls zu sein, daß der Kern einer solchen Kondensation, der später den Fixstern ergibt, zunächst umgeben ist von einer dichten Hülle. In dieser Hülle, in der das vom sternartigen Kern ausgehende Licht überwiegend in Infrarotstrahlung verwandelt wird, geht nicht nur bereits die Bildung einfacher organischer Substanzen vor sich, sondern diese Phase stellt auch Ursprungsort und Ursprungszeit der Planeten-Entstehung dar. Im Falle unserer Sonne sprechen wir von dieser Hülle als dem „Sonnen-Nebel“; aber heute ist ziemlich gewiß, daß in den Frühphasen der Sternentstehung die Bildung von Planetensystemen regelmäßig stattfindet, also das Planetensystem unserer Sonne keinen Ausnahmefall darstellt.

Die erwähnte Hülle ist wie gesagt für „normale“ Empfänger (Auge, Photoplatte, Photozelle) un-durchsichtig und nur in ihrer Gesamtstrahlung für Infrarot-Detektoren zugänglich. Was in ihr vor geht, kann gegenwärtig im wesentlichen nur theoretisch erschlossen, aber nicht direkt beobachtet werden. Um so wichtiger ist es, Beobachtungen und Messungen an solchen Objekten anzustellen, bei denen die Hülle mehr oder weniger aufgeklärt ist, wo also die Frühphase des entstandenen Fixsterns beobachtbar geworden ist. Diese Sterne nennen wir „Orion-Veränderliche“ oder speziell, wenn ihre Masse nicht allzu sehr von der der Sonne abweicht, „T-Tauri-Sterne“.

Eine Assoziation der eben beschriebenen extrem jungen Sterne befindet sich in den zentralen Teilen des mit bloßem Auge als mattes Wölkchen sichtbaren Orion-Nebels (Abb. 2, Bildseite IV) — daher ihr Name. Astrophysikalische Berechnungen ergeben, daß das Alter der Mitglieder dieser Assoziation bei 1 Million Jahren liegt. Bedenkt man, daß das Alter von Sonne und Erde beispielsweise das 5000fache dieses Wertes (5 Milliarden Jahre), dasjenige der ältesten uns bekannten Fixsterne das 10000fache (etwa 10 Milliarden Jahre) beträgt, so liegt der Schluß nahe, daß in der Orion-Assoziation und in anderen Gegenden des Himmels auch „gegenwärtig“ die Sternbildung noch vor sich geht: Hier entstehen Sterne.

Berühmte Assoziationen von T-Tauri-Sternen („T-Assoziationen“) befinden sich auch im Bereich von Nordamerika- und Pelikan-Nebel. Beide sind Ansammlungen kosmischer Gas- und Staubmassen und tragen Namen nach ihrer äußeren Form. Abb. 1, Bildseite III, zeigt eine kontrastgesteuerte Aufnahme dieser Himmelsgegend nach einer Platte des KARL-SCHWARZSCHILD-Observatoriums Tautenburg. Man sieht deutlich ihre Anhäufung an zwei Stellen, im „Kopf des Pelikan“ und im „Golf von Mexiko“.

T-Tauri-Sterne erkennt man an ihren Helligkeitsschwankungen, besonders aber an ihrem charakteristischen Spektrum, das meist eine Vielzahl Emissions-Linien von Metallen und des Wasserstoffs enthält (Abb. 3, Bildseite II). Beide Charakteristika wurden für die markierten Objekte von Abb. 1 in den fünfziger Jahren eingehend untersucht, und zwar die Helligkeitsschwankungen und die Struktur der umgebenden dunklen Nebel an der Sternwarte Sonneberg, die Spektren am Lick-Observatory. Eine wohlgeordnete Theorie der Frühphasen der Sternentwicklung schien, zumindest im Prinzip, auf der Basis des Beobachtungsmaterials, von dem die eben geschilderten Forschungen einen Teil darstellen, in Aussicht.

Da kam im Jahre 1970 aus Uppsala die Meldung, daß bei einem der Objekte — V 1057 Cygni, in Abb. 1 mit einem Kreuz versehen — Ende 1969 ein starker Lichtausbruch erfolgt ist, und zwar im photographisch wirksamen Spektralbereich auf das 250fache der Ausgangshelligkeit (d. h. um 6 Größenklassen); in der neuen Helligkeit verblieb der Stern bis heute. Nur einen einzigen ähnlichen Fall kannten die Spezialisten bis dahin. Während aber bei diesem in den dreißiger Jahren beobachteten Parallelfall weder das Aussehen des Spektrums aus der Zeit vor dem Ausbruch noch der genaue Ablauf der Helligkeitsänderung bekannt war, wußte man bei V 1057 Cygni über diese Dinge recht gut Bescheid. Insbesondere der Hergang des Ausbruchs (Abb. 4, Bildseite IV) wurde durch die Aufnahmen der Himmelsüberwachung und der Überwachung spezieller Sternfelder an der Sternwarte Sonneberg lückenlos erfaßt. Die Fragen, die wir Astrophysiker uns angesichts eines solchen Objektes stellen, sind etwa folgende: Handelt es sich um seltene, sozusagen „pathologische“, nur unter physikalischen Ausnahmebedingungen vorkommende Fälle? Oder durchlaufen fast alle Fixsterne ähnlicher Masse diese Phase? Welche Objekte am Himmel sind es, die solche Ausbrüche vor kosmisch kurzer Zeit, aber unbeobachtet von uns, erlitten haben? Welche physikalischen Prozesse spielen sich im einzelnen ab? Es ist klar, daß die Beantwortung dieser Fragen nicht a priori gegeben werden kann, sondern nur durch Hinzuziehung weiteren Beobachtungsmaterials. Die Antwort ist aber wichtig, da sie hineinspielt in die Entstehungsgeschichte von Planetensystemen, d. h. letzten Endes auch unserer Erde, und da sie viel bestätigen oder viel widerlegen wird von dem, was wir über Frühphasen der Sternentwicklung bisher zu wissen glaubten.

Amateure beobachten und berichten

Auswertung der Venusbeobachtungen 1972

GUDRUN SAUPE, JÖRG MOSCH

1. Zielstellung

Aufgabe der Phasenbeobachtungen der Venus war es, die Zeit der scheinbaren Dichotomie, also den Zeitpunkt zu erfassen, in dem die „Scheibe“ der Venus genau halbiert erscheint. Wegen des geringen Einfallwinkels der Sonnenstrahlen am Venusterminator und der Beeinträchtigung der Bildgüte durch die Erdatmosphäre stimmt dieser nicht mit dem berechneten überein. Ziel der Beobachtungsreihen war es weiterhin, die Abweichung der beobachteten Dichotomie von der wahren zu bestimmen, die Koeffizienten der einzelnen Farbfilter sowie die (B-R)-Abweichungen zu ermitteln.

2. Instrumente

Fast ausschließlich wurde am Amateurspiegelteleskop nach Cassegrain 150/900/2250 (CZ Jena) mit einem orthoskopischen Okular $f = 16$ mm bei 140facher Vergrößerung gearbeitet, wobei für die Filterbeobachtungen der Farbglasrevolver mit den Filtern GG 7, VG 8, BG 12, NG 4, RG 2 verwendet wurde. Standort war 825 Meissen, Gartenstraße 16, und nach der unteren Konjunktion, in der Zeit von August 3 bis August 29, 8231 Hirschsprung, Feriendorf.

Nur die Beobachtung von 1972 April 18 wurde am AS-Refraktor 130/1950 (Leitrohr zum E-Refraktor 250/3750) des Forschungsinstitutes Manfred von Ardenne, Dresden, Weißer Hirsch, durchgeführt. Es wurde ein orthoskopisches Okular $f = 16$ mm mit demselben Farbglasrevolver benutzt. Dabei ergab sich eine 122 fache Vergrößerung.

3. Sichtbarkeitsverhältnisse und Beobachtungsbedingungen

Die Sichtbarkeitsverhältnisse während dieser Beobachtungsperiode waren sehr günstig. Die Venus hatte fast immer eine Deklination größer +15°, wodurch die Höhe über dem Horizont stets scharfe Bilder bei 140facher Vergrößerung erbrachte. Die sichtbehindernden Objekte am Meißener Beobachtungsort störten kaum. Das theoretische i_r - δ - \varnothing -Diagramm zeigt die Änderung dieser Größen innerhalb des ganzen Beobachtungszeitraumes.

Dank der günstigen Sichtbarkeitsverhältnisse waren auch die Beobachtungsbedingungen gut. Die oft vorhandene leichte Luftunruhe hatte keinen großen Einfluß auf die Genauigkeit. Einen wesentlichen Einfluß auf die Größe der beobachteten Venusphase hat nach Dr. Ahnert [1], [3] und Blasborg [5] die Himmelshelligkeit. Deshalb sollten alle Beobachtungen bei annähernd gleicher Sonnendepression stattfinden. Das trifft auch auf fast alle Beobachtungen zu. Nur wenige wurden zu anderen Zeiten durchgeführt. Bei zu dunklem Himmel machte sich das Beugungskreuz zu störend bemerkbar, aufgehellerter Himmel ließ die sehr zarte Lichtgrenze weiter in den Bereich der stärker beleuchteten Venusoberfläche zurücktreten. Aus diesen und aus Zeitgründen wurden alle Beobachtungen vor der unteren Konjunktion kurz vor oder nach Sonnenuntergang durchgeführt, während nach der unteren Konjunktion die Vormittags- und Mittagsstunden genutzt wurden.

4. Beobachtungsverfahren

Für die Phasenbeobachtungen wurde die zeichnerische Methode angewendet. Die Lichtgrenze wurde in vorgedruckte Schablonen eingetragen und der unbeleuchtete Teil zur Eindeutigkeit der Beobachtung mit schwarzer Tusche ausgemalt. Vor der Konjunktion wurden die Zeichnungen von zwei Beobachtern angefertigt. Gudrun Saupe arbeitete in zwei Serien, ohne Filter und zum anderen mit Gelbfilter GG 7 (4900 Å bis Infrarot). Aus Zeitgründen liegen in diesen Reihen weniger Beobachtungen vor als in denen von Jörg Mosch. Hier wurde ohne Filter und mit Grüntilter VG 8 (Maximum bei 5250 Å) beobachtet. Die Zeichnungen aller vier Serien stimmen gut überein. Da nur geringe Differenzen der Filterbeobachtungen zu denen ohne Filter vorliegen, konnten alle Werte eines Tages gemittelt und

die Streuung berechnet werden. Um unvoreingenommen zu sein, wurden jeweils die drei anderen Schablonen jedes Blattes beim Zeichnen abgedeckt. Nach der unteren Konjunktion wurde das Programm aus Zeitgründen umgestellt (vormittags!). Alle Beobachtungen wurden von nun an von Jörg Mosch durchgeführt, wobei pro Tag vier Zeichnungen mit folgenden Filtern angefertigt wurden:

- | | |
|----------------|----------------------------------|
| 1. ohne Filter | 3800 bis 7600 Å |
| 2. RG 2 | Maximum zwischen 6500 bis 7600 Å |
| 3. VG 8 | Maximum bei 5250 Å |
| 4. BG 12 | Maximum bei 4100 Å |

5. Auswertung

5.1. Die Venuszeichnungen wurden mit Hilfe eines Lineals ausgemessen, wobei man die Zehntel-Millimeter schätzen konnte. Dabei stellte sich heraus, daß die Schablonen auf den vorgedruckten Blättern unterschiedlich groß sind. Der linke obere und der rechte untere Vordruck haben einen Durchmesser von 38,3 mm (I), während die rechte obere und die linke untere Schablone 38,8 mm (II) im Durchmesser sind. Diese Differenzen wurden bei der Berechnung berücksichtigt. Zum Berechnen der Phasenwinkel wurde jeweils die Entfernung Terminator (T) – scheinbarer Venusrand (R) entlang des Beleuchtungsäquators gemessen (siehe Abb. 1).

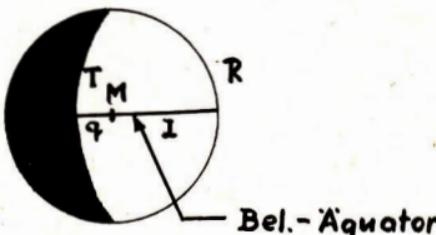


Abb. 1

5.2. Von den so erhaltenen Werten für die Strecken \overline{TR} (1) wurden die Radien subtrahiert. Der Betrag dieser Differenzen ist die Strecke q , die Entfernung vom Terminator zum scheinbaren Venusmittelpunkt (\overline{TM}). Der Winkel i' läßt sich nach Formel (1) berechnen [5], [6].

$$\sin i' = \frac{q}{r} \quad (1)$$

Durch die unterschiedlichen Schablonendurchmesser wurde diese Arbeit sehr erschwert. Jeder Winkel mußte extra berechnet werden. Als Hilfsmittel für die gesamte mathematische Auswertung dienten der Rechenstab und der Kleinrechenapparat „Record“. Die so erhaltenen Winkel i' konnten mit Hilfe der Formel (2) und (3) in die Phasenwinkel i_b umgewandelt werden [5].

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

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

5.3. Für die entsprechenden Beobachtungszeiten wurden mit Hilfe der $i_r - t$ -Diagramme die theoretischen Phasenwinkel i_r ermittelt und in jeder Serie die Abweichungen $B - R$ gebildet. Dank des großen Maßstabes (A 3) durften die Diagramme einen Fehler von $\pm 0^\circ 1$ haben. Dieser Wert liegt noch unter dem für die Phasenwinkel i_b , hier beläuft sich der Fehler auf etwa $\pm 0^\circ 2$. Aus den Differenzen $B - R$ ließ sich im Bereich $80^\circ \leq i_b \leq 100^\circ$ der Schrötoreffekt Δt nach Formel (4) bestimmen [5]. Die Absicht, bei den zwei Beobachtungsreihen von Jörg Mosch vor der unteren Konjunktion das Intervall kleiner, nämlich im Bereich von $85^\circ \leq i_b \leq 95^\circ$ zu wählen, wurde aufgegeben, um homogene Ergebnisse zu erhalten.

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

Dabei ist Δi_r die mittlere tägliche Änderung des Phasenwinkels i_r im Bereich der Dichotomie. Entsprechend dem Vorzeichen wurde nun dieser Wert Δt von dem theoretisch festliegenden Zeitpunkt der geometrischen Dichotomie addiert bzw. subtrahiert [5].

$$t_b = t_r + \Delta t \quad (5)$$

Somit lag die Zeit der beobachteten Dichotomie t_b fest. Δt und t_b wurden außerdem noch grafisch bestimmt. In der weiteren Auswertung wurden nun von allen vier Phasenwerten (wenn vor der Konjunktion nur Beobachtungen in den Serien von Jörg Mosch vorlagen, wurde analog verfahren), die Mittelwerte gebildet. Aus den Differenzen der einzelnen Phasenwinkel zu deren Mittelwert ließ sich einerseits die Streuung δ der Beobachtungen eines Tages nach Formel (6) berechnen und andererseits die Koeffizienten der Farbfilter feststellen [3].

$$\delta = \sqrt{\frac{(i_b - \bar{i}_b)^2}{n}} \quad (6)$$

Die Mittelwerte davon ergaben die durchschnittliche Streuung aller Beobachtungen und die mittleren Koeffizienten der Filter VG 8, GG 7, RG 2 und BG 12 sowie den Koeffizienten der Beobachtungen ohne Filter gegenüber dem Mittelwert. Des Weiteren wurden auch die durchschnittlichen $(B - R)$ -Werte gebildet. Aus diesen konnte nunmehr der beobachtete Zeitpunkt der Dichotomie innerhalb aller vier Serien berechnet werden (4), (5). Da die Abweichungen der Einzelbeobachtungen zu deren Mittelwert nach der unteren Konjunktion dank der Filterwahl größer waren, wurde die Streuung hier nicht berechnet.

6. Beobachtungsergebnisse

Die Phasenwinkel jeder Serie und des jeweiligen Durchschnittes wurden in Abhängigkeit der Zeit grafisch dargestellt. In den Diagrammen wurden die Dichotomiezeiten durch den Schnittpunkt der Geraden $i_b = 90^\circ$ mit der mittleren Kurve bestimmt. Die erhaltenen Werte für den Schrötereffekt sind etwas kleiner als die, die von anderen Beobachtern in den letzten Jahren ermittelt wurden [1], [3], [5]. Die Ursache dafür ist sicherlich in den besonders guten Sichtbarkeitsbedingungen dieses Jahres zu suchen.

Die grafische Darstellung der Abhängigkeit der $(B - R)$ -Werte von der Deklination der Venus, dem Phasenwinkel und dem Venusdurchmesser zeigte, daß keine der Größen allein für diese Veränderungen verantwortlich gemacht werden kann. Der Vergleich dieser Diagramme zwischen den Beobachtungen vor und nach der Konjunktion erweist, daß zwar beim Venusdurchmesser und beim Phasenwinkel gewisse Ähnlichkeiten vorhanden sind, jedoch die Deklination keine Übereinstimmung bringt. Andererseits sind die Abweichungen im $(B - R) - i_r$ - und im $(B - R) - \varphi \odot$ -Diagramm doch so, daß keine gesicherten Aussagen gemacht werden können. Fest steht, daß der Phasenwinkel i_b zur Zeit der Dichotomie nicht mit dem berechneten i_r übereinstimmt. Dies ließe sich folgendermaßen erklären: Auf der Venus besteht, begünstigt durch die dichte Atmosphäre, eine schmale Zone, die nur ganz schwach beleuchtet ist. Sie wird vom Beobachter auf der Erde nicht mehr wahrgenommen. Ihre Breite hängt bei konstantem Phasenwinkel von den Beobachtungsbedingungen ab. Bei variablem Phasenwinkel wird sie zusätzlich von diesem beeinflußt. Wie dies geschieht, zeigt die Abb. 2. Bei konstanten Beobachtungsbedingungen muß diese Zone zur Zeit der Dichotomie am breitesten sein. Bei erhöhter oder sichelförmiger Venus wird ihre Breite, verursacht durch die Verzerrung, geringer, je weiter sich der Phasenwinkel dem Wert 0° bzw. 180° nähert.

Allerdings sind sehr viele Beobachtungen notwendig, um dieses Problem der Abhängigkeit der $B - R$ von bestimmten Größen erschöpfend und zuverlässig zu klären.

Die Streuung wird von zwei Faktoren bestimmt. Einmal von den Ungenauigkeiten, die durch den Beobachter hervorgerufen werden und zum anderen von der Luftdurchsichtigkeit, welche andere Phasenwerte vortäuschen kann. Es ist also nicht möglich, auch von noch so erfahrenen Beobachtern, völlig glatte $i_b - t$ -Diagramme zu erhalten. Es wurde lediglich die Streuung der Einzelwerte zum Durchschnittsphasenwinkel $\bar{\odot}_{ib}$ eines Tages berechnet. Auf das Bestimmen der Streuung innerhalb der Diagramme wurde bewußt verzichtet, weil die Kurve nicht so genau festgelegt werden kann, daß diese Werte exakt die wahre Streuung widerspiegeln. Für die hier berechnete Streuung ergibt sich ein Mittelwert von $\pm 0^\circ 67$, er zeigt die Genauigkeit der Beobachtungen. Außerdem sind in ihm noch die Filterkoeffizienten enthalten, deren Durchschnitt gesondert berechnet wurde.

Abb. 2



Zum Beitrag S. 129
"Die Spektren der
Sterne"

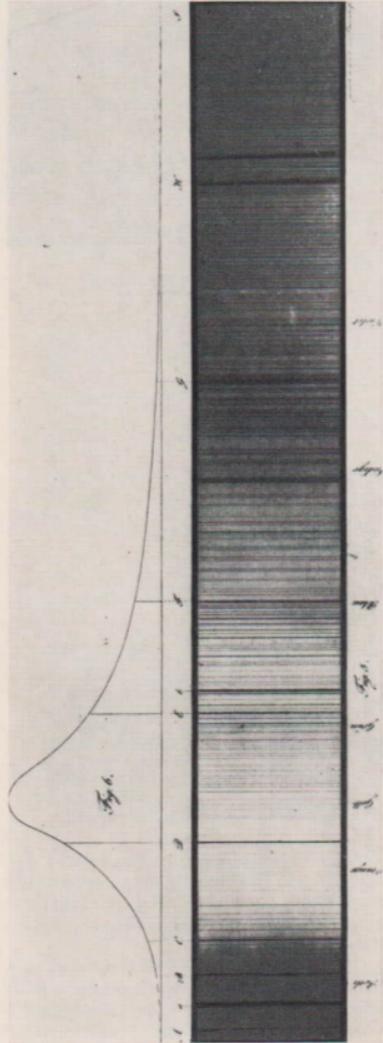


Abb. 1:
Fraunhofer'sche Absorp-
tionslinien im Spektrum der
Sonne aus einer im Jahre
1817 erschienenen Origina-
larbeit Fraunhofers. Im
oberen Teil hat der Autor
den visuellen Helligkeits-
eindruck im Kontinuum wie-
deregeben.

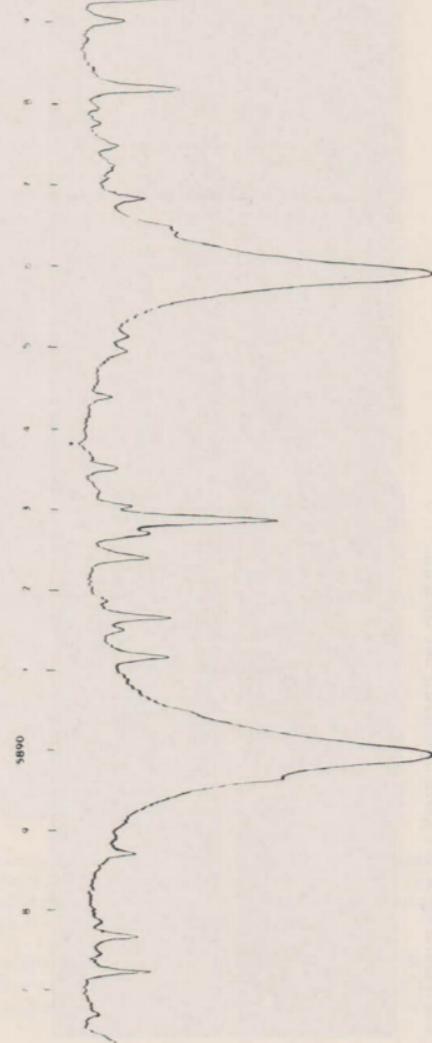
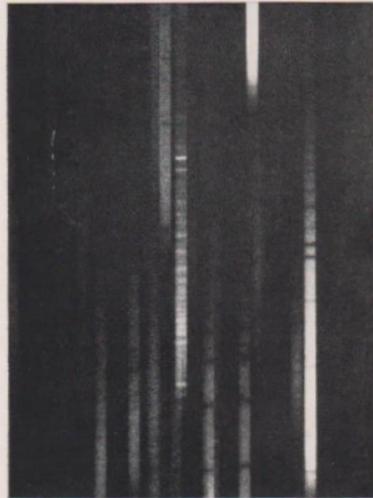


Abb. 4:
Registrierung der beiden D-
Linien des neutralen Na-
triums aus dem Sonnen-
spektrum. Am oberen Rand
ist der Ausschnitt einer Wel-
lenlängenkala (in Ang-
ström) sichtbar. (Aus dem
„Fotometrischen Atlas des
Sonnenpektrums“ der
Sternwarte Utrecht).



Abb. 3 a, oben: Spektrum des Sternes XI Aurigae mit dem Spektraltyp A2. Die Balmerserie ist deutlich zu erkennen, die K-Linie des Ca^{+} tritt bereits schwach in Erscheinung.

Abb. 3 b, darunter: Spektrum von Alpha Aurigae, einem G1-Stern. In diesem Falle stehen die beiden Kalziumlinien (Ca^{+}) H und K hervor.



Beide Sternspektren sind durch Vergleichsspektren eines Eisenbogens seitlich eingeschlossen.

Zum Beitrag S. 140 „Hier entstehen Sterne“

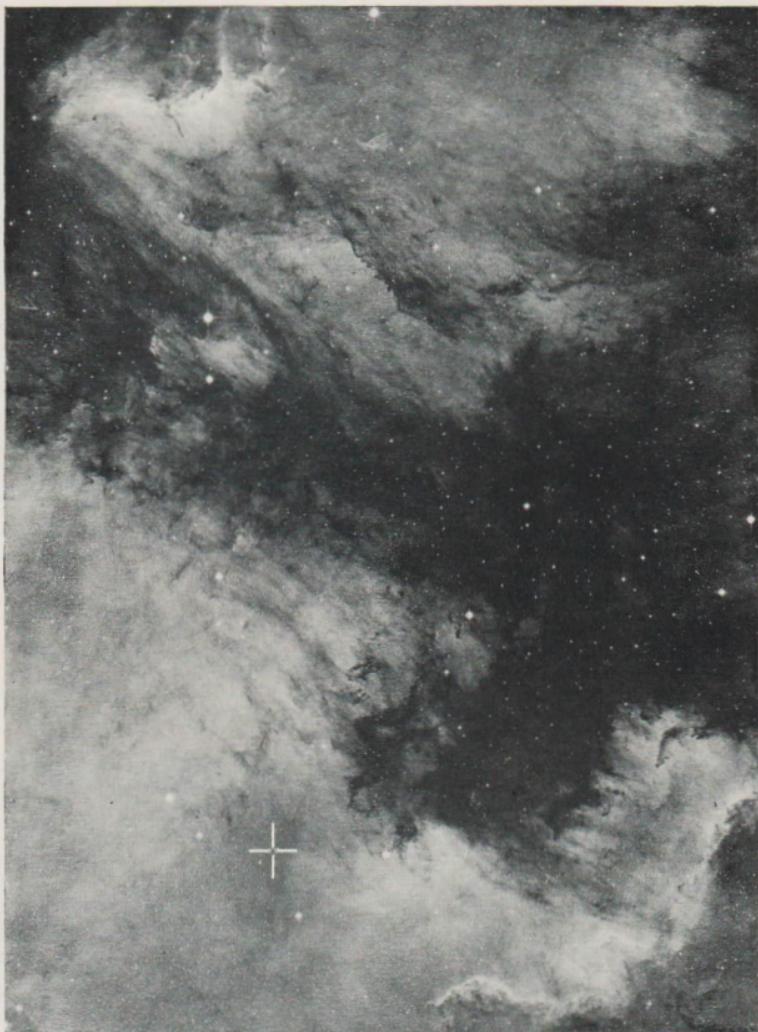


Abb. 1: Nordamerika- und Pelikan-Nebel, aufgenommen mit der SCHMIDT-Variante des 2-m-Universal-Spiegelteleskops (ZEISS JENA) des KARL-SCHWARZSCHILD-Observatoriums Tautenburg. Das Bild entstand nach einer auf entwicklungstechnischem Wege erfolgten Kontraststeuerung. Gekennzeichnet sind die entwicklungsmäßig extrem jungen Objekte.

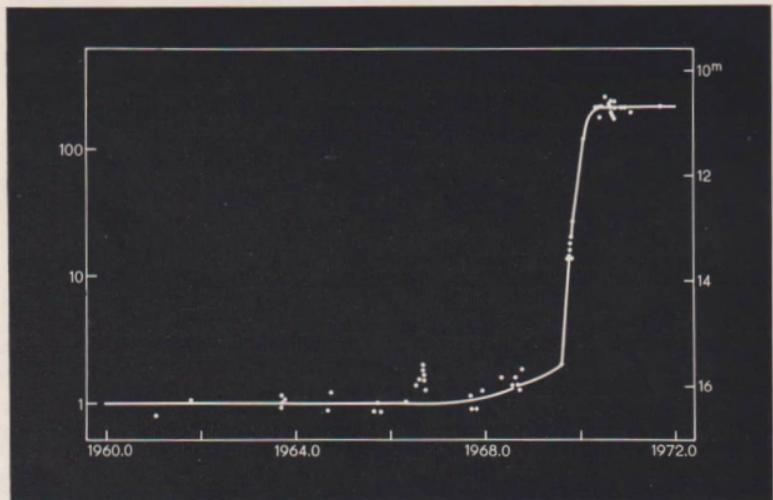
Abb. 3, linke Seite oben: Emissionslinienreiches Spektrum des T-Tauri-Sterns RW Aurigae (Bildmitte), aufgenommen mit dem Objektivprisma am 500/700/1720-mm-SCHMIDT-Teleskop (ZEISS JENA) der Sternwarte Sonneberg. Dispersion in der Mitte der Spektren original 200 Å/mm; Wellenlängenbereich 3600 bis 4800 Å.

Zum Beitrag S. 140 „Hier entstehen Sterne“



Abb. 2: Großer Orion-Nebel, aufgenommen mit dem 500/700/1720-mm-SCHMIDT-Teleskop (ZEISS JENA) der Sternwarte Sonneberg.

Abb. 4: Zeitlicher Helligkeitsverlauf des Sterns V 1057 Cygni (leicht schematisiert), ermittelt auf Platten der photographischen Himmelsüberwachung und der ZEISS-JENA-Vierlinser 400/1960 mm und 400/1600 mm der Sternwarte Sonneberg. Linke Ordinate: Lichtstärke (Minimum = 1), rechte Ordinate, astronomische Größenklassen.



Nach den Untersuchungen der Unterschiede der Farbfilterbeobachtungen zu den gemittelten Phasenwinkeln wurden die Koeffizienten der einzelnen Filter mit Formel (7) berechnet.

$$k = \frac{\sum_{\text{farbig}}^{(1-\bar{I}_b)}}{n} \quad (7)$$

Die Zahlenwerte sind der Tabelle „Ergebnisse der Venusbeobachtungen 1972“ zu entnehmen. Allerdings lassen sich keine Vergleiche zwischen den Beobachtungen vor und nach der unteren Konjunktion anstellen, weil das Programm geändert wurde. Dank der größeren Differenzen der Beobachtungen nach der Programmänderung sind diese Faktoren ausgeprägter. Insgesamt wurde festgestellt, daß Beobachtungen mit Gelb- und Grünfiltern die $B - R$ -Werte senken und eine geringere Streuung aufweisen, als solche ohne Filter. Der Grund dafür könnte die selektive Helligkeitsschwächung des Himmelsuntergrundes im Vergleich zur Venusscheibe sein. Bei filterlosen Beobachtungen ist der Himmelsuntergrund oft sehr hell, so daß ein größerer Phasenwinkel beobachtet wird. Wenn jedoch die Helligkeitsschwächung durch den Filter zunimmt, werden auch die $B - R$ -Werte wieder größer, so zum Beispiel bei RG 2 und BG 12. Bei BG 12 war außerdem der Terminator sehr schlecht erkennbar, wodurch die I_b -Werte erheblich im Vergleich zu den anderen streuen. Jedoch dürfte die Eignung der Filter jeweils von Beobachter und Instrument abhängen.

7. Einschätzung und Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Beobachtungen ermöglichen das Bestimmen der Zeitpunkte der Dichotomien und der Filterkoeffizienten, die zur Wahl geeigneter Filter für zukünftige Beobachtungen beitragen sollen. Diese Auswertung soll als Arbeitsanleitung für spätere Beobachtungen dienen, die dann aus Zeitgründen nicht mehr diesen Umfang erhalten können. Einzig und allein die Beobachtungsanzahl sollte beibehalten werden. Es wurde gezeigt, daß unterschiedliche Beobachter bei gleichen Bedingungen nur gering abweichende Ergebnisse erzielen. Die Feinheiten des zeichnerischen Verfahrens zeigt die Tatsache, daß sich beide Beobachter den unterschiedlichen Radien der Zeichenschablonen anpaßten, ohne davon zu wissen und die Phasen richtig eintrugen, obwohl die Differenz der Radien nur wenige Zehntel Millimeter betrug.

Literatur:

- [1] Ahnert, Dr. Paul: Kalender für Sternfreunde 1968, Johann Ambrosius Barth Leipzig, S. 181 – 184: „Beobachtungen der Dichotomie der Venus“.
- [2] Ahnert, Dr. Paul: Kalender für Sternfreunde 1972, Johann Ambrosius Barth Leipzig, S. 91 f.: „Zum Aufsuchen der Venus am Tageshimmel“, S. 89 ff.: „Geoz. Planetenkoord. d. Venus“.
- [3] Ahnert, Dr. Paul: „Phasenbeobachtungen der Venus vor und nach der unteren Konjunktion 1970 November 10“ in „Die Sterne“ 1/1972, Johann Ambrosius Barth Leipzig, S. 55 ff.
- [4] Bronschtein, Witall A.: Gluthölle Venus, Urania-Verlag Leipzig-Jena-Berlin 1972.
- [5] Blasberg, Hans Joachim: „Die Beobachtung der visuellen Venusdichotomie“ in: „Astronomie und Raumfahrt“ 2/72, S. 48 ff.
- [6] Müller, Dr. Fritz: Fünfstellige Logarithmen und andere mathematische Tafeln, Fachbuchverlag Leipzig 1957.
Vgl.: Zschau, Edith: „Zur Beobachtung der scheinbaren Venusdichotomie und deren Auswertung“. In: „Astronomie und Raumfahrt“ 3/1971, S. 73 – 82.

Anmerkung der Redaktion:

Der Abdruck des Diagrammteils erfolgt aus technischen Gründen in gekürzter Form.

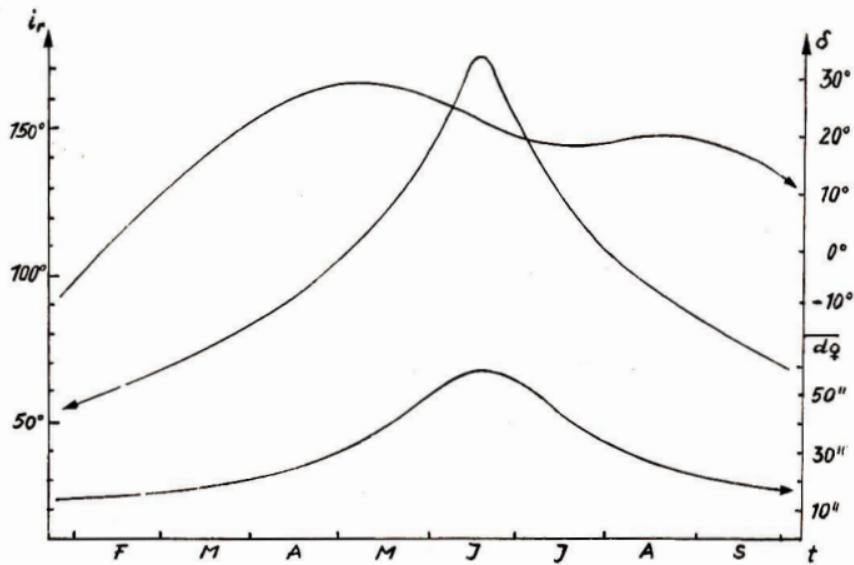
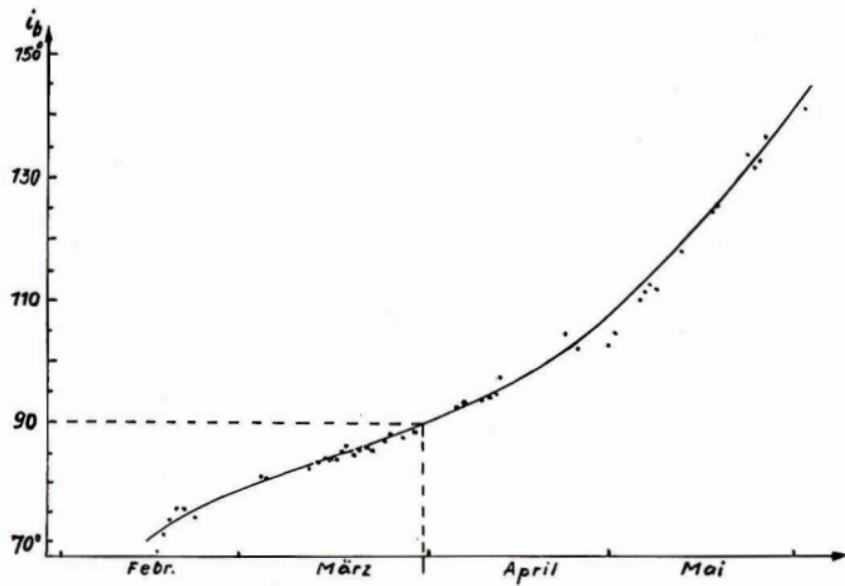


Abb. 3: Theoretisches $i_r - \delta - d_Q$ -Diagramm.

Abb. 4: Durchschnitt aller Beobachtungsreihen vor der unteren Konjunktion.



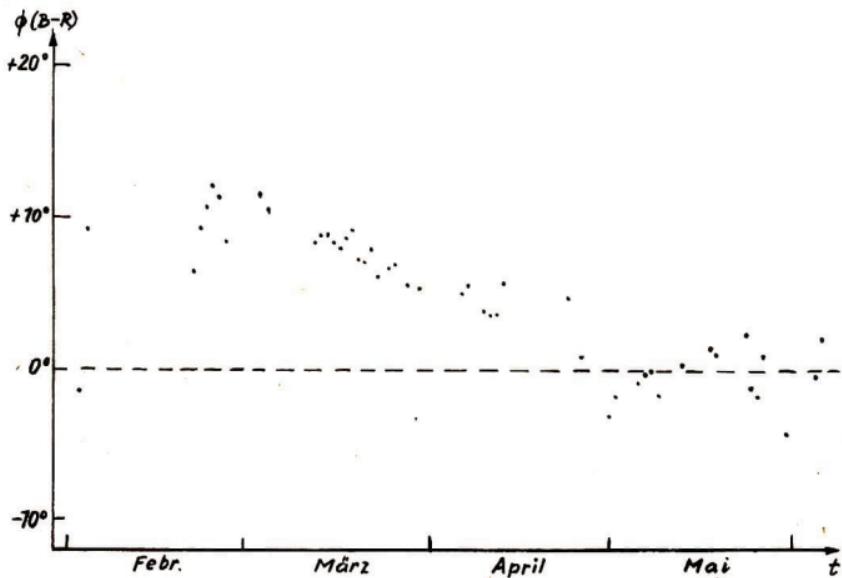
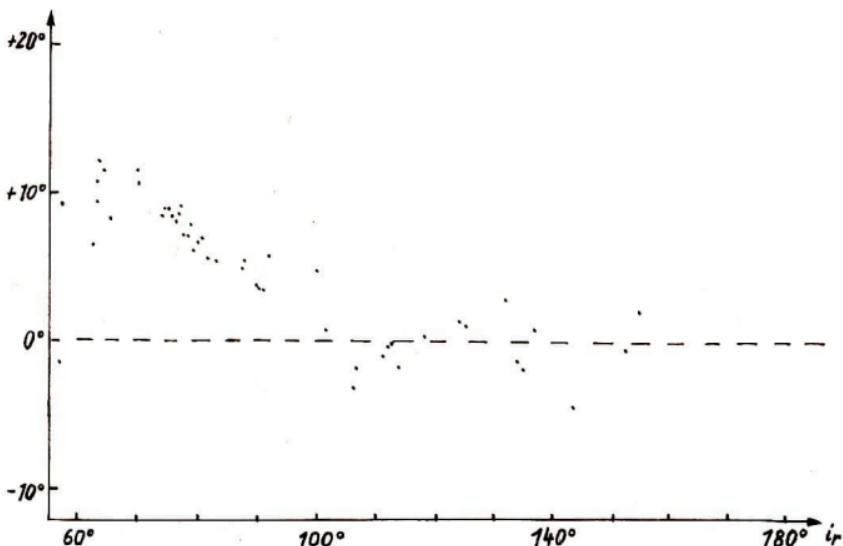
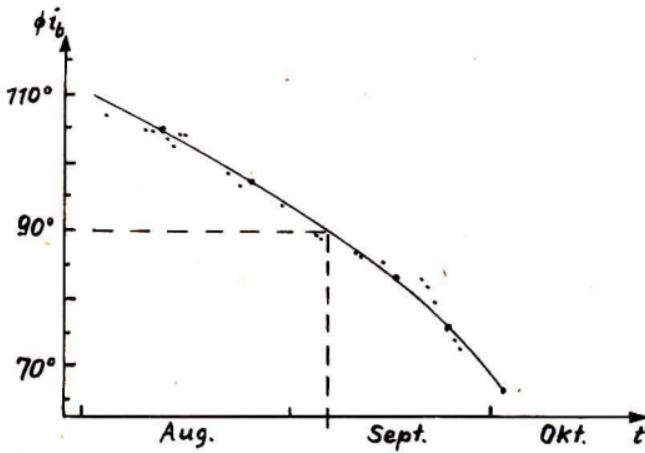
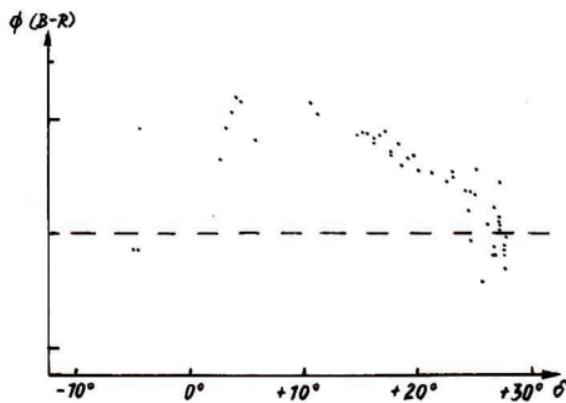
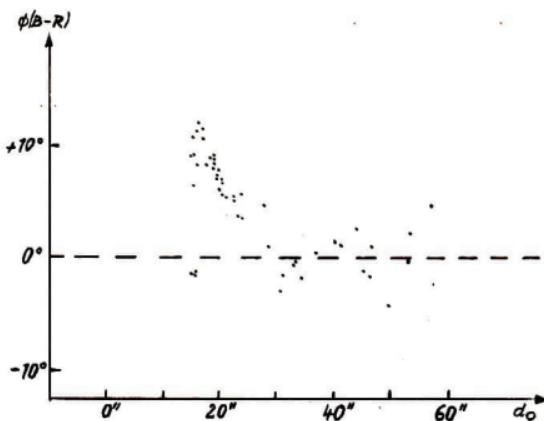


Abb. 5: Durchschnittliches (B - R) - t-Diagramm vor der unteren Konjunktion.

Abb. 6: Durchschnittliches (B - R) - i_r-Diagramm vor der unteren Konjunktion.





Beobachter: Gudrun Saupe, Meißen
Filter: GG 7 (gelb), 4900 Å bis Infrarot

Datum/MEZ	I	q	r	sin i'	i'	i _b	i _r	B - R
2m17d16h10m	25.1	6.0	I	0,314	18°3	71°7	62°8	+ 8°9
18d17h30m	25.1	5.7	II	0,294	17.1	72°9	63°3	+ 9°6
19d18h58m	24.1	5.0	I	0,261	15°1	74°9	63°7	+ 11°2
22d18h42m	24.8	5.4	II	0,278	16°1	73°9	65°1	+ 4°8
3m13d17h45m	21.7	2.6	I	0,136	7°8	82°2	74°6	+ 7°6
14d17h35m	21.4	2.0	II	0,103	5°9	84°1	75°1	+ 9°0
17d18h12m	21.0	1.9	I	0,099	5°7	84°3	76°6	+ 7°7
18d19h06m	20.5	1.1	II	0,057	3°2	86°8	77°1	+ 9°7
21d18h25m	20.6	1.5	I	0,078	4°5	85°5	78°7	+ 6.8
4m 6d18h20m	18.0	1.3	II	0,067	3°8	93°8	88°1	+ 5°7
10d18h36m	17.8	1.3	I	0,068	3°9	93°9	90°6	+ 3°3
11d18h45m	17.3	2.1	II	0,108	4°4	94°4	91°2	+ 3°2
30d19h22m	15.7	3.4	I	0,177	10°2	100°2	105°9	- 5°7
5m24d19h04m	5.7	13.7	II	0,707	45°0	135°0	133°7	+ 1°3
26d19h07m	5.0	14.1	I	0,736	47°4	137°4	136°8	+ 0°6
5m30d20h20m	4.8	14.6	II	0,753	48°9	138°9	143°6	- 4°7

Beobachter: Gudrun Saupe, Meißen
Filter: ohne, 3800 Å bis 7600 Å

Datum/MEZ	I	q	r	sin i'	i'	i _b	i _r	B - R
2m17d16h15m	24.4	5.0	II	0,258	15°0	75°0	62°8	+ 12°2
18d17h35m	24.2	5.1	I	0,264	15°3	74°7	63°3	+ 11°4
19d17h00m	23.8	4.4	II	0,227	13°1	76°9	63°7	+ 13°2
22d18h48m	25.0	5.9	I	0,308	17°9	72°1	65°1	+ 7°0
3m13d17h50m	21.3	1.9	II	0,098	5°6	84°4	74°6	+ 9°8
14d17h39m	20.9	1.8	I	0,094	5°4	84°6	75°1	+ 9°5
17d18h15m	20.5	1.1	II	0,057	3°2	86°6	76°6	+ 10°2
18d19h09m	20.0	0.9	I	0,047	2°7	87°3	77°1	+ 10°2
21d18h29m	20.9	1.5	II	0,077	4°4	85°6	78°7	+ 6°9
4m06d18h23m	18.0	1.1	I	0,057	3°3	93°3	88°1	+ 5°2
10d18h40m	17.9	1.5	II	0,077	4°4	94°4	90°6	+ 3°8
11d18h49m	17.4	1.7	I	0,089	5°1	95°1	91°2	+ 3°9
30d19h25m	15.7	3.7	II	0,191	11°0	101°0	105°9	- 4°9
5m24d19h06m	5.7	13.4	I	0,700	44°4	134°4	133°7	+ 0°7
26d19h10m	4.9	14.5	II	0,747	48°3	138°3	136°8	+ 1°5
5m30d20h24m	* 4.3	14.8	I	0,773	50°6	140°6	143°6	+ 3°0

Beobachter: Jörg Mosch, Meißen
Filter: ohne, 3800 Å bis 7600 Å

Datum/MEZ	I	q	r	sin i'	i'	i _b	i _r	B - R
2m18d16h07m	26.1	6.7	II	0,345	20°5	69°5	62°4	+ 7°1
17d18h00m	25.3	6.2	I	0,324	18°9	71°1	62°8	+ 8°3
18d17h25m	24.2	4.8	II	0,248	14°4	75°6	63°3	+ 12°3
19d18h50m	24.0	4.9	I	0,256	14°8	75°2	63°7	+ 11°5
20d18h35m	24.2	4.8	II	0,248	14°4	75°6	64°2	+ 11°4
22d18h35m	23.8	4.7	I	0,246	14°2	75°8	65°1	+ 10°7
3m03d18h50m	22.2	2.8	II	0,144	8°3	81°7	69°7	+ 12°0
4d18h42m	22.3	3.2	I	0,167	9°6	80°4	70°1	+ 10°3
12d18h50m	22.1	2.7	II	0,139	8°0	82°0	74°0	+ 8°0
12d18h20m	21.7	2.6	I	0,136	7°8	82°2	74°0	+ 8°2
13d17h36m	21.4	2.0	II	0,103	5°9	84°1	74°6	+ 9°5
14d17h27m	21.3	2.2	I	0,115	6°6	83°4	75°1	+ 8°3
15d18h04m	21.4	2.0	II	0,103	5°9	84°1	75°6	+ 8°5
16d18h00m	21.2	2.1	I	0,110	6°3	83°7	76°1	+ 7°6
17d18h04m	21.0	1.6	II	0,082	4°7	85°3	76°6	+ 8°7
18d19h00m	20.6	1.5	I	0,078	4°5	85°5	77°1	+ 8°4
19d18h04m	21.1	1.7	II	0,088	5°0	85°0	77°6	+ 7°4
20d18h10m	20.8	1.7	I	0,089	5°1	84°0	78°2	+ 6°7
21d18h15m	20.2	0.8	II	0,041	2°4	87°6	78°7	+ 8°9
22d18h11m	20.9	1.8	I	0,094	5°4	84°6	79°2	+ 5°4
24d18h32m	20.4	1.0	II	0,052	3°0	87°0	80°3	+ 6°7

Datum/MEZ	I	q	r	sin i'	i'	<i>l_b</i>	<i>l_r</i>	B - R
25d18h12m	20.0	0.9	I	0.047	2°7	87°3	80°9	+ 6°4
27d18h31m	20.1	0.7	II	0.036	2°1	87°9	82°0	+ 5°9
29d18h40m	19.8	0.7	I	0.037	2°1	87°9	83°0	+ 4°0
4m05d18h02m	18.5	0.9	II	0.046	2°7	92°7	87°4	+ 5°3
05d18h37m	18.3	0.8	I	0.042	2°4	92°4	87°4	+ 5°0
06d18h28m	18.0	1.4	II	0.072	4°1	94°1	88°1	+ 6°0
09d18h15m	18.0	1.1	I	0.057	3°3	93°3	89°9	+ 3°4
10d18h29m	17.9	1.5	II	0.077	4°4	94°4	90°6	+ 3°8
11d18h37m	17.4	1.7	I	0.089	5°1	95°1	91°2	+ 3°9
12d18h22m	16.9	2.5	II	0.129	7°4	97°4	91°9	+ 5°5
23d18h58m	14.3	4.8	I	0.251	14°5	104°5	100°0	+ 4°5
25d18h48m	15.3	4.1	II	0.211	12°2	102°2	101°7	+ 0°5
30d19h17m	14.0	5.1	I	0.266	15°4	105°4	105°0	- 0°5
50d01d18h58m	14.2	5.2	II	0.268	15°5	105°5	106°7	- 1°2
05d18h52m	13.0	6.1	I	0.319	18°6	108°6	111°1	- 2°5
06d18h56m	12.1	7.3	II	0.376	22°1	112°1	112°0	+ 0°1
07d19h00m	11.4	7.7	I	0.402	23°7	113°7	112°9	+ 0°8
08d19h01m	12.1	7.3	II	0.376	22°1	112°1	113°8	- 1°7
12d19h10m	10.6	8.5	I	0.444	28°4	116°4	118°0	- 1°6
17d19h22m	8.3	11.1	II	0.572	34°9	124°9	123°9	+ 1°0
18d21h14m	7.8	11.3	I	0.590	36°2	126°2	125°2	+ 1°0
23d19h84m	6.1	13.3	II	0.686	43°3	133°3	132°2	+ 1°1
24d18h57m	6.8	12.3	I	0.642	39°0	129°9	133°7	- 3°8
25d20h52m	6.2	13.2	II	0.681	42°0	132°9	135°3	- 2°4
26d18h55m	4.8	14.3	I	0.747	48°3	138°3	136°8	+ 1°5
30d20h16m	5.1	14.3	II	0.737	47°5	137°5	143°6	- 6°1
6m04d19h00m	2.2	16.9	I	0.883	62°0	152°0	152°6	- 0°6
6m05d19h48m	1.6	17.8	II	0.918	66°6	156°6	154°5	+ 2°1

Beobachter: Jörg Mosch, Meißen

Filter: VG 8 (grün), 5250 Å — Maximum, 2 Beobachtungen mit NG 4 (neutral), 3800 Å bis 7600 Å (·)

Datum/MEZ	I	q	r	sin i'	i'	<i>l_b</i>	<i>l_r</i>	B - R
2m 2d18h45m	30.0	10.9	I	0.569	34°7	55°3	56°7	- 1°4(·)
3d17h07m	27.2	7.8	II	0.402	23°7	66°3	57°1	+ 9°2(·)
1d418h12m	26.2	7.1	I	0.371	21°8	68°2	62°4	+ 5°8
17d18h05m	25.9	6.5	II	0.335	19°6	70°4	62°8	+ 7°6
18d17h27m	24.7	5.6	I	0.292	17°0	73°0	63°3	+ 0°7
19d18h55m	24.1	4.7	II	0.242	14°0	76°0	63°7	+ 12°3
20d18h40m	23.9	4.8	I	0.251	14°5	75°5	64°2	+ 11°3
22d18h58m	24.1	4.7	II	0.242	14°0	76°0	65°1	+ 10°9
3m 3d18h55m	22.2	3.1	I	0.162	9°3	80°7	69°7	+ 11°0
4d16h45m	22.4	3.0	II	0.155	8°0	81°1	70°1	+ 11°0
12d18h44m	21.9	2.8	I	0.146	8°4	81°6	74°0	+ 7°6
12d18h24m	21.5	2.1	II	0.108	6°2	83°8	74°0	+ 9°8
13d17h40m	21.3	2.2	I	0.115	6°6	83°4	74°6	+ 8°8
14d17h30m	21.5	2.1	II	0.108	6°2	83°8	75°1	+ 8°7
15d18h08m	21.1	2.0	I	0.104	6°0	84°0	75°6	+ 8°4
16d18h04m	21.3	1.9	II	0.098	5°6	84°4	76°1	+ 8°3
17d18h08t	21.0	1.9	I	0.099	5°7	84°3	76°6	+ 7°7
18d19h03t	20.9	1.5	II	0.077	4°4	85°6	77°1	+ 8°5
19d18h08m	20.9	1.8	I	0.094	5°4	84°6	77°6	+ 7°0
20d18h14m	20.9	1.5	II	0.077	4°4	85°6	78°2	+ 7°4
21d18h18m	20.4	1.3	I	0.068	3°9	86°1	78°7	+ 7°4
22d18h15m	20.8	1.4	II	0.072	4°1	85°9	79°2	+ 6°7
24d18h36m	20.1	1.0	I	0.052	3°0	87°0	80°3	+ 6°7
25d18h15m	20.0	0.6	II	0.031	1°8	88°2	80°9	+ 7°3
27d18h34m	20.0	0.9	I	0.047	2°7	87°3	82°0	+ 5°3
29d18h44m	19.8	0.4	II	0.021	1°2	88°8	83°0	+ 5°8
4m 5d18h06m	18.4	0.7	I	0.037	2°1	92°1	87°4	+ 4°7
5d18h41m	18.6	0.8	II	0.041	2°4	92°4	87°4	+ 5°0
6d18h30m	18.1	1.0	I	0.052	3°0	93°0	88°1	+ 4°9
9d18h19m	18.0	1.4	II	0.072	4°1	94°1	89°9	+ 4°2
10d18h31m	17.8	1.3	I	0.068	3°9	93°9	90°6	+ 3°8
11d18h42m	17.9	1.5	II	0.077	4°4	94°4	91°2	+ 3.2
12d18h26m	16.5	2.6	I	0.136	7°8	97°8	91°9	+ 5°9
23d19h02m	14.4	5.0	II	0.258	15°0	105°0	100°0	+ 5°0

Datum/MEZ	I	q	r	sin i'	i'	i _b	i _r	B - R
25d18h52m	14.8	4.3	I	0.224	12°9	102°9	101°7	+ 1%
30d19h19m	14.4	5.0	II	0.258	15°0	105°0	105°9	- 0%
5m 1d19h02m	14.3	4.8	I	0.251	14°5	104°5	106°7	- 2%
5d18h55m	12.1	7.3	II	0.376	22°1	112°1	111°1	+ 1%
6d19h08m	12.1	7.0	I	0.366	21°5	111°5	112°0	- 0%
7d19h02m	12.1	7.3	II	0.376	22°1	112°1	112°9	- 0%
8d19h04m	11.8	7.3	I	0.381	22°4	112°4	113°8	- 1%
12d19h11m	9.6	9.8	II	0.506	30°4	120°4	118°0	+ 2%
17d19h24m	7.9	11.2	I	0.585	35°8	125°8	123°9	+ 1%
18d21h16m	7.9	11.5	II	0.593	36°4	126°4	125°2	+ 1%
23d19h37m	5.3	13.8	I	0.720	46°1	136°1	132°2	+ 3%
24d18h50m	6.7	12.7	II	0.655	40°9	130°9	133°7	- 2%
25d20h54m	5.7	13.4	I	0.700	44°4	134°4	135°3	- 0%
26d18h59m	5.3	14.1	II	0.727	46°6	136°6	136°8	- 0%
30d20h18m	4.3	14.8	I	0.773	50°6	140°6	143°6	- 3%
6m 4d19h03m	2.2	17.2	II	0.887	62°5	152°5	152°6	- 0%
6m 5d19h52m	1.5	17.6	I	0.919	66°8	156°8	154°5	+ 2%

Scheinbarer Venusdurchmesser und Deklination

Folgende Werte wurden aus dem theoretischen $i_r - \delta - \varnothing$ -Diagramm ermittelt, deshalb ist die Genauigkeit im Vergleich zu den grafisch bestimmten i_r -Werten geringer.

Datum	\varnothing	D	Datum	\varnothing	D
2m 2d	15°0	- 5°0	4m 5d	22°5	+ 23°0
3d	15°0	- 4°5	6d	22°5	+ 23°0
16d	15°5	+ 2°5	9d	23°5	+ 24°0
17d	15°5	+ 3°0	10d	24°0	+ 24°5
18d	15°5	+ 3°5	11d	24°0	+ 25°0
19d	16°0	+ 4°0	12d	24°0	+ 25°0
20d	16°0	+ 4°5	23d	28°0	+ 27°0
22d	16°0	+ 5°5	25d	28°5	+ 27°0
			30d	30°5	+ 27°5
3m 3d	17°0	+ 10°5			
4d	17°0	+ 11°0	5m 1d	31°0	+ 27°5
12d	18°0	+ 14°5	5d	33°0	+ 27°5
13d	18°5	+ 15°0	6d	33°5	+ 27°5
14d	18°5	+ 15°5	7d	34°0	+ 27°5
15d	19°0	+ 16°0	8d	34°5	+ 27°5
16d	19°0	+ 16°0	12d	37°0	+ 27°0
17d	19°0	+ 16°5	17d	40°5	+ 27°0
18d	19°0	+ 17°0	18d	41°5	+ 27°0
19d	19°5	+ 17°5	23d	44°5	+ 26°5
20d	19°5	+ 17°5	24d	45°5	+ 26°5
21d	20°0	+ 18°0	25d	46°5	+ 26°5
22d	20°0	+ 18°5	26d	47°0	+ 26°0
24d	20°5	+ 19°0	30d	50°0	+ 25°5
25d	20°5	+ 19°5			
27d	20°5	+ 20°0	6m 4d	53°5	+ 24°5
3m 29d	21°0	+ 21°0	5d	54°0	+ 24°5
			6m 17d	57°5	+ 22°5

Zusammenfassung aller Serien (1)

Datum/MEZ	Anzahl n	\varnothing ib	Streuung $\pm \dots 0$	\varnothing (B - R)	ifarbig		
					\varnothing weiß	grün	\varnothing ib gelb
2m 2d19h	1	55°3	-	- 1°4	-	-	-
3d17h	1	66°3	-	+ 9°2	-	-	-
16d18h	2	68°8	0°65	+ 6°5	+ 0°7	- 0°6	-
17d18h	4	72°1	1°77	+ 0°3	+ 1°0	- 1°7	- 0°4
18d18h	4	74°1	1°15	+ 10°8	+ 1°1	- 1°1	- 1°2
19d17h	4	75°8	0°78	+ 12°1	+ 0°3	+ 0°2	- 0°0
20d17h	2	75°6	0°07	+ 11°4	+ 0°0	- 0°1	-
22d17h	4	74°5	1°50	+ 8°3	- 0°6	+ 1°5	- 0°6
3m 3d19h	2	81°2	0°50	+ 11°6	+ 0°5	- 0°5	-
4d17h	2	80°8	0°35	+ 10°6	- 0°4	+ 0°3	-

Datum/MEZ	Anzahl n	\emptyset_{ib}	Streuung $\pm \dots 0$	$\emptyset_{(B-R)}$	$\emptyset_{wei\ddot{z}}$	farbig - grün	\emptyset_{ib}	gelb
12d17/18h	4	82 ²⁴	0 ²⁰	+ 8 ²⁴	- 0 ²³	+ 0 ²³	-	
13d18h	4	83 ²⁵	0 ²⁵	+ 8 ²⁰	+ 0 ²⁷	- 0 ²¹	- 0 ²⁹	
14d18h	4	84 ²⁰	0 ²⁷	+ 8 ²⁰	$\pm 0^{\circ}0$	- 0 ²²	+ 0 ²¹	
15d18h	2	84 ²⁰	0 ²⁰	+ 8 ²⁴	+ 0 ²¹	$\pm 0^{\circ}0$	-	
16d18h	2	84 ²⁰	0 ²⁵	+ 8 ²⁰	- 0 ²³	+ 0 ²⁴	-	
17d18h	4	85 ²²	1 ⁰²	+ 8 ²⁶	+ 0 ²⁹	- 0 ²⁹	- 0 ²⁹	
18d19h	4	86 ²³	0 ²⁷	+ 9 ²²	+ 0 ²¹	- 0 ²⁷	+ 0 ²⁵	
19d18h	2	84 ²⁸	0 ²⁰	+ 7 ²²	+ 0 ²²	- 0 ²²	-	
20d18h	2	85 ²³	0 ²⁴	+ 7 ²¹	- 0 ²⁴	+ 0 ²³	-	
21d18h	4	86 ²²	0 ²⁴	+ 7 ²⁰	+ 0 ²⁴	- 0 ²¹	- 0 ²⁷	
22d18h	2	85 ²³	0 ²⁵	+ 6 ²¹	- 0 ²⁷	+ 0 ²⁶	-	
24d19h	2	87 ²⁰	0 ²⁰	+ 6 ²⁷	$\pm 0^{\circ}0$	$\pm 0^{\circ}0$	-	
25d18h	2	87 ²⁸	0 ²⁵	+ 6 ²⁹	- 0 ²⁵	+ 0 ²⁴	-	
27d19h	2	87 ²⁶	0 ²³	+ 5 ²⁶	+ 0 ²³	- 0 ²³	-	
29d19h	2	88 ²⁴	0 ²⁴	+ 5 ²⁴	- 0 ²⁵	+ 0 ²⁴	-	
4m 5d18/19h	4	92 ²⁴	0 ²¹	+ 5 ²⁰	+ 0 ²²	- 0 ²¹	-	
6d18h	4	93 ²⁶	0 ²³	+ 5 ²⁵	+ 0 ²¹	- 0 ²⁶	+ 0 ²²	
9d18h	2	93 ²⁷	0 ²⁴	+ 3 ²⁸	- 0 ²⁴	+ 0 ²⁴	-	
10d19h	4	94 ²²	0 ²⁶	+ 3 ²⁶	+ 0 ²²	- 0 ²³	- 0 ²³	
11d19h	4	94 ²⁸	0 ³⁵	+ 3 ²⁶	+ 0 ²³	- 0 ²⁴	- 0 ²⁴	
12d18h	2	97 ²⁶	0 ²⁰	+ 5 ²⁷	- 0 ²²	+ 0 ²²	-	
23d19h	2	104 ²⁸	0 ²⁶	+ 4 ²⁸	- 0 ²³	+ 0 ²²	-	
25d19h	2	102 ²⁶	0 ²⁵	+ 0 ²⁹	- 0 ²⁴	+ 0 ²³	-	
30d19h	4	102 ²⁹	2 ²²	- 3 ²⁰	+ 0 ²³	+ 2 ²¹	- 2 ²⁷	
5m 1d19h	2	105 ²⁰	0 ⁵⁰	- 1 ²⁷	+ 0 ²⁵	- 0 ²⁵	-	
5d19h	2	110 ²⁴	1 ⁷⁵	- 0 ²⁸	- 1 ²⁸	+ 1 ²⁷	-	
6d19h	2	111 ²⁸	0 ³⁰	- 0 ²²	+ 0 ²³	- 0 ²³	-	
7d19h	2	112 ²⁹	0 ⁸⁰	$\pm 0^{\circ}0$	+ 0 ²⁸	- 0 ²⁸	-	
8d19h	2	112 ²³	0 ¹⁶	- 1 ²⁶	- 0 ²²	+ 0 ²¹	-	
12d19h	2	118 ²⁴	2 ⁰⁰	+ 0 ²⁴	- 0 ²²	+ 2 ²⁰	-	
17d19h	2	125 ²⁴	0 ⁴⁵	+ 1 ²⁵	- 0 ²⁵	+ 0 ²⁴	-	
18d21h	2	126 ²³	0 ¹⁰	+ 1 ²¹	- 0 ²¹	+ 0 ²¹	-	
23d20h	2	134 ²⁷	1 ⁴⁰	+ 2 ²⁵	- 1 ²⁴	+ 1 ²⁴	-	
24d19h	4	132 ²⁵	2 ¹⁶	- 1 ²²	- 0 ²³	- 1 ²⁶	+ 2 ²⁵	
25d21h	2	133 ²⁷	0 ⁷⁵	- 1 ²⁷	- 0 ²⁸	+ 0 ²⁷	-	
26d19h	4	137 ²⁷	0 ⁷¹	+ 0 ²⁹	+ 0 ²⁶	- 1 ²¹	- 0 ²³	
30d20h	4	139 ²⁴	1 ²⁵	- 4 ²²	- 0 ²³	+ 1 ²²	- 0 ²⁵	
6m 4d19h	2	152 ²³	0 ²⁶	- 0 ²³	- 0 ²³	+ 0 ²²	-	
6m 5d20h	2	156 ²⁷	0 ¹⁰	+ 2 ²²	- 0 ²¹	+ 0 ²¹	-	
6m 17d18h:	Keine Zeichnung, ib = 180 ²⁰ , ir = 175 ²³ , B - R = + 4 ²⁷							

Zusammenfassung aller Serien (2)

Datum/MEZ 1972	ir	Dekl. pos.	\emptyset	\emptyset_{ib}	$\emptyset_{(B-R)}$	weiß	farbig - rot	\emptyset_{ib} grün	blau
8m 3d12h	107 ²¹	18 ²⁵	32 ²⁰	107 ²²	+ 0 ²¹	- 3 ²³	+ 1 ²⁵	- 2 ²²	+ 4 ²⁰
9d10h	102 ²¹	19 ²⁰	29 ²⁵	104 ²⁹	+ 2 ²⁸	- 0 ²⁴	+ 0 ²⁹	- 1 ²⁵	+ 1 ²²
10d10h	101 ²³	19 ²⁰	29 ²⁰	104 ²⁷	+ 3 ²⁴	- 0 ²⁵	- 0 ²⁷	- 0 ²⁷	+ 1 ²⁷
11d 9h	100 ²⁶	19 ²⁵	28 ²⁵	104 ²⁹	+ 4 ²³	- 2 ²²	+ 0 ²⁷	- 1 ²⁵	+ 3 ²⁰
12d10h	99 ²⁸	19 ²⁵	28 ²⁰	103 ²⁴	+ 3 ²⁶	- 2 ²⁰	+ 1 ²⁶	- 1 ²⁸	+ 2 ²⁰
13d10h	99 ²⁰	19 ²⁵	28 ²⁰	102 ²⁵	+ 3 ²⁵	- 0 ²⁷	+ 1 ²²	- 1 ²⁸	+ 1 ²⁴
14d10h	98 ²³	19 ²⁵	27 ²⁵	104 ²⁰	+ 5 ²⁷	- 2 ²²	+ 1 ²²	- 2 ²⁴	+ 3 ²³
15d10h	97 ²⁶	19 ²⁵	27 ²⁰	104 ²⁰	+ 6 ²⁴	- 1 ²⁹	+ 1 ²⁸	- 2 ²¹	+ 2 ²¹
21d10h	93 ²⁵	19 ²⁵	25 ²⁶	98 ²³	+ 4 ²⁸	- 0 ²⁸	- 0 ²³	- 2 ²⁴	+ 2 ²⁵
23d11h	92 ²¹	19 ²⁵	25 ²⁰	96 ²⁸	+ 4 ²⁷	- 0 ²⁵	+ 0 ²⁶	- 1 ²²	+ 1 ²⁰
23d10h	91 ²⁵	19 ²⁵	24 ²⁵	97 ²²	+ 5 ²⁷	+ 0 ²⁶	- 0 ²⁷	- 1 ²⁹	+ 2 ²¹
29d10h	88 ²³	19 ²⁵	23 ²⁰	93 ²⁹	+ 5 ²⁶	- 1 ²⁸	+ 0 ²⁹	- 1 ²³	+ 2 ²¹
9m 3d13h	85 ²³	19 ²⁰	22 ²⁰	89 ²⁶	+ 4 ²³	- 1 ²¹	+ 0 ²⁴	- 2 ²²	+ 2 ²⁸
4d11h	84 ²⁷	19 ²⁰	22 ²⁰	89 ²⁰	+ 4 ²³	- 0 ²⁵	- 1 ²¹	- 2 ²⁰	+ 3 ²⁷
9d12h	81 ²⁹	18 ²⁰	21 ²⁰	87 ²⁰	+ 5 ²¹	- 1 ²⁸	+ 0 ²⁶	- 1 ²⁷	+ 2 ²⁷
10d11h	81 ²³	18 ²⁰	20 ²⁵	86 ²⁷	+ 5 ²⁴	- 2 ²⁴	+ 0 ²³	- 0 ²⁸	+ 3 ²⁰
13d11h	79 ²⁷	17 ²⁵	20 ²⁰	85 ²³	+ 5 ²⁶	- 1 ²⁶	+ 1 ²¹	- 1 ²⁸	+ 2 ²³
15d13h	78 ²⁷	17 ²⁰	19 ²⁵	83 ²²	+ 4 ²⁵	- 2 ²²	+ 1 ²⁸	- 2 ²⁷	+ 3 ²²
19d11h	76 ²⁶	16 ²⁰	18 ²⁵	82 ²⁹	+ 6 ²³	- 2 ²⁵	+ 1 ²⁸	- 2 ²⁴	+ 3 ²²
20d12h	76 ²¹	15 ²⁵	18 ²⁵	81 ²⁸	+ 5 ²⁷	- 2 ²³	- 0 ²¹	- 0 ²⁷	+ 3 ²¹
21d10h	75 ²⁶	15 ²⁵	18 ²⁶	79 ²⁸	+ 4 ²²	- 1 ²⁶	- 0 ²⁸	- 0 ²⁸	+ 3 ²⁰
23d12h	74 ²⁶	15 ²⁰	18 ²⁰	76 ²¹	+ 1 ²⁵	- 2 ²²	- 0 ²⁴	- 1 ²⁹	+ 4 ²³

Datum/MEZ	i_r	Dekl. pos.	\emptyset	\emptyset_{ib}	$\emptyset_{(B-R)}$	farbig weiß	farbig rot	\emptyset_{ib}	grün	blau
9m24d13h	74°0	150	18°0	74°1	+0°1	-1°1	+0°4	-2°4	+3°2	
25d13h	73°5	14°5	18°0	72°6	-0°9	-1°8	+0°3	±0°0	+1°3	
10m1d12h	70°7	130	17°0	66°7	-4°0	-1°4	+0°8	-0°4	+0°9	

Die Werte für die Deklination und den scheinbaren Venusdurchmesser wurden dem theoretischen $i_r - \delta - \emptyset$ -Diagramm entnommen.

Zusammenfassung

1. Zeitpunkte der geometrischen Dichotomie laut $i_r - t$ -Diagramm:

Vor der unteren Konjunktion: 1972 April 9,6
Nach der unteren Konjunktion: 1972 Aug. 26,8

2. Beobachtungsergebnisse:

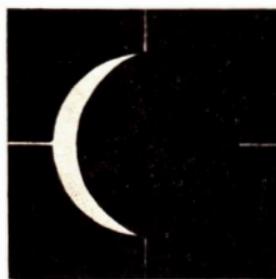
2.1. Beobachtungen vor der unteren Konjunktion

2.2. Beobachtungen nach der unteren Konjunktion

Beobachter	Filter	Schröter-Effekt berechnet	Schröter-Effekt graphisch	Beob. Dichotomie berechnet	Beob. Dichotomie graphisch	mittl. Filter- koeffizient
2.1. Saupe	GG 7	-10°3	-9°8	März 30.3	März 30.8	-0°41
Saupe	ohne	-11°6	-10°5		29.0	-0°07
Mosch	ohne	-10°8	-9°5		29.8	31.1
Mosch	VG 8	-10°8	-9°3		29.8	31.3
Durchschnitt		-11°5	-9°5	März 29°1	März 31.1	+0°07
2.2. Mosch	ohne	+ 6°9	+ 7°7	Sept. 1.7	Sept. 3.5	-1°53
Mosch	RG 2	+ 8°8	+ 11°5		4.6	7.3
Mosch	VG 8	+ 6°3	+ 6°0		1.1	1.8
Mosch	BG 12	+ 11°9	+ 12°7		7.7	8.5
Durchschnitt		+ 8°1	+ 9°7	Sept. 3.0	Sept. 5.5	+2°52

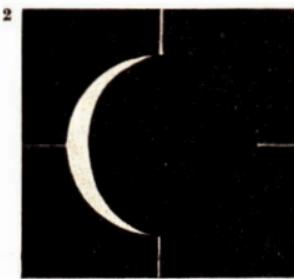
Zu 2.1.: Mittlere Streuung aller Beobachtungen eines Tages: ±0°76

Tägliche Änderung des Phasenwinkels i_r in der Nähe der geometrischen Dichotomie ($\pm 5^d$): 0°64.



1

Dat.: 72 a 5 m 26 d MEZ: 19^h07^m
Beob.: Saupe Instr.: C 150 V: 140 ×
Luft: gut, sehr klar — GG 7



2

Dat.: 72 a 5 m 26 d MEZ: 19^h10^m
Beob.: Saupe Instr.: C 150 V: 140 ×
Luft: gut, sehr klar — ohne Filter

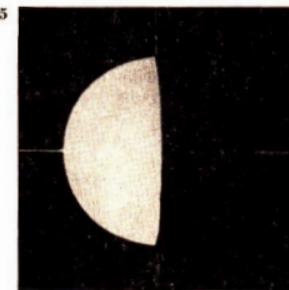


3

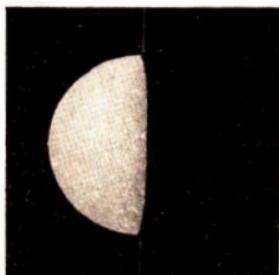
Dat.: 72 a 5 m 30 d MEZ: 20^h20^m
Beob.: Saupe Instr.: C 150 V: 140 ×
Luft: schlecht, sehr klar — GG 7



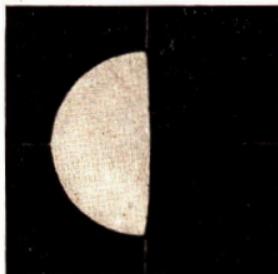
Dat.: 72 a 5 m 30 d MEZ: 20^h24^m
Beob.: Saupe Instr.: C 150 V: 140 ×
Luft: schlecht, sehr klar — ohne Filter



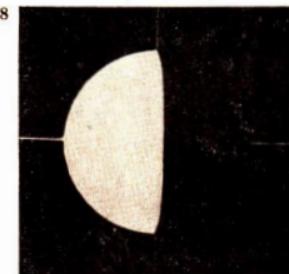
Dat.: 72 a 3 m 22 d MEZ: 18^h11^m
 Beob.: Mosch Instr.: C 150 V: 140 ×
 Luft: mäßig-gut, mäßig klar —
ohne Filter



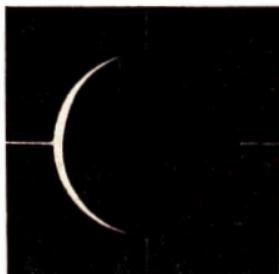
7



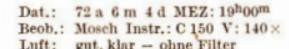
Dat.: 72 a 3 m 24 d MEZ: 18^h32^m
Beob.: Mosch Instr.: C 150 V: 140 ×
Luft: gut — mäßig, klar — ohne Filter



Dat.: 72 a 3 m 24 d MEZ: 18^h36m
 Beob.: Mosch Instr.: C 150 V: 140 x
 Luft: gut - mäßig, klar VG 8



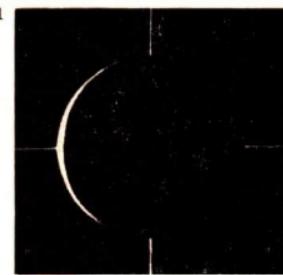
9



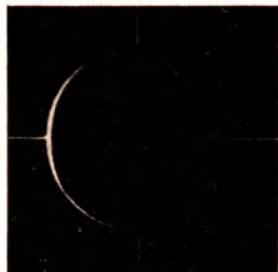


10

Dat.: 72 a 6 m 4 d MEZ: 19^h03^m
Beob.: Mosch Instr.: C 150 V: 140×
Luft: gut, klar — VG 8

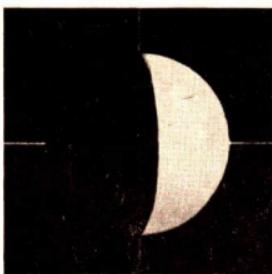


Dat.: 72 a 6 m 5 d MEZ: 19^h48^m
Beob.: Mosch Instr.: C 150 V: 140×
Luft: mäßig, klar — ohne Filter



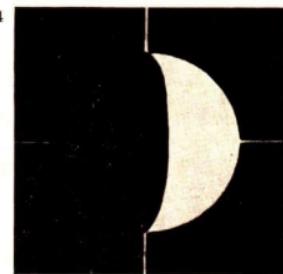
12

Dat.: 72 a 6 m 5 d MEZ: 19^h52^m
Beob.: Mosch Instr.: C 150 V: 140×
Luft: mäßig, klar VG 8



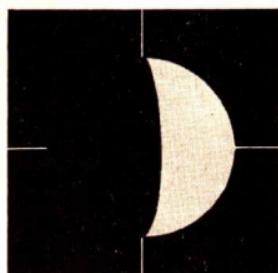
13

Dat.: 72 a 8 m 13 d MEZ: 10^h18^m
Beob.: Mosch Instr.: C 150 V: 140×
Luft: gut, sehr klar — ohne Filter



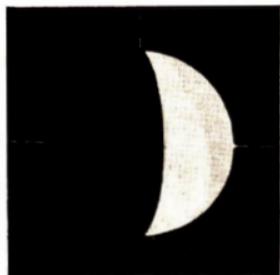
14

Dat.: 72 a 8 m 13 d MEZ: 10^h24^m
Beob.: Mosch Instr.: C 150 V: 140×
Luft: gut, sehr klar — RG 2



15

Dat.: 72 a 8 m 13 d MEZ: 10^h27^m
Beob.: Mosch Instr.: C 150 V: 140×
Luft: gut, sehr klar — VG 8



Dat.: 72 a 8 m 13 d MEZ: 10^h30^m
Beob.: Mosch Instr.: C 150 V: 140×
Luft: gut, sehr klar - BG 12

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Preisträger im COPERNICUS-Jugendwettbewerb

Der in Heft 3/72 vom ZFA ausgeschriebene Wettbewerb fand unter den Jugendlichen eine erfreuliche Resonanz. Die meisten eingereichten Arbeiten waren kollektiv entstanden. Mit wenigen Ausnahmen kann die Jury den Teilnehmern bescheinigen, daß in den vorgelegten Arbeiten ein beachtliches Niveau nachgewiesen wurde. Erwartungsgemäß lag ein breites Spektrum für die gewählten Themen vor. Deshalb entschied die Jury, mehrere Exponate mit jeweils gleichen Preisen zu würdigen.

Geldpreise wurden zuerkannt an

Jürgen SCHULZ und Gunter FREYDANK, 5211 Kirchheim,
für den Bau einer amateurastronomischen Beobachtungsstation;

Heinz-Florian ALBERT, 963 Crimmitschau, und Wolfgang BRAUER, 9632 Neukirchen/Pleiße, für
ihre Auswertung einer 20jährigen Beobachtungsreihe der Sonnenaktivität;

Wolfgang PAUL, Sigrid ENZMANN, Nina DANNHAUER, Heidrun KUNZE und Marina LEMKE,
728 Eilenburg, für die Untersuchung des Einflusses der Sonnenaktivität auf Satellitenbahnen.

Buchpreise wurden gegeben an

Hans-Günter MAYE, 54 Sondershausen, für den Versuch einer eigenen Planetenkosmogonie;

Siegmond SCHLIE und Thomas SIEGMUND, 25 Rostock, für die gestaltete COPERNICUS-Plakette
und die Dokumentation der bisherigen Entwicklung der Astronautik;

Thomas BERTHOLD und Andreas NOLLAU, 7302 Hartha, für ihre Bestimmung
des Sonnendurchmessers aus eigenen Beobachtungen.

Für die weitere Beschäftigung mit der Astronomie wünschen wir allen Teilnehmern viel Freude und Erfolg. Den Preis-
trägern aber gilt unser Glückwunsch.

Die Redaktion

Saturnbedeckung durch den Mond 1973

In der Nacht vom 10. zum 11. Dezember 1973 kommt es zur Bedeckung des Saturn durch den Mond. Es ist die einzige Bedeckung eines mit bloßem Auge sichtbaren Planeten durch den Mond 1973 und deshalb sicher ein von vielen Freunden der Astronomie ins Beobachtungsprogramm aufgenommenes Ereignis. Es ist vom Gebiet der DDR aus sehr gut sichtbar — vorausgesetzt, daß zum Zeitpunkt der Erscheinung wolkenloser Himmel ist — denn etwa 11 Tage später (1973 Dezember 23., 7.00 Uhr MEZ) steht der Saturn in Opposition zur Sonne. Da der Saturn bei einer großen Deklination anzutreffen ist, erreicht er große Kulminationshöhen. Zum Zeitpunkt des Beginns der Bedeckung haben Saturn und Mond eine Höhe von etwa 60° und befinden sich bei einem Azimut von etwa 188° . Bei Ende der Erscheinung sind Saturn und Mond bis zu einem Azimut von etwa 208° gewandert und haben auf ihrer täglichen Bahn in Höhe etwa 2° verloren. Die scheinbare Helligkeit des Planeten beträgt am 11. Dezember 1973 —0,2 Größenklassen.

Exakte Beobachtungen der Eintritts- und Austrittszeitpunkte und deren Vergleich mit theoretischen Vorausberechnungen lassen z. B. Rückschlüsse auf eventuell notwendige Verbesserungen der Bahnelemente der Himmelskörper zu. Dazu ist es aber natürlich erforderlich, die exakten Zeitpunkte des Ein- und Austritts zu berechnen, denn diese sind von der geographischen Lage des Beobachtungsortes abhängig. Die Berechnung dieser Zeitpunkte ist mit guter Genauigkeit nach folgender einfachen Formel möglich:

$$T = T_0 + a(\lambda - \lambda_0) + b(\varphi - \varphi_0)$$

T ist der Zeitpunkt des Ein- bzw. Austritts für den jeweiligen Beobachtungsort der geographischen Länge λ und der geographischen Breite φ . λ und φ sind dabei in Winkelgrad anzugeben. λ_0 und φ_0 sind Konstanten, die für die Formel folgende Werte haben:

$$\varphi_0 = 52^\circ 40' \quad \lambda_0 = -13^\circ 10'$$

Für den Beobachtungsort, der durch φ_0 und λ_0 charakterisiert ist, gilt T_0 :

$$T_0 \text{ (Eintritt)} = 1973 \text{ Dezember } 11., 1^h 15^m 9^s \text{ MEZ}$$

$$T_0 \text{ (Austritt)} = 1973 \text{ Dezember } 11., 2^h 01^m 9^s \text{ MEZ}$$

Die für die Berechnung von T für die unterschiedlichen durch φ und λ charakterisierten Beobachtungs-orte notwendigen Faktoren a und b sind

für den Zeitpunkt des Eintritts $a = -1^m 1$ $b = -2^m 7$

für den Zeitpunkt des Austritts $a = -1^m 7$ $b = +1^m 3$.

Die ortsabhängigen Korrekturgrößen a ($\lambda - \lambda_0$) und b ($\varphi - \varphi_0$) ergeben sich in Zeitminuten.

Mit Hilfe der Formel, der gegebenen Konstanten a und b und der Kenntnis der Koordinaten des Beobachtungsortes kann man ohne jede Schwierigkeit den genauen Zeitpunkt des Beginns und des Endes der Erscheinung für den eigenen Beobachtungsort berechnen.

Dr. S. MARX

Probleme kapitalistischer Raumfahrtforschung

KLAUS MARQUART

Die moderne Naturwissenschaft verdankt ihre Entstehung bekanntlich der gesellschaftlich progressiven Rolle des Bürgertums, einer Klasse, die am Fortschritt der Naturerkennnis interessiert und bereit war, die erkannten Naturgesetze technisch auszunutzen. Die Entwicklung der kapitalistischen Produktionsweise, die Erschließung der Naturschätze und neuer Erdteile sowie die Nutzbarmachung umfangreicher Naturkräfte bewirkte und erforderte zugleich die Entwicklung u. a. von Astronomie, Geologie, Geografie, Physik, Chemie, Biologie (1).

„Erst die Bourgeoisie hat bewiesen, was die Tätigkeit der Menschen zustande bringen kann. Sie hat ganz andere Wunderwerke vollbracht als ägyptische Pyramiden, römische Wasserleitungen und gotische Kathedralen.“ [2] Zugleich wurde dort [2] jedoch das Motiv aufgezeigt, das die Bourgeoisie massenhaftere und kolossalere Produktivkräfte schaffen ließ, als zuvor alle vergangenen Generationen zusammen: Die Jagd nach Profit.

„Das Bedürfnis nach einem stets ausgedehnteren Absatz für ihre Produktion jagt die Bourgeoisie über die ganze Erdkugel. Überall muß sie sich einmisten, überall anbauen, überall Verbindungen herstellen.“ [3]

Ziel jeder kapitalistischen Produktion, selbst bei einer gewissen Befriedigung der Bedürfnisse der Bevölkerung, ist ausschließlich die Erlangung maximalen Profits. Die Bourgeoisie kann nicht existieren, ohne die Produktionsinstrumente ständig weiter zu entwickeln, selbst auf die Gefahr hin, daß die Waffen, womit einst der Feudalismus geschlagen wurde, sich jetzt gegen die Bourgeoisie selbst richten.

Die Folgen davon sind einerseits Krisen und Kriege, in denen ein großer Teil der erzeugten Produkte samt den bereits geschaffenen Produktivkräften regelmäßig vernichtet wird oder die Eroberung neuer Märkte andererseits, siehe [3]. Die Krisensituation für die US-amerikanische Raumfahrtindustrie deutet kein geringerer als Werner von Braun. Auf die Meinung eines Journalisten, daß im Raumfahrtzentrum der NASA nach den Entlassungen und Produktionseinschränkungen eine Weltuntergangsstimmung herrsche, äußerte er:

„Ich glaube, wir sehen hier den Preis, den die freie Wirtschaft dafür zahlt, den freien Spiel der Kräfte Lauf zu lassen. Manche der entlassenen Leute werden ohne Zweifel auf den Arbeitsgebieten der Ökologie und Umweltverschmutzung wieder eine Stelle finden. Es gibt natürlich auch viele erstklassige Wissenschaftler und Techniker, die zur Zeit in großen Schwierigkeiten sind und vielleicht an einer Tankstelle arbeiten müssen. Vor kurzem fuhr mich ein Taxifahrer, der hier Physiker am Apollo-Programm war, und einen habe ich kennengelernt, der verkauft Grabstellen auf Friedhöfen und meint, das sei ein ganz sicherer Beruf.“ [4]

Die andere Seite des Problems, die Eroberung neuer Märkte, das Hoffen auf ergiebige Absatzgebiete fand seinen Ausdruck darin, daß die moderne bürgerliche Gesellschaft sich sofort der Entwicklung der Raumfahrttechnik zuwandte, als diese sich aus dem Bereich der Spekulativen und Phantastereien auf das Gebiet lukrativer Geschäfte hinzubewegen begann. Jedoch wird in der kapitalistischen Gesellschaft auch die Weltraum- und Raumfahrtforschung nur in dem Umfang betrieben, wie sich Aussichten auf direkten oder indirekten Profit erkennen lassen.

Neben der Unzahl durch die Raumfahrtforschung stimulierter neuer Techniken, Verfahren und Werkstoffe entsteht ein direkter Profit u. a. aus der Nutzung von Satelliten im Bereich der Nachrichtenübermittlung, der Wetterforschung, der Erkundung natürlicher Ressourcen, der Militärtechnik. Comsat z. B. veröffentlichte nur für den Bereich der Fernmelde-satelliten folgenden Geschäftsbericht:

Investitionen:	Einnahmen:
1965 7,5 Mill. Dollar	2 Mill. Dollar
1969 21,0 Mill. Dollar	29 Mill. Dollar
1971 32,0 Mill. Dollar	75 Mill. Dollar

Indirekter Profit erwächst aus allen Projekten und wissenschaftlichen Programmen, deren Hauptaufgabe in der Festigung oder Erhöhung des politischen, ökonomischen bzw. moralischen Prestiges imperialistischer Staaten besteht. Hierzu gehören in der Weltraum- und Raumfahrtforschung u. a. der Bau großer Spiegel- und Radioteleskope, die Suche nach außerirdischen Zivilisationen, bemannnte Flüge zum Mond und Sonden zu Venus, Mars und Jupiter. Projekte also, bei denen anscheinend rechthumaniäre, kaum aber profitable Motive ins Auge fallen.

Die geistigen Väter der Raumfahrtforschung dagegen billigten bereits vor Jahrzehnten ihren ganz persönlichen Vorstellungen und Plänen nur dann Realisierungschancen zu, wenn es ihnen gelang, sie mit der einzigen Zielstellung der kapitalistischen Gesellschaft zu verbinden: Erreichung höchster Profite! Bis auf Ziolkowski, der das große Glück hatte, seine Grundvorstellungen bereits einer den Sozialismus aufbauenden Gesellschaft darlegen zu können, waren alle anderen Pioniere der Raumfahrtforschung dazu verurteilt: „...den den Wölfen zu heulen“. Obwohl Hermann Oberth 1929 über seinen Weltraumspiegel schrieb: „Da nun ein solcher Spiegel leider auch hohen strategischen Wert haben könnte“ [5], bot er dieses Projekt dem preußisch-deutschen Heeresministerium mit direktem Hinweis auf eine militärische Verwendbarkeit hin an. Von Eugen Sänger stammt der Begriff der Waffenstrahlen, die als sogenannte Todesstrahlen bei Kriegen ihre Anwendung finden könnten, und Werner von Braun offerierte bekanntlich seine Raumstation auch als Atombombenträger.

Die gesellschaftliche Praxis des Kapitalismus hat diesen Raumfahrtexperten sogar Recht gegeben, denn die erste brauchbare Großrakete wurde bekanntlich nur ihrer militärischen Relevanz wegen produziert.

Dabei darf nicht übersehen werden, daß auch in den USA die Raumfahrt ausgangs der fünfziger Jahre bis weit in die sechziger Jahre hinein fast ausschließlich mit militärisch-politischen Gründen motiviert wurde, zumal auf diese Art und Weise der Steuerzahler schneller bereit war, finanzielle Opfer zu bringen.

„Wir müssen alles in unserer Macht stehende tun, um zu verhindern, daß die Russen sich des Weltraums bemächtigen und ihn kontrollieren.

Der Einsatz unbemannter Satelliten und der Abschuß bemannter Raumfahrzeuge sind nur dann angebracht, wenn man sich einen militärischen Vorteil davon versprechen kann.“ [6]

„Abschüttanzen auf der Rückseite des Mondes, die von der Erde aus nie direkt einzusehen wären, könnten Fernlenk-geschosse in Richtung Erde absenden“. [7]

„Wir suchen Freunde in den industriell unterentwickelten Ländern, in denen die kommunistische Weltanschauung eine große Anziehungskraft auf die zahlreichen so starken Schichten der hungerleidenden Bevölkerung ausübt. Und in unserem Kampf um die Anerkennung solcher neutralen Nationen kommt der erfolgreichen Durchführung von Weltraumprojekten die Bedeutung von gewonnenen und verlorenen Schlachten zu“. [8]

Hier findet sich nichts mehr von Himmelssehnsucht der Menschheit oder edlen humanistischen Zielen, hier geht es um harte Politik und lukrative Geschäfte, in denen die großen Monopole der westlichen Welt versuchen, sich auf Jahre hinaus Aufträge und Märkte zu sichern. Dabei spielte bekanntlich in den ersten Jahren der Raumfahrt für diese Monopole nationales Prestige überhaupt keine Rolle.

Ausdruck dessen war die allen bekannte Zerfahrenheit der amerikanischen Raumfahrtforschung, die große Anzahl von Fehlstarts, von Versagern und Mißerfolgen in den Jahren 1957 bis 1959. Westliche Presseorgane sprachen damals von dem gegenseitigen Abwerben von Wissenschaftlern, von Sabotage und härtestem Konkurrenzkampf zwischen den privaten Kapitalgesellschaften der USA.

In diesen Jahren ließen die verheerende Wirkung der zu erwartenden Waffenstrahlen, Weltraumspeigel und Atombombenträger und die bereits fliegenden Satelliten sowie Raketen einerseits, die von den aggressiven Kräften des Imperialismus gehetzt und ausgesprochenen kriegerischen Absichten andererseits viele bedeutende Wissenschaftler resignieren. Die Ausweglosigkeit der kapitalistischen Gesellschaft wurde als Ausweglosigkeit der gesamten Menschheit angesehen.

Unter diesem Eindruck brach Nobelpreisträger und Physiker Max Born den Stab über die Raumfahrt:

„Raumfahrt ist eine Ausübung der Lust nach Abenteuern, nach Befriedigung der Neugier... Es ist ein Sport, der heute militärisch wichtig ist und daher von den Trägern der politischen Macht gefördert wird. Ich sehe nicht, daß außer für

große Interessenten, die daran verdienen wollen, Weltraumfahrt zum materiellen Wohlstand der Menschen beitragen kann. ... Von diesem Standpunkt ist die Raumfahrt ein Triumph des Verstandes, aber ein tragisches Versagen der Vernunft.“ [9]

Abgesehen davon, daß die sozialistische Wissenschaft und Technik Borns Ausspruch in Theorie und Praxis widerlegt, macht stützlich, daß 15 Jahre später führende westliche Presseorgane bei einer recht tiefrückigen Einschätzung des Apollo-Programms trotz sechs recht erfolgreicher Mondexpeditionen zu ähnlichen Schlußfolgerungen gelangten:

„Es ist nützlich, sich heute nach Apollo der Worte des großen Physikers zu erinnern. Er hat hier fast in allen Punkten Recht behalten. Die Mondfahrt war eine Machtdeemonstration im technologischen Krieg und eine Waffe im kalten Krieg. Die wissenschaftlichen Ergebnisse, so eindrucksvoll sie sein mögen, waren nur Beiwerk.“ [10]

Warum plötzlich diese pessimistische Auslegung einst so gepriesen Plomiertaten?

In diesem Zusammenhang scheint interessant zu sein, zu untersuchen, was aus den Raumfahrtlerwartungen der herrschenden imperialistischen Kreise unter den Bedingungen des sich verändernden Kräfteverhältnisses auf unserer Erde geworden ist. Denn irgendwie liegt man zwischen den Zeilen, daß die Erfolge doch wohl recht beträchtlich hinter den Erwartungen zurückgelassen sein müssen, zumindest das die amerikanische Prestige betreffenden. Im Sommer 1969 hörte sich das alles noch ganz anders an:

„Für viele Amerikaner ist der gelungene Mondschuß zweifellos ein lang entbehrter Grund, die Flagge nicht nur zu zeigen, sondern mächtig zu schwingen. Er verschafft ihnen wieder Zutrauen zu dem schwer geschädigten American way of life – d. h. er läßt sie wieder glauben, dies sei immer noch das Land der unbegrenzten Möglichkeiten ...“ [11]

Auch Prof. Koelle aus dem Büro für Zukunftsplanung der NASA behauptete anfangs der sechziger Jahre noch, daß große benannte Raumstationen bereits 1969 existieren könnten und daß die Mittel und der Stand der Technik bis 1970 die Errichtung einer permanenten Station auf dem Mond erlauben würden. Es erschien ihm möglich, im Zeitraum von 1972 bis 1974 benannte Expeditionsflüge zu den Planeten starten zu können und 1975 für annähernd 5000 Personen Rundflüge in einer Erdumlaufbahn stattfinden zu lassen. Zusätzlich zu diesen Unternehmungen könnten im gleichen Zeitraum jährlich Reisen von der Erde zum Mond und zurück für annähernd 500 Menschen finanziert werden. [12]

Die im Staatshaushalt vorgesehene Gelder für die Raumfahrt sind im eigentlichen Sinne Indikator des Interesses, das dieser wissenschaftlich-technischen Disziplin von Seiten der herrschenden Klasse entgegengebracht wird. Bekanntlich wuchs von 1965 an dieses Budget in den USA ständig bis zu einem Höchstwert im Jahre 1965, um danach zuerst kleinere, in den letzten Jahren jedoch beträchtliche Kürzungen zu erfahren. Die Deutsche Presseagentur unriß dieses Problem recht drastisch, indem sie schrieb:

„Die Zeiten, in denen Regierung und Kongreß goldene Eier für die amerikanische Raumfahrt legten, sind endgültig vorbei. Die NASA rechnet damit, im Haushaltsjahr 1973/74 mit dem niedrigsten Etat seit 12 Jahren auskommen zu müssen. Die Entwicklung des Raumtransports ist von der Sparwelle betroffen, gestrichen wurde die astronomische Forschungsstation Heao, unter den Tisch fällt die Entwicklung neuer Nachrichtensatelliten, das soll die Privatindustrie künftig auf eigene Kosten tun. Nach neuen nuklearen Antrieben für Raumschiffe wird nicht weiter gesucht.“ [13]

Eingehende Untersuchungen der drastischen Kürzungen finanzieller Mittel, überhaupt die Reduzierung US-amerikanischer Raumfahrtprojekte lassen nur einen Schluß zu: Die ursprünglich erhoffte Steigerung des politischen Prestiges der USA und die Hoffnung, daß sich die Raumfahrt zum größten Geschäft aller Zeiten entwickeln werde, haben sich bisher als irreale erwiesen.

Aber gerade dieser Einsicht wegen sollte man einigen neuen Entwicklungstendenzen in der westlichen Raumfahrtindustrie größere Aufmerksamkeit schenken. Dort deutet sich an, daß führende Wirtschaftskreise ihre alten Ziele mit neuen Methoden besser zu erreichen hoffen.

Da in der Vergangenheit der imperialistische Staat fast die gesamte Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Raumfahrt entweder über die NASA oder aber über militärische Budgets finanziert hat, fel eine direkte privatkapitalistische Aneignung der Profite recht schwer. Da noch dazu bei allen auf Staatskosten entwickelten Verfahren und Produkten in den USA keine Lizizenzen vergeben werden, war die Monopolbildung in der Raumfahrtindustrie und das damit verbundene alleinige Beherrschen des Marktes nicht möglich.

Der Ausweg scheint nun gefunden. Seit einiger Zeit fällt das verstärkte Abwandern technisch-wissenschaftlicher Spitzenkräfte in die US-Privatindustrie auf. Werner von Braun verließ bekanntlich bereits vor fast zwei Jahren die NASA. Bemerkenswert erscheinen auch von Experten veröffentlichte Publikationen, die der Weltraum- und Raumfahrtforschung ein beachtliches comeback prophezeien, jedoch nur bei Abwendung von einer, wie sie sagen, „staatlichen Finanzierung und damit verbundener Bevormundung“ und einem Hineinwachsen in privates Unternehmertum.

In einem Interview beantwortete Kraft-Ehrcke die Frage, ob sich das Unternehmen „Weltraumfahrt“ eines Tages selber tragen können wird:

„Das ist durchaus möglich: dazu dürfte die Raumfahrt aber kein staatliches Unternehmen bleiben, sondern die Durchführung der Anwendungsaufgaben in der Raumfahrt müßten in private Unternehmerhände gelegt werden. Daß so etwas möglich ist, sehen Sie in den Nachrichtensatellitenvereinigungen INTELSAT und COMSAT, und es gibt für mich keinen Grund, daran zu zweifeln, daß es in der Zukunft nicht auch in Privathänden befindliche Post-, Archiv-, Ärzte- und natürlich Unternehmenssatelliten geben wird. Ich könnte mir z. B. vorstellen, daß Großunternehmen im Ruhrgebiet mit Großunternehmen in den USA direkten Kontakt haben wollen und daher über einen Satelliten Informationen schnell austauschen. Auch wäre es denkbar, daß es eines Tages eine Privatfirma gibt, die sich auf den Bau von Anwendungssatelliten spezialisiert. Wenn dann irgend eine Firma einen Satelliten benötigt, geht sie zu diesem privaten Satellitenunternehmen und kauft eine kleine Raumstation, wie sie heute zu Opel geht, um sich einen Wagen zu kaufen. In einem solchen Städte kann Raumfahrt mit Anwendungs- und kommerziellen Satelliten nicht nur finanziell selbsttragend, sondern als regelrechte Industrie zu einem Geschäft werden.“ [14]

Das sich bis jetzt abzeichnende dieser Entwicklung läßt folgende Deutung zu:

Nun, da die mit gewaltigen Mengen staatlicher Steuergelder erworbenen technischen und wissenschaftlichen Erkenntnisse der ersten 15 Raumfahrtjahre die Panzerschränke der Konzerne zu sprengen drohen, zieht man sich in Erwartung äußerst profitabler Geschäfte gern in private Unternehmertum zurück. Der Staat hat seine Schuldigkeit getan.

Zuvor allerdings verbreitet man in Presse und Funk recht düstere Raumfahrtprognosen, um über die so manipulierten Steuerzahler den Staat als eventuellen Konkurrenten ein für alle mal auszuschalten.

„Eines hat das Apollo-Unternehmen, mit dem die Menschheit sich einen ihrer ältesten Träume erfüllte, den, einmal ein anderes Gestirn zu betreten, erwiesen: Der Weltraum verweist die Menschen radikal auf sich selbst zurück. Nur von der Mutter Erde, nur von sich selbst haben sie etwas zu erhoffen. Der Weltraum um uns ist leer, tot und absolut lebensfeindlich. Ein anderes Fixsternsystem werden wir nie erreichen. Die Phantasien von dem Mond als Zufluchtsstätte für Menschen einer vergifteten oder überfüllten Erde sind erledigt.“

Das Apollo-Unternehmen war vielleicht die letzte faszinierende, glanzvolle Pionierleistung, das letzte große Abenteuer.“¹⁴
[18]

Und dennoch: Die gesellschaftlichen Widersprüche, in denen sich der Kapitalismus permanent befindet, konnten nicht und werden nicht durch neue Methoden gelöst. Sie verstärken sich nur noch, da gerade die Raumfahrttechnik ungeahnte Produktivkräfte zur Entwicklung bringt.

Diese Widersprüche fallen sofort ins Auge, wenn einige bereits im Jahre 1962 von Prof. Eugen Sänger dargelegten Antworten auf die Frage „Warum Weltraumfahrt?“ [15] mit der kapitalistischen Realität verglichen werden.

1. Technische Überwindung des Krieges und neue militärische Aufgabenstellung

Bekannt ist jedoch, daß auf der Erde heute durch das militärische Übergewicht des sozialistischen Lagers weder politische noch territoriale Forderungen mit Waffengewalt durchgesetzt werden können. Raumfahrt zur Durchsetzung aggressiver Absichten halten die Imperialisten selbst für wenig erfolgversprechend.

2. Erschließung neuer Möglichkeiten für Wissenschaft und Technik

Dieses Argument erscheint angesichts der permanenten kapitalistischen Überproduktion durch Absatzkrisen und bei der chronischen Nahrungsnot umfangreicher Produktionskapazitäten in den kapitalistischen Ländern für die Mehrheit der Bevölkerung wenig überzeugend.

3. Die „Steigerung der Industriellen Wettbewerbsfähigkeit“

erweist sich als noch augenscheinlichste Begründung bei dem harten Konkurrenzkampf auf dem kapitalistischen Weltmarkt und könnte für dort Gültigkeit besitzen.

4. Die Antwort „Notwendige Ausweitung des menschlichen Lebensraumes“

wirkt geradezu als Hohn gegenüber der Tatsache, daß die amerikanische Regierung jährlich Millionen Dollar zur Vernichtung von Lebensmitteln als Prämie an die Farmer bezahlt, die ihre Felder unbestellt lassen – ganz zu schweigen von den jahrelangen Einengungen des menschlichen Lebensraumes durch die systematische Verwüstung vietnamesischen Landes.

5. Reitung der Zivilisation bei Unbewohnbarwerden der Erde

Da ein natürliches Unbewohnbarwerden der Erde immerhin erst in kosmischen Zeiten erwartet werden kann, ein Profit also bei Rettungsstationen und Evakuierung der Menschheit vorläufig kaum zu erwarten ist, findet sich kein Konzern, der diesem Ziel zuarbeitet.

6. Die „Ausweitungstendenz des Machi- und Wissensbereiches der Menschheit“

hat dagegen schon einige, allerdings nur theoretische Befürworter gefunden.

7. Himmelssehnsucht der Menschen

Sängers „Himmelssehnsucht“ erscheint vielen Menschen genau wie die von Wernher von Braun zitierte „Neugier“ kein überzeugendes Motiv zur Erforschung des Weltraums zu sein.

„Der Hauptgrund, der uns zur Verwirklichung der Raumfahrtidee treibt, liegt ganz einfach in dem fundamentalen Drang, das Unbekannte zu erforschen ... Letztendliches ist diese unerklärliche Wißbegierde, die uns als Mensch von allen anderen Wesen der Schönung unterscheidet, der wirkliche Ansporn für alle Entdeckungsreisen und Forschungsprojekte. Und der Ansporn der Neugier ist stets wirksamer gewesen, als die Aussicht auf materiellen Gewinn und unmittelbaren praktischen Nutzen.“ [16]

Kein Kapitalist wäre bereit, zur Befriedigung der Neugier auch nur einen Dollar auszugeben, wenn nicht die Hoffnung damit verbunden werden kann, mindestens das Doppelte oder gar ein Vielfaches davon zurückzubekommen.
Denn wenn die Neugier den Menschen in die Erdumlaufbahn und zum Mond getrieben hat, warum treibt sie ihn dann nicht weiter zu Venus und Mars?

W. v. Braun ist ein guter Raketenkonstrukteur, Marx kann er jedoch nie gelesen haben, denn dann würde er, daß zwar die Neugier die Menschen charakterisiert, zum Forschen und Handeln jedoch trieb sie immer der Wunsch nach Verbesserung ihrer materiellen Lage. US-Raumfahrttechniker und amerikanische Journalisten glauben auch nicht so recht an das Neugier-Motiv und sprachen offen aus, daß evtl. nur ein neuer „Sputnik-Shock“ – etwa eine große militärisch anwendbare Raumstation der SU – der amerikanischen Weltraumfahrt noch einmal Auftrieb geben könnte. [17]
Wünschen wir den amerikanischen Technikern und Wissenschaftlern, daß es ihnen gelingen möge, ihren Geldgeber wieder Hoffnung auf Gewinn und Verdienst machen zu können, denn sonst würde die Entlassungswelle ihre Reihen weiter dezimieren. Für die Menschheit allerdings wäre zu hoffen, daß das Problem „Weltraumfahrt und Profit“ bald nur noch ein historisches sein wird.

Literatur:

- [1] R. Löther; Der Entwicklungsgedanke in der Geschichte der Naturerkundnis, Berlin 1965. – [2] K. Marx, F. Engels; Kommunistisches Manifest. – [3] Ebenda. – [4] W. von Braun; In: Der Spiegel vom 8. 2. 1971. – [5] H. Oberth; Wege zur Raumschiffahrt, München 1929, S. 355. – [6] W. Dornberger; In: E. Bergaust, Die Zukunft der Raumfahrt, Düsseldorf 1965, S. 163. – [7] H. A. Boushey; In: [6] S. 183. – [8] W. von Braun; In: E. Sänger, Raumfahrt wohin, München 1962. – [9] Max Born; Vortrag in Loccum, 3. 3. 1958. – [10] A. Bärwolf; Nach Apollo die interplanetarische Kapitulation. In: Die Welt vom 21. 12. 1972. – [11] H. Schreiber; Ein Sieg der sauberer Amerikaner. In: Der Spiegel vom 28. 7. 1960. – [12] E. Bergaust; Die Zukunft der Raumfahrt, Düsseldorf 1965, S. 118. – [13] In: Frankfurter Rundschau vom 30. 1. 1973. – [14] Kraft-Ehrcke; Umweltschutz vom Weltraum aus; In: X-Magazin, Stuttgart, 12/71. – [15] E. Sänger, Raumfahrt wohin, München 1962, S. 9 ff. – [16] W. von Braun; Aufgabe und Ziel der amerikanischen Raumfahrtprojekte; In: [5], S. 66. – [17] siehe [4]. – [18] K. Rudzinski; Die Monderoberung verweist auf die Erde zurück; In: Frankfurter Allgemeine v. 20. 12. 1972.

Aus der Literatur

Programm für den gemeinsamen Flug Sojus und Apollo

Bekanntlich ist der Start für den gemeinsamen Raumflug auf den 15. Juli 1975 festgesetzt. Mit dem Programm Sojus-Apollo wird die Absicht verfolgt, ein System zu entwickeln, das der gegenseitigen Hilfeleistung im Weltall im Fall einer Havarie eines amerikanischen oder sowjetischen Raumschiffes dient. Gegenwärtig ist auf Grund der Besonderheiten in der Konstruktion der Raumschiffe eine Annäherung und Kopplung im Weltall nicht möglich. Daher entstand der Gedanke, Verträglichkeitssysteme zu entwickeln, die sowjetischen und amerikanischen Raumschiffen künftig ermöglichen sollen, sich im Falle einer Havarie oder eines Unfalls gegenseitig zu Hilfe zu kommen.

Selbstverständlich werden „Sojus“ und „Apollo“ in ihrer Konstruktion weiter verbessert und abgeändert, weil sich herausgestellt hat, daß beispielsweise die Kopplungsaggregate, die Systeme zur Aufrechterhaltung der Lebenstätigkeit, des Aufstiegs, der Annäherung und der Verbindung zwischen den Raumschiffen nicht miteinander zu vereinbaren sind. Das ist auch nicht verwunderlich, weil die Raumschiffe in verschiedenen Ländern entwickelt wurden und der Austausch technischer Informationen erst kürzlich einsetzte.

Gegenwärtig ist auf Grund gemeinsamer Bemühungen schon viel für das künftige Experiment getan worden. Es wurde das Prinzip der peripheren Konstruktion der Kopplungsvorrichtung erarbeitet, wobei jedes der Raumschiffe bei der Kopplung eine aktive beziehungsweise passive Rolle spielt. Die Labortests dieser Vorrichtung erfolgten in der Sowjetunion im Dezember vorjähriges Jahres unter Mitarbeit von amerikanischen Fachleuten. Die Tests auf einem dynamischen Prüfstand werden voraussichtlich in Houston vorgenommen.

Die Raumschiffe Sojus und Apollo haben eine unterschiedliche Atmosphäre – die amerikanischen Raumfahrer atmen reinen Sauerstoff mit einem Druck von 260 Torr, die sowjetischen ein Gemisch, das in seiner Zusammensetzung der Luft nahekommt. Deshalb mußte eine besondere Übergangsraum geschaffen werden, der die Funktion einer Schleuse übernimmt. Diese Zelle wird im Raumschiff „Apollo“ eingebaut. Ehe die Raumfahrer aus einem Schiff in das andere umsteigen, werden sie sich in dieser Zelle den neuen Bedingungen anpassen. Außerdem haben wir beschlossen, das Luftgemisch von „Sojus“ etwas zu verändern. Das wird die Erreichung des gemeinsamen Ziels erleichtern; von den amerikanischen Kollegen wurde es hoch bewertet.

Die Zuverlässigkeit der Verbindung spielt im Experiment eine große Rolle. Die ausgewählten Funkfrequenzen stimmen mit jenen überein, auf denen die Verbindung während der vorausgegangenen Flüge der sowjetischen Raumschiffe erfolgte. Abgestimmt wurden auch die Impulsbaken und andere Geräte. Die Lage der Raumschiffe zueinander wird mit ausreichender Genauigkeit mit einer im Raumschiff „Sojus“ eingebauten Vorrichtung, dem sogenannten „Target“, festgestellt werden können.

Der Flug der beiden Raumschiffe wird folgendermaßen verlaufen: Das Raumschiff „Sojus“ wird zuerst starten. Wenn es die Umlaufbahn erreicht hat und nach siebeninhalb Flugstunden an Bord alle Geräte normal funktionieren, wird das Zeichen für den Start von „Apollo“ gegeben. Dieses Raumschiff wird die Rolle des aktiven Schiffes übernehmen und die Manöver für die Annäherung an das Raumschiff „Sojus“ ausführen. Für diese Manöver und für gegenseitige Messungen sind etwa 48 Stunden vorgesehen. Erst am Ende der 29. Erdumkreisung und zu Beginn der 30. werden die Annäherung und Kopplung der Raumschiffe erfolgen. Anschließend findet ein 48 Stunden dauernder gemeinsamer Flug statt. Vorgesehen ist ein Umsteigen der amerikanischen Raumfahrer in das Raumschiff „Sojus“ und der sowjetischen Mannschaft in das Raumschiff „Apollo“. Zuerst werden die Amerikaner der sowjetischen Raumschiffbesatzung zu zweit einen Besuch abstatten. Ein Raumfahrer wird im Raumschiff „Sojus“ bleiben, während der andere mit seinem sowjetischen Kollegen in das Raumschiff „Apollo“ zurückkehren wird.

Dann folgt das Auskoppeln der Raumschiffe, deren selbständiger Flug und die Rückkehr auf die Erde mit der Landung auf den üblichen Landeplätzen der Raumschiffe „Sojus“ und „Apollo“.

Aus „Trud“ vom 6. 4. 73 nach PdSU 23/73.

Die sowjetischen und die amerikanischen Besetzungen für den gemeinsamen Flug von Sojus und Apollo

Entsprechend dem Abkommen zwischen der UdSSR und den USA über die Zusammenarbeit bei der Erforschung und Nutzung des Weltraums für friedliche Zwecke wurden zur Vorbereitung und Durchführung des gemeinsamen Fluges des sowjetischen Raumschiffes Sojus und des amerikanischen Raumschiffes Apollo die Besetzungen für das sowjetische Haupt- und das Ersatzraumschiff Sojus wie folgt nominiert:

Erste Besetzung: die Helden der Sowjetunion A. A. Leonow und W. N. Kubassow;

zweite Besetzung: die Helden der Sowjetunion A. W. Filijtschenko und N. N. Rukawischnikow;

dritte Besetzung: die Raumfahrer W. A. Dshambekow und B. D. Andrejew;

vierte Besetzung: die Raumfahrer J. W. Romanenko und A. S. Iwantschenko.

Die USA wählten folgende Besatzung aus: Kommandant der Apollo-Kapsel der Astronaut Thomas P. Stafford; Pilot des Kommando-Moduls Vance D. Brand; Donald K. Slayton, Pilot des Docking-Adapters. Ersatzmannschaft: Alan L. Bean, Roland E. Evans und Jack R. Lousma.

Lunochod 2

Lunochod 2 war am 16. 1. 1973 von der automatischen Station Luna 21 auf der Mondoberfläche am östlichen Rande des Meeres der Heiterkeit im Krater Le Monnier abgesetzt worden. Entscheidend für die Wahl des Landungsortes war die Notwendigkeit, einen Komplex wissenschaftlicher Angaben über den Mond im Übergangsbereich Meer-Festland zu erhalten.

Im Laufe der ersten beiden Mondtage bewegte sich das automatische Laboratorium nach Süden in Richtung der Festland-Region. Nach einer eingehenden Untersuchung des Küsten-Bereichs setzte Lunochod 2 seine Fahrt in östlicher Richtung zu einem sich über 16 Kilometer von Norden nach Süden erstreckenden tektonischen Tiefenbruch fort. Der West- und der Osthang dieses Tiefenbruchs wurden eingehend untersucht. Das Mondfahrzeug hat bei seiner Fahrt auf schwierigem Gelände in fünf Mondtagen 37 Kilometer zurückgelegt. Die höhere Manövriereinfähigkeit und Beweglichkeit von Lunochod 2 ermöglichen es, eine um das 3,5fache längere Strecke zurückzulegen als Lunochod 1.

Mittels der an Bord installierten Fernsehapparatur wurden 86 Panorama-Aufnahmen und über 80000 Fernaufnahmen von der Mondoberfläche auf die Erde übermittelt. Von den interessantesten Besonderheiten im Gelände erfolgten stereoskopische Aufnahmen, die eine eingehende strukturelle Untersuchung ermöglichen.

Auf der Fahrstrecke erfolgten regelmäßig Messungen der physikalischen und mechanischen Eigenschaften der Oberflächenschicht des Mondbodens, mehrfach wurde eine Analyse der chemischen Zusammensetzung der Mondgesteine vorgenommen.

Die Messungen der Kennwerte der Korpuskularstrahlung solaren und galaktischen Ursprungs wurden fortgesetzt. Diese Experimente sind die Fortsetzung eines viele Jahre umfassenden Programms für die Erforschung der physikalischen Prozesse auf der Sonne, im interplanetaren und mondnahen Raum, das von vielen automatischen Stationen vorgenommen wird.

Während der ganzen Fahrt wurden die Veränderungen des Magnetfeldes sowie die Magnetisierung der Mondgesteine gemessen. Die ermittelten Werte zeigen, daß das Magnetfeld auf der Mondoberfläche nicht homogen ist. Der Magnetometer registrierte bedeutende Veränderungen der Spannung des Magnetfeldes in einzelnen Bereichen der Mondoberfläche. Die an verschiedenen Haltepunkten von Lunochod 2 gewonnenen Meßergebnisse liefern Informationen über das Internengefüge des Mondes bis zu Tiefen von mehreren hundert Kilometern.

Erstmals erfolgten von der Mondoberfläche Messungen der Leuchtkraft des Mondhimmels: wurden Experimente zur Laserortung von Lunochod durchgeführt. Die Experimente zur Messung der Leuchtkraft des Mondhimmels im sichtbaren und ultravioletten Bereich des Spektrums der elektromagnetischen Strahlung brachten aufschlußreiche Ergebnisse. Eine vorläufige Analyse zeigt, daß der Mond von einer Schicht aus Staubteilchen umgeben ist, die das direkte Sonnenlicht und das von der Erde reflektierte Licht stark zerstreuen.

Um das System für die Messung der selenographischen Koordinaten von kosmischen Mondstationen mittels Laser weiterzuentwickeln, war Lunochod 2 mit einem Empfangsgerät für Laserstrahlen „Rubin 1“ ausgestattet. In einigen Observatorien der Sowjetunion erfolgten Experimente zur Laserpeilung von Lunochod, die es ermöglichen, die selenographischen Koordinaten von Lunochod mit hoher Genauigkeit zu bestimmen.

Die Ergebnisse der wissenschaftlich-technischen Untersuchungen und Experimente von Lunochod 2 werden veröffentlicht.

Aus „Prawda“ (gekürzt) vom 4. 6. 73 nach PdSU 25/73.

EVP 1,50 M
PZV 31052

Austausch sowjetischer und amerikanischer Mars-Venus-Forschungsergebnisse

Von den beiderseitigen Delegationen wurden bei einer Beratung in Moskau ausgetauscht: Daten über die Marsatmosphäre (gewonnen durch Mariner 9 und Mars 2 und 3) sowie durch Radarvermessungen von der Erde her gewonnene Marsphemeriden (für das 1. Halbjahr 1974). Für zwei vereinbarte Landegebiete sowjetischer Marssonden übergab die NASA Detailkarten, die Sowjetunion übermittelte die Forschungsergebnisse von Venus 8. Vereinbart wurden ferner ein Informationsaustausch für den vorgesehenen Marinerflug zu Venus/Merkur 1974 sowie die Landeplätze für die Viking-Sonden. Die sowjetische Delegation leitete Akademiemitglied Prof. Dr. Georgi T. Petrow (Direktor des Instituts für Raumforschung), die amerikanische Dr. S. E. Rasool (NASA).

Radarvermessungen des Saturn

Bei Radarvermessungen des Saturn durch amerikanische Wissenschaftler ergab sich, daß der Saturnring aus größeren Gesteinsbrocken bestehen dürfte, weshalb die für den 1977 beginnenden Flug einer Mariner-Sonde zu Jupiter (1979) und Saturn (1981) vorgesehene Passage des Saturnrings unterbleiben soll. Da Saturn die Radarsignale bedeutend schwächer reflektiert als sein Ring, wird angenommen, daß der Planet eine Gaskugel von sehr geringer Dichte ist.

6¹⁹⁷³ Astronomie und Raumfahrt



INHALT

Zeitbestimmung durch den Amateur · Dr. Werner Pfau	161
Beobachtungsgrundlagen für den Kometen „Kohoutek“ = Komet 1973f · Dr. S. Marx	163
Untersuchung der optischen Eigenschaften des Schulfernrohres 63/840 vom VEB Carl Zeiss Jena · Herbert Niemz	166
Amateure beobachten und berichten	
Diskussionsbeitrag zu „Bestimmung des wahren Monddurchmessers und der mittleren Bahn- exzentrizität des Mondes mit amateurastronomischen Mitteln“ (Heft 1/73) · Jürgen Schulz	169
Beispielhafte Kooperation · A. Zenkert	171
Probleme der Zuverlässigkeit von Raumfahrtgerät · Dipl.-Ing. Manfred Sachse	172
Bildseiten	
Abb. zum Beitrag „Untersuchung der optischen Eigenschaften des Schulfernrohres 63/840“ I – IV	
Zu einigen Aufgaben und Ergebnissen des Einsatzes von Raumstationen · Karl-Heinz Neumann	178
Fernsehdirektempfang von Satelliten · Dipl.-Ing. H. D. Naumann	184
Aus der Literatur	
Neue Maximalwerte kosmischer Rotverschiebung gemessen — Sirius nur ein 2 fach-System	190
X-ogen weiter ein Rätsel — Die Venus, ein Spektrumvariabler — Sonneberger Dreifarben- photographie — Skylabstörungen werden untersucht	191
„Meteoreiten-Export“ aus Heidelberg	192
„Aerosat“-Satellitensystem für die Luftfahrt — Intelsat IV A — VR China schließt sich Intel- sat an	4. Umschlagseite
Ein Nestor der Astronomie · Prof. Dr. phil. nat. habil. Hermann Lambrecht wurde 65 Jahre	192
Planetensichtbarkeit 1974 · Heinz Albert	3. Umschlagseite
Redaktionsschluß: 21. September 1973	

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). Redaktionsansitz: 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 1973 mit 6 Heften. Bezugspreis einschließlich Zustellgebühr 9,00 M. Einzelheft 1,50 M. Bezug durch die Post oder den Buchhandel. Bestellungen aus dem Ausland sind zu richten an das Zeitungsvertriebsamt, Abt. Export, 1017 Berlin, Straße der Pariser Kommune 3 – 4.

Veröffentlicht unter Lizenznummer 1490/73 des Preseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR.

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

Zeitbestimmung durch den Amateur

Dr. WERNER PFAU

Im vergangenen Jahr erschien in dieser Zeitschrift ein Aufsatz von Ahnert, Bartl, Lindner und Wenzel unter dem Titel „Über den wissenschaftlichen Nutzen der Amateurastronomie“ [1]. Darin wird eine Reihe von astronomischen Vorgängen der Aufmerksamkeit des Amateurs empfohlen. In allen Fällen handelt es sich um veränderliche Vorgänge. Die Beobachtungen entsprechender Objekte lassen sich nur dann einer wissenschaftlichen Nutzung zuführen, wenn die exakte Beschreibung der Erscheinungen mit Angaben der Beobachtungszeit verbunden ist. Die letztere muß dabei in ihrer Genauigkeit der Zeitskala angepaßt sein, in der Veränderungen an den Beobachtungsobjekten merkbar sind. Das bringt keine Schwierigkeiten, solange es sich beispielsweise um die im zitierten Aufsatz erwähnten Spektalbeobachtungen von Novae oder Kometen handelt. Dabei wird nur eine Genauigkeit von einigen Stunden gefordert. Andererseits muß aber bei der Beobachtung von Sternbedeckungen die Zeit auf 0,1 Sekunde genau angegeben werden. Diese Forderung ist für den Amateur allein von der Zeitmessung her bestimmt problematisch.

Grundlage für die genaue Zeitbestimmung ist zunächst eine zuverlässige Uhr. Um den Ausdruck „zuverlässig“ zu erläutern, sollen drei Begriffe eingeführt werden. Unter dem Stand einer Uhr versteht man in der Astronomie die Zeitdifferenz

genaue Zeit minus angezeigte Zeit,

den Betrag also, um den die Uhr „falsch geht“. Unter Berücksichtigung des Vorzeichens läßt sich der Stand an die angezeigte Zeit anbringen und ergibt die genaue Zeit. Die Ermittlung des Standes ist durch Anschluß an ein Rundfunkzeitzeichen möglich. Die Methoden dazu werden weiter unten noch erläutert. Der Gang einer Uhr beschreibt die tägliche Änderung des Standes in Sekunden pro Tag, sagt also aus, um wieviel die Uhr zu schnell oder zu langsam geht. Bei einer guten Uhr kommt es nun nicht auf den Stand und wenig auf den Gang an, wichtig ist vor allem, daß der Gang konstant, die so genannte Gangänderung möglichst klein ist. Der Stand S_1 zur Zeit t_1 , und damit die genaue Zeit selbst, ist rechnerisch aus dem Gang G und aus dem Stand S_0 zur Zeit t_0 bestimmbar:

$$S_1 = S_0 + G(t_1 - t_0).$$

Voraussetzung ist bei diesem Ansatz jedoch, daß der Gang konstant war und die Uhr keine unkontrollierten Sprünge gemacht hat. Falls Zeitbestimmungen häufiger auftreten, sollte der Amateur den Stand und den Gang seines als Hauptuhr benutzten Zeitmessers regelmäßig bestimmen und in einem Uhrenbuch festhalten.

Wie läßt sich nun der Moment, in dem ein bestimmtes Ereignis eintritt, an die Uhr anschließen? Das Ereignis kann dabei die eigentliche astronomische Beobachtung sein, es kann sich aber auch um einen Ton des Rundfunkzeitzeichens handeln, falls nämlich die Uhr mit diesem verglichen werden soll. Befindet sich die Uhr in Hör- bzw. Sichtweite vom Beobachter, so ist der Anschluß nach der sogenannten Auge-Ohr-Methode möglich. Es müssen dazu die Schläge der Uhr still mitgezählt und der Moment des Eintretens des beobachteten Ereignisses in die Schlagfolge nach Zehntelsekunden eingeschätzt werden. Voraussetzung ist die Benutzung einer Uhr mit Sekunden- oder Halbsekunden-schlägen, Taschen- oder Armbanduhren ticken zu schnell. Mit einiger Übung lassen sich bei diesem Vorgehen Zeitangaben auf 0,1 Sekunde machen. Eine andere Möglichkeit besteht in der Übertragung mit einer Stoppuhr. Die Uhr wird dazu mit dem Ereignis gestartet und zu einer bestimmten, von der Hauptuhr angezeigten Zeit gestoppt. Die auf die Hauptuhr bezogene Beobachtungszeit ergibt sich dann durch Subtraktion der an der Stoppuhr abgelesenen Zeitdifferenz von der zum Stoppen gewählten Zeit. Bei diesem Verfahren ist Vorsicht geboten, falls mit der Stoppuhr ein längerer Zeitraum überbrückt werden soll. Die reine Ablesegenaugigkeit ist bei den meisten Typen 0,1 Sekunde, und das verführt leicht dazu, die tatsächliche Genauigkeit zu überschätzen. Nehmen wir an, daß der Gang der Stoppuhr infolge Fehlregulierung nur 30 Sekunden am Tag beträgt, so ergibt das schon nach knapp fünf Minuten einen Fehler von 0,1 Sekunde. Für eine Uhr, die nicht besonders gewartet wird, ist ein Gang in der angenommenen Größe noch nicht zu hoch gegriffen. Zusätzliche Fehler entstehen dadurch, daß die Federspannung einer Stoppuhr bald nachläßt, so daß der Gang abhängig von der Laufdauer wird. Das ist zu berücksichtigen, falls der Gang ermittelt und später zu Korrekturen benutzt werden soll.

An den Instituten, die sich aus wissenschaftlichen Gründen mit Zeitmessungen beschäftigen, werden Zeitpunkte mit Chronographen registriert. Das waren früher Geräte, die mit Morseapparaten Ähn-

lichkeit hatten. Ein schmaler Papierstreifen wurde gleichmäßig an zwei Nadeln oder Schreibfedern vorbeigezogen. Bei Betätigung von Elektromagneten konnten Marken auf den Streifen gebracht werden. Die eine Nadel bzw. Feder hielt die Sekunden- oder Zweisekundenschläge der Uhr, die andere die jeweils zu markierenden Zeitmomente fest. Durch Ausmessung der Registrierstreifen ergab sich die Zeit auf 0,01 Sekunde. Die Konstruktion dieser Art von Chronographen ist einfach und könnte vielleicht den einen oder anderen Amateur zum Selbstbau anregen. Moderner sind die Druckchronographen. Bei diesen rotieren zahlenbesetzte Druckwalzen, die gleichsam die Zeiger einer Uhr darstellen. Den Antrieb besorgt ein Synchronmotor, der aus einer Quarzuhr mit Wechselspannung konstanter Frequenz gespeist wird. Ist ein Zeitmoment festzustellen, so drucken die Walzen ihre momentane Stellung auf einen Papierstreifen und die Zeit kann unmittelbar abgelesen werden.

Bei den modernsten Entwicklungen wird eine elektronisch erzeugte Impulsfolge hoher Frequenzkonstanz gezählt. Damit entstehen die Zeitangaben direkt digital, ohne den Umweg über eine analoge Größe wie sie zum Beispiel der Drehwinkel der Druckwalzen darstellt.

Weiter oben ist bereits der Begriff des Rundfunkzeitzeichens erwähnt worden. Diese Zeitzeichen realisieren mit möglichst guter Annäherung unser, durch Konvention festgelegtes Zeitsystem. Auf diese Zeitzeichen müssen die Beobachtungszeiten bezogen werden. Das geschieht mit Hilfe der oben beschriebenen Verfahren des Anschließens von Ereignissen an die Hauptuhr. Die letztere dient also eigentlich nur als Mittler. Von den Zeitzeichen sind die von den Rundfunkstationen ausgestrahlten Kurzzeitzeichen von besonderer Bedeutung, da sie einfach und deutlich zu empfangen sind. Die Signalfolge dauert meist weniger als 30 Sekunden. Sie besteht aus Sekundentönen von je 0,1 Sekunde Dauer, die volle Minute ist durch einen längeren Ton (0,5 Sekunden) gekennzeichnet. Die ansteigende Flanke des Impulses entspricht dem jeweiligen Moment. Das von den Rundfunksendern der DDR ausgestrahlte Zeitzeichen stammt aus dem Amt für Standardisierung, Maßwesen und Warenprüfung. Es beruht auf den Schwingungen einer sehr genauen Quarzuhre, die zudem noch laufend mit anderen europäischen Zeitsignalen verglichen wird. Neben den vom DDR-Rundfunk fast ständig ausgestrahlten Zeitsignalen gibt es noch zahlreiche ausländische Zeitzeichen. Angesichts der Häufigkeit und der günstigen Empfangsbedingungen der DDR-Sendungen lohnt es sich jedoch nicht, sich um den meist schwierigeren Empfang anderer Zeitsignale zu bemühen. Außer den Kurzzeitzeichen kennt man Dauerzeitzeichen, die von einigen Stationen ganzjährig oder höchstens mit kurzen Unterbrechungen gesendet werden. Auch hier sind die vollen Minuten wieder durch längere Töne hervorgehoben.

Im Prinzip besteht die Möglichkeit, diese dauernd zu empfangenden Signale direkt als „Hauptuhr“ zu benutzen. Die für uns wichtigsten von ihnen sind deshalb in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Dauerzeitzeichen:

Bezeichnung der Station	Land	Sendefrequenz (in kHz)
OMA	ČSSR	50
HBG	Schweiz	75
DCF	BRD	77,5
OLB ₅	ČSSR	3170
DIZ	DDR	4525

Ein Blick auf die Frequenzen lehrt allerdings, daß alle Sender außerhalb der im Hörrundfunk gebräuchlichen Bänder liegen. Zum Empfang werden also ein Spezialempfänger oder ein Konverter als Zusatz zu einem üblichen Rundfunkgerät benötigt. Es besteht dann sogar die Möglichkeit, das Zeitzeichen, Zeitmarkierungen des beobachteten Vorgangs und gesprochene Kommentare gleichzeitig auf Tonband festzuhalten. Die Festlegung des Zeitmomentes durch Einschätzen der Marke in die Sekundentöne kann dann nachträglich und in Ruhe erfolgen. Bei einer entsprechenden, in der Literatur [2] gegebenen Lösung werden die Zeitmarken durch Tasten eines Tongenerators erzeugt. Zeitzeichen, Zeitmarken und gesprochenen Text führt ein passives Mischglied zusammen, bringt sie auf vergleichbare Lautstärke und leitet sie in das Tonbandgerät. Die verwendete Schaltung, auch für den Tongenerator, ist sehr einfach. Auch hier bieten sich für den geschickten Amateur Möglichkeiten. Allerdings ist zu bedenken, daß bei dieser Lösung, so elegant sie auch ist, die Gefahr besteht, daß irgendwelche Empfangsstörungen die Registrierung der Zeit gerade im entscheidenden Moment verhindern.

Im Zusammenhang mit seinen Beobachtungen braucht sich der Amateur nicht um die genaue Definition unseres Zeitmaßes zu kümmern. Sicher sind die Grundlagen des Zeitsystems aber von allgemeinem Interesse und sollen deshalb kurz dargelegt werden.

Seit 1967 ist die Sekunde nicht mehr durch die Länge eines tropischen Jahres bestimmt. Sie beruht jetzt vielmehr auf Schwingungsvorgängen in den Atomen eines Caesium-Isotops, für die eine Frequenz in der Form Anzahl von Schwingungen pro Sekunde festgelegt worden ist. Zählung der Schwingungen in Atomuhren liefert somit die Sekundenlänge. Selbstverständlich hat man die „Atomsekunde“⁴ in ihrer Länge so gut als möglich an die frühere Definition der Sekunde angepaßt. Trotzdem ist noch ein, auf die Erdrotation bezogener Nullpunkt für die Zählung festzulegen, um die Atomzeit nicht unabhängig von den astronomischen Gegebenheiten werden zu lassen. Die aus der Beobachtung von Sterndurchgängen durch den Meridian ermittelte Zeit bildet kein gleichförmig ablaufendes Maß, der als Zeiger einer Uhr aufgefaßte Meridian eines Beobachtungsortes läuft nicht gleichmäßig um. Das hat zwei Ursachen. Erstens verändert die Rotationsachse der Erde im Laufe der Zeit geringfügig ihre Lage im Raum, und zweitens unterliegt die Rotationsdauer des Erdkörpers infolge innerer Massenverschiebungen und damit Drehmomentänderungen jahreszeitlichen Schwankungen. Unsere im bürgerlichen Leben benutzte Zeit bezieht sich auf die von den Einflüssen der Polbewegung befreiten astronomischen Zeitbestimmungen als Nullpunkt. Der Zeitablauf erfolgt nach Atomsekunden. Diese Zeit wird als koordinierte Weltzeit TUC (französisch: temps universel coordonné) bezeichnet und wird mit den Rundfunkzeitzeichen ausgestrahlt. Durch Sprünge um ganze Sekunden sorgt man dafür, daß die Skala TUC und die unter Berücksichtigung der Polwanderung astronomisch abgeleitete Zeit höchstens um 0,7 Sekunden differieren. Vereinbarungsgemäß dürfen bei Bedarf solche Sekundensprünge am 1. Januar und am 1. Juli eines jeden Jahres durchgeführt werden. Entsprechende Meldungen sind zu Jahresbeginn durch unsere Presse gegangen.

Literatur:

- [1] Astronomie und Raumfahrt 1972, Heft 6, Seite 165.
- [2] Sky and Telescop 27, 314 (1964).

Beobachtungsgrundlagen für den Kometen „Kohoutek“ = Komet 1973

Dr. S. MARX

Am 7. März 1973 entdeckte L. Kohoutek mit dem Schmidt-Teleskop der Hamburger Sternwarte einen Kometen. Zum Zeitpunkt der Entdeckung hatte das Objekt eine scheinbare Helligkeit von 16 Größenklassen. Die Durchsicht älterer Aufnahmen zeigte, daß der Komet bereits auf einer Platte vom 28. Januar 1973 verzeichnet war. Aus den Berechnungen der Kometenbahn geht hervor, daß das Objekt der Sonne sehr nahe kommt und möglicherweise eine sehr spektakuläre Erscheinung werden kann.

Auf der Grundlage weiterer Positionsbeobachtungen wurden die Bahndaten des Kometen 1973f berechnet:

$$T = 1973 \text{ Dezember } 28,7$$

$$\omega = 37,8$$

$$\Omega = 257,9$$

$$i = 14,3$$

$$q = 0,141 \text{ AE}$$

Zum Zeitpunkt des Periheldurchgangs (T) wird sich der Komet der Sonne bis auf 0,141 AE ($q = 0,141 \text{ AE} = 21 \cdot 10^6 \text{ km}$) nähern, d. h. das Perihel liegt innerhalb der Merkurbahn (s. Abb. 1).

Diese Sonnennähe läßt eine große scheinbare Helligkeit erwarten. Allerdings ist die Vorausberechnung der Maximalhelligkeit und des zeitlichen Helligkeitsverlaufs mit einer erheblichen Unsicherheit behaftet. Diese liegt einmal in den Ungenauigkeiten der Bahndaten, zum anderen aber im wesentlichen in der Unkenntnis der absoluten Größe des Kometen. Die Tabelle 1 (Spalte 4 bis 7) gibt erwartete Helligkeitsverläufe unter verschiedenen Annahmen. Man erkennt, daß die Maximalhelligkeit in einem breiten Intervall liegen kann.

Tabelle 1

164

Datum	Rektaszension 1973 f	Deklination 1973 f	Erwartete scheinbare Helligkeit	Sonnen- aufgang	Kometen- aufgang	Sonnen- untergang	Kometen- untergang	Höhe des Kometenhöhe	Azimut Kometen	Zeit für -12° Sonnenhöhe			
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
1973 Okt. 30.	11h35m	- 7°3					7h03m	3h39m		16°17'	308°	5h40m	
Nov. 04.	11h32m	- 8°8	6.6	6.3	2.1	1.5	7h13m	3h40m		17°15'	312°	5h40m	
09.	11h46m	- 10°4					7h22m	3h45m		17°22'	315°	5h58m	
14.	12h13m	- 12°2					7h32m	3h52m		16°27'	319°	6h05m	
19.	12h33m	- 14°2					7h41m	4h04m		15°56'	321°	6h13m	
24.	12h55m	- 16°4	3.8	4.1	1.6	1.1	7h49m	4h20m		14°56'	323°	6h20m	
29.	13h22m	- 18°7					7h57m	4h42m		11°50'	324°	6h27m	
Dez. 04.	13h54m	- 21°1					8h05m	5h10m		9°1	324°	6h35m	
09.	14h33m	- 23°4					8h11m	5h15m		5°8	322°	6h38m	
14.	15h32m	- 25°2	- 1.0	0.9	1.2	0.6	8h16m	5h27m		15°8	318°	6h45m	
19.	16h16m	- 26.01	- 3.1	- 0.7	1.1	0.4	8h20m	7h11m		- 25	312°	6h47m	
24.	17h22m	- 25.73	- 6.4	- 2.8	1.1	0.3	8h23m	7h50m		-	-	-	
27.	18h09m	- 23.75	- 10.8	- 3.3	0.9	0.1	8h24m	8h11m	15h50m	15h35m	-	-	
30.	19h06m	- 20.93					8h24m	8h32m	15h52m	16h34m	- 636	64°	17h21m
1974 Jan. 03.	19h56m	- 17.75	- 6.3	- 2.8	0.9	0.3			15h57m	17h35m	-	59°	17h29m
08.	20h55m	- 13.75	- 3.3	- 0.9	0.9	0.4			16h03m	18h39m	0159	53°	17h31m
13.	21h32m	- 8.9	- 1.5	0.1	0.9	0.6			16h09m	19h39m	1657	49°	17h39m
18.	22h49m	- 4.70							16h14m	20h46m	2473	45°	17h44m
23.	23h40m	+ 0.76							16h21m	21h27m	3079	41°	17h51m
28.	0h02m	+ 4.76							16h37m	22h25m	3671	38°	17h55m
Fehr. 02.	0h59m	+ 7.77	1.0	1.4	1.1	1.2			16h46m	22h48m	3937	37°	18h07m
07.	1h29m	+ 10.01							16h58m	22h52m	4222	35°	18h15m
12.	1h56m	+ 12.70							17h04m	23h38m	4377	39°	18h23m
17.	2h16m	+ 13.75							17h15m	23h45m	4453	43°	18h32m
22.	2h35m	+ 14.77	5.9	5.7	1.6	1.4			17h26m	23h55m	4474	46°	18h41m
27.	2h51m	+ 15.77							17h34m	23h57m	4539	51°	18h49m

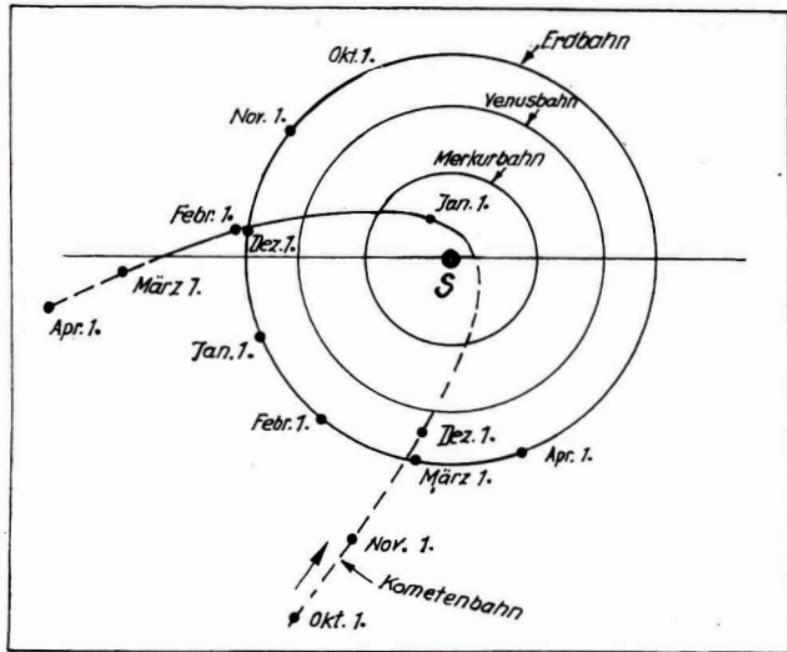


Abb. 1: Bahn des Kometen 1973f

Die Helligkeit des Kometen wird aber auf alle Fälle ausreichen, um ihn mit einfachen Mitteln visuell und fotografisch zu beobachten. Wertvolle Beobachtungen werden u. a. solche sein, die Aussagen machen

- über den tatsächlichen zeitabhängigen Helligkeitsverlauf,
- über den Durchmesser des Kometenkopfes,
- über die veränderliche Ausdehnung und Struktur des Schweifes,
- über mögliche kurzzeitige Strahlungsausbrüche.

Aus der Tabelle kann man neben dem möglichen Helligkeitsverlauf weiterhin folgende Daten für die Beobachtung des Kometen Kohoutek entnehmen:

Spalte 2 und 3: Rektaszension und Deklination des Kometen

Spalte 8 und 10: Auf- bzw. Untergangszeit der Sonne für Berlin

Spalte 9 und 11: Kometenauf- bzw. Kometenuntergangszeit für Berlin

Spalte 12 und 13: Höhe und Azimut des Kometen für den Zeitpunkt, an dem die Sonne sich 12° unter dem Horizont befindet

Spalte 14: Zeitpunkt für die Angaben der Spalten 12 und 13.

Die Redaktion unserer Zeitschrift ist sehr an der Veröffentlichung guter Aufnahmen des Kometen 1973f interessiert. Es werden deshalb alle Amateure aufgerufen, Aufnahmen des Kometen einzusenden. Den Bildern (Veröffentlichungen werden honoriert) sollten folgende Daten beigegeben sein: Aufnahmezeit — Belichtungszeit — Daten des verwendeten Instrumentes — verwendetes fotografisches Aufnahmematerial.

Die Veröffentlichung der Kometenaufnahmen soll Erfahrungsaustausch und Anregung für die fotografische Beobachtung sein.

Die Aufnahmen sind zu senden an Dr. Siegfried Marx, 69 Jena, Schillergäßchen 2, Universitätssternwarte.

Untersuchung der optischen Eigenschaften des Schulfernrohres 63/840 vom VEB Carl Zeiss Jena

HERBERT NIEMZ

In der Zeit von 1973 bis 1975 werden die Oberschulen der DDR zur Verbesserung der obligatorischen Schülerbeobachtungen im Astronomieunterricht das neue Schulfernrohr „Telementor“ aus zentralen Mitteln erhalten. „Telementor“ besitzt ein AS-Objektiv 63/840. Außerdem legte die Staatliche Abnahmekommission für Unterrichtsmittel den Umfang der Normalausrüstung fest. Danach ist das Instrument mit 3 Okularen (orthoskopisch und Huygens; davon eines mit Strichkreuz) und mit einem Sonnenprojektionsschirm ausgerüstet. Das Fernrohr steht mit seiner Montierung auf einem mit Dosierbelle versehenem Holzdreibeinstativ. Die Montierung erlaubt die wechselweise Aufstellung im Horizontalsystem oder die parallaktische. Die Teilkreise für beide Koordinatensysteme sind farbig unterschieden.

Der Refraktor ist nicht nur für den Astronomieunterricht hervorragend geeignet, er bietet auch alle Möglichkeiten für eine interessante Arbeitsgemeinschaftstätigkeit und zu Beobachtungen für die Öffentlichkeit, aber auch für die Arbeit in jenen Fachgruppen Astronomie des Kulturbundes, die noch über kein eigenes Instrument verfügen. Zahlreiche Amateurastronomen der Fachgruppen haben sich für die Leitung von Schülerarbeitsgemeinschaften oder von Jugendgruppen zur Verfügung gestellt. Gerade sie interessiert: Welche Qualität besitzt die Optik des neuen Schulfernrohrs?

Der folgende Beitrag des Mitarbeiters der Sternwarte Bautzen (an der u. a. das Schulfernrohr eingehend geprüft wurde), soll diese Frage beantworten.

Die Redaktion

Die Leistungsfähigkeit eines Fernrohrs wird maßgeblich durch das Auflösungsvermögen seines Objektivs bestimmt. Die theoretische Leistungsgrenze ist jedoch nur annähernd erreichbar, wenn es gelingt, die wichtigsten geometrisch-optischen Abbildungsfehler sehr klein zu halten. Nachfolgend werden die mit einfachen Mitteln und Verfahren durchgeföhrten Untersuchungen eines Schulfernrohrobjectivs beschrieben. Die Abb. 1, 2, 3, 5, 6 finden Sie auf den Bildseiten I – IV.

Vorbereitungen

Zur Durchführung der FOUCAULTschen Schneidenmethode und zur Bestimmung von Brennweiten bzw. Längsabberationen wurde vom Autor ein spezielles Prüfgerät konstruiert und hergestellt. Mit einer feingängigen Mikrometerschraube kann die Schneide allmählich über das winzige Beugungsscheibchen von 0,018 Millimeter Durchmesser bewegt werden. Das Gerät ist beiderseitig mit metrischem Feingewinde M 44 × 1 nach TGL 7907 versehen und paßt somit an alle astronomischen Zeiss-Instrumente und deren Zubehör. Durch entsprechende Zwischenringe läßt sich eine zuverlässige Verbindung mit Kleinbild-Spiegelreflexkameras und einigen Kameraobjektiven herstellen.

Für sämtliche Untersuchungen benötigt man eine Punktlichtquelle. Bereits die geringste Szintillation bewegt und verformt jedoch das vom Objektiv erzeugte Beugungsscheibchen, so daß die außerordentlich zarten Lichterscheinungen der in einem sehr kleinen Toleranzbereich liegenden Abbildungsfehler nicht mehr wahrnehmbar sind. Im Scheitelpunkt ist die Luftruhe am geringsten, man verwendet deshalb als Lichtquelle im allgemeinen einen hellen Stern in Zenitnähe.

Zum Fotografieren der Erscheinungen sind mitunter längere Belichtungszeiten notwendig, weil mit Metallinterferenzfiltern, extremen Okularvergrößerungen und feinkörnigen (unempfindlichen) Fotoemulsionen gearbeitet werden muß. Das bedarf einer erschütterungsfreien, sehr genau justierten Instrumentenaufstellung mit synchronisierter Nachführung.

Um den vielen Schwierigkeiten auszuweichen und von der Witterung unabhängig zu sein, erfolgten die Untersuchungen mit einem „künstlichen Stern“. Im 1000fachen der Objektivbrennweite, in etwa 800 m Entfernung, wurde eine Halogenleuchte von 150 Watt Leistung mit einer Lochblende von fünf Millimeter Durchmesser installiert. Diese Quasi-Punktlichtquelle (der Blendendurchmesser blieb unter dem Auflösungsvermögen des Objektivs) war ungewöhnlich hell und ermöglichte jederzeit ein komplikationsloses Arbeiten. Anstelle dieses „künstlichen Sterns“ kann auch ein Kollimator benutzt werden.

Untersuchung der sphärischen Aberration

Das einfachste und zugleich genaueste Verfahren zur Prüfung des Öffnungsfehlers bei Linsen- und Spiegelobjektiven ist die FOUCAULTsche Schneidenmethode. Sie offenbart noch sphärische Flächen-

fehler von 10^{-4} mm. Die Durchführung ist verhältnismäßig unkompliziert. Soll die Erscheinung nur visuell beobachtet werden, so genügt es, eine Rasierklinge mit der Hand in den Strahlengang einzuführen.

Blickt man ohne Okular in das auf die Punktlichtquelle gerichtete Fernrohr, so erscheint das ganze Objektiv hell erleuchtet. Bringt man nun das Auge hinter den Ort des Bildpunktes und führt eine Schneide zwischen Objektiv und Bildpunkt von der Seite in den Strahlengang ein, so erfolgt eine fortschreitende Verdunklung des Objektivs von der gleichen Seite. Eine Abschattung von der entgegengesetzten Seite läßt erkennen, daß sich die Schneide zwischen Bildpunkt und Auge bewegt. Schiebt man die Schneide exakt an der Stelle des Bildpunktes in den Strahlengang, dann verdunkelt sich bei aberrationsfreier Abbildung das ganze Objektiv schlagartig. Wird die Schneide nochmals ganz langsam in den Bildpunkt geführt, so erblickt man auf der Oberfläche des Objektivs ein Relief, das von der Seite, welche der Schneide gegenüber liegt, beleuchtet erscheint. Die kleinsten Abweichungen werden riesenhaft überhöht sichtbar.

Das Erkennen des Reliefs bereitet bei einem kleinen Objektiv erhebliche Schwierigkeiten, es mußte deshalb zuerst an einem fehlerhaften Feldstecherobjektiv der zu erwartende Effekt studiert werden. Beim Fotografieren der Erscheinungen traten erneut Probleme auf, weil Film und Auge in verschiedenen Spektralbereichen optimal empfindlich sind. Mit einem Metallinterferenzfilter (IF 550 nm) gelang die Festlegung beider Strahlungsempfänger auf einen engen gemeinsamen Spektralbereich, allerdings rufen Schlieren und kleinste Verunreinigungen des Filters Beugungerscheinungen hervor, die sich auf den Abbildungen als Ringe bemerkbar machen.

Die Abb. 2 zeigt die gewonnenen Fokogramme.

Untersuchung der chromatischen Aberration

Beim zweilinsigen AS-Objektiv des Schulfernrohrs besteht in der Bildebene vollständige Achromasie für die beiden Farben Rot und Blaugrün, und zwar für die den FRAUNHOFERschen Linien C und F entsprechenden Wellenlängen von 656 und 486 Nanometern. Die Wellenlängen des Spektralbereichs unter 486 Nanometern besitzen einen positiven und die des Bereichs zwischen 486 und 656 Nanometern einen negativen Restfehler des Farbortes, der sich bei der Beobachtung als sekundäres Spektrum bemerkbar macht.

Dieser für ein visuelles Objektiv typische Korrektionszustand läßt sich auf folgende Weise qualitativ demonstrieren.

Auf ein gut achromatisches Okular wird anstelle der Augenmuschel ein Okularspektroskop geschraubt und dahinter die dazugehörige Zylinderlinse mit 12 Dioptrien aufgesteckt. Beobachtet man mit dieser Kombination den vom Objektiv entworfenen Bildpunkt der Punktlichtquelle, so erscheint das Spektrum als Band mit zwei Einschnürungen bei den Linien C und F, entsprechend den Farben für die das Objektiv chromatisch korrigiert ist [4; 337].

Zur fotografischen Aufzeichnung wurde eine Kleinbild-Spiegelreflexkamera mit Zwischenringen hinter der Kombination befestigt. Auf der Abb. 3 erkennt man an der starken Spreizung des Bandes den größeren positiven Restfehler des Farbortes im blauen und die kleinere negative Farbabweichung im roten Spektralbereich. Auf der überbelichteten Aufnahme wurden auch die weniger empfindlichen Bereiche des Filmmaterials exponiert.

In der Absicht, durch unmittelbare Messungen zu einer quantitativen Aussage zu gelangen, wurden nachstehend beschriebene Versuche unternommen.

Der vom Objektiv erzeugte Bildpunkt des künstlichen Sterns mußte mit stärkster Okularvergrößerung betrachtet werden. Dabei hielt der Beobachter nacheinander verschiedene Metallinterferenzfilter zwischen Auge und Okular. Nach jedem Filterwechsel erfolgte eine erneute Scharfeinstellung des Bildpunktes. Dabei sollte die chromatische Längsabberation aus den Verstellungen des Okularauszuges gemessen werden. Es zeigte sich jedoch, daß die Akkommodation des Auges und die chromatischen Fehler des Auges und des Okulars größer sind als die Abweichungen des AS-Objektivs.

Überlegungen führten zu einem anderen Versuch. An die Stelle des Okulars trat das bereits beschriebene Schneidenprüfgerät. Der Beobachter brachte Auge und Filter dicht hinter die Schneide. Im nahezu monochromatischen Licht jedes Filters konnten die Schnittweiten der Bildpunkte für die

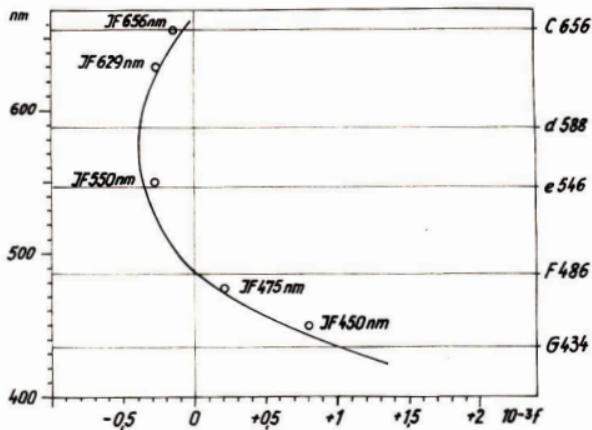


Abb. 4:
Chromatische Aberration
der AS-Objektive.

entsprechenden Wellenlängen mit der beachtlichen Genauigkeit von $\pm 0,02$ Millimetern, das sind $0,024$ Tausendstel der Brennweite, aus den Verstellungen des Okularauszuges gemessen werden.

Größere Ungenauigkeiten ergeben sich aus den zulässigen Abweichungen der Filter vom geforderten Sollwert der Wellenlänge maximaler Transmission. Der Toleranzbereich jedes Metallinterferenzfilters beträgt ± 1 Prozent, das sind etwa ± 5 Nanometer.

Auf dem Diagramm ist in Richtung der Abszisse die Wellenlänge in Nanometern aufgetragen. In Ordinatenrichtung sind die Abweichungen der Längen der farbigen Bilder vom Brennpunkt in Tausendsteln der Brennweite angegeben. Der Darstellung liegen Messungen vieler AS-Objektive durch die Hersteller zugrunde. Die eingezeichneten Punkte sind die Ergebnisse der durchgeführten Messungen des AS-Objektivs 63/840. Bei jedem Meßpunkt ist das verwendete Filter angegeben.

Untersuchung der Gesamtheit aller Abbildungsfehler

Durch Vergleichen der vom Objektiv entworfenen intra- und extrafokalen Beugungerscheinungen einer Punktlichtquelle lassen sich alle optischen und mechanischen Mängel eines Fernrohres qualitativ nachweisen und bei der nötigen Erfahrung auch quantitativ abschätzen. Das Verfahren selbst ist wiederum denkbar einfach. Das Okular wird geringfügig hin- und hergeschoben, so daß sich die Bildebene des Okulars einmal innerhalb und einmal außerhalb der Objektivbildebene befindet. Hält man die Abstände der Bildebenen auf beiden Seiten gleich groß, so muß bei einem idealen Objektiv das intra- und extrafokale Beugungsbild die gleiche Größe besitzen und in Form und Lichtverteilung vollkommen symmetrisch sein [9; 227–230].

Die Untersuchungen erforderten extreme Okularvergrößerung, damit die Fehler des Auges und des Okulars klein bleiben. Durch Drehen des Okulars und des Kopfes kann die Herkunft eines Fehlers leicht erkannt werden. Etwas schwierig war das Fotografieren der feinen Erscheinungen. Trotz aller Bemühungen ließ sich die Abbildung der vom Okular erzeugten sekundären Beugungsringe nicht ganz vermeiden.

Zusammenfassend läßt sich feststellen:

Die Ergebnisse der durchgeführten qualitativen und quantitativen Untersuchungen bestätigen, daß die für ein AS-Objektiv zulässigen Toleranzen des Korrektionszustandes eingehalten wurden.

Literatur:

- [1] ROTH, G. D. u. a.: Handbuch für Sternfreunde. Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1960.
- [2] RIEKHER, R.: Fernrohre und ihre Meister. Verlag Technik Berlin 1957.
- [3] JETSCHKE, R. u. G.: Die Selbsterstellung eines leistungsfähigen Teleskopspiegels für Amateurastronomen. Die Sterne, 45 (1969) 11/12, 230–238. J. A. Barth Verlag, Leipzig.
- [4] KOHLRAUSCH, F. u. a.: Praktische Physik, Bd. 1. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1953.

Amateure beobachten und berichten

Diskussionsbeitrag

zu „Bestimmung des wahren Monddurchmessers und der mittleren Bahnexzentrizität des Mondes mit amateurastronomischen Mitteln“

Heft 1/73

JÜRGEN SCHULZ

Bei der Durcharbeitung der mathematischen Auswertung der Meßergebnisse stieß ich auf einige Un-
genauigkeiten, die sich auf das Endergebnis auswirken. Das betrifft vor allem den ersten Teil des
Artikels.

Die Formel (6) auf Seite 12 ist in der gegebenen Form nicht allgemeingültig, da sie den Standort des
Beobachters auf der Erdkugel nicht berücksichtigt. Für einen beliebigen Beobachtungsort gilt

$$r_m = r - \Delta r$$

wobei r_m der Abstand Beobachter-Mondmittelpunkt, r der Abstand Erdmittelpunkt-Mondmittelpunkt und Δr eine vom Ort der Beobachtung abhängige Korrektur ist. Der Wert von r errechnet sich wie im Artikel angegeben; Δr kann Werte zwischen $0 \dots R_E$ annehmen (R_E = Erdradius). Δr ist abhängig von der Kulminationshöhe des Mondes am Tage der Beobachtung. In [2] sind auf Seite 21 einige Werte angegeben. Interessanter und genauer dürfte eine selbständige Berechnung von r_m sein.
Dazu Abb. 1:

Mit dem Sinussatz lässt sich folgende Beziehung aufstellen

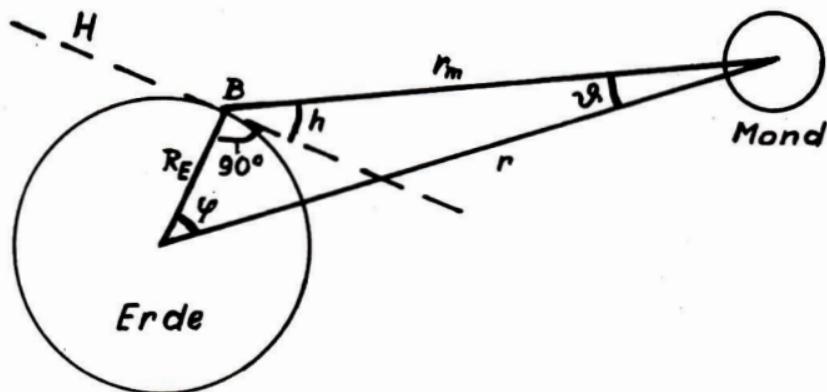
$$r : \sin(90^\circ + h) = r_m : \sin \varphi \quad \left. \begin{array}{l} h \neq 90^\circ \\ \varphi \neq 0^\circ \end{array} \right\} \text{Für } h = 90^\circ \text{ gilt:} \\ r_m = r - R_E$$

Mit $\sin(90^\circ + h) = \cosh$ folgt:

$$r_m = r \cdot \frac{\sin \varphi}{\cosh} \quad (\varphi \neq \text{geographischer Breite von B}) \quad (+)$$

Für φ gilt $\varphi = 180^\circ - (90^\circ + h + \theta) = 90^\circ - h - \theta$

Abb. 1: H = Horizontebene, B = Beobachtungsort, R_E = Erdradius



Nochmalige Anwendung des Sinussatzes ergibt

$$\sin \vartheta = \frac{R_E}{r} \cos h (+ +)$$

Die Höhe errechnet sich wie folgt:

$$h = 90^\circ + \delta - \varphi' \quad \begin{aligned} \delta &= \text{Deklination des Mondes} \\ \varphi' &= \text{geographische Breite} \end{aligned}$$

Da mir die geographische Breite des Ortes der Messung nicht bekannt ist, benutze ich den Wert für Halle (als wahlweisen Mittelwert)

$$\varphi' = 51,5^\circ$$

Damit ergibt sich mit dem vom Verfasser angegebenen Wert $\delta = -24^\circ$:

$$h = 14,5^\circ$$

Mit $r = 359960$ km, $R_E = 6371$ km und dem Wert für h wird mit $(+ +)$

$$\vartheta \approx 0,9^\circ$$

Es folgt sofort

$$\varphi = 74,6^\circ$$

Mit $(+)$ errechnet sich r_m zu

$$r_m = 358520 \text{ km.}$$

Vom Verfasser ist zur Berechnung des wahren Monddurchmessers folgende Formel angegeben

$$D = 2 r_m \tan \frac{d_{kk}}{2}$$

Diese Beziehung ist nicht exakt, weil schon des Verfassers Abb. 1 ungenau ist. Aus der folgenden Abb. 2 wird das deutlich.

Es gilt also

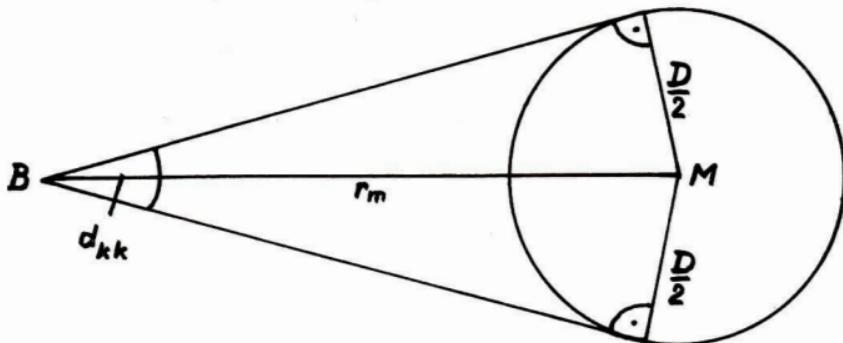
$$\sin \frac{d_{kk}}{2} = \frac{\frac{D}{2}}{r_m} \text{ und damit}$$

$$D = 2 r_m \sin \frac{d_{kk}}{2}$$

Für diese praktische Rechnung ergibt sich allerdings keine merkbare Veränderung, da für sehr kleine Winkel der Sinus und der Tangens dem Winkel im Bogenmaß gleichgesetzt werden können. Daraus folgt

$$D = r_m \cdot d_{kk} \quad d_{kk} \triangleq d_{kk} \text{ im Bogenmaß.}$$

Abb. 2: B = Beobachter, M = Mondmittelpunkt



Es ergibt sich damit für den wahren Durchmesser des Mondes der Wert

$$D = 3471 \text{ km.}$$

Mit dem mittleren Fehler von 20 km liegt der Präzisionswert nach [1] also innerhalb der Fehlergrenzen. Dieses Ergebnis beweist die Genauigkeit der Meßergebnisse des Verfassers!

Noch eine kurze Bemerkung zum zweiten Teil des Artikels. Hier fand ich eine mathematische Ungenauigkeit, die sich allerdings auf das Endergebnis nicht merklich auswirkt. Unter Beachtung der Lage des rechten Winkels in der Abb. 3 auf Seite 15 (analog der von mir gegebenen Abb. 2) lassen sich folgende Beziehungen ableiten:

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{R}{a - e} \quad \sin \frac{\beta}{2} = \frac{R}{a + e}$$

Damit ergibt sich unter Anwendung einfacher trigonometrischer Beziehungen

$$\varepsilon = \frac{\tan \frac{1}{4}(\alpha - \beta)}{\tan \frac{1}{4}(\alpha + \beta)}$$

Bei der Verwendung dieser Formel tritt eine Abweichung vom Ergebnis des Verfassers in der 4. Stelle nach dem Komma auf.

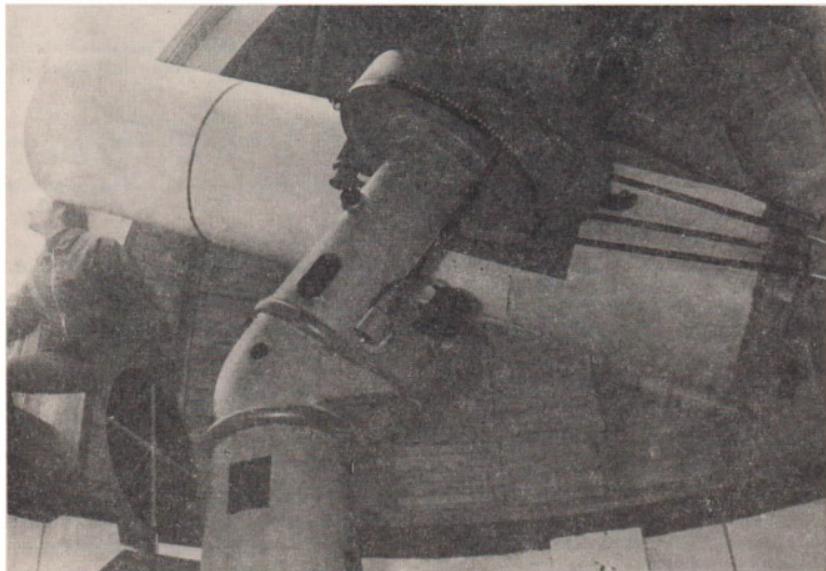
[1], [2] beziehen sich auf die im Artikel von Grass gegebenen Literaturangaben.

Beispielhafte Kooperation

Eine gewiß nachahmenswerte Kooperation einer wissenschaftlichen mit einer populärwissenschaftlichen Einrichtung besteht zwischen dem Institut für Sternphysik in Potsdam-Babelsberg und der Astronomischen Arbeitsgemeinschaft „B. H. Bürgel“ (als Fachgruppe des Kulturbundes) Potsdam. Den dortigen Fachgruppenmitgliedern und Amateurastronomen steht auf dem Gelände der Sternwarte ein Schmidt-Spiegelteleskop 500/1000 in einem Gebäude mit einer 5-m-Kuppel zur Verfügung. Dieses Zeiss-Instrument dient ausschließlich astrofotografischen Zwecken für Himmelsfelder und vor allem für lichtschwache Objekte wie Nebel und Sternhaufen. Zehn erfahrene Mitglieder — darunter acht Jugendliche — haben die Berechtigung, an diesem Instrument zu arbeiten, um ihre Kenntnisse auf fotografischem Gebiet erweitern zu können.

A. Zenkert

Schmidt-Spiegelteleskop 500/1000 in Potsdam-Babelsberg.



Probleme der Zuverlässigkeit von Raumfahrtgerät

Dipl.-Ing. MANFRED SACHSE

Dieser Beitrag befaßt sich mit der Problematik der Zuverlässigkeitssteigerung und -sicherung bei der Entwicklung, Fertigung und Erprobung von Raumfahrzeugen und -flugkörpern. Dabei wird von einer kurzgefaßten Erläuterung einiger grundlegender Begriffe der Zuverlässigkeitstheorie ausgegangen.

1. Einleitung

Der Erfolg einer Raumfahrtmission ist in entscheidendem Maße von der Funktionssicherheit der eingesetzten Geräte abhängig. Treten in Raumflugkörpern oder -fahrzeugen nach dem Start Defekte auf, so lassen sie sich nicht mehr oder nur mit erheblichen Einschränkungen beheben. Selbst Ausfälle, die für irdische Begriffe unproblematisch sind, können unter derartigen Bedingungen zu kritischen Situationen, schwerwiegenden Folgeschäden und schließlich zu einer Gefährdung des gesamten Programms führen. Daher schenkt man den Fragen der Zuverlässigkeit in der Raumfahrttechnik große Beachtung und investiert einen wesentlichen Teil der finanziellen Mittel für die Entwicklung und Herstellung von Raumfahrtgerät im Maßnahmen, die der Gewährleistung einer hohen Funktionssicherheit dienen.

Bei der Erarbeitung und Realisierung raumfahrttechnischer Konzeptionen werden vielfach völlig neue Lösungswege beschritten. Zuverlässigkeitsuntersuchungen können daher nur bedingt und bei weitem nicht in dem Maße, wie beispielsweise im herkömmlichen Maschinenbau, auf Erfahrungen aufbauen, die mit vorangegangenen Projekten gesammelt wurden. Die Anwendung neuartiger Konstruktionen, Werkstoffe, Bauelemente und Fertigungsverfahren mit all ihren zunächst nur ungenügend bekannten Auswirkungen auf die Funktionssicherheit stellt die Zuverlässigkeitsanalytiker immer wieder vor komplizierte Probleme.

2. Einige Grundbegriffe der Zuverlässigkeitstheorie

Die Zuverlässigkeit eines Elements oder eines aus mehreren Elementen bestehenden Systems kann aufgefaßt werden als

„... die Wahrscheinlichkeit, daß das betreffende Element oder System bei einem bestimmten Alter unter definierten Beanspruchungen für ein bestimmtes Zeitintervall innerhalb vorgegebener Toleranzen funktionsfähig ist.“ [1]

Unter Elementen sind in diesem Zusammenhang nicht nur Bau- oder Einzelteile, sondern auch Unter- systeme, Baugruppen und Module zu verstehen, sofern sie für die jeweilige Zuverlässigkeitssichtung den Charakter einer unteilbaren Einheit tragen.

Die Zuverlässigkeit R ist eine Funktion der betrachteten Betriebszeit t , des Alters T der Elemente, des Beanspruchungsniveaus B und des Toleranzbereichs E :

$$R = R(t, T, B, E)$$

Die Auswirkungen von B und E schlagen sich in der Ausfallrate λ nieder. Sie wird definiert als der Anteil einer bestimmten Anzahl gleichartiger Elemente oder Systeme, der während der Zeitspanne ΔT ausfällt. Im Bereich der Normalausfälle kann sie häufig als von T unabhängig angesehen werden (Abb. 1). Innerhalb dieses Zeitraums, der als normale Nutzungszeit bezeichnet wird, gilt dann die Beziehung

$$\lambda = - \frac{1}{R(t)} \cdot \frac{dR(t)}{dt} \quad (1)$$

Durch Integration von 0 bis t erhält man daraus

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2)$$

Die Ausfallverteilung entspricht in diesem Fall der Exponentialverteilung, die dem tatsächlichen Ausfallverhalten vielfach sehr nahekommt. Der Kurvenverlauf zeigt, daß die Zahl der überlebenden Exemplare einer bestimmten Anzahl von Elementen während der normalen Nutzungszeit exponentiell abnimmt (Abb. 2).

Abb. 1:
Abhängigkeit der Ausfallrate vom Lebensalter [1].

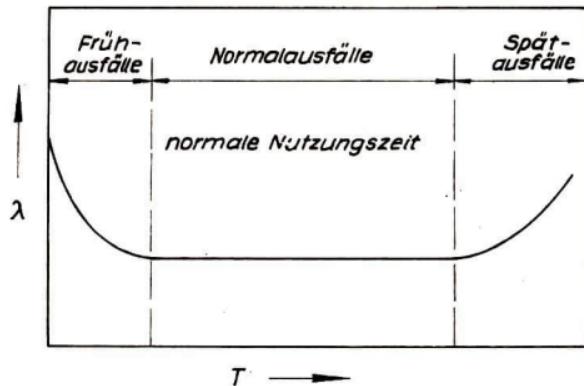


Abb. 5:
Zuverlässigkeit von Flüssigkeitsraketentriebwerken mit Turbopumpenförderung in Abhängigkeit von der Versuchszahl [3].

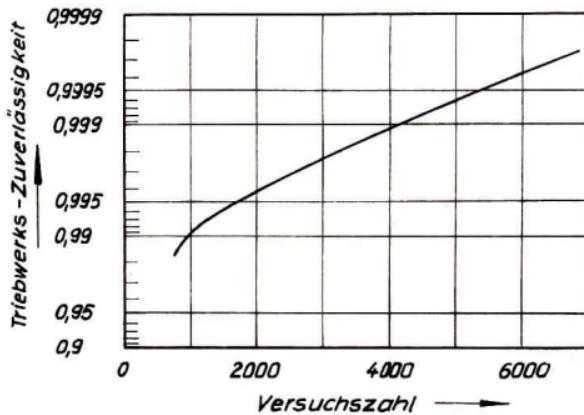


Abb. 2: Verlauf der Zuverlässigkeitskurve ($\lambda = \text{const.}$) [1].

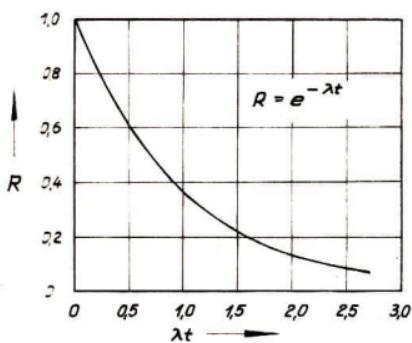
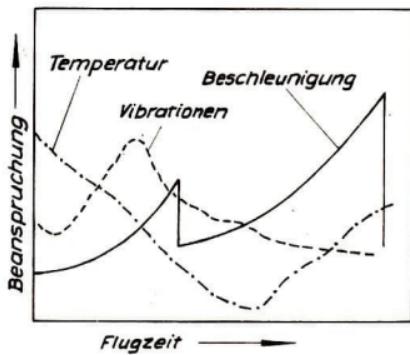
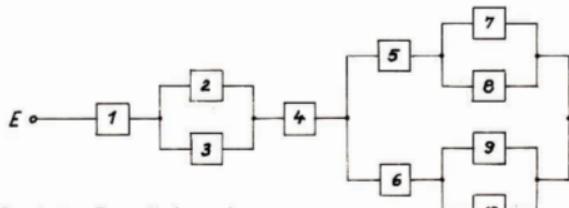


Abb. 6: Zeitlicher Verlauf der Temperatur, der Beschleunigung und der Beanspruchung durch Vibrationen während eines Raketenauftiegs [2].

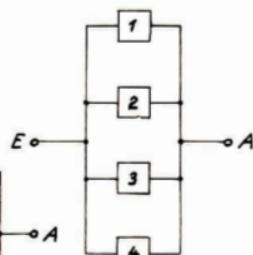




Seriensystem



Serien - Parallelsystem



Parallel - system

Abb. 3: Vereinfachte Zuverlässigkeitsschaltungsdiagramme (Beispiele).

Büßt ein System seine Funktionsfähigkeit beim Ausfall eines beliebigen seiner Elemente ein, so bezeichnet man es als nichtredundantes oder Seriensystem (Abb. 3). Ein redundantes System liegt vor, wenn die Funktion des defekten Elements von anderen Elementen mit übernommen wird, so daß es nicht zum Systemausfall kommt. Redundant können beispielsweise mehrere gleichartige Elemente sein, die parallel zueinander arbeiten. Ein derartiges Parallelsystem im zuverlässigkeitstheoretischen Sinne ist allerdings ebenso wie das Seriensystem nicht identisch mit der Parallel- bzw. Reihenanordnung in der Schaltungstechnik.

Die Zuverlässigkeit von Seriensystemen ergibt sich aus der Beziehung

$$R_s = \prod_{i=1}^n p_i \quad (3)$$

n Anzahl der Elemente

p_i Zuverlässigkeit des i-ten der n Elemente

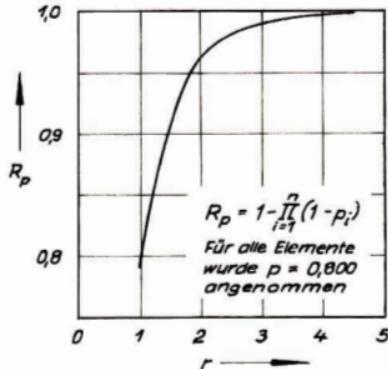
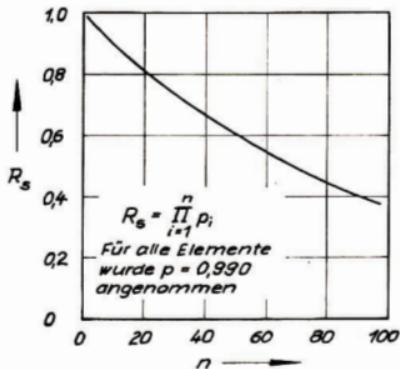
Für ein aus r redundanten Elementen bestehendes Parallelsystem gilt demgegenüber

$$R_p = 1 - \prod_{i=1}^r (1 - p_i) \quad (4)$$

p_i Zuverlässigkeit des i-ten der r Elemente

Abb. 4 zeigt anhand willkürlich gewählter Beispiele, wie sich n auf R_s bzw. r auf R_p auswirkt. Nimmt n zu, so sinkt R auch bei hohen Einzelzuverlässigkeiten schnell auf Werte ab, die den gestellten Anforderungen nicht mehr genügen. Andersseits führt schon einfache Redundanz ($r = 2$) zu einer be-

Abb. 4: Einfluß der Elementanzahl n bzw. r auf die Systemzuverlässigkeit R_s bzw. R_p .



trächtlichen Zuverlässigkeitsteigerung, so daß auf diese Weise auch dann brauchbare Ergebnisse erzielt werden können, wenn hochzuverlässige Elemente nicht zur Verfügung stehen. Diese Zusammenhänge sind für die Zuverlässigkeitssynthese von großer Bedeutung. Kombinationen aus den beiden Grundsystemarten werden als Serien-Parallel-Systeme bezeichnet.

3. Methoden zur Erhöhung der Zuverlässigkeit

Abb. 1 läßt die beiden grundsätzlichen Möglichkeiten erkennen, die zu einer Steigerung der Zuverlässigkeit führen:

1. Vermeidung von Früh- und Spätausfällen während des Einsatzes,
2. Senkung der Ausfallrate im normalen Nutzungszeitraum.

Die Ursache der Frühausfälle sind sogenannte Schwachstellen – störanfällige Elemente, mangelhafte Verbindungen u. dergl. –, die im Entwicklungs- und Fertigungsstadium nicht erkannt wurden. Sie müssen im Verlauf der Erprobung ermittelt und möglichst weitgehend beseitigt werden. Je intensiver die Erprobung betrieben wird, umso sicherer ist man vor Frühausfällen im Betriebszeitraum (Abb. 5). Spätausfälle sind eine Folge des Alterungsprozesses (Ermüdung, Verschleiß). Um derartige Defekte während des Einsatzes zu vermeiden, baut man entsprechend langlebige Elemente ein oder versucht, empfindliche Bauteile gegen alle Einflüsse abzuschirmen, die die Lebensdauer wesentlich herabsetzen (Feuchtigkeit, korrodierende Atmosphäre, extreme Temperaturen).

Die innerhalb der normalen Nutzungszeit auftretenden Ausfälle (Normalausfälle) sind auf die verschiedenartigsten Ursachen zurückzuführen und daher kaum vorhersehbar. Da R_s mit wachsendem n rasch abfällt (Gl. 3), wird eine Zuverlässigkeitsteigerung zunächst dadurch erreicht, daß man n weitestgehend verringert. Diese sehr wirkungsvolle Methode, die zu einer wesentlichen Vereinfachung der Konstruktion führt, wurde beispielsweise angewandt, als man die Anzahl der Bauteile des Flüssigkeitstriebwerks Rocketdyne H 1 (Saturn I, IB) im Laufe seiner Entwicklung von 90 auf 12 verringerte [4].

Eine weitere Möglichkeit zur Steigerung von R besteht darin, hochzuverlässige Elemente zu verwenden. Da derartige Bauteile jedoch sehr teuer sind, ist diese Maßnahme vor allem dann mit einem erheblichen finanziellen Aufwand verbunden, wenn sie in größerem Umfang durchgeführt werden soll. Weit effektiver ist es dagegen, Elemente einzubauen, die für eine höhere als die während des Einsatzes auftretende Belastung ausgelegt sind (Unterlastung). Auf diese Weise läßt sich die Ausfallrate beträchtlich vermindern, ohne daß die Gerätemasse und die Kosten wesentlich anwachsen [1; 5].

Auf Grund der extrem hohen Zuverlässigkeitssanforderungen in der Raumfahrttechnik – Antriebsaggregate bemannter Fahrzeuge sollen beispielsweise eine Zuverlässigkeit von 0,998 aufweisen – führen die bisher beschriebenen Methoden allein oftmals noch nicht zum Ziel. In solchen Fällen ist es dann erforderlich, redundante Bauteile oder Baugruppen zu installieren. Diese Maßnahme hat meistens einen steilen Anstieg sowohl der Kosten, als auch der Masse zur Folge (Tabelle 1). Man wendet sie daher erst dann an, wenn alle anderen Möglichkeiten ausgeschöpft sind. Am häufigsten werden Trennungsvorrichtungen, Batterien, Antennen und die Zünd- und Abschaltanlagen der Triebwerke redundant ausgeführt [5, 6].

Es darf in diesem Zusammenhang keinesfalls übersehen werden, daß man auch dann, wenn der Aufwand unberücksichtigt bleibt, nicht immer Redundanz einführen kann. Nicht selten zwingen schaltungstechnische Gründe oder physikalische Gesetzmäßigkeiten dazu, ohne redundante Elemente auszukommen. Gleichermaßen gilt, wenn auch in geringerem Maße, für die Unterlastung.

4. Auswirkungen der Zuverlässigkeitssanforderungen auf die Entwicklung und Fertigung

Häufig wird schon zu Beginn der Entwicklungsarbeiten an einem Raumfahrzeug eine Spezialistengruppe gebildet, die sich ausschließlich mit der Zuverlässigkeitssproblematisität zu befassen hat. Ihre Aufgaben bestehen im wesentlichen darin,

1. die Entwicklungingenieure und Konstrukteure über die Einsatzbedingungen des Gerätes und die daraus resultierenden Beanspruchungen zu informieren,
2. die erforderlichen Mindestzuverlässigkeitswerte zu ermitteln und ihre Realisierung zu überwachen,
3. zu überprüfen, ob die ausgewählten Testverfahren und -programme den geforderten Zuverlässigkeitserfordernissen entsprechen und

Tabelle 1: Einfluß der Redundanz auf die Zuverlässigkeit und die Masse eines Fernmeldesatelliten [6].

	Zuverlässigkeit (bezogen auf eine Lebensdauer von 5 Jahren)	Masse
Satellit ohne Redundanz	0,44	175 kg
Satellit mit redundanten Systemen	0,60	210 kg
Satellit mit teilweise dreifacher Redundanz	0,70	242 kg

4. alle Meldungen über Ausfälle, die während der Lagerung, des Transports und des Einsatzes auftreten, auszuwerten und entsprechende Abänderungen zu veranlassen [2; 5].

In vielen Fällen treten Defekte erst dann auf, wenn verschiedene Beanspruchungsarten gleichzeitig auf ein Element oder System einwirken. Es ist deshalb notwendig, nicht nur die Art und die Höhe der Belastungen zu ermitteln, die während des Einsatzes zu erwarten sind, sondern auch ihren zeitlichen Verlauf zu untersuchen (Abb. 6). An die Stelle exakter Berechnungen müssen dabei häufig Annahmen treten, die auf statistischen Vergleichen und Erfahrungswerten beruhen (Windlasten, Temperaturverteilungen in komplizierten Strukturen). Sie sind naturgemäß mit einer gewissen Fragwürdigkeit behaftet und zwingen dazu, bei der Dimensionierung der Bauteile mit entsprechend höheren Sicherheitsfaktoren zu rechnen. Zu einer wesentlichen Erhöhung der Gerätemasse führt diese Maßnahme nicht, da sie in der Regel nur örtlich begrenzt angewandt wird [2; 5].

Die Beseitigung der konstruktiven und fertigungstechnischen Mängel, die einer jeden Neu- oder Weiterentwicklung anhaften, erfordert stets einen gewissen Kosten- und Zeitaufwand. Er ist umso größer, je weiter das Projekt vorangeschritten ist. Es wird daher angestrebt, solche Unzulänglichkeiten möglichst frühzeitig aufzudecken und auszumerzen. Liegen dem eingeschlagenen Lösungsweg Annahmen zugrunde, die in irgendeiner Hinsicht unsicher erscheinen, so werden die evtl. notwendigen Änderungen oft von vornherein einkalkuliert und berücksichtigt. Sie können dann später sofern erforderlich, ohne größeren Zeitverlust vorgenommen werden.

Bei der Entwicklung der Bordelektronik wird besonderes Augenmerk auf die Möglichkeit gerichtet, Defekte während des Einsatzes durch Fernreparaturen beheben bzw. kompensieren zu können. Derartige Reparaturen zielen darauf ab, das schadhafte Bauteil totzulegen und eine Ausweichschaltung herzustellen. Die erforderlichen Schaltvorgänge an Bord des Raumfluggeräts werden durch Kommandosignale einer Bodenstation ausgelöst. Die Anlage kann danach, wenn auch oft nur mit Einschränkungen, weiter betrieben werden. Allerdings wird der Anwendungsbereich derartiger Reparaturmaßnahmen schon allein durch die Notwendigkeit, die Fehlersuche und -eingrenzung ebenfalls auf dem Funkweg von der Erde aus vornehmen zu müssen, erheblich eingeengt [7].

Anhand der Ausfallstatistiken wurde nachgewiesen, daß die Mehrzahl aller Defekte in der Raumfahrttechnik auf Verstöße gegen die Fertigungs- und Montagevorschriften zurückzuführen sind. Besonders ins Gewicht fallen dabei

- nicht eingehaltene Toleranzen,
- beschädigte Kabelisolationen und
- kalte Lötstellen [2].

Auch Einbaufehler treten relativ häufig auf. Sie führten z. B. bei OGO-1 (1964 – 54 A) zu einem teilweisen Mißerfolg. OGO-1 war mit mehreren Außenbordgeräten ausgerüstet, die nach dem Einfug in die Umlaufbahn entfaltet werden sollten (Sonnenpaddel, Experimente, Sensoren). Zwei der Anbauten ließen sich jedoch nicht in ihre Betriebsstellung bringen, da die Kraft der Streckfedern infolge unsachgemäßer Montage nicht ausreichte, um die Lagerreibung in den Gelenken der Ausfaltmechanismen zu überwinden [8].

Äußerste Sorgfalt und Sauberkeit während der Bearbeitung, bei der Komplettierung und in der Lagerhaltung sind entscheidende Voraussetzungen für die Realisierung der geforderten hohen Zuverlässigkeit. Durch eine straff organisierte, lückenlose Kontrolltätigkeit muß gewährleistet sein, daß fertigungstechnische Mängel frühzeitig erkannt und behoben werden. Nicht minder wichtig ist es, die angelieferten Materialien und Bauteile einer strengen Eingangskontrolle zu unterziehen. In den Lagerbestand dürfen grundsätzlich nur solche Erzeugnisse aufgenommen werden, die allen Anforderungen im Hinblick auf ihre Weiterverarbeitung und den späteren Einsatzzweck genügen.

Da die Qualität der geleisteten Arbeit bei manueller Tätigkeit oft in beträchtlichem Maße von der momentanen physischen und psychischen Verfassung der Arbeitskraft abhängig ist, mechanisiert oder automatisiert man in der Raumfahrtindustrie häufig auch solche Arbeitsgänge, bei denen dazu hinsichtlich der Produktivität, der Arbeitssicherheit oder der Arbeitsbedingungen keine Veranlassung

Zum Beitrag S. 166 „Untersuchung der optischen Eigenschaften
des Schulfernrohres 63/840 vom VEB Carl Zeiss Jena“

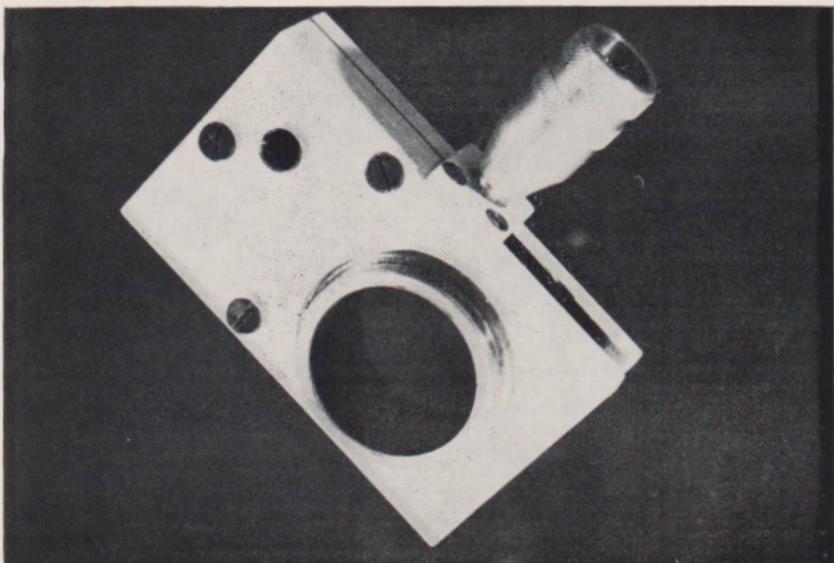


Abb. 1a: Prüfgerät zur Durchführung der FOUCAULTschen Schneidenmethode.



Abb. 1b: Prüfgerät am Schulfernrohr mit angesetzter Kleinbild-Spiegelreflexkamera.

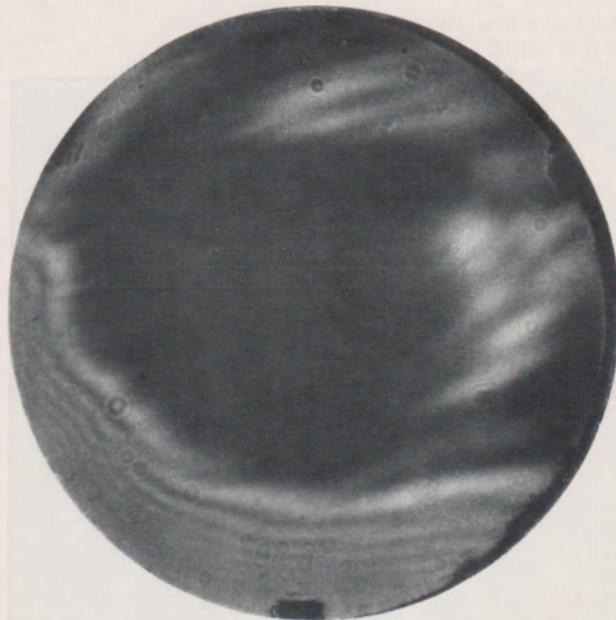


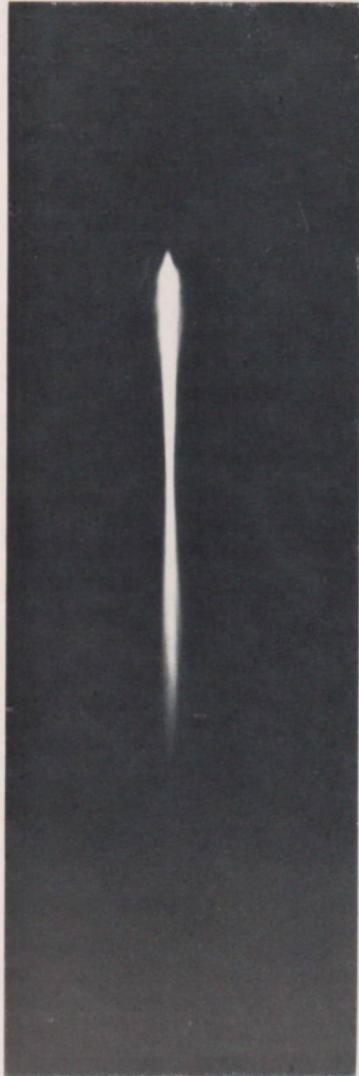
Abb. 2a:
Fokogramm eines fehlerhaften Feldstecherobjektivs 50/180.



Abb. 2b:
Fokogramm des Schulfernrohrobjectivs 63/840
[2; 256—258] [3; 1969;
234, 235].

Abb. 3:
Spektrogramme zur De-
monstration des sekun-
dären Spektrums
eines Schulfernrohr-
objektivs 63/840.

a normal helichtet



b überbelichtet



Zum Beitrag S. 166 „Untersuchung der optischen Eigenschaften
des Schulfernrohres 63/840 vom VEB Carl Zeiss Jena“

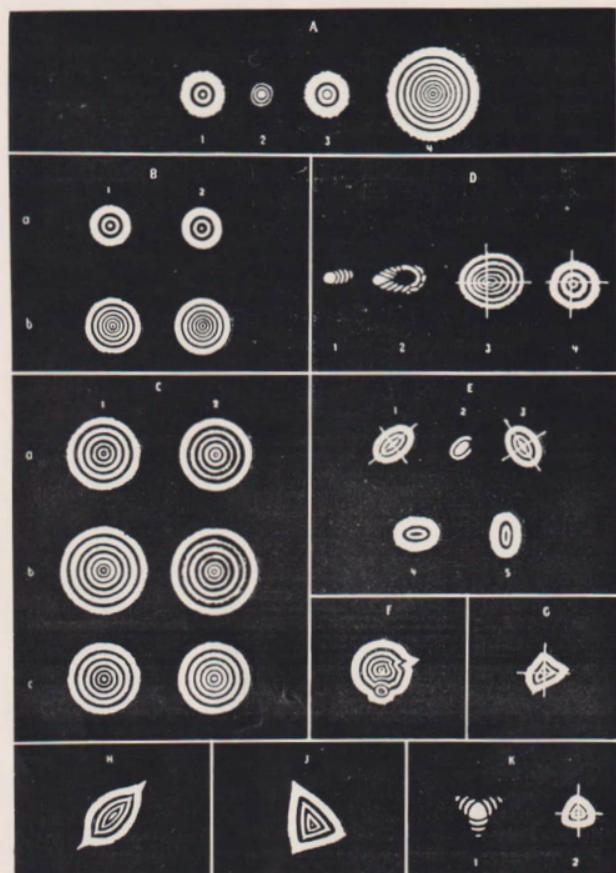


Abb. 5:
Beugungsbilder eines Sterns.

- A für ein gutes Objektiv
- B bei sphärischer Abweichung eines Objektivs
- C Zonenfehler eines Objektivs
- D bei Koma eines Objektivs
- E bei Astigmatismus eines Objektivs
- F bei Schlieren eines Objektivs
- G, H, J bei Spannung eines Objektivs
- K bei Durchbiegung eines Objektivs

Zum Beitrag S. 166 „Untersuchung der optischen Eigenschaften des Schulfernrohres 63/840 vom VEB Carl Zeiss Jena“

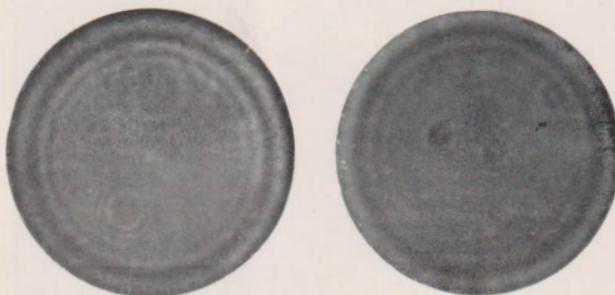


Abb. 6:
Beugungsbilder des Objektivs 63/840.

links außen: intrafokales Beugungsbild
links: extrafokales Beugungsbild

besteht. Erst die Automatisierung bietet die Gewähr dafür, daß alle Fertigungsvorschriften zu jeder Zeit und in allen Einzelheiten eingehalten werden. Dabei wird vorausgesetzt, daß die Zuverlässigkeit der Technologie und somit auch die Funktionssicherheit der Produktionseinrichtungen entsprechend hoch ist [2; 9].

Alle diese Maßnahmen haben zweifelsohne einen beträchtlichen Anstieg der Entwicklungs- und Fertigungskosten zur Folge. Dieser Mehraufwand ist jedoch schon allein dadurch gerechtfertigt, daß selbst weniger anspruchsvolle Raumfahrtprojekte gegenwärtig noch einen überaus hohen finanziellen Einsatz erfordern und Mißerfolge daher immer mit empfindlichen materiellen Verlusten verbunden sind. Bei bemannten Fahrzeugen kommt noch hinzu, daß Gefährdungen des Lebens der Kosmonauten weitestmöglich vermieden werden müssen.

5. Zuverlässigkeitstests

Zuverlässigkeitstests dienen dem Zweck, Mängel und Schwachstellen aufzudecken und die realisierten Zuverlässigkeitswerte experimentell nachzuweisen. Um zu Versuchsergebnissen zu gelangen, die für das Ausfallverhalten während des Einsatzes repräsentativ sind, müssen die Testprogramme dem Prüfling, seinen zukünftigen Aufgaben, den zu erwartenden Beanspruchungen und der geforderten Zuverlässigkeit angepaßt sein. Aus Kosten- und Zeitgründen ist man stets bestrebt, mit einer möglichst geringen Zahl von Prüfungen und Prüflingen auszukommen. Allerdings wachsen mit diesen Einschränkungen auch die Unsicherheiten der Zuverlässigkeitssaussage.

Grundsätzlich wird zwischen Boden- und Flugerprobung einerseits und der Erprobung von Bauteilen, Baugruppen, Komponenten und kompletten Geräten andererseits unterschieden. Da Flugtests meistens sehr kostspielig sind, wickelt man einen möglichst großen Teil des Versuchsprogramms auf Bodenprüfständen ab. Die Versuchsergebnisse werden dabei allerdings häufig durch Rückwirkungen des Prüfstandes beeinflußt, und nicht in jedem Falle lassen sich alle Belastungen, die während des Einsatzes gleichzeitig auftreten, auch gemeinsam simulieren. Für die Flugerprobung der Untersysteme setzt man entweder ein ausschließlich zu diesem Zweck entwickeltes Versuchsfahrzeug oder ein Serienfahrzeug ein, aus dem alle Geräte ausgebaut sind, die für den jeweiligen Test nicht benötigt werden [5].

Bei der Auswertung der Erprobungsergebnisse unterteilt man die aufgetretenen Defekte entsprechend ihren Auswirkungen in kritische, wesentliche und unwesentliche Ausfälle. Kritische Ausfälle gefährden die Realisierung des geplanten Vorhabens. Wesentliche Ausfälle setzen zwar die Zuverlässigkeit des Systems herab, sind jedoch nicht kritisch. Alle übrigen Defekte können als unwesentlich angesehen werden [2]. Ein Prüfling hat die Erprobung mit Erfolg durchlaufen, wenn seine Funktionsparameter während einer festgesetzten Zeitspanne unter bestimmten Arbeitsbedingungen den im Hinblick auf seine spätere Verwendung gestellten Anforderungen genügen.

6. Zusammenfassung

Die Einsatzbedingungen von Raumfahrzeugen und -flugkörpern zwingen dazu, an die Zuverlässigkeit dieser Geräte extrem hohe Anforderungen zu stellen. Deren Realisierung erfordert sowohl in der Entwicklungs-, als auch in der Fertigungs- und Erprobungsphase die konsequente Durchsetzung einer Vielzahl spezieller wissenschaftlich-technischer und organisatorischer Maßnahmen. Der damit verbundene Aufwand ist in jedem Falle beträchtlich. Er ist jedoch nicht nur bei bemannten, sondern auch bei unbemannten Geräten gerechtfertigt, zumal die gewonnenen Erkenntnisse letzten Endes allen Bereichen der Technik zugute kommen und vor allem im Hinblick auf die voranschreitende Automatisierung der industriellen Produktion und des Verkehrswesens von großem Wert sind.

Literatur:

- [1] Henniusch, P.: Zuverlässigkeit von Systemen. Reihe Automatisierungstechnik, Bd. 28. 2. Aufl. VEB Verlag Technik, Berlin 1968.
- [2] Campbell, C. C.: High Reliability for Space Launch Vehicles. 11 th National Symposium on Reliability and Quality Control, USA, 1965.
- [3] Atherton, R. R. u. M. Pike: Engine Cost and Reliability Considerations for Reusable Launch Vehicles. Pratt and Whitney Corp., Report PWA FR - 1191, 1964.
- [4] Pätzold, H. K., Schütte, K. u. O. Scholze: Die Erforschung des Weltraums mit Satelliten und Raumsonden. Teil I. VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1966.
- [5] Koelle, H. H.: Theorie und Technik der Raumfahrzeuge. Verlag Berliner Union, Stuttgart 1964.
- [6] Koelle, D. E.: Statistisch-analytische Kostenmodelle für die Entwicklung und Fertigung von Raumfahrtgerät. Raumfahrtforschung 16 (1972) 1, S. 1-14.
- [7] Sloper, D. K. und J. S. Squire: Bordcomputer für Satelliten. Technische Rundschau (Bern). Nr. 50/1960, S. 41.
- [8] Winkelhoff, E.: Entwicklungs- und Qualifikationsversuche mit den Sonnenpaddeln des TD 1-A Satelliten. Raumfahrtforschung 16 (1972) 3, S. 108-118.
- [9] Müller, K.: Über die wahrscheinliche Zuverlässigkeit der Technologie. Werkstatt und Betrieb 99 (1966) 12, S. 817.

Zu einigen Aufgaben und Ergebnissen des Einsatzes von Raumstationen

KARL-HEINZ NEUMANN

Die folgenden Ausführungen sind eine Zusammenfassung des Vortrags, den der Verfasser am 15. 6. 1973 anlässlich einer wissenschaftlichen Konferenz des Präsidiums der Astronautischen Gesellschaft der DDR in der Archenhold-Sternwarte Berlin gehalten hat.

Das Thema des Vortrags hatte an Stelle des Begriffes „Raumstation“ den Begriff „Orbitalstation“. In der Literatur — vor allem in der populärwissenschaftlichen Literatur — gibt es außerdem den Begriff „Weltraumstation“.

Es wird vorgeschlagen, für derartige Raumflugkörper auch in der populärwissenschaftlichen Literatur das Wort „Raumstation“ zu wählen. Es dürfte den tatsächlichen Gegebenheiten (auch sprachlich) am besten entsprechen.

„Orbitalstation“ bedeutet sinngemäß in der deutschen Sprache „Raumstation“. Abgeleitet ist dieses Wort von dem Begriff Orbit, also einer Bahn, die um die Erde führt.

Der Begriff „Weltraumstation“, der auch in der Journalistik oft verwendet wird, stammt aus der Zeit vor dem Beginn der aktiven Raumfahrt. Raumstationen sollten künftig noch näher zu definierende Körper benannt werden, die sich um das Massezentrum Erde in mehr oder weniger großem Abstand bewegen. Der Weltraum aber ist ein bedeutend weiteres Gebiet, praktisch das Gebiet, das von irdischen Teleskopen in der heutigen Zeit überblickt werden kann. Deshalb scheint auch der Begriff „Weltraumstation“ nicht geeignet.

Die Entwicklung der Raumfahrt begann — sowohl in der Sowjetunion als auch in den USA — mit unbemannten Raumschiffen. Die Hauptaufgaben bei diesen ersten Experimenten bestanden vor allem in der Erprobung des Rückkehrsystems. Als Voraussetzung dazu mußten die Systeme der Lagerregelung und Lageorientierung in der Praxis des Raumfluges untersucht werden. Daneben mußten die Lebenserhaltungssysteme im Inneren eines Raumschiffes erprobt werden. Zum anderen sind bei einigen dieser Vorversuche auch Tiere an Bord gewesen, an deren Reaktionen während des Fluges und nach der Landung die Einwirkungen des kosmischen Fluges, die auch für den Menschen zu erwarten waren, untersucht wurden.

Es folgten die ersten bemannten Flüge in sowjetischen Raumschiffen vom Typ Wostock, danach die ersten amerikanischen Experimente mit der Mercury-Kapsel. Alle Raumschiffe der ersten bemannten Unternehmungen können als Raumflugschiffe der ersten Generation eingeordnet werden.

Bei diesen Flügen hatten die Kosmonauten bzw. Astronauten eine mehr oder weniger passive Rolle. Diese ersten Raumschiffe wurden hauptsächlich von den Bodenkontrollzentren aus „gesteuert“. Sie besaßen nur ein Antriebssystem, welches zur Einleitung der Rückkehr notwendig war. Veränderungen der Flugbahn während des Erdumlaufes waren also nicht möglich, sondern nur Veränderungen der räumlichen Lage relativ zur Flugrichtung in der Umlaufbahn. Vor der Einleitung der Rückkehr, also der Zündung des Bremstrieberwerks, konnten die jeweiligen Kommandanten nur Kontrollfunktionen bezüglich der räumlichen Lage ausführen. Vor allem bei sowjetischen Unternehmen sorgten automatische Systeme, die mit Sonnensensoren arbeiteten, für die notwendige räumliche Ausrichtung zur Einleitung der Rückkehr. Die Bodenstationen sowie die Kosmonauten führten Kontrollfunktionen aus.

Zu dieser ersten Generation zählen auch die sowjetischen Woßhod-Raumschiffe mit einer Mehrfachbesatzung. Bisher existieren keine genauen Angaben über den Aufbau eines Raumschiffes vom Typ Woßhod. Es scheint aber sehr wahrscheinlich, daß bei ihnen nicht mehr die von Wostok-Raumschiffen bekannte kugelförmige Landekabine verwendet wurde, sondern die glockenförmige Landekabine der späteren Sojus-Raumschiffe. Das Versorgungssteil mit dem Antriebsteil für die Rückkehr dürfte aber noch dem der Wostok-Raumschiffe entsprochen haben, denn auch diese Raumschiffe konnten keine aktiven Bahnänderungen ausführen (außer der Einleitung der Rückkehr). Woßhod kann als eine Art von Zwischenstadium zwischen der ersten und zweiten Generation von Raumschiffen bezeichnet werden.

Diese Annahme läßt sich auch dadurch begründen, daß eine glockenförmige Kapsel durch Veränderung des Anstellwinkels in der Lage ist, in der aerodynamischen Bremsphase die Abstiegsbahn zu verändern. Damit läßt sich auch die negative Beschleunigung in dieser Phase regulieren.

Zur zweiten Generation von Raumschiffen seien solche gezählt, die während des Erdumlaufs aktiv Bahnänderungen ausführen können und ferner die Fähigkeit besitzen, mit anderen Körpern in der

Erdumlaufbahn zu koppeln. Zu den Raumschiffen der zweiten Generation zählen also die sowjetischen Sojus-Raumschiffe sowie die amerikanischen Gemini- und jetzt die Apollo-Raumschiffe. Sowohl die Sowjetunion als auch die USA haben inzwischen Raumstationen der ersten Generation eingesetzt. Die sowjetische Raumstation ist unter dem Namen „Salut“ bekannt, bei den USA läuft das Unternehmen „Skylab“.

Zur Unterscheidung von Raumschiffen und Raumstationen lässt sich folgende einfache Definition geben: Ein Raumschiff ist in jedem Fall ein Transportmittel, eine Raumstation dagegen Arbeitsraum für Kosmonauten bzw. Wissenschaftler.

Zu klären wäre noch nach dieser Definition der Begriff experimentelle Raumstationen, wie beispielsweise die gekoppelten Raumschiffe Sojus 4 und Sojus 5, sowie die für 1975 zu erwartende Kopplung eines Sojus- und eines Apollo-Raumschiffes. Obgleich es sich hier bei den jeweiligen Partnern um reine Transportmittel, also Raumschiffe, handelt, mag dieser Begriff doch berechtigt sein. Wenn wir Sojus 4 und Sojus 5 betrachten, so fand hier ein Besatzungswechsel statt und es wurde bereits eine Reihe von wissenschaftlichen Beobachtungsaufgaben ausgeführt.

Es ist ferner zu verzeichnen, daß Aufgaben, die heutzutage mit den Raumstationen der ersten Generation ausgeführt werden, bereits experimentell von Raumschiffen der zweiten Generation in Angriff genommen worden waren. Das trifft auch auf die experimentellen Raumstationen zu.

Bei den ersten echten Raumstationen Salut und Skylab hatten die medizinisch-biologischen Untersuchungen einen beträchtlichen Anteil. Ging es doch hier vor allem darum, den Einfluß lange andauernder Schwerelosigkeit noch genauer zu untersuchen. Ein erstes Vorexperiment war das Unternehmen Sojus 9, bei dem zwei Kosmonauten sich 18 Tage lang in ihrem Raumschiff befanden. Bei ihnen hatte sich nach der Landung ein beträchtlicher Muskelschwund, — vor allem an der Beinmuskulatur — gezeigt und auch Schwierigkeiten im Herz-Kreislaufsystem waren aufgetreten. Durch den tragischen Unglücksfall bei der Besatzung von Salut 1, die einen rund 24tägigen Raumflug ausführte, konnten die medizinisch-biologischen Untersuchungen nicht vollständig beendet werden. Verbesserte Trainingsgeräte und Spezialanzüge hatten dafür gesorgt, daß zumindest der Muskelschwund an der Beinmuskulatur trotz des länger dauernden Fluges bedeutend geringer wurde. Die amerikanische Skylab-Besatzung, die einen 28-Tageflug absolvierte (die erste Besatzung) zeigte nach der Landung ebenfalls bestimmte Symptome, die auf die langandauernde Wirkung der Schwerelosigkeit zurückzuführen sind. Nach dem Ausstieg konnten sie zwar laufen, es zeigten sich aber doch in den darauffolgenden Tagen Schwindel- und Übelkeitsgefühle, die auf Störungen im Kreislaufsystem zurückzuführen waren. Es bestätigte sich also die von früheren Flügen schon bekannte Tatsache, daß die Readaption an die Schwerkraft bedeutend langwieriger ist, als die Anpassung an die Schwerelosigkeit. Nach den vorliegenden Informationen soll der zweite und auch der dritte Besatzungsaufenthalt in der Skylab-Station für jeweils 56 Tage durchgeführt werden. Auch bei künftigen Einsätzen von Besatzungen in Salut-Raumstationen werden sicher die medizinisch-biologischen Experimente weitergeführt.

Als selbstverständlich zu erachten sind die notwendigen Überprüfungen der technischen Systeme. Das geschah bei den bisherigen Raumstationen und wird auch künftig weitergeführt werden müssen. Diese Überprüfung der technischen Systeme erfolgt erstens durch Bodenkontrollstationen, nachdem die Raumstationen (bisher sind alle Raumstationen unbemannt gestartet worden) die Erdumlaufbahn erreicht haben. Hat die Besatzung oder eine Prüfmannschaft (vgl. Sojus 10 und Salut 1) an die Raumstation gekoppelt, erfolgt von Bord des Transportraumschiffes aus durch die Besatzung eine nochmalige Überprüfung der Systeme der Raumstation. Die dritte Überprüfung schließlich erfolgt an Bord der Station selbst durch die Besatzung.

Ein Beispiel für die Notwendigkeit dieser drei Etappen der Überprüfung gibt die amerikanische Raumstation Skylab. Durch die Bodenkontrolle konnten hier vor dem Start der ersten Mannschaft bereits große Mängel festgestellt werden, die vor allem darauf zurückzuführen waren, daß die beiden großen Solarzellenflächen sich nicht entfaltet haben. Damit war nur die halbe Energieversorgung für das Bordsystem durch die Solarzellenflächen des Sonnenteleskops gesichert. Es ist ein Verdienst der Bodenkontrolle, alle Mängel erkannt zu haben und ein besonderes Verdienst der drei Astronauten, nach dem Erreichen der Station in hartem körperlichem Einsatz diese wieder einsatzfähig gemacht zu haben. Bekanntlich wurde ein „Sonnensegel“ (in diesem Fall eine Schutzplane zur Herabminderung der Erwärmung durch die ständige Sonnenbestrahlung) von den Astronauten außen angebracht. Außerdem gelang es ihnen schließlich, eine der beiden großen Solarzellenflächen, die sich verklemt hatte, frei zu bekommen und zur Entfaltung zu bringen. Ob die zweite große Solarzellenfläche abgerissen ist, wie es in Pressemeldungen hieß, oder ob sie nicht entfaltet werden konnte, darüber bestand bei Abschluß dieses Beitrags noch keine Klarheit.

Betrachten wir als nächsten Komplex für die Aufgabenstellung bei Raumstationen die Erdbeobachtung. Sie wird in der weiteren Entwicklung einen immer breiteren Platz einnehmen. (Nicht alle

Aufgabenstellungen konnten bei den bisherigen Raumstationen in Angriff genommen werden.) Es wären zu nennen kartografische Aufnahmen und Vermessungen der Erdoberfläche. Hierfür können zwar auch unbemannte Satelliten eingesetzt werden, wie für einen Großteil der Erdbeobachtungsaufnahmen, aber bemannte Stationen versprechen z. Zt. noch bessere und detailliertere Angaben. Diese kartografischen Vermessungen sind vor allem in Gebieten interessant, die noch wenig erschlossen sind. So konnten bisher bereits z. B. im Amazonas-Gebiet Fehler in den Kartenwerken nachgewiesen werden. Manche hier noch eingezeichneten Flußläufe existieren nicht mehr, andere sind bis zu 30 km fehlerhaft eingetragen.

In diese Aufgabenstellung gehören ebenfalls Untersuchungen von Erosionserscheinungen bzw. durch Flutwirkung entstehende Veränderungen der Küstenstruktur. Das betrifft auch die Aussehwemungen an den Mündungen großer Flüsse. Weiterhin gehört dazu auch die Feststellung des Grades der Wasserverschmutzung; wobei mit Hilfe der Falschfarbenfotografie — speziell von bemannten Raumstationen aus — gezielte, sehr detailreiche Untersuchungen besonders interessanter Abschnitte von Wasserläufen vorgenommen werden können.

Eine weitere Möglichkeit, vor allem für die Erschließung noch nicht landwirtschaftlich genutzter Gebiete, ist die Bodenklassifizierung. Aber auch in landwirtschaftlich genutzten Gebieten kann durch die Bodenklassifizierung der Gehalt an Mineral- und Düngemitteln erfaßt werden.

Ein weites Gebiet umfaßt die Ozeanographie. Mit Hilfe systematischer kartographischer Erfassung lassen sich die Ausdehnungen der Schelfgebiete mit hoher Genauigkeit und wenn notwendig bis ins Detail aufzeichnen. Bisher noch unbekannte Korallenriffe lassen sich entdecken. Von großer Bedeutung ist ferner die exakte Erfassung von Meeresströmungen, die durch Infrarottfotografie mit hoher Genauigkeit möglich ist.

Eigentlich noch zur Ozeanographie gehörend ist auch die Ortung von Fischschwärmern. Bei automatisch arbeitenden Satelliten muß man z. Zt. noch den Umweg über die Ortung von Planktonansammlungen als Futterplätze für Fischschwärme gehen. Mit bemannten Stationen wird es möglich sein, durch Geräte mit genügend hoher Auflösung Fischschwärmere direkt zu beobachten und zu lokalisieren. Ein weites Gebiet ist auch die Hydrologie. Grobräumig lassen sich Analysen der Bodenfeuchtigkeit ausführen, der Wasserstand der Flüsse kann global überprüft werden, Schnee- und Eisgrenzen bzw. Abschmelz- und Bildungszeiten lassen sich bestimmen und auch die zahlreichen Gletscher der Hochgebirge in ihrer Entwicklung und Bewegung exakt verfolgen.

Eine besondere Rolle spielen bei Erdbeobachtungen die geologischen Untersuchungen. Durch sie ist es möglich, Erdgas, Erdöl, Erz, Minerale und Wasser nachzuweisen und die Ergiebigkeit von derartigen Lagerstätten zu erkunden. Auch hier wird es in der Zukunft eine Arbeitsteilung zwischen unbemannten Raumflugkörpern und Raumstationen geben. Während die Übersichtsinformationen bezüglich solcher natürlicher Ressourcen von unbemannten Satelliten gesichert werden, können Detaliumtersuchungen durch erfahrene Geologen von Raumstationen aus erfolgen.

Auch die Land- und Forstwirtschaft kann von dem Einsatz bemannter Stationen profitieren. Durch entsprechende Beobachtungen ergibt sich die Möglichkeit, den Reifegrad bestimmter großflächiger Kulturen abzuschätzen, großräumige Ernteschätzungen auszuführen und Schädlings- bzw. Pflanzenkrankheitsbefall frühzeitig zu erkennen. Für große Waldgebiete sind Meldungen über Waldbrände, die von Raumstationen aus erfolgen können, von großem Nutzen. Vegetationsbeobachtungen in noch unerschlossenen Gebieten lassen sich ausführen. Schließlich sind auch die Angaben über den Bewässerungsstand landwirtschaftlicher Nutzflächen von Bedeutung.

Allgemein kann man also sagen, daß durch den Einsatz von Raumstationen eine Verbesserung der Rohstoffproduktion, Verbesserung der Ausbeutung von Lagerstätten, eine Steigerung der Lebensmittelproduktion sowie eine verbesserte Planung der Land-, Forst- und Wasserwirtschaft möglich wird.

Zu den erdbezogenen Beobachtungsaufgaben von Bord bemannter Stationen gehören auch meteorologische Untersuchungen. Erfahrene Meteorologen an Bord von Raumstationen können schon heute bedeutend mehr leisten, als es durch die bereits hochentwickelte Technik der automatisch arbeitenden Wettersatelliten möglich ist. Das betrifft die Wetteranalyse, die Wettervorhersage, die Wetterkontrolle sowie die Untersuchungen zur Luftverschmutzung. Nicht zuletzt gehört auch die Warnung vor Unwettern — vor allem lokaler Art — zu den Aufgaben beobachtender Meteorologen in Raumstationen.

An Bord der sowjetischen Raumstation Salut 1 (nach Aussagen des Kommandanten der sowjetischen Kosmonautenmannschaft Schatalow war es bei Salut 2 nicht vorgesehen, eine Besatzung an Bord zu bringen) befand sich auch eine astronomische Beobachtungsanlage mit der Bezeichnung „Orion“. Mit dieser Anlage konnten sowohl auf automatischem Wege als auch durch die Besatzung zahlreiche astrophysikalische Untersuchungen im Bereich der UV- und Röntgenstrahlung ausgeführt werden. Bekannt wurde, daß z. B. vom Stern Wega äußerst detailreiche Spektren im ultravioletten Strahl-



Abb. 1: Blick in die unteren Arbeitsräume von Skylab, mit einer sogenannten Fischaugenkamera aufgenommen.

lungsbereich gewonnen worden sind. Weitere Einzelheiten über den Aufbau dieser astrophysikalischen Beobachtungsanlage sowie über die Ergebnisse lagen bei Abschluß dieses Beitrags noch nicht vor. Es wurden aber auch bei dem Unternehmen Salut 1 verschiedenartige fotografische Untersuchungen bezüglich des Aufbaus der Atmosphäre, vor allem durch Horizontfotografie im ultravioletten und infraroten Strahlungsbereich ausgeführt. Das gleiche gilt für das Nachthimmelsleuchten. Ferner wurden der Gegenschein und das Zodiakallicht untersucht. Diese Experimente, obgleich sie zum Teil die irdische Atmosphäre betreffen, zählen natürlich auch zur astrophysikalischen Forschung. Im folgenden eine kurze Zusammenfassung über die sechs extraterrestrischen Untersuchungen astrophysikalischer Natur, die beim Unternehmen Skylab bisher ausgeführt wurden.

An Bord von Skylab befanden sich Kerneulsionsspacierungen, mit deren Hilfe vor allem hochenergetische Teilchen der primären kosmischen Strahlung nachgewiesen werden sollten. Über die Ergebnisse liegen bisher noch keine Angaben vor. Dieses Experiment hat die Bezeichnung S009. Das Experiment S 019 betraf die UV-Stellarastrophysik. Hierbei wurden 50 Sternfelder in der Milchstraße mit Ausdehnungen von 4–5 Grad aufgenommen. Für die Erzeugung der Spektren der dabei abgebildeten Sterne wurde eine Art Objektiv-Prisma (verwendet wurde Spiegeloptik) eingesetzt. Jedes dieser Felder wurde zweimal bis dreimal belichtet. Die Belichtungszeiten betrugen 30, 90 und 270 Sekunden. Jede Mission sollte deshalb 164 Spektralsternfeldbilder liefern. Bei der längsten Belichtungszeit sollten Sterne bis zur 6. Größenklasse abgebildet werden. Verwendet wurde ein 6-Zoll-Spiegel. Ein außen angebrachter Planspiegel diente zur Auswahl der jeweiligen Sternfelder. Die Astronauten beobachteten mit einem synchron arbeitenden optischen Teleskop mit 7-facher Vergrößerung und wählten dabei die zu fotografierenden Sternfelder aus. Die UV-Spektren überstrichen den Bereich von 1350 bis 2000 Å. Als Auflösungsvermögen konnte bei diesen Sternspektren etwa 2 Å erreicht werden.

Beim Experiment S 150 erfolgte eine Abtastung des Himmels nach Röntgenstrahlungsquellen. Die Astronauten hatten hier die Aufgabe, von den bisher durch automatisch arbeitende Satelliten entdeckten Röntgenstrahlungsquellen auszugehen. Damit ließ sich die Apparatur kalibrieren. Danach erfolgte eine weitere Abtastung des gesamten Himmels.

Beim Experiment S 183 wurde eine Ultraviolett-Kamera eingesetzt. Mit ihr erfolgten keine Spektralaufnahmen, sondern durch die Zwischenschaltung entsprechender Filter eine Abbildung der Sterne des jeweiligen Feldes im ultravioletten Strahlungsbereich.

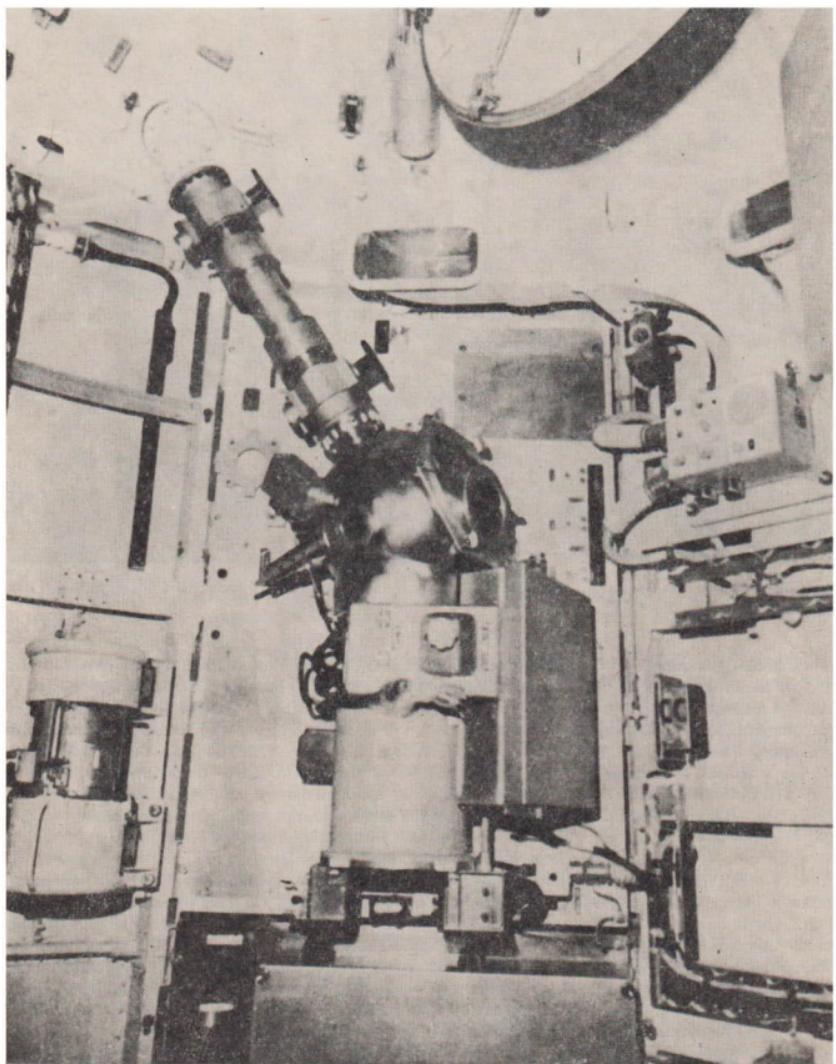


Abb. 2: Anlage M 512; sie soll dem Mischen von auf der Erde unmischbaren Stoffen dienen.

Die beiden weiteren astrophysikalischen Experimente von Skylab betrafen zum Teil wiederum kernphysikalische Untersuchungen. Mit der Anlage S 228 sollten Transurankerne in der primären kosmischen Strahlung nachgewiesen werden. Beim Unternehmen S 230 ging es um die Untersuchung der Zusammensetzung der positiven Kerne in der Magnetosphäre der Erde.

Zum Teil auf die äußere Atmosphäre der Erde aber mit astrophysikalischem Inhalt bezogen sich die drei folgenden Experimente: Bei S 063 erfolgte die Fotografie des ultravioletten Himmelsleuchtens am Horizont; bei S 073 wurden der Gegensehen und das Zodiakallicht fotografiert. Außen an der

Raumstation Skylab waren Behälter angebracht (sie mußten von den Astronauten geborgen werden), die unter der Bezeichnung S 149 der Sammlung von Mikrometeoriten dienten.

Von wiederum praktischer Bedeutung, nicht nur für Raumfahrtunternehmen selbst, sondern auch für die Erde, sind sonnenphysikalische Beobachtungen von bemannten Stationen aus. Um hier einen Einblick in die Vielfalt der Möglichkeiten zu geben, seien als Beispiel die sonnenphysikalischen Beobachtungen, die mit dem System ATM bei der Raumstation Skylab durch die Besatzung ausgeführt worden sind, genannt.

Beim Experiment S 020 wurden im Bereich von 10 bis 200 Å bei Belichtungszeiten von 5 bis 60 Minuten Aufnahmen der Sonne bzw. der Sonnenkorona (die meisten Röntgenstrahlungsquellen liegen in der Sonnenkorona) gemacht.

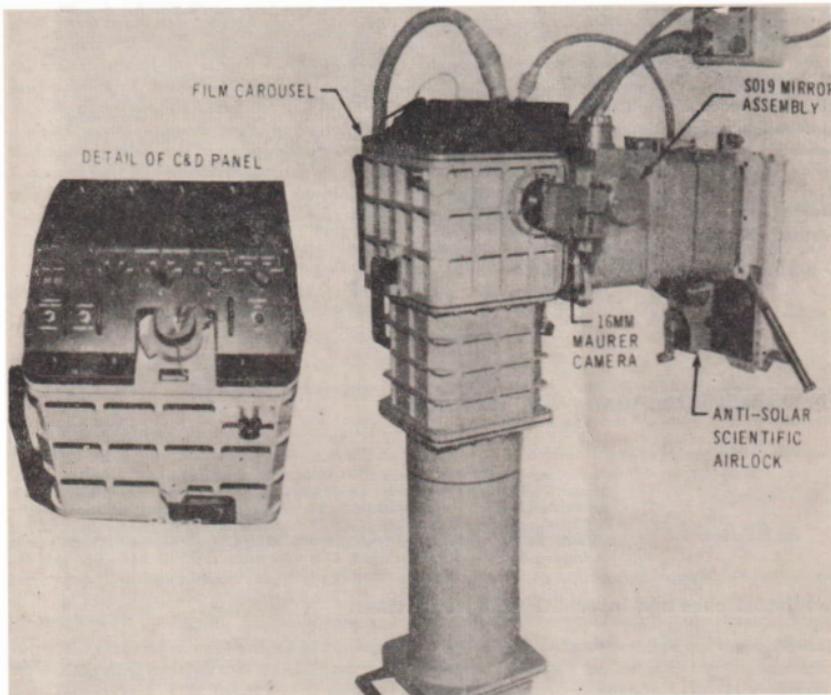
Ein Koronograph, dessen Optik eine Brennweite von 3 Metern hat (maximaler Durchmesser 46 cm), wurde für Aufnahmen der Sonnenkorona im sichtbaren Bereich des Spektrums unter der Bezeichnung S 052 eingesetzt.

Bei ruhiger Sonne erfolgten mit diesen Koronographen zweimal täglich Aufnahmen. Bei Sonnenaktivität (während der Arbeitszeit der ersten Besatzung trat auch eine Sonneneruption auf) konnten alle 13 Sekunden Aufnahmen der Sonnenkorona gemacht werden. Der Besatzung war es freigestellt, die Bilder auf einem Fernsehbildschirm in der Kommandozentrale für das ATM selbst zu betrachten oder Filmaufnahmen zu machen.

Unter der Bezeichnung S 054 wurde ein Röntgenstrahlungsteleskop im ATM von Skylab eingesetzt. Im Zentrum dieses Teleskops befand sich ein kleineres (7,6 cm Öffnung), welches ständig ein Lebendbild der Sonne im Röntgenstrahlungsbereich an die Kontrollkonsole lieferte. Auch hier konnten die Astronauten die Spektralbereiche auswählen und die Filmaufnahmen bestimmen.

Eine zeilenmäßige Abtastung der Sonnenoberfläche erfolgte mit einem UV-Spektroheliometer, welches im Bereich von 300 bis 1350 Å arbeitete. Bei diesem Gerät wurde ein Teil des Lichtes herausgespiegelt und auf sieben verschiedene Detektoren geleitet, die in ausgewählten Strahlungsbereichen

Abb. 3: Exp. S 183, UV-Panoramakamera fürstellare Untersuchungen.



die Gammastrahlungsintensität gemessen haben. Auch diese Meßwerte lassen sich bei Synchronisierung mit der zeilenmäßigen Abtastung in Gammastrahlungsbildern der Sonne umwandeln. Bei dem Experiment S 056 wurden zwei Instrumente eingesetzt. Als erstes ein Proportionalzähler für Röntgenstrahlung, Photonen und Elektronen. Es handelt sich dabei um zwei gasgefüllte Zähler, die im Bereich von 2 bis 20 Å empfindlich waren. Die Messung der Impulshöhe erfolgte in sechs Energiebereichen mit einem zusätzlichen Gesamtstrahlungsmesser. Die Meßwerte wurden direkt zur Erde und auf Anzeigegeräte im Inneren der Station übertragen. Das zweite Instrument war ein Röntgenstrahlungsteleskop, welches im Bereich zwischen 5 und 33 Å arbeitete und Bilder der Sonne in diesem Bereich lieferte. Diese Bilder wurden auf Film aufgezeichnet. Insgesamt waren für das Unternehmen fünf Kassetten vorgesehen, die durch Außenaktivitäten der Astronauten ausgewechselt werden sollten. Jede Kassette sollte 7200 Sonnenbilder enthalten.

Das Instrument S 082 war ein Ultraviolettspektroheliograph, der aus zwei Instrumenten, A und B, besteht. Bei A wurden Spektroheliogramme der Sonne in ausgewählten Linien im Bereich von 150 bis 600 Å angefertigt. Das Instrument B wurde von den Astronauten auf interessante Regionen ausgerichtet. Es besaß ein relativ kleines Gesichtsfeld von 1600×1600 km auf der Sonnenoberfläche. Es konnte auf jedem Punkt der Sonnenoberfläche gerichtet werden; die Auswahl der Spektralbereiche stand den Astronauten frei. Bei beiden Instrumenten erfolgten Filmaufzeichnungen und fernsehtechnische Übertragungen zum Schaltpult des ATM.

Ohne Experimentalbezeichnung befanden sich noch in der ATM-Anlage zwei H-Alpha-Teleskope. Sie arbeiteten mit Fabry-Perot-Filtern. Diese H-Alpha-Teleskope sollten den Astronauten das frühzeitige Erkennen von Sonneneruptionen großer Intensität ermöglichen, die evtl. zu einer Verkürzung der Flugmission hätten führen können. Eines dieser Teleskope diente nur zur TV-Übertragung der H-Alpha-Bilder der Sonne in die Station selbst, beim anderen konnte mit einem Strahlungsteiler für eine wahlweise TV-Übertragung oder -Fotografie gesorgt werden.

Bei diesen als Beispiel angeführten astrophysikalischen Untersuchungen von Raumstationen aus fanden in keinem Fall Instrumente Verwendung, deren Brennweite rund 3 Meter überstieg. Langbrennweite große astronomische Instrumente können nur dann in der Erdumlaufbahn speziell für die extragalaktische Forschung sinnvoll eingesetzt werden, wenn die Stationen während der Beobachtungszeit unbemannt sind. Die Bewegungen von Kosmonauten bzw. Astronauten rufen (nach dem heutigen Stand der Technik) Vibrationen hervor, die lange Belichtungszeiten unmöglich machen.

Nein weniger bedeutungsvoll sind technologische Experimente, die bereits bei Raumschiffen der zweiten Generation als auch bei den bisherigen Raumstationen ausgeführt wurden. Erinnert sei an die Schweißexperimente des Kosmonauten Kubassow in Sojus 6. Auch beim Unternehmen Skylab sind technologische Experimente ausgeführt worden. Über sie wird in einem späteren Beitrag berichtet. Es geht dabei im wesentlichen um Mischung von Stoffen, die auf der Erde (infolge der Schwerkraft) unmischbar sind, Möglichkeiten der Anwendung von elektrostatischen und magnetischen Kräften zur Stoffmischung unter Schwerelosigkeit, Züchtung von Kristallen höchster Reinheit, Erzeugung von idealen Kugeln und schließlich von Schweißexperimenten unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit.

Fernsehdirektempfang von Satelliten

Dipl.-Ing. H. D. NAUMANN

Im November 1972 stimmte die UNO-Vollversammlung mit 102 : 1 Stimmen (Gegenstimme: USA) einem sowjetischen Vorschlag (siehe [1], [2]) über internationale Regeln zur Nutzung künstlicher Erdsatelliten für Fernsehdirektübertragungen zu [3]. Im folgenden Beitrag soll aus diesem Anlaß eine Übersicht über Bedeutung, technische Probleme sowie die künftige Entwicklung dieses neuen Mediums gegeben werden, nachdem bereits an früherer Stelle in dieser Zeitschrift kurz über einige Probleme berichtet wurde [4].

1. Historisches und internationale Aktivitäten

Nach Kenntnis des Verfassers stand das Problem der Nutzung künstlicher Erdsatelliten für die Fernsehprogrammverteilung auf der Basis des Direktempfangs mit Heimgeräten auf dem Internationalen Fernsehsymposium Montreux im Jahre 1962 erstmals zur Diskussion [5], [6]. R. P. Havilland (Gene-

ral Electric) berichtete damals über einen mit Solarzellen betriebenen, kurzfristig realisierbaren TV-Direktempfangssatelliten, mit dem auf einem etwa 100 km² großem Gebiet der Erde ein „zweitklassiger“ Fernsehempfang möglich sein sollte. Skeptischer wurde auf diesem Symposium das Problem von Martin und Jacobs (Washington) beurteilt, die Satellitensendeleistungen von etwa 1000 kW für notwendig hielten und deshalb keine kurzfristigen Realisierungsmöglichkeiten sahen.

1965 gab P. S. Visher in Montreux bekannt, daß die Entwicklungsarbeiten bei Hughes Aircraft soweit gediehen seien, daß 1967/68 mit der Aufnahme des Satellitendirektempfangs zu rechnen sei [16]. Diese mit berechtigter Skepsis von der Fachwelt aufgenommene „Prognose“ hat sich aus technischen und politisch-organisatorischen Gründen nicht erfüllt. 1969 kam eine unter der Leitung von O. Rydbeck in Genf tagende Arbeitsgruppe der ITU (s. w. u.) zu dem Ergebnis, daß die Realisierung des Satellitenempfangs durch jedermann nicht vor 1985, der Gemeinschaftsempfang etwa ab 1975 zu erwarten ist [6]. Die UdSSR gab 1966 bekannt, daß sie an der Schaffung der Voraussetzungen für den Satellitendirektempfang arbeitet [7].

Von der Generalversammlung der Vereinten Nationen wurde 1968 im Rahmen ihrer Aktivitäten zur Herbeiführung von Vereinbarungen über die friedliche Nutzung des Weltraumes eine Arbeitsgruppe zu Problemen des Satellitendirektempfangs ins Leben gerufen, deren Aufgabe die Untersuchung der technisch-ökonomischen Möglichkeiten und Tendenzen sowie der sich daraus ergobenden sozialen, juristischen und sonstigen Konsequenzen war. Die AG beendete am 20. 2. 1969 ihre Tätigkeit und legte der UNO-Vollversammlung einen auf Beiträgen der ITU, der UNESCO und verschiedener Mitgliedstaaten aufbauenden Abschlußbericht vor, der folgende grundsätzliche Schlüssefolgerungen enthielt [8]:

- der erreichte Stand der Satellitechnik ermöglicht es, technische Einrichtungen für Fernsehsendungen zu entwickeln, die von Teilnehmern direkt empfangen werden können,
- die zeitliche Realisierung des Direktempfangs ist von der erzeugbaren Satelliten-Sendeleistung abhängig, woraus sich der zu treibende Aufwand beim Teilnehmer ergibt,
- der Gemeinschaftsempfang von Satellitensendungen wird bereits Mitte der 70er Jahre realisierbar sein, wobei diese Variante ökonomisch günstiger und weniger aufwendig ist als der Direktempfang durch einzelne Teilnehmer,
- weitere erforderliche internationale Untersuchungen auf diesem Gebiet sind dem internationalen beratenden Ausschuß für das Funkwesen CCIR bei der ITU vorzulegen, die das international kompetente Organ für die Ausarbeitung der technischen Basis für die Welt- und Regionalfunkverwaltungskonferenz darstellt und den grundsätzlichen Rahmen für den Satelliten-Direktfunk vorgeben muß,
- für den Direktfunk sind Frequenzforderungen zu untersuchen und auf der Weltraumfunkkonferenz (Genf 1971) zu beachten.

Auf der Basis dieser Ergebnisse der Arbeitsgruppe wurden folgende weitere Aktivitäten entfaltet [8]: 1970 nahm die 25. Session der UNO-Generalversammlung die Resolution 2733 (xxv) an, in der

- alle UNO-Mitgliedstaaten, regionale und internationale Gremien und Rundfunkanstalten zur internationalen Kooperation sowie Beteiligung auf regionaler oder jeder anderen Ebene an Aufbau, Betrieb, Programmplanung und -produktion aufgerufen sind,
- dem ITU angetragen wird, Schritte einzuleiten, die zur Nutzung von Direktempfangssatelliten notwendig sind und entsprechende Regelungen zu treffen.

Als Ersterfolge dieser Empfehlungen sind bis heute zu verbuchen:

- Die Festlegung von Frequenzen für den Satellitendirektfunk auf der Funkverwaltungskonferenz 1971 Genf,
- Sammlung und Auswertung technischer Studien durch die CCIR,
- Aktivierung der technisch-wissenschaftlichen Arbeit zur Technik des Satellitendirektempfangs in zahlreichen Ländern.

2. Notwendigkeit und Ökonomie des Fernsehdirektempfangs von Satelliten

Bevor einiges zu technischen Problemen gesagt werden soll, ist es erforderlich, die Frage der Notwendigkeit des Fernsehdirektempfangs von Satelliten anzuschneiden.

Das Bestreben des Fernsehteilnehmers wird in der Perspektive immer mehr darauf ausgerichtet sein, eine möglichst große Auswahl an Programmen zur Verfügung zu haben [9], was zu einer quantitativ steigenden Programmdarbietung seitens der Sendegesellschaften zwingt. In den z. Zt. genutzten VHF- und UHF-Bereichen (Bänder I, III, IV, und V) ist die Ausstrahlung von drei Programmen

möglich. Bei Erweiterung auf vier und mehr Programme wäre mit erheblichen Störungen zu rechnen, so daß hierfür neue Wege zu erschließen sind. Z. Zt. stehen drei Varianten zur Diskussion:

- Die Verbreitung über terrestrische Sendernetze in neuen Frequenzbereichen, wofür z. Zt. der 12 GHz-Bereich in Betracht kommt;
- die Verbreitung über terrestrische Kabelnetze;
- die Verbreitung über Fernsehsatelliten auf der Basis des Direktempfangs mit Einzel- oder Gemeinschaftsanennenanlagen.

Welcher Weg gegangen wird, wird letztlich durch die Ökonomie entschieden, die in entscheidendem Maße von der Größe und Topografie des zu versorgenden Gebietes abhängig ist [10]. Jüngst bekanntgewordene Ergebnisse entsprechender Studien zeigen, daß auch für kleinere Territorien der Fernsehdirektempfangsatellit die kostengünstigste Lösung darstellt. Für ein Territorium von Größe und Topografie der BRD würde der Aufbau eines 12 GHz-Sendernetzes etwa 1300 Sender mit 6,5 Milliarden Mark Investitionen erfordern. Der Ausbau würde etwa 20 Jahre dauern. Für den Aufbau eines Fernsehverteilernetz-Kabelnetzes muß mit 40...60 Milliarden Mark gerechnet werden [11]. Für den Fernsehdirektempfang wird ein geostationärer Satellit zugrunde gelegt, der 5 Programme im 2GHz-Bereich ausstrahlt. Je Programm wäre eine Sendeleistung von 600...800 W erforderlich, der Abstrahlwinkel ist $\geq 1^\circ$, was eine Satellitensendeantenne von 1,5...2 m Durchmesser erfordert, die mit einer Ausrichtgenauigkeit von $0,1^\circ$ stabilisiert werden muß. Für die Energieversorgung werden Solarzellen mit etwa 100 m² Fläche vorgesehen.

Der Empfang erfolgt mit Einzelanlagen, die neben Frequenz- und Modulationskonvertern etwa 80-cm-Parabolspiegel als Empfangsantennen erfordern (Kostenaufwand etwa 1500 M) oder Gemeinschaftsanlagen für Wohnblöcke, Siedlungen oder Stadtteile. Für ein derartiges Satellitensystem werden folgende Kosten eingeschätzt [11]:

- | | |
|---|-----------------|
| — Entwicklungskosten für den Satelliten | 600...800 Mio M |
| — Produktions- und Startkosten | 100...130 Mio M |
| — jährliche Unterhaltskosten | 100...130 Mio M |

Zu ähnlichen Aussagen kamen bereits Studien amerikanischer Gesellschaften [12], die allerdings wegen der grundsätzlich anderen geografischen Verhältnisse nicht ohne weiteres auf europäische Staaten übertragbar sind.

Die wirtschaftliche Überlegenheit eines Satellitensystems für direkten Fernsehempfang gegenüber den anderen Varianten wird naturgemäß um so geringer, je kleiner das zu versorgende Territorium ist [9], [13].

Neben den ökonomischen Vorteilen hat ein Satellitensystem gegenüber terrestrischen Kabel- oder 12-GHz-Strecken folgende weiteren Vorteile:

- kürzere Projektions- und Ausbauzeiten,
- Sicherung einer gleichmäßigen Empfangsqualität über das gesamte bestrahlte Territorium,
- Sicherung einer lückenlosen Programmversorgung im Gesamtterritorium.

3. Technische Systemkonzeption und Parameter eines Fernsehsatellitensystems für Direktempfang

3.1. Bahnpараметры

Die Auswahl der Umlaufbahn hat davon auszugehen, daß eine Nachführung der Antenne einer Heimempfangsanlage technisch und ökonomisch nicht in Betracht kommt und die Gesamtkosten des Systems bedeutend ungünstiger als die terrestrische Systeme gestalten würde. Dabei ist zu beachten, daß das Versorgungsgebiet eines Satelliten in jedem Fall mehrere Millionen Fernsehteilnehmer erfaßt und die Ökonomie um so günstiger wird, je mehr Aufwand beim Sender (Satelliten) konzentriert werden kann.

Optimale Verhältnisse ergeben sich bei geostationären Satelliten, deren Ort in der Äquatorebene durch die geografische Lage des zu versorgenden Territoriums festgelegt wird. Da aus Gründen des Signal-Rauschabstandes sowie zur Vermeidung von Schatteneinwirkungen der Einfallswinkel der Signale am Empfangsort 20° nicht unterschreiten soll, liegt die nördliche Grenze der Versorgungsgebiete bei etwa 60° n. B [8].

Von nicht geostationären Bahnen wird bei Fernsehdirektempfangssatelliten nur in Ausnahmefällen Gebrauch gemacht werden, z. B. bei der Versorgung geografisch extrem (polar) gelegener Territorien. In diesem Fall ist für die Dauer der Programmausstrahlung (mindestens etwa 4...5 Stunden) eine nahezu quasi-stationäre Position erforderlich. In Frage kommen stark elliptische Bahnen ähnlich denen der Molnija-Satelliten, deren Apogäum über dem zu versorgenden Gebiet liegt.

3.2. Betriebsfrequenzen

Spezielle Betriebsfrequenzen für Satelliten für direkte Abstrahlungen von Ton- und Fernsehsendungen wurden anlässlich der Weltraumkonferenz Genf 1971 erstmals festgelegt. Es handelt sich dabei um folgende Bereiche [14]:

- Frequenzen innerhalb des Bereiches 620…790 MHz (UHF-Bereich). Primärnutzer dieses Bereiches bleiben konventionelle Nachrichtendienste. Die Nutzung bedarf deshalb der Abstimmung mit den jeweiligen Nachrichtenverwaltungen.
- Frequenzen innerhalb des Bereiches 2,500…2,690 GHz für nationale und regionale Systeme mit Gemeinschaftsempfang. Die Nutzung bedarf vorheriger Vereinbarungen mit den Funkverwaltungen, die im gleichen Band gleichberechtigt stationäre oder bewegliche Funkdienste betreiben.
- Frequenzen im Bereich 11,7…12,5 GHz gemeinsam mit terrestrischen Rundfunkdiensten sowie stationären und beweglichen Funkdiensten.
- Die Bänder 41…43 GHz und 84…86 GHz exklusiv.

Für den Fernsehteilnehmer am günstigsten wäre die Nutzung des UHF-Bereiches, da der Empfang in diesem Fall mit heute bereits handelsüblichen VHF/UHF-Empfängern ohne Zusatzgeräte, gegebenenfalls leistungsfähigeren Antennen möglich wäre. Für europäische Verhältnisse dürfte dieser Bereich für Fernsehsatelliten jedoch ausscheiden, da zumindest bis 1980 ein so hoher Belegungsgrad mit terrestrischen Sendern erreicht ist, daß keine Satellitenfrequenzen frei sind. Dabei ist zu beachten, daß ein Satellitensender ein vorgesehenes Territorium gleichmäßig bestrahlt und die von ihm benutzte Frequenz einschließlich der Nachbarkanäle nicht von irdischen Sendern mitgenutzt werden kann.

Von der Frequenzverteilung und -nutzung her die günstigste Variante stellt der 12-GHz-Bereich dar, auf den die Mehrzahl der derzeitigen Projektstudien (zumindest für den europäischen Raum) ausgerichtet ist. In diesem Fall sind für den Fernsehteilnehmer Frequenzkonverter (ähnlich den heute für VHF-Geräte benutzten UHF-Konvertern) erforderlich, die eine Umsetzung der GHz-Signale in den UHF-Bereich vornehmen. Betriebsfrequenzen im GHz-Bereich haben den Vorteil geringer Systemabmessungen sowohl sende- als auch empfangsseitig.

3.3. Versorgungsbereiche und Stabilisierungsprobleme

Ein geostationärer Satellit kann prinzipiell etwa 30 % der Erdoberfläche ausleuchten. Ein derartiger Versorgungsbereich wird allerdings in den nächsten Jahrzehnten für einen Direktempfangssatelliten nicht zur Diskussion stehen, da einem weltweiten Fernsehprogramm neben technischen auch politische und sprachliche Probleme entgegenstehen.

Selbst eine Versorgung für Gesamteuropa scheitert – neben politischen Aspekten – vor allem an der Vielzahl kleinerer Staaten (im Vergleich zu der UdSSR oder den USA) mit unterschiedlichen Sprachen sowie den unterschiedlichen Fernsehnormen und -systemen. Die Versorgungsgebiete werden sich deshalb speziell in Europa, aber ebenso Afrika oder Südamerika nationalen oder regionalen Erfordernissen anpassen [8].

Die Größe des Versorgungsgebietes bestimmt den Abstrahlwinkel der Satellitenantenne. Für europäische Verhältnisse sind durchweg Werte unter $1,5^\circ$, zum überwiegenden Teil sogar unter 1° erforderlich. Abb. 1 zeigt als Beispiel mögliche Versorgungsgebiete eines $1,4^\circ$ -Abstrahlwinkels für Europa [10]. Derartig kleine Abstrahlwinkel wirken sich positiv auf die Leistungsbilanz einer Satellitenfunkstrecke aus. Da die gesamte Energie auf einen kleinen Raumwinkel konzentriert wird, ist der Leistungsbedarf im Satelliten geringer. Hingegen steigen die Forderungen bezüglich der Stabilisierung. Für die Ausrichtgenauigkeit werden Werte $< 0,1^\circ$ gefordert, die in die Größenordnung der bei astronomischen Teleskopsatelliten notwendigen Werte kommen. Die Problematik wird erschwert durch großflächige Solarzellenflächen mit mehr als 30 m Spannweite, die die Labilität des Flugkörpers erhöhen und auf die schon der Strahlungsdruck der Sonne merklichen Einfluß ausübt.

Für künftige Projekte und Pläne ist es von Bedeutung, daß von einem Satelliten aus sowohl mehrere Versorgungsgebiete mit unterschiedlichen Programmen bestrahlt werden können, als auch ein größeres Versorgungsgebiet mit einem Programm, das mit mehrsprachigen, durch den Teilnehmer jeweils wählbaren Begleittexten versehen wird. Für beide Probleme sind die rein verfahrenstechnischen Fragen bereits heute prinzipiell gelöst (siehe z. B. [15]). So wäre es für die Perspektive durchaus denkbar, daß ein Gemeinschaftssatellit der sozialistischen Staaten einmal ein gemeinsames Programm mit Begleitton in allen Landessprachen der RGW-Länder ausstrahlt, zum anderen aber gleichzeitig für verschiedene Länder mit einem auf ihr Territorium begrenztem Versorgungsbereich nationale Programme.

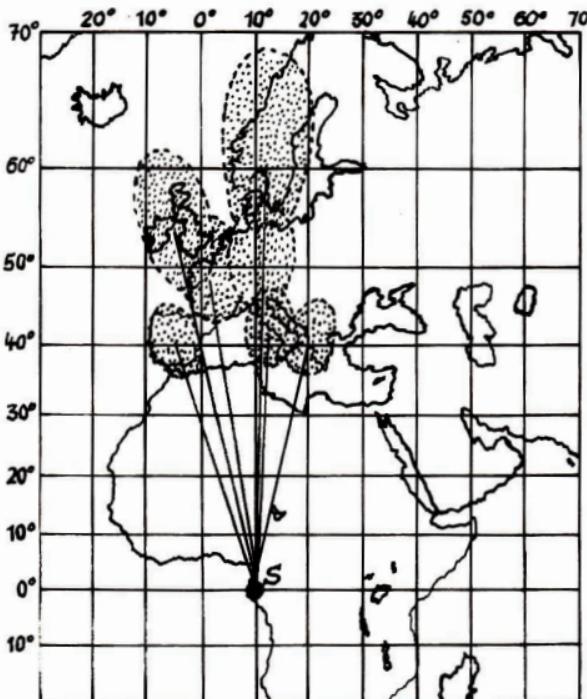


Abb. 1:
Mögliche Versorgungsgebiete für Europa eines Satelliten mit 1,4°-Antennen
(nach PÖBL u. a.).

3.4. Empfängeraufwand, Satellitensendeleistung und technische Systemparameter

Der Gesamtaufwand für einen Satelliten-Fernsehsender wird wesentlich durch den für den Fernsehteilnehmer maximal zumutbaren Zusatzaufwand für den Empfang der Satellitensendungen bestimmt. Am günstigsten wäre die Ausstrahlung im 800-MHz-Bereich mit Restseitenband-Amplitudenmodulation, so daß ein Empfang mit konventionellen Empfängern möglich wäre. Für den Satellitensender macht sich in diesem Fall eine relativ hohe Sendeleistung von mehreren kW erforderlich. Wie unter 3.2 dargelegt, wird diese Variante zumindest für Europa nicht in Betracht kommen.

Für Empfangsanlagen im 12-GHz-Bereich können etwa folgende Prämissen gesetzt werden:

- Die Kosten der zusätzlichen Empfangsapparaturen dürfen in der Einführungsphase die der Fernsehempfänger selbst nicht überschreiten,
- der Durchmesser der notwendigen Parabolantennen darf 1 m nicht überschreiten,
- für die Empfänger muß mit Rauschtemperaturen von etwa 8000 °K gerechnet werden, da sich rauschärmere Bauelemente, wie Tunneldioden, mit denen Werte von etwa 860 °K erreichbar wären, wahrscheinlich auch im Zeitraum 1975–1980 aus Kostengründen verbieten [10],
- die Empfangsqualität muß der terrestrischer Sender entsprechen. Geringe Qualitätseinbußen sind nur in gewissen Randzonen (sekundären Versorgungsgebieten) zuzugestehen.

Unter diesen Gesichtspunkten zeigt Tabelle 1 die wichtigsten Systemparameter zweier 12-GHz-Systeme und Abb. 2 die Blockschaltbilder der erforderlichen Empfangsanlagen (beides nach [10]). Man erkennt, daß bei Anwendung der Restseitenband-Amplitudenmodulation zwar auf einen zusätzlichen Modulationskonverter beim Teilnehmer verzichtet werden kann, jedoch um Größenordnungen höhere Satellitensendeleistungen notwendig sind. Der bei Frequenzmodulation erforderliche Zusatzkonverter, der einem kompletten HF-Teil eines Fernsehgerätes entspricht, dürfte jedoch so hohe Kosten der Empfangsapparaturen verursachen, daß eine Anwendung dieses Verfahrens für den Einzel-Direktempfang nicht in Frage kommt.

Abb. 2:
Blockschemen von
12-GHz-Empfangs-
stationen für den TV-
Satelliten-
Direktempfang.

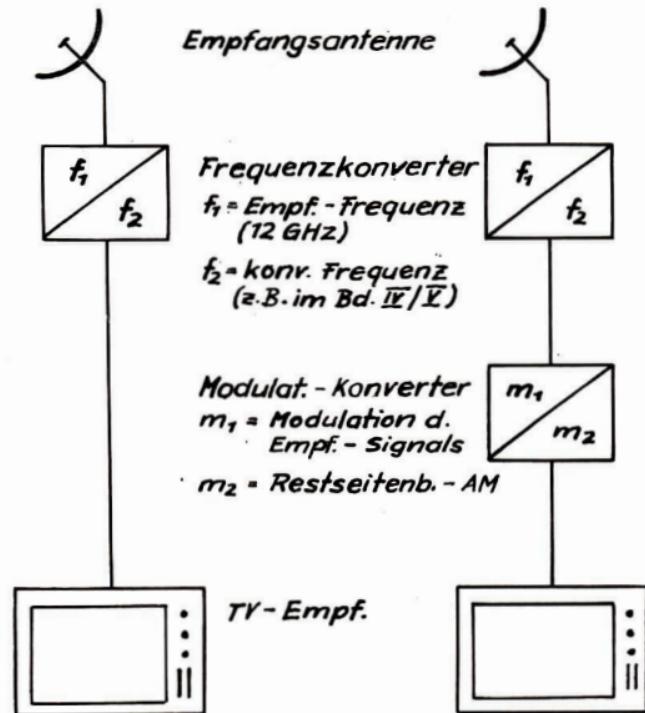


Tabelle 1

Parameter zweier 12-GHz-Satellitensysteme für direkten Fernsehempfang (nach 10)
Zugrunde gelegte Antennenbündelung: 1,4°

Parameter	System I	System II
Modulation	Restseitenband-Amplitudenmodulation	Frequenzmodulation
Gewinn der Empfangsantenne	39,3 dB (etwa 80 cm Ø)	
Funkausbreitungsdämpfung	206 dB	
Funkfelddämpfung	125,4 dB	
Bandbreite	5 MHz	25 MHz
Signal-Rausch-Abstand	40 dB	45 dB
Träger-Rausch-Abstand	37 dB	18 dB
Systemreserve	0 dB	3 dB
Rauschtemperatur des Empfängers	8000 °K	8000 °K
Satelliten-Sendeleistung	12 kW	1,3 kW 240 W 26 W

Dem Verfahren Restseitenband-Amplitudenmodulation/12-GHz-Betriebsfrequenz müssen deshalb aus derzeitiger Sicht die größten Anwendungschancen für den Heimdirektempfang mit Einzelanlagen eingeräumt werden. Die Bereitstellung der dafür notwendigen hohen Satellitensendeleistungen — vor Jahren noch nur auf der Basis von Kernenergiequellen für möglich gehalten — bereitet heute auf Solarzellenbasis kaum noch Schwierigkeiten. Durch die Entwicklung flexibler, sog. FRUSA-Zellen, sind in den nächsten Jahren Werte bis 100 kW auf Solarbasis erreichbar [16].

4. Zusammenfassung

Der Fernsehdirektempfang von Satelliten stellt für die perspektivische Erweiterung des Programmangebots über die in den VHF- und UHF-Bändern ausstrahlbaren Programme hinausgehend eine bedeutungsvolle Lösungsvariante dar, die gegenüber anderen möglichen Wegen (Kabelfernsehen, terrestrische 12-GHz-Sendernetze) auch für kleinere Staaten wesentlich kostengünstiger zu werden verspricht. Die Notwendigkeit und Möglichkeit für den Direktempfang dürften etwa ab 1980 bestehen. Heutige Aussagen über Konzepte und Systemparameter gründen sich ausschließlich auf theoretische Überlegungen und Studien, da bisher keine Experimente in dieser Hinsicht durchgeführt wurden. Mit Sicherheit kann jedoch angenommen werden, daß – zumindest für europäische Verhältnisse – Fernseh-Direktsatelliten im 12-GHz-Bereich arbeiten werden.

Literatur:

- [1] Entwurf einer Konvention über Prinzipien der Nutzung künstlicher Erdsatelliten für Fernsehdirektsendungen. Neues Deutschland, 11. 8. 1972, S. 6.
- [2] Brief A. Gromykos an Dr. Kurt Waldheim – Erläuterung des Memorandums zur Konvention; ebenda.
- [3] 102:1 gegen USA. Neues Deutschland, 12. 11. 1972, S. 7.
- [4] Naumann, H. D.: Fernsehdirektempfang von Satelliten? Astronomie und Raumfahrt (1960), H. 2, S. 33–34.
- [5] 2. Internationales Fernsehsymposium in Montreux, Funkschau, 34 (1962), H. 13, S. 338.
- [6] satellitendirektempfang. radio-fernsehen-elektronik, 19 (1970), H. 15, S. 501.
- [7] Sowjetunion plant Nachrichtensatelliten für Direktempfang. Astronomie und Raumfahrt, (1967), H. 1, S. 22.
- [8] Götz, H.: Fernsehsendungen von Satelliten – eine neue Dimension für die Fernsehversorgung. radio-fernsehen-elektronik, 21 (1972), H. 6, S. 177–179.
- [9] Strehl, H.: Direkte Versorgung großer Gebiete durch Fernsehsatelliten. Funktechnik, 20 (1965), H. 22, S. 905–906.
- [10] Pöhl, K. u. a.: Fernsehsatellitensysteme. Funktechnik, 26 (1971), H. 1, S. 8–10.
- [11] Direktempfang vom FRS-Satelliten. FAZ, 11. 10. 72.
- [12] Tetzner, K.: Privater Synchronradiovertrag soll Rundfunk ersetzen. Funkschau, 38 (1960), H. 6, S. 184.
- [13] Naumann, H. D.: Fernsehdirektempfang von Satelliten? Wissenschaft und Fortschritt, (1966) H. 6, S. 276–278.
- [14] Götz, H.: Die Weltraumfunkverwaltungskonferenz des Internationalen Fernmeldevereins (UIT) in Genf. radio-fernsehen-elektronik, 20 (1971), H. 24, S. 789–791.
- [15] Gassmann, G. G.: Compressed Multisound (COM). Funktechnik, 25 (1970), H. 6, S. 102 (ref. in Astronomie und Raumfahrt, (1970), H. 6, S. 102).
- [16] Arnold, F. W.: Will solar cells shine on earth?. Electronics, 45 (1972), H. 11, S. 67–69.

Aus der Literatur

Neue Maximalwerte kosmischer Rotverschiebung gemessen

Bisher war das Objekt 4 C 05.34 das mit der höchsten bekannten kosmischen Rotverschiebung. Der z-Wert ($z = \frac{\lambda}{\lambda_0}$) dieses Objektes beträgt 2,88.

Vor kurzem wurde an der starken Radioquelle OH 471 eine noch größere Rotverschiebung nachgewiesen. Diese Radioquelle liegt im Auriga, sie wurde 1971 entdeckt. Es gelang die Identifizierung mit einem optischen sternartigen Objekt der 18. Größenklasse. Im optischen Spektralbereich fand man bei 535,1 nm und bei 454,8 nm starke Emissionen. Genaue Untersuchungen ergaben, daß es sich einmal um die Lyman-Alpha-Linie (121,5 nm) und um ein Liniene paar des 3fach ionisierten Sauerstoffs aus dem UV bei 103,2 nm und 103,8 nm handelt.

Die Verschiebung von 121,5 nm auf 535,1 nm entspricht einem z-Wert von 3,4. Unter der Voraussetzung, daß diese Rotverschiebung das Ergebnis der kosmischen Fliehgeschwindigkeit ist, ergibt sich für OH 471 der Wert von 0,9 c (90 % der Lichtgeschwindigkeit). Über die Hubble-Beziehung folgt daraus für OH 471 eine Entfernung von $12 \cdot 10^9$ Lichtjahre.

Für das kosmische Objekt OQ 172 wurde ein noch höherer Wert für die Rotverschiebung gemessen. Es handelt sich um ein blaues, sternartiges Objekt 17,5 Größenklasse. Seine Koordinaten sind:

$$\begin{aligned}\alpha & (1950) = 14^{\text{h}}42^{\text{m}}50^{\text{s}} \\ \delta & (1930) = 10^{\circ}11'12''\end{aligned}$$

Für Z wurde gemessen:

aus der Verschiebung der Lyman-Alpha-Linie $Z = 3,56$
und aus der Verschiebung einer Linie des 3fach ionisierten Kohlenstoffs $Z = 3,53$.

Sm.

Sirius nur ein 2fach-System

Ältere Auswertungen von Positionsmessungen an Sirius A und B ergaben, daß es sich wahrscheinlich um ein 3fach-System handelt, d. h. Sirius B selbst sollte ein Doppelstern sein. Grundlage dieses Ergebnisses waren auch zahlreiche visuelle Beobachtungen.

Jetzt wurden 150 fotografische Aufnahmen des hellsten Fixsternes vermessen. Sie erlauben, die Komponente Sirius B relativ zu A mit einer Genauigkeit von 0,005 Bogensekunden festzulegen. Danach gibt es in den Bahnbewegungen keinerlei Diskrepanzen mehr, die die Existenz einer dritten Komponente notwendig machen.
Sirius ist also ein 2fach-System: Sirius A ein Hauptreihenstern der Spektralklasse A 1, und Sirius B ein weißer Zwerg.

Sm.

X-ogen - weiter ein Rätsel

Im Juni 1970 wurde bei 3,4 mm Wellenlänge Radiofrequenzstrahlung in Emission aus dem Weltraum gefunden. Nach dieser ersten Beobachtung war es nicht möglich, die Ursache für diese Strahlung zu erkennen, d. h. ihr ein bestimmtes Element oder Molekül zuzuordnen. Man sprach deshalb von X-ogen.

Bis heute wurde nun wesentlich mehr Beobachtungsmaterial für dieses „X-ogen“-Molekül gesammelt. Insgesamt wurde die Strahlung bei 8 verschiedenen Quellen gefunden (W 3, Orion, L 134, Sgr A, W 51, NGC 2024, NGC 6334, K 3-50). Man kann also annehmen, daß X-ogen ein ziemlich allgemeiner Bestandteil des interstellaren Mediums ist. Es gibt auch Hinweise dafür, daß das X-ogen ein relativ einfach gebautes Molekül ist. So wurden z. B. die komplizierter gebauten Moleküle im wesentlichen nur in der Quelle Sgr B 2 am galaktischen Zentrum gefunden. Des Weiteren muß es sich beim X-ogen um ein relativ stabiles Molekül handeln.

In der letzten Zeit wurden mehrere weitere Identifikationsversuche unternommen und HNC, HNC⁺ und CCH als mögliche Kandidaten betrachtet. Auch diese Untersuchungen blieben ohne Erfolg.

Das Fazit: X-ogen bleibt immer noch X-ogen.

Sm.

Die Venus, ein Spektrumsvariabler

Die Messungen der CO₂-Absorptionslinie des Planeten Venus ließen systematische, zeitabhängige Unterschiede in den Linienintensitäten erkennen. Die Auswertungen der Beobachtungen von September/Oktobe 1972 ergaben folgende sichere Ergebnisse:

- Die scheinbare Linienstärke variiert um etwa 20%.
- Es handelt sich um einen quasiperiodischen Vorgang.
- Die Periode beträgt etwa 4 Tage.
- Die Amplitude der Variation ist nicht konstant.
- Die Beobachtungsergebnisse sind unabhängig von der Lage der Beobachtungspunkte auf der Venus.

Die Erklärung für diese Befunde ist noch nicht völlig gelungen. Folgende Möglichkeit wäre aber denkbar:

Es ist bekannt, daß die Partikel der Venuswolken eine schmale und praktisch konstante Durchmesserverteilung haben. Die Summe der individuellen Streueigenschaften der Partikel, d. h. die Streueigenschaften eines ganzen streuenden Schicht kann sich durch Dichteveränderungen des Schicht ändern. Um die systematischen Änderungen der beobachteten Linienstärken bei der Venus zu deuten, müßte sich die obere Grenze der Wolkenhöhen systematisch um etwa 1 km ändern. Dieses „Atmen“ der Gesamtwolkenhöhe verlangt eine enorme Energie, für die noch keine ausreichende Erklärung vorhanden ist.

Sm.

Sonneberger Dreifarbenphotographie

Am 30.70/172-cm-SCHMIDT-Spiegel der Sternwarte Sonneberg wurden im letzten Jahr von S. RÖSSIGER und W. GÖTZ Versuche zur „Dreifarbenphotographie mit einer Aufnahme“ unternommen, die in ihrer Anregung auf G. HARO und G. H. HERBIG zurückgehen.

Gegenüber dem für fotometrische Zwecke gebräuchlichen Verfahren von Einzelaufnahmen in verschiedenen Spektralbereichen ist die genannte Methode nach Zeit und Aufwand rationeller, wenn sie zur Suche nach Objekten mit extrem spektraler Energieverteilung herangezogen wird. Sie eignet sich zur Suche nach veränderlichen Sternen bestimmter Klassen, nach blauen und UV-Galaxien sowie nach extrem roten Sternen.

Das Prinzip beruht auf einer dreimaligen Belichtung der Platte unter Verwendung verschiedener Vorsatzfilter. Nach der ersten und zweiten Exposition wird das Instrument geringfügig „versetzt“, so daß die Abbildungen des Objekts – bei Berücksichtigung der durch unterschiedliche Filterstärken hervorgerufenen Defokussierung – dicht beieinanderliegen. Zur Kontrolle möglicher Überdeckungen, die Farbausungen evtl. verfälschen könnten, wird zur anschließenden Variation der Bildanordnung bei gleichem Gesichtsfeld geraten. Erfahrungswerte hinsichtlich der Belichtungszeiten können über Testaufnahmen von spektral bekannten Himmelsgebieten gewonnen werden. Bei genügend großem Abstand der Einzelbilder untereinander sind die Platten auch fotometrischen Messungen zugänglich.

Die Untersuchung stützt sich ausschließlich auf die Verwendung von ORWO-Material in Verbindung mit SCHOTT-Filtern.

K. F.

Nach: „Die Sterne“ 49 (1973), H. 2

Skylab-Störungen werden untersucht

Ein unter dem Vorsitz von Bruce T. Lundin stehender Ermittlungsausschuß führt die Störungen nach dem Start von SkyLab I auf Konstruktionsmängel und ungenügende Verständigung zwischen den Ingenieurfirmen und der Raumfahrtbehörde zurück.

Lundin ist Direktor des Lewis Research Center in Cleveland, Ohio. Er wurde von der Raumfahrtbehörde („National Aerospace and Space Agency“) mit den Ermittlungen beauftragt, die vor allem einem papierdichten Hitzeschutz aus Aluminium galten, der sich nach dem Start des 85 Tonnen schweren Weltraum-Labors loslöste. Dies wiederum führte dazu, daß ein Aluminiumstreifen das Öffnen eines Sonnenpaddels zum Speichern der Sonnenergie behinderte.

Unter dem Hitzeschild befindet sich ein Tunnel, und die Ermittlungsbehörde stellte fest, daß die Vorrichtung „nicht gut konstruiert war“, und ein zu starker Luftdruck unter dem Hitzeschild entstand. Dies führte dann zur Loslösung der Aluminiumfolie.

Aus: Staats-Zeitung und Herold, New York, vom 21./22. 7. 1973.

„Meteoriten-Export“ aus Heidelberg

Dem ungewöhnlichen Geschäft als „Metoriten-Exportore“ widmeten sich die Wissenschaftler des Heidelberger Max-Planck-Instituts für Kernphysik. Sie übergaben vier rund 250 Kilo schwere Scheiben eines insgesamt 6,1 Tonnen schweren Eisenmeteoriten Vertretern Australiens, Großbritanniens, der USA und der Sowjetunion. Der Riesen-Meteorit „Mundrabilla II“, traditionsgemäß nach der zur Fundstelle nächstgelegenen Poststation benannt, war zuvor von Australien in die Bundesrepublik „importiert“ und in Heidelberg mit großem Aufwand in Scheiben geschnitten worden.

Der 83jährige Heidelberger Professor Paul Ramdohr hatte 1970 den etwa 4,6 Millionen Jahre alten Riesenmeteoriten auf einem Schrottplatz zwischen verrosteten Autos gefunden. Der kosmische Körper hatte etwa drei Millionen Jahre in der australischen Nullabor-Ebene gelegen und diente früher Landvermessungsgruppen als trigonometrischer Punkt.

Zwar sind auf der Welt etwa 800 Eisenmeteoriten bekannt, doch nimmt der „Mundrabilla“ durch seine Größe und Zusammensetzung eine einzigartige Stellung ein. Er enthält zwischen 35 und 40 Prozent des kosmischen Schwefeleisens, während normalerweise höchstens fünf Prozent des Eisensulfid-Minerals „Troilit“ vorkommen. Der einzige ähnliche Meteorit wiegt nur ein Kilogramm. Die Wissenschaftler erhoffen sich aus den Untersuchungen Hinweise auf „superschwere Elemente“, die „Transuran“ die einige Kernphysiker vorausgesagt haben.

Aus: Staats-Zeitung und Herold, New York, vom 21./22. 7. 1973.



Ein Nestor der Astronomie

**Professor Dr. phil. nat. habil.
Hermann Lambrecht
wurde 65 Jahre**

Am 27. September 1973 wurde Prof. Dr. Lambrecht 65 Jahre. Die Redaktion der Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“ möchte ihm dazu die herzlichsten Glückwünsche aussprechen.

Die entscheidenden Jahre seines Wirkens als Hochschullehrer und Wissenschaftler lagen nach dem 2. Weltkrieg. Als Direktor der Universitäts-Sternwarte Jena, Dekan der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität Jena, Vorsitzender des Nationalkomitees für Astronomie — um nur die wichtigsten Positionen zu erwähnen — hat er sich große Verdienste erworben. Bei der Übernahme der Leitung der Sternwarte Jena fand er keinesfalls ein gut organisiertes Institut mit vielen Mitarbeitern vor. Es ist deshalb ganz wesentlich der Initiative von Prof. Dr. Lambrecht zu danken, daß die Universitäts-Sternwarte Jena heute eine anerkannte Lehr- und Forschungseinrichtung ist.

Prof. Dr. Lambrecht hat sich in seiner Lehrtätigkeit aber nie auf die Ausbildung von „Profi-Astronomen“ beschränkt, sondern die populärwissenschaftliche Bildungsarbeit immer als eine wichtige Aufgabe angesehen, um durch die allgemeine Verbreitung astronomischer Kenntnisse einen Beitrag zur Herausbildung eines modernen naturwissenschaftlichen Weltbildes zu leisten. Die Beteiligung an der populär-wissenschaftlichen Tätigkeit verlangt er auch von seinen Mitarbeitern. Es ist deshalb kein Zufall, daß Prof. Dr. Lambrecht langjähriger Vorsitzender der Bezirksorganisation der „Urania“ in Gera und Mitglied der zentralen Sektion Astronomie der „Urania“ ist, an der Konzipierung und Einführung des Astronomieunterrichtes in den Schulen beteiligt war, Mitglied des Redaktionskollegs der Zeitschrift „Urania“ ist und Herausgeber der Zeitschrift „Die Sterne“ wurde. Jeder, der Prof. Dr. Lambrecht kennt, weiß, daß er oft zu Referententagungen der „Urania“, öffentlichen Vorträgen oder anderen ähnlichen Veranstaltungen sein umfangreiches Wissen mit viel Geschick an Amateurastronomen, Astronomielehrer und andere Interessierte weitergegeben hat. Dafür danken ihm alle Freunde der Astronomie.

Die Redaktion der Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“ wünscht Prof. Dr. Lambrecht noch viele schaffensreiche Jahre zum Wohle der „Profi-“, Amateur- und Schulastronomie, mit einem Wort, der Astronomie überhaupt.

1974 Planetensichtbarkeit (I)									Gültig für Monatsmitte		
un-sicht-bar in Dämme-rung	Planet geht vor Sonne auf			Planet ist die ganze Nacht sichtbar			Planet geht nach Sonne unter			un-sicht-bar in Dämme-rung	
	Stunden			Stunden			Stunden				
	2	3	4		5	6	7	8	9	10	11
Jan.					5	♂			2	♀	♀
Febr.		♀			5	♂			♀	♀	♀
März	4	♀	♀		5	♂					
April	♀	2	♀			♂	♂				
Mai		♀	2				♂	♂		♀	♀
Juni		♀	2					♂	♀	♂	♂
Juli	5	♀	♀		2				♂		
Aug.	♀	♂	♀			2				♂	
Sept.		♀		5		2				♀	♂
Okt.	♂	♀			5	2					♀
Nov.		♂			5	2			♀	♀	
Dez.	♀	♂			5	2					♀

Albert

1974 Planetensichtbarkeit (II)											
Monat	Tabelle gibt Öster der Planeten in den Sternbildern des Tierkreises an										
	Sonne	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn	Uranus	Pluto	Neptun		
	⊕	♀	♀	♂	2	5	18	π	(π)	π	π
Jan.	♀/3	♀/3	3/1*	1*	1*	3	18	π	(π)	π	π
Febr.	3/~~	3/~~	*	1/8	1/8	3/~~	8				
März	~~/1*	~~	3	8	~~	8					
April	1/1*	~~/1/1*	3/~~/1*	8/1*	1/1*		1/1*				
Mai	1/1*	1/1*	1/1*	1/1*	1/1*		1/1*				
Juni	1/1*	1/1*	1/1*	1/1*	1/1*		1/1*				
Juli	1/1*	1/1*	1/1*	1/1*	1/1*		1/1*				
Aug.	1/1*	1/1*	1/1*	1/1*	1/1*		1/1*				
Sept.	1/1*	1/1*	1/1*	1/1*	1/1*		1/1*				
Okt.	1/1*	1/1*	1/1*	1/1*	1/1*		1/1*				
Nov.	1/1*	1/1*	1/1*	1/1*	1/1*		1/1*				
Dez.	1/1*	1/1*	1/1*	1/1*	1/1*		1/1*		(1/1*)	1/1*	1/1*

Fortsetzung: Aus der Literatur

„Aerosat“-Satellitensystem für die Luftfahrt

Die künftige Entwicklung des Luftverkehrs, insbesondere die Erhöhung der Fluggeschwindigkeiten mit Einführung des Überschall-Passagierflugverkehrs sowie die Zunahme der Flugdichten erfordert – vor allem für transozeanische Flüge – Methoden zur Erhöhung der Genauigkeit der Standortbestimmung von Flugzeugen sowie der Sicherheit des Flugfunkverkehrs. Durch Einsatz künstlicher Erdsatelliten als Kommunikations- und Navigationssatelliten für den Flugverkehr scheinen diese Forderungen aus heutiger Sicht am optimalsten erfüllbar zu sein.

Heutige Navigationsmethoden der Luftfahrt erlauben außerhalb des Einzugsbereichs der Küstenradarstationen Standortbestimmungen mit einer Genauigkeit von 18–19 km. Daraus ergeben sich Konsequenzen, die sowohl die Wirtschaftlichkeit als auch Verkehrsichte des transatlantischen Flugverkehrs entscheidend beeinflussen. Flugzeuge, die sich auf gleichem Kurs befinden, müssen zeitliche Mindestabstände von 15 Minuten besitzen. Da dadurch eine starke Einschränkung der Verkehrsichte erfolgt, wurden z. B. über dem Atlantik parallele Fluglinien mit 220 km Abstand festgelegt, auf denen die Flugzeuge in „Etagen“ mit 600 m Höhendifferenz fliegen. Abgesehen davon, daß trotz dieser Sicherheitsabstände noch „gefährliche Annäherungen“ von Flugzeugen auftreten, sind damit für eine Vielzahl der Maschinen erhebliche Umwege verbunden, die einen höheren Treibstoffbedarf erfordern, der der Nutzlast effektiv verloren geht. Für ein Überschall-Verkehrsflugzeug (TU 144, Concorde) liegt dieser erhöhte Treibstoffbedarf bei einem transatlantischen Flug immerhin in der Größenordnung von 3 Tonnen!

Navigationssatelliten erlauben eine Erhöhung der Genauigkeit der Standortbestimmung auf 0,9 km. Dadurch sind im transatlantischen Flugverkehr zeitliche Startfolgen von 5 Minuten und parallele Fluglinien von 55 km Abstand bei 300 m Höhenstaffelung möglich. Neben der Verringerung der Umwegrouten ist damit eine bedeutend höhere, der künftigen Entwicklung des Flugverkehrs entsprechende, Verkehrsichte möglich.

Auf der Grundlage der zwischen der westeuropäischen Raumfahrtorganisation ESRO und den USA getroffenen Vereinbarungen ist im Rahmen des Projektes „Aerosat“ der Aufbau eines westeuropäisch-amerikanischen Navigationssatellitensystems für den Luftverkehr vorgesehen. Vertragspartner der ESRO ist die Nachrichtensatelliten-Monopolgesellschaft COMSAT, nicht – wie ursprünglich vorgesehen – die amerikanische Luftfahrtbehörde FAA. Der Versuchsbetrieb des Systems soll 1974/75 beginnen, der volle Ausbau bis 1980 abgeschlossen sein. Das System wird, amerikanischen Wünschen entsprechend, zunächst auf den Atlantik beschränkt bleiben, da der nordatlantische Raum den stärksten Luftverkehr aufweist. Bis Ende dieses Jahrzehnts wird mit 250 sich jeweils gleichzeitig über dem Nordatlantik befindlichen Maschinen gerechnet.

Der Einsatz von Satelliten für Navigation und Flugfunk ist heute die einzige abschbare Möglichkeit, diese künftige Entwicklung des transatlantischen Flugverkehrs technisch noch zu beherrschen.

h – n

Nach: ETZ-B, 24 (1972) 19, S. 491–492 und ETZ-B, 25 (1973) 7/8, S. 202.

Intelsat IV A

Etwa die doppelte Leistungsfähigkeit der jetzigen Intelsat-4-Satelliten soll der neue Typ Intelsat IV A aufweisen. Er ist rund 7 m lang, hat 2,5 m Durchmesser und 1470 kg Startmasse. Verbesserte technische Systeme sollen den Betrieb von 20 Kanälen mit je 40 MHz Bandbreite bei 7 Jahren Mindestbetriebsdauer ermöglichen. Die Grundkonstruktion des Intelsat IV soll erhalten bleiben.

h – n

Nach: eZ, 11 (1973) 13, S. 5.

VR China schließt sich Intelsat an

Eine Nachrichtensatelliten-Bodenstation errichten amerikanische Firmen im Auftrag der chinesischen Regierung in der Nähe von Peking.

Die Station soll den über dem Indischen Ozean stationierten Satelliten Intelsat 4 nutzen und dem Nachrichtenverkehr vor allem mit afrikanischen und asiatischen Ländern dienen. Sie ist für Fernseh-, Fernmelde- und Datenübertragungen geeignet.

Die Station erhält eine Antenne von 34 m Durchmesser und 300 t Masse, die auf einer Laufschiene von 15,24 m schwenkbar gelagert ist.

Die Auftragsvolumen beträgt rund 4 Mio Dollar, die Inbetriebnahme ist für Frühjahr 1974 geplant.

Nach: eZ, 11 (1973) 13, S. 5.

**EVP 1,50 M
PZV 31052**