



Astronomie und Raumfahrt

1963 **1-2**

Liebe Leser der Astronomischen Rundschau!

Liebe Mitglieder der Deutschen Astronautischen Gesellschaft!

Im Zusammenhang mit der Neuordnung des Zeitschriftenwesens wurde die „Astronomische Rundschau“ mit dem Mitteilungsblatt der Deutschen Astronomischen Gesellschaft vereinigt. Wir haben uns bemüht, durch diese Zusammenlegung gleichzeitig eine neue Stufe in unserer publizistischen Arbeit zu erreichen. Es entstand eine neue Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“, deren erstes Heft wir Ihnen heute vorlegen. Die Zeitschrift soll in höherer Qualität als die bisherige „Astronomische Rundschau“ die Belange des Amateur-Astronomen und des Sternfreundes berücksichtigen. Gleichzeitig wird die Zeitschrift durch die regelmäßige Behandlung grundlegender und aktueller astronautischer Probleme die Aufgaben des ehemaligen Mitteilungsblattes der Deutschen Astronautischen Gesellschaft erfüllen. Wir werden in Zukunft so verfahren, daß die Aufsätze im allgemeinen Teil der Zeitschrift erscheinen, während sich die Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft auf Fragen beschränken, die unmittelbar mit der Organisation zusammenhängen.

Um das fachliche Niveau der Zeitschrift ständig zu erhöhen, wurde ein Redaktionsbeirat gebildet, dem führende Wissenschaftler des Präsidiums der Deutschen Astronautischen Gesellschaft und des Zentralen Fachausschusses Astronomie des Deutschen Kulturbundes angehören.

Wir bitten alle unsere Leser, durch die Einsendung von Beiträgen, besonders gilt das für Berichte über die Erfahrungen der Amateur-astronomen, die neue Zeitschrift zu einem interessanten und gern gelesenen Organ zu machen, das eine ständige und lebendige Verbindung zwischen der Redaktion und den Lesern aufrecht erhält.

Herbert P f a f f e

Vorsitzender des Zentralen Fachausschusses Astronomie
Sekretär der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

Glückwünsche zum zweiten sowjetischen Gruppenflug

Am 14. und 16. Juni 1963 erfolgte der Start der sowjetischen Raumschiffe „Wostok V“ und „Wostok VI“ mit den sowjetischen Kosmonauten Bykowski und Tereschkowa an Bord zu einem neuen großartig gelungenen Gruppenflug.

Der Präsident der Deutschen Astronautischen Gesellschaft, Dr. Ferdinand Rühle, hat aus diesem Anlaß folgendes Telegramm an die Akademie der Wissenschaften der UdSSR gesandt:

Prof. Leonid Sedow

Akademie der Wissenschaften der UdSSR
Moskau

Die Deutsche Astronautische Gesellschaft sendet den kühnen Kosmonauten Valentina Tereschkowa und Valeri Bykowski nach der erfolgreichen Beendigung ihrer Weltraumflüge die herzlichsten Glückwünsche. Diese einmaligen Leistungen, die in jeder Beziehung einen Rekord darstellen, waren nur möglich, weil sowjetische Wissenschaftler, Ingenieure und Facharbeiter durch den Entwurf, die Entwicklung und den Bau der Weltraumschiffe und ihrer Träger- raketen die technischen Voraussetzungen geschaffen haben. Auch ihnen die herzlichsten Glückwünsche, verbunden mit den besten Wünschen für die weitere erfolgreiche Arbeit bei der Lösung der großen Probleme der künftigen Raumflüge.

Wir, Werktätige der Deutschen Demokratischen Republik, sehen in dem Wirken der sowjetischen Raumfahrer, Raumforscher und Raketenpezialisten leuchtende Vorbilder für das Vorantreiben von Wissenschaft und Technik zum Wohle der menschlichen Gesellschaft. Wir sind bestrebt, ihnen nachzueifern.

Dr. Ing. F. Rühle, Präsident

Der Deutschen Astronautischen Gesellschaft gingen folgende Telegramme zu:

An die
Deutsche Astronautische Gesellschaft
Berlin C 2
Littenstraße 106/107

Übermitteln Sie den beiden Kosmonauten Glückwünsche zur erfolgreichen Landung auf heimatlichem Boden.

Kolb, Schmalkalden

Den beiden erfolgreichen sowjetischen Kosmonauten übermitteln wir zur glücklichen Landung herzliche Grüße.

Brigade „Vereinte Kraft“

Wir grüßen und beglückwünschen die kühnen Kosmonauten zu ihrem großartigen Erfolg.

Brigade „Vorwärts“

Die Betriebsgewerkschaftsleitung der DHZ Chemie beglückwünscht die erste Kosmonautin der Welt und den Kosmonauten von „Wostok 5“ zu ihrem erfolgreichen Flug und der glücklichen Landung.

Betriebsgewerkschaftsleitung

Zum erfolgreichen Flug in den Kosmos und der glücklichen Landung auf dem historischen Boden des ruhmreichen Sowjetvolkes übermitteln wir der ersten Kosmonautin und dem Kosmonauten von „Wostok 5“ unsere herzlichsten Glückwünsche.

Brigade „Deutsch-Sowjetische Freundschaft“ (alle DHZ Chemie, Dresden, Hamburger Straße 46)

Herzlichen Glückwunsch den beiden Kosmonauten zum Erfolg im Weltraum und zur glücklichen Landung.

Wohnungsbaukombinat, Erfurt,
Frauenkollektiv. Betonwerk 2 und 1

Von der V. Zentralen Tagung für Astronomie in Dresden vom 15. – 16. Juni wurde folgendes Telegramm gesandt:

An den
Astronomischen Rat der Akademie der Wissenschaften der UdSSR
Grusinskaja 10, Moskau

Die Teilnehmer der V. Zentralen Tagung für Astronomie des Deutschen Kulturbundes in der DDR verfolgen mit großem Interesse den Verlauf des jüngsten sowjetischen Experiments der bemannten Weltraumfahrt und wünschen allen Beteiligten, besonders den Kosmonauten Valentina Tereschkowa und Valeri Bykowski, vollen Erfolg.

Technische Probleme des zweiten bemannten Gruppenfluges

HERBERT PFAFFE

Kaum ein Jahr war nach dem erfolgreichen Gruppenflug der sowjetischen Kosmonauten Nikolajew und Popowitsch vergangen, als die sowjetischen Wissenschaftler und Techniker ein noch größeres Experiment der bemannten Raumfahrt zur Durchführung und zum glücklichen Erfolg brachten. Es war der Gruppenflug der Wostok 5 und 6 mit den Kosmonauten Oberstleutnant Valeri Bykowski und Unterleutnant Valentina Tereschkowa an Bord.

Mit Valentina Tereschkowa gelangte bei diesem bisher größten Gruppenflug-Experiment zugleich die erste Frau der Erde in den Weltenraum.

Erhöhter Schwierigkeitsgrad der Rendezvoustchnik

Das Raumschiff der Valentina Tereschkowa (Wostok 6) wurde fast 48 Stunden nach dem Raumschiff Bykowski (Wostok 5) gestartet. Das allein bedeutet schon einen erhöhten Schwierigkeitsgrad gegenüber dem Gruppenflug der Wostok 3 und 4, deren Starttermine nur rund 24 Stunden auseinander lagen.

Man muß bei der Beurteilung der technischen Leistung und des technischen Aufwandes derartiger Experimente bedenken, daß sich bei der derzeitigen Bahnlage der sowjetischen Raumschiffe in Höhenlagen von durchschnittlich 200 km über der Erdoberfläche die Bahnen infolge des Einflusses der Erdatmosphäre, die bremsend auf den Umlauf der Raumflugkörper wirkt, und infolge der Erdgravitation sehr schnell verändern. Die Anfangsbahn der Wostok 5 hatte zum Beispiel ein Perigäum von 181 km und ein Apogäum von 235 km. Diese beiden Werte waren nach rund 24-stündiger Flugzeit und nachdem die ersten 670 000 km um die Erde zurückgelegt waren, auf 173 km und 219 km abgesunken. Es galt, diese Bahnveränderungen durch Ortungen des zuerst gestarteten Raumschiffes von der Erde aus genau zu überprüfen und das Ergebnis beim Start der Wostok 6 zu berücksichtigen.

Bewunderungswürdige Präzision beim Start

Die Wostok 6 der Kosmonautin Valentina Tereschkowa wurde auf eine der Wostok 5 fast gleichende Anfangsbahn gebracht. Das Perigäum lag hier bei 183 km Höhe, während das Apogäum bei 233 km Abstand von der Erdoberfläche zu liegen kam.

Das ist ein erneuter Beweis dafür, mit welcher bewunderungswürdigen Präzision die sowjetischen Wissenschaftler die Lenk- und Steuerungstechnik der Trägerraketensysteme beherrschen.

Das gilt aber vor allen Dingen auch für den vorher genau festgelegten Startzeitpunkt beider Raumschiffe.

Der Start mußte praktisch — das gilt vor allem für Wostok 6 — auf den Bruchteil einer Sekunde genau erfolgen. Nur so konnte das nahe Zusammentreffen beider Raumschiffbahnen sichergestellt werden. Was aber die Einhaltung so genau festgelegter Starttermine an technischer Vollkommenheit bedeutet, kann man so recht ermessen, wenn man bedenkt, welche großen Startverzögerungen bei den amerikanischen Trägerraketen auftreten. Oft gibt es kurz vor dem Start einen Druckabfall im

Treibstoff- oder Sauerstofftank, der diese Verzögerung bedingt. Vor dem Start von Gordon Cooper war es das Versagen eines Antriebsmotors des Startgerüsts, das zur letzten Überprüfung der Rakete dient und vor dem Start weggefahren werden muß, das zur Verschiebung des Starts um 24 Stunden beitrug.

Rendezvous vervollkommen

Die im vergangenen August gestarteten sowjetischen Raumschiffe Wostok 3 und 4 haben sich bekanntlich, kurz nachdem Wostok 4 die Freiflughöhe um die Erde erreicht hatte, auf rund 6,5 km maximal angenähert.

Dieses Mal wurde das erste Ergebnis durch die maximale Annäherung der Raumschiffe Wostok 5 und 6 bis auf rund 5 km noch überboten. Die Raumschiffe der Kosmonauten Valeri Bykowski und Valentina Tereschkova umflogen in ihrer ersten gemeinsamen Runde den Erdball in kurzem Abstand auf Sichtentfernung, wobei unter Sichtentfernung zu verstehen ist, daß sich beide Raumschiffpiloten durch die Sicht ihrer Raumschiffe als heller Stern oder heller Lichtreflex bemerken konnten.

Wenn die maximale Annäherung beider Raumschiffe ohne den Einsatz von Brems- bzw. Beschleunigungstriebwerken zur Bahnkorrektur, also lediglich durch äußerst präzise Start-, Lenk- und Steuerungstechnik der Trägerraketensysteme erfolgte, so dürfte der Grad der Annäherung kaum noch zu überbieten sein.

Eine noch größere Annäherung, die praktisch bereits heute im Bereich der Möglichkeiten der sowjetischen Rendezvous-technik im Weltall liegt, wäre zum Beispiel auf folgende Art möglich. Das als zweites gestartete Raumschiff (B) wird auf eine unmittelbar nach seinem Start von der Erde etwas höher liegende Bahn gebracht, als sie das zuerst gestartete Raumschiff (A) zu diesem Zeitpunkt einnimmt. Zu beachten ist dabei, daß Raumschiff B zugleich vor einen der beiden Bahnknoten gelangt. Unter Bahnknoten versteht man die Schnittpunkte der beiden nur wenig voneinander abweichenden Bahnen. Während nun der Flug von Raumschiff B unverändert weiter geht, wird Raumschiff A beschleunigt, so daß infolge der zunehmenden Fliehkraft dieses Raumschiff ebenfalls ein Stück höher gelangt und das Rendezvous beider Raumschiffe stattfinden kann.

Keine einfache Wiederholung

Das Rendezvous von „Frau und Mann“ im Weltraum kann man keineswegs als eine einfache Wiederholung des Gruppenfluges der beiden Raumschiffe Wostok 3 und 4 aus dem Vorjahre ansehen. Abgesehen davon, daß man bei diesem Gruppenflug die Einwirkungen der Faktoren des Weltraumes bei Mann und Frau gleichzeitig untersuchen wollte, gab es eine ganze Reihe von Besonderheiten bei diesem Experiment, über die auf der Pressekonferenz am 25. 6. 1963 in Moskau das Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Blagonrawow, gesprochen hat.

Die Raumschiffe Wostok 5 und 6 waren zwar vom gleichen Gewicht wie ihre Vorgänger, nämlich rund 5 t, doch waren ihre technischen Einrichtungen auf Grund der Erfahrungen mit den ersten vier bemannten Weltraumflügen wesentlich erweitert und vervollkommen. Außerdem war Wostok 6 besonders für den Flug der ersten Kosmonautin eingerichtet.

Schon die Vorbereitung des Fluges konnte infolge der gesammelten Erfahrungen gründlicher gestaltet werden. Man war über die Sonnenstrahlung, die Meteoriten im irdischen Kosmos sowie über den Zustand der dünnen Atmosphäre-Schichten in den erdernen Bahnteilen genau unterrichtet. Vor dem Start hatten geophysikalische Raketen den Querschnitt der durchflogenen Atmosphäre genau festgestellt.

Die Besonderheiten des neuen Gruppenfluges bezogen sich besonders auf die Erweiterung des biologisch-medizinischen Forschungsprogrammes, auf Verbesserungen des Systems, das eine normale Funktion des menschlichen Organismus gewährleistet sowie auf Verbesserungen der Nachrichten- und Funkverbindung.

Letzteres drückte sich besonders in der hohen Qualität der auf der Erde empfangenen Fernsehbilder aus. Das zur Übertragung auf die Erde erforderliche Frequenzspektrum konnte eingengt werden, was zur weitgehenden Ausschaltung von Störungen führte. Der Umfang der von Bord zu Bord und von Bord zur Erde übertragenen wissenschaftlichen Informationen war wesentlich größer als bei den vorhergegangenen bemannten Weltraumflügen. Die Lautsprecher und Mikrofone waren in der Kabine eines jeden der beiden Raumschiffe so verteilt, daß eine Verbindung mit der Erde auch dann gewährleistet war, wenn sich die Kosmonauten von ihren Liegesitzen losschnallten und z. B. mit dem Expander Leibesübungen ausführten.

Alles in allem war der zweite Gruppenflug ein neuer grandioser Erfolg der Wissenschaft, Technik und des persönlichen menschlichen Einsatzes, für den die Kosmonauten zu vollem Recht mit den höchsten Orden und Titeln wie Held der Sowjetunion, Flieger-Kosmonaut und mit der Ziolkowski-Goldmedaille, der höchsten Auszeichnung, die die sowjetische Akademie der Wissenschaften auf dem Gebiet der Kosmonautik vergibt, geehrt wurden.

Aspekte der Weltraumforschung in Ost und West

Dr.-Ing. FERDINAND RUHLE

In der Tagespresse und auch von einigen Wissenschaftlern wird in Journalen immer wieder der Versuch unternommen, unter der Maske eines objektiven Vergleiches die Absichten und Gesichtspunkte zu analysieren, unter denen die beiden führenden Staaten, die UdSSR und die USA, die Weltraumforschung betreiben und welches ihre Ziele sind. Da die Tendenz dieser Versuche im wesentlichen darin besteht, die eindeutigen Erfolge der sowjetischen Wissenschaftler zu schmälern oder zumindest sie als einmalige, konzentrierte Anstrengung einer ganzen Nation darzustellen, während den Amerikanern mit ihren vielen, unabhängig voneinander durchgeführten Versuchen für die Starts von Satelliten und Raumsonden eine souveräne Beherrschung dieser komplexen Wissenschaft zugesprochen wird, erachten wir es für notwendig, aus einer genügend objektiven und umfassenden Schau zu diesen Tendenzen und den damit im Zusammenhang stehenden Äußerungen Stellung zu nehmen. Obwohl die Arbeit von Herrn Prof. Dr. Kienle (1) zeitlich schon etwas zurückliegt, soll sie wegen der umfassenden Analyse hier stellvertretend für viele andere, meistens weniger sachliche Publikationen einer Analyse unterzogen werden. Wenn auch seit damals (1961) die Zahl der Fakten beträchtlich gestiegen ist, so hat sich weder an dem Kräfteverhältnis UdSSR/USA auf diesem Gebiet, noch in den Mitteln, die tatsächlichen Verhältnisse zu verschleiern, nicht viel geändert.

Auf der Grundlage der damals bekannten Tatsachen unternimmt Herr Prof. Kienle den Versuch, die Aspekte aufzuzeigen, unter denen die beiden führenden Staaten, die UdSSR und die USA, diese komplexe Wissenschaft betrachten und nach denen sie arbeiten. Wie eingangs erwähnt, muß leider festgestellt werden, daß die vom Verfasser der zitierten Arbeit angestellte Analyse in der sehr einseitigen Einschätzung der Fakten und den daraus gezogenen Schlußfolgerungen den eindeutigen Zweck hat, die amerikanische Unterlegenheit zu negieren oder sie gar in ihr Gegenteil umzumünzen. Darüber hinaus werden der Sowjetunion Aspekte untergeschoben, die eine indirekte Hilfe für die Vertreter des kalten Krieges darstellen.

Der am 4. Oktober 1957 erfolgreich in der UdSSR durchgeführte Start des ersten künstlichen Satelliten „Sputnik 1“ kann keineswegs als ein Ereignis angesehen werden, das „... eine aufgeschreckte Menschheit ...“ in Schrecken versetzen sollte. Es war vielmehr das erste sichtbare Ergebnis vieler theoretischer und praktischer Vorarbeiten für die Realisierung der Ideen, die der russische Wissenschaftler Ziolkowski und später der Amerikaner Goddard und der Deutsche Oberth vor Jahrzehnten mit unzureichenden Mitteln und ohne Unterstützung entwickelt hatten. Auch der erste bemannte Raumflug des sowjetischen Majors Juri Gagarin mit dem „Wostok I“ war keinesfalls als ein spektakuläres Ereignis gedacht, damit „... der Ruhm des Kosmonauten für eine kurze Zeit den Glanz des Filmstars und der mit dem Nobelpreis ausgezeichneten Wissenschaftler überstrahlt.“

Zurächst muß man feststellen, daß J. Gagarin noch heute in der ganzen Welt bei allen Menschen die ihm gebührende Verehrung genießt und auch kein Nobelpreisträger der Vergessenheit verfallen ist, während die Filmstars sich schon oft nach einem Jahr ablösen. Es kann ja bei dem Vergleich der wirklichen Leistungen dieser drei Vertreter verschiedener „Welten“ auch gar nicht anders sein.

Die erstmalige Überwindung des für den Menschen bisher zur Verfügung stehenden Bewegungsraumes, dessen obere Grenzen durch die aerodynamischen Eigenschaften gegeben waren, muß als ein qualitativer Sprung in der Entwicklung der menschlichen Gesellschaft angesehen werden, durch den eine neue Welt eröffnet wird, die unseren Betätigungsraum bis auf ungeahnte Grenzen erweitert. Erst jetzt wurde die dritte Dimension wirklich erobert. Für Wissenschaft und Technik wurden sehr große Möglichkeiten eröffnet, und die Rückwirkung auf unser irdisches Leben ist noch nicht abzusehen. Auf jeden Fall werden diese Rückwirkungen zu einer positiven Entwicklung der menschlichen Gesellschaft führen. Und noch eins zeigt dieses Ereignis, die Krönung einer systematischen Zusammenarbeit riesiger Kollektive von Wissenschaftlern, Ingenieuren und Facharbeitern. Es ist ein Beweis, daß echter menschlicher Gemeinschaftsarbeit keine Aufgabe zu groß ist. Wie lautet der erste Aspekt von Prof. Kienle: „Das also ist der erste Aspekt, den die Weltraumforschung in ihrer Anfangsphase darbietet: Nationales und ideologisches Prestige als treibende Kraft, der Erste zu sein, der eine bestimmte Leistung vollbringt, Wertmaßstab für die Leistung selbst. Der Kosmonaut Held der Nation; Weltraumfahrt Triumph nicht des Menschen an sich, sondern betont Triumph des Sowjetmenschen, der durch die neue Gesellschaftsordnung seine Prägung erhält und so zu Höchstleistungen angespornt und befähigt wird.“ (2) S. 148.

In dieser Formulierung stecken neben einigen Verzerrungen Gedanken, die man als richtig bezeichnen könnte, wenn sie nicht mit einem falschen Unterton geäußert würden. Die Frage des nationalen Prestiges ist von amerikanischer Seite ganz groß in den Vordergrund gestellt worden: „... erklärte der Sonderberater des Präsidenten der USA in einer Rede vor der Amerikanischen Physikalischen Gesellschaft im Zusammenhang mit der Weltraumfahrt: Entsprechend der Bedeutung, die diesem – Schauspiel – in der Weltmeinung beigemessen werde, könnten sich die USA bei der zukünftigen Weltraumforschung nicht mit einer zweitrangigen Rolle begnügen.“ (2) S. 145.

Selbstverständlich ist der Kosmonaut Held der Nation. Das trifft nicht nur auf die sowjetischen Kosmonauten Gagarin, Titow, Nikolajew, Popowitsch, Tereschkowa und Bykowski, sondern auch auf die Amerikaner Glenn, Carpenter, Schirra und Cooper zu. Die Weltraumfahrt ist in der Tat ein Triumph der Menschheit. Aber die Lösung der damit zusammenhängenden Probleme, die Systematik der Vorbereitung, die frühen Erfolge und ihr weiterer Ausbau sind eindeutige Ergebnisse der sowjetischen Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker. Der weitere Ausbau des Vorsprungs vor den Amerikanern ist das Ergebnis eines Arbeitsstils, der nur in der sowjetischen Gesellschaftsordnung existiert und der mit den amerikanischen Teams nichts gemeinsam hat. Obwohl diese Teams geschlossen arbeiten, sind sie doch von der umgebenden Welt isoliert, da die verschiedensten Behörden- und Firmeninteressen bestimmend sind, wie schnell oder wie langsam ein Projekt realisiert wird. Ein sowjetisches Kollektiv ist der Exponent der umgebenden Welt und wird von ihr genährt und gefördert, da es nur ein Interesse gibt, das allgemeine Gesellschaftsinteresse. Dadurch verläuft die Arbeit zielstrebig und schnell, daher der Vorsprung. Somit ist die Weltraumfahrt und Welt-raumforschung nicht ein besonders wirksames Mittel zur Stimulierung der sozialistischen Ideologie, sondern sie ist eines ihrer sichtbaren Ergebnisse.

Herr Prof. Kienle bedauert es, daß die im Schatten der Sputnik- und Lunikserie durchgeführten Versuche der USA mit den Vanguard-, Explorer-, Pioneer- und Discoverer-Serien so geringe Beachtung in der Weltöffentlichkeit erfahren haben. Das ist doch gar nicht so verwunderlich, da, ohne in die „Tonnenideologie“ zu verfallen, die Größe der sowjetischen künstlichen Himmelskörper ganz eindeutige Rückschlüsse auf die Leistungsfähigkeit der Trägerraketen zuläßt und das Zurückbleiben der Amerikaner gerade auf diesem Gebiet sehr deutlich macht. Es darf ferner nicht vergessen werden, daß bis zu den sichtbaren sowjetischen Erfolgen die Welt mit einer Unzahl phantastischer amerikanischer Projekte überschwemmt wurde, die einzig und allein den Zweck hatten, die Weltmeinung von der unumstrittenen amerikanischen technisch-wissenschaftlichen Überlegenheit zu überzeugen. So wurde man in den USA das Opfer der eigenen unwahren Reklame. Es darf hierbei jedoch nicht unerwähnt bleiben, daß diese Reklame z. T. der Notwendigkeit entsprang, für die damals getrennt operierenden Entwicklungsträger, US-Army, US-Navy und US-Airforce, vom amerikanischen Steuerzahler die immensen finanziellen Mittel zu erhalten.

Der 4. Oktober 1957 verursachte in den USA einen Schock, der in seinem Umfange nur von der Bankenkatastrophe des „Schwarzen Freitag“ übertroffen wurde. Jeder Amerikaner empfand den sowjetischen Erfolg als eine persönliche Niederlage. Dieser Zustand verschärfte sich nach dem ersten bemannten Raumflug mit „Wostok I“ durch Gagarin am 12. April 1961, wie sich aus der 24 Stunden danach in der durch die Oberste Amerikanische Raumfahrtbehörde — NASA — im Repräsentantenhaus durchgeführten öffentlichen Diskussion ergab (2). Die von den Kongreßmitgliedern gestellten Fragen und die Vorwürfe zeugen in der Mehrzahl von einer grenzenlosen Primitivität und Einseitigkeit des Denkens, z. B.: „Wenn Sie in der NASA ein Gefühl für Dringlichkeit hätten, warum sind Sie keine Menschen, die am Mercury-Programm nicht mehr als 40 Stunden in der Woche arbeiten? Warum gibt es keine 3 Schichten? Warum läuft das Projekt nicht termingemäß ab? Warum wenden Sie keine Überstunden auf, anderthalbfache, ja dreifache? Warum gibt es dort unten in Huntsville die übliche 40-Stundenwoche? ...“

Oder eine andere aufschlußreiche Anfrage:

„Können Sie sich, Gentlemen, vorstellen, daß Sie die Verantwortung für den Weg haben, den das kapitalistische System für die Leistungsfähigkeit und den Fortschritt seiner wissenschaftlichen Entwicklung sieht? Können Sie sich, Gentlemen, vorstellen, daß dies eine Auswirkung am Verhandlungstisch mit den Sowjets über Gebiete wie Laos haben kann?“ (2) S. 63.

Auf die verschiedenste Weise wurde die öffentliche Meinung aufgeputscht, so daß selbst die offiziellen Stellen der Auffassung vom Verlust des politischen Prestiges, hervorgerufen durch eine grandiose wissenschaftliche Leistung der UdSSR, waren. So kam es, daß der Präsident der USA, John Kennedy, ein Prestigeprogramm aufstellte, das anfangs nur 30 Milliarden Dollar kostete, heute aber bereits die 40 Milliarden-grenze überschritten hat. Es ist das viel propagierte und viel diskutierte Programm „Man in Moon“ — der erste Mensch, der auf dem Mond landet, muß ein Amerikaner sein und das bis spätestens 1970. Anstatt, wie das die sowjetischen Wissenschaftler zu tun gewohnt sind, jeden weiteren Schritt auf den Ergebnissen der vorhergehenden aufzubauen und sie es daher ablehnen, Propagandatermine für die Durchführung des einen oder anderen Ereignisses in der Weltraumfahrt anzugeben, gibt Herr Kennedy, obwohl er weiß, daß die technischen Vorarbeiten für dieses Projekt kaum über das Konstruktionsbüro hinausgekommen sind, denn die erfolgreichen Versuche mit der ersten Stufe der „Saturn“ sind kein Schritt auf diesem Wege, diesen Termin bekannt. Das sind unwissenschaftliche Methoden, sie dienen einzig und allein politischen Zwecken.

Es ist erfreulich festzustellen, daß sich ernsthafte amerikanische Wissenschaftler gegen dieses politische Projekt wenden (3). Die Opposition wächst ständig, besonders im Lager derjenigen Wissenschaftler, deren Interesse an der Erkundung der Mondoberfläche am größten ist, Kosmologen, Astrophysiker und Geologen, die sich bitter über das kostspielige Vorhaben beklagen, weil für ihre speziellen Forschungen keine Mittel übrigbleiben. In diesen Kreisen wird die Ansicht vertreten, daß in der kurzen Zeit, die sich ein Mensch auf dem Monde aufhalten kann, nur wenig wissenschaftliche Aufgaben gelöst werden können, zumal er sich sehr intensiv mit seiner Rückkehr beschäftigen muß. Nach Auffassung dieser Wissenschaftler lassen sich derartige Aufgaben durch automatische, unbemannte Einrichtungen ebenso gut, ja noch besser und vor allen Dingen billiger durchführen. Ein derartiges Programm würde wahrscheinlich sehr viel früher zu realisieren sein. Eine weiche Landung mit einer automatischen Station würde etwa 6 Milliarden Dollar kosten, also ein Fünftel der geplanten Summe. Demnach werden mindestens 24 Milliarden Dollar nur für das politische Prestige ausgegeben, damit nicht „zum 50. Jahrestag der Oktoberrevolution sich ein paar Russen auf dem Monde zu prostern können“.

Wir haben uns noch mit einer Behauptung des Herrn Prof. Kienle auseinanderzusetzen, durch die der wissenschaftliche Wert der sowjetischen Weltraumforschung herabgesetzt werden soll.

„1. Die Entwicklung in der Sowjetunion steht ganz offenbar unter dem Zeichen der Schaffung des bemannten Weltraumschiffes. Daher die relativ hohen Gewichte schon der ersten in Umlaufbahnen um die Erde gebrachten Satelliten, die Mitgaben von Tieren ...

2. Im Gegensatz dazu war für die Gesamtplanung der USA offenbar maßgebend die breit angelegte Erforschung der äußeren Schichten der Erdatmosphäre, der Verhältnisse in der nächsten Umgebung der Erde und im interplanetarischen Raum ...“
(2) S. 148.

Ferner auf der gleichen Seite:

„In einem Bericht über die im Oktober 1961 in New York abgehaltene 16. Jahrestagung der ARS ... wird als wesentlichstes Ergebnis der kritischen Untersuchungen der amerikanischen und sowjetischen Raumfahrtprogramme festgestellt — ich zitiere — daß das Hauptziel des sowjetischen Raumfahrtprogrammes aus politischen Gründen die Verwirklichung spektakulärer Versuche ist, während wissenschaftliche Ergebnisse dabei außerordentlich kurz kommen!“

Wie sieht nun die Wirklichkeit aus? Am besten geben die Zahlen darüber Aufschluß, wie sich in den USA die Anteile für den bemannten und den unbemannten Raumflug aufteilen. (4)

Das Budget der amerikanischen zivilen Raumfahrtbehörde — National Space Administration (NASA) — zeigt folgende Entwicklung:

Aufwendungen — Gesamt und in %	1961	Jahr 1962	1963
Gesamtsumme in Millionen Dollar	966	1672	3943
Anteile in %			
Raumforschung	27,0	23,7	14,5
Raketentechnik und -forschung	15,6	17,4	13,1
Kommerzielle Raketen	6,0	6,4	3,5
Satellitenbeobachtung, Auswertung	7,4	4,0	5,4
Bemannter Raumflug	44,0	48,5	63,5

Diese Aufstellung zeigt doch deutlich, daß nicht die wissenschaftliche Erforschung des Weltraumes im Vordergrund steht, sondern daß die Amerikaner in der Vergangenheit aus der Not eine Tugend machten und jetzt bemüht sind, mit allen Mitteln den Rückstand aufzuholen.

Es ist doch allgemein bekannt, daß in den USA nur militärische Trägerraketen für den Transport von Atomsprenköpfen vorhanden waren, da ursprünglich nicht die Absicht einer echten Weltraumforschung bestand. Mit diesen Raketen ließen sich unter Zuhilfenahme zusätzlicher Stufen nur Nutzlasten von kleinstem Gewicht für wissenschaftliche Untersuchungen in den Weltraum befördern.

Die eigentliche Entwicklung echter Trägerraketen für Weltraumexperimente begann erst nach dem Bekanntwerden der großen sowjetischen Satelliten. Hier ist zunächst das „Saturn“-Projekt zu nennen, das unter der Leitung von Wernher v. Braun entsteht und bisher erfolgreiche Tests der ersten Boosterstufe bestanden hat. Inzwischen haben auch erfolgreiche Flüge amerikanischer Kosmonauten stattgefunden, die ebenfalls uneingeschränkte Anerkennung und Bewunderung in der Welt gefunden haben.

Herr Prof. Kienle stellt zahlenmäßige Vergleiche über die Leistungen der beiden Staaten an, die jedoch kein richtiges Bild geben. Man muß bei diesen Betrachtungen grundsätzlich die militärischen Versuche ausschalten. Nach authentischen Angaben (5) ergeben sich in den ersten 5 Jahren — 4. Oktober 1957 bis 3. Oktober 1962 — folgende Zahlen:

Zahl der Flugkörper und ihre Nutzlast

Art der Aufgabe	Zahl	UdSSR		Zahl	USA	
		Gewicht gesamt kp	Gewicht je Start kp		Gewicht gesamt kp	Gewicht je Start kp
Satelliten mit wissenschaftl. Aufgaben und bemannter Raumflug	15	51 700	3 430	32	9 300	282
Raumsonden	3	1 500	500	9	1 370	152
nicht spezifiziert	10	—	—	26	—	—
militärische Satelliten	—	—	—	29	26 400	900

In dieser Tabelle sind nicht die amerikanischen Fehlstarts enthalten, die in dem gleichen Berichtszeitraum mit insgesamt 52 nachgewiesen werden. (6)

Diese Zahlen beweisen eindringlich die sowjetische Überlegenheit auf dem Gebiete der Trägerraketen. Wie steht es nun mit der wissenschaftlichen Ausbeute, die nach dem Zitat (2) S. 148 folgendermaßen aussieht:

„Noch heute werden Ergebnisse veröffentlicht, die von Sputnik III stammen, dem letzten Meßsatelliten der UdSSR. Die Ausbeute des auf wissenschaftliche Ziele gerichteten amerikanischen Programms ist mindestens 10mal so groß, wie aus dem Vergleich der Veröffentlichungen hervorgeht.“

Zu der Zeit, als diese Äußerungen gemacht wurden – 16. Oktober 1961 – war der ganzen Welt die photographische Untersuchung und Vermessung der Mondrückseite durch Lunik 3 und die Messungen der Felder in Mondnähe bekannt. Es waren zahlreiche Ergebnisse des sowjetischen Raumschiffes Nr. 2 bekannt, von denen als Beispiele nur die Beiträge 7, 8 und 9 genannt sein sollen. Bei aufmerksamem Studium der sowjetischen Fachliteratur, das auch heute noch bei vielen westlichen Experten teils aus Unkenntnis der Sprache, teils aus Überheblichkeit recht mangelhaft betrieben wird, wird man eingestehen müssen, daß die angeführten Vergleichszahlen einer entschiedenen Korrektur bedürfen. Im übrigen läßt sich weder aus der Zahl der gestarteten Raumflugkörper noch aus der Zahl der Veröffentlichungen der Stand der Wissenschaft des einen oder anderen Landes messen. Entscheidend sind die tatsächlichen Ergebnisse, die sich nicht wegdiskutieren lassen.

Zum Abschluß der Kontroverse „bemannt oder unbemannt“, seien einige interessante Äußerungen führender amerikanischer NASA-Leute über das Wie und Warum des „Man in Moon“-Projektes angeführt. (10)

Die Frage, warum man anstelle eines Menschen keine automatische Station zum Mond entsende, wird von W. C. Williams, Director of Operations, Project Mercury, NASA so beantwortet:

„Der Mensch kann die Aufgabe am besten ausführen, nicht nur wegen der Kenntnis des Systems und der Einzelaufgaben, die er ausführen kann, sondern wegen seiner Anpassungsfähigkeit im Raum. Ferner ist ein auf dem Mond gelandeter Mensch besser ausgerüstet, um zu entscheiden, was zu beobachten ist und wovon Proben zu entnehmen sind als wir hier auf der Erde, die blind eine Maschine dorthin senden, die alles mögliche aufgreift, was sie nur kann. Der Mensch sieht und denkt.“

Ein anderes Argument wird von Col. J. Powers-NASA für den bemannten Flug angeführt:

„Das Raumschiff wird aus einer Anzahl verschiedener Einzelteile hergestellt, von denen jedes den Zuverlässigkeitsfaktor von 99 Prozent hat. Aber bei der Durchschnittsbildung aller dieser Komponenten mit weniger als 100 Prozent Zuverlässigkeit kommt man auf einen Gesamtzuverlässigkeitsfaktor etwa in der Größenordnung von 65–70 Prozent. Mit einem Menschen an Bord – und mit seinem menschlichen Urteilsvermögen – wird die Fehlerrate jeder einzelnen Komponente herabgesetzt. Das Gesamtsystem erhält dann eine Zuverlässigkeit von 99,9977 Prozent.“

Aus den vorangegangenen Darlegungen geht hervor, daß die von Herrn Prof. Kienle angeführten Argumente für den ersten Aspekt, den des politischen Prestiges, nur für den Westen zutreffend sind.

Das Ziel der sowjetischen Wissenschaft ist die systematische Erweiterung der Naturerkenntnisse mit Hilfe von bemannten und unbemannten Raumstationen, wobei ein logisch aufgebautes Programm ohne die Absicht spektakulärer Erfolge zugrunde liegt.

Wir kommen nun zu dem zweiten Aspekt, dem militärischen, der chronologisch gesehen als erster hätte genannt werden müssen. Es ist wahr, daß die deutsche V2-Raketenentwicklung während des zweiten Weltkrieges ausschließlich militärischen Zwecken diente. Parallel mit der Atombombenentwicklung wurde sie in den USA als Trägerrakete für Atomsprenghöpfe forciert weiterentwickelt. Die ganz kurz nach dem Kriege in White Sands durchgeführten Höhentests mit der Kombination V2-Corporal, wobei Höhen von 427 km erzielt wurden, waren nur der erste Schritt auf diesem Wege. Die gesamte amerikanische Raketenentwicklung verfolgte dann ausschließlich das Ziel der Entwicklung solcher Trägerraketen, die die Atomsprenghöpfe auf jeden beliebigen Punkt der Erde tragen können. Da diese Sprengköpfe ein relativ geringes Gewicht haben, waren die Booster entsprechend angepaßt und konnten, wie schon oben dargelegt, für Raumforschungszwecke nicht oder nur bedingt eingesetzt werden. Die gesamte amerikanische Raketenentwicklung stand bis zum Jahre 1958, in dem die erste wirkliche Trägerrakete für Raumfahrtzwecke, das Saturn-Projekt, in Auftrag gegeben wurde, nur unter dem militärischen Aspekt, während in der UdSSR in dieser gleichen Zeit systematische Vorarbeiten für das Satellitenprogramm, die Raumsonden und den bemannten Raumflug betrieben wurden. Daß die sowjetische Seite angesichts der amerikanischen Entwicklung auf dem militärischen Sektor nicht untätig war, ist hinreichend bewiesen worden. Es ist dies jedoch nur als Abwehrhandlung bzw. Vorsichtsmaßnahme zu bewerten. Es muß daher als eine Umkehrung der Tatsachen angesehen werden, wenn Herr Prof. Kienle schreibt: „So gesehen werden die Erfolge in der Lancierung von Satelliten mit Tausenden von kg Nutzlast zu einer einzigen Demonstration des hohen Standes der Raketentechnik und damit der kriegerischen Stärke. Unter diesem Aspekt wird verständlich, warum der gelungene Start der ersten sowjetischen Sputniks eine solche Schockwirkung in den USA ausgelöst hat.“ (2) S. 149.

Man benötigt nicht die Größe von Trägerraketen für Sputniks, um interkontinentale Ziele zu belegen. Derartige Trägerraketen sind kleiner in der Leistung und waren beim Start des ersten Sputniks bereits vorhanden. Die sowjetische Raumfahrt und Raumforschung dient, so wie es 1955 in der Charta der International Astronautical Federation niedergelegt wurde, einzig und allein der friedlichen Erforschung und späteren Nutzung des Weltraumes.

Wie sieht es aber in dem bereits analysierten Zeitraum der 5 Jahre auf dem militärischen Sektor in den USA aus? (5/6). 29 deklarierte militärische Objekte, 26 nicht deklarierte und dazu die Fehlstarts. Allein die Discoverer-Serie lief bis zur Nr. 38. Über 70 militärische Versuche mit Leistungen bis 850 kp Nutzlast (Discoverer). Darunter Spionagesatelliten, wie Midas und Samos, militärische Nachrichtensatelliten zur Verwendung für das Netz amerikanischer Stützpunkte um das sozialistische Lager. Ein nie dagewesener Run amerikanischer Rüstungskonzerne, astronomische Ziffern für das militärische Budget — so wurde durch den nach dem 4. 10. 1957 sichtbar gewordenen sowjetischen Erfolg ein Schock erzeugt und ausgenutzt. Es ist jedoch unverantwortlich, wenn Herr Prof. Kienle den bemannten Raumflug — damals gab es noch keinen amerikanischen Astronauten — als besondere Kriegsgefahr hinzustellen versucht.

„Wenn von Weizsäcker zum Abschluß der Diskussion über die Verantwortlichkeit der Atomphysiker feststellt, daß diese Physiker in ihrem Drang nach Erkenntnis nicht haltmachen vor dem Kern des Atoms, . . . und wenn er daraus die Forderung ableitet, daß wir lernen müssen, mit der Atombombe zu leben, dann kann man diese Formulierung sinngemäß auf die Verknüpfung der Weltraumforschung mit der Entwicklung von Raketen größter Schubkraft übertragen. Wir wollen und können auf Weltraumforschung in der Form, die sie heute angenommen hat, d. h. mit Satelliten um Raumstationen, nicht verzichten, weil wir dazu Raketen und andere technische Einrichtungen benutzen, die auch oder vielleicht sogar vornehmlich kriegerischen Zwecken dienen können. Die Menschheit muß lernen, wie mit der Atombombe so auch

mit der Rakete zu leben. Ob auch mit dem bemannten Raumschiff, das steht auf einem anderen Blatt.“

Mit Ausnahme der fanatischen Militaristen will niemand in der Welt mit der Atom-bombe leben. Millionen bemühen sich unausgesetzt, sie aus der Welt zu schaffen. Wir brauchen die Kernenergie für wirtschaftliche Zwecke, wir brauchen daher auch die Kernphysik. Die Verantwortlichkeit der Atomphysiker liegt in ihrer Stellungnahme zu der Frage: Krieg oder Frieden. Die Parallele mit der Raketentechnik, Raum-forschung und Raumfahrt ist völlig absurd. Die Rakete an sich hat ohne atomare Sprengköpfe eine sehr geringe militärische Bedeutung und ist im Nahbereich mit sehr weitreichenden Geschützen gleichzusetzen. Die Rakete ist in jedem Falle nur Trans- portmittel. Die Rakete ist als Transportmittel für wissenschaftliche Satelliten und Raumsonden, sowie für bemannte Flugkörper gleichermaßen unmillitärisch. Die künst- liche Trennung in Weltraumforschung, die als wissenschaftliche Disziplin bedingungs- los zu bejahen ist, und die Weltraumfahrt, die wegen ihres offenbar ausschließlichen militärischen Aspektes abzulehnen ist, ist unwissenschaftlich und entspringt dem Wunsch, die sowjetischen Erfolge in Mißkredit zu bringen und den amerikanischen Rückstand zu bemänteln.

Es ist mit einer derartigen Beurteilung der Fakten niemandem gedient. Eine Reihe der Behauptungen hat die Entwicklung selbst widerlegt, andere werden richtiggestellt. Die Weltraumforschung und Weltraumfahrt werden sich gesetzmäßig weiterent- wickeln, trotz des Urteils von Max Born: „Triumph des Verstandes, aber tragisches Versagen der Vernunft“ und trotzdem Herr Prof. Kienle an den Schluß seines Auf- satzes eine aus der Denkschrift der DFG entnommene Leserzuschrift an die „Komso- molskaja Prawda“ vom 11. 6. 1960 setzt, eine Leserzuschrift, die verstümmelt wurde und die der Ausgangspunkt einer sehr breiten Diskussion in der angeführten Zeitung war. Über diese Diskussion steht weder etwas in der Denkschrift der DFG noch in dem besprochenen Aufsatz.

Das Tempo der Entwicklung dieser komplexen Wissenschaft wird dadurch be- stimmt, wie es gelingt die politischen Gegensätze abzubauen, die sehnlichst erwünschte Abrüstung zu verwirklichen und den Antikommunismus aus der Welt zu schaffen. Dann ist eine neidlose, vorurteilsfreie Anerkennung der Erfolge möglich, dann ist der Weg offen zur friedlichen Zusammenarbeit, die bei den künftigen interplanetaren Vorhaben unbedingt erforderlich ist.

Literatur:

1. KIELE, H. Aspekte der Weltraumforschung in Ost und West
Physikalische Blätter 18. Jahrgang 1962 H. 4, S. 145-152
2. OWEN, Kenneth Americans Aim in Space - Flight, 11. January 1962 p. 63-65
3. v. RANDOW, Th. Milliarden für den Mann im Mond.
Wissenschaftler üben heftige Kritik an Apollo-Projekt
Die Zeit, Hamburg 17. August 1962
4. RATHROD, M. A. (NASA) Notes on the Costs of the United Space Programm
Journ. of the Royal Aeron. Science Vol 66 1962 June p. 349-370
5. SPACE: The First Five Years - Flight, 15. November 1962 p. 763-790
6. SPACE: Five Years Failures - Flight, 15. November p. 801
7. KURNOSOWA, T. N. u. a. Die Entdeckung einer anomalen Strahlung über dem südlichen T-11
des Atlantischen Ozeans.
Iskustweny Sputniki Semli H. 8 90-93 Moskau 1961
8. LIPSKI, J. N. Die Besonderheiten der Auswertung der ersten Photographien der
Mondrückseite Iskustweny Sputniki Semli H. 9 1-19 Moskau 1961
9. SAWENKO, I. A. u. a. Dosimetrische Messungen auf dem zweiten sowjetischen Raumschiff.
Iskustweny Sputniki H. 9 S. 71-77
10. NASA Managing Man's Greatest Adventure
Aerospace Engineering September 1962 p. 16-23

Fragen des Weltraumrechts vor der XVII. UNO-Vollversammlung

Prof. Dr. GERHARD REINTANZ

Die XVI. UNO-Vollversammlung hatte in ihrer am 20. Dezember 1961 einstimmig verabschiedeten Resolution Nr. 1721 (XVI) – vgl. Mitteilungsblatt der DAG Nr. 1/1962, S. 6 – ein Programm der künftigen Arbeit für die neu konstituierte Weltraumkommission angenommen und für die Weltorganisation für Meteorologie und den Internationalen Fernmeldeverein eine Reihe von Empfehlungen ausgesprochen. Auf ihrer XVII. Tagung, die vom 18. September 1962 bis zum 20. Dezember 1962 stattfand, konnte die UNO-Vollversammlung nach vorangegangener Debatte im I. Politischen und Sicherheitsausschuß die Berichte der Kommission und der Organisation prüfen, Bilanz ziehen und in einer von der UdSSR und den USA gemeinsam eingebrachten und am 14. Dezember 1962 einstimmig gebilligten Resolution Nr. 1822 (XVII) die weiteren Arbeiten kennzeichnen.

Die Weltraumkommission hat in der Konkretisierung der Rechtsfragen des Weltraumes keine Fortschritte erzielt. Von ihrem juristischen Unterausschuß waren im September 1962 eine Reihe von Vertragsentwürfen erörtert worden, ohne daß jedoch eine einhellige Meinung erreicht werden konnte. Zur Diskussion standen z. B. die von der UdSSR vorgelegte Deklaration der Grundprinzipien für die staatliche Tätigkeit bei der Erforschung und Nutzung des Weltraumes, der Entwurf eines internationalen Abkommens über die Bergung von Kosmonauten und Raumfahrzeugen bei Notlagen, ebenfalls von der UdSSR vorgelegt, sowie die USA-Vorschläge über Hilfeleistungen für Raumfahrer und Raumfahrzeuge und über die Haftung für Schäden, die bei der Raumfahrt entstehen. Auch die VAR und Großbritannien hatten Vertragsentwürfe über Grundsatzfragen bei der Erschließung des Weltraumes vorgelegt. Wenn es zu keiner Einigung innerhalb des juristischen Unterausschusses kam, so deshalb, weil bei den USA die Neigung vorhanden ist, das neue Gebiet des Weltraumrechts nur langsam mit konkreten Rechtsnormen aufzufüllen. Sie wollen mit Teilfragen beginnen, deren Wichtigkeit von niemandem verkannt wird, und stellen daher solche Fragen, wie Hilfeleistung und Haftung, in den Mittelpunkt. Richtiger ist es aber, wie es die UdSSR vorschlägt, die Grundsatzfragen, nämlich die friedliche und nichtmilitärische Nutzung des Weltraumes genau zu fixieren. Es erhärtet sich der Verdacht, daß einer Verständigung über diese Grundsatzfragen deshalb von den USA ausgewichen wird, weil sie durch militärische Nutzung des Weltraumes vollendete Tatsachen und damit so etwas wie ein Gewohnheitsrecht auf Weltraumspionage schaffen wollen.

Die Vollversammlung hat in ihrer Resolution vom 14. Dezember 1962 erneut hervorgehoben, daß „die Tätigkeit der Staaten bei der Erforschung und Nutzung des Weltraumes dem Völkerrecht einschließlich der UNO-Satzung entsprechen muß und im Interesse freundschaftlicher Beziehungen zwischen den Staaten zu liegen hat.“ Sie hat alle Mitgliedstaaten aufgerufen, bei der weiteren Entwicklung des Weltraumrechts mitzuarbeiten. Die Weltraumkommission wurde ersucht, die weitere Ausarbeitung der Grundsätze des Weltraumrechts als dringlich zu betrachten. Vor allzu großen Hoffnungen in dieser Richtung muß jedoch gewarnt werden, da angesichts der militärischen Aspekte, die von den USA in die Weltraumfahrt hineingetragen wurden, viel davon abhängt, ob die imperialistischen Mächte bereit sind, auf Abrüstungsmaßnahmen einzugehen.

Der wissenschaftlich-technische Unterausschuß war demgegenüber erfolgreich. Hier kam es u. a. zu einer Einigung über eine Empfehlung, während des Internationalen Jahres der „ruhigen Sonne“ gemeinsame Forschungen zu betreiben. Diese Empfehlung, die von der Vollversammlung gebilligt und unterstützt wurde, war möglich, weil am 8. Mai 1962 in Genf zwischen der Akademie der Wissenschaften der UdSSR und der USA-Weltraumbehörde eine Vereinbarung getroffen wurde, die u. a. vorsieht:

1. Zusammenarbeit im Jahre 1963 bei Experimenten mit Nachrichtenübermittlungssatelliten;
2. Austausch der durch Wettersatelliten erlangten Informationen in den Jahren 1963 und 1964 und „koordinierte Starts“ für die Jahre 1964 und 1965;
3. Start je eines sowjetischen und amerikanischen Satelliten in der Zeit von Mitte 1964 bis Mitte 1965 zur gemeinsamen Erforschung der erdmagnetischen Felder.

Inzwischen haben mehrfach in Genf und Rom Besprechungen sowjetischer und amerikanischer Experten stattgefunden, um diese Vorhaben zu realisieren.

Die 1961 ausgesprochene Empfehlung, alle Starts von Raumfahrzeugen der UNO zu melden, wurde befolgt. Die UdSSR und die USA melden ihre Starts dem beim UNO-Generalsekretariat eingerichteten Register.

Die Weltorganisation für Meteorologie und der Internationale Fernmeldeverein haben auf Grund der Empfehlung der UNO-Vollversammlung von 1961 entsprechende Vorarbeiten geleistet, um auf Konferenzen im Jahre 1963 weitere Maßnahmen zur Unterstützung der Weltraumforschung zu beschließen. So wird sich die Weltorganisation für Meteorologie auf ihrem Kongreß im April 1963 mit dem weltweiten Einsatz von Wetterforschungsraketen beschäftigen, und der Internationale Fernmeldeverein wird im Oktober 1963 auf einer außerordentlichen Konferenz die Verteilung von Funkfrequenzen für die Weltraumforschung behandeln.

Die Frage einer internationalen Weltraumkonferenz ist offenbar stillschweigend beiseite geschoben worden. Das hintergründige Junctum zwischen Weltraumfahrt und Abrüstung wirkt gegenwärtig noch als hemmender Faktor. Sollte es zu einer fruchtbaren Zusammenarbeit zwischen der UdSSR und den USA auf Grund der Vereinbarungen vom 8. Juni 1962 kommen, würde auch die Frage einer internationalen Weltraumkonferenz neuen Auftrieb erhalten. (Immer behält Gültigkeit, was Kosmonaut Titow auf dem Weltkongreß für allgemeine Abrüstung und Frieden am 13. Juli 1962 in Moskau sagte:

„Die Zusammenarbeit im Kosmos ist eine wichtige Aufgabe, aber sie ist nur zu verwirklichen unter der Bedingung der Abrüstung. Wenn wir abrüsten, wären gemeinsame Kosmosflüge durchaus möglich... Der Weltraum darf nicht zu einer Arena der militärischen Rivalität werden, sondern er muß ein Feld der Zusammenarbeit sein“.

Teilbericht über die Konferenz der Vertreter von Satellitenbeobachtungsstationen sozialistischer Länder über Fragen der fotografischen Vermessung künstlicher Erdsatelliten in Leningrad (vom 21. bis 26. 11. 1962)

Über die Meßarbeit der Stationen

Prof. EDGAR PENZEL

Allgemeines

In der Zeit vom 21. bis 26. November 1962 fand in Leningrad eine Konferenz über Fragen der fotografischen Beobachtung künstlicher Erdsatelliten statt. Aufgabe der Konferenz war es u. a., die Vertreter der Beobachtungsstationen der sozialistischen Länder mit dem augenblicklichen Stand vertraut zu machen, sowie Beschlüsse über die weitere Arbeit zu fassen.

Die ersten beiden Konferenztage waren deshalb mit Situationsberichten der Ländervertreter ausgefüllt. Frau Dr. A. G. Massewitsch, Vizepräsidentin des Astronomischen Rates der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, gab einleitend einen geschichtlichen Abriss über die fotografische Beobachtung der sowjetischen Erdsatelliten. Schon bald nach dem Start des ersten sowjetischen künstlichen Erdsatelliten, so erklärte sie, seien nicht nur in der Sowjetunion, sondern auch in verschiedenen anderen sozialistischen Ländern Versuche von fotografischen Vermessungen durchgeführt worden. Besonders erfolgreich seien hierbei die Stationen Potsdam und Rodewisch (DDR), Nanjing (China) und Pulkowo (Sowjetunion) gewesen.

An den einzelnen Stationen seien verschiedene Wege gegangen worden. Man hätte vielseitige Erfahrungen gesammelt und es käme nunmehr besonders darauf an, diese Erfahrungen zu veröffentlichen und Wege aufzuzeigen, die einen größtmöglichen Gewinn für die wissenschaftliche Forschung garantieren. Ihrer Meinung nach seien sehr interessante Kamera-Entwicklungsarbeiten in Pulkowo und Riga sowie in Ilmenau gemacht worden. Aufmerksamkeit verdient auch die am astrophysikalischen Observatorium vorgenommenen Versuche von Satellitenfotografie mit Instrumenten großer Brennweite bei gleichzeitiger Ephemeriden-Korrektur an der Beobachtungsstation. Für eine sehr dankbare Arbeit halte sie auch das „Interobs-Programm“ der ungarischen Stationen Baja und Budapest mit den deutschen Stationen Bautzen und Rodewisch zur Bestimmung absoluter Satellitenhöhen und deren geophysikalische Auswertung. Hierzu möchte sie den Vorschlag machen, daß sich noch Stationen anderer Länder an das Programm anschließen sollten.

Da der am letzten Konferenztag auf der Sitzung der Kommission für multilaterale Zusammenarbeit von Frau Slowochotowa gegebene statistische Bericht des Astronomischen Rates der UdSSR inhaltlich mit den Ausführungen von Frau Dr. A. G. Massewitsch in Zusammenhang steht, sei es dem Berichtersteller erlaubt, vor der Diskussion der einzelnen besonders interessierenden Länderberichte noch einige Ausführungen von Frau Slowochotowa hieraus zu bringen.

Frau Slowochotowa führte u. a. aus: Ende 1957 wurde auf Vorschlag des Präsidiums des JGJ in der Sowjetunion ein Stationsnetz von Satellitenstationen mit dem Zentrum

Kosmos Moskau gebildet. In diesem Zentrum laufen alle Vermessungsergebnisse zusammen. Auch in den anderen sozialistischen Ländern bilden sich Stationsnetze, deren Ergebnisse ebenfalls nach Kosmos Moskau gesandt werden. Die ersten Ergebnisse einer ausländischen Beobachtungsstation erreichten uns aus Rodewisch/DDR.

Heute bekommt das Koordinierungszentrum der UdSSR Angaben von etwa 100 Stationen aus 20 verschiedenen Ländern. Die Hälfte dieser Länder sind sozialistische Länder.

Aus den sozialistischen Ländern erhielt Kosmos Moskau bisher etwa 100 000 Beobachtungen für etwa 100 Objekte. Der chinesische Anteil beträgt dabei die Hälfte aller Beobachtungen der sozialistischen Länder. Effektiv am wirksamsten war die Potsdamer Beobachtungsstation des Astrophysikalischen Observatoriums, die an Kosmos Moskau 1200 Mitteilungen über fotografische Beobachtungen hoher Qualität schickte. Noch mehr Messungen meldete die Station Gdansk/Polen, allerdings meist solche über Echo 1 und nicht mit der Genauigkeit wie das Astrophysikalische Observatorium Potsdam.

Viele wissenschaftliche Arbeiten mit Echo 1 seien schon gemacht worden. Jetzt käme es darauf besonders an, möglichst viele genaue Beobachtungen von den Kosmos-Objekten und den schwachen amerikanischen Satelliten zu erhalten. In dieser Hinsicht seien im letzten Jahr die folgenden Stationen sozialistischer Länder besonders aktiv gewesen:

1101 Sofia/Bulgarien	1125 Rodewisch/DDR
1113 Baja/Ungarn	1131 Bukarest/Rumänien
1120 Bautzen/DDR	1151 Torun/Polen
1121 Potsdam/DDR	

Die Arbeit an den Stationen der CSSR sei z. Zt. sehr schwach. Alle Ergebnisse über die Beobachtungen künstlicher Erdsatelliten werden in den sowjetischen Bulletins veröffentlicht.

Am Ende ihrer Ausführungen bat Frau Slowochotowa die Vertreter der Länder dafür zu sorgen, daß die Monatsmeldungen der einzelnen Stationen pünktlich in Moskau eingehen. Allerdings seien bisher die ausländischen Stationen in dieser Hinsicht fleißiger als die sowjetischen Stationen gewesen.

Zu den Beobachtungssituationen in den einzelnen sozialistischen Ländern.

In Bulgarien, China und Rumänien werden wie an verschiedenen sowjetischen Stationen Satelliten-Kameras vom Typ NAFA - 3c/25 eingesetzt. In der CSSR, Polen und der DDR sind andere Kamerateypen in Verwendung, auf die im einzelnen noch näher eingegangen werden soll.

Noch keine fotografischen Beobachtungen wurden bisher in Ungarn und der mongolischen Volksrepublik durchgeführt.

Die an den bulgarischen, chinesischen und rumänischen Stationen arbeitenden NAFA-Kameras sind wie an den meisten sowjetischen Stationen unbeweglich aufgestellt.

Die Kameras vom Typ NAFA - 3c/25 haben eine Öffnung von 100 mm und eine Brennweite von 250 mm. Sie gestatten nur das Fotografieren heller Satelliten etwa 3^m bis 4^m, wobei die Genauigkeit im Ort etwa 0,2 und in der Zeit 0,005 beträgt.

Um eine möglichst exakte Ausmessung der Satellitenpositionen zu erzielen, wird zunächst eine relativ lange Bahnspur aufgenommen, die lediglich der Identifizierung der Position dient. Darauf folgende sehr kurze Belichtungen sind zur genauen Vermessung der Bahnspur gedacht. Da hierbei jedoch keine gut meßbaren Sternspuren entstehen, wird nach einer längeren Pause noch eine mittelgroße Belichtung vorgenommen, um auch für die Anschlußsterne meßbare, alleinstehende Spuren zu erhalten. Die verschiedenen nacheinander folgenden Belichtungszeiten bei einer solchen Vermessungsaufnahme werden automatisch gesteuert.

Das Ausmessen der Bahnspuren auf den Negativen geschieht mit den herkömmlichen astronomischen Meßgeräten. Für die Auswertung werden verschiedene Methoden benutzt. Die Rechnungen werden an den sowjetischen Stationen vorwiegend mit elektronischen Rechengерäten durchgeführt.

Da diese Vermessungen mit unbeweglichen Kameras eine niedrige Grenzhelligkeit besitzen, wurden an einigen sowjetischen Stationen in den letzten Jahren Versuche durchgeführt, um Reichweiten-Vergrößerungen durch Geschwindigkeitskompensation zu erzielen. Durch eine solche Kompensation kann man die relative Satellitengeschwindigkeit auf der Fotoplatte bis zu 100mal verkleinern, was eine Erhöhung der Grenzhelligkeit um 5^m ergibt.

In Pulkowo z. B. wurde 1958 von Panaiotow für eine NAFA-Kamera eine Kassette mit beweglichem Film konstruiert. Die Bewegungsgeschwindigkeit des Films wird nach dem Satelliten reguliert. Mit Hilfe dieser Anordnung läßt sich eine Erhöhung der Grenzhelligkeit um 3^m erreichen. Der besondere Vorzug dieser Kamera besteht noch darin, daß sie bei großer Filmbreite eine recht bedeutende Belichtungszeit auszunutzen gestattet. Dies ist besonders dann von großem Vorteil, wenn die Ephemeride des Satelliten ungenau ist. Schon geraume Zeit vor dem Durchgang des Satelliten kann man den Verschuß der auf die gemeldete Ephemeridenposition eingestellten Kamera öffnen, um den Satelliten auch dann zu erfassen, wenn er zu früh kommt. In die Kassette sind Metallstreifen gezogen, die in der Spur des Satelliten kurze Unterbrechungen hinterlassen, was eine genaue Koordinatenbestimmung ermöglicht. Die Meßgenauigkeit der Panaiotow-Kamera ist nur etwas geringer als bei anderen Verfahren.

An der Station Riga wurde 1960 von Abele und Lapuschka eine Kamera mit einer Spezialkassette konstruiert. Der Filmhalter der Kassette schwingt hin und her, so daß auf dem Film abwechselnd der Satellit und die Sterne unbeweglich stehen. Die Kamera ist ähnlich wie die amerikanische Baker-Nunn-Kamera in einer dreiaxigen Montierung aufgestellt. Die ganze Apparatur ist automatisiert. Die Kamera wird vor den Beobachtungen nach der Ephemeride eingestellt, und der Beobachter verfolgt dann im Sucher das Erscheinen des Satelliten. Sobald der Satellit die Gesichtsfeldmitte erreicht hat, wird die Anlage eingeschaltet. Alles weitere — die Regulierung der Schwingungsgeschwindigkeit, das Öffnen und Schließen des Verschlusses, der Weitertransport des Films und die Nachführung der Kamera geschieht automatisch. Bei einem Durchgang kann man bis zu zehn einzelne Aufnahmen in verschiedenen Teilen der sichtbaren Bahn erhalten. Der Helligkeitsgewinn dieser Anordnung beträgt 2^m bis 4^m .

Was die erreichbare Positionsgenauigkeit dieser beschriebenen sowjetischen Satelliten-Kamera anbelangt, so liegt diese bei $6''$. Alle fotografisch arbeitenden sowjetischen Stationen sind mit Druckchronographen ausgerüstet, die die Millisekunde erreichbar machen.

Zur Situation in der CSSR ist zu sagen, daß daselbst bis 1962 nur fotografische Beobachtungen mit Kameras kurzer Brennweite durchgeführt wurden. Die Genauigkeit der Verschlüsse dieser Kameras liegt bei $0^s.1$. Nach Beendigung des JGC wurde dieses Programm eingestellt.

Der großen Bedeutung exakter fotografischer Satellitenvermessungen Rechnung tragend, werden aber seit einigen Monaten an der Volkssternwarte Prag Versuche mit ehemaligen deutschen Luftbildkameras durchgeführt. Diese Kameras haben bei 750 mm Brennweite ein Öffnungsverhältnis von 1:6.3. Das Filmformat beträgt 30×30 cm. Die Ausmessungen der Satellitenposition ergibt im Ort Genauigkeiten von $x = 1''.23$ und $y = 0''.3$. Zur Zeit wird an der Verbesserung des Verschlusses gearbeitet, da mit dem zur Kamera gehörenden Lamellenverschuß noch keine solchen exakten Zeitbestimmungen erhalten werden können, wie sie der Meßgenauigkeit des

Ortes entsprechen. Ein Nachteil dieser Kameras besteht darin, daß nur helle Satelliten erfaßt werden können. Eine Reichweitenvergrößerung soll mit beweglichem Film erzielt werden.

Ähnliche Versuche wie in Prag laufen auch in Brno, wo man eine Kamera 1:5 bei 500 m Brennweite für Satellitenfotografie ausprobiert. Die dort erreichte Genauigkeit beläuft sich auf einige Bogenminuten, die der Zeit auf 0,02.

Auch in Polen wurden bis 1962 fotografische Vermessungen nur mit kleinen Kameras ausgeführt. Diese konnten fast ausschließlich nur Echo 1 erfassen. Die Auswertung der Negative vollzog sich nach der üblichen visuellen Ausmessungsmethode. Analog zur Situation in der CSSR werden aber seit einigen Monaten an verschiedenen Stationen des polnischen Netzes neue Kameratypen erprobt. Hierbei handelt es sich einmal um eine sogenannte AERO-EKTAR mit einer Öffnung von 71 mm und einer Brennweite von 178 mm und um eine Neuentwicklung der Universitäts-Sternwarte Poznan mit einem Öffnungsverhältnis von 1:4,5 bei 360 mm Brennweite.

Die Aero-Ektar ist eine serienmäßig hergestellte Foto-Kamera. Sie wurde azimuthal montiert und mit einer Visiereinrichtung versehen. Sie arbeitet mit Platten vom Format 13×18 . Bei Verwendung von Agfa-Astro-Platten soll die Reichweite der Kamera bei einer Relativgeschwindigkeit des Satelliten von 0,7 pro Sekunde bis 3,5 betragen. Nach Angaben des polnischen Astronomen Dr. Belizki, Warschau (Station Nr. 1155), erwartet man von der Kamera eine Genauigkeit von 0,01 in der Zeit und 0,01 im Ort.

Was die Poznaner Entwicklung anbelangt, so wurde diese Kamera auf der Grundlage der Kameras für Meteorbeobachtungen konstruiert. Sie ist parallaktisch montiert und mit einem Sektorenverschluß aus zwei Sektoren ausgerüstet, der durch einen Synchronmotor mit einer Umlaufgeschwindigkeit von einer Umdrehung pro Sekunde in Gang gebracht wird. Die Registrierung des Zeitmomentes des Lichteinfalls auf die 9×12 -Platte erfolgt oszillographisch. Die Registrierengenauigkeit des Oszillographen beträgt $\pm 0,0005$ Sekunden.

Einige Bemerkungen zu den fotografischen Satellitenvermessungen in der DDR

Neben azimuthal oder parallaktisch montierten Zeiß-Amateur-Astographen mit einem Öffnungsverhältnis von 1:3,5 bei 250 mm Brennweite, die mit einem mechanischen Schnellverschluß arbeiten, sind seit 1960 an den Stationen 1121, Astrophysisches Observatorium Potsdam, und 1125, Schulsternwarte Rodewisch, lichtstarke Tachar-Kameras eingesetzt. Diese Kameras haben ein Öffnungsverhältnis von 1:1,4 bei 240 mm Brennweite. Auf Grund dieses extremen Öffnungsverhältnisses kann nur die Mittelpartie der Fokalebene für Meßzwecke ausgenutzt werden. Daher wurden diese Kameras mit Kleinbildkassetten vom Typ Exakta-Varex ausgerüstet. Die Zeitregistrierung erfolgt mittels des Synchron-Kontaktes chronographisch mit einer Genauigkeit von 0,01.

Der Vorteil der Tachar-Kamera besteht in ihrem schnellen Bildwechsel (sehr geeignet für Meßreihen) und in ihrer relativ großen Reichweite 0,5 pro Sekunde bis 7,0. Die Meßgenauigkeit liegt bei der Schnellausmessung bei 1' bis 2', dürfte jedoch bei exakter Ausmessung am Koordinaten-Meßgerät noch zu steigern sein.

Resümee

Unter Zugrundelegung der Berichte und Diskussionsbeiträge der einzelnen Ländervertreter kann festgestellt werden, daß die zur Zeit genauesten fotografischen Vermessungen in Pulkowo und Riga erhalten werden. Die augenblicklich größte Reichweite besitzen die Kameras in Potsdam und Rodewisch. Die aufgestellte Forderung für die zu erreichende Genauigkeit lautet nach der Leningrader Beratung: 2" bis 4" im Ort und 0,001 in der Zeit.

Strahlungsmessungen mit Kosmos III und Kosmos V

KARL-HEINZ NEUMANN

Bekanntlich diente ein weiter Komplex verschiedenartiger Messungen, die mit den Satelliten der Kosmos-Serie ausgeführt wurden und werden, der Untersuchung der kosmischen Strahlung. Die Primärkomponente der kosmischen Strahlung, die ihren Ursprung im interstellaren Raum hat, ist mehr oder weniger konstant. Hier treten zwar Variationen mit dem Zyklus der Sonnenaktivität auf, aber diese sind durch die Sonnenaktivität bedingt und für die weitere Entwicklung des bemannten Raumfluges von nicht wesentlicher Bedeutung. Anders dagegen sieht es mit der zweiten Komponente der Primärstrahlung aus, mit der also, die ihren Ursprung in der Sonne hat. Dieser Strahlungsanteil, der auch bei der bisher bekannten dritten Komponente, den Strahlungsgürteln der Erde, mannigfaltige Veränderungen hervorruft, ist irregulärer Natur und praktisch direkt mit der Sonnenaktivität gekoppelt. Die verschiedenartigsten Variationen werden in der Hochatmosphäre der Erde hervorgerufen. Zu ihrer Untersuchung braucht man künstliche Erdsatelliten mit möglichst langer aktiver Lebensdauer und hohem Informationsgehalt.

Die beiden sowjetischen Erdsatelliten Kosmos III und Kosmos V, die am 24. April bzw. am 28. Mai 1962 auf ihre Umlaufbahn gelangten, gestatteten kontinuierliche Untersuchungen über einen langen Zeitraum. Man erhielt Meßwerte aus Gebieten über den verschiedensten geographischen Längen und Breiten sowohl an magnetisch ruhigen als auch an Tagen, an denen starke magnetische und ionosphärische Störungen auftraten. Letztgenannte Erscheinungen werden bekanntlich durch die Sonnenaktivität erzeugt. Da vom Weltzentrum für die Sammlung von geophysikalischen Daten des Instituts für terrestrischen Magnetismus, Ionosphäre und Wellenausbreitung der Akademie der Wissenschaften der UdSSR praktisch für jeden Zeitpunkt die Werte über die geomagnetische Aktivität und damit über die solare Aktivität bekannt waren, ließen sich mit relativ hoher Genauigkeit die Meßwerte dieser beiden Kosmos-Satelliten den Werten der solaren Aktivität zuordnen.

Der Perigäumsabstand dieser beiden Satelliten betrug 229 bzw. 203 km, ihr Apogäumsabstand 720 bzw. 1600 km. Infolge des Einflusses verschiedener Kräfte blieben aber ihre Bahnen nicht konstant. Durch den Luftwiderstand bedingt, sanken Perigäum und Apogäum allmählich ab. Infolge der Abplattung der Erde ergab sich eine Drehung der Apsidenlinie. Bis Mitte September 1962 hatte Kosmos III etwa 2000 und Kosmos V rund 1500 Erdumläufe ausgeführt. Dabei hatte die Apsidenlinie von Kosmos III in der Bahn etwa $1\frac{1}{2}$ Umläufe und die von Kosmos V etwas über einen Umlauf ausgeführt. Diese Tatsache machte es möglich, Meßwerte über die Intensität der kosmischen Strahlung über den verschiedensten geographischen Gebieten im gesamten Höhenbereich zwischen Apogäum und Perigäum jedes Satelliten zu erhalten.

Daneben wurden selbstverständlich aus der Veränderung der Umlaufszeit und der Veränderung der Rotations- und Präzessionsbewegung jedes Satelliten Luftdichtebestimmungen von hoher Genauigkeit möglich. Auch die schon bekannten Gesetzmäßigkeiten über die Abhängigkeit der Luftdichte von der Tageszeit, der geographischen Breite sowie der solaren Aktivität konnten durch weitere Meßwerte erhärtet werden.

Die Instrumentierung der beiden Satelliten war speziell zur Untersuchung der geoaktiven Korpuskularstrahlung der Sonne ausgewählt. Dabei ging es als erstes darum,

Elektronen geringer Energie zu untersuchen. Diese Teilchen haben nur eine sehr geringe Eindringtiefe, es handelt sich um die sogenannte „weiche Strahlung“. Zu ihrer Registrierung waren Geräte vorhanden, die einen Fluoreszenzschirm besaßen, der durch diese Teilchenstrahlung zum Leuchten angeregt wurde. Dahinter befand sich ein Fotoelektronenvervielfacher, mit dessen Hilfe es möglich war, die Helligkeit des Schirmes zu messen. Außen befand sich ferner eine Aluminiumfolie, die bei den einzelnen Meßinstrumenten verschiedene Stärke besaß. Bei diesen Messungen trat das Problem auf, dafür zu sorgen, daß die Instrumente für niederenergetische Elektronen höchste Empfindlichkeit haben, dagegen aber für hochenergetische Teilchen eine möglichst geringe Empfindlichkeit aufweisen. Diese Voraussetzung war deshalb nötig, weil in dem von den beiden Satelliten durchflogenen Gebiet auch ein relativ hoher Fluß hochenergetischer Strahlung vorhanden ist.

In den beiden Satelliten waren drei der eben genannten Instrumente parallel zur Symmetrieachse an ihrer Oberfläche angeordnet. Ein weiteres zeigte in entgegengesetzter Richtung, und ein Instrument war rechtwinklig zu diesem angebracht. Die drei erstgenannten Instrumente hatten Aluminiumfolien von 1,5, 2,3 und 4,2 Mikron Stärke. Ferner wurde stufenweise an diese Folie eine Spannung relativ zur Oberfläche des Satelliten angelegt, die in den Stufen +150, +3000, +6000 und +11000 V variiert wurde. Damit war es möglich, hochenergetische Elektronen, die ebenfalls in die Apparatur gelangten, im Signal von den niederenergetischen zu unterscheiden. Auf diese Weise gelang also, trotz der Anwesenheit von hochenergetischer Strahlung, die Messung der niederenergetischen Komponente.

In der Auswertung der Meßergebnisse konnte folgendes festgestellt werden: Die weiche Korpuskularstrahlung in großen Höhen, die zuerst von Sputnik III entdeckt wurde, trat im wesentlichen nur in mittleren und tieferen geomagnetischen Breiten auf. In hohen geographischen Breiten wurde kaum weiche Korpuskularstrahlung gefunden. Im Bereich der brasilianischen Magnetanomalie in Höhen von 650 bis 1600 km registrierten die Instrumente eine außerordentlich intensive weiche Komponente, wobei mehrere Zehnmillionen Teilchen pro Sekunde registriert wurden, deren Energiebereich in der Größenordnung von 40 keV und darüber lagen. Bei einer derart intensiven Strahlung leuchtete der Bildschirm blau-violett auf, so hell, daß er das ungeschützte Auge blenden würde. Man kann daraus schlußfolgern, daß bei Eindringen einer derart intensiven Strahlung in den Bereich der Hochatmosphäre von 200 bis 300 km Höhe dort eine beträchtliche Aufheizung erfolgen müßte.

Infolge der Rotation der Satelliten war es möglich, durch den Vergleich der Meßwerte der an verschiedenen Stellen angebrachten einzelnen Instrumente, die Einfallsrichtung der Elektronen zu bestimmen. Damit ließ sich für die Elektronen die Frage beantworten, ob es sich um eingefangene Partikel handelt, also um Teilchen, die den Strahlungsgürteln der Erde angehören, oder um Teilchen, die von der Sonne kommend, in tieferen Schichten der Erdatmosphäre absorbiert werden. Ein eingefangenes Teilchen bewegt sich auf Spiralbahnen um die magnetischen Kraftlinien des Erdmagnetfeldes. Nur dann, wenn die Achse der Instrumente senkrecht zu den Kraftlinien des Erdmagnetfeldes steht, können die eingefangenen Teilchen registriert werden. (Die Orientierung des Satelliten zum geomagnetischen Feld gaben die gleichzeitig übertragenen Meßwerte des Magnetometers.) Es ließ sich also eine strenge Unterscheidung zwischen Teilchen, die vom geomagnetischen Feld eingefangen, sich in den Strahlungsgürteln der Erde bewegen, und solchen Teilchen, die praktisch von der Erdatmosphäre absorbiert werden, treffen. Übertrieben gesagt, zeigte also jedes Teilchen sozusagen „seine Lebenszeit“ an.

Die Meßergebnisse von Kosmos III und Kosmos V zeigten ferner, daß eine außerordentlich große Menge von Teilchen solaren Ursprungs in die Magnetosphäre der Erde eindringen und nicht vom irdischen Magnetfeld eingefangen werden, d. h., nicht die Strahlungsgürtel der Erde auffüllen. Die sowjetischen Physiker I. Galperl und T. Mu-

liarchik kamen nach der Auswertung der Meßergebnisse zu der Auffassung, daß die Möglichkeit des Einfangens von Teilchen durch das Magnetfeld der Erde sehr gering ist. Die in hohen Breiten bei solarer Aktivität festgestellte Zunahme schnell bewegter Teilchen führte sie zu der Annahme, daß es sich hierbei um jene Partikel handelt, die die Polarlichterscheinungen hervorrufen. Aus den Bahnänderungen der Satelliten konnte man eine parallel laufende Zunahme der Dichte der Hochatmosphäre in großen Höhen feststellen. Es konnte also effektiv festgestellt werden, daß in hohen geomagnetischen Breiten der Teilchenstrom von oben nach unten tatsächlich größer ist als in umgekehrter Richtung. Die beiden Wissenschaftler kommen deshalb zu der Feststellung, daß vor allem in hohen geomagnetischen Breiten im wesentlichen die Absorption von Teilchen in tieferen Schichten der Atmosphäre (im Bereich von 100 bis 300 km Höhe) vorherrscht, während in tieferen geomagnetischen Breiten ein bedeutend größerer Anteil der Teilchen der Korpuskularstrahlung der Sonne vom Magnetfeld eingefangen wird. Die Auffüllung der Strahlungsgürtel wird also vor allem in der Nähe des geomagnetischen Äquators erfolgen. Aber nicht nur die Elektronen der weichen Komponente der Korpuskularstrahlung konnten mit Kosmos III und Kosmos V untersucht werden, sondern auch die Ionen. Die Satelliten waren mit sogenannten magnetischen Fallen ausgerüstet, mit deren Hilfe es möglich war, auch die Intensität und die Einfallsrichtung niederenergetischer Ionen sicher festzustellen.

Die Satelliten waren außerdem mit einem Standard-Geigerzähler, der eine 3 mm starke Bleiabdeckung besaß, ausgerüstet. Dieses Instrument ermöglichte eine zusätzliche Kontrolle des Anteils der hochenergetischen Teilchen der Strahlungsgürtel und der galaktischen Komponente der kosmischen Strahlung. Dieses Meßinstrument gestattete ferner detaillierte Untersuchungen des Intensitätsverhältnisses der Strahlungsgürtel über der brasilianischen Magnetanomalie. Hierbei konnte festgestellt werden, daß vor allem im Höhenbereich zwischen 200 und 400 km eine außerordentlich starke Strahlungsintensität auftrat. Im Vergleich zu den Veränderungen des Strahlungsflusses der niederenergetischen Teilchen erschien die Intensität in den unteren Bereichen der Strahlungsgürtel der Erde relativ konstant.

Die zeitlich sehr lange dauernde Arbeit der automatischen Meßinstrumente machte eine dauernde Kontrolle und Kalibrierung der Instrumente während des Fluges unvermeidlich. Es waren deshalb Registrierinstrumente vorhanden, die das Funktionieren des Energiesystems, die Funktion der einzelnen elektronischen Elemente, die physikalischen Parameter im Inneren des Satelliten (vor allem Temperatur- und Gasdruck) aufzeichneten. Die Werte wurden gleichzeitig mit den Meßwerten zur Erde übertragen. Des weiteren gelangten diese Werte auch an ein Regelsystem, das im Satelliten untergebracht war und das selbständig für Korrekturen dieser Größen sorgte, wenn Abweichungen von den vorgegebenen Werten auftraten.

Um die Aussagekraft der erhaltenen Meßwerte zu erhöhen, fand ein neues Verfahren der Kontrolle der Empfindlichkeit der Meßinstrumente bei diesen Satelliten erstmalig Anwendung. Ein radioaktives Präparat (H_3 = Tritium), das bei seinem radioaktiven Zerfall eine kontinuierliche Strahlung aussendet, wurde in diesen Satelliten mitgeführt. Durch besondere Abschirmung sorgte man dafür, daß die beim radioaktiven Zerfall entstehenden Elektronen nicht die Fluoreszenzschirme der Meßinstrumente trafen. In bestimmten regelmäßigen Intervallen wurde durch ein elektrisches Feld dafür gesorgt, daß die vom Präparat emittierten Teilchen für einen kurzen Zeitraum auf die Fluoreszenzschirme der Meßinstrumente gelenkt wurden. Damit war es möglich, während der gesamten Betriebszeit die Empfindlichkeit aller Instrumente direkt zu messen.

Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung der in diesem Artikel angegebenen Ergebnisse der Messungen dieser beiden Kosmos-Satelliten (September 1962) wurde von den genannten Autoren darauf hingewiesen, daß noch weiterhin die Meßinstrumente exakt arbeiten und die Beobachtung der Satelliten und die Decodierung ihrer Signale fortgesetzt wird.

Zum Start von „Syncom I“

HANS DIETER NAUMANN

Mit dem am 14. Februar 1963 vom amerikanischen Raketenversuchsgelände Cap Canaveral gestarteten aktiven Nachrichtenrelaissatelliten „Syncom I“ wurde das erste Mal der Versuch unternommen, einen künstlichen Erdsatelliten in eine Synchronposition zu bringen. Wenn dieses Experiment auch mißlang – z. Zt. der Niederschrift dieser Zeilen waren dem Verfasser noch keine Mitteilungen über die Inbetriebnahme des Satelliten als Nachrichtenrelais bekannt – sollte es doch die ihm gebührende Beachtung finden.) Es ist bekannt, daß der Start eines Synchronsatelliten raketentechnisch eine außerordentlich hohe Präzision erfordert, so daß der Fehlschlag des ersten Experiments nicht allzusehr verwundern sollte.

Der mit einer dreistufigen Delta-Rakete gestartete Syncomsatellit wurde etwa $5\frac{1}{2}$ Stunden nach dem Start im Raum von Madagaskar geortet, als er bereits annähernd die erforderliche Höhe von rund 35 800 km erreicht hatte. Zu diesem Zeitpunkt wurde durch Funkkommandos von der Erde eine Hilfsrakete am Satelliten gezündet, die ihn in die Synchronposition bringen sollte. 13 Sekunden nach der Zündung gingen die Funkverbindungen mit „Syncom“ verloren. Erst drei Wochen später gelang einem südafrikanischen Observatorium optisch die Wiederauffindung.

Der nur 39 kg schwere Satellit „Syncom I“ ist von zylindrischer Form. Sein Durchmesser beträgt 70 cm, seine Höhe 50 cm. Die Stromversorgung der elektronischen Geräte erfolgt durch rund 4000 auf der Oberfläche angebrachte Solarzellen. Die in der Achse des Satelliten angebrachte Sendeantenne (siehe Bild) erlaubt trotz der Rotation des Satelliten eine gerichtete Abstrahlung der Wellen, auf die bei einem Nachrichtensatelliten in dieser Höhe aus Gründen günstiger Leistungsverhältnisse nicht verzichtet werden kann. Einen Eindruck vom Aufbau des Syncomsatelliten vermittelt die beigegebene Skizze.

Wie bei „Telstar“ und „Relay“ handelt es sich auch bei „Syncom I“ um einen Experimentalsatelliten, der zu Voruntersuchungen über die Schaffung eines weltumspannenden Relaissatellitensystems dienen sollte. Seine Ausrüstungen waren deshalb für eine begrenzte Übertragungskapazität angelegt. Früheren Veröffentlichungen zufolge sollte er lediglich über einen Gesprächskanal verfügen. Auch sollte hierbei keine Korrektur der 30°-Bahnneigung, die auf Grund des schrägen Einschusses vom 30° nördlicher Breite gelegenen Cap Canaveral gegen die Äquatorebene auftritt, erfolgen, so daß der Satellit Pendelbewegungen vollführt hätte.

Eine vollkommene Synchronisierung soll erst bei einer späteren Ausführung der Syncomsatellitenreihe, dem „Syncom II“, erfolgen. Dieser vervollkommnete Typ, für dessen Start Atlas-Agena-Raketen vorgesehen sind, soll bei 1,5 m Durchmesser und 230 kg Gewicht die Übertragung eines Fernsehprogramms oder mehrerer Hundert Telefongespräche erlauben.

Die Beobachtung an einem südafrikanischen Observatorium am 2. März 1963 ergab, daß „Syncom I“ eine Umlaufzeit von 25 Stunden und damit die Synchronbahn nicht erreicht hat. Es steht jedoch außer Zweifel, daß weitere Starts von Synchronsatelliten noch in diesem Jahr folgen werden.

Siehe hierzu Zeichnung in der Kunstdruck-Beilage

Ist der Mond unpünktlich?

Prof. Dr. phil. habil. H.-U. SANDIG

Die Vorstellung, daß der Mond unpünktlich ist, ist weit verbreitet. Man verbindet mit dem Erdtrabanten die Vorstellung von einem gemütlichen, etwas trottelhaften alten Mann, dem „guten alten Mond“, und wenn man von einer Uhr sagen will, daß man sich nicht auf sie verlassen könne, so hört man häufig: „Ach, die Uhr, die geht ja nach dem Mond!“

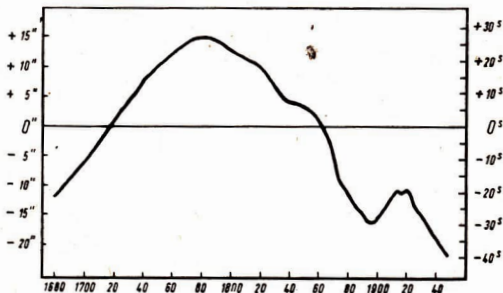
Es gibt einige psychologische und physiologische Gründe dafür, daß der Mond in der Vorstellung der Menschen so in Verruf gekommen ist. Sie sollen uns hier nicht beschäftigen. Wir wollen hier nur erörtern, was der exakte Naturwissenschaftler zu diesem Problem zu sagen hat. Ist der Mond wirklich unpünktlich?

1693 zeigte Halley aus der Diskussion alter Finsternisbeobachtungen, daß die Mondbewegung rascher geworden sein müsse (Akzeleration von $11''/a$). 60 Jahre später (1754) wies Kant darauf hin, daß die Gezeiten der Weltmeere eine bremsende Wirkung auf die Erdrotation ausüben müssen, und Tobias Meyer kam alsbald auf den Gedanken, daß die Akzeleration der Mondbewegung damit erklärt werden könne. Laplace bemerkte jedoch bald danach (1786), daß die von ihm nachgewiesene säkulare Verkleinerung der Erdbahnnexzentrität notwendig eine tatsächliche Beschleunigung der Mondbewegung zur Folge haben müsse, und daß – so meinte Laplace – der Betrag dieser Mondbeschleunigung gerade der von Halley aus den alten Mondfinsternissen abgeleiteten Beschleunigung entspricht. Dies lag jedoch nur an der ungenügenden Rechenschärfe, die Laplace anwandte. Seit 1853 weiß man durch Adams, daß nur etwa $6''$ säkulare Mondbeschleunigung aus der Verringerung der Erdbahnnexzentrität erklärt werden können, auf jeden Fall nicht der beobachtete Wert. Das ist auch gar nicht verwunderlich, denn der Gedanke von T. Mayer ist vollkommen richtig. Man nimmt daher für die Erklärung der beobachteten säkularen Akzeleration des Mondes eine Überlagerung einer tatsächlichen Beschleunigung von $6''.01 + 1''.11$ (Präz.) = $7''.12$ und einer von Gezeitenreibung erzeugten Bremsung der Erddrehung im Betrage von $5''.22$ an. Der Wert $6''.01$ stammt von Brown, die $5''.22$ hat De Sitter aus einer Neudiskussion der Finsternisse des Altertums gewonnen. Er ist auf $\pm 0''.3$ unsicher, stimmt aber doch größtmäßig gut mit der theoretisch zu erwartenden Bremswirkung der Gezeiten überein, die Jeffreys und Heiskanen auf 10^{10} erg/sec schätzen. Den Hauptbeitrag liefern hierzu die flachen Meere.

Somit ist die von Halley entdeckte Unpünktlichkeit des Mondes, sein Voreilen gegenüber der auf Grund des von Isaac Newton 1666 gefundenen Gravitationsgesetzes berechneten Bewegung aufgeklärt, und alles schien in Ordnung, die Gültigkeit des Newtonschen Gravitationsgesetzes hatte eine neue Bestätigung erfahren.

Dies ist jedoch noch nicht der volle Sachverhalt. Bereits 1923 konnte Brown bei seinen Rechnungen zur Mondbewegung trotz intensivster Bemühung die beobachtete Bewegung nicht allein aus der Newton'schen Gravitationstheorie erklären. Dabei hatte er alle nur irgendwie erfassbaren Störungseinflüsse berücksichtigt, so daß kein Glied vernachlässigt wurde, was mehr als $0''.01$ in der Mondbewegung ausmachte. Es schien für Brown keine andere Möglichkeit als die Einführung eines empirischen Gliedes, das die Differenzen zwischen der beobachteten Mondbewegung und der aus dem

Newton'schen Gesetz berechneten ausgleicht. Obwohl diese Differenzen, wie wir heute wissen, unregelmäßiger Natur sind, hatte Brown noch die Vorstellung, daß sie durch eine Formel darstellbar sein müßten, deren physikalische Bedeutung er freilich nicht angeben konnte. Die Vorstellung Browns schien einigermaßen berechtigt, da die Abweichungen der Mondbewegung von der strengen Theorie ein sinusartiges Verhalten zeigten. Brown hoffte, durch das von ihm eingeführte empirische Sinusglied eine exakte Vorausberechnung der Mondbewegung zu ermöglichen. Diese Hoffnung erwies sich jedoch sehr bald als trügerisch. Da also das Brown'sche empirische Glied weder eine reale physikalische Grundlage hatte, noch die für die Ephemeridenrechnung gehegten Hoffnungen erfüllte, wurde auf dem Kongreß der IAU im Rom 1952 beschlossen, das empirische Glied aus der Mond-Ephemeride wieder herauszunehmen und in der Ephemeride den Mondort anzugeben, wie er sich nach der reinen Gravitationstheorie ergibt und hierzu lediglich den sich aus der Gezeitenreibung ergebenden Betrag der Beschleunigung der Mondbewegung von $5''.22$ im Jahrhundert hinzuzufügen. Wir wissen schon, daß diese Beschleunigung der Mondbewegung in Wirklichkeit nur das Spiegelbild der Bremsung der Erdbewegung ist, die eine Änderung unseres Zeitmaßes zur Folge hat, das mit der Rotationszeit der Erde verknüpft ist. Alle Abweichungen des Mondes von dieser physikalisch begründeten Vorausberechnung bezeichnet man als „Fluktuationen“. Wir wollen uns den Verlauf dieser Fluktuationen während der letzten dreihundert Jahre einmal ansehen.



Welcher Art sind nun die physikalischen Ursachen dieser Fluktuationen? Sind sie wirklich der Mondbewegung eigentümlich, mit anderen Worten, bewegt sich der Mond nicht streng nach dem Gravitationsgesetz? Dies wäre ein höchst beunruhigender Gedanke. Die Erklärung der säkularen Beschleunigung des Mondes, dieser beobachteten $5''.22$ pro Jahrhundert, durch Gezeitenreibung gibt uns den Hinweis für die Erklärung der Abweichung der Mondbewegung von der Theorie: Genau wie bei der Gezeitenreibung ist nicht der Mond unpünktlich, sondern unsere Uhren gehen nicht genau gleichförmig, denn die Erde, nach der wir unsere Uhren stellen, dreht sich offenbar nicht gleichförmig. Neben der durch die bremsende Gezeitenreibung hervorgerufenen fortwährenden Verlangsamung der Erddrehung gibt es auch noch kürzer oder länger dauernde Beschleunigungen und Verzögerungen der Erddotation. Die Tageslänge verändert sich hierbei nur um einen winzigen Betrag, der größenordnungsmäßig bei einer tausendstel Sekunde liegt, aber über die Jahre hinweg summiert sich dieser Effekt zu einem deutlich auffallenden Betrag auf. In dem Diagramm sind die Zeitbeträge

auf der rechten Seite ausgeschrieben, die der Mond zu früh oder zu spät am vorausgerechneten Ort erschien. Sie ergeben sich durch eine einfache Umrechnung aus den links angeschriebenen Bogensekunden, wenn man beachtet, daß der Mond im Mittel in einer Zeiteinheit $0^{\circ}.55$ zurücklegt.

Wie kann man nun nachprüfen, daß tatsächlich unsere Erduhr und nicht der Mond unpünktlich ist? Indem man Vorgänge beobachtet und im Zeitmaß der Erddrehung aufzeichnet, von denen man a priori weiß, daß sie gleichförmig verlaufen müssen. Solche Vorgänge sind die Bewegungen nach dem Newton'schen Gravitationsgesetz. Dieses Gesetz ist nur gültig, wenn die Ortsveränderungen in einem absolut gleichförmigen Zeitmaßstab aufgetragen werden. Man nennt eine solche absolut gleichförmige Zeit daher Newton'sche Zeit oder auch Inertialzeit. Wir wissen schon, daß unser aus der Erddrehung abgeleiteter Zeitmaßstab keine Newton'sche Zeit ist. Er ist zumindest säkular gedehnt, wegen der Gezeitenreibung. Wegen der Fluktuation der Mondbewegung vermuten wir außerdem noch, daß er unregelmäßigen Dehnungen und Schrumpfungen ausgesetzt ist. Diese Schrumpfungen und Dehnungen des Zeitmaßstabes müssen sich in scheinbaren Verzögerungen und Beschleunigungen der Newton'schen Bewegungen äußern. Wir haben zur Zeit noch keine andere Möglichkeit, die Konstanz unseres Zeitmaßstabes zu überprüfen. Die Konstanz der Quarzuhren reicht hierfür nicht aus. Die Genauigkeit der Atomfrequenznormale und ihre Konstanz wird zwar ausreichend sein, diese Zeitnormale sind jedoch noch nicht lange genug verfügbar, um Abweichungen des Zeitmaßstabes mit Sicherheit erkennen zu können. Für die Überprüfung der Gleichförmigkeit unseres Zeitmaßes gegenüber der Newton'schen Zeit kommen nur rasch bewegte Körper im Sonnensystem in Frage, neben dem Mond vor allem die inneren Planeten Merkur, Venus, Erde und in nicht zu ferner Zukunft vielleicht auch Satelliten. Es zeigen sich bei allen vier Himmelskörpern Abweichungen gegenüber der Vorausberechnung, jeweils in der gleichen Richtung, jedoch mit unterschiedlichem Betrag. Wenn überall die gleiche Ursache vorliegt, so muß der Betrag der Abweichung offensichtlich proportional der mittleren Bewegungsgeschwindigkeit des betreffenden Körpers sein. Dies läßt sich gut nachprüfen. Das Ergebnis ist eine eindeutige Bestätigung der Vermutung, daß es sich um eine gemeinsame Ursache, nämlich um die Ungleichförmigkeit des den Beobachtungen zugrunde gelegten Zeitmaßstabes handelt. Und zwar findet man bei allen drei Planeten sowohl den säkularen durch Gezeitenreibung verursachten Term als auch die Fluktuationen genannten Unregelmäßigkeiten. Nur der Mond zeigt eine größere Abweichung im säkularen Term als zu erwarten. Also ist er doch unpünktlich? Wenn man so will, ja! Aber der Grund für diese Unpünktlichkeit läßt sich angeben und ist eine physikalische Notwendigkeit: Die $5^{\circ}.22$ Beschleunigung der Mondbewegung im Jahrhundert sind nur zum Teil als Spiegelbild der Verlangsamung der Erdrotation durch Gezeitenreibung zu erklären. Ein anderer Teil ist eine echte Beschleunigung des Mondes, die aus dem Satz von der Erhaltung des Drehimpulses für das System Erde-Mond folgt. Dieser Satz besagt, daß die Summe des Drehimpulses der rotierenden Erde und des um die Erde umlaufenden Mondes konstant bleiben muß. Verlangsamt also die Erde ihre Drehung infolge der bremsenden Wirkung der Gezeiten, so muß der Mond dafür zum Ausgleich schneller um die Erde umlaufen. Wir finden übrigens denselben Satz von der Erhaltung des Drehimpulses von einem Eiskunstläufer angewandt, der eine Pirouette dreht oder auch bei einer Katze, die es bekanntlich versteht, immer auf die Beine zu fallen.

Wegen der Ungleichförmigkeit unseres Zeitmaßes, das aus der Drehung der Erde abgeleitet ist, müssen wir an unsere mittlere Zeit Korrekturen anbringen, um sie in ein gleichförmiges Zeitmaß, in die sogenannte „Ephemeridenzeit“, zu verwandeln. Es gibt keine Möglichkeit, die Beziehung zwischen der aus der Erdrotation folgenden ungleichförmigen Zeit und der gleichförmigen Newton'schen Zeit, nach der sich die

Bewegungen im Sonnensystem vollziehen, theoretisch anzugeben. So bleibt nichts anderes übrig, als diese Beziehungen empirisch zu ermitteln. Dies geschieht zur Zeit noch am besten durch Mondbeobachtungen und deren Ausgleich mit den vorausberechneten Werten. Bei der Vorausberechnung wird die Brown'sche Theorie – ohne das empirische Sinusglied – zugrunde gelegt und der Betrag von $5''.22$ Gezeitenbeschleunigung angebracht. Die dann übrigbleibende Differenz minus Beobachtung ist der Betrag B der Fluktuation. Zur Berechnung der Korrektur der mittleren Zeit auf Ephemeridenzeit wird zunächst die Korrektur $\Delta \lambda \odot$ berechnet, die an die Länge der mittleren Sonne in der Ekliptik anzubringen ist. Dabei ist die mittlere Länge zugrunde gelegt, wie sie sich aus der Newcomb'schen Theorie der Bewegung der Erde um die Sonne ergibt.

$$\Delta \lambda \odot = 1''.00 + 2''.97 T + 1''.23 T^2 + 0.0748040 B$$

T ist hierbei die Zeit, in julianischen Jahrhunderten ab 1900 gezählt. Der Faktor von T ist eine Verbesserung der Jahreslänge gegenüber der Newcomb'schen Theorie, wie sie sich aus einer Neudiskussion der Sonnenbeobachtungen durch Spencer Jones ergab, die auch die Verbesserung des Nullpunktes der Zählung um $1''.00$ liefert. Der Faktor von T^2 ist die von der Gezeitenreibung herrührende sekuläre Beschleunigung, wie sie aus Sonnenbeobachtungen sowie aus Beobachtungen von Merkur und Venus erhalten wurde. Dieser Faktor enthält also den reinen Gezeiteneffekt und nicht auch noch die von der Erhaltung des Drehimpulses herrührende Komponente, wie sie nur beim Mond auftritt. Der Faktor, mit dem die Fluktuation B multipliziert erscheint, ist das Verhältnis der mittleren Bewegung der Sonne zu der des Mondes, da die Fluktuationen B sich ja zunächst auf die Mondbewegungen beziehen. Da die mittlere Länge der Sonne in 24 349 480 Zeitsekunden um eine Bogensekunde wächst, brauchen wir die Faktoren der obigen Gleichung nur mit diesem Wert zu multiplizieren, um die gesuchte Korrektur Δt zu erhalten, die an die mittlere Sonnenzeit angebracht werden muß, um Ephemeridenzeit zu erhalten:

$$\Delta t = 24s.349 + 72s.318 T + 29s.950 T^2 + 1.82144 B$$

Die so ermittelten Werte Δt werden im Sinne einer Korrektur an die beobachtete Weltzeit angebracht, und damit wird die Ephemeridenzeit erhalten. Es ist also

$$EZ = WZ + \Delta t$$

Wegen der Fluktuationen B läßt sich die Ephemeridenzeit nicht im voraus berechnen. Es kann nur eine kurzfristige und ungenaue Extrapolation gegeben werden.

Die Ermittlung der B kann nur empirisch geschehen, indem genaue Mondbeobachtungen mit der Mondtheorie verglichen werden. Hierfür kommen im wesentlichen drei Verfahren in Frage: Die Beobachtung von Sternbedeckungen durch den Mond, die Mondortsbestimmungen mit der Markowitzkamera und die Beobachtung von Sonnenfinsternissen. Die Beobachtung des Mondes mit dem Meridiankreis ist zu ungenau und enthält systematische Fehler. Das Verfahren der Sternbedeckungen steht noch immer an der Spitze der Methoden. Es verlangt ein Minimum an Instrumentalaufwand, so daß sehr viele Beobachtungen an sehr vielen Orten angestellt werden können. Es tut sich hier ein fruchtbares Betätigungsfeld für den Liebhaberastronomen auf, und Herr Dr. Ahnert hat Ihnen ja bereits in seinem gestrigen Vortrag Ratschläge gegeben, wie Sie sich an diesen wichtigen Beobachtungen beteiligen können. Die einzelne Beobachtung ist zwar wenig genau, insbesondere wegen des nicht hinreichend gut bekannten Randprofils des Mondes und wegen systematischer Auffassungsfehler. Im Mittel aus Hunderten von Beobachtungen von Dutzenden von Beobachtern bügeln sich diese Fehler aber weitgehend aus, so daß die Sternbedeckungen nach wie vor eine hervorragende Rolle für die Mondortsbestimmung spielen.

Ganz unvergleichlich viel aufwendiger sind die Beobachtungen mit der Markowitzkamera. Sie verlangen zunächst ein Fernrohr von mindestens 10 Zoll Öffnung und

etwa 5 m Brennweite und eine Spezialkamera, die die Bewegung des Mondes gegenüber den Sternen zu kompensieren gestattet. Die Ausmessung und Reduktion der Aufnahmen ist ein äußerst mühsames Geschäft, das sogar die Leistungsfähigkeit des großen amerikanischen Marineobservatoriums in Washington etwas zu überfordern scheint. Jedenfalls ist Washington mit der versprochenen zentralen Reduktionsarbeit der auf den etwa 20 Sternwarten mit Markowitz-Kameras gewonnenen Mondaufnahmen noch ziemlich im Rückstand. Die meisten Sternwarten hatten eine Beteiligung an dem Programm nur unter der Bedingung übernommen, daß sie mit den Reduktionsarbeiten nicht belastet werden.

Was schließlich die dritte Methode der Bestimmung von Mondörtern hoher Genauigkeit anbelangt, so besteht sie in der zeitlichen Erfassung der inneren Kontakte von totalen Sonnenfinsternissen. Da die äußeren Kontakte sich nicht mit der genügenden Genauigkeit festlegen lassen, sind partielle Sonnenfinsternisse für diesen Zweck ungeeignet. Die Beschränkung auf die totalen Verfinsterungen macht die Methode wegen der Seltenheit und Entlegenheit dieser Ereignisse ziemlich bedeutungslos für die Mondortsbestimmung. Eine gewisse Bedeutung schienen die totalen Sonnenfinsternisse vor etwa 20 Jahren für die geodätische Verbindung der Kontinente zu erlangen, doch sind sie auch hierfür durch die Sputniks wieder in den Hintergrund gedrängt worden.

Wir haben uns bisher nur mit den langfristigen Änderungen der Rotationszeit der Erde, den regelmäßigen und den unregelmäßigen, befaßt. Wir haben gesehen, daß sie, soweit sie regelmäßiger Natur sind, vorausberechnet werden können. Die unregelmäßigen Änderungen, die als Fluktuationen bezeichnet werden, müssen empirisch aus Mondbeobachtungen bestimmt werden. Daher kann die Beziehung zwischen Weltzeit und Ephemeridenzeit immer erst *post festum* angegeben werden. Im voraus läßt sich Δt nur genähert schätzen. Dies kommt in der Tabelle der Δt zum Ausdruck, die in den Jahrbüchern und auch im Kalender für Sternfreunde abgedruckt ist. Im Nautical Almanac Office wird die Abteilung der Δt zentral für die ganze Erde von Frau Sadler bearbeitet.

Der Vollständigkeit halber müssen wir noch erwähnen, daß es neben diesen langfristigen Änderungen in der Drehgeschwindigkeit der Erde auch kurzfristige, periodisch wechselnde gibt. Die Periodenlänge ist die Jahresdauer. Ihre Ursache ist wohl in jahreszeitlichen meteorologischen Effekten zu suchen. Die Tageslänge ändert sich hierbei ebenfalls nur um den Betrag einer Millisekunde, wie das auch bei den langfristigen Änderungen der Fall ist. Der Unterschied ist nur der, daß die Aufsummierung im Laufe eines halben Jahres nur zu Beträgen führt, die so gering sind, daß sie an Mond- oder Planetenbeobachtungen nicht wahrgenommen werden können. Ihre Entdeckung gelang daher auch erst, als durch die Quarzuhren ein Zeitmaßstab von genügender Gleichförmigkeit zur Verfügung stand. Leider reicht, wie erwähnt, die Konstanz dieser Uhren nicht aus, um die langfristigen Rotationsschwankungen der Erde unter Kontrolle zu halten. Hier werden voraussichtlich die Atomfrequenznormale einen geeigneten Maßstab abgeben, der als physikalische Zeit bezeichnet wird. Zur Zeit reicht die technische Beherrschung dieser Normale zur Definition eines physikalischen Zeitmaßstabes noch nicht aus, doch ist es sicher, daß die Entwicklung in dieser Richtung gehen wird. Dann wird die Sekunde in ähnlicher Weise durch Anschluß an eine Spektrallinie definiert werden, wie das für die Längeneinheit bereits 1960 durch internationalen Beschluß durch Anschluß an die gelbgrüne Kryptonlinie geschehen ist. Von sehr großem Interesse wird sein, ob die so definierte physikalische Atomzeit mit der Ephemeridenzeit im Maßstab auch über längere Zeit übereinstimmen wird. Nach neueren Erkenntnissen ist es wahrscheinlich, daß die Gravitationskonstante mit der Zeit veränderlich ist. Damit müßte auch die Ephemeridenzeit eine solche Abhängigkeit zeigen, und die Newton'sche Zeit oder Inertialzeit wäre eine reine Fiktion. Über diese Frage wird jedoch erst frühestens in einigen Jahrzehnten entschieden werden können.

Vorerst muß die Definition der physikalischen Zeiteinheit an die Ephemeridenzeit angehängt werden, und zwar wird sie als der 31556925.9747te Teil des Tropischen Jahres 1900 definiert. Aber auch nach Definition der Sekunde im Anschluß an eine Atomfrequenz wird die Beziehung zu der Drehung und Bewegung der Erde von großem Interesse bleiben, denn unsere Gebrauchsuhr und Kalender, aber auch die Präzisionsuhren der Astronomen werden immer an die Tages- und Jahreslänge angeschlossen bleiben. Es wird also neben einer physikalischen immer eine astronomische Zeit geben. Nur müssen wir uns darüber im klaren sein, daß diese astronomische Zeit eine ungleichförmige Zeit ist, wenn auch der Durchschnittsverbraucher nichts davon merkt.

Wir kommen also zu dem Ergebnis, daß nicht der Mond, sondern viel eher unsere Erde als unpünktlich bezeichnet werden muß. Wir tun also unserem guten Mond unrecht, wenn wir von einer falsch gehenden Uhr sagen, sie geht „nach dem Mond“.

Die Physikergeneration der Zukunft, die über vervollkommnete Atomfrequenznormale verfügen wird, wird von den Uhren der Astronomen vielleicht einmal mit ähnlicher Verächtlichkeit, jedenfalls mit größerer Berechtigung, sagen: „Ach, Eure Uhren gehen ja nach der Erde!“

Vortrag auf der VI. Zentraßen Tagung für Astronomie des Deutschen Kulturbundes am 15. und 16. Juni 1963 in Dresden. Andere Vorträge dieser Tagung werden in den nächsten Heften abgedruckt.

Bestimmung des Durchmessers von Mond-Ringgebirgen mit einfachen Mitteln

Dipl.-Phys. ALFRED SUCKOW

Mancher Sternenfreund findet am bloßen Schauen seine tiefe innere Befriedigung, mancher versucht, je nach Ausrüstung, das Gesehene zu skizzieren oder gar zu fotografieren oder versucht sich an einfachen Rechnungen. Im folgenden soll der Amateur an eine — keinesfalls neue — Möglichkeit erinnert werden, mit einfachen Mitteln den Durchmesser von kreisförmigen Objekten auf dem Mond mit einer für den Sternliebhaber ausreichenden Genauigkeit zu bestimmen. Dabei sollen die überaus komplizierten Bahnbewegungen des Mondes und alle sich daraus für die Rechnung ergebenden Folgerungen unberücksichtigt bleiben.

Eine Wallebene auf dem Mond, die den Durchmesser $D = AB$ besitzt, erscheint einem irdischen Beobachter unter dem sehr kleinen Winkel α im Abstand r . (Abb.).

Wegen der Kleinheit des Winkels α und der sehr großen Entfernung des Mondes läßt sich der Durchmesser einfach mit Hilfe der ebenen Trigonometrie durch die Beziehung

$$D = r \cdot \tan \alpha \approx r \cdot \sin \alpha$$

angeben. Der rechte Winkel in dem Dreieck, das durch die beiden Sehstrahlen und den Durchmesser gebildet wird, kann nämlich bei A als auch bei B befindlich aufgefaßt werden. Für alle bei uns auftretenden Winkel besteht zwischen ihren sin- und tan-Werten praktisch völlige Identität. Zur Berechnung des gesuchten Durchmessers z. B. nach $D = r \cdot \tan \alpha$ läßt sich die Entfernung r des Mondes von der Erde für jede Stunde des Jahres sehr bequem aus dem „Kalender für Sternfreunde“ interpolieren. Um den Winkel α zu bestimmen, erinnert man sich an folgende Tatsache:

Das Fixsterngewölbe beschreibt etwa in 24 Stunden – einem Sterntag – scheinbar einen Kreis um einen im Mittelpunkt stehenden Beobachter in Ebenen, die zum Himmelsäquator parallel liegen. Ein direkt in der Ebene des Himmelsäquators befindlicher Stern rotiert also in $24\text{h} \triangleq 360^\circ$ oder in $1\text{s} \triangleq 15''$. Der Stern bewegt sich in der Zeit von einer Sekunde gerade um 15 Bogensekunden vorwärts. Zu einem zweiten Stern auf dem Himmelsäquator läßt sich demnach leicht die Rektaszensionsdifferenz angeben. Man stoppt die Zeit in Sekunden, die zwischen dem Durchgang der beiden Sterne durch die Mitte des Fernrohrsichtsfeldes (Fadenkreuz!) vergeht, und multipliziert diese mit 15. Das gibt die gesuchte Differenz in R.A. in Bogensekunden. Sterne mit von null verschiedener Deklination beschreiben in 24 h ebenfalls eine volle Umdrehung, haben aber, wie Abbildung zeigt, in dieser Zeit scheinbar einen kürzeren Weg zurückzulegen. Ihnen bekannt ist die Tatsache, daß der Polarstern vom Himmelspol etwa 1° entfernt ist, aber scheinbar an der täglichen Drehung des Himmelsgewölbes nicht teilzunehmen scheint. Allgemein gilt für Sonne und Fixsterne:

$$(1) \alpha (") = 15 \cdot t(s) \cdot \cos \delta$$

In Worten: Multiplikation der beobachteten Durchgangszeit t in Sekunden mit 15 und mit $\cos \delta$ (δ = Deklination) ergibt den Winkeldurchmesser in Bogensekunden.

An dieser täglichen Rotation des Sternhimmels bildet der Mond keine Ausnahme. Allerdings bewirkt seine schnelle Eigenbewegung im Mittel eine tägliche scheinbare Rückläufigkeit von etwa $13''$ in Bezug auf den Sternhimmel. Der Mond rotiert im Mittel am Himmelsäquator relativ zu einem mit der Erde fest verbundenen Beobachter:

$$\begin{aligned} &\text{in } 24\text{ h} \triangleq (360-13)^\circ = 347^\circ \\ &\text{oder } 14,46''/\text{s} \end{aligned}$$

Allgemein gilt wieder für $\delta \leq 0$ für Mondobjekte nahe dem Mittelmeridian

$$\alpha (") = 14,46''/\text{s} \cdot t(s) \cdot \cos \delta$$

In Worten: Multiplikation der gestoppten Durchgangszeit t in Sekunden mit 14,46 und $\cos \delta$ ergibt den Winkeldurchmesser eines Mondobjekts in Bogensekunden. Die Deklination δ kann wiederum für jeden Tag aus dem „Sternkalender“ entnommen werden. Liegt ein Objekt nahe dem östlichen oder westlichen Mondrand, so muß unbedingt berücksichtigt werden, daß es dem irdischen Beobachter scheinbar verkürzt erscheint. Die Wallebene mit dem wahren Durchmesser $D = AC$ erscheint unter dem Durchmesser $D^* = AB$. Man überzeugt sich leicht, daß der Winkel λ , der nichts anderes als die mittlere selenografische Länge des Objekts ist, im Dreieck ABC am Eckpunkt A wieder erscheint und findet den wahren Durchmesser:

$$D = \frac{D^*}{\cos \lambda}$$

Damit lautet die Gleichung für den Winkeldurchmesser in Bogensekunden eines Mondobjekts beliebiger selenografischer Länge λ bei beliebiger Deklination δ des Mondes, berechnet aus der Durchgangszeit:

$$(2) \alpha (") = \frac{14,46''/\text{s} \cdot t(s) \cdot \cos \delta}{\cos \lambda}$$

Der gesuchte Durchmesser ist dann endgültig:

$$(3) \quad D = r \cdot \tan \left[\frac{14,46 \cdot t \cdot \cos \delta}{\cos \lambda} \right]$$

Werden r in km und t in Sekunden eingesetzt, erhält man D in km. Die mittlere selenografische Länge des Objektes läßt sich aus der bekannten Mondkarte („Beobachtungsobjekte“) von P. Ahnert auf etwa 1° genau ermitteln. In Formel (3) wird der Durchmesser als Gerade aufgefaßt. In Wirklichkeit kann aber ein auf der Mondebene stehender Mensch durchschnittlicher Größe bedingt durch die starke Krümmung der Oberfläche nur etwas mehr als zwei km weit sehen. Der dadurch bei (3) entstehende Fehler kann aber gegenüber anderen Vereinfachungen und Vernachlässigungen bedenkenlos in Kauf genommen werden. Spätestens sieht man das ein, wenn man zum ersten Mal an seinem Fernrohr okular die Durchgangszeit eines Ringgebirges zu stoppen versucht.

Die Rechnung nach Formel (3) ist nicht jedem möglich, da die benötigten $\tan$ -Werte von Zehntel zu Zehntel Sekunden im allgemeinen nur in größeren trigonometrischen Tafelwerken und auch dort nur in logarithmierter Form tabelliert sind. Hat man aber ein derartiges Buch zur Verfügung, so bietet das logarithmische Rechnen den damit Vertrauten die bekannten Vorteile.

Einen einfacheren Rechnungsgang gestattet die Benutzung der folgenden Formel: Sie ist für kleine Winkel an Genauigkeit der Berechnung nach (3) gleichwertig. Bekanntlich ist die Bogenlänge eines Kreissektors (in unserem Falle des Objektdurchmessers) gegeben durch

$$D = \frac{2 \pi r a}{360}$$

Für a in Bogensekunden ist

$$D = \frac{2 \pi \cdot r \cdot a}{360 \cdot 3600}$$

Nach Zusammenfassung aller konstanter Faktoren ist damit:

$$(4) \quad D \text{ (km)} = r \text{ (km)} \cdot a \text{ (")} \cdot 4,481 \cdot 10^{-6}$$

Der Winkel a wird wiederum nach (2) bestimmt.

Die bisherigen Rechnungen, so einfach sie sind, setzen doch bescheidene Kenntnisse in der Anwendung trigonometrischer Funktionen voraus. Diese werden oft, besonders bei älteren Sternfreunden nicht vorhanden sein. Für sie wird eine Näherungsmethode angegeben, mit deren Hilfe man ohne weiteres in der Lage ist, innerhalb erträglicher Fehlergrenzen den Objektdurchmesser auszurechnen:

Man geht aus von der Proportion:

$$\frac{\text{Durchmesser } D \text{ des Ringgebirges}}{\text{Durchgangszeit } t \text{ des Ringgebirges}} = \frac{\text{Mittlerer Durchmesser } \varnothing \text{ des Mondes}}{\text{Mittlere Durchgangszeit } \bar{t} \text{ des Mondes}}$$

woraus folgt

$$D = \frac{t \cdot \varnothing}{\bar{t}}$$

Der Quotient $\frac{\varnothing}{\bar{t}}$ wird zu einem konstanten Faktor zusammengezogen, so erhält man:

$$D \approx 26,95 \left[\frac{\text{km}}{\text{s}} \right] \cdot t \text{ (s)}$$

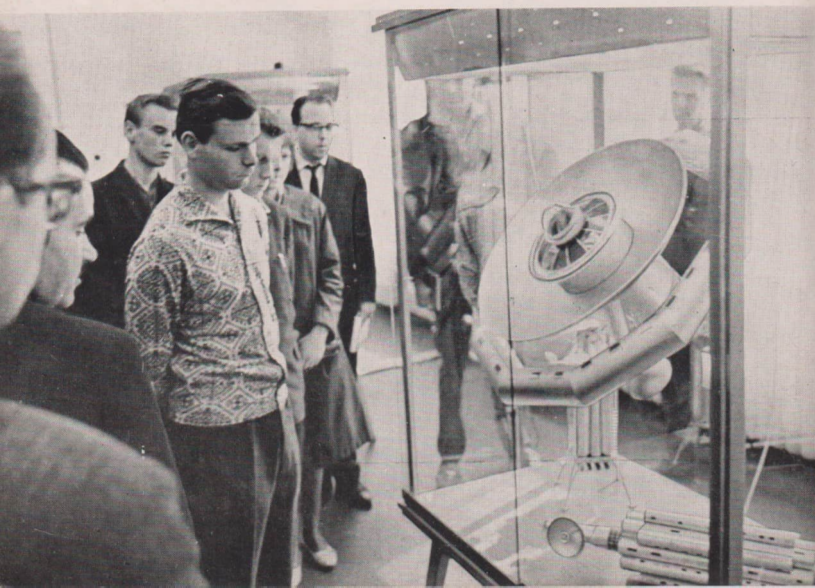
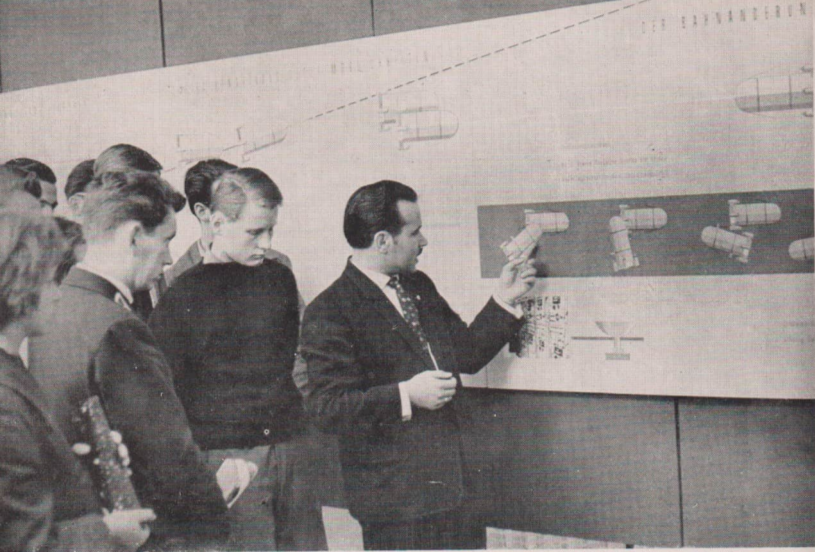
woraus sich D in km ergibt. Es empfiehlt sich, am Ergebnis eine einfache Korrektur anzubringen, die die unterschiedliche Entfernung r des Mondes berücksichtigt. Ist r zur Zeit der Messung größer als die mittlere Entfernung $r = 384\,400$ km, so sind die

Ausstellung über die Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt

Am 26. Juni wurde im Zentralen Haus der Deutsch-Sowjetischen Freundschaft in Berlin, Unter den Linden, eine Ausstellung eröffnet, die einen sehr interessanten Überblick über die Entwicklung der sowjetischen Weltraumfahrt gibt. Die Ausstellung ist methodisch gut gestaltet, so daß sie auch dem Laien einen leicht verständlichen Einblick in die Grundlagen und Probleme der Raketentechnik und Astronautik gibt.

Die Ausstellung wurde von Frau Ilse Rodenberg, Intendantin des Theaters der Freundschaft, eröffnet. Die Führung durch die Ausstellung gestaltete Karl-Heinz Neumann. Die Ausstellung wurde bis Mitte September 1963 im Hause Unter den Linden einem möglichst großen Besucherkreis zugänglich gemacht. Wir bringen nachstehend einige Bilder aus der Ausstellung.

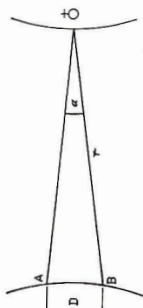




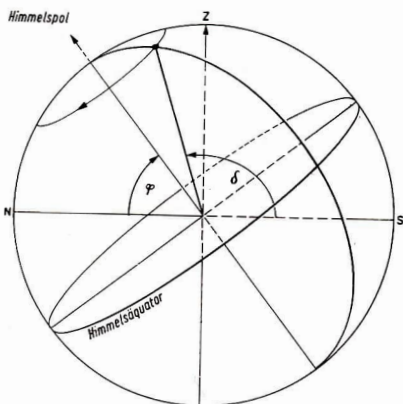


**Transport und Montage des kombinierten
Nasmyth-Newton-Teleskopes in Jonsdorf**

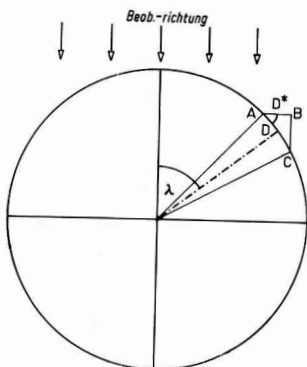




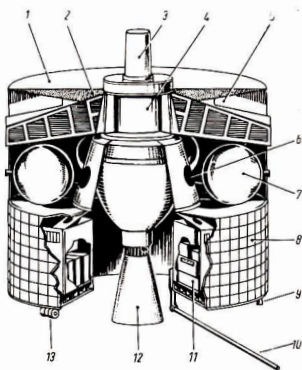
Mondkrater von der Erde
aus betrachtet



Scheinbare Bewegung eines Fixsterns



Randverkürzung eines Mondobjektes



Syncom

gemessenen Durchgangszeiten zu klein gegenüber denen, die sich bei mittlerer Entfernung ergäben und umgekehrt. Wegen der Proportionalität zwischen Winkeldurchmesser des Objektes (Durchgangszeit) und Abstand des Mondes von der Erde wird das Ergebnis genauer, wenn man es mit einem Faktor

$$F = \frac{r}{r} = \frac{r}{384\,000} \text{ multipliziert.}$$

Man überzeugt sich leicht, daß der Einfluß des Quotienten r/r auf das Ergebnis wächst, je weiter oder je näher der Mond zur mittleren Entfernung steht. Damit lautet die endgültige Näherungsgleichung:

(4)	$D \text{ [km]} = 26,95 \left[\frac{\text{km}}{\text{s}} \right] \cdot t \text{ [s]} \cdot F$	oder zusammengefaßt:
(5)	$D \text{ [km]} = 0,000\,0701 \cdot t \text{ [s]} \cdot r \text{ [km]}$	

Sie gibt für Mondobjekte innerhalb der selenografischen Länge von etwa $\pm 10^\circ$ durchaus brauchbare Werte, sofern sich der Trabant in der Deklination nicht weiter als etwa $\pm 10^\circ$ vom Himmelsäquator entfernt hat. Für Objekte außerhalb der angegebenen Längengrenzen läßt sich der wahre Durchmesser – wenn man die Rechnung vermeiden will – leicht mit Hilfe einer maßstäblichen Zeichnung ermitteln (Abb.).

An 26 Objekten wurde nach Gleichung (3) eine Durchmesserbestimmung versucht. Die Beobachtungen wurden sämtlich mit dem Zeiss-Refraktor 63/840, davon die ersten sechs mit $V=140\times$, die übrigen mit $V=84\times$ vorgenommen. Die Luftruhe war an keinem Beobachtungstage besser als mittelmäßig. Da bei den ersten sechs Objekten das Zeiss-Strichkreuz noch nicht zur Verfügung stand, wurde die Durchgangszeit an der seitlichen Gesichtsfeldbegrenzung bestimmt. In Ermangelung eines festen Aufstellungsortes wurde das Fernrohr jeweils vor den Messungen im freien Gelände nach dem Polarstern genähert parallaktisch ausgerichtet. Sämtliche Zeitbestimmungen wurden nach den Fünftelsekundenschlägen einer gewöhnlichen Armbanduhr vorgenommen. Zur Identifizierung der Objekte diente die bekannte kleine Mond-Übersichtskarte von P. Ahnert, die sich wegen ihrer übersichtlichen Darstellung, der Vermeidung aller unwesentlichen Details, im Freien bei dunklem Rotlicht vorzüglich bewährte (Achtung! Der Krater „Geminus“ am NW-Rand ist dort versehentlich mit „Bernouilli“ bezeichnet.).

Für jedes Objekt wurde für die Durchgangszeit t das arithmetische Mittel aus mehreren, mindestens 10 Einzelmessungen eingesetzt. Von Interesse ist die erreichte Genauigkeit. Sie ist als relative Abweichung zu den Durchmesserangaben von Sadil dargestellt. Die mittlere Abweichung für alle 26 Messungen ist besser als 7 Prozent. Man beachte, daß die Angaben von Fachastronomen für dasselbe Objekt zum Teil beträchtlich differieren, bei Maginus 13 Prozent, Ptolemäus 14 Prozent, Stöfler 12 Prozent und bei Timocharis sogar um 50 Prozent. Da bei letzterem der wahre Durchmesser derart „unsicher“ zu sein scheint, sind die gemessenen 35 Prozent Fehler nicht in die Bildung des gesamten mittleren Fehlers einbezogen.

Die Differenzen unter den Angaben der Astronomen sind zweifellos keinesfalls das Ergebnis von ungenauem Messen, sondern darauf zurückzuführen, daß eine Wallebene im allgemeinen von der übrigen Mondfläche nicht scharf abzugrenzen ist. Eine absolute Abweichung von z. B. 10 km in der Durchmesserbestimmung einer riesigen Wallebene fällt für den Amateur wohl kaum ins Gewicht, wirkt sich aber als relativer Fehler (in Prozent) bei einem kleinen Krater verheerend aus. Als Beispiel ist für den Krater

Aristillus — der im statistischen Zufall zu 0 Prozent Fehler bestimmt wurde — der Durchmesser ausgerechnet, der sich ergäbe, wenn die Anzahl der Fünftelsekunden-schläge nur um einen mehr oder weniger gemessen worden wäre. Es lohnt sich also, bei kleinen Objekten besondere Sorgfalt walten zu lassen. Die Näherung (4) auf Aristillus angewendet, liefert den Wert: $D \approx 57 \text{ km}$.

Ein Wort sei der Rechentchnik gewidmet. Einem Trugschluß fällt der Laie oft zum Opfer, wenn er glaubt, die Meßgenauigkeit steige mit der Anzahl der nach dem Komma angegebenen Stellen. Andererseits ist es ebenso falsch, durch großzügige Abrundungen von Stellen den Meßfehler zu vergrößern. (Nicht ohne Grund geben wohl die Astronomen bei den Durchmessern von Mondobjekten keine Kommastelle an). Für unsere Rechnungen sollte man höchstens noch eine Dezimale über die durch die Messung „garantierten“ Stellen hinaus als Sicherheitsstelle berücksichtigen.

Diese Darstellung soll keinesfalls als eine Ermutigung aufgefaßt werden, physikalische Gesetze zu mißachten, oder gar den Amateur veranlassen, unbekümmert und mit Schneid Probleme „bearbeiten“ zu wollen, die nicht für seine bescheidenen Mittel bestimmt sein können.

Man vergegenwärtige sich aber die Leistungsfähigkeit eines kleinen Fernrohres, die es dem Sternliebhaber gestattet, ein außerirdisches Objekt in einer Entfernung von mehr als einer Viertel Million Kilometern messend mit einer Genauigkeit zu erfassen, die seinen Ansprüchen völlig genügt.

Abbildungen siehe auf der Kunstdruck-Beilage

Literatur:

AHNERT	„Beobachtungsobjekte für Liebhaberastronomen“	Leipzig 1961
AHNERT	„Kalender für Sternfreunde“	Leipzig 1962
GRAFF-LAMBRECHT	„Grundriß der Astrophysik“ Bd. II	Leipzig 1962
KLEPESTA-LUKES	„Mondkarten“	Prag 1959
SADIL	„Blickpunkt Mond“	Berlin - Leipzig - Jena 1962
	„Siebenstellige Logarithmische u. Trigonometrische Tafeln“	Berlin 1956

Die fernen Milchstraßensysteme, in der Fachsprache des Astronomen Galaxien genannt, befinden sich in außerordentlich großer Entfernung von der Erde. Die der Erde benachbarte Welteninsel, der Andromedanebel, ist bereits 1,5 Millionen Lichtjahre von der Erde entfernt. Die Entfernungen der weitesten heute mit der normalen Fernrohr-optik erreichbaren Systeme dieser Art belaufen sich auf mehrere Milliarden Lichtjahre. Kein Wunder, daß die moderne Technik versucht, die der normalen Lichtoptik gesetzten Grenzen zu durchbrechen, um tiefer in das Weltall vorzudringen und vor allem feinere Einzelheiten in den fernsten Weltsystemen zu erkennen.

Sowjetischen Astronomen gelang kürzlich die Erfüllung dieses Wunsches, als sie elektronenoptische Photographien von einigen fernen Galaxien gewannen. Zu diesem Zwecke wurden elektronenoptische Wandler im Brennpunkt des 2,6-m-Spiegelteleskops des Astrophysikalischen Observatoriums auf der Krim angeordnet. Es handelte sich um sogenannte Mehrkaskaden-Wandler mit alkalischen Photokathoden.

Die elektronenoptische Beobachtungsmethode, durch die die „Sehkraft“ der großen Teleskope der Astronomen bedeutend verstärkt wird, verfolgte das Ziel, den leuchtenden Wasserstoff, der sich im gasförmigen Zustand befindet, in diesen fernen Galaxien eingehend zu studieren. Alle Galaxien wurden mit vier Filtern photographiert, von denen zwei in einem schmalen und die anderen zwei in einem breiten Wellenlängenbereich arbeiteten.

Es wurde festgestellt, daß eine starke Konzentration des leuchtenden Wasserstoffs in der Äquatorebene der Welteninseln vorhanden ist. Im zentralen Teil, dem eigentlichen Kern der Welteninseln, stellte man ebenfalls solche Kondensationen fest. Die Beobachtungen des leuchtenden Wasserstoffs werden auf elektronenoptischem Wege fortgesetzt, weil diese Erscheinung in direktem Zusammenhang zu den Prozessen der Sternbildung und der gesamten Entwicklung der Galaxis steht.

Die Ökosphäre veränderlicher Sterne

KARL-HEINZ NEUMANN

Unter der Ökosphäre einer Sonne versteht man den Raum, in dem durch die Strahlung auf der Oberfläche eines in diesem Raum sich bewegenden Planeten Temperaturen erzeugt werden, die die Entwicklung und Existenz von belebten Organismen aus Eiweißverbindungen ermöglichen. Gewöhnlich wählt man dabei als Grenzen der Temperatur $+80^{\circ}$ und -70°C . Die Ökosphäre unseres Sonnensystems umfaßt den Raum von der Venusbahn bis etwas über die Bahn des Planeten Mars hinaus, also weniger als 4 Prozent der Entfernung bis zum äußersten Planeten Pluto. In diesem Raum beträgt die pro cm^2 und min auffallende Strahlungsenergie 4 bis 0,5 cal, und die Beleuchtungsstärke reicht von 300 000 bis 40 000 lux. Für die Erddistanz betragen diese Werte rund 2 cal/ cm^2/min und 100 000 lux. In unserem Planetensystem befindet sich die Erde in dem für die Entwicklung und für die Existenz von Lebensformen günstigsten Bereich der Ökosphäre.

Jan Godomski vom Astronomischen Observatorium der Universität Warschau beschäftigte sich mit Untersuchungen über die Ökosphäre anderer Sterne. Beim XI. Internationalen Astronautischen Kongreß in Stockholm trug er die Ergebnisse einer Arbeit über die Ökosphären veränderlicher Sterne vor. Er beschränkte sich bei seinen Betrachtungen auf die physischen Veränderlichen. Die Änderungen der Helligkeiten sind von Änderungen des Spektrums begleitet, aus denen man die Schwankungen der Oberflächentemperatur des Sternes berechnen kann. Diese erzeugen ein Pulsieren der Ökosphäre, die sich bei Temperaturzunahme von dem Stern entfernt und in ihrer Ausdehnung zunimmt, während sie sich bei Temperaturabnahme dem Stern nähert und in ihrer Dicke abnimmt. Die Veränderungen gehen mitunter sehr rasch vor sich. Jan Godomski berechnete für 406 helle Pulsationssterne, bei denen die Änderung des Spektraltyps bekannt ist, die Schwankungen der Ökosphäre. In Tabelle 1 sind für einige typische Pulsationssterne die interessierenden Werte angegeben.

Tabelle 1

Sterntyp	N	m-M	P	T_M	T_m	Spektrum
Langperiod. Cepheiden	18	1m,0	11d,3	+ 31°	— 29°	F-K
S Cephei	128	1m,1	2d,7	+ 30°	— 46°	F-G
W Virginis	11	1m,1	8d,3	+ 49°	— 29°	F-G
Unregelmäßige	6	1m,3	—	— 92°	—117°	G-M
Mira	155	6m,1	298d,3	—133°	—143°	M
RR Lyrae	32	1m,1	0d,5	+194°	— 88°	F-F
RV Tauri	21	2m,4	84d,0	— 2°	— 62°	G-K

Hier bedeuten N die Zahl der untersuchten Sterne, m-M die mittlere Amplitude der Helligkeitsänderung, P die mittlere Periode des Lichtwechsels, T_M die für einen Planeten in Erdbstand berechnete mittlere Temperatur im Helligkeitsmaximum, und T_m die für einen Planeten in Erdbstand mittlere Temperatur im Helligkeitsminimum.

Die durchschnittlichen Änderungen der Oberflächentemperaturen der Pulsationssterne betragen rund 1000°. Um ein Bild von dem Einfluß der Temperaturveränderungen auf verschieden weit entfernte Planeten zu bekommen, sind in Tabelle 2 die für die Planeten unseres Sonnensystems auftretenden Änderungen der mittleren Temperatur gegeben, wenn ein physischer veränderlicher mit rund 1000° Temperaturschwankungen an Stelle unserer Sonne stehen würde.

Für die Erde wäre eine Änderung der mittleren Temperatur um 48° mit einem Pulsieren der Ökosphäre um das Doppelte ihrer Ausdehnung gleichbedeutend.

Extreme Verhältnisse finden wir bei dem Stern AC Herculis, einem RV-Tauri-Veränderlichen, mit 754,5 Periode und einer Schwankung der Oberflächentemperatur von 3750 bis 7050°. Für die Erde würde in diesem Fall die mittlere Temperatur zwischen + 67° und - 92°C variieren.

Vom Beispiel der Erde wissen wir, daß die Entwicklung von Leben auf der Oberfläche eines Planeten seinen Aufenthalt in der zentralen Zone der Ökosphäre für etwa eine Milliarde Jahre erfordert. Man muß deshalb die Schlussfolgerung ziehen, daß auf evtl. vorhandenen Planeten von physischen Veränderlichen kein Leben entstanden sein kann.

Noch extremere Verhältnisse finden wir bei den eruptiven Sternen, bei Novaähnlichen, bei Novae und bei Supernovae. Die Helligkeit der Sterne dieser Klasse wächst in wenigen Tagen um das Tausend- bis Millionenfache an, was einen Temperaturzuwachs von vielen hundert Prozent gleichkommt. Bei der Existenz von Lebensformen auf der Oberfläche eines Planeten eines derartigen Sterns würde ein Ausbruch zur völligen Vernichtung aller Lebewesen führen. Von der Erde wissen wir, daß schon geringfügige Änderungen der mittleren Temperatur einen sehr deutlichen Einfluß auf das Klima haben, wobei wir nur an die Eiszeiten zu denken brauchen.

Tabelle 2

Planet	E in astr. Einh.	$T_M - T_m$
Merkur	0,387	78°
Venus	0,723	61°
Erde	1,000	48°
Mars	1,524	39°
Jupiter	5,203	21°
Saturn	9,539	16°
Uranus	19,191	11°
Neptun	30,071	9°
Pluto	39,458	8°

Amateure beobachten und berichten

Volksternwarte Jonsdorf

Die kleine, 2500 Einwohner zählende Gemeinde Jonsdorf, ein Luftkurort im Lausitzer Gebirge, besitzt eine starke Ortsgruppe des Deutschen Kulturbundes. Sie vereinigt über 200 Mitglieder in verschiedenen Arbeitsgemeinschaften. Ihre jüngste Arbeitsgemeinschaft „Sternenfreunde“ wurde 1959 gegründet und fand durch die Erfolge der sowjetischen Raumfahrt bald starken Anhang.

Bereits 1959 stellte der Gründer dieser Fachgruppe, Johannes Ziegler, ein begeisterter Liebhaberastronom, an den Rat der Gemeinde den Antrag, beim Bau einer Sternwarte behilflich zu sein.

Der Aufbau sollte im Nationalen Aufbauwerk durchgeführt werden und war einschließlich Gerät mit 12 000 DM veranschlagt. Den Entwurf und die Baupläne lieferte als NAW-Beitrag der Sternfreund Jakob Fiedler, Architekt.

Die Gemeinde hat das Unternehmen tatkräftig unterstützt und schöpfte die Mittel aus dem NAW-Fonds der Gemeinde, der NAW-Tombola und sonstigen Spenden.

Die Mitglieder der Ortsgruppe begannen im September 1960, die Steine für die Fundamente zu brechen, überall nach ungenutzten Reserven auszuschauen, verdorbene Ziegelbrände zu durchstöbern und Kräfte zu mobilisieren, die helfen konnten.

Die ganze Gemeinde nahm Anteil an dem Vorhaben. In dem Mitglied des Zentralen Forschungsausschusses Astronomie, Dipl.-Astronom Erich Bartel, Jena, einem persönlichen Freund unseres leider zu früh verstorbenen Bundesfreundes Ziegler, fanden wir einen treuen Berater und einen uneigennütigen Helfer für unser Projekt.

Im Oktober 1960 gab das Kreisbauamt die Baugenehmigung, und bis Ende November war das Fundament unserer Sternwarte in 265 NAW-Stunden fertiggestellt. In den Monaten Mai bis September 1961 erfolgte der Ausbau der Sternwarte.

Es ist ein 8 m langer und 4 m breiter Bau, der ein Arbeitszimmer (4×4 m) und einen 90 cm höher gelegenen Beobachtungsraum (4×4 m) einschließt. Das halbe Dach ist über eine Pergola nach Norden ausfahrbar.

An den NAW-Einsätzen beteiligten sich 60 Erwachsene und einige Schulklassen. Mehrere Großeinsätze wurden durchgeführt. Betriebe stellten uns Fahrzeuge, entbehrliches Material und Fachleute zur Verfügung. Die Handwerksbetriebe des Ortes und einige Gewerbetreibende halfen mit ihren Mitteln am Aufbau der Sternwarte. Die Gemeinde stellte uns für eine bestimmte Zeit einen Maurer und einen Handlanger frei.

Ein acht Mann starkes Arbeitsaktiv unserer Fachgruppe setzte sich jederzeit zielstrebig ein und war darauf bedacht, daß der Arbeitsablauf zügig und planmäßig durchgeführt werden konnte. Besonders müssen die Bundesfreunde Maschinenmeister Ernst Bauer und Gärtner Otto Gebauer hervorgehoben werden, die weit über 100 NAW-Stunden leisteten. 942 freiwillige Aufbaustunden sind die Bilanz dieses Bauabschnittes.

Ende 1961 war das Gebäude so weit fertiggestellt, daß es das Beobachtungsgerät hätte aufnehmen können. Die Fertigstellung des Instrumentes verzögerte sich jedoch um ein halbes Jahr. Es ist ein kombiniertes Gerät aus einem Nasmyth-Teleskop mit 260-mm-Spiegel und 4,5 m Brennweite, 2 Newton-Teleskopen mit 180- und 120-mm-Spiegeln und

1,2 m und 60 cm-f, einem 80-mm-Refraktor zur Sonnenbeobachtung und einer Astrokamera (13×18) mit $f = 500$ mm.

Das Instrument wurde nach den Plänen des Bundesfreundes Dipl.-Astronom Erich Bartl und mit Spiegeln aus der Werkstatt des Ing. Alfred Wilke selbst gebaut und stellt einen Wert von 50 000 DM dar.

Anfang August 1962 ist das Gerät aufgestellt worden, und am 11. und 12. August 1962 fand die Einweihung der Volkssternwarte Johnsorf in Verbindung mit der Bezirks-tagung für Astronomie des Bezirksfachausschusses Dresden des Deutschen Kulturbundes statt.

Damit wurde ein Nationales Aufbauwerk abgeschlossen, an dem sich alle Schichten unserer Einwohnerschaft beteiligten. Arbeiter und Betriebsleiter, Arzt und Architekt, Bauarbeiter und Verwaltungsangestellte, Handwerker und Ingenieur, Lehrer, Gewerbetreibender und Arbeiterveteran schufen in über 1500 Aufbaustunden ein Objekt im Gesamtwert von 70 000 DM.

WALTER FRÖHLICH

Jahresbericht der Astronomischen Arbeitsgemeinschaft Urania Jena für das Jahr 1962

Auch im Jahre 1962 war die Verbreitung wissenschaftlicher Kenntnisse auf astronomischem Gebiet die wichtigste Aufgabe der Sternwarte. Weit über 3000 Personen besuchten in der Berichtszeit die Sternwarte, darunter befanden sich 110 angemeldete Besuchergruppen, wie Schulklassen, Teilnehmer der Jugendweihe, Gruppen der Freien Deutschen Jugend, Lehrlinge, Volkshochschulgruppen, Studenten und Ingenieure. Über die Hälfte der Besucher kam von auswärts, d. h. aus allen Teilen unserer Republik; auch einzelne westdeutsche Besucher und Ausländer befanden sich darunter. Neun Gruppen von Astronomielehrern besuchten die Sternwarte zur Weiterbildung und um praktisch zu beobachten. Auch außerhalb der Sternwarte wurden einige Vorträge gehalten.

8 Mitarbeiter der Sternwarte führten in ihrer Freizeit die Führungen gern und gewissenhaft durch.

Folgende besonders hervorzuhebende astronomische Beobachtungen wurden durchgeführt:

27 Sonnenbeobachtungen

1 Sternbedeckung

1 Saturnbedeckung durch den Erdmond (4. 11. 62)

1 Beobachtung des Kometen Seki Lines (9° Schweiflänge)

Laufende Beobachtungen des Planeten Jupiter, der in der diesjährigen Opposition den roten Fleck und stark ausgeprägte wechselnde Streifungen zeigte.

Verschiedene Sternfreunde besuchten die Colloquien der Universitätssternwarte, besonders den Vortrag von Dr. Richter, Tautenburg, über die optischen Qualitäten des 2-m-Spiegelinstrumentes.

Am 7. und 8. April fuhren 17 Sternfreunde mit Bus nach Potsdam und Babelsberg, um die dortigen Sternwarten zu besichtigen. In Potsdam hielt dankenswerterweise Herr Prof. Wempe einen umfassenden und interessanten Vortrag über die Geschichte

und Aufgaben seiner Sternwarte. In Babelsberg führte uns Herr Notni durch das Institut und erläuterte dessen Forschungsprogramm. Diese Fahrt war zweifellos ein Höhepunkt in der Arbeit der Urania im Jahre 1962 und brachte den Sternfreunden viele Anregungen für die weitere Arbeit.

An Neuanschaffungen erhielt die Sternwarte zur Erhöhung ihrer Einsatzbereitschaft:

- 1 orthoskopisches Okular $f = 25$
- 1 modernen 5-teiligen Okularrevolver
- 1 Pointierungsokular

Das achromatische Objektiv 80/1200 des Protuberanzenfernrohres wurde mit T-Belag versehen. Das Fernrohr zeigt jetzt eine ausgezeichnete Bilddefinition und Auflösung auch bei schwachen Protuberanzen.

Die Zahl der aktiven Mitarbeiter der Sternwarte hat sich durch den Zuzug von einigen jugendlichen aktiven Sternfreunden erhöht, obwohl durch Wegzug aus Jena und Erfüllung der aktiven Wehrpflicht einige Sternfreunde ausscheiden mußten.

Wenn wir die Arbeit der Urania Jena im zurückliegenden Jahr überblicken, können wir mit dem Erreichten zufrieden sein. Viel ehrenamtliche Arbeit wurde im Dienste der Popularisierung astronomischer Kenntnisse, zum Unterhalt der Sternwarte und für die Fort- und Weiterbildung der Sternfreunde geleistet. Diese intensive Arbeit der Sternwarte im Jahre 1962 läßt hoffen, daß die Urania auch 1963 wieder mit Erfolgen aufwarten wird. Die Durchführung von Sternführungen und Vorträgen ist im gleichen Maße geplant wie bisher. Darüber hinaus leisten einige jüngere Sternfreunde umfangreiche Vorarbeiten für die Erstellung eines großen in die Sternwarte fest eingebauten Sonnenspektrographen, der vor allem als Lehrobjekt dienen soll. Bis auf Teile, die auf Spezialmaschinen hergestellt werden müssen, wollen die Sternfreunde alles selber bauen. Dieser Spektrograph wird eine außerordentliche Bereicherung des Instrumentariums der Sternwarte darstellen und neue Arbeitsmöglichkeiten schaffen.

HELMUT WOLF

Sonnenfleckbeobachtungen

Die folgende Sonnenbeobachtung ist ein Teil der in Gera durchgeführten. Neben dieser visuellen wird die Sonne noch durch das Projektionsverfahren beobachtet, wodurch die Lage der Flecken auf einen Vordruck mit dem $\varnothing = 105$ mm gezeichnet wird. Wir führen diese Beobachtung seit 1961 durch, leider kommen im Jahr nur wenig Daten zusammen, da alle Mitglieder der Arbeitsgemeinschaft berufstätig sind.

Astronomische Arbeitsgemeinschaft Gera

Sonnenrelativzahlen 1962

Gerät: 130/1950 Refr. AS

Methode: Visuelle Beobachtung Herschel-Prisma/Ok. $f=48$

Dat.	R	f-Typ	Dat.	R	f-Typ
1. 4.	47	A G I	22.	99	A B D E
2.	28	G I		117	
3.	31	B G	23.	62	A C D
4.	27	D G		73	
19.	80	A E G	24.	48	B D D
	79			45	
	101			47	

Dat.	R	f-Typ
26.	17	
	20	C
28.	48	A D
29.	33	A D
1. 5.	55	A A C D
20.	40	A A C C
21.	44	A C C
30.	70	A D H
31.	38	D H
5. 6.	19	C
6.	36	B B
9.	46	B C
13.	54	A A A B
14.	48	A B B
15.	46	B B
20.	62	A A B B
22.	51	A A B
23.	24	C
25.	41	A B C
27.	32	C G
3. 7.	34	A G
9.	11	H
10.	11	H
24.	17	B

Dat.	R	f-Typ
25.	14	D
25. 8.	00	
26.	00	
27.	00	
29.	27	B B
1. 9.	58	C C
1. 9.	61	C C D
2.	67	D D J
3.	83	C D E I
5.	89	A A B C E I
7.	68	A D D H
9.	32	E I
10.	31	C H
30.	47	
	45	A B C
21. 11.	23	A I
	23	A I

Beobachter:

H. MÜLLER
D. BRÜCKNER
(E. GEYER)

HARTMUT MÜLLER

Die Sonnenflecken regelmäßig zu beobachten, hat einen nicht zu unterschätzenden Erlebniswert. Die Vorgänge auf der Sonne sind unmittelbare Gegenwart, die täglichen Änderungen werden aufmerksam und mit Spannung verfolgt. Die nachfolgende Auswertung und statistische Bearbeitung vermittelt Ergebnisse, die dem Beobachter meist einige Monate früher zur Verfügung stehen als dem Leser der astronomischen Zeitschriften.

Darüber hinaus halte ich es für wertvoll, wenn die astronomische Rundschau für jedes Vierteljahr einen kurzen zusammenfassenden Bericht über die Fleckentätigkeit geben würde. Er soll vor allem auf Einzelheiten und Besonderheiten eingehen, die bei einer statistischen Bearbeitung verlorengehen und anderen Liebhabern der Sonnenbeobachtung zur Anregung dienen. Es könnte sich aus diesen Berichten ein fruchtbarer Erfahrungsaustausch ergeben.

Vom 10. bis 21. 1. konnte man sehr gut die Entwicklung einer größeren Gruppe aus einem kräftigen Einzelfleck verfolgen, die am 14. 1. ihren Höhepunkt erreichte. Bemerkenswert war dabei, daß das umgebende Fackelfeld einige Tage zuvor sehr ausgezehnt war.

Vom 1. bis 6. 2. war nochmals eine ähnliche Entwicklung einer schwächeren Gruppe zu beobachten. Bis zum 24. 2. war meist nur ein Einzelfleck sichtbar. Dann folgten bis zum 3. 3. fleckenfreie Tage. Bis Ende März war eine leichte Zunahme der Fleckentätigkeit zu verzeichnen. Die Relativzahl blieb aber stets unter 16. Bei einem mittleren Umrechnungsfaktor von $k = 2$ bedeutet dies nach der Züricher Skala, daß die Werte etwa unter $R = 30$ lagen. Die Fackelbildung in der Nähe der Gruppe war jedoch auffallend groß.

ERICH SCHUTZ

Astronomische Informationen

Optische Echos vom Mond

Wie schon früher berichtet, ist es in den USA gelungen, mit Hilfe von LASER-Strahlung optische Echos vom Mond zu erhalten. Louis D. Lumlin, und Giorgio Fiocco vom Res. Lab. of Elektronik und vom Mass. Inst. of Technology berichteten ausführlicher über diese Experimente. Verwendet wurde ein Rubin-LASER, der von der Raytheon Co. entwickelt worden war. Es wurden Impulse von jeweils 0,5 m sec Dauer auf der Wellenlänge von 6934 Å abgestrahlt. Die Impulsstärke betrug jeweils 50 Joul. Der LASER-Strahler war in einem Spiegelteleskop von 12 Zoll Öffnung (30 cm) untergebracht. Zum Empfang der vom Mond reflektierten Strahlung verwendete man ein Cassegrain-Reflektor von 48 Zoll Öffnung (120 cm). Als Empfänger im Instrument diente ein Fotoelektronenvervielfacher vom Typ S-20, der in Verbindung mit einem Interferenzfilter mit einer Halbwertsbreite von 3,5 Å verwendet wurde. Um die äußerst schwache Lichtintensität noch sicher erfassen zu können, mußte der Elektronenvervielfacher auf die Temperatur des flüssigen Stickstoffs abgekühlt werden. Das Gesichtsfeld des Empfangsteleskops machte nur 0,2 Milliradian aus. Insgesamt wurden an 3 Tagen 4 Experimente ausgeführt. Die folgende Tabelle gibt darüber Auskunft, zu welchen Zeiten die Experimente stattfanden, welche Regionen des Mondes dabei jeweils angestrahlt wurden und wie groß die Anzahl der einzelnen Blitze war. Das Empfangsteleskop befand sich in Lexington, Mass.

— TABELLE —

Datum	Zeit (EST)	Region des Mondes	Anzahl d. Blitze
9. 5. 62	21h56m — 22h07m	Albategnius 15° Süd, 8° Ost	11
10. 5. 62	21h52m — 22h34m	Kopernikus 10° Nord, 20° West	23
11. 5. 62	21h57m — 22h50m	Tycho 43° Süd, 10° West	30
11. 5. 62	22h54m — 23h15m	Longomontanus 50° Süd, 20° West	16

Nature Lond. 194 (1962) Nr. 4835, S. 1267

Radarkontakt mit dem Mars

Nachdem sowohl die Sowjetunion als auch die USA bereits mehrmals Radarkontakt mit der Venus hatten und es sowjetischen Wissenschaftlern gelungen war, vom Merkur reflektierte Radarechos zu registrieren, gelang es den Wissenschaftlern des Jet Propulsion Lab., auch mit dem äußeren Nachbarn im Weltall, dem Mars, Radarkontakt aufzunehmen. Die Experimente begannen am 21. Januar 1963 und wurden bis Anfang März fortgeführt. Es handelte sich also um den Zeitpunkt der Opposition von

Mars. Als Strahler wurde das 25-m-Radioteleskop der Station Goldstone eingesetzt. Man verwendete eine Frequenz von 2388 MHz. Der Sender hatte eine Leistung von 100 kW. Mit Hilfe des Parabolreflektors gelang es, den abgehenden Strahl bis auf 0,3° Winkelausdehnung zu bündeln. Dabei betrug die effektive Strahlungsleistung 25 · 10⁹ Watt. Davon erreichte etwa 1 W den Mars. Nur 5 Prozent davon wurden von der Oberfläche dieses Planeten reflektiert. Die gleiche Antenne diente auch als Empfänger. Das empfangene Signal betrug effektiv nur 10⁻²¹ W. Während der Opposition des Mars betrug die Laufzeit der Signale etwa 11,1 Minuten. Eine erste Analyse zeigte, daß die Signalstärke der reflektierten Signale nur 2–20 Prozent der maximal möglichen Stärke der reflektierten Signale ausmacht. Das bedeutet, daß der Reflektionskoeffizient des Mars für diese elektromagnetische Strahlung im Bereich zwischen 2–20 Prozent liegt. Man konnte die Schlußfolgerung ziehen, daß die Oberfläche vom Mars sowohl glatte, also sehr ebene, als auch rauhe, also wahrscheinlich gebirgige Oberflächendetails aufweisen muß. Er ist aber im Vergleich zu unserem Mond ein besserer Radarreflektor, dagegen erreicht seine Reflektionsfähigkeit nicht die der Venus. Inzwischen gelang es auch der UdSSR, Radarkontakt mit dem Mars aufzunehmen. (Anmerkung der Redaktion.)

Aviat. week a. space techn. Vol. 78 (1962) Nr. 8, S. 39

Direkte Messungen des kosmischen Staubes in der Nähe der Erde

H. E. Lagow und W. M. Alexander berichten in einer Arbeit über die Auswertung der Messungen von Mikrometeoriten mit Hilfe des amerikanischen Erdsatelliten Vanguard III (1959 Eta). Dieser Satellit war zur Erfassung des Aufpralls kleinster Teilchen mit Mikrofon-Aufschlagszählern und mit piezoelektrischen Meßinstrumenten ausgerüstet. Letztere befanden sich an der Außenhaut des Satelliten. Die Platten, unter denen sich die Mikrofone befanden, waren Scheiben von etwa 2½ cm im Durchmesser und 3 mm Stärke aus Bleizirkonat. Die elektrischen Impulse wurden verstärkt und in einem dreistelligen Zählwerk gespeichert. Beim Überfliegen von Bodenstationen wurde mit Hilfe des Fernmeßsystems der Zählerstand der Einer, Zehner und Hunderter durch Tonimpulse variabler Frequenz (5 bis 15 kHz) übertragen. Die erhaltenen Meßwerte konnten allerdings keine Aussage über die Geschwindigkeit – oder genauer gesagt – die Energie der einzelnen Teilchen liefern. Es konnte jeweils nur die Anzahl der Teilchen, die die Meßinstrumente trafen, festgestellt werden. (Als Ergebnis fand man einen durchschnittlichen Partikelfluß von etwa 150 Teilchen/m³ Tag. Die Umrechnung dieser Werte auf die pro Tag in die Erdatmosphäre eindringende Menge von kosmischem Staub ergibt einen Massenzufluß von 600 t pro Tag. Extrapoliert man diese Werte noch auf kleinere unterhalb der Empfindlichkeitsgrenze der Meßinstrumente dieses Satelliten liegende Teilchen, also für Teilchenmassen zwischen 1,2 · 10⁻⁸ und 1,2 · 10⁻¹⁰ g, so kommt man zu einem Massenzufluß von etwa 10⁴ t pro Tag.

Space Res., Proc. first int. Space Sci. Sympos. Nice 1960 S. 1033-1041; 1 Abb., 1 Schaltbild, 4 Diagr., 16 Lit.

Mikrometeoriten in Erdnähe und im Interplanetaren Raum

Beim Meeting der American Geophys. Union im April 1963 berichtete F. L. Whipple vom Smithsonian Astrophysical Observatory zusammenfassend über die mit Hilfe von Raumflugkörpern, also Satelliten und Planetensonden, erhaltenen Ergebnisse über die Dichte und Häufigkeit von Mikrometeoriten. Er führte aus, daß die durch die Raumflugkörper gewonnenen Meßergebnisse um das Hunderttausendfache genauer sind, als die durch konventionelle Methoden gefundenen Ergebnisse über die Dichte der

meteoritischen Materie. Die Zusammenfassung aller bisherigen Ergebnisse führt dazu, daß man annehmen muß, daß täglich rund 100 to meteoritischer Masse der Erde zuströmen. Auch neue Angaben über die Masse und die Häufigkeit von Meteoriten fand man. Die Masse von Meteoriten reicht von 10^{-10} g bis maximal 1 g. Er vertrat ferner die Ansicht, daß die große Zahl der sehr kleinen Teilchen durch die Kollision von meteoritischer Materie im interplanetaren Raum entsteht. Eine nicht zu vernachlässigende Rolle schreibt er auch den Kollisionsvorgängen der Teilchen zu, die die Erde als kosmische Staubwolke umgeben. Seinen Ausführungen ist zu entnehmen, daß die maximalen Fehler der durch die Raumflugkörper gewonnenen Werte höchstens in der Größenordnung von 10–1 Prozent liegen können. Dr. Whipple sagt ferner, daß aus den bisherigen Meßergebnissen der Raumsonden ohne weiteres die Schlußfolgerung gezogen werden kann, daß außer in Erdnähe für Raumflugunternehmungen keinerlei Gefahr durch Meteoriten auftreten kann. Hierbei stützt er sich vor allem auf die Meßergebnisse von Mariner II und der sowjetischen Raumsonde Mars I. Eine weitere interessante Feststellung über den Meteoritenfluß, der aus den Meßergebnissen der Erdsatelliten abgeleitet wurde, machte C. W. McCracken. Es ließ sich zeigen, daß der Meteoritenfluß in direkter Abhängigkeit vom Mondzyklus steht. Bei Vollmond konnte jeweils ein Maximum des Flußes von meteoritischer Materie festgestellt werden. Die Meteoriten zeigen also in übertragenem Sinne Ebbe und Flut.

Aviat. week a. space techn. Vol. 78 (1963) Nr. 17, S. 64

Lunare Gezeiten in der Ionosphäre

Günther Lunge-Hesse und Eduard Schott vom Institut für Aeronomie und Ionosphärenphysik, Lindau über Nordheim/Harz, konnten in einer Arbeit nachweisen, daß sowohl die Sonne als auch der Mond durch Gezeitenkräfte in der Ionosphäre periodische Druck- und Dichteschwankungen hervorrufen. Dadurch entstehen Schwankungen in der Elektronenkonzentration der Ionosphäre. Die durch die Sonne hervorgerufenen Gezeiten lassen sich nicht direkt nachweisen, da ja bekanntlich die kurzweilige Sonnenstrahlung selbst die Ionisation hervorruft und infolge der Sonnenaktivität unregelmäßigen Schwankungen unterliegt. Dadurch werden die Sonnengezeiten verdeckt. Die Auswertung der Ionosphärenmessungen von Slough (England) und Lindau/Harz ergab die Mondgezeiten zu halbmonatlichen periodischen Schwankungen. In der Mittagsgrenzfrequenz der F₂-Schicht fanden die Verfasser eine Amplitude von ± 6 Prozent in der maximalen Übertragungsfrequenz. In den Nachttiefstwerten der F₂-Schichtgrenzfrequenz ist die Amplitude sogar noch größer. Die gefundenen Werte gelten für mittlere geomagnetische Breiten. In der E- und F₁-Schicht konnte keinerlei Wirkung der Mondgezeiten nachgewiesen werden.

Arch. elektr. Übertrag. 16 (1962) Nr. 4, S. 205-212

Die Abhängigkeit des Ozongehaltes der Atmosphäre vom Sonnenfleckenzyklus

H. C. Willet vergleicht in einer Betrachtung die Meßwerte des Ozongehaltes der Hochatmosphäre aus den Jahren 1833 bis 1959 mit den Sonnenfleckenrelativzahlen. Er fand einen engen Zusammenhang zwischen den Extremen des Ozongehaltes und den Sonnenfleckenrelativzahlen. Er wies nach, daß das Minimum des Ozongehaltes etwa 2 Jahre vor dem Fleckenminimum, und das Ozonmaximum rund 3 Jahre vor dem Sonnenfleckenmaximum auftritt. Eine bessere Korrelation als mit den Relativzahlen ergibt sich mit der mittleren Breitenlage der Sonnenflecken.

J. Geophys. Res. 67 (1962) Nr. 2, S. 661-670

KARL-HEINZ NEUMANN

Aus der Literatur

Neue Meßergebnisse von Mariner 2

Noch immer warten viele gespannt auf die Ergebnisse von Mariner 2, soweit sie den Planeten Venus betreffen. Aber leider sind in dieser Hinsicht immer noch keine Resultate bekannt geworden. Die Oberflächentemperaturen sollen bei $+150$ bis $+200^{\circ}\text{C}$ liegen und die Rotationszeit betrage 250 Tage. Bei dem Vorübergang der Sonde an der Venusoberfläche in einem Abstand von 34 766 km war aber infolge der Gravitationswirkung der Venus eine kräftige Bahnstörung zu erwarten. Aus dieser konnte wiederum die Masse der Venus abgeleitet werden, die noch recht unsicher ist. Anderson und Null teilten als Resultat für die Venusmasse 0.81485 Erdmassen mit. Der Fehler würde nur 0.015 Prozent betragen. Normalerweise wird in den seitherigen Tabellenwerken für die Venusmasse 0.815 Erdmassen angegeben.

VdS Nachrichtenblatt, 12, 4, 62, 1963

Das Radioteleskop von Sugar Grove wird nicht gebaut

Wegen der zunehmenden Kosten und des abnehmenden militärischen und wissenschaftlichen Interesses ist das U. S. Marineprojekt, nämlich der Welt größtes, steuerbares Radioteleskop in Sugar Grove, West-Virginia, zu bauen, fallen gelassen worden. Schon im vorigen Jahr, als erst die Fundamente und die Kontrollstationen fertig waren, kam der ganze Bau praktisch zum Stehen, während der Entwurf der 20 000 Tonnen schweren Parabolantenne zurückgezogen wurde.

Im Jahre 1958 waren die Gesamtkosten auf 79 Millionen Dollar geschätzt worden. Als diese Zahl jedoch auf über 200 Millionen Dollar anstieg, befahl der Verteidigungsminister, daß das Projekt annulliert wird, obgleich rund 96 Millionen Dollar bereits dafür ausgegeben waren. Schneller wissenschaftlicher Fortschritt, besonders in der Satelliten- und Raumforschung, hat das 180 m-Teleskop in mancher Hinsicht veraltet.

VdS Nachrichtenblatt, 12, 4, 70, 1963

Staubprobleme einer Raketenlandung auf dem Mond

Da der Mond keine Atmosphäre besitzt, ist eine sanfte Landung dort nur mit Hilfe von Bremsraketen möglich, indem das Raumschiff gewissermaßen auf seinem Auspuffstrahl reitend niedergeht. Die Düsen müssen bis zum Aufsetzen in Tätigkeit bleiben. Also ist damit zu rechnen, daß gewaltige Staubwolken aufgewirbelt werden, die sich infolge der geringen Schwerkraft nur langsam wieder setzen. Vielleicht reißt der Feuerstrahl sogar Löcher in den Boden. Die Folgen können katastrophal sein: Der Pilot sieht nichts mehr, Gesteinsbrocken beschädigen das Fahrzeug, und auf der unebenen gewordenen Landefläche kann es sogar umkippen. Modellversuche und theoretische Berechnungen geben noch kein klares Bild über diese Gefahren, da wir über die Beschaffenheit der Mondoberfläche zu wenig wissen. Auf jeden Fall wird man auch aus diesem Grunde Versuche mit unbemannten Raketen abwarten, ehe eine menschliche Landung gewagt werden kann.

(Vortrag von L. Roberts, USA, auf dem Internationalen Astronauten-Kongreß in Warna/Bulgarien vom 23.-29. September 1962, berichtet von W. Petri)

Glasmeteoriten vom Mond

Über das Alter der Glasmeteorite oder Tektite liegen folgende Ergebnisse vor: Die in der CSSR gefundenen Stücke sind teils 30 und teils 14 Millionen Jahre alt; die übrigen (aus Australien, Südchina und dem Feuerland) haben eine halbe Million Jahre gelegen. In den Museen befinden sich ungefähr 6 000 000 Stücke dieser eigenartigen Objekte, deren Herkunft lange umstritten war. Nunmehr scheint es aber sicher, daß die Tektite als runde, vollständige Glaskugeln in einem praktisch luftleeren Raum entstanden und dann erst in die Erdatmosphäre eingedrungen sind. Dabei ist ein Teil der Kugel verdampft und ein weiterer Teil geschmolzen. Das geschmolzene Material bildete einen charakteristischen Ringwulst, dessen Struktur nach Ausweis sorgfältiger Modellversuche auf eine Eintrittsgeschwindigkeit von 10–12 km/sec schließen läßt. Dieser Befund führt zu dem klaren Ergebnis, daß wir in den Tektiten echte Proben von Mondsubstanz in Händen haben.

(Vortrag von D. R. Chapman und H. K. Larson, USA, auf dem Internationalen Astronauten-Kongreß in Varna/Bulgarien vom 23.–29. September 1962, berichtet von W. Petri)

Neues Radio-Teleskop

Am 27. September 1962 wurde bei Green Bank, West Virginia, USA, ein drehbares Radio-Teleskop von 100 m Durchmesser in Betrieb genommen.

Vds Nachrichtenblatt, 12, 2, 31, 1963

CLASSEN

Buchbesprechungen

N. S. KALITZIN, **Weltraumflüge von Ziolkowski bis Gagarin.**

VEB Fachbuchverlag Leipzig 1961, 239 S., 61 Bilder und Tabellen.

Preis: 5,50 DM.

J. GAGARIN, **Mein Flug ins All.**

Kongreßverlag Berlin, 2. Auflage, Übersetzung aus der Prawda, 176 S., 16 Bilder. Preis: 4,50 DM.

G. TITOW, **700 000 km durch den Weltraum.**

Verlag für fremdsprachliche Literatur Moskau. 146 S., 62 teils farbige Bilder. Preis: 5,80 DM.

H. HOFFMANN, **Der Mensch im All.**

eine Reportage über den bemannten Raumflug. Verlag Kultur und Fortschritt Berlin 1961. 135 S., 27 Zeichnungen im Text, 67 Bilder. Preis: 4,20 DM.

M. MELNIKOW und N. KOTYSCH, **17× um die Erde.**

Kongreßverlag Berlin, Übersetzung aus der Literaturnaja Gaset, 160 S., 16 Bilder. Preis: 4,50 DM.

Die ersten epochemachenden Flüge des Menschen im Kosmos haben naturgemäß ein breites Echo in der Literatur gefunden. Hier seien den Lesern der Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“ und allen Sternfreunden einige Bücher empfohlen, die sich an einen breiten Leserkreis wenden und einen bleibenden kulturhistorischen Wert besitzen.

Kalitzin bringt in seinem populärwissenschaftlichen Buch nicht nur einen historischen Abriss der sowjetischen Raketentechnik von Ziolkowski bis Gagarin, sondern auch einen umfassenden Ausblick auf die Zukunft. Dieses Buch ist von einem berufenen Fachmann geschrieben, der auf die wichtigsten Probleme der Raketentechnik eingeht, uns mit dem neuesten Stand der Weltraumfahrt vertraut macht und uns gleichzeitig einen Blick auf die künftige Entwicklung der Astronautik werfen läßt.

Gagarin und Titow bringen in ihren interessanten Büchern ihren Lebenslauf, ihren beruflichen Werdegang, ihren Weg zu den Kosmonauten und schließlich den Höhepunkt ihres bisherigen Lebens, ihren Flug in den Kosmos. Wir stehen ergriffen vor dem Fleiß, der zielstrebigsten Arbeit, der politischen und menschlichen Reife und der vorbildlichen Bescheidenheit dieser beiden Helden unseres Jahrhunderts, die trotz ihrer Jugend schon so Außerordentliches leisteten. Sie werden für eine ganze Generation der heranwachsenden Jugend Vorbild und Ansporn sein.

Hoffmanns Reportage ist außerordentlich geschickt ausgewählt und geschrieben. Er beginnt mit dem Revolutionär Kibaltschitsch, der in der zaristischen Todeszelle seine Gedanken zu einer möglichen Weltraumfahrt des Menschen niederlegt, und endet mit unseren zwei Helden Gagarin und Titow, einem objektiven Vergleich der sowjetischen und amerikanischen Weltraumfahrt und einem Ausblick auf die Zukunft.

Melnikow und Kotsch zeichnen in ihrem Buch ein lebendiges Bild des Kosmonauten Nummer Zwei, German Titow, auf. Es kam ihnen nicht so sehr darauf an, seinen Flug um die Erde zu schildern, sondern den Menschen German Titow, seine Schulzeit, seinen beruflichen Werdegang, seine überragenden Erfolge als Flieger, seine Stellung zu den Mitmenschen, zur Partei, zu seiner Familie und seine grenzenlose Liebe zur sowjetischen Heimat und zur kommunistischen Idee.

Jedes dieser Bücher ist in sich abgeschlossen, eines ergänzt das andere. Während die Zeitungsartikel und -berichte über die Tat unserer zwei Weltraumflieger mit der Zeit verlorengehen und unserem Gesichtskreis entschwinden, werden diese Bücher immer einen Ehrenplatz in unserem Bücherschrank einnehmen.

HELMUT WOLF

KAUS ULLERICH, „Nachts am Fernrohr“, Verlag Neues Leben

Das Thema gerade gegenwärtig zu behandeln, erscheint angesichts des zunehmenden Interesses als Folge der Ergebnisse der Raumfahrt äußerst wichtig. Besonders gilt das auch im Zusammenhang mit dem obligatorisch gewordenen Astronomie-Unterricht an den zehnten Klassen der polytechnischen Oberschule und an der erweiterten Oberschule. Das Thema ist daher für einen sehr großen Kreis von Jugendlichen und Erwachsenen von Interesse.

Man kann leider nicht feststellen, daß das Thema durchweg wissenschaftlich einwandfrei abgehandelt ist. Das Buch ist mit einer Reihe von fachlichen Mängeln und Fehlern behaftet, die in manchen Kapiteln weniger stark, in anderen stärker in Erscheinung treten. Hierfür einige Beispiele: Die größte Helligkeit bei Bedekungsveränderlichen tritt z. B. dann ein, wenn beide Sterne nebeneinander stehen, und nicht wie auf Seite 13 oben behauptet, wenn der dunklere hinter dem helleren steht.

Wandelsterne (Planeten) fallen in erster Linie dadurch auf, daß sie im Vergleich zu den Fixsternen ein ruhiges Licht ausstrahlen, während die Fixsterne flackern (szintillieren) und nicht dadurch, wie auf Seite 13 behauptet, daß sie ihre Stellung gegenüber den Fixsternen verändern. Da diese Bewegung sehr langsam erfolgt, fällt das nur dem geschulten Beobachter auf.

Man bezeichnet durchaus nicht, wie auf Seite 15 gesagt wird, alle fernen Welten-inseln als Spiralnebel. Wir unterscheiden mehrere Typen, zu denen auch die elliptischen Nebel usw. gehören. Hier hätte man sagen können, daß man die entferntesten dieser Nebel selbst mit den größten Instrumenten nicht auflösen kann, während das wenige Zeilen tiefer fälschlicherweise von den Kugelsternhaufen behauptet wird.

Manchmal sind auch die einfachsten physikalischen Zusammenhänge falsch dargestellt. So wird auf Seite 16 festgestellt, wir könnten tagsüber die Sterne nicht beobachten, weil sie von der Sonne überstrahlt werden. Richtig müßte es heißen, daß die Sterne von dem in der Erdatmosphäre zerstreuten Licht überstrahlt werden.

Manchmal wird in einem einzigen Satz, wie auf Seite 114, das im ersten Teil Behauptete durch die Aussage des zweiten Satzteiltes wieder aufgehoben, was natürlich besondere Verwirrung bei dem Leser stiften muß. Man kann dort z. B. lesen, daß der Merkur eine gebundene Rotation (zur Sonne) ausführt und daß dadurch lange Zeitabschnitte des Tages und der Nacht entstehen. Wenn aber Merkur eine gebundene Rotation zur Sonne ausführt, so ist doch klar, daß er der Sonne dann immer dieselbe Seite zukehrt, auf der immer Tag ist, während auf der der Sonne abgewandten Seite immer Nacht herrschen muß.

Man könnte diese Fehler durch die Behandlung vieler anderer, die im Buch enthalten sind, ergänzen.

Dennoch kann man nicht sagen, daß es sich um ein schlechtes Buch handelt, denn die Mühe des Autors, die Dinge trotz seines offenbar noch lückenhaften fachlichen Wissens objektiv und interessant darzustellen, ist deutlich zu spüren.

Das Buch entspricht leider auch nicht dem neuesten Stand der astronomischen Wissenschaft. Das was z. B. über die Planeten gesagt wird, ist zum Teil überholt und entspricht manchmal nicht dem astronomischen Erkenntnisstand von 1920.

Der Autor ist bemüht, seiner erzieherischen Aufgabe gerecht zu werden und die fachlichen Probleme mit den gesellschaftspolitischen Aspekten zu verbinden.

Das Buch ist durchweg allgemeinverständlich geschrieben und ohne jede fachlichen Vorkenntnisse zu verstehen. Sehr gut sind dabei die Kapitel gelungen, die den Sternenhimmel beschreiben und eine Beobachtungsanleitung geben, obwohl in fachlicher Hinsicht hier auch kleinere Einwände zu machen wären.

Das Buch ist interessant, lebendig und fesselnd geschrieben, der Autor bedient sich einer bildhaften, vergleichenden Sprache.

Die Stoffauswahl ist gut getroffen. Das Buch enthält nicht zu viele Fakten und Begriffe. Es ist mit dem Leben verbunden und spiegelt, abgesehen von den fachlichen Mängeln, die Wahrheit wider. Es regt den Leser zweifellos an, sich mehr mit den Ergebnissen der Astronomie und mit der eigenen Beobachtung des Himmels zu beschäftigen.

MITTEILUNGEN



DER DEUTSCHEN ASTRONAUTISCHEN GESELLSCHAFT - MITGLIED DER IAF

Präsident: Dr.-Ing. Ferdinand Ruhle, Direktor im Zentralinstitut für Automatisierung in Dresden.
Vizepräsident: Prof. Dr. Johannes Hoppe, Direktor des Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. **Vizepräsident:** Heinz Mielke, Schriftsteller. **Sekretär:** Dipl.-Gewl. Herbert Pfafe

Der XIII. Kongreß der IAF in Warna und die Aufgaben der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

Dr.-Ing. F. RUHLE

Sehr verehrte Mitglieder und Gäste der Deutschen Astronautischen Gesellschaft!

Es ist unseren vereinten Anstrengungen gelungen, die seit unserer Gründung bestehenden Schwierigkeiten der haushaltsmäßigen Zuordnung unserer Gesellschaft dahingehend zu lösen, daß seit vorigem Jahr die Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin die Betreuung für unsere junge Gesellschaft übernommen hat. Der Sekretär unserer Gesellschaft wird Sie in seinem Bericht noch ausführlich darüber unterrichten. Es seien mir einige Worte darüber gestattet, Ihnen zu erklären, warum die Lösung dieser Fragen so lange Zeit in Anspruch nahm und welche Konsequenzen aus den getroffenen Vereinbarungen sich für uns ergeben.

Beide Dinge gehören unmittelbar zu dem Thema, welches ich heute behandeln werde.

Ich möchte hier auf eine chronologische Aneinanderreihung der mit der Gründung und der sich daran anschließenden Geschichte unserer Gesellschaft verbundenen Tatsachen verzichten und Ihren Blick vielmehr auf die Gesamtentwicklung unserer größeren Gesellschaft, von der wir hier nur ein Teil sind, lenken. Es wird Ihnen dann das engere Geschehen verständlicher, und auch der Ausgangspunkt für die weitere Arbeit wird klarer umrissen werden können.

Allen politisch gebildeten Menschen sind die unausgesetzten Bemühungen unserer Regierung bekannt, eine friedliche,

für uns alle annehmbare Lösung der deutschen Frage, die ja im Ergebnis des Zweiten Weltkrieges nach wie vor die ungelöste Frage Nr. 1 ist, herbeizuführen. Es ist schon ein sehr intensives Studium der Geschichte notwendig, alle globalen Vorschläge aber auch vorgeschlagenen Teillösungen auf den verschiedensten Gebieten staatlichen und gesellschaftlichen Zusammenlebens und Zusammenarbeitens in richtiger Reihenfolge zusammenzustellen. Das Jahr 1960, als wir im Herbst auf dem XI. IAF-Kongreß die Aufnahme in diese Organisation beantragten und hierbei die Frage nach dem Status unserer Mitgliedschaft stellen mußten, war von den Bemühungen erfüllt, auf nationaler und internationaler Ebene die Frage des friedlichen Nebeneinander und Miteinander zweier deutscher Staaten zu regeln. Uns allen ist die sich immer mehr versteifende westdeutsche Einstellung bei diesen Gelegenheiten bekannt, und die sich in zunehmendem Maße verschärfende antidemokratische und antidemokratische westdeutsche Politik führte zu den bekannten und unumgänglich notwendigen Schutzmaßnahmen des August 1961.

Mit diesem Zeitpunkt wurden im gesamten Leben unserer Republik zwei Hauptaufgaben, die in einem engen Verhältnis zueinander stehen, erkennbar. Die erfolgte Sicherung vor äußeren Störmaßnahmen vom Westen mußte durch die Beseitigung bestehender wirtschaftlicher Einflußnahme untermauert werden. Das brachte sehr große technische und organisatorische Aufgaben mit sich, die heute soweit gelöst sind, daß unsere Entwicklung durch wirtschaftliche Druckmaßnahmen nicht aufzuhalten ist. Die zunehmende Tendenz der Umsätze auf den Leipziger Messen bringt hierfür sehr eindrucksvolle Beweise.

Unsere gesellschaftliche Entwicklung in der Republik ist soweit gediehen, daß der begonnene Weg immer zielbewußter und mit immer schneller zu verwirklichenden konkreten Zielen zur sozialistischen Gesellschaft führen muß. Der Vorsitzende des Staatsrates und Erste Sekretär der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands, Walter Ulbricht, hat auf dem VI. Parteitag dieses Ziel aufgezeigt und für jeden einzelnen von uns die konkreten Aufgaben sehr klar umrissen.

Es ist sehr ermutigend, aus der ersten Zwischenbilanz, die in jüngster Zeit Erich Honecker über die bisherigen Ergebnisse

nach den denkwürdigen Festlegungen des VI. Parteitages zog, zu entnehmen, wie dieser Appell überall richtig verstanden wurde und wie sich auf allen Gebieten eine neue Qualität der Arbeit entwickelt und ihre ersten Früchte zeigt. Aber können wir außerhalb unserer eigenen Betriebs- und Berufssphäre immer richtig die großen Anstrengungen verstehen, die gemacht wurden und stündlich gemacht werden müssen, um zu den großen und kleinen Erfolgen zu kommen, ja um noch viele, die noch nicht alle Probleme verstanden haben, zu überzeugen, auf den richtigen Weg zu weisen? Ich glaube, nicht immer sind wir in der Lage gewesen, die richtigen Einschätzungen zu geben.

So hatten wir auch von der Leitung der Deutschen Astronautischen Gesellschaft nicht immer das richtige Verständnis, wenn die nach unserer Meinung so richtig gestellten Forderungen an die staatlich und politisch verantwortlichen Stellen nicht die schnelle Behandlung erfuhren, die wir glaubten, fordern zu müssen. Und hier lag doch wohl der Fehlschluß. Es gibt wohl keinen der verantwortungsbewußten staatlichen und politischen Leiter in unserer Republik, der der komplexen Wissenschaft der Astronautik ungenügendes Verständnis entgegenbringt.

Das drückt sich nicht nur darin aus, daß jeder von ihnen sich mit uns über die ständig steigenden Erfolge der sowjetischen Weltraumforschung und der sowjetischen Kosmonauten freut.

Aber haben wir es bisher verstanden, die in der DDR im Rahmen unserer Deutschen Astronautischen Gesellschaft konzentrierten Gedanken und Wünsche so präzise zu fassen, daß es jedem einleuchtet, daß die fruchtbringende Beschäftigung mit diesem weiten Gebiet keine Liebhaberei ist, sondern ein ernster Beitrag dazu sein will, die Entwicklung der Wissenschaft zu einer bedeutenden Produktivkraft zu fördern? Ich glaube, daß dieser Mangel mit eine Ursache dafür war, daß unsere Fragen so lange ungelöst blieben. Nachdem durch die sehr umfassende Unterstützung des Zentralkomitees der SED die Deutsche Akademie der Wissenschaften sich entschlossen hat, uns in den Kreis der in der Zahl sehr begrenzten wissenschaftlichen Gesellschaften, die von ihr betreut werden, aufzunehmen, haben wir die bisher bestehenden äußeren Hindernisse zur Durchführung unserer Arbeit überwunden. Aber

wir haben in noch präziserer Weise Verpflichtungen übernommen, die uns bereitgestellten staatlichen Mittel so anzuwenden, daß der höchste Nutzen für alle entsteht, und das in uns gesetzte Vertrauen dadurch zu bestätigen, daß die uns gestellten Aufgaben mit dem gleichen Elan gelöst werden, über den wir täglich aus den Brigaden und Kollektiven unserer Wirtschaft lesen können.

Unsere Mitgliederversammlung soll durch die Vorträge und insbesondere durch die gemeinsame Aussprache dazu dienen, die Wege zu zeigen und die Mittel zu finden, wie wir unseren Aufgaben am besten und wirkungsvollsten gerecht werden können.

Der in der Zeit vom 23. bis 29. September 1962 in Warna, Volksrepublik Bulgarien, abgehaltene XIII. Kongreß der Internationalen Astronautischen Föderation (im folgenden mit IAF bezeichnet) war in der Geschichte dieser Vereinigung von wissenschaftlichen Gesellschaften, die sich das Ziel der Erforschung und friedlichen Nutzung des Weltraumes gestellt haben, der erste Kongreß, der in einem sozialistischen Land stattfand. Die Bedeutung dieses Ereignisses, die Tatsache der erstmaligen Teilnahme einer Delegation der DDR nach der Aufnahme im Jahre 1960 und der Inhalt dieser Tagung haben das Präsidium unserer Gesellschaft zu dem Entschluß geführt, Ihnen einen umfassenden Bericht über dieses Ereignis zu geben und mich mit der Durchführung beauftragt.

Gestatten Sie mir, bei meinen Ausführungen, die sich in den Rahmen der vorgegebenen Zeit fügen müssen, bei folgenden Punkten zu verweilen:

1. Die wesentlichsten Angaben über die Delegation der DDR und über die am Kongreß beteiligten Gesellschaften.
2. Die Bekanntgabe des Programms der Plenartagungen und Erläuterungen zu einigen Tagungsordnungspunkten, die von allgemeinem Interesse sind.
3. Erläuterung der internationalen Beziehungen der IAF zu anderen internationalen Organisationen sowie eine Einschätzung der Tätigkeit der IAF.
4. Zusammenfassender Bericht über das wissenschaftliche Programm des XIII. Kongresses.
5. Behandlung einiger wissenschaftlich-technischer Spezialfragen.

6. Hauptaufgaben der DAG

- 6.1. Auswertung der wissenschaftlichen Informationen und Bereitstellung an die Bedarfsträger,
- 6.2. Verstärkung der wissenschaftlich-technischen Qualifikation der Mitglieder der Gesellschaft,
- 6.3. Vorbereitung aktiver wissenschaftlicher Teilnahme an späteren Kongressen der IAF.

Delegation der DDR:

1. Herr Dr.-Ing. F. Ruhle, Präsident der DAG, Zentralinstitut für Automatisierung, Delegationsleiter.
2. Herr W. Hempel, Präsidiumsmitglied der DAG, Werk für Fernsehelektronik, Delegationssekretär.
3. Herr Prof. Dr. Lambrecht, Präsidiumsmitglied der DAG, Direktor des Astrophysikalischen Institutes, Universität Jena.
4. Herr Prof. E. Penzel, Mitglied der DAG, Direktor der Schulsternwarte Rodewisch.
5. Herr H. Mielke, Präsidiumsmitglied der DAG, Deutscher Fernseh-funk Berlin, HA. Wissenschaft.
6. Herr Dr. Mollwo, Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Direktor des Heinrich-Hertz-Institutes.
7. Frau Dr. med. J a h n e, Mitglied der DAG, Institut für Angewandte Physiologie.
8. Herr Dr. Schmidt, Mitglied der DAG, Astrophysikalisches Institut der Universität Jena.

Außerdem waren Vertreter des „Neuen Deutschland“, des Berliner Rundfunks, der „Freien Welt“ und anderer Publikationsorgane während des Kongresses anwesend.

*

In den Plenarsitzungen wurde die DDR durch Herrn Dr.-Ing. F. Ruhle und Herrn Prof. Dr. Lambrecht als Beisitzer vertreten.

1. Kurzbericht über die Plenarsitzung:

Während der Plenarsitzungen wurden folgende Tagesordnungspunkte beraten und die vom Büro der IAF gemachten Vorschläge zur Abstimmung vorgelegt:

- 1.1. Gedenken an den verstorbenen Präsidenten der IAF, Prof. J. Pérés (Frankreich),

- 1.2. Bekanntgabe des Büros über die Stellvertretung durch Dr. Shepherd (Großbritannien),
- 1.3. Bestätigung der Ernennung von Prof. E. A. Brun (Frankreich) als Vizepräsident,
- 1.4. Namensaufruf der bevollmächtigten Vertreter, Prüfung der Vollmacht.
- 1.5. Bestätigung des Protokolls des XII. Kongresses 1961,
- 1.6. Bericht des Präsidenten,
- 1.7. Neue Mitglieder,
- 1.8. Benennung der Mitglieder der Wahlkommission,
- 1.9. Festlegung der Tagungsorte für 1963 und 1964,
- 1.10. Bericht der Kommissionen
 1. Medizinische Wissenschaft,
 2. Programm und Veröffentlichung der Kongreßannalen.
- 1.11. Bericht des Direktors der Internationalen Astronautischen Akademie, Paris.
- 1.12. Bericht des Direktors des Internationalen Institutes für Weltraumrecht,
- 1.13. Beziehungen zu internationalen Organisationen — UNESCO, ITU, WHO, COSPAR und andere,
- 1.14. IAF-Programm für 1962/63,
- 1.15. Neue Vorschläge
 1. Der Status für junge Wissenschaftler in der IAF,
 2. Technische Informationen über Satelliten.
- 1.16. Haushaltsbericht für 1961/62 und Budget für 1963,
- 1.17. Wahl des neuen Präsidiums,
- 1.18. Verschiedenes.

Um Sie mit der in der IAF behandelten Problematik vertraut zu machen, werde ich über einige Punkte des offiziellen Protokolls IAF/XIII Congress/PLEN/2 vom 28. Dezember 1962 berichten.

Zu 1.4. wurde festgestellt, daß in der ersten Plenarsitzung folgende Gesellschaften vertreten waren:

1. Österreichische Gesellschaft für Weltraumforschung, Wien
2. Association Belge des Ingénieurs et Techniciens de l'Aéronautique et de l'Astronautique, Brussels
3. Bulgaria Astronautical Society, Sofia
4. Cyprus Astronautical Society, Nicosia
5. Czechoslovak Commission on Astronautique, Prague

6. Dansk Astronautisk Forening, Copenhagen
7. Société Française d'Astronautique, Paris
8. Deutsche Astronautische Gesellschaft, Berlin
9. Deutsche Gesellschaft für Raketentechnik und Raumfahrt, Stuttgart
10. Deutsche Raketen-Gesellschaft, Hannover (nicht stimmberechtigt)
11. Hellenic Astronautical Society, Athens
12. British Interplanetary Society, London
13. Jugoslavica Astronauticko i Raketno Drstvo, Belgrade
14. Israele Astronautical Society, Haifa
15. Associazione Italiana Razzi, Rome
16. Associazione per le Scienze Astronautiche, Rome (nicht stimmberechtigt)
17. Nederlandse Vereniging voor Ruimtevaart, Breda
18. Polska Towarzystwo Astronautyczne, Warszawa
19. Grupo Português de Astronáutica, Lissabon
20. Rumanian National Astronautical Commission, Bucarest
21. Swedish Interplanetary Society, Stockholm
22. USSR Commission on Exploration and Use of Outer Space, Moskau
23. Aerospace Medical Association, Washington D. C. (nicht stimmb.)
24. American Astronautical Society, New York (nicht stimmberechtigt)
25. American Rocket Society, New York

Am zweiten Sitzungstag meldeten sich noch:

26. Asociación Argentina Interplanetaria, Buenos Aires
27. Sociedade Interplanetaria Brasileira, São Paulo
28. Association pour l'Etude et la Recherche Astronautique et Cosmique, Paris (nicht stimmberechtigt)
29. Hungarian Astronautical Society, Budapest

Zu der behandelten Tagesordnung ist zu bemerken, daß die Punkte von dem Büro der IAF gründlich vorbereitet wurden, so daß die Diskussionen und Anfragen sich auf das Wesentlichste beschränken konnten. Im Ergebnis wurde daher fast immer Einstimmigkeit erzielt.

Zu dem Punkt 1.9. wurde von dem Präsidenten mitgeteilt, daß das Büro der IAF der Auffassung ist, die künftigen Kongresse möglichst in solchen Ländern durchführen zu lassen, die nur in einem bescheidenen Maße aktiv an der Realisierung der Weltraumfahrt und Weltraumforschung teilnehmen können. Es wird von der IAF die Auffassung vertreten, daß sich der Schwerpunkt der aktiven Tätigkeit nicht nur auf die wenigen großen Staaten verlagern dürfte, die die ökonomischen Voraussetzungen zur Realisierung der umfangreichen Projekte haben. Das könnte leicht dazu führen, daß es zu einer umfassenden internationalen Zusammenarbeit nicht kommt und in den anderen Ländern Desinteresse eintritt. Es wird vielmehr die Auffassung vertreten, daß auf diesem komplexen Gebiet der Wissenschaft und Technik die Wissenschaftler und Ingenieure aller Länder im größtmöglichen Umfang mitarbeiten und daß durch die Tätigkeit der IAF die zuständigen Stellen in diesen Ländern von der Notwendigkeit einer solchen aktiven Teilnahme überzeugt werden müssen. Ein sehr wirksames Mittel hierzu ist die Durchführung der IAF-Kongresse in solchen Ländern, die Rechenschaftslegungen über die geleistete Arbeit und das Aufzeigen der anliegenden Probleme. Die Darlegungen fanden die allgemeine Anerkennung der Vollversammlung, und der weitere Verlauf des Kongresses von Warna bewies ja auch die Richtigkeit dieser Auffassung.

Es wurde beschlossen, der Einladung der „Polske Towarzystwo Astronautyczne“ Folge zu leisten und den Kongreß des Jahres 1964 in Warschau durchzuführen. Für 1963 hatte sich auf dem XII. Kongreß in Washington Prof. Tabanera von der Association Argentina Interplanetaria bereit erklärt, die Durchführung des XIV. Kongresses in Buenos Aires zu organisieren. Diese Zusage wurde aus organisatorischen Gründen für 1963 zurückgezogen und die Bitte für einen späteren Termin ausgesprochen. Da die Vergangenheit bewiesen hat, daß für die Vorbereitung derartiger wissenschaftlicher Kongresse etwa zwei Jahre benötigt werden, war für 1963 eine Situation entstanden, die eine kurzfristige Vorbereitung erforderlich macht. General Fleury, Präsident der Société Française d'Astronautique sprach den Wunsch aus, die Organisation des Kongresses in Paris zu übernehmen, wo auch der erste Kongreß der IAF stattgefunden hatte. Durch die Tatsache, daß das Sekretariat der IAF

zunehmend seinen Sitz im Paris hat und auch die Internationale Akademie für Astronautik in Paris gute Unterstützung leisten kann, ist die kurzfristige Vorbereitung des Kongresses 1963 zu vertreten. Für 1965 haben Wünsche außer Argentinien bereits jetzt Jugoslawien und Westdeutschland angemeldet. Hierüber wird auf dem kommenden Kongreß entschieden.

Zu dem Punkt 1.17. der Tagesordnung wurde ein Vorschlag über die Wahl des neuen Präsidenten und der Vizepräsidenten unterbreitet. Der Vorsitzende des Wahlkomitees, Prof. Boneff, Bulgarien, erklärte, daß über die Kandidatur von Prof. Edmond A. Brun, Professor an der Sorbonne, Paris, im Wahlkomitee Einstimmigkeit vorliege. Die Vollversammlung stimmte diesem Vorschlag durch lebhaften einmütigen Beifall zu. Auch für die nächsten drei Kandidaten als Vizepräsidenten, Prof. Leonid I. Sedow (UdSSR), Dr. Martin Summerfield (USA) und Prof. Michel Lünce (Polen) wurde die einmütige Zustimmung der Vollversammlung erzielt. Über die Wahl des vierten Vizepräsidenten konnte im Wahlkomitee keine Einigkeit erzielt werden, und es sollen die vorliegenden Vorschläge in der Vollversammlung zur Behandlung und Abstimmung gelangen. Der Präsident äußerte nach einer kurzen Unterbrechung der Sitzung die allgemeine Unzufriedenheit mit der entstandenen Situation und bat Prof. Boneff, dem verantwortlichen Leiter des Kongresses einer Wiederwahl als Vizepräsident für das laufende Geschäftsjahr zuzustimmen. Dieser Vorschlag wurde mit Applaus begrüßt und nach der Zustimmung seitens Prof. Boneffs die einstimmige Wahl zum Vizepräsidenten vorgenommen.

Das neue Präsidium spiegelt die große Bedeutung des sozialistischen Lagers auf dem Gebiete der Astronautik wider und ist ein praktischer Ausdruck der angestrebten Zusammenarbeit auch mit kleinen Ländern.

Im Programmpunkt 1.15. wurde ein interessanter Vorschlag der British Interplanetary Society lebhaft diskutiert. Es wurde vorgeschlagen, eine kleine Studiengruppe aus Vertretern verschiedener Länder zusammenzustellen, um die Wege zu untersuchen, die beschritten werden müssen, damit die Astronautik in den Schulunterricht einbezogen wird. Es sollen zunächst Erfahrungen in den einzelnen Ländern gesammelt und gegenseitige Konsultationen durchgeführt werden. Die IAF

soll formell anerkennen, daß die erzieherischen Aspekte der Astronautik zu ihren Arbeitsgebieten gehören und daß sie die Leitung und Organisation dieser Tätigkeit übernimmt. Die Diskussionsbeiträge von Mr. Summerfield, USA, General Fleury, Frankreich, und Prof. Lüne, Polen, unterstützen sehr ausführlich den Vorschlag. Prof. Dr. Nagy, Ungarn, bemerkte, daß es bereits ein Ausbildungsprogramm in der UNESCO gebe, welches sich jedoch nur mit dem höchsten Niveau der Information an Professoren und Lehrer beschäftigt, während sich der britische Vorschlag auf die Erzieher anderer Grade erstrecke. Er unterstützte den Vorschlag. Die Astronautik ist ein neuer Zweig der Wissenschaft, und die Lehrer müssen ihn lehren. In Ungarn werden bereits solche Kurse durchgeführt, und das Material kann der neuen Studiengruppe zur Verfügung gestellt werden. Eine aktive Arbeit wird seitens der Ungarischen Gesellschaft zugesagt. Hier haben wir ein praktisches Beispiel der aktiven Mitarbeit kleiner Staaten in dem großen Programm der Astronautik.

Der Vorschlag von Prof. Anderson, Dänemark, der den intensiven Austausch von Informationen über Satelliten, ihre Bahnen, verwendeten Frequenzen und anderen wichtigen Daten behandelt, wurde zwar in der Notwendigkeit seiner Forderungen von allen Seiten anerkannt. Prof. Sedow, UdSSR, wies jedoch darauf hin, daß ein solcher Informationsdienst bei den UN-Komitees bereits bestünde, und daß die UNESCO und COSPAR in dieser Frage zuständig seien. Wenn die Arbeit dieser Organisationen nicht verbessert wird und der Informationsdienst einer Reorganisation bedürfe, so würde sich die IAF wieder einschalten.

Es ist in der Tat im Beobachtungsdienst infolge der vielen künstlichen Himmelskörper oder auch Teilen von ihnen die Identifizierung immer mehr erschwert. Hinzu kommen eine Reihe von Flugkörpern, die in der letzten Zeit ohne Angabe von Daten gestartet wurden. So sind allein von den Vereinigten Staaten in den ersten fünf Jahren nach dem Start des ersten Sputniks 26 Flugkörper, meist von der US-Airforce, ohne Start- und Bahnangaben gestartet worden.

Auf diesem Gebiet muß noch viel getan werden, um Ordnung zu schaffen.

Es ist zum Verständnis der Arbeit der IAF von Interesse, die im Punkt 1.13 be-

handelten Beziehungen zu den internationalen Organisationen, die sich mit Fragen der Weltraumfahrt und der Weltraumforschung beschäftigen, kurz darzulegen. Der Bericht über diese Beziehungen wurde von dem damaligen Präsidenten der IAF, Dr. Shepherd (Großbritannien) gegeben.

a/ITU (International Telecommunication Union)

Mit dieser Vereinigung bestehen Konsultationsbeziehungen, die sich in der Teilnahme von Vertretern der ITU an den Bürositzungen der IAF im März 1962 und in Warna ausdrückten. Es wurden von ihnen konkrete Vorschläge für eine Zusammenarbeit im kommenden Jahre eingereicht und der Wunsch geäußert, daß die IAF auf den Meetings in Delhi und in Spanien vertreten sein möchte. Wegen der zunehmenden Bedeutung der Nachrichtensatelliten ist die IAF an den Arbeiten auf diesem Gebiet sehr interessiert und zu einer engen Zusammenarbeit bereit.

b/UNESCO (United Nations Education, Scientific and Cultural Organisation)

Dr. Malina hatte den von der UNESCO eingereichten Programmvorschlag für 1963-1964 erläutert, in dem konkrete Vorschläge für die Förderung der Untersuchung und Erforschung des Weltraumes mittels künstlicher Satelliten und Raumsonden durch die Errichtung von Beobachtungsanlagen an weit über die Erdoberfläche verteilten Punkten gemacht werden. Es sollen ferner Unterstützungen bei der Durchführung von Symposien und anderen wissenschaftlichen Treffen, bei denen Ergebnisse der Weltraumforschung besprochen und mitgeteilt werden, gewährt werden. Um der Forderung nach technischer Information für verschiedene Aspekte der Raumforschung zu genügen, soll seitens der UNESCO dem COSPAR Unterstützung gewährt werden, um eine Reihe von Handbüchern über die technischen Forderungen für die optische und funktionelle Bahnvermessung von künstlichen Satelliten, den telemetrischen Empfang, die Vermessung von Startplätzen usw. herauszugeben. Das UNESCO-Programm sieht weiter eine Unterstützung von wissenschaftlichen Organisationen vor, die an der Durchführung internationaler Forschungsprogramme im „Jahr der ruhigen Sonne“ beteiligt sind. Im Rahmen des Programms der Vereinten Nationen sollen in den Mitgliedstaaten etwa zehn

astronomische und geophysikalische Observatorien eingerichtet werden.

Die Vollversammlung der IAF stimmte dem UNESCO-Programmvorschlag zu und brachte insbesondere ihre Genugtuung zum Ausdruck über die vorgesehene materielle Unterstützung für die IAF.

c/IAEA (International Atomic Energy Agency)

Mit dieser Organisation bestehen kooperative Beziehungen, die sich in gegenseitiger wissenschaftlicher Hilfe bei gemeinsam interessierenden Fragen ausdrücken. Die IAEA unterstützte sehr intensiv das im vorigen Jahr durchgeführte Symposium „Der Mensch im Weltraum“.

d/W.H.O. (World Health Organisation)

Hierfür gelten die gleichen Feststellungen wie bei der IAEA.

e/COSPAR (Committee on Space Research)

Der Präsident stellte fest, daß das Büro der IAF und gleichfalls die Generalversammlung keineswegs über die Beziehungen zu COSPAR befriedigt sind. Die IAF hat zu dem COSPAR-Meeting im Mai 1962 nach Washington Dr. Summerfield und Mr. Haley als Beobachter gesandt. Jedoch konnte keine Grundlage für eine gemeinsame Arbeit gefunden werden. Es soll im Jahre 1963 versucht werden, eine Annäherung zu finden.

f/UN-Komitee für die friedliche Nutzung des Weltraumes

Der Präsident berichtete, daß die Beziehungen der IAF zu diesem Komitee nicht sehr befriedigend sind, da die rechtliche Stellung der IAF nicht geklärt sei. Nur Regierungs-Organisationen können Mitglied in diesem Komitee sein bzw. dorthin Beobachter entsenden.

Nur COSPAR als einzige „Quasi-Regierungsorganisation“ macht hier eine Ausnahme. Das Büro der IAF gibt der Hoffnung Ausdruck, daß im kommenden Geschäftsjahr der Zustand verändert werden kann.

Aus diesen kurzen Darlegungen geht hervor, daß mit dem steigenden Interesse an der Weltraumfahrt und Weltraumforschung, gestützt auf die großen und immer mehr steigenden Erfolge, in der

Welt die verschiedensten Interessengruppen von verschiedenen Standpunkten aus an die Probleme herangehend ihre Wünsche und Ansprüche anmelden. Im Stadium der Vorbereitung der Weltraumfahrt und Weltraumforschung waren die rein wissenschaftlichen Organisationen, insbesondere die IAF, die einzigen aktiven Träger dieser Gedanken. Das Nebeneinander und z. T. Gegeneinander, das in den letzten Jahren entstanden ist, muß bald einer befriedigenderen Lösung zugeführt werden. Insbesondere sind die Interessen solcher Länder zu wahren, die keine ökonomischen Voraussetzungen für die Durchführung eigener Großversuche besitzen.

Aus der bisherigen Tätigkeit der IAF geht hervor, daß die von ihr gewählte und in der Charta verankerte Methode der wissenschaftlichen Behandlung und Förderung aller mit der Weltraumforschung und friedlichen Nutzung des Weltraumes zusammenhängenden Fragen die sicherste Garantie für eine echte internationale Zusammenarbeit ist. Besonders ist in diesem Zusammenhang erfreulich, daß die im Jahre 1960 in Stockholm auf dem XI. Kongreß gemachten Vorschläge von Prof. Sedow (UdSSR) über eine aktive sowjetisch-amerikanische Zusammenarbeit nach ihrer weiteren Präzisierung auf dem XIII. IAF-Kongreß in Warna zu einem ersten realen Ergebnis geführt haben. Das Abkommen, das ein erstes Ergebnis entsprechender Vereinbarungen zwischen Ministerpräsident Chruschtschow und Präsident Kennedy darstellt, tritt binnen 60 Tagen in Kraft. Andere Länder können dem Abkommen beitreten, sobald sie die technischen Voraussetzungen erfüllen.

In dem Abkommen wird festgelegt, daß unter anderem der amerikanische Satellit „Echo A 12“, der demnächst auf eine Erdumlaufbahn gebracht werden soll, beiden Ländern gemeinsam für Nachrichtenübermittlungsversuche zur Verfügung steht. Jedes Land wird ferner einen Wettersatelliten ständig im Weltraum stationieren, dessen Meßdaten durch ein besonderes amerikanisch-sowjetisches Wettersystem ausgetauscht und beiden Ländern für ihre meteorologischen Dienste verfügbar gemacht werden soll.

Gestatten Sie mir nunmehr, Ihnen einen Überblick über den anderen wichtigen Teil des XIII. IAF-Kongresses zu geben, über das wissenschaftliche Programm. Es ist natürlich nicht möglich, in diesem Zusammenhang über Einzelheiten zu berichten. Es war auch nicht möglich, seitens der

Mitglieder unserer Delegation alle Vorträge zu besuchen bzw. alle mit Fachleuten zu besprechen. Wir mußten uns in manchen Fällen mit einer bloßen Beobachtung begnügen.

Hier zunächst einige statistische Angaben:

In insgesamt 76 wissenschaftlichen Vorträgen folgende Gebiete behandelt:

Unmittelbare Erfahrungen beim bemannten Raumflug (Vortrag des sowjetischen Kosmonauten Titow)	1
Theoretische Arbeiten der bulgarischen Astronautik	4
Projekte von Raumfahrzeugen	3
Flugoptimierung und Bahnanalysen	5
Navigation- und Rückkehrprobleme	4
Lagestabilisierung künstlicher Satelliten	5
Bioastronautik	8
Mond- und Sonnenphänomene	7
Himmelmechanik	6
Planetensystem	6
Nachrichtensatelliten	11
Elektrische Antriebe	2
Physik der hohen Atmosphäre	10
Chemische und nukleare Antriebe	4

Insgesamt behandelten 39 Berichte Fragen der Raketen- und Raumfahrzeuge und 37 Berichte Fragen der Weltraumforschung.

Im Gegensatz zu den früheren Konferenzen, auf denen noch sehr umfangreich über geplante oder in Realisierung befindliche Projekte berichtet wurde, verlagerte sich das wissenschaftliche Interesse immer mehr auf die Ergebnisse der Weltraumforschung, auf konkrete Einzelfragen des bemannten Raumfluges und auf die Möglichkeiten der kommerziellen Anwendung der bisherigen Forschungsergebnisse. In diesem Zusammenhang spielen die Nachrichtensatelliten eine sehr große Rolle, wie ja aus der großen Anzahl der Vorträge und der anschließenden lebhaften Diskussion hervorgeht.

In diesem Zusammenhang noch eine letzte statistische Angabe: Die gehaltenen Vorträge verteilen sich auf folgende Mitgliedsstaaten:

USA - 37; UdSSR - 18; Rumänien - 4; Bulgarien - 4; Belgien, Großbritannien, Polen - je 2; DDR, Frankreich, Israel, Italien, Schweden - je 1.

Genau 30 Prozent der Arbeiten wurden von solchen Mitgliedstaaten geliefert, die nicht aktive Raumversuche durchführen.

Es ist gerade im Hinblick auf die in kleinen Ländern bestehenden Möglichkeiten von Interesse, die Thematik der von dem Gastgeberland Bulgarien traditionsgemäß am Beginn des Kongresses gehaltenen Vorträge mitzuteilen. Es handelte sich um folgende Berichte:

Kyryll Popoff: „Einige thermodynamische Überlegungen hinsichtlich der Astronautik“

Ivan Tzenoff: „Neue Formen der Differentialgleichungen für holonome und nicht-holonome materielle Systeme“

Nicolas Boneff: „Die Zeitbestimmung durch Beobachtungen des Mondes“.

Nicolas Kalitzin: „Forschungen über relativistische Raketen und einige astronautische Objekte“.

In der Sektion über Entwürfe von Raumfahrzeugen war der Vortrag von Dr. Plikering, USA, über die Venussonde Mariner II von Interesse.

Einige Einwände mußten von unserer Seite gegen den Vortrag vom John Zvara und Schroeder (USA) über „Die Forderungen an die Lenkung und Überwachung von manövrierbaren Raumfahrzeugen, die vom Mond zurückkehren“ gemacht werden. Die recht ausführliche Arbeit stützte sich ausschließlich auf die vorhandenen und geplanten amerikanischen Vermessungs-Funkleit- und Landestationen, die sich aus geographischen und politischen Gründen in einem recht schmalen, mehr südlich gelegenen Äquatorgürtel befinden. Hierdurch müssen seitens der Bord- und Bodeneinrichtungen technische Forderungen gestellt werden, die ein merkliches Abweichen von den geplanten „Einfalltrichtern“ nicht zulassen. Das verlangt aber ein Präzision der Rückkehrbahnen, die in nächster Zeit noch nicht realisiert werden kann. Es ist hier ein weltweites Überwachungsnetz und die Möglichkeit einer Landung auf allen Teilen der Erde vorzusehen. Dadurch wird sowohl die Meßbasis größer, als auch die Wahrscheinlichkeit einer positiven Rückkehr bei größeren Bahnabweichungen sehr gesteigert. Die z. Z. vorgeschlagenen technischen Lösungen dieses Problems sind unbefriedigend.

In der Sektion Flugoptimierung und Bahnanalyse wurden in einigen Vorträgen Fragen der Bahntransformation, der optimalen Transferbahnen, hinsichtlich des Energiebedarfs, behandelt, und über mathematische Methoden der Analyse und Synthese solcher Bahnen berichtet.

Mit ähnlichen Problemen beschäftigten sich die Arbeiten der Sektion Rückkehr und Navigation. Auch hier sind es Genauigkeitsforderungen an die Rückkehrbahnen von Flugkörpern (M. Moulin, Belgien), analytische Bestimmungen dreidimensionaler interplanetarischer Übergangsbahnen und Lösungen für die Eintrittsbahnen im Planetenbereich, die besonders interessieren.

M. M. Nita von der Akademie der Volksrepublik Rumänien berichtete „Über die Möglichkeit der Realisierung eines stationären Erdsatelliten über einem Punkt außerhalb des Erdäquators“.

Über die Lageregelung von Satelliten, heute eines der wichtigsten technischen Gebiete der Raumfahrt, wurde in fünf Arbeiten berichtet. Die Zahl der auf dem Kongreß gehaltenen Vorträge spiegelt nicht die tatsächliche Intensität wider, mit der diese Frage behandelt wird.

Von der präzisen Orientierung der Flugkörper im Raum hängt die mehr oder weniger exakte Durchführung der geplanten wissenschaftlichen Aufgaben ab. Ein besonders eindrucksvolles Bild gab der Bericht von D. A. Ingram und E. Stern (USA) über „Entwurf und dynamische Prüfung eines ultrapräzisen Satelliten-Stabilisierungs- und eines Steuerungssystems für das Astronautische Satelliten-Observatorium der NASA“! Die an Feinmechanik, Elektronik, Steuerungs- und Regelungstechnik und Prüftechnik gestellten technischen Forderungen stellen die absolute Weltspitze auf diesem Gebiet dar. Es treten Probleme auf, z. B. die Luftlagerung einer etwa 3000 kg schweren Masse und deren Ausbalancierung auf Reibungspegel unter 100 Dyn/cm.

Von D. E. Ochotsimsky und V. A. Srychev (Akademie der Wissenschaften der UdSSR) wurde ein sehr interessanter Vorschlag über „Ein Gravitations-Stabilisierungssystem für künstliche Erdsatelliten“ gebracht. Es handelt sich um ein rein passives Gravitations-Stabilisierungssystem für künstliche Satelliten, das die Eigenschaften des Gravitationsfeldes der Erde ausnutzt. Die Verwendung aktiver Orientierungssysteme bei beträchtlicher Lebensdauer der Satelliten führt zu erheblichen Schwierigkeiten im Zusammenhang mit einem hohen Energie- oder Treibstoffverbrauch, dem Gewicht und der Kompliziertheit der Systeme. Der wesentlichste Nachteil der passiven Systeme, die relativ

geringe Größe der verfügbaren Steuermomente, führt zu einer sehr langsamen Dämpfung der bei Störungen auftretenden System-Schwingungen. Der von den Verfassern eingebrachte Vorschlag sieht die Verwendung von zwei relativ zueinander beweglichen Teilen des Satellitensystems vor, die über ein energieverbrauchendes Scharnier oder eine Kupplung miteinander verbunden sind. Hier können Wirbelstrombremsen oder magnetische Dämpfungselemente, die in der Technik seit langem bekannt sind, verwendet werden. Die Schwingungen derartiger Systeme lassen sich, wie nachgewiesen wird, sehr schnell dämpfen. Es wird im Rahmen des noch zu besprechenden Ausbildungsprogramms für einige Mitglieder zweckmäßig sein, auf diese Frage näher einzugehen.

Bei den chemischen und den elektrischen und nuklearen Antrieben wurden Teilfragen behandelt und nicht mehr, wie früher sehr verbreitet, über neue Projekte gesprochen. Fragen der Beeinflussbarkeit elektrischer Entladungen durch Magnetfelder (M. Cloupean, Frankreich), Probleme des Wärmeschutzes durch Strahlung (Grodzorsky, UdSSR), konstruktive Fragen von Glühkerzen-Kernreaktoren (Hallett, USA) sowie theoretische Einzelprobleme waren Gegenstand der Vorträge.

Eine sehr bunte Palette zeigten verständlicherweise die Vorträge aus dem Gebiet der Raumforschung.

In der Vortragsgruppe Mond- und Sonnenphänomene wurden eine Reihe sehr interessanter Probleme behandelt. Sehr großes Aufsehen erregte die Arbeit von D. R. Chapman und H. K. Larson „Über den lunaren Ursprung der Tektiten“. An ausgezeichnetem Bildmaterial wiesen die Autoren nach, daß die gefundenen Glasmeteoriten nur im Vakuum entstehen können. Nach ihrer Meinung sei das aber ein Beweis, daß sie nur vom Mond stammen können, da die Venus und der Mars offensichtlich Atmosphären besitzen. Merkur kommt wegen zu großer Sonnennähe auch nicht in Betracht. Es ist daher nach Meinung der Autoren möglich, die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung der Mondoberfläche durch die auf der Erde gefundenen Tektite vorzunehmen.

In dieser Gruppe interessierten noch folgende Arbeiten:

„Strahlungsgefahr durch Sonnenflare und Methoden ihrer Voraussage“ (A. B. Severny, V. K. Prokofjeff, Akademie der

Wissenschaften der UdSSR). Bei bemannten interplanetaren Flügen stellen die von der Sonne ausgehenden Korpuskularstrahlen für die Kosmonauten eine große Gefahr dar, zumal diese Strahlung bei bisher nicht vorauszusehenden Sonnenausbrüchen auftritt. Die von den Verfassern entwickelte Voraussage von Flares gestattet bei einer Weiterentwicklung des Verfahrens den auf dem Flug befindlichen Kosmonauten, den Korpuskularstrahlen durch Kursänderung auszuweichen.

J. Godomski (Polnische Astronautische Gesellschaft, Warschau) berichtete über „Die ökosphärischen Folgen der Haselgrose“, Hoyle-Schwarzschild-Theorie der Sonnenstrahlung“.

In der Fortführung seiner Arbeiten wendet Godomski die ökosphärischen Formeln auf unser Planetensystem an, wobei er die neuere Theorie der Sonnenentwicklung von Haselgrose, Hoyle und Schwarzschild berücksichtigt. Durch die in den nächsten sechs Milliarden Jahren zu erwartende Leuchtkraftzunahme der Sonne verschiebt sich die Ökosphäre in unserem Planetensystem langsam nach außen. Daher werden sich nacheinander an den Oberflächen der Planeten Mars, Jupiter und Saturn für irdisches Leben erträgliche Temperaturen einstellen, während Venus, Erde und später Mars und Jupiter nacheinander überheizt werden.

Nach Godomskis Ansicht ist somit in einigen Milliarden Jahren eine Übersiedlung der Menschheit zu den äußeren Planeten erforderlich. Die Weiterentwicklung der Sonne zu einem Weißen Zwerg bringt eine schnelle Schrumpfung der Ökosphäre mit sich, so daß auf keinem Planeten unseres Sonnensystems erträgliche Temperaturen herrschen. Die Menschheit wäre dann gezwungen, zu Begleitern anderer Fixsterne auszuwandern.

In der Sektion „Planetensystem“ fand der Vortrag von G. M. Kohler (General Electric, USA) über die „Bedeutung der Asteroiden im Weltraum-Programm“ besondere Beachtung. Die Bedeutung der kleinen Planeten in der Raumforschung ist noch nicht richtig erkannt. Es gibt unter den bisher entdeckten kleinen Planeten eine Reihe von Körpern, die auf ihren Umlaufbahnen um die Sonne der Erde relativ nahe kommen können. Die bisherigen Beobachtungsmethoden reichen jedoch nur bei einigen von ihnen zu einer exakten Bahnbestimmung aus. Es ist daher eine wichtige wissenschaftliche Aufgabe, durch ein internationales Programm diese „Nah-

läufer“ zu erfassen und ihre Bahn zu bestimmen. Danach könnte man daran denken, auf diesen natürlichen Weltraumkörpern Raumschiffe zu landen und unmittelbare Untersuchungen anzustellen nach der Oberflächenbeschaffenheit, chemischen Zusammensetzung, Suche nach Lebensspuren und Altersbestimmung. Infolge ihrer relativ kleinen Masse können diese natürlichen Raumkörper durch relativ geringe Schubkräfte in Umlaufbahnen um die Erde gezwungen werden, wo sie nunmehr als „künstliche“ Satelliten die Basis für größere Forschungseinrichtungen und Stützpunkte für Raumexpeditionen darstellen.

In dieser gleichen Gruppe wurde der Vortrag von H. Lambrecht und K. H. Schmidt (Universitätssternwarte Jena) „Einige astrophysikalische Aspekte der Astronautik“ mit Anerkennung aufgenommen.

Auf dem Gebiet der Physik der hohen Atmosphäre, die nach den Fernmeldesatelliten die stärkste Arbeitsgruppe mit zehn Vorträgen war, sind mit einer Ausnahme alle Beiträge von den aktiv Forschung treibenden Ländern UdSSR und USA gebracht worden. Offensichtlich geben die früher weit verbreiteten indirekten Methoden keine ausreichenden Informationen, wie die Messungen von Satelliten sind. Der Einfluß der Ionosphäre, die Ionisation der oberen Atmosphäre durch solare kurzwellige Strahlung, das Studium der Lyman-Linie im Weltraum, die Grenzregion des geomagnetischen Feldes, das Einfangen geladener Teilchen durch das geomagnetische Feld sowie die Intensität der X-Strahlung der Sonne in der Nähe des Wellensenders des Spektrums waren Gegenstand der Vorträge.

Interessant war in diesem Zusammenhang der Bericht über die Erprobung einer Saturn-Stufe C 1 (D. A. Lundquist, USA), bei der die beiden oberen Stufen durch wassergefüllte Atrappen mit insgesamt 95 Tonnen „Nutzlast“ gebildet wurden. In 104 km km Höhe wurde durch eine mitgeführte Sprengladung diese Wassermasse plötzlich befreit und durch optische Einrichtungen die Ausbreitung der entstandenen Eiskristall-Wolke registriert. Der Wolkendurchmesser wurde mit 16 km gemessen. Die Wolkenbewegung wurde vermessen.

Über das Gebiet der Bioastronautik besteht ein von Frau Dr. Jahne, Mitglied der DAG, in „Das Deutsche Gesundheitswesen“, Heft 5/1963, S. 210, veröffentlichter Kurzbericht.

Parallel zu den angeführten wissenschaftlichen Vorträgen lief das 5. Weltraumrecht-Kolloquium, über das wir leider keine ausreichenden Informationen besitzen. Um Ihnen einen Einblick der dort behandelten Problematik zu geben, möchte ich Ihnen die aus anderen Quellen entnommenen Themen nennen:

Markow (Bulgarien): „Die wesentlichsten Grundsätze des Internationalen Weltraumrechts“

M. S. Juffe: „Vertrauen in den internationalen Brauch und in die Hauptprinzipien im Wachstum des Weltraumrechts“

E. Golloway (USA): „Das Komitee der Vereinten Nationen für die friedliche Nutzung des Weltraumes“

W. A. Hymann: „Die Magna Charta des Weltraumes“

E. L. Fasan: „Gesetz und Frieden für Himmelskörper“

S. Gross: „Die Zukunft der Weltraumbehörde“

P. H. Sawitz: „Nachrichtensatelliten und freies Unternehmertum“

H. Caplan (Großbritannien): „Anarchie für Anfänger“

*

Ich habe nunmehr versucht, im Rahmen eines Vortrages die wesentlichsten Ereignisse des XIII. IAF-Kongresses darzulegen und Ihnen die Informationen zu vermitteln, die für unsere Arbeit von Bedeutung sein können. Wir haben bereits bei der Zusammenstellung des Reiseberichtes die Feststellung machen müssen, daß durch eine noch bessere Vorbereitung die Auswertung der bei derartigen globalen Veranstaltungen anfallenden Informationen in ihrem Wirkungsgrad noch gesteigert werden kann. Bei den nächsten ähnlichen Veranstaltungen müssen wir das unbedingt berücksichtigen.

Aus den Verpflichtungen, die sich für die Deutsche Astronautische Gesellschaft ergeben, kann man folgende drei Hauptaufgaben nennen:

1. Weitgehende Erfassung und Auswertung aller technisch-wissenschaftlichen Informationen.
2. Schaffung von Ausbildungsunterlagen für die eigene Qualifizierung und anderer mit der Weiterbildung astronautischer Kenntnisse beauftragter Personen.
3. Vorbereitung der aktiven wissenschaftlichen Teilnahme an nationalen und internationalen wissenschaftlichen Veranstaltungen.

1.

Nach der durch den Beschluß der Regierung erfolgten Verlagerung der Kapazität der Luftfahrtindustrie in andere Industriezweige gibt es keine an der unmittelbaren Auswertung raketentechnischer und astronautischer Literatur in der DDR interessierten Stellen. Die dem Ministerium für Verkehr, HA Zivile Luftfahrt, unterstellten Dienststellen beschäftigen sich ausschließlich mit solchen Fragen, die den Luftverkehr betreffen. In anderen Institutionen werden Teilprobleme der Astronautik bearbeitet, wie z. B. in den astrophysikalischen Instituten, im Heinrich-Hertz-Institut der Akademie, im Institut für Ionosphärenforschung u. a. Die dort gesammelten Informationen werden in der Regel nicht für die Bearbeitung für andere Stellen herausgegeben. Eine ganze Reihe von Teilgebieten, insbesondere technische und technologische Fragen, werden überhaupt nicht bearbeitet. Hier sollte aber ein ganz besonderes Interesse bestehen, da die auf diesen Gebieten gewonnenen speziellen Erkenntnisse für die Technik von größter Bedeutung sind.

Es sind demnach eigentlich zwei Aufgaben zu lösen:

A. Sammlung der in anderen Institutionen vorhandenen und anfallenden Informationen, Systematisierung und Vervielfältigung. Ohne auf technische Einzelfragen eingehen zu wollen, muß zunächst eine Zusammenstellung aller in der DDR an dieser Thematik – im weitesten Sinne – arbeitenden Institutionen angefertigt und Verhandlungen über die Nutzung dieser Informationen, deren zweckmäßiger Aufbereitung u. ä. geführt werden.

B. Bearbeitung der Informationsquellen, die Informationen über solche Gebiete bringen, die an keiner anderen Stelle in der DDR bearbeitet werden.

Hierzu ist zunächst einmal der Bestand an Informationsquellen in den Bibliotheken zu ermitteln. Es handelt sich selbstverständlich um Periodica. Es ist bekannt, daß von der Staatsbibliothek, von der Zentralbibliothek des Verkehrsministeriums, der Bibliothek der TU Dresden und anderen Institutionen raketentechnische und astronautische Literatur bezogen wird. Nach der Ermittlung des Bestandes müssen konkrete Möglichkeiten der Bearbeitung gefunden werden.

Es übersteigt nach meiner Auffassung die Kraft der DAG, einen eigenen Dokumentationsdienst aufzubauen. Es müssen Wege gefunden werden, die zu einer Nutzung der für andere Zwecke eingesetzten technischen Einrichtungen auch für uns führen. Die bisherigen Untersuchungen haben ergeben, daß die zusätzlichen Mittel hierfür gar nicht so bedeutend sind. Die Hauptfrage liegt in dem Finden geeigneter Lektoren, die die anfallende Literatur ständig bearbeiten. Hier gibt es große Möglichkeiten für die aktive Mitarbeit unserer Mitglieder. Ich halte es für dringend notwendig, über diese Frage eingehend zu beraten.

Nach der Klärung der Frage der Informationssammlung und Aufbereitung noch einige Worte über die Informationsauswertung.

Da ja der Hauptzweck einer Sammlung von Informationen in ihrer Auswertung liegt, muß dieser Gesichtspunkt bereits bei der Aufbereitung berücksichtigt werden. Hierzu ist es zunächst einmal notwendig, den Kreis der potentiellen Nutzer festzustellen. Es wäre nach meiner Auffassung nicht richtig, durch Umfrage die Interessenten zu erkunden. Auf diese Weise erzielt man nirgends einen Fortschritt. Es müssen zunächst gründliche Überlegungen darüber angestellt werden, wie die Erkenntnisse der Raumforschung und Raumfahrt für andere Zwecke, insbesondere in unserer Volkswirtschaft, angewendet werden können. Nach Anfertigung einer solchen Studie und weiterer Analysen müssen die ermittelten potentiellen Bedarfsträger angesprochen und ihnen der ausgearbeitete Vorschlag, am besten mit einem praktischen Muster, unterbreitet werden. Aus den Rückäußerungen kann man dann noch die speziellen Wünsche erfahren und eventuell mit einarbeiten.

Ich halte diese Arbeit zur Erzielung eines ökonomischen Nutzens für sehr dringlich.

2.

Zur Bewältigung der Informationstätigkeit auf einem hohen Niveau, zur Qualifizierung aller der mit Fragen der Astronautik beruflich arbeitenden Menschen sind einwandfreie wissenschaftliche Unterlagen notwendig. In der DDR sind keine

Voraussetzungen vorhanden, über den Weg der Verlage Fachliteratur über Astronautik im weitesten Sinne des Wortes zu erzeugen. Noch nicht einwandfrei geklärt ist die Frage des Verlegens von Übersetzungen sowjetischer Literatur. Es ist nicht zu erwarten, daß sich die Lage auf diesem Gebiet in den nächsten Jahren ändert. Ich schlage daher vor, daß die DAG geeignete Wege sucht, um diese Fachliteratur zum Zwecke der Weiterbildung der eigenen Mitglieder, der Ausbildung des Nachwuchses u. a. selbst zu schaffen. Hierbei muß schnellstens die noch vorhandene Erfahrung der ehemaligen Fachkräfte herangezogen werden. Fehlendes ist durch systematische wissenschaftliche Tätigkeit zu ergänzen. Um diese Arbeit in Gang zu bringen, bin ich bereit, noch in diesem Jahr eine Arbeit im Umfange von etwa 100 Maschinenseiten über die physikalischen und technischen Grundlagen der Steuerung von Flugkörpern im luftgefüllten und luftleeren Raum im Manuskript anzufertigen. Über das zu wählende Niveau muß in diesem Kreis beraten werden. Ich bin der Auffassung, daß wir hier hohe Forderungen stellen müssen, die jedoch nicht so weit gehen sollen, daß sie zum Entwurf solcher Anlagen dienen können.

Ich hoffe, daß sich aus unserem Kreise weitere Mitarbeiter finden, und schlage die Bildung eines Redaktionskollegiums vor, das die einheitliche Gestaltung, Verwendung einheitlicher Bezeichnungen und Formelzeichen, das einheitliche Niveau und die Thematik koordiniert.

Aus den Kreisen der Mitglieder unserer Gesellschaft, die an Institutionen arbeiten, an denen Randgebiete der Weltraumforschung bearbeitet werden können, müssen Anregungen kommen, um die Institutionsleitungen zu überzeugen, daß durch die Bearbeitung wissenschaftlicher Probleme unter astronautischen Aspekten die Möglichkeit einer Mitarbeit im internationalen Maßstab besteht. Zu diesem Zwecke schlage ich vor, daß sich aus unseren Reihen eine Kommission bildet, die eine Analyse derartiger potentieller Möglichkeiten in der DDR vornimmt. Das Ziel muß sein, zum IAF-Kongreß im Jahre 1964 in Warschau mit mindestens zwei Beiträgen aufzutreten. Hierzu müssen die Arbeiten bis etwa Mai 1964 eingereicht werden. Die Unterstützung der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin muß zu dieser Frage besonders gewonnen werden.

Vortrag zur Mitgliederversammlung der DAG am 27. April 1963

Arbeitsgruppe Dokumentation gebildet

Die anlässlich der Mitgliederversammlung gebildete Arbeitsgruppe Dokumentation führte am 4. Mai 1963 ihre konstituierende Sitzung durch. Unter anderem wurde folgender Beschluß gefaßt:

Die Mitglieder werden gebeten, die Informationen über ihren Literaturbestand durch Mitteilungen an das Präsidium auf dem laufenden zu halten.

Für die künftige Dokumentationsarbeit sollen die Mitglieder gleichzeitig um eine Angabe ersucht werden, ob ihnen aus beruflicher Tätigkeit oder in zugänglichen Bibliotheken Zeitschriften

der Astronautik oder solche, die in ihrem Themenkreis Abhandlungen spezieller Astronautik-Untergebiete enthalten, leicht zugänglich sind. Damit soll für künftige referierende Tätigkeit der Mitglieder vorgearbeitet werden.

In diesem Zusammenhang wird auch um Angabe der Sprachkenntnisse gebeten.

Außerdem wurde auf der Mitgliederversammlung am 27. April 1963 noch die Arbeitsgruppe „Astronautik und Schule“ gebildet, die am 19. Juni 1963 ihre erste Zusammenkunft in Berlin hatte.

»Astronomische Rundschau«

Von dieser Veröffentlichung des Zentralen Fachausschusses Astronomie des Deutschen Kulturbundes in den Jahren 1959 bis 1962 sind noch folgende Jahrgänge erhältlich:

Jahrgang 1959, Heft 1–6, für 6,— DM

(von Heft 1–5 sind nur noch wenige Exemplare vorrätig)

Jahrgang 1960, Heft 1–6, für 5,— DM

Jahrgang 1961, Heft 1–6, für 5,— DM

Jahrgang 1962, Heft 1–6, für 6,— DM

Bestellungen auch auf Einzelhefte (1,— DM) nimmt der Deutsche Kulturbund, Bundessekretariat — Abteilung Natur und Heimat —, Berlin C 2, Littenstraße 79 a entgegen.

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	1	Ausstellung über die Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt . . .	31
Glückwünsche zum zweiten sowjetischen Gruppenflug	2	H. Pfaffe: Elektronenoptik im Dienste der Astronomie	37
H. Pfaffe: Technische Probleme des zweiten bemannten Gruppen- fluges	3	K. H. Neumann: Die Ökosphäre Veränderlicher Sterne	38
Dr. Ing. F. Ruhle: Aspekte der Weltraumfahrt in Ost und West . .	5	Amateure beobachten und berichten W. Fröhlich: Volkssternwarte Jonsdorf	40
Prof. Dr. G. Reintanz: Fragen des Weltraumrechts vor der XVIII. UNO-Vollversammlung	13	H. Wolf: Jahresbericht der Astro- nomischen Arbeitsgemeinschaft Urania, Jena, für das Jahr 1962 .	41
Prof. E. Penzel: Teilbericht über die Konferenz der Vertreter von Satellitenbeobachtungsstationen sozialistischer Länder über Fragen der fotografischen Vermessung künstlicher Satelliten in Leningrad	15	H. Müller, E. Schütz: Sonnenflek- ken-Beobachtungen	42
K. H. Neumann: Strahlungsmes- sungen mit Kosmos III und V . .	19	K. H. Neumann: Astronomische Informationen	44
H. D. Naumann: Der Start von „Syncom I“	22	Aus der Literatur	47
Prof. Dr. Sandig: Ist der Mond unpünktlich?	23	Buchbesprechungen	48
Dipl. Phys. A. Suckow: Bestim- mung des Durchmessers von Mond-Ringgebirgen mit einfachen Mitteln	28	Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft Dr. Ing. F. Ruhle: Der XIII. IAF- Kongreß und die Aufgaben der Deutschen Astronautischen Gesell- schaft	51
		Arbeitsgruppe Dokumentation gebildet	63

Herausgeber: Deutscher Kulturbund, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Deutscher Astronautischer Gesellschaft – Redaktion: Herbert Pfaffe, Chefredakteur, Joachim Berger, Karl-Heinz Neumann, Edgar Otto – Redaktionsbeirat: Dipl. Astron. E. Bartel, Prof. Dr. Joh. Hoppe, Prof. Dr. Lambrecht, Prof. E. Penzel, Dr. Ing. F. Ruhle, Dr. K. H. Schmidt, Prof. D. Wattenberg, Prof. Dr. Wempe.

Titelgestaltung und Zeichnungen: H.-G. Urbschat

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1963 mit drei Doppelheften, Bezugspreis 9,- DM pro Jahrgang. Doppelheft 3,- DM einschließlich Zustellgebühr – einzuzahlen per Postanweisung unter Kennwort „Astronomie und Raumfahrt“ an die Abt. Natur und Heimat des Bundessekretariats des Deutschen Kulturbundes Berlin C 2, Littenstraße 79a.

Versand: Deutscher Kulturbund, Bundessekretariat, Abteilung Natur und Heimat, Berlin C 2, Littenstraße 79a. Fernsprecher 51 53 84/85. Bestellungen nehmen die Redaktion und die Abteilung Natur und Heimat des Deutschen Kulturbundes entgegen.

Lizenznummer: 1490/63 – Druckerel: VEB (K) Druckerel Apolda – V 19 8 1187



Astronomie und Raumfahrt

Bald totales Rendezvous

HERBERT PFAFFE

Die Himmelsbrüder Nikolajew und Popowitsch sowie Tereschkowa und Bykowski erreichten bei ihren Gruppenflügen eine maximale Annäherung von 6 bzw. 5 km im erdnahen Kosmos. Diese großartige Annäherung wurde ohne zusätzliche Triebwerke der Raumschiffe vom Typ Wostok erreicht. Mit dem Start und den absolut erfolgreichen Experimenten des ersten manövrierfähigen Raumflugkörpers der Erde, „Poljot 1“, ist die Lösung des Problems eines totalen Rendezvous im Weltall, das heißt, die feste Verbindung von zwei oder mehreren Raumschiffen im Weltall in handgreifliche Nähe gerückt. Das ist die wichtigste Schlußfolgerung, nachdem die Sowjetunion, abermals als erstes Land der Erde, eine neue Etappe in der Weltraumfahrt eingeleitet hat.

„Poljot 1“ führte komplizierte Seitenmanöver durch, änderte seine Bahnebene, wechselte die Höhe und erreichte die vorgesehene Endbahn. Damit sind unsere bisherigen Vorstellungen von dem, was in der nächsten Zeit zu erreichen wäre, ganz erheblich übertroffen worden. Der neue Raumflugkörper kann seine Bahn nicht nur in bezug auf die Höhe verändern, sondern er kann auch durch seitlich angebrachte Triebwerke die Bahnneigung, das heißt den Winkel zwischen seiner Umlaufbahn und dem Erdäquator und die Lage des auf- und absteigenden Knotens seiner Bahn, also die beiden Schnittpunkte seiner Bahn mit dem Erdäquator, verändern. Durch abwechselndes oder auch gleichzeitiges Zünden der in Flugrichtung und der seitlich angebrachten Triebwerke erzielt man Steuerungseffekte, die es dem Raumflugkörper gestatten, weite Räume des erdnahen kosmischen Gebietes zu durchforschen.

„Poljot 1“, dessen Bahn anfänglich zwischen 339 und 592 Kilometer lag, hat am Ende seiner vielseitigen Manöver mit Hilfe eines Raketentriebwerkes seine Bewegung beschleunigt, so daß er nunmehr auf einer relativ hochliegenden und stark elliptischen Bahn die Erde umrundet. Bei dem jetzigen Perigäum von 343 km und dem Apogäum von 1437 km wird der Raumflugkörper, falls nicht noch neue Manöver eingeleitet werden, für eine sehr lange Zeit die Erde umkreisen. Die Bahn von „Poljot 1“ reicht tief in den ersten, untersten Strahlungsgürtel der Erde hinein, der in rund 500 km Höhe über der Erdoberfläche beginnt. Bemannte Raumflüge sind in diesem gefährlichen Bereich bisher bewußt vermieden worden. Längere Untersuchungen dieses Bereiches mit „Poljot 1“, dem sicher noch weitere Raumflugkörper dieser Art folgen werden, sind von wichtiger Bedeutung für die Festlegung weiterer Raumflugbahnen bemannter Raumschiffe, die sich im Einzel- und Geschwaderflug um die Erde bewegen werden.

Von eminent großer Bedeutung ist die Lösung des Rendezvousproblems in der Zukunft für folgende Experimente:

1. Für die direkte Verbindung von Bausektionen großer bemannter Außenstationen der Erde, die als astronomische Observatorien im Weltall, als raumphysikalische Experimentierstationen und eventuell als Startbasen für interplanetare Flüge dienen werden.

2. Für den in fernerer Zukunft liegenden bemannten interplanetaren und Mondflug, der ohne die Montage von großen Raumschiffen auf einer die Erde umgebenden Parkbahn nicht möglich sein wird.

Beobachtungen von Jupitermondverfinsterungen und Sternbedeckungen als lohnende Aufgaben für Volkssternwarten und Amateurastronomen

Dr. PAUL AHNERT

Die Berechnung der Erscheinungen der Jupitermonde wird seit rund 50 Jahren mit den Elementen von R. A. Sampson (1910) nach einem etwas vereinfachten Verfahren von H. Andoyer (1915) vorgenommen. Diese Methode gibt die Orte in der Bahn auf 0^m001 genau.

Von den Erscheinungen (Vorübergänge der Monde und ihrer Schatten vor der Planetenscheibe, Bedeckungen der Monde durch den Planeten, Verfinsterungen der Monde durch den Jupiterschatten) lassen sich nur die letzteren mit hinreichender Schärfe auch in kleinen Instrumenten beobachten.

Die nicht sehr zahlreichen Beobachtungen einer englischen Beobachtergruppe und des Referenten zeigen übereinstimmend eine Verfrühung der Verfinsterungen gegenüber der Rechnung, die beim I. Mond etwa —1.1 Minute beträgt. Das bedeutet einen Fehler im Bahnort von rund 0^m16.

Nach einer Mitteilung von Prof. Dr. J. Kowalewsky vom Bureau des Longitudes in Paris, wo die Jupitermonderscheinungen berechnet werden, hat man auch dort erkannt, daß eine Neubearbeitung der Bahnelemente notwendig ist. Dafür werden aber dringend weitere neue Beobachtungen gebraucht.

Hier bietet sich dem Liebhaberastronomen ein Arbeitsgebiet, auf dem er mit geringem instrumentellen und zeitlichen Aufwand exakte und wissenschaftlich wertvolle Beobachtungen liefern kann. Mikrometermessungen der Mondpositionen relativ zum Jupiterrand können auch an großen Instrumenten höchstens eine Genauigkeit von 0^m1 geben. Wegen der Gefahr systematischer Fehler vor allem beim Einstellen des Planetenrandes ist die Genauigkeit wahrscheinlich noch geringer.

Dagegen läßt sich das Auslöschen bzw. das erste schwache Aufleuchten bei einer Jupitermondverfinsterung bei einiger Sorgfalt auf ± 0.1 bis ± 0.2 Minuten beobachten. Wenn man annimmt, daß bei der Beobachtung an der Sichtbarkeitsgrenze, wenn der Mond also eben im Himmelshintergrund verschwindet, eine Unsicherheit von ± 0.25 Größenklassen besteht, so werden bei der raschen Helligkeitsabnahme im kritischen Bereich die Zeitfehler für Mond I ± 0.10 Minuten, für II ± 0.15 und für III ± 0.16 Minuten. Das entspricht einem Fehlerspielraum im Bahnort von $\pm 0^{\circ}014$, $\pm 0^{\circ}011$ und $\pm 0^{\circ}006$ und an der Sphäre (zum Vergleich mit Mikrometermessungen) von $\pm 0^{\circ}029$, $\pm 0^{\circ}035$ und $\pm 0^{\circ}029$. Das gilt, wie aus einer vom Referenten gerechneten Tabelle der Helligkeitsabnahme bzw. -zunahme hervorgeht, für kleine Instrumente von 50 bis 63 mm Öffnung, bei denen die Helligkeit des Verschwindens nahe dem sehr hellen Jupiter zu 8^m5 angenommen wird. Für größere Instrumente werden die Verhältnisse noch günstiger, weil der Helligkeitsabfall mit sinkender Helligkeit immer steiler wird, also zeitlich schärfer bestimmt werden kann.

Die auf diese Art beobachteten Zeiten entsprechen allerdings nicht denjenigen, die in den Ephemeriden gegeben werden. Diese geben den Zeitpunkt an, zu dem die

Verbindungsline Sonnenmittelpunkt – Mondmittelpunkt gerade die Jupiteroberfläche tangiert. Dann ist der Mond halb beleuchtet, seine ursprüngliche Helligkeit also erst um $\frac{3}{4}$ Größenklassen gesunken. Da um diese Zeit die Helligkeit erst langsam abnimmt bzw. am Ende der Verfinsterung nur langsam zunimmt, läßt sich diese Beleuchtungsphase zeitlich nur sehr unsicher festlegen, auch wenn man versucht, wie bei Veränderlichenbeobachtungen Vergleiche mit den anderen Monden zu machen.

Die beobachteten Zeiten des Verschwindens bzw. des Wiederauftauchens liegen also später bzw. früher als die Ephemeridenzeiten. Könnte man in jedem Falle den Eintritt und den Austritt aus dem Jupiterschatten unter gleichen Bedingungen beobachten, so würde die Mitte zwischen den beobachteten Zeiten zugleich die Mitte der beobachteten Finsternis sein, die dann unmittelbar mit dem aus der Ephemeride folgenden Wert verglichen werden könnte. Das ist aber nur beim III. und IV. Mond in seltenen Fällen möglich. Beim I. und meistens auch beim II. Mond sind vor der Jupiteropposition nur Eintritte, nach der Opposition nur Austritte aus dem Schatten zu beobachten. Beim III. und IV. Mond werden beide Erscheinungen, auch wenn sie nacheinander zu beobachten sind, meist in verschiedener Höhe über dem Horizont stattfinden. Da bei tiefem Stand die Helligkeit des Mondes infolge der atmosphärischen Extinktion stärker geschwächt wird als bei hohem Stand, ist in diesem Falle noch eine Zeitkorrektur anzubringen. Beim I. und II. Mond müssen aber in jedem Falle die Eintritte vor der Opposition mit den Austritten nach der Opposition verbunden werden, und auch bei den Monden III und IV wird man oft nur den Eintritt bzw. den Austritt beobachten können. Die Bearbeitung erfordert daher umfangreiche Reduktionen, die zweckmäßig an einer Stelle nach einer einheitlichen Methode vorgenommen werden. Der Referent erbietet sich, sämtliche nach der Sternwarte Sonneberg gesandten Beobachtungen zu bearbeiten und mit den Namen der Beobachter zu veröffentlichen.

Damit systematische Fehler vermieden werden, dürfen die Beobachtungsbedingungen während einer Sichtbarkeitsperiode des Jupiter nicht geändert werden, d. h. sämtliche Beobachtungen müssen vom gleichen Beobachter am gleichen Instrument bei gleichbleibender Vergrößerung angestellt werden. Außerdem müssen sich die Beobachter bemühen, auch vor der Opposition möglichst viel Beobachtungen zu erhalten, auch wenn die Verfinsterungen erst nach Mitternacht stattfinden. Ferner sind Angaben über den Luftzustand (Durchsicht, Ruhe) und die genäherten geographischen Koordinaten des Beobachtungsortes erforderlich. Zur Zeitbestimmung genügt eine gute Taschenuhr mit Sekundenzeiger, die am Beobachtungsabend bzw. an den Mittagen vorher und nachher am Zeitzeichen zu kontrollieren ist, eventuell in Verbindung mit einer Stoppuhr.

Eine wesentlich höhere Genauigkeit ist bei Beobachtungen von Sternbedeckungen durch den Mond notwendig. Die Anforderungen an die Optik sind auch hier bescheiden und werden schon vom kleinsten astronomischen Fernrohr erfüllt. Die Zeit sollte aber auf ± 0.1 Sekunde gesichert werden können. Dazu ist als Minimum ein Boxchronometer erforderlich, dessen Stand täglich mittels Zeitzeichen bestimmt wird. Noch besser ist eine astronomische Pendeluhr oder eine Chronographenanlage, wie sie auf manchen Volkssternwarten und den Satellitenbeobachtungsstationen vorhanden ist.

Sternbedeckungen dienen der genauen Beobachtung des Mondortes, die nicht nur für die Theorie der Mondbewegung, sondern auch für die Ermittlung der Unregelmäßigkeiten in der Erdrotation, der sogenannten Fluktuationen, und damit der Bestimmung der Differenz zwischen Weltzeit und Ephemeridenzeit unerlässlich ist.

Der vorstehende Beitrag ist die Kurzfassung eines Vortrages, der auf der V. Zentralen Tagung für Astronomie in Dresden gehalten wurde.

Die Taschenuhr als Stoppuhr

Dipl. Phys. ALFRED SUCKOW

Außer Uhrmacher und Astronomen wissen nur wenige Menschen, daß man nahezu jede Taschen- und Armbanduhr auch als Kurzzeitmesser verwenden kann. Man nutzt die Tatsache, daß diese Uhren mit einem Ankerwerk — ein solches besitzen alle modernen Uhren, außer Chronometer — in einer Sekunde 2,5 vollständige Schwingungen ausführen. Dabei schlägt die winzige Ankergabel 5mal an die seitlichen Begrenzerstifte, wobei die Uhr hörbar „tickt“. Zur Zeitmessung eines in kürzerer Zeit ablaufenden Ereignisses, z. B. eines Durchgangs eines Gestirns durch das Fadenkreuz des Fernrohr-okulars, hält man die Uhr an das Ohr und zählt die Anzahl der in diesem Intervall vernehmbaren Schläge. Das läßt sich nach kurzer Übungszeit sehr gut ausführen. Beim Beginn des Durchgangs zählt man: „Null — Eins — Zwei — Drei“ . . . bis „Zehn“, darauf folgt wieder die „Eins“ usw., aber diesmal ohne „Null“. Um den Rhythmus nicht zu stören, ist es zweckmäßig, stets nur bis „Zehn“ zu zählen und wieder bei „Eins“ zu beginnen. Als Merker für die vollen Zehner benutzt man die Finger der freien Hand. Die Betonung beim Zählen legt man auf die geraden Zahlen.

Die Kurzzeitmessung kann, wenn man bei dem Beispiel des Gestirndurchgangs den „Kontakt“ nicht verpaßt hat, mindestens auf $\pm \frac{1}{5}$ Sekunde genau sein, was doch recht beachtlich ist. Übrigens springt der Zeiger einer Stoppuhr im allgemeinen auch „nur“ im Fünftelsekundenrhythmus vorwärts. Streng genommen ist es deshalb zwecklos, ihr Zifferblatt von einem bestimmten Wert an weiter in Zwischenwerte zu unterteilen. Ein ähnlicher Fehler würde entstehen, wenn es bei einem Rechenschieber nicht möglich wäre, mit der Zunge jeden beliebigen Zwischenwert einzustellen, sondern nur an bestimmten Rasten. Ins Extreme gesteigert finden wir die Ungenauigkeit bei einer Bahnhofsuhr, deren Zeiger nur in jeder halben oder vollen Minute vorwärts springt, obwohl sie für ihre Bestimmung aber meist ausreicht.

Die Zeit in Sekunden ergibt sich nach dem am Anfang Gesagten aus der Anzahl der Schläge durch eine von beiden einfachen und leicht zu merkenden Rechenoperationen:

$$\text{Zeit in Sekunden} = \frac{\text{Anzahl der Schläge}}{5} \quad \text{oder}$$

$$\text{Zeit in Sekunden} = \text{Anzahl der Schläge mal } 0,2$$

Zweckmäßig ist, sich die letzte Formel einzuprägen, da sie für den praktischen Gebrauch einfacher ist. Man multipliziert im Kopf die Schlagzahl mit Zwei und dividiert durch Zehn. Das geht so schnell, daß man nach der letzten, gezählten Zahl praktisch sofort die Zeit in Sekunden nennen kann. Zählte man also die Durchgangszeit eines Mondkraters durch das Fadenkreuz 11 Schläge, so weiß man, daß sie 2,2 Sekunden betrug. Achtung! Diese Formeln sind nicht für einige moderne Damen-Arbanduhren und ältere Wecker verwendbar. Erstere schlagen im allgemeinen in schnellerem (Sechstelsekunden), letztere in langsamerem Takt. Ihre Gesetzmäßigkeit kann man aber von Fall zu Fall leicht ermitteln.

Mit dieser einfachen Methode ist es auch möglich, durch rein akustischen Vergleich die Plus- oder Minus-Gangabweichung einer Uhr (d. h. das Vor- oder Nachgehen) in kürzester Zeit zu bestimmen. Das setzt voraus, daß man eine zweite, sehr genau

gehende Uhr besitzt. Das wird selten der Fall sein. Es genügt aber für eine relative Aussage, wenn man eine Uhr hat, deren Gangabweichung man durch den täglichen Gebrauch kennt. Man hält sich in einem ruhigen Zimmer die „Normaluhr“ und die zu prüfende Uhr gleichzeitig je an ein Ohr und vergleicht die zeitliche Aufeinanderfolge der Tickgeräusche. Um einen definierten Ausgangszustand zu haben, beginnt man am besten von dem Zeitpunkt, an dem man das Ticken beider Uhren im gleichen Takt vernimmt. Dies wird nach einiger Zeit stets der Fall sein, da normale Gebrauchsuhren selten in ihrem Gang völlig übereinstimmen. Schon nach kurzer Zeit geraten die Uhren dann wieder „aus dem Takt“, und man hört nach etwas Übung, welche der beiden Uhren vor- oder nachläuft.

Will man sich nicht mit der bloßen Aussage des Vor- oder Nachgehens zufrieden geben, so kann man durch ein sehr einfaches Verfahren schon nach z. B. 5 Minuten genau angeben, um welche Zeit der „Prüfling“ gegenüber der „Normaluhr“ nach einem Tag abweichen wird. Man verfolgt während einer ganz bestimmten Zeit, die an der genau gehenden Uhr abgelesen wird, z. B. 5 Minuten, wieviel Male die Uhren im gleichen Takt schlugen. Die Zeit zwischen zwei Gleichtaktschlägen entspricht einer relativen Gangabweichung von $\frac{1}{5}$ Sekunde.

Hat man z. B. festgestellt, daß die Uhren in 5 Minuten viermal im gleichen Takt schlugen, so weiß man also, daß während dieser Zeit sich die eine Uhr relativ zur anderen in ihrem Gang um $4 \cdot \frac{1}{5}$ Sekunde entfernte, und zwar vorging oder nachlief, wie man durch den Vorversuch ermittelt hat. Das macht im angenommenen Fall in einer Stunde $\frac{4}{5} \cdot 12$ Sekunden und an einem vollen Tag $\frac{4}{5} \cdot 12 \cdot 24$ Sekunden oder etwa 3,8 Minuten aus.

Welche Anforderungen werden nun an eine Uhr gestellt, mit der der Liebhaber-astronom Kurzzeitmessungen ausführen will? Die größte Wallebene des Mondes auf der der Erde zugekehrten Seite läuft, je nach Entfernung, während etwa 40 Schlägen entsprechend 8 Sekunden durch das Okularfadenkreuz. In dieser Zeit geht die angenommene Uhr mit 3,8 Minuten täglicher Abweichung 0,02 Sekunden verkehrt, das entspricht 0,1 Schlägen. Wer nur einmal versucht hat, die Durchgangszeit eines außerirdischen Objektes zu stoppen, wird erfahren, daß ein so geringer systematischer Fehler gegenüber anderen bei weitem zu vernachlässigen ist. Es läßt sich also für diese kurzen Zeiten jede, nur einigermaßen genau gehende Uhr verwenden. Die Meßgenauigkeit dürfte der einer Stoppuhr nicht nachstehen. Es entfällt aber die Notwendigkeit, bei Rotlicht mehr oder weniger mühsam das Zifferblatt der Stoppuhr ablesen zu müssen, wodurch, vom Zeitverlust abgesehen, das Auge ständig wechselnden Lichtverhältnissen ausgesetzt ist.

Ebene Flächen auf dem Mars

HERBERT PFAFFE

Nach einer Mitteilung des Direktors des Instituts für Radiotechnik und Elektronik bei der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Wladimir Kotelnikow wurde vor kurzem von sowjetischen Radio-Astronomen die Funkortung unseres Nachbarplaneten Mars vorgenommen.

Durch diese Funkortung konnten die sowjetischen Wissenschaftler zahlreiche neue Daten über den Aufbau der Oberfläche des Planeten Mars gewinnen. Diese sind für die Vorbereitung künftiger bemannter interplanetarer Flüge von unschätzbarem Wert. Nachdem bereits vor einiger Zeit sowjetischen Radioastronomen die Funkortung der Oberflächen der Planeten Merkur und Venus gelang, stellen die über den Mars gewonnenen neuen Erkenntnisse einen bisherigen Höhepunkt der sowjetischen radioastronomischen Forschungen dar.

Zur Zeit wird in der Sowjetunion am Institut für Radiotechnik und Elektronik die Auswertung des Materials der Radarbeobachtungen des Planeten Mars abgeschlossen.

Unter den von der Planetenoberfläche reflektierten und auf der Erde als Echo empfangenen Funkwellen befanden sich solche mit der Spektrumbreite von nur 4 Hertz. Das ist von wichtiger Bedeutung im Zusammenhang mit der Rotationsperiode unseres Nachbarplaneten. Mars ist ein verhältnismäßig schnell rotierender Himmelskörper. Er rotiert kaum langsamer als der Erdball, das heißt: er dreht sich in der Zeit von rund 24 Stunden und 37 Minuten einmal um seine Achse. Infolge dieser Tatsache lassen sich radioastronomisch von unserem Nachbarplaneten reflektierte Signale bis zu einer Spektrumbreite von 2200 Hertz erwarten. Die radartechnischen Funkortungen würden mit einer mittleren Frequenz von etwa 700 MHz vorgenommen.

Aus der Tatsache, daß man von dem relativ schnell rotierenden Planetenkörper des Mars ein so schmales Spektrum erhielt, schließen die sowjetischen Wissenschaftler, daß man auf dem Mars ausreichend glatte Horizontalfächen mit einer großen Ausdehnung vorfindet, die sich gut für die Landung künftiger bemannter Raumschiffe eignen würden.

Die von den sowjetischen Forschern beobachtete Reflexion konnte in den festgestellten Frequenzen nur dann erfolgen, wenn die Unebenheiten im Gebiet der Reflexionszone, also an der Oberfläche des Mars, höchstens 10–15 m hoch waren.

Die ausgestrahlte Signalleistung, die auf die gesamte sichtbare Oberfläche des Mars fiel, betrug 1,2 Watt. Die reflektierte Signalleistung entsprach im Durchschnitt dem Rückstrahlungsfaktor von 7 Prozent. Diese Größe unterscheidet sich nur unwesentlich von dem bei der Funkbeobachtung der Venus erhaltenen Rückstrahlungsfaktor, ist aber größer als der Rückstrahlungsfaktor des Erdmondes.

Da die beobachteten reflektierten Funksignale jeweils von dem Teil der uns zugewandten Marshalbkugel kamen, der der Erde am nächsten war, konnte man unter Ausnutzung der relativ schnellen Marsrotation, große Gebiete der Marsoberfläche abtasten. Infolge dieser Marsrotation verschob sich die Lage der Rückstrahlungszone um etwa 500 Kilometer täglich nach der Länge und um 7 Kilometer

nach der Breite. Diese Differenz ist als ein Ergebnis des Unterschiedes zwischen der schon genannten Marsrotation und der Erdrotation von rund 23 Stunden und 56 Minuten zu werten.

Das von den sowjetischen Gelehrten erforschte Gebiet liegt auf der Nordhalbkugel des Planeten. Dort herrschte gerade Sommer. An der beobachteten Stelle befinden sich ausgedehnte Kontinente, über denen die Sonne ungefähr im Zenit stand. Deshalb hat die Bodentemperatur nach astronomischen Annahmen über dem Nullpunkt gelegen.

Die Funkortung des Planeten, die während der Marsopposition zur Sonne erfolgte, gab außerdem die Möglichkeit, die Länge der Astronomischen Einheit, des Grundmaßes in unserem Planetensystem, genau zu überprüfen. Die neugewonnenen Erkenntnisse bedeuten einen sehr wichtigen neuen Beitrag zur Erforschung des Weltenraumes, sie legen erneut Zeugnis ab vom Welthöchststand der sowjetischen Wissenschaft.

Geometrische und Wellen-Optik in der Astronomie

Ing. MAX RÖTSCH

Die Erfindung des Fernrohres löste eine Lawine von neuen Problemen in der optischen Wissenschaft aus. Nachdem der erste Rausch der Entdeckerfreuden vorbei war, beschäftigten sich nur noch wenige Menschen mit Fernrohren, es waren meist diejenigen, die diese Instrumente wissenschaftlich benutzten, wie z. B. Galilei, Kepler, Christoph Scheiner, Johannes Wiesel und andere. Die wissenschaftliche Anwendung des Fernrohres stellte begreiflicherweise auch höhere Anforderungen an das Instrument. Es ist nur verständlich, wenn der Wunsch nach stärkeren Vergrößerungen und besserer Bildgüte, d. h. nach einer Steigerung des Auflösungsvermögens der Optik laut wurde. Aber auch die theoretisch Ungeschulten schätzten den Wert eines Fernrohres nach der Höhe der Vergrößerung ein. Was waren aber die Ursachen für die damals erzielte schlechte Bildgüte bei steigender Vergrößerung? Einmal waren die optischen Linsen in ihrer Korrektur sehr unvollkommen und primitiv, ebenso war die Leistungsfähigkeit der Spiegel gering befriedigend. Die auftretenden sphärischen und chromatischen Aberrationen (Abweichungen) wirkten sich bei der Beobachtung der Gestirne störend aus. Auch steckten die technischen Einrichtungen, d. h. die Mechanik der Instrumente noch in den Kinderschuhen. Nicht zuletzt wirkte sich auch der Einfluß unserer Atmosphäre störend aus. Verfolgt man die Geschichte der Entwicklung der Fernrohre bis in die Gegenwart, so kommt man zu dem Schluß, daß die Entwicklung ein unablässiger Kampf um die Beseitigung bzw. Verringerung

dieser Mängel ist. Triebfeder sind die immer höheren Ansprüche, die von den Astronomen an die Leistung des Fernrohres gestellt werden. In der fortschreitenden Vervollkommenung gab es keinen Stillstand, und es wird ihn auch heute nicht geben. Doch kann man bei näherer Betrachtung der Entwicklung sagen, daß der Verlauf durchaus sinnvoll war. Das Tempo war den Fortschritten der Astronomie recht gut angepaßt. Die Fernrohrbauer konnten im allgemeinen mit der Anforderung der Astronomen Schritt halten.

Welche Aufgaben mußten für die Verbesserung der Leistungsfähigkeit des Fernrohres zuerst gelöst werden?

Erstens mußte der Strahlenverlauf in den verschiedenen Fernrohrtypen theoretisch ermittelt werden, um die günstigsten Linsenkombinationen auswählen zu können; zweitens waren die Ursachen für die minderwertige Optik zu suchen, die eine unbefriedigende Bildgüte gab. Man mußte hier die Fehler feststellen. Drittens war eine wesentliche Verbesserung der Schleif- und Poliertechnik notwendig.

Was den ersten Punkt anbetrifft, so hatte Kepler schon den Anfang gemacht. Ein Fortschritt konnte jedoch nur erzielt werden, wenn die Lichtbrechung bei einem Übergang von einem Medium in ein anderes, d. h. von Medien mit unterschiedlichen Brechungsindex genau und richtig angegeben werden konnte, also wenn das Brechungsgesetz gefunden war. Dieses Gesetz bildet nun einmal die Grundlage der ganzen Dioptrik, und ohne Brechungsgesetz waren alle Bemühungen der Wissenschaftler der damaligen Zeit nur mehr oder weniger große Annäherungen an die Wirklichkeit.

Von Kepler ist bekannt, daß er sich um die Aufstellung dieses Gesetzes bemüht aber keinen besonderen Erfolg gehabt hat. Das richtige Gesetz zu finden, war wenig später dem genialen holländischen Mathematiker Willebrod Snellius beschieden. Er lebte von 1591 bis 1626. Er ist durch eine von ihm ausgeführte Gradmessung (zur Bestimmung der Größe der Erde) bekannt geworden, bei der er als erster die für die Vermessungstechnik wichtige Methode der Triangulation anwandte. Die Abhandlung über das Brechungsgesetz fand man in seinem wissenschaftlichen Nachlaß. Sie wurde erst im Jahre 1662 von Isaak Vossius veröffentlicht. Snellius hatte als Gegenstand seiner Experimente ein Gefäß mit Wasser benutzt und beobachtet, wie ein am Boden befindliches Objekt gehoben schien. Das Experiment war an sich uralte, Euklid hatte es schon fast 2000 Jahre früher ausgeführt. Neu und von ganz grundsätzlicher Bedeutung war die Feststellung, daß das Verhältnis der Strahlenstrecken (Einfall- und Ausfallstrahl) konstant bleibt, ganz gleich, unter welchen Winkeln der Strahl von einem Medium in das andere fällt. Snellius fand die Formel für diese Beziehung

$$\frac{\cos \epsilon}{\cos \zeta} = n$$

worin ϵ der Einfallswinkel, ζ der Brechungswinkel und n eine konstante Zahl ist, die wir heute die Brechzahl (auch Brechungsindex oder Brechungsexponent) nennen. In einer etwas anderen Form wurde einige Jahre später, nachdem Snellius dieses Gesetz bereits gefunden hatte, dasselbe von dem berühmten französischen Mathematiker Descartes veröffentlicht. Seine Formel heißt:

$$\frac{\sin \epsilon}{\sin \zeta} = n$$

Auf die reine Theorie werden wir später gesondert zurückkommen.

Mit dem Brechungsgesetz wurde für den Bau optischer Instrumente die wichtigste theoretische Grundlage geschaffen. Im 17. Jahrhundert fanden eine Reihe von Versuchen statt, die Brennweiten und Bildweiten von Linsen mathematisch zu ermitteln.

Daß die beiden bedeutendsten Erfindungen der damaligen Zeit: das Fernrohr und das Mikroskop, der Anlaß waren, ist selbstverständlich.

Das Wissensgebiet der Strahlenoptik ist also aus dem Bedürfnis nach möglichst ideal abbildenden optischen Instrumenten entstanden und besonders im Zusammenhang mit dieser praktischen Aufgabe entwickelt worden. Die Strahlenoptik wird zumeist als „geometrische“ Optik bezeichnet im Gegensatz zur „Wellenoptik“. Doch ist die Gegenüberstellung recht unzutreffend, da das, was man mit „geometrischer“ Optik bezeichnen will, ebenfalls Wellenoptik darstellt, sogar so weitgehend, daß die Vorstellung von ungestörter Ausbreitung der Wellen auch da aufrechterhalten wird, wo dies wegen der auftretenden Diffraktionsvorgänge nicht mehr zulässig ist, nämlich im Bildraum.

Um zunächst eine kleine Übersicht über die in optischen Systemen entstehenden Bildfehler zu gewinnen, nennen wir nachstehend sieben besonders typische und voneinander unabhängige Fehler in der Abbildung:

1. *Fünf monochromatische Bildfehler*

- a) Öffnungsfehler (positive und negative)
- b) Koma und Rinnenfehler
- c) meridionale Bildfeldkrümmung
- d) sagittale Bildfeldkrümmung
- e) Verzeichnung.

2. *Zwei chromatische Bildfehler*

- f) chromatische Einstelldifferenz
- g) chromatische Variation des Abbildungsmaßstabes.

Zu 1. c) und 1. d) ist zum näheren Verständnis zu erklären, daß man unter „meridional“ die senkrechte Achse und unter „sagittal“ die waagerechte Achse des Strahlenbündels versteht.

Zu 1. a) Öffnungsfehler treten sowohl positiv als auch negativ auf. Man spricht von positiven Öffnungsfehlern, wenn die mehr geöffneten Lichtstrahlen die optische Achse des Bündels früher schneiden als die dem Hauptstrahl unmittelbar benachbarten Strahlen. Im anderen Falle heißt der eintretende Strahlenfehler negativer Öffnungsfehler. Man nennt beispielsweise ein Strahlenbündel für eine bestimmte Öffnung der Strahlen korrigiert (sphärische Korrektion), wenn der dieser Öffnung entsprechende Strahl gleichfalls durch die Spitze der Kaustik – das ist die Brennfläche – hindurchgeht.*) Man bezeichnet dann die Abweichungen der anderen Strahlenschnittpunkte von der kaustischen Spitze gegen den Hauptstrahl, als Zonen des Öffnungsfehlers. Man kann diese Zonen gut beobachten, wenn man vor eine Lichtquelle eine Linse oder einen Spiegel stellt und das Bild der Lichtquelle auf einen Schirm wirft. Die erwähnten Bildfehler eines optischen Systems sind die Folge mangelnder Symmetrieeigenschaften des Systems in bezug auf ursprünglich „homozentrische“, d. h. gemeinsam-zentrierte Strahlenbündel. Von allen optischen Systemen haben die weitaus größte praktische Bedeutung diejenigen, welche aus einer Folge brechender Kugelflächen bestehen und bei denen die Krümmungsmittelpunkte sämtlicher Flächen in einer Geraden liegen.

Diese Gerade heißt die Achse des Systems und das System selbst achsenzentriert. Wird ein räumliches Strahlenbündel, das von einem Punkte des Objektraumes (P) ausgeht, beim Durchgang durch das optische System so gebrochen, daß es im Bildraum

*) Unter Kaustik oder Brennfläche versteht man diejenige Fläche, welche die Hüllfläche sämtlicher Strahlen eines räumlichen Bündels ist, zu der also alle Strahlen des Bündels tangierend verlaufen.

homozentrisch nach einem bestimmten Punkt — nennen wir ihn P' — ist, so heißt der Punkt P im Sinne der Strahlenoptik „stigmatisch“, d.h. punktförmig nach P' abgebildet. Damit nun eine achsensenkrechte Ebene ideal abgebildet wird, müssen folgende Bedingungen erfüllt werden:

1. Jeder Punkt der Ebene muß stigmatisch abgebildet werden.
2. Die Gesamtheit der Bildpunkte muß wieder eine achsensenkrechte Ebene erfüllen.
3. Das Verhältnis des Abstandes zweier beliebiger Bildpunkte zu dem Abstand der zugehörigen Objektpunkte, der Abbildungsmaßstab, muß innerhalb der ganzen Bildebene konstant sein.

Nur wenn auch die dritte Bedingung erfüllt ist, ist das Bild dem Objekt in allen Teilen ähnlich. Den wichtigen Fehler, der bei Nichterfüllung dieser Bedingungen in Erscheinung tritt, ist der störende Verzeichnungsfehler. Es gibt tonnen- und kissenförmige Bildverzeichnung.

Soviel zunächst über Bildfehler im allgemeinen. In der nächsten Folge werden die oben erwähnten sphärischen und chromatischen Fehler in Skizzen näher erläutert werden. Ebenso werden die Bezeichnungen und Benennungen bzw. Ausdrücke in der modernen Optik erklärt.

Zwei neue Entdeckungen auf dem Gebiete der LASER-Strahlungen

Ing. MAX RÖTSCH

Ungeahnte Verstärkung der Lichthelligkeit in der Astronomie.

Als der amerikanische Physiker Townes in Cambridge (USA) vor etwa 3 Jahren, um theoretische Voraussagen zu prüfen, einen Versuch mit einem Rubinkristall ausführte, leuchtete zum ersten Male in der Welt seit ihrem Bestehen ein Strahl reinen Lichtes einer einzigen Wellenlänge auf. Es war ein glücklicher Zufall, daß Townes beim ersten Versuch mit Laser einen Rubin gewählt hatte. Man weiß heute, nachdem Hunderte von Materialien erprobt worden sind, daß der Rubin einer der leistungstärksten Laser-Kristalle ist. Die Leistungsfähigkeit eines Lasers hängt weitgehend von der einwandfreien Struktur und von der Größe, besonders von der Länge des Kristalls ab. Unter den neuentdeckten Lasermaterialien spielt z.B. das „Neodym-Glas“ eine besondere Rolle. Neodym ist einer jener Stoffe, die in der Chemie als „seltene Erden“ bezeichnet werden. Laser, die mit dieser Art von Material arbeiten, senden gelbgrünes Licht aus, also ein Licht mit noch kürzerer Wellenlänge als der

Rubin sie erzeugt. Noch besonders zu erwähnen ist Kalkspat mit geringer Uranbeimengung als Laser-Kristall. Er erschloß dem Laser die Verwendung im Fernsignalisieren auch bei trübem Wetter, denn ein mit diesem Kristall ausgerüsteter Laser sendet eine infrarote Welle aus, und Infrarot dringt bekanntlich auch durch Wolken und Nebel.

Unablässig arbeiten Wissenschaftler an der Weiterentwicklung der Laserstrahlung. Man ersinnt neue Möglichkeiten der Energiezufuhr, der Kühlung usw. Kometenhaft schreitet die Vervollkommnung der Laser-Strahl-Geräte vorwärts. Die Anwendungsmöglichkeiten dieser neuen Strahlung sind außerordentlich groß. Ohne Zweifel ist die wichtigste Anwendungsmöglichkeit des Laserlichtes die als Informationsträger. Den extrem kurzen Wellen des Lichtes läßt sich eine entsprechend extrem große Menge von Informationen „aufmodulieren“. Für die Nachrichtenübermittlung eignen sich Gaslaser, die an Stelle von Kristallen mit bestimmten Gasgemischen gefüllte Röhrchen enthalten, besonders gut, denn sie geben einen kontinuierlichen Laserstrahl ab. Es ist theoretisch möglich, bis zu tausend Fernsehsendungen bester Qualität auf einen einzigen Laserstrahl zu übertragen. Der Laser könnte uns also helfen, aus dem Dilemma der dichtbesetzten Frequenzbänder, das bei einigen Frequenzen schon bedrohlich ist, herauszukommen. Bei der Ausbreitung und Fortleitung dieser Strahlen ist jedoch folgendes zu beachten: Sie pflanzen sich geradlinig fort und folgen damit nicht der Erdkrümmung (wie Lang- und Mittelwellen des Rundfunks). Sie werden nicht in der Ionosphäre reflektiert (wie die Kurzwellen). Und schließlich ist die verlustfreieste Weitergabe in dichteren Medien nur durch Hohlleiter möglich, wie im Mikrowellenbereich.

Inzwischen ist eine Neuentdeckung auf dem Gebiete des Laser von Dr. Tarrhun vom Fordlaboratorium in Dearborn gemacht worden, mit der man die Wellenlänge des vom Laser emittierten Lichtstrahls verändern kann. Hierzu genügt es, den Lichtstrahl durch einen Kristall zu schicken, der aus einem Stoff besteht, der seiner Struktur nach dem Ammoniumphosphat nahesteht.

Wenn man den Kristall um seine Achse dreht, kann man am Ausgang Licht jeder beliebigen Wellenlänge erhalten. Diese epochemachende Entdeckung des Dr. Tarrhun erhöht die Anwendungsmöglichkeiten der Laser im Nachrichtenwesen außerordentlich. Zum Beispiel breiten sich Strahlen des reinen grünen Lichtes gut unter Wasser aus. Man kann sie daher für Unterwasserverbindungen, für die genaue Bestimmung von Entfernungen und Tiefen, für die Unterwasserortung verwenden.

Laser-Licht hilft der Astronomie

Dieser ersten Neuheit auf dem Gebiete der Laserstrahlung ist inzwischen eine zweite gefolgt, die gleichgroße Perspektiven für ihre Verwendbarkeit besitzt. Es hat sich gezeigt, daß der Laserstrahl, der ohnehin schon Millionen mal intensiver als die Sonne ist, noch weiter verstärkt werden kann, wenn man ihn durch eine besondere Flüssigkeit lenkt. Die Zusammensetzung dieser Flüssigkeit und der Mechanismus der Erscheinung werden vorläufig noch nicht bekanntgegeben.

Auf dem Wege der Verstärkung und Fokussierung der Laserstrahlen wurden in dem oben erwähnten Dearborner Laboratorium Lichtstrahlen erzeugt, unter deren Einwirkung sich in der Luft elektrische Felder mit einer Spannung bis zu $4 \cdot 10^8$ V/cm bildeten. Nach der Meinung von Dr. Tatthun kann die in seinem Laboratorium entwickelte Methode der Verstärkung der Lichtheelligkeit in der Astronomie angewandt werden. Sie gibt die Möglichkeit, Objekte im Weltenraum festzustellen, die den bisherigen Instrumenten und Geräten unzugänglich waren.

Man wird über Entfernungen von Millionen von Kilometern hin Nachrichtenverbindungen mit anderen Planeten oder Sonnensystemen aufnehmen können. Ein solches Präzisions-Radar, das nahezu verlustlos über riesige Entfernungen arbeitet, gestattet Raketen oder Raumschiffe zu orten und zu lenken. Kleinste Ausschnitte des Mondes sind bereits mittels des LASER-Strahles beleuchtet worden. Die Zukunft wird es lehren, daß man vielleicht in nicht allzulanger Zeit auch Energie drahtlos, d. h. ohne die üblichen Hochspannungsleitungen auf weiteste Entfernungen übertragen kann. Ebenso wie in den USA arbeitet bereits die Sowjetunion seit einiger Zeit mit Lichtgeneratoren (Laser-Strahlen), und letztere erklärte dieses wissenschaftliche Gebiet sogar als Schwerpunkt. In Kürze werden auch wir in unserer Deutschen Demokratischen Republik in der Lage sein, die ersten Lasergeräte für den praktischen Gebrauch in der Neuen Technik herausbringen. Im VEB Carl Zeiss Jena sind die ersten Entwicklungsarbeiten an Lasergeräten abgeschlossen worden, so daß bereits auf der diesjährigen Frühjahrsmesse 1964 in Leipzig ein Sortiment von Gas- und Festkörperlasern gezeigt werden soll. Diese Geräte ergeben für die Wissenschaft und Technik kaum zu übersehende Perspektiven in ihrer Anwendungsmöglichkeit. Das trifft nicht allein für das Nachrichtenwesen zu, sondern erstreckt sich auch auf die Gebiete der Medizin, der Mikrobiologie, der Spektroskopie wie auch der Mikrobearbeitung.

Die Laserstrahlung dürfte in Zukunft eine führende Rolle in der Neuen Technik spielen und noch viele Überraschungen auch auf dem Gebiete der Astronomie und Astronautik von ungeahntem Ausmaße bringen.

Betrachtungen zu dem Problem des „Sonnenwindes“

An Hand von Beobachtungen über die Elektronendichte der Sonnenkorona im Minimum der Sonnenaktivität, die aus Finsternis-Beobachtungen sowie aus Zodiakallichtmessungen erhalten wurden, wird die Theorie über die kontinuierliche Expansion der Korona (des „solaren Windes“) durch A. L. Licht vom Nat. Aeronaut. Space Admin., Goddard Space Flight Center, Theor. Div., Washington D. C., überprüft. In Entfernungen von mehr als 20 Sonnenradien zeigen die Beobachtungen eine höhere Elektronendichte und eine geringere Geschwindigkeit der Elektronen an, als es nach den bisherigen theoretischen Annahmen gefolgert werden kann. Der Verfasser erklärt diese Tatsache dadurch, daß bei den bisher aufgestellten Theorien das solare Magnetfeld vernachlässigt wurde. Werden die magnetischen Kräfte in Rechnung gesetzt, so kommt man zu der Vorstellung, daß die Expansion der Sonnenkorona scheibenförmig und nicht kugelsymmetrisch vor sich geht, wie bis dahin angenommen wurde. Die Bevorzugung der Ebene des solaren Äquators als Expansionsrichtung könnte auch gut die verstärkte Häufigkeit magnetischer Störungen während der Äquinoktien erklären.

J. Geophys. Res. 65 (1960) Nr. 5, S. 1397-1400

Aus der astronomischen Literatur

Korpuskularströme als Erzeuger von Radiostrahlung

R. F. Mullaly vom C. S. I. R. O., Div. Radiophys. der Universität Chippendale, Australien, wertete die Registrierungen der 21-cm-Strahlung der Sonne aus, die seit einigen Jahren täglich in kurzen Zeitabständen ausgeführt werden. Dabei konnte er finden, daß rund 8–9 Minuten nach dem Auftreten von kleinen Bursts Intensitätsspitzen auftreten, die aus Gebieten stammen, die etwa einen Sonnenradius vom Rand der Sonne entfernt sind. In vier Fällen konnte die Beobachtung bei mehreren hintereinander liegenden Registrierungen gemacht werden. Diese sekundären „Radio-Aufhellungen“ waren in zwei Fällen mit optisch zu beobachtenden Surges gekoppelt. Es ist anzunehmen, daß diese Radiostrahlung durch Korpuskularströme von 1000 bis 2000 km/sec Geschwindigkeit erzeugt wird, die sich von aktiven Gebieten der Sonne fortbewegen.

Austral J. Phys. 14 (1961) Nr. 4, S. 540–543

Messung der solaren Radiostrahlung bei 8 cm Wellenlänge

Am Astronomischen Institut der Universität Tübingen wurde ein neues Radioteleskop zur Untersuchung der solaren Strahlung bei 3750 MHz (8 cm) im Jahre 1960 in Betrieb genommen. Es handelt sich um eine 3-m-Parabolantenne mit einer Halbwertsbreite von etwa 2 Grad. Eine parallaktische Montierung sorgt dafür, daß die Antenne ständig der Sonne nachgeführt wird. Der Empfänger ist ein Direkt-radiometer, das das Eingangsrauschen in Gleichspannung umsetzt, die auf einem Schreiber registriert wird und damit ein Maß für die Rauschtemperatur liefert. In dem Wellenlängenbereich von 8 cm zeigt die Sonne zwei Strahlungsanteile, einmal eine sogenannte Grundstrahlung, die über längere Zeit konstant bleibt und mit der Sonnenaktivität gekoppelt zu sein scheint. In dieser ungestörten Grundstrahlung hat die Sonne einen Scheibendurchmesser von $1/2$ Grad. Die Strahlungstemperatur beträgt hierbei etwa 3 bis $4 \cdot 10^4$ Grad K. Ebenfalls thermischer Natur ist ein mit der Fleckenrelativzahl eng gekoppelter Strahlungsanteil, der sich im Laufe einiger Tage verändert. Nicht thermisch angeregt dagegen scheint der Strahlungsanteil zu sein, der in Form von kurzzeitigen Strahlungsausbrüchen gleichzeitig mit Sonnen-eruptionen zu beobachten ist.

Zeitschr. f. Astrophys. 54 (1962) Nr. 1, S. 1–6

Untersuchung der langsam veränderlichen Komponente der solaren Radiostrahlung bei 327 MHz

Am Astronomischen Observatorium des Physikalischen Instituts der Universität Bologna untersuchten G. Mannino, G. Setti und S. Delli Santi die zwischen November 1960 und Mai 1961 durchgeführten Registrierungen der Radiostrahlung der Sonne im Bereich von 327 MHz. Es gelang ihnen, eine eindeutige Korrelation der Intensität dieser Strahlung mit den in diesem Zeitraum sichtbaren Sonnenflecken zu finden. Dabei entdeckten sie, daß die Radiostrahlung jeder aktiven Zone proportional der Fläche der in dieser Zone auftretenden Flecke ist. Dabei mußte die Mitte-Rand-Variation berücksichtigt werden. Es zeigte sich, daß die Strahlungsintensität im

Radiobereich bei einem Winkelabstand von 40 Grad vom Zentrum der Sonnenscheibe um rund 50 Prozent niedriger war. Aktive Strahlungszonen waren meist nach drei Sonnenrotationen nicht mehr festzustellen. Die Grundkomponente der gemessenen Radiostrahlung entsprach einer Helligkeitstemperatur von rund 16° Grad K.

Nuovo Chim. 23 (1962) Nr. 5, S. 923-926

Messung der Intensität der Spektrallinien der Sonne in Abhängigkeit von der Phase der Sonnenaktivität

Mit dem Ziel, festzustellen, ob die Restintensitäten und Äquivalentbreiten der Sonnenflecke eine Abhängigkeit vom elfjährigen Zyklus der Sonnenaktivität zeigen, wurden durch T. E. Derewitsch, N. F. Koprewitsch und L. A. Mitrofanowa, die während der Sommermonate der Jahre 1951 bis 1959 am Sonnenphysikalischen Observatorium in Pulkowo auf der Krim gewonnenen Sonnenspektren photometrisch registriert und im Bereich von 4000 bis 4500 Å untersucht. Es zeigte sich, daß bei den Äquivalentbreiten der Linien in diesem Spektralbereich keine Abhängigkeit vom elfjährigen Zyklus der Sonnenaktivität besteht. Bei der Untersuchung der Restintensitäten fanden sie, daß im Maximum der Sonnenaktivität bei verschiedenen chemischen Elementen ein Minimum der Restintensitäten auftritt.

Astronomiĭ. žurnal 38 (1961) Nr. 3, S. 448-454

Die Lage von Flecken auf der Sonnenoberfläche

Jaakko Tuominen aus Helsinki untersuchte das Beobachtungsmaterial der Sternwarte Greenwich aus den Jahren 1874 bis 1955. Dabei ermittelte er auf statistischem Wege die Gebiete der Sonnenoberfläche, in denen neue Flecke entstehen, die sogenannten Fleckenherde. Dabei ergab sich aus den Positionen neuentstehender Flecke eine Rotation, die gegenüber derjenigen aus den Fleckengruppen abgeleiteten um 1 Grad pro Tag kürzer ist. Das bedeutet, daß neue Flecke zwar in der Nähe alter Gruppen entstehen, jedoch meist auf der vorangehenden westlichen Seite der alten Gruppe. Die Auswertung ergab ferner, daß kein Grund zu der Annahme besteht, die Herde von Sonnenflecken seien in punktförmigen Quellen unterhalb der Photosphäre zu suchen. Der Verfasser kommt vielmehr zu der Auffassung, die Flecke haben ihre Ursache in photosphärischen Schichten, vor allem deshalb, weil die Flecke und Fleckengruppen, die in der Photosphäre vorhandenen großräumigen Strömungen mitmachen.

Zeitschr. f. Astrophys. 55 (1962) Nr. 2, S. 110-122

Geschwindigkeitsfelder in der Sonnenatmosphäre

Robert B. Leighton, Robert W. Noyes und George W. Simon vom Inst. Technol. Pasadena, Kalifornien, untersuchten mit Hilfe einer spektroheliographischen Superpositionstechnik, mit der früher sehr schwache Magnetfelder nachgewiesen wurden, ungestörte Gebiete der Sonnenphotosphäre. Sie fanden dabei in diesen Gebieten

Geschwindigkeitsfelder. Als wichtigste Ergebnisse berichten sie in diesem ihren vorläufigen Report über folgendes: Eine große Zahl von „Zellen“, die eine Horizontalgeschwindigkeit von rund 500 m/sec und einen Durchmesser von rund $1,6 \cdot 10^4$ km haben, ist entdeckt worden. Die Lebensdauer dieser Zellen schwankt zwischen 10^4 und 10^5 Sekunden. Ferner entdeckten sie kleinere Zellen, die Vertikalgeschwindigkeiten von ungefähr 400 m/sec aufwiesen. Der Durchmesser dieser kleineren Zellen nimmt nach oben hin zu. Ihre Ausdehnungen betragen 1700 bis 3500 km. Die Variationen der Geschwindigkeit dieser Zellen stehen in Zusammenhang mit Helligkeitsänderungen. In den Geschwindigkeiten fanden sie eine Periode von etwa 296 Sekunden. Diese Periode konnte auch in den Helligkeitsschwankungen der Natrium-D₁-Spektroheliogramme entdeckt werden. Die Untersuchungen der Spektroheliogramme von H-Alpha ergaben in großen Höhen eine Granulationsstruktur, deren einzelne Elemente rund 3600 km Durchmesser haben, wobei eine aufsteigende Bewegung vorherrscht. In tieferen Schichten dagegen fand man meist absteigende Bewegungen, die mit den Strukturen, die bei den Ca-II-Spektroheliogrammen gefunden wurden, in Verbindung zu stehen scheinen.

Astrophys. J. 135 (1962) Nr. 2, S. 474–499

Fleckenprotuberanzen vor der Sonnenscheibe

A. Bruzek vom Fraunhofer-Institut, Freiburg/Br., gelang es, die schon früher am Sonnenrand beobachtete Entstehung von Fleckenprotuberanzen und koronalen Kondensationen bei stark expandierenden Eruptionen auch auf der Sonnenscheibe nachzuweisen. Dabei konnte natürlich nur ihre Absorptionswirkung festgestellt werden. Die von Bruzek beobachteten dunklen Bögen, die in der Phase des Abklingens der Eruption auftreten, stehen senkrecht auf den dünnen Filamenten oder der Chromosphärenstruktur, also in Richtung der Magnetfeldlinien. Die Ausdehnung dieser Bögen beträgt rund 600 000 km. Die dabei in die Chromosphäre abströmende Materie hat eine Geschwindigkeit von rund 100 km/sec. Da die Bögen mitunter mehrere Stunden zu beobachten sind, muß in sie Materie aus der Sonnenkorona einströmen.

Zeitschrift f. Astrophys. 54 (1962) Nr. 4, S. 225–233

Der Intensitätsgradient der Koronalinie 6374 Å

M. Waldmeier von der Sternwarte Zürich untersuchte visuell die Isophoten der roten Koronalinie bei der Wellenlänge von 6374 Å. Als Vergleichslichtquelle wurde eine Neonröhre verwendet. Die Isophoten wurden in ihrer Verteilung um die ganze Sonne herum betrachtet, und in einzelnen Gebieten starker Emission wurde der radiale Helligkeitsabfall untersucht. Es konnte kein ausgeprägter Gang des Helligkeitsgradienten dieser Koronalinie mit der heliographischen Breite gefunden werden. Nimmt man eine isotherme Korona an, so deutet der Verlauf des Helligkeitsgradienten der roten Koronalinie bis mindestens $r = 1,09$ darauf hin, daß die Anregung durch Elektronenstoß erfolgt, im darüber liegenden Gebiet dagegen durch Strahlung. Exakte Entscheidungen über letzteres werden allerdings eindeutig erst dann möglich sein, wenn es gelingt, bei Sonnenfinsternissen Untersuchungen in diesem Bereich des größeren Abstandes von der Sonnenscheibe auszuführen.

Zeitschrift f. Astrophys. 55 (1962) Nr. 3, S. 200–207

Die Ausbreitung solarer Korpuskel und interplanetares Magnetfeld

In einer eingehenden Untersuchung, in der alle verfügbaren solarerrestrischen Daten aus der Zeit von Juli 1957 bis Dezember 1960 einbezogen werden, darunter fallen Sonneneruptionen, solare Radioemissionen, Polarkappenabsorptionen, geomagnetische Stürme sowie verstärkte solare kosmische Strahlung, versucht Tatsuzo Obayashi vom Arktik-Institute Washington, D.C. eine Verbesserung unserer Modellvorstellung für das interplanetare Magnetfeld und seinen Einfluß auf von der Sonne ausgehende Teilchenströme abzuleiten. Er kommt dabei zu folgender Auffassung: Das interplanetare Magnetfeld besteht aus zwei Anteilen, erstens aus magnetischen Plasmawolken, die von Sonneneruptionen herrühren, und zweitens aus dem remanenten interplanetaren Magnetfeld. Die Plasmawolke könnte man als eine sich ausdehnende „Blase“ magnetischer Feldlinien, die mit der Sonne in Verbindung stehen, ansehen. Das remanente Feld dagegen ist mehr oder weniger konstant, es wird nur beim Auftreten solarer Plasmawolken gestört. In der Nähe der Sonne verlaufen die Feldlinien radial aber durch die Sonnenrotation und den ständigen Plasmastrom von der Sonne, dem sogenannten Solarwind, entsteht eine konvexe Feldlinienkrümmung nach Westen. Damit lassen sich die zeitlichen Schwankungen des solaren Strahlungsflusses in bezug auf die heliographische Lage von Sonneneruptionen erklären. Nach seinen Abschätzungen beträgt die Intensität des interplanetaren Magnetfeldes in Erdnähe 10^{-3} bis 10^{-5} Gauss. Dieser Wert steht in guter Übereinstimmung mit den Meßergebnissen der sowjetischen Venussonde (1961) sowie der amerikanischen Venussonde (Mariner II) und der sowjetischen Marssonde (Mars I). Die durch diese Raumflugkörper gefundenen Werte des interplanetaren Magnetfeldes liegen bei weniger als 10^{-5} Gauss und zeitweilig geringfügig darüber.

J. Geophys. Res. 67 (1962) Nr. 5, S. 1717–1729

Der Gegenschein und die Koronastrahlen der Sonne

In einer theoretischen Arbeit beschäftigt sich Kuniji Saito vom Astronomischen Observatorium Tokio mit den bekannten Beobachtungstatsachen und vorhandenen Theorien über die Entstehung des Gegenscheins. In seinen Betrachtungen geht er von der von ihm bestimmten Dichte der Elektronen in der Korona bzw. in den Koronastrahlen aus. Diese Werte werden von ihm bis zu hinreichend großen Entfernungen von der Sonne extrapoliert. Er berechnet dabei die Helligkeit eines auf den Nachthimmel projizierten Koronastrahls. Dabei konnte von ihm gezeigt werden, daß die Helligkeit eines solchen Koronastrahls mit der beobachteten Helligkeit des Gegenscheins übereinstimmt. In seinen abschließenden Betrachtungen kommt er zu dem Schluß, daß entweder ein Koronastrahl einen wesentlichen Beitrag zur Helligkeit des Gegenscheins liefert oder aber zur Aufhellung des Gegenscheins beiträgt, wenn die Erde den Koronastrahl durchläuft.

Publ. Astr. Soc. Japan 13 (1961) Nr. 4, S. 376–383

Zur relativistischen Rotverschiebung im Sonnenspektrum

Bekanntlich tritt in der relativistischen Rotverschiebung des Sonnenspektrums eine Mitte-Rand-Variation auf, die den exakten Nachweis dieser Größe nicht gestattet. Michel Jorand vom Paris Meudon-Observatorium stellte in einer Arbeit alle Effekte, die

den Nachweis der relativistischen Rotverschiebung erschweren, zusammen und diskutiert ihren Einfluß. Dabei betrachtete er folgende Effekte: 1. den Lindhalm-Effekt, eine Druckverschiebung, die durch Stöße von Atomen, für deren Wechselwirkung die van-der-Waals-Kräfte gelten, entsteht; 2. den Spitzer-Effekt, eine Druckverschiebung durch Stöße mit kleinen atomaren Distanzen (van-der-Waals-Kräfte gelten nicht mehr); 3. Freundlich-Effekt, eine Rotverschiebung durch Photon-Photon-Wechselwirkung und 4. den solaren Doppler-Effekt durch radiale und nicht radiale Strömungen in der inhomogenen Sonnenatmosphäre erzeugt. Die aus all diesen Effekten abgeleitete Mitte-Rand-Variation kann die beobachtete Mitte-Rand-Variation noch nicht voll erklären, weshalb also auch unter Berücksichtigung der genannten Effekte ein exakter Nachweis der relativistischen Rotverschiebung im Sonnenspektrum aus den Beobachtungen noch nicht möglich ist.

Ann. Astrophys. 25 (1962) Nr. 2, S. 57-76

Spektrometrische Studien des Reflexionsvermögens der Marsscheibe zur Opposition

Pierre Guérin vom Astrophysikalischen Institut Paris führte im Jahre 1960 am 32-Zoll-Spiegelteleskop des Haute-Provence-Observatoriums spektralphotometrische Vergleiche des Spektrums vom Zentrum der Marsscheibe (Gegend um Arabia) mit dem Spektrum eines Sternes vom Spektraltyp G_0 durch, dessen relative Gradienten in bezug auf das Sonnenspektrum bekannt sind. Er konnte dabei die von der Wellenlänge abhängige Reflexionskurve des Mars ableiten. Er fand, daß das Reflexionsvermögen nach dem ultravioletten Bereich hin bis zu einer Wellenlänge von 3850 Å um rund 0,2 abnimmt, um dann nahezu konstant zu bleiben. Im konstanten Bereich treten in der spektralphotometrischen Verteilung nur einige Wellen auf, die als Eigenschaften der Marsatmosphäre angesehen werden können. Der Verfasser vertritt die Ansicht, daß diese ihre Ursache in Emissions- oder diffusen Absorptionsbanden haben, die durch gasförmige organische Komponenten entstehen, welche die „Marsvegetation“ in die Atmosphäre abgibt.

Plan. Space Sci. 9 (1962) S. 81-87

Neubestimmung der Aberrationskonstante

Bernard Guinot, Suzanne Débert und Michel Lefebvre vom Observatorium Paris leiteten aus der Beobachtung von 40 000 Sternpassagen einen neuen Wert der Aberrationskonstante ab. Die Beobachtungen wurden im Zeitraum von Juli 1956 bis März 1961 ausgeführt. Aus dem Beobachtungsmaterial waren 1600 simultane Zeit- und Breitenbestimmungen gewonnen worden. Bisher war international für die Aberrationskonstante der Wert von $k = 20''47$ angenommen worden. Die Bestimmung des neuen Wertes geschah auf drei verschiedene Arten. Einmal benutzten sie nur die Breitenbestimmungen, ein weiteres Mal nur die Zeitbestimmungen und als letztes schließlich Zeitbestimmungen aus der Beobachtung der gleichen Sterngruppe in verschiedenen Jahren. Als neuen Wert der Aberrationskonstante erhielten sie $k = 20''511 \pm 0''006$.

Bull. astron. 23 (1961) Nr. 4, S. 295-306

Die Natur der Galaxis NGC 5128

E. Margaret Burbidge und G. R. Burbidge von der Universität La Jolla, Kalifornien, untersuchten die Spektren des als Radioquelle Centaurus A bekannten extragalaktischen Nebels NGC 5128. Sie konnten dabei zeigen, daß die aus den Emissionslinien, also vom Gas- und Staubanteil stammenden Werte der Radialgeschwindigkeit größer sind, als die aus den von den Sternen abgeleitete Radialgeschwindigkeit, die aus den Absorptionslinien bestimmt wurde. Die Rotationsrichtung des stellaren und gasförmigen Anteils stimmt überein. Aus der Differenz der Rotverschiebung zwischen Emissions- und Absorptionslinien folgt, daß eine Einwärtsbewegung des Gas- und Staubanteils dieser Galaxis in bezug auf die Sterne des zentralen Teils vorhanden sein muß. Das Aussehen der Absorptionslinien läßt darauf schließen, daß es sich hier um einen elliptischen Nebel vom Riesentyp handelt. Die Vorstellung, daß es sich bei dieser Radioquelle um zwei kollidierende Systeme handelt, kann daher nicht aufrechterhalten werden. Die Verfasser denken an einen elliptischen Nebel, den ein breites Band aus Staub und Gas umgibt. Dieses bewegt sich in Richtung des Zentrums dieses galaktischen Systems. Die Ursache der äußerst intensiven Radiostrahlung sehen die Verfasser in dieser Bewegung des Gases.

Nature, London 194 (1962) Nr. 4826, S. 367-368

KARL-HEINZ NEUMANN

Zum Problem der Synchronsatelliten

Dipl.-Ing. HANS DIETER NAUMANN

Zwischen der Zeit, die ein künstlicher Erdsatellit zu einem vollen Bahnlauf benötigt, und der Höhe der Satellitenbahn über der Erdoberfläche besteht ein definierter Zusammenhang. Bei einer kreisförmigen Satellitenbahn gilt für die Umlaufzeit in erster Näherung

$$T_u = \sqrt{\frac{4 \pi r^3}{g \cdot M}}$$

r Halbmesser der Umlaufbahn vom Erdzentrum aus gerechnet

M Masse der Erde ($= 5,95 \cdot 10^{27} \text{ g}$)

g Gravitationskonstante ($= 6,67 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^3 / \text{g} \cdot \text{s}^2$)

Man erkennt, daß die Umlaufzeit eines Satelliten um so größer wird, je höher seine Bahn verläuft und um so länger damit der Weg ist, den der Satellit bei einem vollen Umlauf zurückzulegen hat.

Es ist deshalb offensichtlich, daß unter der Vielzahl der möglichen Satellitenbahnen eine existieren muß, auf der ein Satellit zu einem vollen Umlauf dieselbe Zeit benötigt, wie die Erde zu einer vollen Umdrehung. Diese Bahn liegt in der Äquatorebene in einer Höhe von rund 35 800 km über der Erdoberfläche. Ein Satellit, der sich auf dieser Bahn befindet und von Westen nach Osten bewegt, hat dieselbe Winkelgeschwindigkeit wie die Erde und läuft deshalb mit dieser synchron. Aus diesem Grunde bezeichnet man solche Satelliten als Synchronsatelliten, oder da ihre Stellung am Himmel für einen irdischen Beobachter unveränderlich ist, als stationäre Satelliten. Die ihnen entsprechende Bahn wird Synchron- oder 24-Stunden-Bahn genannt.

So reizvoll die Anwendungsmöglichkeiten sind, die Synchronsatelliten bieten, so hohe Anforderungen stellt der Start an die Raketentechnik. Es steht heute außer Zweifel, daß ein gewöhnlicher Raketenstart die zum Einflug eines Satelliten in eine Synchronposition erforderliche Genauigkeit nicht gewährleistet. Der Satellit muß deshalb zunächst mittels einer Mehrstufenrakete in eine angenäherte Synchronposition gebracht werden. Durch mehrwöchige Beobachtungen des genauen Bahnverlaufs des Satelliten können dann die erforderlichen Korrekturen, die von der Erde aus über Fernsteueranlagen vorgenommen werden, ermittelt werden. Zu diesem Zweck verfügt der Satellit über eingebaute Hilfsraketen, deren wichtigste Eigenschaft darin besteht, genauestens eingestellt werden zu können. Die zur Durchführung der Bahnkorrekturen aufzuwendenden Energien sind äußerst gering. Die von den Hilfsraketen ausstoßenden Gasmengen sind sehr niedrig im Vergleich zu den Startraketen. Wichtig ist es jedoch, die erforderliche Dosis sowie den Zeitraum der Wirksamkeit mit hoher Genauigkeit einzuhalten.

Weitere Schwierigkeiten beim Start von Synchronsatelliten entstehen heute noch dadurch, daß noch keine Abschußbasen für Satelliten auf dem Erdäquator vorhanden sind. Es ist deshalb nicht möglich, einen Satelliten unmittelbar in eine Bahn in der Äquatorebene einzuschießen. Bei einem Start vom bekannten sowjetischen Raketenstartplatz Baikonur z. B., der auf knapp 58° nördlicher Breite liegt, könnte einem Satelliten zwar durch entsprechende Flugbahnhöhe eine Umlaufzeit von 24 Stunden aufgezungen werden, jedoch stände der Satellit relativ zur Erde nicht vollkommen still. Er würde vielmehr Pendelbewegungen zwischen 58° Nord und 58° Süd durchführen. Für das amerikanische Raketenversuchsgelände Cape Canaveral, das auf rund 30° nördlicher Breite liegt, gilt entsprechendes.

Es machen sich deshalb zusätzliche Bahnkorrekturen mittels axialer Hilfsdüsen erforderlich, um trotz des schrägen Einschusses eine Bahnlage in der Äquatorebene zu erreichen. (Abb. A auf der Kunstdruckbeilage)

Dem hohen Aufwand beim Start stehen einige interessante und bedeutungsvolle praktische Nutzungsmöglichkeiten von Synchronsatelliten gegenüber. Die unveränderliche Stellung am Himmel bietet gegenüber relativ zur Erde bewegten Satelliten besonders für nachrichtentechnische Anwendungen eine Reihe von Vorteilen. Die Untersuchung auf Eignung der Synchronsatelliten als Nachrichtenrelais im interkontinentalen Nachrichtenverkehr ist deshalb wichtigster Bestandteil der ersten diesbezüglichen Experimente, wie die bisher bekanntgewordenen Pläne erkennen lassen. Es seien deshalb einige grundsätzliche Bemerkungen zum Problem der Nachrichten-satelliten gemacht.

Der Einsatz künstlicher Erdsatelliten als Nachrichtenrelais lohnt vor allem dort, wo eine große Menge von Nachrichtensignalen über größere Entfernungen übertragen werden soll und die Eigenarten des nachrichtentechnisch zu überbrückenden Gebietes die Anwendung herkömmlicher Methoden der Nachrichtenübermittlung sehr erschweren oder ganz unmöglich machen.

In der modernen Technik werden zur drahtlosen Nachrichtenübertragung über sehr große Entfernungen vorwiegend sehr kurze elektromagnetische Wellen mit Wellenlängen in der Größenordnung von Dezi- und Zentimetern verwendet. Diese Wellen bieten gegenüber den z. B. aus der Rundfunktechnik bekannten Lang- und Mittelwellen den Vorteil, eine größere Menge von Nachrichten übertragen zu können. Sie haben jedoch andererseits den Nachteil, sich infolge der kleinen Wellenlängen hinsichtlich ihrer Ausbreitung ähnlich wie das Licht zu verhalten. Ihre Reichweite ist deshalb auf wenig mehr als die optische Sichtweite begrenzt. Die Überbrückung größerer Entfernungen ist deshalb nur mittels sogenannter Relaisstationen möglich, die die Wellen von dem sich in Sichtweite befindlichen Sender aufnehmen und zum Empfänger oder zur nächsten Relaisstation weiterleiten. Auf diese Weise können Nachrichtensignale über beliebig große Strecken übertragen werden. Schwierigkeiten bestehen nur dort, wo die landschaftlichen Eigenarten dem immerhin erheblichen Aufwand, den solche Relaisstationen erfordern, nicht gewachsen sind, wie das z. B. bei der Nachrichtenübertragung über den Atlantik zwischen Europa und Amerika der Fall ist. Hier setzt die Bedeutung künstlicher Erdsatelliten als Nachrichtenrelaisstationen ein.

Außer Synchronsatelliten sind für diese Zwecke auch tiefer fliegende, dann aber relativ zur Erdoberfläche bewegte Satelliten verwendbar. Ein Vertreter dieser Art war der amerikanische Relaisatellit „Telstar“. Hier macht sich jedoch eine sehr große Anzahl von Satelliten in regelmäßigen Abständen auf einer Bahn erforderlich, wenn kontinuierliche Nachrichtenübertragungen durchführbar sein sollen. Außerdem erfordern hierbei die Bodenstationen einen größeren Aufwand, da mehrere Antennen vorhanden sein müssen, die in ihren Abmessungen mit den in der Radioastronomie gebräuchlichen Radioteleskopen vergleichbar sind. Diese müssen dem Satelliten während seiner Sichtbarkeitsdauer laufend nachgeführt werden. (Abb. B auf der Kunstdruckbeilage)

Da Synchronsatelliten relativ zur Erde stillstehen, sind zwischen allen Orten innerhalb des Überdeckungsbereiches kontinuierliche Nachrichtenverbindungen über beliebig lange Zeiträume möglich. Für die Antennensysteme entfällt die Notwendigkeit der Nachführung, was in Anbetracht von deren Größe sehr wesentlich ist. Außerdem ist die Zahl der benötigten Antennen pro Bodenstation geringer als bei schnell bewegten Nachrichtensatellitensystemen.

Diesen Vorteilen stehen jedoch auch Nachteile gegenüber, die heute noch keine klare Entscheidung darüber erlauben, welches der Nachrichtensatellitensysteme sich in der Endkonsequenz als das vorteilhaftere erweisen wird. Experimentelle Untersuchungen an gestarteten Objekten werden hierüber endgültig Auskunft erteilen.

Außer der ungünstigeren Leistungsbilanz ist bei Synchronsatelliten der Weg, den die elektromagnetischen Wellen zwischen Sender und Empfänger zurückzulegen haben, relativ groß. Die sich daraus ergebenden Signallaufzeiten von 0,6 sec sind zwar für Rundfunk- und Fernsehprogrammübertragungen bedeutungslos, sie können sich jedoch für die Abwicklung eines regulären Fernsprechtetriebes als zu groß erweisen. Von der amerikanischen Weltraumbehörde NASA werden gegenwärtig Untersuchungen über die Auswirkungen dieser Laufzeiten auf die Fernsprechteilnehmer durchgeführt.

Ein besonderer Vorteil der Synchronsatelliten ist die geringe Anzahl von Satelliten, die für ein weltumspannendes Relaisatellitensystem erforderlich ist. Da von einem Satelliten in einer Höhe von 36 000 km etwa 34 Prozent der Erdoberfläche übersehen werden können, ist es mit Hilfe von 3 um 120° gegeneinander versetzten Satelliten in einer Synchronposition möglich, sämtliche Punkte der Erdoberfläche außer den Polargebieten, also rund 98 Prozent der Erde zu erfassen. (Abb. A) In Abb. B sind in einem Beispiel die Überdeckungsbereiche dreier Synchronsatelliten dargestellt. Mit einem

solchen Satellitensystem könnten Rundfunk- und Fernsehprogrammaustausch sowie Fernspreverbindungen zu beliebigen Zeiten zwischen beliebigen Punkten der Erde durchgeführt werden.

Ein zusammenfassender Vergleich zwischen Synchronsatelliten und einem System von schnell bewegten Nachrichtensatelliten ergibt, daß bei letzterem der Hauptaufwand in der Zahl der für kontinuierliche Funkverbindungen erforderlichen Satelliten sowie der Ausrüstung der Bodenstation besteht. Besonders nachteilig sind die Antennennachführung sowie die Umschaltung beim Übergang auf einen anderen Satelliten. Besonders aufwendig bei Synchronsatellitensystemen sind die zum Start und zur Synchronisierung erforderlichen raketentechnischen Hilfsmittel. Vorteilhaft hierbei sind die geringe Anzahl der erforderlichen Satelliten sowie der geringere Aufwand der Bodenstationen. Infolge der konstanten Stellung der Synchronsatelliten entfällt die Notwendigkeit der Antennennachführung. Die Montierung der Antennen kann starr erfolgen.

Der Satellitenbeobachtungsdienst der USA

Seit vor nunmehr sechs Jahren, am 4. Oktober 1957, als der erste künstliche Erdsatellit „Sputnik I“ gestartet wurde, entstanden überall in der Welt Stationen für die optische und funktechnische Verfolgung von Satelliten. Heute wird ein neuer Satellit von der Öffentlichkeit bereits als eine Selbstverständlichkeit zur Kenntnis genommen. Interessant ist er nur so lange, wie Neues über seine Konstruktion und seine Aufgaben zu erwarten ist. Eventuell wird der Start noch von mehr oder weniger großer Spannung begleitet. Dann aber gerät ein Satellit meist recht schnell in Vergessenheit. Für die Wissenschaft jedoch beginnt mit dem Eintritt eines Satelliten in die vorgesehene Umlaufbahn erst seine eigentliche Aufgabe. Ob ein Satellit sein wissenschaftliches Programm erfüllt, hängt von drei Faktoren ab:

1. Einhaltung der vorgesehenen Bahn.
2. Ausübung der beabsichtigten Funktionen.
3. Präzise Verfolgung des Satelliten und Empfang, Aufzeichnung und Auswertung der von ihm ausgesendeten Daten.

Dieser dritte Komplex ist das Aufgabengebiet des Satellitenbeobachtungsdienstes. Von den Satelliten, die sich zur Zeit auf Umlaufbahnen befinden, werden von 15 noch Daten ausgestrahlt. Die Gesamtsendezeit dieser 15 Satelliten beträgt jeden Tag etwa 50 Stunden.

Der Geburtstag des Bahnverfolgungsnetzes für Satelliten und Raumfahrzeuge der USA ist der 31. Januar 1958. An jenem Tag wurde nämlich der erste amerikanische Satellit, „Explorer I“, auf seine Umlaufbahn gebracht und die ersten Bahnverfolgungsstationen der NASA (National Aeronautics and Space Administration), des US-Bundesamtes für Luft- und Raumfahrtforschung nahmen ihren Betrieb auf. Das damalige Netz bestand aus einigen Anlagen in der westlichen Hemisphäre. Heute verfügt die NASA über ein weit verzweigtes Netz von Verfolgungs- und Empfangsstationen, über eigene Fernmeldeverbindung und eine leistungsfähige Datenverarbeitungszentrale. Am 31. Januar 1963 gab die NASA anlässlich des fünfjährigen Bestehens ihres Satellitenverfolgungsnetzes einen genauen Überblick über die einzelnen Stationen.

I. 16 Verfolgungsstationen für bemannte Raumfahrzeuge:

1. Cape Canaveral
2. Bermuda-Inseln
3. „Rose Knot“ (im Atlantik stationiertes Schiff)
4. Kanarische Inseln
5. Kano (Nigeria)
6. Sansibar
7. Küstenwachtschiff (Ind. Ozean)
8. Muchea (Australien)
9. Woomera (Australien)
10. Canton-Insel
11. Kanai (Hawaii)
12. Point Arguello (Kalifornien)
13. Guayamas (Mexiko)
14. White Sands (Neumexiko)
15. Corpus Christi (Texas)
16. Eglin (Florida)

II. 15 Verfolgungsstationen für wissenschaftliche Satelliten:

1. Blossom Point (Maryland)
2. Ft. Myers (Florida)
3. Rosman (Nordkarolina)
4. Quito (Ecuador)
5. Antofagasta (Chile)
7. Santiago (Chile)
8. Rio de Janeiro (Brasilien)

9. Woomera (Australien)
10. Johannesburg (Südafrika)
11. Goldstone Lake (Kalifornien)
12. St. Johns (Neufundland)
13. East Grand Forks (Minnesota)
14. Fairbanks (Alaska)
15. Winkfield (England)

III. 3 Stationen für Raumfahrtprogramme:

1. Goldstone Lake (Kalifornien)
2. Johannesburg (Südafrika)
3. Woomera (Australien)

IV. 12 Optische Verfolgungsstationen:

1. Argentinien
2. Australien
3. Curaçao (Niederl.-Westindien)
4. Florida
5. Hawaii
6. Indien
7. Iran
8. Japan
9. Neumexiko
10. Peru
11. Südafrika
12. Spanien

Vom Standpunkt der Aufgabenstellung und Ausrüstung ergeben sich folgende Systeme:

1. Minitrack-Stationen (Minimum Weight Tracking System – Bahnverfolgungssystem mit Satellitensendern geringen Gewichts). Davon existieren heute 13 Stationen in 8 Ländern. 8 Stationen liegen außerhalb der USA.
2. Mercury-Stationen. Diese, ursprünglich für das Mercury-System errichtet, arbeiten heute für die Verfolgung bemannter Raumfahrzeuge und den Datenaustausch mit ihnen. In Betrieb sind davon 17 Stationen in 8 Ländern. Davon arbeiten 11 Stationen, einschließlich zweier Schiffe außerhalb der USA.

3. Stationen zur Erfassung von Breitbandsignalen. Sie sollen z.B. dem Empfang der Fernsehübertragungen des künftigen Wettersatelliten „Nimbus“ dienen. Zwei Stationen dieser Art befinden sich in Betrieb.
4. DSIF-Stationen (Deep Space Instrumentation Facility). Dieses System dient in erster Linie der Erforschung des Mondes und der Planeten. Drei solcher Stationen stehen der NASA zur Verfügung.
5. Stationen zur optischen Verfolgung und fotografischen Aufzeichnung von Satellitenbahnen. Diese Stationen werden vom Smithsonian Astrophysical Observatory unterhalten und sind mit Baker-Nunn-Kameras ausgerüstet. Davon arbeiten 12 Stationen in 11 Ländern.
6. Goddard Space Flight Center. Hier laufen die Daten aller genannten Stationen zusammen, werden ausgewertet und gespeichert.

Die Minitrack-Stationen

Dieses System wurde bereits im Jahre 1957 gegründet und sollte mit dem Start von „Vanguard I“ erstmalig wirksam werden. Da die Zeitpläne dieses Projektes nicht eingehalten werden konnten, erfolgte der erste Einsatz aber erst am 31. Januar 1958, als es gelang, den ersten Satelliten der Explorer-Serie aufzulassen.

Die ersten Stationen lagen längs des 75. westlichen Längengrades. Damit sollten Satelliten erfaßt werden, die mit weniger als 45° Inklination auf die Bahn gebracht wurden. Heute gibt es auch Stationen in höheren Breitengraden, die im Bereich stärkerer Inklination liegen.

Zehn der dreizehn Minitrack-Stationen sollen mit zusätzlichen Antennen ausgerüstet werden, die speziell der Verfolgung von Satelliten auf polaren Umlaufbahnen dienen. Die dreizehn Stationen in allen Teilen der Erde sind so gewählt, daß zumindest eine davon stets mit dem Satelliten Verbindung aufnehmen kann. Auf diese Weise lassen sich fast alle möglichen Umlaufbahnen irgendeiner Inklination oder Höhe erfassen.

Der Aufgabenbereich der Minitrack-Stationen, die für alle Satelliten der NASA verwendet werden, umfaßt:

1. Die Bahnverfolgung des Satelliten.
2. Die Berechnung der Umlaufbahn des Satelliten.
3. Die Erfassung der empfangenen Daten.
4. Die Reduktion der empfangenen Daten.

Vom Minitrack-System können aber nur einige wenige Punkte der Bahn eines Satelliten bestimmt werden. Darum läßt sich die genaue Satellitenbahn erst nach mehreren Erdumläufen errechnen. Da jedoch die meisten Satelliten für längere Zeit die Erde umkreisen, reicht im allgemeinen diese Verfolgungsmethode aus. In letzter Zeit wurde die Ausrüstung der Minitrack-Stationen dahingehend verbessert, daß sie auch auf optischem Wege und mit Dopplermessungen arbeiten können.

Die im Frequenzbereich von 136 bis 137 MHz übermittelten Daten werden automatisch empfangen und für die Fernschreibübertragung – zusammen mit Zeitangaben und anderen Informationen – in digitaler Form in Papierstreifen gestanzt und dem Goddard Space Flight Center zur Berechnung des Satellitenstandortes weitergeleitet. Telemetriedaten gehen ebenfalls in den Frequenzbereich von 136 bis 137 MHz ein, werden auf Magnetbändern aufgezeichnet und der Datenreduktionsabteilung im Goddard Space Flight Center übermittelt, die ihrerseits den Verfolgungsstationen Kontrollinformationen und Erfassungsangaben liefert.

Die Mercury-Stationen

Die Überwachung und Verfolgung sowie der Nachrichtenaustausch bei den Flügen bemannter Raumflugkörper ist natürlich wesentlich schwieriger als bei unbemannten Flugkörpern. Denn beginnend mit der Zeit Null müssen komplizierte und umfangreiche Informationen in den Bodenstationen empfangen und verarbeitet werden. Im wesentlichen umfassen diese Informationen folgende Faktoren:

1. Die Beschleunigung des Trägerraketensystems.
2. Die Geschwindigkeit.
3. Die Flugrichtung.

Auf der Grundlage dieser Daten kann beurteilt werden, ob die Raumflugkörper die vorausberechnete Bahn erreicht haben. Während des gesamten Fluges auf der Umlaufbahn werden Informationen über die jeweiligen Standorte des Satelliten und den physischen Zustand des Kosmonauten empfangen. Zur Sicherung des Kosmonauten ist es notwendig, daß der Datenfluß während der aktiven Flugphase, während der Freiflugphase und während des Wiedereintritts in die Atmosphäre bis zur Bergung der Raumkapsel nicht abreißt. Um einen solchen sicheren und permanenten Datenaustausch mit bemannten Raumflugkörpern zu garantieren, arbeitet das Goddard Space Flight Center mit einem weltweiten Netz von Verfolgungsanlagen zusammen. Diese dienen gleichzeitig als Bodenstationen für Telemetrie- und Sprechfunkübertragung. Die Zentrale ist mit den einzelnen Stationen durch Sprechfunk verbunden. Aus Sicherheitsgründen gibt es zwei parallel arbeitende elektronische Echtzeit-Rechenanlagen. Die Aufgaben dieser Anlage sind folgende:

1. Errechnungen und Vorhersage von Flug- und Umlaufbahnen.
2. Errechnung des günstigsten Zeitpunktes für den Beginn des Rückkehrmanövers.
3. Vorausberechnung des Landeortes der Raumkapsel.
4. Erarbeitung von Empfehlungen für unvorhergesehene Zwischenfälle.

Die Leistungsfähigkeit des Rechners ist so groß, daß er in einer Sekunde eine 1200 m lange Kolonne von zehnstelligen Zahlen addieren kann.

Das Verfolgungssystem für bemannte Raumfahrzeuge erstreckt sich über drei Kontinente: Amerika, Afrika, Australien, und drei Ozeane: Pazifik, Atlantik und Indischer Ozean.

Für den Fernmeldeverkehr zwischen den einzelnen Stationen und dem Zentrum sowie für den Nachrichtenaustausch mit den bemannten Raumflugkörpern ist ein weitverzweigtes Netz von Land- und Unterwasserkabelverbindungen, Funkverbindungen und speziellen Fernmeldeeinrichtungen erforderlich. Das Netz umfaßt neben vielem anderen:

- 160 000 km Fernschreibleitungen,
- 100 000 km Telefonleitungen,
- 24 000 km lange Verbindungen für Datenübertragungen mit hoher Geschwindigkeit.

Natürlich verfügen die Stationen über Radaranlagen großer Reichweiten, Telemetrieempfänger, Sender für Kommandosignale und Funksprecheinrichtungen für den Nachrichtenaustausch zwischen der Bodenstation und der Bordstation des Raumflugkörpers.

Das Beispiel eines bemannten Raumfluges illustriert am besten die Arbeitsweise des Systems zur Überwachung und Verfolgung der Raumfahrzeuge.

Von dem Moment, an dem das Countdown die Zeit Null erreicht, also von der Zeit des Startes des Trägerraketensystems ab, werden die in Cape Canaveral und auf den Bermuda-Inseln ermittelten Daten mit höchster Geschwindigkeit dem Goddard-Rechenzentrum zugeführt. Auf dem gleichen Wege gelangen die Resultate zum Manned Space Flight Center (Zentrum für bemannten Raumflug). Da die Radargeräte in Cape Canaveral in der gleichen Sprache „reden“ müssen, wie die Rechenanlagen, und deren Ausgangsdaten wieder von Darstellungsgeräten „verstanden“ werden müssen, ohne daß jedoch auf den beiden Übertragungswegen irgendeine Verzögerung auftreten darf, benutzt man einen digitalen Code, der es den einzelnen Anlagen gestattet, ständig direkte Verbindung miteinander zu halten. Dadurch wird erreicht, daß die Positionen des Raumschiffes, die auf den Darstellungsschirmen angezeigt werden, nur wenige tausendstel Sekunden „alt“ sind.

Der sich während des Fluges ständig ändernde Landepunkt der Raumkapsel wird laufend berechnet und dargestellt, so daß er jederzeit bekannt ist, auch für den Fall, daß der Flug auf Grund fehlerhaften Arbeitens der Trägerrakete oder aus einem anderen Grund abgebrochen werden muß, ehe die Kapsel ihre Umlaufbahn erreicht hat. Die Kontrollzentrale steht mit der Station auf Bermuda in ständigem Funk-sprechkontakt, und falls der Raumflugkörper bereits außerhalb der Radarreichweite von Cape Canaveral ist, kann von Bermuda aus immer noch die endgültige Entscheidung über Fortführen oder Abbrechen des Fluges getroffen werden. Da für diese Entscheidung weniger als eine Minute zur Verfügung steht, besitzt die Station Bermuda ihre eigenen Radargeräte, Darstellungsanlagen und Datenübertragungseinrichtungen. Falls man sich für einen Abbruch des Fluges entscheidet, müssen die Bremsraketen so rechtzeitig gezündet werden, daß die Landung noch vor der Küste Afrikas im Atlantik erfolgt.

Zur Ermittlung der Standorte der Raumkapsel, des Eintretens in die Umlaufbahn und zur Vorhersage des weiteren Flugverlaufes werden die Radardaten der Stationen auf den Bermuda-Inseln, den Kanarischen Inseln, Australien und Hawaii und in den USA in digitaler Form zum Goddard Space Flight Center übermittelt und dort dem Rechner zur weiteren Verarbeitung eingespeist. Um die Verfolgungsstationen in die Lage zu versetzen, das Raumfahrzeug unmittelbar nach Einflug in ihren Überdeckungsbereich mit ihren Radargeräten erfassen zu können, werden diesen Stationen Vorhersagedaten über die Umlaufbahn in Klartext gegeben. Über Tele-metrie- und Funk-sprechverbindungen prüft jede Verfolgungsstation den physischen Zustand des Astronauten und gibt die erhaltenen Informationen an das Manned Space Flight Center weiter, so daß jederzeit und unverzüglich die erforderlichen Maßnahmen für die Sicherheit des Raumpiloten getroffen werden können.

Die DSIF-Stationen

Die DSIF-Stationen hat die NASA zur Betreuung dem JPL (Jet Propulsion Laboratory) des California Institute of Technology übergeben. Das Kontrollzentrum für die drei Verfolgungsstationen, Goldstone Lake, Johannesburg und Woomera, ist das JPL in Pasadena, Kalifornien. Für die hochempfindlichen Geräte mußten Standorte gewählt werden, in deren Umgebung es nur geringe fremde Rauschquellen gibt.

Der Goldstone-Komplex befindet sich in der Mohave-Wüste und umfaßt in einem Umkreis von 11 km folgende drei Stationen:

1. Die Echo-Station. Sie verfügt über eine 26-Meter-Radarantenne, die mit einer Winkelgeschwindigkeit bis zu einem Grad pro Sekunde verfolgen kann. Zu den wichtigsten elektronischen Unterbaugruppen zählen: ein empfindlicher phasen-starrer Empfänger mit einem rauscharmen parametrischen Verstärker; ein

Sender mit maximaler Sendeleistung von 10 kW; die dazugehörigen Geräte zur Datenbearbeitung einschließlich Instrumentierung. Die Radarantenne dieser Station ist für Empfang und Sendung eingerichtet und dient vor allem der Bahnverfolgung.

2. Die Pioneer-Station. Sie verfügt über eine ähnliche Antenne wie die Echo-Station, kann jedoch keine Signale senden. Die Antenne ist in Cassegrain-Bauweise ausgeführt und besitzt einen rauscharmen Maser-Verstärker. Sie arbeitet in erster Linie für die Erforschung und Entwicklung von Baugruppen und Anlagen. Zusätzlich arbeitet sie auch als Verfolgungsstation für Raumfahrzeuge.
3. Die Venus-Station. Sie arbeitet mit einer 26-Meter-Azimet-Elevations-Radarantenne in Cassegrain-Bauweise. Zusätzlich steht eine 9-Meter-Azimet-Elevations-Radarantenne zur Verfügung. Ein 100-kW-Sender für Funkverbindungen mit entfernten Punkten unseres Sonnensystems befindet sich in Entwicklung. Wie bei den riesigen Radio-Teleskopen empfängt die solar aufgehängte Verfolgungsantenne jene Signale am stärksten, deren Quelle genau auf der Antennenachse liegt. Durch ständige Nachführung der Antenne in Richtung des stärksten Signales kann ein Raumflugkörper verfolgt werden.

Die Station Woomera in Australien besitzt eine 26-Meter-Empfangsantenne zur Verfolgung, Telemetriedatenaufzeichnung und Dopplermessung. Sie besitzt jedoch keine Einrichtungen für die Befehlsübertragung zum Raumflugkörper.

Die Johannesburg-Station in Südafrika besitzt einen 10-kW-Sender, ähnlich jenem der Echo-Station von Goldstone. Von hier aus sind also Befehlsübertragung, Verfolgung, Telemetriedatenaufzeichnungen und Dopplermessungen möglich.

Die drei DSIF-Stationen – Goldstone, Johannesburg und Woomera – sind ungefähr in einem Winkel von 120 Grad über die Erdkugel verteilt. Dadurch erlauben sie eine permanente Verfolgung eines Raumflugkörpers.

Neben diesen festen Stationen existieren zwei mobile Stationen:

In Johannesburg ist eine mobile Verfolgungsstation zur ersten Erfassung eines Raumfahrzeuges stationiert.

In Cape Canaveral auf der Atlantic Missile Range ist eine transportable Station zur Verfolgung während des Aufstieges des Raumflugkörpers eingesetzt.

Zwei zusätzliche 26-Meter-Radarantennen sollen in der südlichen Hemisphäre errichtet werden.

Für die Datenübertragung Boden-Bord wird die Frequenz 890 MHz verwendet.

Für die Datenübertragung Bord-Boden verwendet man die Frequenz 960 MHz.

Aber noch im Jahre 1963 werden die Stationen auf die für die Raumfahrt reservierten Frequenzbereiche von 2290 bis 2300 MHz (für die Verbindung Bord-Boden) und 2110 bis 2120 MHz (für die Verbindung Boden-Bord) übergehen.

Optische Verfolgungsstationen

Im Auftrag der NASA unterhält das Smithsonian Astrophysical Observatory zwölf in allen Teilen der Welt errichtete optische Bahnverfolgungsstationen, die von jeweils sechs Angestellten bedient werden.

Sitz des technischen Verwaltungsstabes ist Cambridge in Massachusetts.

Jede Station ist mit einer Spezialkamera vom Typ Baker-Nunn zur fotografischen Bahnaufzeichnung künstlicher Erdsatelliten ausgerüstet. Zur Einstellung der Kameras sowie der Verfolgungsgeschwindigkeiten liefert der Stab in Cambridge den einzelnen Stationen genaue im voraus berechnete Daten. Dies erwies sich als notwendig, da viele Satelliten nur schwer erkennbar sind und mit feststehenden Kameras nicht fotografiert werden können.

Bis zur Stunde ließen sich mit diesen weitreichenden Kameras sämtliche Satelliten erfassen, sogar „Vanguard I“, der mit einem Durchmesser von 15 Zentimetern nicht größer als eine Pampelmuse ist und in einer Entfernung von 4800 Kilometern seine Bahn zog.

Dank laufender Verbesserungen dieser Stationen und der im Laufe der Zeit gewonnenen Erfahrungen liefern die Baker-Nunn-Kameras gegenwärtig mehr als 2000 brauchbare Bilder von Satellitendurchgängen pro Monat. Im Durchschnitt werden von hundert angesagten Durchgängen etwa 35 verfolgt, 40 gehen infolge schlechten Wetters verloren, und auf die restlichen muß man auf Grund verschiedener technischer Gründe verzichten.

Obwohl die Anzahl der auswertbaren Fotografien die ursprünglich an das optische Netz gestellten Anforderungen übersteigt, entspricht sie eher den Beobachtungsbedürfnissen des Bahnverfolgungsnetzes als der derzeitigen Kapazität der Stationen. Einige organisatorische und technische Änderungen sollten es jedoch ermöglichen, pro Monat etwa 4000 Satellitendurchgänge zu registrieren. Eine Anzahl, die mehr als ausreicht, um ständig jene Satelliten zu beobachten, die heute nur mit optischen Mitteln zu erfassen sind.

Die Goddard-Raumfahrtzentrale

Kontrolle, Überwachung und Koordination des gesamten Bahnverfolgungsnetzes liegen in den Händen der Raumfahrtzentrale Goddard, deren Tätigkeit sich in folgende Punkte zusammenfassen läßt:

1. Kontrolle der Bahnverfolgung, Befehlsübertragung und Datenerfassung sowie der übrigen Anlagen für wissenschaftliche Raumfahrzeuge.
2. Koordinierung der Tätigkeit anderer Bodeneinrichtungen für wissenschaftliche Raumfahrzeuge, mit Ausnahme gewisser Einrichtungen an den Abschuborten.
3. Überwachung der gesamten Tätigkeit, um sicherzustellen, daß die Durchführung des Programms entsprechend dem Einsatzplan erfolgt. Sollte aus irgendeinem unvorhergesehenen Grund eine Störung im Programmablauf eintreten, ist die Zentrale dafür verantwortlich, dem Projektleiter geeignete Alternativvorschläge zu unterbreiten und deren korrekte Ausführung zu überwachen.
4. Bereitstellung von Einrichtungen zur Überwachung des augenblicklichen Status auf den einzelnen Bodenstationen und im Raumfahrzeug.
5. Gewährleistung, daß der Projektleiter über jede Statusänderung im Netz der Stationen und im Satelliten, die den Erfolg gefährden könnte, informiert wird.
6. Zeitliche Planung der Versuchsprogramme, um zu gewährleisten, daß die gestellten Forderungen die Kapazität des Verfolgungsnetzes nicht übersteigen und um eine gegenseitige Beeinflussung der einzelnen Projekte weitgehend zu vermeiden.
7. Bereitstellung von Einrichtungen, die es offiziellen Beobachtern erlauben, die kritischen Phasen eines Raumfluges zu verfolgen und rasch Informationen über den Status jedes Satelliten während seiner nutzbaren Lebensdauer zu erhalten.

Zusammengestellt nach einem Bericht der NASA und einer Übersicht in „*Interavia*“ 1963/6

Amerikanische Nachrichten-Satelliten - Eine Bilanz über fünf Jahre

HORST HOFFMANN

Die verschiedenen Systeme von Nachrichten-Satelliten sind in den letzten Jahren sehr stark in den Mittelpunkt des Interesses der wissenschaftlichen und technischen Disziplinen gerückt, die mit der Raketentechnik und Astronautik verbunden sind. Darüber hinaus aber nimmt heute bereits die Öffentlichkeit in allen Ländern regen Anteil an diesen Entwicklungen. Das ist auch gar nicht verwunderlich, denn Fernmeldesatelliten gehören zu den Projekten, die mit am besten beweisen, welchen hohen praktischen Nutzen die Raketentechnik und Astronautik für die Menschheit besitzt. Ja, man kann bereits heute ohne Übertreibung sagen, daß die Systeme von Fernmeldesatelliten eine geradezu revolutionierende Rolle für die weitere Entwicklung der gesamten Nachrichtentechnik spielen.

Jeder Fernmeldetechniker weiß, daß in einigen Jahren zum Beispiel Überseekabel und Kurzwellenstationen für den sprunghaft wachsenden Nachrichtenverkehr auf der Erde nicht mehr ausreichen werden. Telefon, Telegraf, Rundfunk und Fernsehen werden die herkömmlichen Nachrichtenmittel überbeanspruchen. Heute umfaßt zum Beispiel der Fernspreverkehr zwischen den USA und Großbritannien bereits vier Millionen Telefongespräche im Jahr. Für 1970 schätzt man ein Ansteigen auf 10 Millionen und für 1980 sogar auf 100 Millionen Gespräche pro Jahr.

Die Nachrichtenverbindungen zwischen den weit entfernten Gebieten auf unserer Erde verlangen Radiorichtstrahlketten und Breitbandkabel mit zahlreichen Zwischenstationen. Solche irdischen Relaisstationen sind aber mit großen Kosten verbunden. Mögen die Kosten für die Errichtung von Relaisstationen auf dem Festland wirtschaftlich noch zu vertreten sein, so sind sie das bei solchen Zwischenstationen auf den Ozeanen nicht mehr. Bekanntlich führt aber der größte Teil der wichtigsten Nachrichtenlinien unserer Erde von Kontinent zu Kontinent über die Weltmeere. Hochentwickelte Systeme von Fernmeldesatelliten können viele Aufgaben der modernen Nachrichtentechnik sowohl technisch als auch ökonomisch besser und nutzbringender lösen.

Es ist bekannt, daß die USA bei der Entwicklung dieser modernsten Nachrichtensmittel eine führende Rolle einnehmen. Das hat wohl im wesentlichen drei Ursachen.

Die erste ergibt sich aus der geographischen Lage der USA mit ihren vorwiegend transozeanischen Nachrichtenlinien, die es für sie zweckmäßig machte, sich frühzeitig und intensiv mit Fernmeldesatelliten-Projekten zu beschäftigen.

Die zweite Ursache ist kommerzieller Natur. Aus der Überlegung heraus, daß kosmische Relaisstationen wirtschaftlicher als irdische sind, ergab sich ein frühzeitiges Interesse der großen amerikanischen Firmen mit dem Ziel, sehr schnell funktionierende Systeme von Fernmeldesatelliten anbieten zu können. Es ist ja bekannt, daß der erste Privatsatellit der Erde in den USA gestartet wurde. Telstar 1 und auch Telstar 2 wurden auf Kosten der „American Telephone and Telegraphy Company“ (AT & T) gebaut und gestartet.

Ein dritter Grund schließlich ist in den militärischen Interessen des Pentagon zu sehen, in dessen direkten Auftrage bereits einige Systeme von Fernmeldesatelliten gestartet wurden und das auch den größten Teil der amerikanischen Projekte auf diesem Gebiet direkt oder indirekt beeinflußt.

Die bisherigen Starts

Vor knapp 20 Jahren wurde der Fernmeldesatellit erstmalig in der Fachliteratur behandelt, und vor nunmehr fünf Jahren, am 18. Dezember 1958, wurde der erste aktive Fernmeldesatellit, Score 1, in den USA gestartet. Eine Übersicht über die bisher gestarteten Nachrichtensatelliten ergibt folgendes Bild:

Score 1, „Signal Communications by Orbiting Relay Equipment“. Er war der erste aktive Nachrichten-Satellit für Telefon- und Daten-Übertragung, wobei zur Daten-Übertragung auch die Fernschreib- und Bildübertragung gehört. Er wurde am 18.12.1958 gestartet, und seine Lebensdauer reichte bis zum 21.1.1959. Die Atlas-Trägerrakete war zugleich der Satellit. Der Auftraggeber war das Departement of Defence.

Echo 1 — war der erste passive Nachrichtensatellit in Form einer reflektierenden Ballonhaut 0,013 mm aus Mylar mit Aluminiumüberzug. Er diente der Telefon- und Daten-Übertragung und befindet sich, wenn auch inzwischen stark deformiert, noch immer auf der Bahn. Sein Start erfolgte am 12.8.1960 mit einer Thor-Delta durch die NASA.

Courier 1 B — ist ein aktiver Nachrichten-Satellit für die Telefon- und Daten-Übertragung und besteht aus einer Kugel aus Kunststoff. Seine Lebensdauer reichte vom 4.10.1960 bis zum 22.10.1960. Ein am 18.8.1960 erfolgter Start von Courier 1 A mißglückte. Die Starts erfolgten mit Thor-Able-Star-Raketen. Der Auftraggeber ist die US Army.

Telstar 1 ist der erste Nachrichtensatellit, über den Fernsehsendungen übermittelt werden konnten. Außerdem diente er der Telefon- und Daten-Übertragung. Er leistete seine Arbeit vom 10.7.1962 bis zum 23.11.1962 und dann nach einer Unterbrechung wiederum vom 4. Januar 1963 bis zum 21. Februar 1963. Er wurde mit einer Thor-Delta-Rakete von der NASA gestartet. Der Auftraggeber ist die AT & T.

Relay 1, ist ein von der NASA mit einer Thor-Delta am 13.12.1962 gestarteter aktiver Nachrichtensatellit. Er hat die Form eines achtseitigen Prismas. Er dient der Fernseh-, Telefon- und Daten-Übertragung und arbeitet seit dem 3.1.1963 bis heute. Er ermöglicht Gespräche in West/Ost-, Nord/Süd-, Ost/West- und in Süd/Nord-Richtung.

Syncom 1, ist ein zylinderförmiger aktiver Nachrichten-Satellit für die Telefon- und Daten-Übertragung. Er wurde am 14.2.1963 mit einer Thor-Delta von der NASA gestartet und erreichte auch eine fast synchrone Umlaufzeit. Jedoch riß kurz nach dem Zünden der Bahneinschußrakete die Funkverbindung ab.

Telstar 2, wiederum von der AT & T am 7.5.1963 mit einer Thor-Delta gestartet, ist ebenfalls für die Fernseh-, Telefon- und Daten-Übertragung eingesetzt. Er arbeitete vom 7.5.1963 bis 16.7.1963 und nach einer kurzen Unterbrechung vom 12.8.1963 bis heute.

Das Projekt **West Ford** ist ein rein militärisches Objekt im Auftrage der USAF. Dieser aus 400 Millionen Kupferdipolen bestehende Ring wird in der westlichen Literatur zu den passiven Nachrichtensatelliten gerechnet. Wir führen ihn deshalb der Vollständigkeit halber hier an, obwohl man dieses gefährliche Experiment, vor dem die Weltöffentlichkeit und auch die internationale Wissenschaft eindringlich warnte, nicht zu den friedlichen Nachrichtensatelliten rechnen kann. Am 9.5.1963 erfolgte der Start einer Atlas-Agena-Rakete, die die Kupfer-Dipole, die als passive Reflektoren dienen sollen, auf eine polare Kreisbahn brachte.

Syncom 2 wurde am 26.7.1963 von der NASA mit einer Thor-Delta gestartet. Auch dieser aktive Nachrichtensatellit diente der Telefon- und Daten-Übertragung. Bemerkenswert ist seine vollendete Kreisbahn mit einem Apogäum von 35 793 km und einem

Perigäum von 35 780 km. Er ist seit dem 15. 8. 1963 quasi stationär über dem 55. Grad westlicher Länge. Sein Betrieb dauert ununterbrochen vom Start bis heute.

Innerhalb von fünf Jahren wurden von den USA also neun Fernmeldesatelliten gestartet. Davon waren zwei, Echo 1 und das West-Ford-Projekt, passive Nachrichtensatelliten. Fünf Satelliten, nämlich Score, Courier 1B, Telstar 1, Relay 1 und Telstar 2, waren aktive Fernmeldesatelliten auf Umlaufbahnen mittlerer Höhe. Zwei Satelliten schließlich, Syncom 1 und 2, waren aktive Nachrichtensatelliten auf synchronen Umlaufbahnen.

Von diesen gestarteten Satelliten befinden sich noch acht auf Umlaufbahnen: Echo 1, Relay 1, Syncom 1, Telstar 2, West Ford, Syncom 2, Courier 1B und Telstar 1. Von ihnen arbeiten heute noch drei, Relay 1, Telstar 2 und Syncom 2.

Wir haben hier bewußt die Unterteilung in passive Nachrichtensatelliten, aktive Nachrichtensatelliten auf Umlaufbahnen mittlerer Höhe und aktive Nachrichtensatelliten auf synchronen Umlaufbahnen gemacht. Auf diesen drei Wegen erfolgten nämlich alle bisherigen Experimente, und auch die bekannten Projekte und Vorschläge sind im wesentlichen darauf ausgerichtet.

Die passiven Fernmeldesatelliten

Bei den passiven Nachrichtensatelliten handelt es sich um Reflektionskörper, die die von der Erde ausgesendeten Wellen zur Erde zurückstrahlen. Der erste natürliche passive Fernmeldesatellit war der Mond, der ja bekanntlich seit 1946 für ähnliche Experimente benutzt wurde. Der erste und einzige künstliche Vertreter dieser Art ist Echo 1. Nach Erreichen seiner Umlaufbahn wurde dieser Ballonsatellit auf einen Durchmesser von 30,48 m aufgeblasen. Seit über drei Jahren zieht er für das bloße Auge gut sichtbar seine Bahn um die Erde. Der Ballon ist zwar im Laufe der Zeit stark zusammengeschrumpft und deformiert; aber seine wissenschaftlich-technischen Aufgaben hat er gut erfüllt. 200 Experimente wurden in den ersten zwei Jahren mit seiner Hilfe durchgeführt. Alle diese Versuche bestätigten, was bisher zwar angenommen wurde, aber praktisch noch nicht bewiesen worden war:

1. Mikrowellensignale durchdringen die Atmosphäre und Ionosphäre.
2. Diese Signale können von großen Reflektionskörpern zurückgeworfen werden.
3. Hochempfindliche Antennen sind in der Lage, diese Signale auf der Erde wieder zu empfangen.

Passive Nachrichtensatelliten haben eine ganze Reihe von Vorteilen. Ihr Aufbau ist einfach, denn sie bestehen nur aus einer Ballonhülle und benötigen lediglich einen schwachen Peilsender, der die Ortsbestimmung ermöglicht.

Die Betriebssicherheit ist infolge des einfachen Aufbaues und der langen Lebensdauer sehr hoch.

Außerdem sind passive Nachrichtensatelliten außerordentlich gut für den Netzbetrieb geeignet.

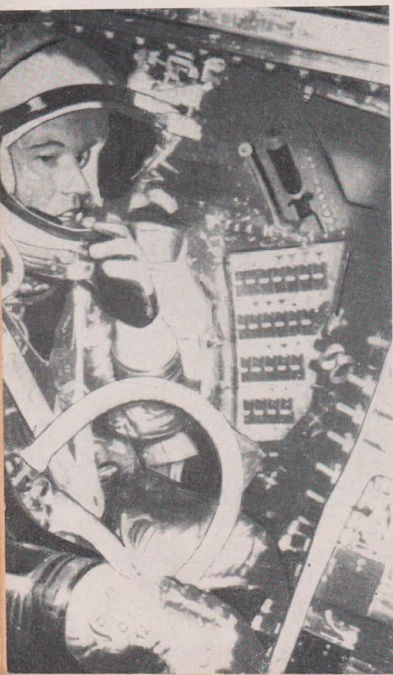
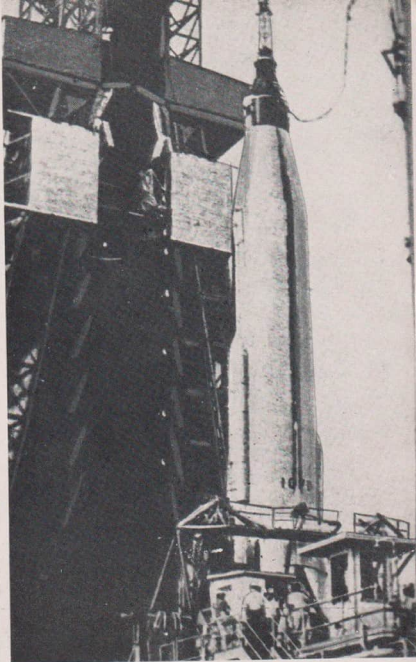
Aber die Nachteile wiegen das zu einem großen Teil wieder auf: ein passiver Nachrichtensatellit benötigt starke Bodensender, weil nur ein winziger Teil der ausgestrahlten Energie zu den Empfangsstationen zurückgestrahlt wird. Außerdem sind sie nicht für die Fernsehübertragung geeignet. Das aber macht die passiven Nachrichtensatelliten sehr unwirtschaftlich, und sie werden in der Zukunft wohl in erster Linie nur für militärische Projekte verwendet werden.

Die Aufgabe des Projektes West Ford bestand ja gerade darin, einen globalen militärischen Netzbetrieb, der mit einfachen Antennen arbeiten kann, zu errichten.



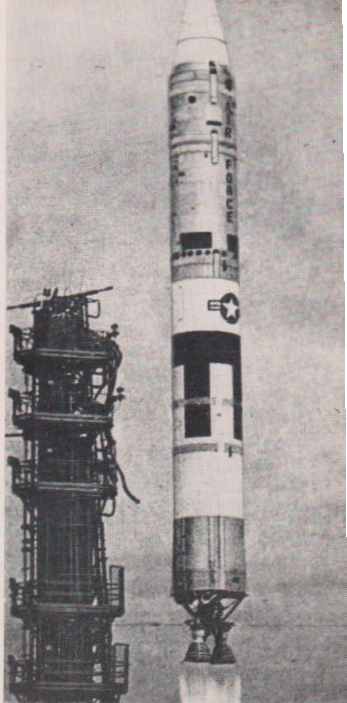
Fotografische Aufnahme der Erdoberfläche von Bord der unbemannten Mercury-Kapsel MA-4. Im Bild ist die wolkenfreie Westküste Afrikas zu erkennen.

Eine Atlas-Rakete — mit der Mercury-Kapsel an der Spitze—kurz vor dem Start



Gordon Cooper in seiner Kapsel MA-9

Teststart einer Titan2, die für das
Gemini - Projekt vorgesehen ist.



Der amerikanische Astronaut Walter
M. Schirra, der die Erde sechsmal umkreiste

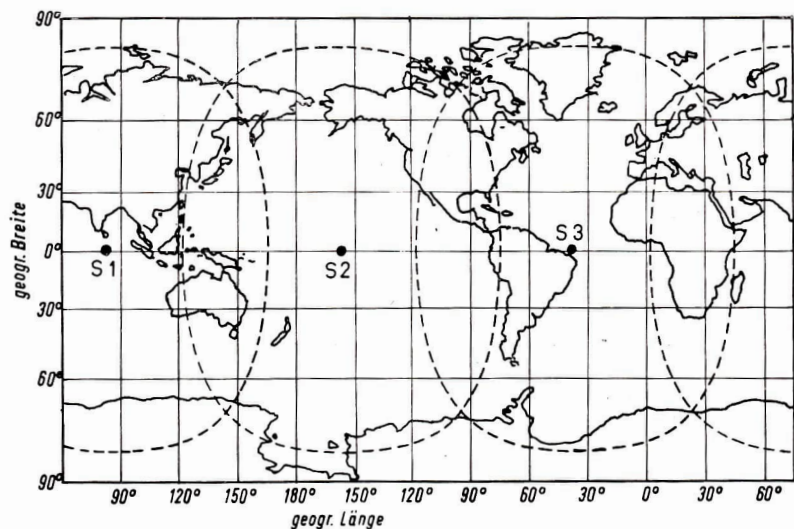


Abb. A Sende- und Empfangsbereiche von drei Synchrosatelliten

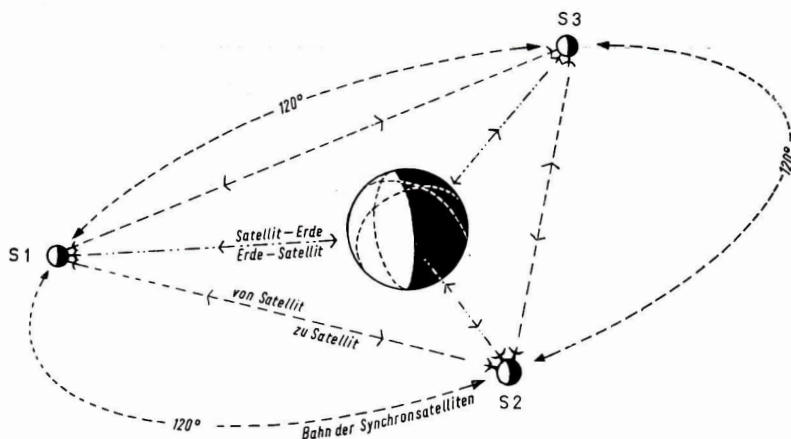


Abb. B Drei Synchrosatelliten mit zweiseitigen Funkverbindungen zwischen Erde und Satelliten sowie von Satellit zu Satellit ermöglichen eine weltumspannende Funk- und Fernsehverbindung

Die polare Kreisbahn und der Ring aus den 400 Millionen Kupfer-Dipolen (17,7 mm lang und 0,018 mm $\varnothing$) sollten das gewährleisten. Zwar schloß sich der Dipol-Ring am 18. 6. 1963 zu einem 8 km breiten und 40 km tiefen Ring; aber nur die Hälfte der 400 Millionen Kupfernadeln befanden sich als einzelne Dipole auf der Umlaufbahn.

Die aktiven Fernmeldesatelliten

Ein aktiver Fernmeldesatellit wird dadurch gekennzeichnet, daß er über Empfangs- und Sendeantennen mit eigener Stromquelle verfügt und die von den Bodenstationen empfangenen Signale selbst verstärkt und mit veränderter Frequenz zur Erde zurücksendet. Diesen aktiven Nachrichtensatelliten, das haben besonders die erfolgreichen Versuche mit Telstar, Relay und Syncom bewiesen, gehört die Zukunft in der Fernmeldesatelliten-Technik. Wir wollen hier zunächst die aktiven Fernmeldesatelliten auf mittlerer Umlaufbahn, also bis zu etwa 10 000 km Höhe über der Erde betrachten. Alle amerikanischen aktiven Nachrichtensatelliten, außer den Syncomsatelliten, bewegten sich auf solchen Bahnen: Score: Apogäum 1490 km, Perigäum 184 km; Courier 1B: Apogäum 1204 km, Perigäum 975 km; Telstar 1: Apogäum 5633 km, Perigäum 957 km; Relay 1: Apogäum 7445 km, Perigäum 1312 km; Telstar 2: Apogäum 10 808 km, Perigäum 971 km.

Die beiden Vorläufer der aktiven Nachrichtensatelliten sind Score und Courier 1B. Die durch sie gewonnenen Erkenntnisse beziehen sich jedoch im wesentlichen auf die Einwirkung des kosmischen Raumes auf das Verhalten und die Arbeitsweise von elektronischen Geräten.

Die eigentlichen Pioniere der aktiven Fernmeldesatelliten sind die Telstar- und Relay-Satelliten. Sie sollten vor allen Dingen Antwort auf zwei Fragen geben:

1. Wie groß muß die Sendeleistung eines aktiven Fernmeldesatelliten sein? Und etwas spezialisierter ausgedrückt: Lassen sich Breitbandsignale guter Qualität über große Entfernungen übertragen?
2. Wie groß kann die Lebensdauer eines aktiven Fernmeldesatelliten sein?

Dabei war es besonders wichtig, zu untersuchen, welchen Einfluß der kosmische Raum auf die Elektronik ausübt.

Bei den Experimenten mit Telstar, Relay und Syncom wurde eine große Anzahl von Daten für die Beantwortung dieser und anderer Probleme gewonnen. Die erste Frage wurde grundlegend bejahend beantwortet. Die Versuche ergaben, daß, wenn bei der Übertragung von Televisionssendungen und einer großen Zahl von Telefongesprächen die CCIR-Spezifikation für das Signal-Rauschverhältnis eingehalten werden soll, ohne daß extreme Bandbreiten benutzt werden, die Sendeleistung des Satelliten größer sein muß als bei Telstar und Relay. Das bedeutet aber: der Satellit wird größer, schwerer und teurer. Ein sich anbietender Ausweg, die Sendeleistung durch Richtantennen zu erhöhen, setzt wiederum eine exakte Stabilisierung des Satelliten voraus. Bei den Telefonverbindungen wirken sich besonders die Verzögerungen und die Echos, die durch die lange Laufzeit zustande kommen, aus. Auch ein Netzbetrieb war bisher nicht möglich; denn alle bisherigen Nachrichtensatelliten waren nur in der Lage, gleichzeitig zwei Bodenstationen miteinander zu verbinden.

Auch für die Erhöhung der Lebensdauer solcher Satelliten brachten die Experimente wertvolle Erkenntnisse. Die wichtigsten von ihnen sind: der Aufbau des Satelliten muß einfacher werden; die Bauelemente müssen eine hohe Strahlungsempfindlichkeit besitzen; die Temperaturregelung muß voll gesichert werden; die günstigsten Satellitenbahnen müssen erreicht werden.

Die stationären Satelliten

Unter den aktiven Fernmeldesatelliten nehmen Syncom 1 und 2 eine besondere Rolle ein. Sie gehören zu der Gruppe der aktiven stationären Fernmeldesatelliten. Das sind solche, die auf Synchron-Umlaufbahnen die Erde umkreisen. Das bedeutet bei einer äquatorialen Bahn, die Erde in einer Höhe von 35 800 km in 24 Stunden einmal zu umkreisen. Ein solcher Satellit ist für einen bestimmten Ort auf der Erde stationär. Zugleich aber kann er für ein großes Gebiet als kosmische Relaisstation dienen. Syncom 1 und 2 überstrahlen zum Beispiel ein Gebiet, das die östliche Hälfte Nordamerikas, ganz Südamerika, Europa und den Nahen und Mittleren Osten überstrahlt.

Die beiden Syncom-Experimente hatten vor allen Dingen zwei wissenschaftlich-technische Aufgaben:

1. Die besten Methoden zum Einbringen von Satelliten in eine synchrone Umlaufbahn zu entwickeln.
2. Verfahren zu erforschen, die die Nachrichtenübermittlung zwischen verschiedenen Bodenstationen über einen stationären Satelliten sicherstellen.

Wie die von den Syncomsatelliten erreichten Bahnen beweisen, wurde die erste Aufgabe sehr gut gelöst.

Syncom 1 (Inklination $33,51^\circ$) erreichte mit einem Apogäum von 37 014 km und einem Perigäum von 34 182 km sowie einer Umlaufzeit von 23 Stunden und 40 Minuten nicht ganz die synchrone Umlaufbahn.

Syncom 2 (Inklination $33,09^\circ$) jedoch wurde zum ersten echten stationären Satelliten. Seine Bahn noch zu übertreffen, wird wohl kaum möglich sein. Apogäum 35 793 km, Perigäum 35 780 km, Umlaufzeit 23 Stunden 56 Minuten. Dieser Satellit ist quasi stationär über dem 55. Grad westlicher Länge.

Bei Syncom 1 riß leider die Funkverbindung nach kurzer Zeit ab, und zwar nach dem Zünden der Bahneinschußrakete. Bei Syncom 2 jedoch funktioniert die Funkverbindung seit dem Start, und man schätzt die Lebensdauer dieses stationären Satelliten auf etwa ein Jahr, also bis zum Sommer 1964.

Die Kosten für aktive Nachrichtensatelliten sind jedoch sehr hoch. Man braucht ja nur an die große Zahl der elektronischen Bauelemente bei Telstar 1 zu denken — 1064 Transistoren, 1464 Dioden, 2800 Widerstände, 1150 Kondensatoren, 340 Induktivitäten, 70 Transformatoren und 10 Relais. Um die Betriebssicherheit zu gewährleisten, war es notwendig, 58 880 Einzelteile, von denen nur jedes 10. nach mehreren Monaten geeignet war, zu überprüfen.

Trotz aller neuen Probleme, die bei den verschiedensten Experimenten mit Fernmeldesatelliten aufgetreten sind, hat sich eines als richtig erwiesen: den aktiven Fernmeldesatelliten, ganzen Systemen von aktiven Nachrichtensatelliten und insbesondere von stationären Nachrichtensatelliten gehört die Zukunft der Fernmeldetechnik.

Manuskript abgeschlossen am 1. 12. 1963.

Mercury-Programm beendet

KARL-HEINZ NEUMANN

Von seiten der NASA wurde mitgeteilt, daß das amerikanische Mercury-Programm nach dem erfolgreichen Flug Gordon Coopers vom 15. Mai 1963 abgeschlossen ist. Die 22 Erdumkreisungen der Mercury-MA-9 sind damit der letzte bemannte Raumflug der USA innerhalb der nächsten 18 Monate. Der nächste bemannte Raumflugkörper soll eine Gemini-Kapsel sein.

Nach Coopers Flug gab es bei der NASA Vorschläge, eine weitere Mercury-Kapsel, MA-10, für einen sechstägigen Flug umzurüsten. Bei genauerer Prüfung dieses Projektes kam man aber schließlich zu der Einsicht, daß mit der von einer Atlas zu transportierenden Nutzmasse ein derartiger Flug nicht auszuführen sei. Es wäre praktisch unmöglich gewesen, die notwendige Menge an Atemluft und vor allem die notwendigen elektrischen Energiereserven für einen derart langen Flug bei dem nicht zu vergrößernden Gewicht der Mercury-Kapsel unterzubringen. Schon bei dem anderthalbtägigen Flug Coopers war der Sauerstoffvorrat und der Energievorrat so knapp bemessen, daß die Flugdauer kaum über 3 Tage auszudehnen gewesen wäre. Die ursprüngliche konstruktive Ausrüstung der Mercury-Kapsel war für eine maximal sechsmalige Erdumkreisung ausgelegt worden. Schon der Flug Coopers erforderte die Herausnahme einiger Anlagen, so auch des rund 34 kp schweren Periskops.

Im folgenden sei nun noch einmal ein Überblick über den Ablauf des Mercury-Programms gegeben. Im Oktober 1958 erfolgte bei der NASA die endgültige Beschlußfassung über die Ausführung des Mercury-Programms. Dieses Programm sah vor, eine Kapsel von etwas über 1 Tonne Gewicht mit einer Atlas-Trägerrakete auf eine erdnahe Satellitenbahn zu bringen, um damit den Menschen erstmalig die Erde umkreisen zu lassen.

Zur Erprobung der Kapsel, ihrer aerodynamischen Flugeigenschaften und des sogenannten Rettungssystems wurde eine Feststoffrakete entwickelt, die die Bezeichnung Little Joe hatte. Der erste Flug einer Little Joe mit einer Mercury-Kapsel erfolgte am 4. Oktober 1959. Bei diesem ersten Flugexperiment trennte sich die Kapsel nicht von ihrem Feststoffbooster, der daraufhin in 84 km Höhe gesprengt wurde. Genau einen Monat später erfolgte der zweite Start, wobei das Rettungssystem erprobt werden sollte. Dieses besteht aus einem an dem oberen Teil der Mercury-Kapsel angebrachten Gerüst, an dessen Spitze sich drei Feststoffraketen befinden. Es soll dazu dienen, die Mercury-Kapsel im Fall eines Versagens der Trägerrakete von ihr zu trennen. 0,5 Minuten nach dem Start wurden diese Rettungsraketen gezündet, die Kapsel trennte sich und erreichte 8 km weiter, nachdem sie 11 km hoch geflogen war, die Wasseroberfläche. Am 4. Dezember 1959 wurde wiederum eine Mercury-Kapsel mit einem Affen an Bord durch eine Little Joe gestartet. Die Kapsel, die nach Brennschluß getrennt wurde, gelangte auf eine ballistische Flugbahn, wobei sie 90 km hoch und 320 km weit flog. Das Versuchstier mit der Mercury-Kapsel konnte geborgen werden. Am 21. 1. 1960 erfolgte die zweite

Erprobung des Rettungssystems, ebenfalls mit einem Affen an Bord. In 19 km Entfernung erreichte die Kapsel die Wasseroberfläche. Bei einem weiteren Testflug mit einer Little Joe am 8. November 1960 trennte sich die Kapsel nicht von der Trägerstufe. Zwei weitere Versuche mit der Little Joe am 18. März 1961 und am 28. April 1961 waren ebenfalls nur zum Teil erfolgreich. Die Hauptschwierigkeiten lagen auch bei diesen beiden Versuchen in der Trennung der Kapsel von der Rakete.

Inzwischen waren mit der Trägerrakete Redstone, einer amerikanischen Flüssigkeitsrakete, die praktisch eine Weiterentwicklung des deutschen A-4 darstellte (ballistische Kurzstreckenrakete des amerikanischen Heeres), weitere Experimente zur Erprobung der Mercury-Kapsel ausgeführt worden. Am 21. November 1960 wurde während des Aufstiegs der Redstone die Mercury-Kapsel abgesprengt. Beim zweiten Flug am 19. Dezember 1960 wurde zum ersten Mal die Erreichung einer ballistischen Flugbahn mit einer Mercury-Kapsel versucht. Die Kapsel flog bis zu einer maximalen Höhe von 217 km und hatte eine Flugweite von 379 km. Die Rückkehr auf die Wasseroberfläche war erfolgreich. Diese Kapsel erhielt die Bezeichnung MR-1. In der Mercury-Kapsel MR-2, die am 31. Januar 1961 mit einer Redstone gestartet wurde, befand sich ein Schimpanse. Der Flug verlief erfolgreich, und auch die Rückkehr zur Wasseroberfläche und Bergung des Versuchstieres gelang. Da aber die Flugbahn von den vorgesehenen Werten stark abwich, ergab sich für das Tier eine maximale Beschleunigung von 18 g. 6½ Minuten dauerte der Zustand der Schwerelosigkeit, und die Flugweite betrug 664 km bei einer Höhe von 250 km. Insgesamt dauerte der Flug dieses Tieres 16½ Minuten.

Auch mit der Trägerrakete Atlas waren schon vorher Testflüge ausgeführt worden. Der erste Flug mit einer Atlas erfolgte ebenfalls auf einer ballistischen Bahn. Am 9. September 1959 erreichte eine Mercury-Kapsel eine Flugweite von 2410 km, wobei die maximale Höhe 160 km ausmachte.

Der erste Versuch, eine Mercury-Kapsel auf eine Satellitenbahn zu transportieren, erfolgte am 29. Juli 1960. Die Kapsel MA-1 wurde zerstört, als die Atlas-Trägerrakete 65 Sekunden nach dem Start explodierte. Bei der Mercury-Kapsel MA-2 wählte man wiederum eine ballistische Flugbahn. Es ging hier vor allem wie beim ersten Flug mit einer Atlas um die Erprobung des Wärmeschutzschildes. Die Flughöhe bei diesem zweiten Versuch, der am 21. Februar 1961 ausgeführt wurde, betrug 177 km, während die Weite 2293 km ausmachte. Die maximale Beschleunigung beim Wiedereintauchen in dichtere Schichten machte hier 16,5 g aus.

Am 25. April 1961 sollte die unbemannte Kapsel MA-3 mit einer Atlas auf eine Satellitenbahn gebracht werden. Infolge zu starker Abweichungen in der Aufstiegsphase mußte die Atlas vom Sicherheitsoffizier gesprengt werden. 13 Tage zuvor war der erste Kosmonaut der Welt, Juri Gagarin, in seinem Raumschiff Wostok I zum ersten Mal um unsere Erde geflogen,

Der erste Mensch in einer Mercury-Kapsel startete am 5. Mai 1961 mit der MR-3, die von einer Redstone-Trägerrakete in eine ballistische Flugbahn gebracht wurde. MR-3 erreichte 186,3 km Höhe und eine Flugweite von 486 km. Der Pilot Allan Bartlett Shepard befand sich 4 Minuten und 41 Sekunden im Zustand der Schwerelosigkeit. In der Startphase betrug die maximale Beschleunigung 6 g, und bei der Rückkehr erreichte sie für 30 Sekunden den maximalen Wert von 11 g. Nach einer Flugdauer von insgesamt 15 Minuten erreichte die Kapsel die Oberfläche des Atlantischen Ozeans.

Am 21. Juli 1961 startete wiederum mit einer Redstone Virgil J. Grissom in seiner Kapsel MR-4. Auch hier erfolgte ein Flug auf einer ballistischen Bahnkurve. Die gewichtslose Periode dauerte bei diesem Experiment 5 Minuten, 18 Sekunden, und

die Gesamtflugdauer machte 15 Minuten und 22 Sekunden aus. Die Höhe betrug 190 km, die Flugweite 491 km. MR-4 mit Grissom an Bord erreichte wohlbehalten die Wasseroberfläche. Bei dem Versuch der Bergung der Kapsel versank diese allerdings. Grissom konnte gerettet werden.

Am 13. September 1961, nachdem bereits der zweite Kosmonaut der Welt, German Titow, mit seiner Wostok II die Erde länger als einen Tag umkreist hatte, gelang es den USA zum ersten Mal, eine Mercury-Kapsel MA-4 auf eine Satellitenbahn zu transportieren. In dieser Kapsel war eine Anlage untergebracht, die Lebensfunktionen des Menschen imitierte. Vergleichbar also mit der Anlage, die sich an Bord des ersten unbemannten sowjetischen Raumschiffes befand (15. Mai 1960). Die Flugbahn, die diese Mercury-Kapsel erreichte, hatte ein Perigäum von 158,7 km und ein Apogäum von 231 km. Nach einer Erdumkreisung wurde die Rückkehr eingeleitet. 65 km vom vorgesehenen Zielpunkt entfernt erreichte die Kapsel den Atlantischen Ozean. 3 Stunden nach der Landung konnte sie von einem Zerstörer geborgen werden.

MA-5 gelangte am 29. November 1961 auf eine Satellitenbahn. An Bord dieser Mercury-Kapsel befand sich der Schimpanse Enos. Die Bahnelemente betrugen: 88,5 Minuten Umlaufzeit, Bahnneigung 32,5 Grad, Perigäum 160 km, Apogäum 240 km. Für diesen Flug war eine dreimalige Erdumkreisung vorgesehen. Da aber das Kühlsystem dieser Kapsel ausfiel und das Stabilisierungssystem unregelmäßig zu arbeiten begann, mußte die Kapsel unplanmäßig nach zwei Umrundungen zur Erde zurückgeführt werden. Der Schimpanse hatte außerdem einen Nervenschock davongetragen, da die Anlage, mit der das Reaktionsvermögen des Tieres während des Zustandes der Schwerelosigkeit geprüft werden sollte, fehlerhaft arbeitete. Der Affe bekam jeweils bei der richtigen Reaktion auf ein Lichtsignal einen elektrischen Schlag. Eine Stunde und 35 Minuten nach der Landung konnte die Kapsel MA-5 800 km südöstlich der Bermuda-Inseln geborgen werden.

Der erste Amerikaner, der einen Raumflug ausführte, war John Herschel Glenn. Er startete mit einer Kapsel MA-6 am 20. Februar 1962. Er erreichte eine Umlaufbahn mit einem Perigäum von 158 km, einem Apogäum von 256 km bei einer Bahnneigung von 32,5 Grad und einer Umlaufzeit von 88,2 Minuten. Nach einer dreimaligen Umrundung der Erde landete Glenn mit seiner Mercury-Kapsel und konnte wohlbehalten geborgen werden.

Mit der Kapsel MA-7 gelangte am 24. Mai 1962 zum zweitenmal ein Amerikaner auf eine Erdumlaufbahn. Es war Malcolm Scott Carpenter. Er erreichte eine Flugbahn mit folgenden Elementen: Umlaufzeit 88,2 Minuten, Bahnneigung 32,5 Grad, Perigäum 154,9 km und Apogäum 253,3 km. Auch dieser Flug verlief erfolgreich. Nach dreimaliger Erdumrundung landete Carpenter im Atlantischen Ozean. Der Landungsort wick allerdings um 350 km vom vorgesehenen Ort ab. Schließlich gelang es aber doch, die Kapsel zu entdecken und zu bergen. Wie bei seinem Vorgänger, so hatten sich auch bei diesem Raumflug bei der Regelung der Kabinentemperatur Schwierigkeiten ergeben. Sie lag auch hier über dem vorgesehenen Wert.

Am 3. Oktober 1962 flog zum drittenmal ein Amerikaner in einer Mercury-Kapsel, der MA-8, auf einer Satellitenbahn um unsere Erde. Die Bahnhöhe lag bei diesem Flug zwischen 161 und 283 km bei einer Neigung von 32,5 Grad. Walter M. Schirra umrundete unsere Erde sechsmal. Auch während seines Fluges ergaben sich Schwierigkeiten mit der Temperaturregelungsanlage. Die Rückkehr und Landung sowie seine Bergung verliefen erfolgreich.

Der vierte und letzte bemannte Flug im Rahmen des Mercury-Programms wurde am 15. Mai 1963 von Gordon Cooper mit der MA-9 ausgeführt. Diese Kapsel hatte

eine Umlaufszeit von 88,74 Minuten, 161 km Höhe im Perigäum und 283 km Höhe im Apogäum. Die Bahnneigung machte 32,55 Grad aus. Wie schon oben erwähnt, umrundete Cooper die Erde 22mal. Abgesehen von einem Fehler in dem System, das das Wiedereintauchen in dichtere Schichten anzeigen sollte und so schon bei der 19. Umrundung die automatischen Steuerungs- und Ausrichtungsvorgänge für die Rückkehr ausführte, verlief dieser Flug erfolgreich. Auch hier hatte sich, wie bei allen bisherigen Mercury-Flügen, in der Temperaturregelungsanlage innerhalb der Kabine ein fehlerhaftes Arbeiten ergeben.

Erst Ende 1964, wenn leistungsfähigere Trägerraketen zur Verfügung stehen werden, sind weitere bemannte Flüge der USA mit dem Nachfolgemuster der Mercury-Kapsel geplant. In dieser sogenannten Gemini-Kapsel, die eine Masse von etwa 3 Tonnen aufweisen soll, werden zwei Kosmonauten Platz finden.

Als Trägerrakete hierfür will man die Titan 2 einsetzen, mit der bisher nur wenige Testflüge ausgeführt worden sind. Den ersten ballistischen Flug einer Gemini-Kapsel will man Anfang 1964 ausführen. Vor Mitte 1964 ist nicht damit zu rechnen, daß unbemannte Gemini-Kapseln auf Satellitenbahnen gebracht werden können. Die Auslegung der Gemini-Kapsel erfolgte für die Flugdauer von maximal 14 Tagen. In einem späteren Stadium, man rechnet mit Mitte 1965, sollen mit Hilfe der Gemini-Kapsel erste Experimente zur Ausführung der Rendezvous-Technik ausgeführt werden. Dabei will man versuchen, die Gemini-Kapsel mit einer unbemannten Agena-Rakete zusammenzuführen. Wie maßgebende Persönlichkeiten der NASA ausführen, hofft man, bei den ersten Experimenten die Gemini-Kapsel bis auf einige Kilometer an die Agena-Stufe heranzuführen zu können. In diesem Zusammenhang sei daran erinnert, daß sich schon die beiden sowjetischen Raumschiffe Wostok 3 und 4 am 12. August 1962 auf rund 5 km annäherten, daß also die Sowjetunion schon im Jahre 1962 diese erste Phase der Rendezvous-Technik realisiert hatte.

Abschließend kann man sagen, daß das Mercury-Programm — abgesehen von den ersten unbemannten Versuchen — erfolgreich verlaufen ist. Die Hauptschwierigkeit, die die amerikanischen Wissenschaftler bei der Realisierung des ersten bemannten Raumflugprogramms hatten, lag in der Gewichtsbeschränkung, die ihre Ursache in den zur Verfügung stehenden Trägerraketen hatte.

Diskussion zu der Theorie über den solaren Ursprung des Wasserstoffs der Erde

C. M. de Turville stellte die Hypothese auf, daß das meiste auf der Erde vorhandene Wasser durch den Einfang von solaren Protonen aus dem Sonnenwind entstanden ist. E. R. Harrison dagegen bezweifelte die von de Turville zur Erklärung des heutigen Wassergehaltes der Erde angegebene Protonendichte und Geschwindigkeit des Sonnenwindes, die einen Energiefluß von $10^3 \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ in Erdentfernung bedingen würde. Er führt weiter dagegen an, daß von dem solaren Protonenstrom nur ein geringer Anteil wegen der abschirmenden Wirkung des Erdmagnetfeldes durch die Atmosphäre hindurch diffundieren würde.

Staubwolke und Mikrometeoriten im erdnahen Raum

Der Flug der sowjetischen Interplanetaren Automatischen Station Mars 1 brachte eine Reihe wichtiger neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse über den interplanetaren Raum. Da es mit dieser Station gelang, eine zweiseitige Funkverbindung bis zu einer Direktentfernung von der Erde von etwas mehr als 106 Mill. km aufrechtzuerhalten, was eine bisherige Rekordleistung im interplanetaren Funkverkehr bedeutet, konnten außerordentlich viele Meßwerte über die Verhältnisse und physikalischen Zustandsgrößen im interplanetaren Raum zur Erde übertragen werden. Diese Meßwerte bezogen sich vor allem auf das interplanetare Magnetfeld, die kosmische Strahlung und die Mikrometeorite im Weltall. Des weiteren konnte die Existenz einer Plasmahülle der Erde, einer sogenannten Geokorona, auf die erstmalig die Messungen der Luniks aufmerksam machten, nachgewiesen werden.

Sehr interessant waren die Meßergebnisse bezüglich der Mikrometeoriten. Man stellte fest, daß ihre Häufigkeit im erdnahen kosmischen Raum bedeutend größer ist, als in größeren Erdentfernungen im interplanetaren Raum. Das wichtigste Ergebnis bestand in dieser Hinsicht in der Tatsache, daß Mars 1 zwei Meteoritenströme durchquerte, ohne daß die Meteoritentreffer auf die Funktionstüchtigkeit der Station irgendwelche Auswirkungen zeigten. Die Zahl der Meteoritenaufschläge war die bisher höchste, die von einer automatischen interplanetaren Station bzw. von einem Raumflugkörper überhaupt registriert wurde. Sie betrug zum Teil mehrere Mikrometeoriten pro Minute. Die relativ große Zahl der Mikrometeoriten in Erdnähe deutet darauf hin, daß die Erde außer von der großen Plasmahülle noch von einer Staubwolke umgeben ist.

Die Messungen von Mars 1 bezüglich der Mikrometeoriten im interplanetaren Raum fanden eine gute Ergänzung durch die amerikanische Venussonde Mariner II, deren Zählgerät ebenfalls anzeigte, daß die Dichte des interplanetaren Staubes und der Mikrometeoriten nach Verlassen der Erdnähe außerordentlich gering ist. Während 109 Tagen des Fluges wurden nur zwei Aufschläge von Mikrometeoriten registriert, während in dem gleichen Zeitraum mit einem künstlichen Erdsatelliten in Erdnähe etwa 3700 Aufschläge registriert werden konnten.

Treibhaus Venus

Das überraschendste Ergebnis, das Mariner II brachte, ist die Tatsache, daß auf der Venusoberfläche fast durchweg eine Temperatur von 425 °C herrscht. Die Ursache für diese hohe Temperatur ist darin zu finden, daß Venus von einer Wolkenschicht bedeckt ist, die eine durchschnittliche Dicke von rund 30 km hat. An der Unterseite der Wolkenschicht beträgt die Temperatur etwa 88 °C, an ihrer Oberseite etwa minus 54 °C. Unter dieser Wolkendecke entsteht eine Art Treibhauseffekt, weil die Wärmestrahlung der Sonne, die die Wolkenschicht durchdringt, von der Wolkenunterseite immer wieder zurückgeworfen wird. Da die Wärme durch Zirkulation um den ganzen Planeten herumgeführt wird, können auch auf der Nachtseite keine wesentlich tieferen Temperaturen auftreten. Da die Temperatur von 425 °C gerade über dem Schmelzpunkt von Zink liegt, würden sich auf der Venus etwa 30 Prozent der in der Erdkruste vorkommenden Elemente im geschmolzenen Zustand befinden. Eine Existenz von

Leben, selbst in niederen Formen, ist unter diesen Verhältnissen auf der Venus nicht zu erwarten.

Für künftige bemannte interplanetare Flüge bedeutet das, daß die Raumfahrer der Zukunft nicht auf dem Planeten Venus landen können, wohl aber bei Annäherungsflügen versuchen können, Näheres über die Venusoberfläche, die nach den bisherigen Ermittlungen sowohl ebene Flächen als auch Gebirge aufzuweisen scheint, zu ermitteln.

Astronomische Beobachtungen bei Weltraumflügen

Zum systematischen Programm des Flugverlaufes der Raumschiffe Wostok V und VI gehörten die Beobachtungen der Wolkendecke der Erde sowie astronomische Beobachtungen der Sonne, des Mondes und der Sterne. Zu den ersten Beobachtungen ist zu sagen, daß sie von großer Bedeutung sind, weil den Meteorologen auf der Erde noch immer eine exakte globale Übersicht über die Großwittersituation fehlt. Das liegt vor allem daran, daß in den dünn besiedelten Gebieten der Erde nur wenige Wetterstationen bestehen und weite Teile der Erde von Ozeanen bedeckt sind, auf denen sich nur eine relativ kleine Zahl von Wetterschiffen befindet. Deswegen können systematisch durchgeführte Wetterbeobachtungen von Raumschiffen aus die Beobachtungslücke auf der Erde sehr schnell schließen, eine bessere wissenschaftliche Grundlage, besonders für langfristige Wetterprognosen, würde die Folge sein.

Ebenso wichtig ist die Meldung über die verschiedenen astronomischen Beobachtungen. Aus der Raumschiffbahn lassen sich ungestört diese Beobachtungen durchführen, weil der größte Teil der Erdatmosphäre, vor allem der bei astronomischen Beobachtungen besonders störende Teil der dichten Atmosphärenschichten, unterhalb des Raumschiffes liegt. Die Ultraviolettstrahlung der Sonne und die Röntgenstrahlung dringen ungehindert bis in die Bereiche der Flugbahn vor. Fotografische Beobachtungen, die in diesen Bereichen für viele Forschungen der Astrophysik von großer Bedeutung sind, lassen sich in dieser Höhe ausführen.

In dieser Hinsicht werden die Beobachtungen der beiden Kosmonauten Valentina Tereschkova und Valeri Bykowski auch helfen, die Grundlagen dafür zu schaffen, bemannte astronomische Beobachtungsstationen in Satellitenbahnen zu projektieren und schließlich mit Erfolg einzusetzen.

Fliehkraft ersetzt Schwerelosigkeit

Alle bisherigen Kosmonauten und auch die erste Kosmonautin der Erde haben den Zustand der Schwerelosigkeit auch über längere Dauer gut ertragen. Trotzdem muß man sich bei der immer größer werdenden Zeitspanne, die die Schwerelosigkeit einnimmt, Gedanken machen, wie man diesem Zustand abhelfen kann. Wie aus den letzten Berichten und Meldungen, die nach dem Flug von Wostok V und VI veröffentlicht wurden, hervorgeht, wurden von sowjetischen Wissenschaftlern in dieser Hinsicht bereits experimentelle Untersuchungen angestellt. Hierzu diente u. a. das Programm der sowjetischen unbemannten Satelliten der Kosmos-Serie. In ihnen wurden Ratten und Mäuse, die sich zunächst im Zustand der Schwerelosigkeit befanden, während des Fluges der Satelliten in einem zentrifugenähnlichen Gerät in Rotation versetzt. Durch die dabei auftretende Fliehkraft konnte für die Tiere eine ähnliche Lage geschaffen werden wie bei Vorhandensein eines Schwerfeldes. Die Ergebnisse dieser Experimente zeigten, daß sich die Tiere nach dem Einsetzen der Rotation, das heißt also nach dem Auftreten der künstlichen „Schwerkraft“, absolut ruhig verhielten. Die bei früheren Versuchen an Tieren zum Teil festgestellte Zerrüttung des Biomechanismus entfiel bei diesem Experiment. In dieser Hinsicht dürften die Experimente mit den sowjetischen künstlichen Satelliten der Kosmos-Serie sehr wesentlich dazu beitragen, neue Wege zur Erschließung des interplanetaren Raumes mit bemannten Raumschiffen aufzuzeigen.

Noch vor 20 bis 30 Jahren war, gefördert durch zahlreiche utopische Romane und Erzählungen, die Meinung weit verbreitet, daß zur Erforschung des Mondes der Mensch selbst ein Raumschiff besteigen müsse, um unter tausend Gefahren und Abenteuern den Weg zu anderen Himmelskörpern zu bahnen. Auch erfahrene Wissenschaftler konnten damals kaum die Möglichkeiten erahnen, die der Menschheit heute bei der Vorbereitung bemannter Raumflüge durch automatische, unbemannte Raumflugkörper, die mit ebenso automatisch arbeitenden Meßgeräten ausgerüstet sind, gegeben sind.

Vor fast genau 5 Jahren, am 2. Januar 1959, stieß die sowjetische Wissenschaft mit einem unbemannten Raumflugkörper, Lunik I, zum ersten Mal zum Mond vor. Die erste Etappe der Mondforschung mit kosmischen Raketen, an der die sowjetischen Luniks I–III, Luna IV und mit weniger Erfolg die amerikanischen Raumflugkörper vom Typ Pioneer und Ranger beteiligt waren, galt der kurzzeitigen Erforschung der Umgebung des Mondes, denn die Meßgeräte konnten in der verhältnismäßig geringen Zeitdauer des Vorüberfluges oder der Annäherung bis zum harten Aufprall (Lunik II) nur begrenzte Meßwerte zur Erde funken.

In der jetzt unmittelbar vor uns liegenden zweiten Etappe der Vorbereitung des bemannten Mondfluges werden zwei Arten von automatischen Mondforschern zum Einsatz kommen.

1. Mondsatelliten, die für eine lange Zeitdauer die Mondoberfläche beobachten und Aufnahmen sowie vielseitige Meßwerte zur Erde senden.
2. Automatische Kettenfahrzeuge, die in weicher Landung auf dem Mond abgesetzt werden und mit Sendern bzw. Fernsehkameras ausgestattet, das Terrain des Mondbodens untersuchen, um der bemannten Fahrt zum Mond viele der Überraschungsmomente zu nehmen, die in früheren utopischen Schriften die Spannungseffekte lieferten.

So werden die automatischen Mondforscher Helfer und Wegbereiter sein für den bemannten Mondflug, der erst dann stattfinden wird, wenn ein ähnlich hoher Prozentsatz an Sicherheit gewährleistet werden kann, wie er heute schon für die sowjetischen bemannten Erdumkreisungen gilt.

MITTEILUNGEN

DES ZENTRALEN FACHAUSSCHUSSES ASTRONOMIE DER KOMMISSION NATUR UND HEIMAT DES PRÄSIDENTIALRATES DES DEUTSCHEN KULTURBUNDES

Die V. Zentrale Tagung für Astronomie

Diese Tagung wurde vom Zentralen Fachausschuß Astronomie am 15. und 16. Juni 1963 in Dresden durchgeführt. Vor Beginn der Tagung im Schumannbau der Technischen Universität Dresden hatten die Teilnehmer aus allen Bezirken der Deutschen Demokratischen Republik am Sonnabend, dem 15. Juni Gelegenheit, unter Führung von Dr. M. Meinig den Mathematisch-Physikalischen Salon und das Meridianhaus im Zwinger zu besuchen.

Nach den Darlegungen des Vorsitzenden des Zentralen Fachausschusses Astronomie, Herbert Pfaffe, über den „Stand der Amateurastronomie und die künftigen Aufgaben in der Deutschen Demokratischen Republik“, denen eine rege Diskussion folgte, sprachen Horst Künzel, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Astrophysikalischen Observatorium Potsdam zum Thema „Astrophysikalische Forschungen im Jahr der ruhigen Sonne“ (dieser Vortrag wird im Doppelheft 5-6/63 abgedruckt), Dipl.-Astronom Erich Bartl, Apolda, über „Möglichkeiten der Ausrüstung von Amateursternwarten“ und Dr. Paul Ahnert, Sonneberg, über „Die Mit-hilfe der Amateurastronomen bei der Beobachtung von Sternbedeckungen und

Verfinsterungen der Jupitermonde“ (Kurzfassung auf S. 66 dieses Heftes).

Am Abend besichtigten 80 Tagungsteilnehmer unter Leitung von Dr. Ing. K.-G. Steinert das Lohrmann-Institut für Geodätische Astronomie. Dort wurde in einer kurzen Vorführung gezeigt, welche Darstellungsmöglichkeiten das Zeiss-Planetarium für den Unterricht bietet. Im Zeitdienstlabor konnten die Teilnehmer erkennen, wie stark der Einfluß der Elektronik auf die astronomische Forschung gewachsen ist. Sie wurden außerdem mit einem interessanten Fernrohrtyp, dem Medialfernrohr, bekanntgemacht, das eine kombinierte Spiegellinsen-Optik nach Schupmann besitzt und vor allem hinsichtlich der Farbkorrektion gegenüber anderen Typen Vorteile hat.

Etwa 15 Teilnehmer besuchten unter Leitung von H. Flössel die Sternwarte Frantz, während 10 Sternfreunde sich von R. Kollar und H. Zieger die neuerbaute Volkssternwarte Radebeul zeigen ließen.

Um den Tagungsteilnehmern einen intensiven Erfahrungsaustausch auf bestimmten Beobachtungsgebieten zu ermöglichen, fanden am Vormittag des

16. Juni 1963 Beratungen in vier Arbeitsgruppen statt. Die Arbeitsgruppen wiesen eine gute Beteiligung auf und haben sich für die künftige Zusammenarbeit der Beobachter sehr bewährt.

In der Arbeitsgruppe „Veränderliche Sterne“ unter Leitung von Hans-Joachim Blasberg nahmen 29 Interessenten, in der Arbeitsgruppe „Sonnenbeobachtung und Sternbedeckungen“, die Edgar Otto leitete, 33 Beobachter und in der Arbeitsgruppe „Fotografische Himmelsüberwachung und Satellitenbeobachtung“ – Leitung Prof. Edgar Penzel – 39 Sternfreunde teil, während sich an der Arbeitsgruppe „Fotometrie kleiner Planeten“ – Leitung Erich Bartl – 14 Amateurastronomen beteiligten.

Im Anschluß an die Beratungen in den genannten Arbeitsgruppen folgten die Vorträge „Ist der Mond unpünktlich?“ vom Direktor des Lohrmann-Instituts für Geodätische Astronomie, Prof. Dr. phil. habil. H.-U. Sandig (der Vortrag ist auf S. 23 Heft 1–2/63 dieser Zeitschrift abgedruckt) und „Aufgaben und Ergebnisse interplanetarer Raumflugkörper für die Astronomie“ vom Präsidenten der Deut-

schen Astronautischen Gesellschaft, Dr. Ing. F. Ruhle (siehe Referat auf S. 111). Vor dem Schlußwort der Tagung erläuterte Friedemann Berth, Rodewisch, die neuentwickelte Rodewischer Ephemeriden-Karte.

Die V. Zentrale Tagung für Astronomie ist von allen Teilnehmern mit großer Zustimmung aufgenommen worden. Durch die interessanten Fachvorträge und den regen Erfahrungsaustausch bot sie sowohl eine bedeutende fachwissenschaftliche Bereicherung als auch durch die Kontakte und Aussprachen besonders in den Arbeitsgruppen viele neue Anregungen für die 168 anwesenden Amateurastronomen und Sternfreunde. Das Durchschnittsalter der Tagungsteilnehmer betrug 40 Jahre; der jüngste Teilnehmer war 15, der älteste 75 Jahre alt. Die berufliche Zusammensetzung zeigte folgendes Bild: 42 Lehrer, 22 Ingenieure, 16 Wissenschaftler, 4 Ärzte, 14 Vertreter anderer Intelligenzberufe, 20 Angestellte, 17 Studenten, Lehrlinge und Schüler, 11 Arbeiter, 6 Selbständige, 5 Hausfrauen und ein Genossenschaftsbauer. Von zehn Teilnehmern fehlen die Angaben.

J. BERGER / H. PFAFFE

Seminar für Leiter der Fachgruppen Astronomie in Oybin

In diesem Kurort im Zittauer Gebirge wurde vom Zentralen Fachausschuß Astronomie in der Zeit vom 15. bis 22. November 1963 im Karl-Kneschke-Heim des Deutschen Kulturbundes zum erstenmal ein Seminar für Leiter von Fachgruppen Astronomie durchgeführt. 19 Fachgruppenleiter und Amateurastronomen aus

12 Bezirken der DDR haben in dem einwöchigen Lehrgang fachliche und organisatorische Anleitung erhalten, in ihren Fachgruppen noch wirksamer werden zu können und die erworbenen Kenntnisse den anderen in ihrem Bezirk bestehenden Fachgruppen zu vermitteln. Ein ausführlicher Bericht dieses Seminars erscheint im Heft 5–6/1963 dieser Zeitschrift.

Max Kutscher verstorben

Am 4. Juli 1963 verstarb der Berliner Amateurastronom Max Kutscher. Viele Berliner kennen ihn als ein Original. Oft stand er am S-Bahnhof Prenzlauer Allee und ermöglichte vielen Berlinern mit seinen selbstgebauten Fernrohren einen Blick auf den Mond, die Planeten und die fernen Sternenswelten. Nachts von seiner Wohnung aus betrieb er ernste wissenschaftliche Beobachtung wie so viele Amateurastronomen, die sich schon von Jugend an der Astronomie und der praktischen Himmelbeobachtung verschrieben haben.

Nach dem ersten Weltkrieg war das Streben vieler Sternfreunde nach eigener astronomischer Betätigung groß. Zu ihnen gehörte Max Kutscher. In der Volksbildung spielte die Astronomie so gut wie keine Rolle. Sternwarten waren eine große Seltenheit. Damals beschlossen einige der aktivsten Amateurastronomen in Deutschland, eigene Instrumente zu bauen. Der Verstorbene war unter ihnen. Er widmete sich besonders der Planetenbeobachtung, vor allem der Beobachtung des Planeten Mars. Im Mai 1937 konnte Max Kutscher

das Phänomen der Marskanäle besonders gut beobachten. Das Ergebnis war eine Reihe teils farbiger Zeichnungen, auf denen die Erscheinungen und Veränderungen der Marskanäle festgehalten waren. Diese Zeichnungen wurden in astronomischen Zeitschriften wie „Weltall“ und „Die Sterne“ veröffentlicht.

Der am 5. März 1934 von Max Kutscher entdeckte Fleck in der Atmosphäre des Planeten Jupiter war eine interessante Erscheinung. Er hatte sich in verhältnismäßig kurzer Zeit aus vier kleinen Flecken zu einem großen, einheitlichen herausgebildet. Die Nachricht dieser Entdeckung wurde in der französischen astronomischen Zeitschrift „l'Astronomie“ veröffentlicht, sie trug die Unterschrift des bekannten französischen Astronomen G. Camille Flammarion. Einen dunklen Fleck auf dem Planeten Saturn entdeckte Max Kutscher gleichzeitig mit Dr. Gramitzki. Beide Beobachter fanden den Fleck aber völlig unabhängig voreinander.

HERBERT PFAFFE

„Astronomische Rundschau“

Von dieser Veröffentlichung des Zentralen Fachausschusses Astronomie des Deutschen Kulturbundes in den Jahren 1959 bis 1962 sind noch folgende Jahrgänge erhältlich:

Jahrgang 1959, Heft 1–6, für 6,— DM

(von Heft 1–5 sind nur noch wenige Exemplare vorrätig)

Jahrgang 1960, Heft 1–6, für 5,— DM

Jahrgang 1961, Heft 1–6, für 5,— DM

Jahrgang 1962, Heft 1–6, für 6,— DM

Bestellungen auch auf Einzelhefte (1,— DM) nimmt der Deutsche Kulturbund, Bundessekretariat — Abteilung Natur und Heimat —, Berlin C 2, Littenstraße 79 a, entgegen.

MITTEILUNGEN



DER DEUTSCHEN ASTRONAUTISCHEN GESELLSCHAFT
MITGLIED DER IAF

Präsident: Dr.-Ing. Ferdinand Ruhle, Institut für Energetik in Leipzig.

Vizepräsident: Prof. Dr. Johannes Höpfe, Direktor der Sternwarte Potsdam-Babelsberg der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. **Vizepräsident:** Heinz Mielke, Schriftsteller.

Sekretär: Dipl.-Gewl. Herbert Pfafe

Probleme bei der Durchführung astrophysikalischer und astronomischer Messungen mit Hilfe von Raumflugkörpern

Dr.-Ing. FERDINAND RUHLE

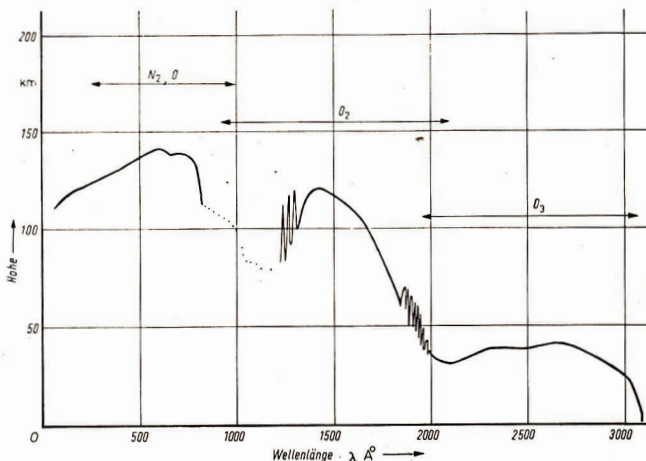
Bis zum Beginn der großtechnischen Anwendung des Rückstoßprinzips für den Bau von Raketen mit verschiedenartigem Bestimmungszweck war die Astronomie in ihren experimentellen Möglichkeiten auf die ausschließliche Verwendung bodengebundener Meßeinrichtungen angewiesen. Die gelegentlich von Ballonen oder Flugzeugen durchgeführten Messungen konnten in der Vergangenheit wegen ihrer relativ geringen Höhe über dem Erdboden nur als eine Abart der Bodenversuche angesehen werden. Die Meßeinrichtungen der Astronomie dienten entweder der Detektion elektromagnetischer Wellen oder dem Nachweis von Korpuskularstrahlen. Der Frequenzbereich der untersuchten elektromagnetischen Wellen

reicht von den kurzwelligen unsichtbaren Strahlen über das sichtbare Spektrum bis in den Dezimeterbereich der Radiostrahlung. Der Energiebereich der Korpuskularstrahlen reicht bis in das Gebiet von 10^{12} eV. Der Vollständigkeit halber sind noch die geophysikalischen Messungen zu nennen, aus deren Ergebnissen man Schlüsse auf die Verhältnisse im Weltraum und auf die Entwicklungsgeschichte des Weltalls zieht. Von besonderem Interesse sind hier die Untersuchungen der oberen Atmosphäre, weil in ihr die Berührung mit den physikalischen Eigenschaften des interplanetaren Raumes erfolgt. Der Zustand der oberen Schichten der Atmosphäre ist in erster Linie durch die elektromagnetische und korpuskulare

Strahlung der Sonne bestimmt und stellt die Zwischenstation für den Energietransport von der Sonne zur Erde dar. Mit Hilfe der indirekten Methoden der Ionosphärenforschung wurden die Untersuchungen dieser oberen Schichten durchgeführt. Sämtliche Messungen mit bodengebundenen oder bodennahen Einrichtungen haben den schwerwiegenden Nachteil, daß die zu untersuchenden elektromagnetischen Wellen und die Korpukularstrahlen durch die physikalischen Eigenschaften der die Erde umgebenden Atmosphäre so beeinflußt werden, daß man keine eindeutigen Aussagen über die Natur der strahlenden oder reflektierenden Körper oder Materie des Weltraumes machen kann. Man hat zwar mit Hilfe scharfsinniger Experimente versucht, den Einfluß der Atmosphäre zu eliminieren, wobei die intensive Untersuchung der physikalischen Eigenschaften der gesamten Atmosphäre ein wesentlicher Bestandteil dieser Versuche war, doch sind alle über diesen Weg gewonnenen Aussagen mit einem Grad von Unsicherheit behaftet, der erst durch die Anwendung direkter Methoden

beseitigt werden konnte. Die Beeinflussung der beiden Strahlungsarten, die von den Himmelskörpern auf unsere Erde fallen, erstreckt sich im wesentlichen auf folgende Erscheinungen:

Bei der elektromagnetischen Strahlung wird die Wellenlänge oder die Frequenz nach den bisherigen Erkenntnissen nicht durch die Erdumgebung beeinflusst, so daß, wenn auf ihrem Weg durch den Weltraum keine Frequenzänderung erfolgt, die empfangene Welle in ihrem ursprünglichen Schwingungszustand beobachtet wird. Anders ist es dagegen mit der Intensität. Bei dem Durchgang der Strahlung durch die Atmosphäre beobachtet man eine Intensitätsminderung, die in starkem Maße von der Wellenlänge der Strahlung abhängig ist. Während bei der langwelligen Strahlung durch feste Schwebeteilchen oder durch Wassertropfchen eine Absorption erfolgt, ist bei den kurzwelligen Strahlen unterhalb 30 m μ der Mechanismus der Intensitätsminderung sehr viel komplizierter. (1) Die Eindringtiefe der Strahlen in die Atmosphäre geht bei Wellenlängen zwischen 20 und



Eindringtiefe der ultravioletten Sonnenstrahlung in die Atmosphäre (n. K. WATANABE)

27 m μ bis auf etwa 50 km über dem Erdboden, während sie bei den kürzeren Wellenlängen mit starken frequenzabhängigen Schwankungen in einem Bereich um 100 km liegt. Im Bereich der Radiowellen – Zentimeter- und Dezimeterbereich – hat die Ionosphäre auf die Intensität einen großen Einfluß.

Außer der Veränderung der Intensität der Strahlung erfolgt in der Atmosphäre eine Beugung an den verschiedenen dichten Luftschichten und eine Polarisierung des gestreuten Lichtes.

Die Korpuskularstrahlung tritt als Primärstrahlung mit den Bestandteilen der Atmosphäre in Wechselwirkung und ergibt Änderungen im Ladungszustand des Plasmas. Außerdem wird bei dem Zusammenstoß mit den Partikeln der Atmosphäre eine Sekundärstrahlung erzeugt. Daraus ergibt sich der Umstand, daß die Korpuskularstrahlung in ihrer ursprünglichen Struktur auf der Erde nicht ermittelt werden kann.

Diese den Astronomen und Astrophysikern seit langem bekannten Tatsachen ließen schon früh den Wunsch nach Beobachtungsmöglichkeiten außerhalb der Atmosphäre aufkommen. In Deutschland bemühte sich vor dem zweiten Weltkriege besonders Prof. Regener, die Höhenstrahlung mittels Ballon zu untersuchen. Seine Bemühungen, während des Krieges einige V2-Raketen für Höhenforschungszwecke zu erhalten, fanden selbstverständlich bei der militärischen Leitung von Peenemünde kein Verständnis. So wurden nach dem Kriege im Jahre 1946 erstmals in den USA mit Hilfe erbeuteter V2-Raketen Senkrechtstarts für wissenschaftliche Zwecke durchgeführt, wobei durch Kombination mit der amerikanischen Rakete „Corporal“ maximale Höhen von 427 km erreicht wurden. Wenn auch in den folgenden Jahren die amerikanischen Entwicklungen zum überwiegenden Teile militärische Ziele hatten, so wurde doch eine Reihe größerer oder kleinerer Raketen als Forschungsraketen abgeweißt und für Höhenuntersuchungen eingesetzt. Aus der Sowjetunion sind in den ersten Nachkriegsjahren ebenfalls Versuche mit Forschungsraketen bekannt geworden. Heute gehören spezielle Raketenentwicklungen für Forschungszwecke zu den üblichen Versuchseinrichtungen der sowjetischen Institute, die sich mit der Erforschung der oberen Atmosphäre beschäftigen (2).

Eine besondere Forcierung der Erforschung der physikalischen Verhältnisse in großen Höhen mittels Raketen erfolgte in der Zeit um den Start des ersten künstlichen Satelliten, der Erde, Sputnik I. Hierbei wurden konkretere Vorstellungen über die Bedingungen gewonnen, die auf der Umlaufbahn der künstlichen Satelliten herrschen. Mit der Durchführung der wissenschaftlichen Großversuche mit Hilfe der Sputnikserie wurden die Versuche mit Forschungsraketen keineswegs beendet. So wurde 1957 von K. I. Grinhaus in der SU mittels Raketen die Elektronen-Konzentration in der Ionosphäre gemessen (3). Systematische Untersuchungen der Dichte der Atmosphäre über 100 km Höhe wurden im gleichen Jahr von V. V. Michnewitsch (4) veröffentlicht. Im Jahre 1959 nahmen Purcell, Packer und Tousey unter Verwendung der amerikanischen Rakete „Aerobee“ die Sonnenscheibe im Lichte der Lyman-Linie mit einem Auflösungsvermögen von 1' photographisch auf (5). Untersuchungen des Zusammenhangs zwischen Korpuskularstrahlung und Nordlicht in 120 km Höhe mittels der Rakete „Nike“ wurden von Mc. Elvane 1958 veröffentlicht (6). Es folgen die verschiedensten Untersuchungen mittels Geräten, die den Bedingungen des Raketen-Senkrechtstartes gewachsen waren und die in der kurzen Verweilzeit in der untersuchten Höhe brauchbare Resultate ergaben. So wertvoll die besonders während des Internationalen Geophysikalischen Jahres gewonnenen Resultate auch waren, erkannte man bald die Grenzen dieser Methode. Der Flug der Rakete bis zur Gipfelhöhe und die Rückkehr der Container mit den wissenschaftlichen Geräten ist ein dynamischer Vorgang, der sich in verhältnismäßig kurzen Zeiten abspielt. Hierbei ändert sich ständig die Flughöhe und, wenn keine besonderen Maßnahmen vorgesehen sind, die Lage der Rakete um die Längsachse. Bei den meisten Messungen im unteren Empfindlichkeitsbereich ist die erforderliche Meßzeit relativ lang, oder bei kurzer Meßzeit liegt die Empfindlichkeitsgrenze hoch. Eine weitere Schwierigkeit liegt in der Reproduzierbarkeit der Versuche, da die genaue Einhaltung der Gipfelhöhe bei mehreren Versuchen nicht gewährleistet ist. Für die Ermittlung der geographischen Abhängigkeit bestimmter physikalischer Erscheinungen ist eine große Anzahl möglichst gleichzeitig durchgeführter Starts notwendig. Hierdurch erhöhen sich

die Versuchskosten ganz erheblich, besonders dann, wenn bei Untersuchungen in Höhen über 200 km Großraketen verwendet werden müssen.

Die erfolgreichen Versuche mit der Sputnik-Serie und die amerikanischen Satellitenversuche eröffneten für die Raumforschung ganz neue Wege. Die Möglichkeit der Einstellung einer nahezu gleichbleibenden Flughöhe oder die Wahl großer Höhenvariationen durch stark exzentrische Bahnen, die sehr große Verweilzeit in diesen Höhen, die bis zu einigen Jahren betragen kann, und die Möglichkeit der aufeinanderfolgenden Erfassung fast der gesamten Erdoberfläche sind einige der wesentlichsten Vorteile bei der Verwendung künstlicher Satelliten für Forschungszwecke. Bei den sowjetischen Satelliten gab das sehr große Nutzlastgewicht die Möglichkeit umfangreiche Apparaturen an Bord zu nehmen. Zahlreiche Veröffentlichungen geben davon Kenntnis, daß die sich ergebenden wissenschaftlichen Möglichkeiten in weitem Maße ausgenutzt wurden.

In erster Linie wurden die mit den Forschungsraketen begonnenen Versuche in erweitertem Maße fortgesetzt. Obwohl der um die Erde kreisende Satellit sich in Bewegung befindet, kann der Vorgang von der meßtechnischen Seite als quasistationär betrachtet werden, sofern es sich nicht um die Untersuchung der gleichzeitigen geographischen Verteilung bestimmter physikalischer Erscheinungen handelt. Die sehr große Verweilzeit in nahezu konstanter Höhe gibt die Möglichkeit, die Variationen der verschiedenen physikalischen Daten in Abhängigkeit von der Zeit zu ermitteln. Insbesondere sind die Schwankungen der Luftdichte in großen Höhen untersucht worden (7). Hier liegt eine Besonderheit vor, die sich aus der Tatsache ergibt, daß für diese Untersuchungen nicht unbedingt Meßapparaturen an Bord des Satelliten mitgeführt werden müssen. Die Dichteschwankungen können durch die ständige Beobachtung der Variationen der Umlaufzeit des Satelliten um die Erde ermittelt werden. Durch gleichzeitige Messungen anderer physikalischer Größen der Atmosphäre oder der Sonnenstrahlung können mittels der Korrelationsmethode Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Erscheinungen gefunden werden. Während man in den ersten Jahren noch die Veränderungen erster Ordnung untersuchte, ist man durch Verfeinerung der

Meßmethoden heute in der Lage, Einflüsse höherer Ordnung zu ermitteln. Trotz sehr vieler bereits erfolgter Auswertungen von Daten der Satellitenbeobachtung sind die Versuche noch lange nicht abgeschlossen. Ähnliche Untersuchungen wurden über den Charakter der verschiedenen Strahlungen und ihrer zeitlichen Schwankungen durchgeführt. Die Ionisation der oberen Atmosphäre wurde ermittelt. Durch den Einsatz wissenschaftlicher Satelliten ergeben sich neue Meßmöglichkeiten, die mit Bodeneinrichtungen nicht durchführbar waren. Es wurde die Natur und die Konzentration des kosmischen Staubes gemessen, der Meteoriteneinfall auf die Satellitenoberfläche wurde zeitlich registriert, und das Magnetfeld der Erde wurde untersucht. Ein besonderes Forschungsgebiet ist das der Untersuchung der Ausbreitung von Funkwellen von und nach künstlichen Satelliten, da die Verwendung von Nachrichtensatelliten für kommerzielle Zwecke die erste praktische Nutzenanwendung der Raketen- und Satellitentechnik darstellt. Eine besondere Gruppe von Satelliten, die übrigens in Zukunft von der UdSSR und den USA gemeinsam betrieben werden, sind die Wettersatelliten, die durch Aufnahme der Wolkenfelder und Messung anderer meteorologischer Daten Unterlagen für die Erkundung der Großwetterlage und damit für eine langfristige Wetter-Prognose liefern.

Der Einsatz von Satelliten für Forschungszwecke bringt eine Reihe neuer Probleme mit sich. Bei den bisherigen Messungen mit bodengebundenen oder bodennahe Einrichtungen war mit der Gewinnung der Information in Form des Meßwertes gleichzeitig deren Registrierung gekoppelt. In der Regel gab es zwischen Meßwertgeber und Registriereinrichtung keine Fernübertragungsglieder. Auch bei den Versuchen mit Forschungsraketen wurden die Meßergebnisse an Bord registriert und gespeichert und nach Bergung der Container mit den Meß- und Registriergeräten ausgewertet. Anders liegen die Verhältnisse bei der Aufnahme der mittels Satelliten gewonnenen Informationen. In der Regel werden Satelliten nach Erfüllung ihrer Aufgaben, die sich manchmal über Jahre erstrecken können, nicht wieder geborgen. Dieser Umstand und die lange Versuchsdauer machen eine laufende Fernübertragung der Informationen vom Satelliten zur Erde notwendig.

Die Entwicklung der hierfür benötigten Fernmeßsysteme hat ihren Anfang bei der Entwicklung von Großraketen genommen. Um die Zahl der Raketen bei den Ersterprobungen möglichst klein zu halten, mußten über jede gestartete Rakete so viel Informationen wie möglich über Betriebsverhalten und Bahnelemente gewonnen werden. Bei den ersten Versuchen mit der V2 wurden die Meßwertübertragungsanlagen „Messina“ zur Übertragung von 10 Meßwerten mit Erfolg eingesetzt. Seit dieser Zeit hat sich diese Technik auch in Verbindung mit den Fernlenk Waffen sehr intensiv weiterentwickelt. Die besonderen Bedingungen, die an derartige Fernmeßsysteme gestellt werden müssen, sind:

1. Gleichzeitige Messung vieler verschiedener physikalischer Größen. Die Zahl der zu messenden Größen kann in vielen Fällen bis zu 100 betragen.
2. Relativ hohe Meßgenauigkeit, die in der Regel zwischen 1 und 3 % liegt. In Sonderfällen werden Genauigkeiten von 0,1–0,3 % gefordert.
3. Gleichzeitige Übertragung der Informationen, die ein sehr unterschiedliches Frequenzspektrum haben. Nach der Breite des Frequenzspektrums unterscheidet man zwei Hauptgruppen von Informationen, die über die Radiolinie übertragen werden müssen. Zur ersten Gruppe gehören die sich langsam ändernden Meßgrößen. Hierzu gehören die meisten Zustandsgrößen des zu untersuchenden Mediums. In die zweite Gruppe fallen die schnellveränderlichen Meßgrößen, die in erster Linie die Fluktuationen der elektromagnetischen Felder und impulsartige Erscheinungen umfassen. Die Bandbreite der ersten Gruppe beträgt einige Hertz, während die der zweiten Gruppe einige Hundert Hertz betragen kann. Einen Sonderfall stellen die photographischen Aufnahmen dar, die als kompliziert zusammengesetzte digitale Meßwerte anzusehen sind. Ihre Registrierung und Übertragung erfolgt nicht im Zeitmaßstab der Aufnahme, sondern in einem anderen Zeitmaßstab aus einem Speicher heraus.
4. Die Bordanlagen der Fernübertragungseinrichtungen müssen den üblichen Bedingungen für Raketen- und Satellitengeräte entsprechen, d. h. sie müssen leicht sein, kleine Abmessungen haben und von maximal möglicher Zuverlässigkeit sein.

Es soll bereits hier darauf hingewiesen werden, daß für die Übertragung von Informationen von Bord der interplanetaren Raumsonden noch eine besondere, die technische Realisierung sehr erschwerende Bedingung hinzukommt.

Ein weiteres Problem bei der Verwendung von Satelliten für wissenschaftliche Untersuchungen des Weltraumes ergibt sich aus der Notwendigkeit, in vielen Fällen hinsichtlich des zu untersuchenden Objekts eine bestimmte, fixierte Richtung der Meßapparatur einzuhalten. Ein Beispiel, bei dem in dieser Hinsicht extrem hohe Forderungen gestellt werden, ist das geplante Satelliten-Observatorium OAO (Orbiting Astronomical Observatory) (8), das in den USA entwickelt wird. Dieses Satelliten-Observatorium erhält sehr hochwertige Teleskope, mit denen zunächst folgende Versuchsserien durchgeführt werden sollen.

a) Das Smithsonian-Experiment.

Übertragung von Fernsehaufnahmen von der gesamten Himmelskugel im UV-Bereich bis zu einer Wellenlänge von $11\text{ m}\mu$. Mit Hilfe einer aus vier 20-cm-Teleskopen und ultraviolett-empfindlichen Vicedon-Fernsehbildröhren bestehenden Anordnung soll die gesamte Himmelskugel in Segmenten von $2^\circ \times 2^\circ$ abgetastet werden, und ein Sternkatalog im Wellenlängenbereich zwischen 11 und $30\text{ m}\mu$ angefertigt werden.

b) Das Wisconsin-Experiment.

Hierbei soll die stellare Energieverteilung im Spektralbereich von 30 bis $8\text{ m}\mu$ und die Intensitäten der Emissionslinien diffuser Nebel gemessen werden.

c) Das Goddard Space Flight Center Experiment.

An ausgewählten Sternen, Nebeln und Galaxien werden im Bereich von 40 bis $9\text{ m}\mu$ Emissionsmessungen mit Hilfe eines Spiegelteleskopes von 90 cm und eines Spektrometers großer Apertur vorgenommen.

d) Das Princeton University Experiment.

Untersuchungen der absorptiven Eigenschaften interstellarer Materie.

Das Satelliten-Observatorium soll ein Gesamtgewicht von 1,6 t bei den Abmessungen von etwa $2,0\text{ m}$ $\varnothing$ und $2,9\text{ m}$ Höhe haben. Das Lageregelungs- und Steuerungssystem verwendet als Bezugs-Meßeinheiten Steuerkreisel, Sonnen- und

Sternsucher, Ferner gehören Grob- und Feinschwungräder, Gasdüsen, Sternen-Fernsehkameras und magnetische Entladeeinrichtung zu dem System. Nachdem das Observatorium auf die Umlaufbahn gebracht worden ist, erfolgt zunächst eine Grobstabilisierung der Lage, um die anfänglichen Torkel- und Drehbewegungen abzubremesen. Die Ausrichtung auf die Sonne erfolgt mit einer Genauigkeit von $\pm 0,25^\circ$. Die erforderlichen Stellmomente werden mit Hilfe der Kaltgasdüsen erzeugt. Nach der Groborientierung werden die Sternsucher, die kardanisch aufgehängt sind, in die vorausberechneten Winkel zur optischen Achse des Systems gedreht. Danach wird das ganze System mittels der Gasdüsen solange gedreht, bis die Sternsucher ihren jeweiligen Leitstern erfaßt haben. In der Regel sind drei Sucher von den sechs vorhandenen ausreichend, um das Bezugssystem mit der genügenden Genauigkeit zu bilden. Das Blickfeld der Sucher beträgt nur 1° . Als zusätzliche Lagemeßeinrichtung dient die Sternen-Fernsehkamera mit einem Blickfeld von $8 \times 8^\circ$. In der Bodenstation der Anlage können nun die Winkel der optischen Achse bezüglich des fixierten Sternen-Bezugssystems je nach der Aufgabe berechnet werden. Diese Werte werden als Kommando an das Observatorium übertragen. Mit Hilfe der Feinschwungräder erfolgt die endgültige Eindrehung auf das gewünschte Ziel mit einer Einstellgenauigkeit von ± 1 Bogensekunde. Diese hohe Genauigkeit kann bis auf $\pm 0,1$ Bogensekunde gesteigert werden. Man erreicht damit Werte, die denen der besten Bodenstationen entsprechen. Obwohl wegen des schwerelosen Zustandes die durch Lagereibung verursachten Fehler entfallen, werden an die Lage-Meßeinrichtung und an die Steuerapparatur extrem hohe Anforderungen gestellt. Zur Kompensation der äußeren Störmomente, die durch den Strahlungsdruck der Sonne und das Magnetfeld der Erde verursacht werden, dienen Gasdüsen und die magnetische Entladungsvorrichtung.

Hinsichtlich der astronomischen Meßmöglichkeiten als auch der verwendeten Geräte und Verfahren, gehört das Satelliten-Observatorium zu den Spitzenleistungen der Meßtechnik.

Bei dem Betrieb des Satelliten-Observatoriums tritt ein Umstand ein, der ein weiteres Problem mit sich bringt. Die Funkübertragungseinrichtungen arbeiten in der Regel nur im Bereich der optischen

Sicht. Das bedeutet, daß je nach Lage der Bodenstation zur Umlaufbahn von den 105 Minuten Umlaufzeit nur während 2 bis 10 Minuten direkte Funkverbindung möglich ist. In dieser Zeit werden die „Echtzeit-Kommandos“, die im gleichen Moment ausgeführt werden, an die Station gesendet. Außerdem müssen die „verzögerten Kommandos“ gesendet werden, die an Bord der Station gespeichert werden und in der Zeit, in der keine direkte Funkverbindung besteht, nach einem genauen Zeitplan zur Ausführung gelangen. Eine sehr genauegehende Systemuhr an Bord gilt als Bezugsgröße der Zeit. Für die Meßwertübertragung von Bord der Station zur Erde gelten die gleichen Bedingungen.

Die Beobachtungsdaten und Betriebsüberwachungsdaten werden während des größten Teiles der Umlaufzeit in einer Magnetkern-Speicheranlage mit einer Kapazität von 100 000 bits (Informationseinheiten) gesammelt. In der Datenverarbeitungsanlage werden die Werte synchronisiert, moduliert und an die Übertrager weitergeleitet. Wenn das Satelliten-Observatorium sich im Empfangsbereich der Bodenstation befindet, werden sämtliche Daten abgefordert und während der Empfangszeit am Boden auf Band gespeichert. Es werden demnach sämtliche Meßwerte, die während etwa 100 min gewonnen wurden, in 1/50 bis 1/10 der Zeit übertragen und am Boden registriert. Man könnte diese Schwierigkeiten umgehen, wenn auf der Basis internationaler Zusammenarbeit ein Netz von Bodenstationen synchron arbeiten würde und jeweils die Verbindung mit der in optischer Sicht befindlichen Satellitenstation aufnehmen würde. Allerdings dürfte der Aufwand der Bodenanlagen erheblich größer sein, als der für das jetzt angewandte Verfahren.

Ein weiteres Problem, das mit der Verwendung von langlebigen Satelliten für die Zwecke der Raumforschung entstanden ist und das zu einem allgemeinen Problem geworden ist, liegt in der Verarbeitung der ständig in großer Menge anfallenden Informationen. So erhielt man z. B. von Explorer 12 während der drei Monate Operationsdauer insgesamt 6000 Rollen Registrierband Fernmeßwerte. Hierbei betrug die Übertragungsgeschwindigkeit 350 bit/sec. Für das geplante Exentrische Geophysikalische Observatorium (EGO) ist eine Übertragungsgeschwindigkeit von 64 000 bit/sec. geplant

(9). Vom Satelliten-Observatorium (OAO) werden ständig etwa 200 Zustandgrößen über Temperatur, Energieversorgung und andere Betriebsgrößen plus zusätzlich die Beobachtungswerte übertragen. Die Betriebsgrößen müssen nach dem Empfang in der Bodenstation verarbeitet und mit den erwarteten Werten verglichen werden. Aus den auftretenden Abweichungen sind dann neue Kommandos für die Station zu bilden. Das gleiche gilt für die wissenschaftlichen Experimente, die nach Erhalt von Informationen gegebenenfalls nach ihrer vorläufigen Auswertung umgestellt werden müssen. Diese Vorgänge müssen in kurzer Zeit ablaufen und lassen sich wegen des mit ihnen verbundenen großen Rechenaufwandes nur mit Hilfe extrem schnellarbeitender elektronischer Ziffernrechenmaschinen durchführen. Die gewonnenen wissenschaftlichen Informationen müssen vor ihrer Weitergabe an die auswertenden Stellen zunächst auf ihre Brauchbarkeit roh überprüft werden. Oft sind die empfangenen Signale durch das Rauschen überdeckt, und die übertragene Impulsform ist verzerrt.

Die Signale müssen möglichst auf ihre Ursprungsform rekonstruiert werden. Anschließend ist ihre Umwandlung in eine für die Weiterverarbeitung in elektronischen Rechenmaschinen brauchbare Form notwendig. In dieser aufbereiteten Form werden die Informationen erneut auf Bänder aufgezeichnet. Sie werden dann in Rechenmaschinen daraufhin geprüft, ob ein Datenverlust eingetreten ist oder ob widerspruchsvolle Informationen enthalten sind. Danach werden diese aufbereiteten Daten mit den empfangenen Ursprungsdaten verglichen, um die Genauigkeit zu prüfen. Nach dieser Prüfung durchlaufen die Informationen einen weiteren Rechner, der die zugehörigen Satelliteninformationen über Bahnhöhe, Position und Lage hinzufügt. Nunmehr können die endgültigen Informationen gemeinsam gedruckt werden, oder es werden je nach dem wissenschaftlichen Zweck Teilergebnisse auf Magnetband herausgezogen. Diese Dokumente können dann an die wissenschaftlichen Institutionen, die sie benötigen, versandt werden.

Es werden große Anstrengungen gemacht, um zur Bewältigung der anfallenden Informationen eine sinnvolle Reduzierung zu erreichen. Diese Reduzierung kann teilweise bereits an Bord der Satelliten vorgenommen werden, wodurch man die Überlastung der Übertragungskanäle

herabsetzen bzw. den hierfür notwendigen Aufwand reduzieren kann. So wurde erstmalig an Bord des britischen Satelliten S 51 wegen mangelnder Speicherkapazität eine Datenverarbeitung durchgeführt. Die Experimentatoren mußten zugeben, daß viele Meßpunkte nur deswegen aufgenommen wurden, um schließlich die Steigung einer Kurve festzustellen. Durch eine kleine Anlage konnte an Bord aus den Meßwerten die Steigung selbst ermittelt und ein einzelner Wert, der dieser Kurvenneigung entsprach, übertragen werden. Die Datenreduzierung betrug in diesem Falle 1 zu 50. In der Mehrzahl der Fälle interessieren nicht die Absolutwerte der Meßgrößen, sondern ihre zeitlichen Änderungen. Die ständige Übertragung z. B. ein und derselben konstanten Temperatur gibt keinen neuen Informationsinhalt. Werden dagegen nur bestimmte Temperaturänderungen in vorher vereinbarten Stufen übertragen, so kann die Zahl der zu übertragenden und zu registrierenden Informationen beträchtlich reduziert werden.

Mit der etwas eingehenderen Behandlung des Satelliten-Observatoriums wurde bereits eine Reihe Fragen angeschnitten, die bei den wissenschaftlichen interplanetaren Raumflugkörpern von Bedeutung ist. Der Übergang zu den Raumsonden ergibt eine Änderung der Meßbedingungen aber auch der Meßaufgaben. Die Flugbahn dieser Sonden hat einen ihrer Brennpunkte innerhalb der Sonnenmasse liegen, so daß ihre Position nicht mehr relativ zur Erde, sondern relativ zur Sonne angegeben wird. Demzufolge ist als erste Aufgabe die Untersuchung der physikalischen Größen des interplanetaren Raumes zu nennen. Wegen der sich ständig ändernden Konstellation der Erde mit ihren Bodenstationen relativ zur Raumsonde können diese Messungen nur einmal durchgeführt und nicht reproduziert werden, dabei der in der Regel großen Bahnexzentrizität, den großen Umlaufzeiten und den großen Entfernungen sich eine günstige Stellung der Raumsonde zur Erde nach ihrem Start nur nach sehr langen Zeiten wieder ergibt. Dann dürften aber die Meß- und Übertragungsanlagen an Bord der Sonden nicht mehr in Betrieb sein. Man erhält daher mit einer Raumsonde nur eine einmalige Aussage über die Verhältnisse in einem Teil der Bahnebene. Es ist dankbar, daß man in Zukunft sonnennahe Raumsonden mit kreisförmiger Umlaufbahn startet, um die

Strahlungsverhältnisse und die Oberflächenbeschaffenheit der Sonne aus größerer Nähe und über eine längere Dauer zu untersuchen. Aber auch hier dürften an die Meß- und Übertragungsanlagen Forderungen zu stellen sein, die m. E. heute noch nicht erfüllbar sind. Die bisher gestarteten und die geplanten Raumsonden werden in ihrer Bahn so gelegt, daß sie den erdnahen Planeten Mars oder Venus möglichst nahe kommen. Zum Studium der Verhältnisse in der Umgebung dieser Planeten und auf deren Oberfläche werden sie daher mit Meßapparaturen ausgerüstet, die denen der Erdsatelliten teilweise ähneln. Die Messung der Strahlungsverhältnisse, des magnetischen Feldes, der Planetenatmosphäre erfolgt mit den gleichen Meßmitteln. Hinzu kommen Einrichtungen zur spektrometrischen Untersuchung der Planetenoberfläche und, falls die Entfernung hinreichend klein ist, zu deren photographischer Aufnahme. In meßtechnischer Hinsicht ergeben sich nach dem heutigen Stande der Kenntnis keine neuen Aufgaben, jedoch sind die Betriebsbedingungen für die Meß- und Übertragungseinrichtungen grundsätzlich von den bisher beschriebenen verschieden. Während man bei Satellitenversuchen von mehreren Tagen Dauer mit Leichtge-

wichts-Sammlern, den Silber-Zink-Akkumulatoren, für die Energieversorgung sämtlicher Geräte auskommt, benötigen die langlebigen Satelliten, insbesondere die Raumsonden Stromversorgungseinrichtungen, die sich bei minimalem Gewicht und Volumen über lange Zeiten aus den Energiequellen in der Umgebung der Raumflugkörper laufend regenerieren. Als Energiequelle ist bei interplanetaren Experimenten die Strahlung der Sonne zu nennen. Bekannt sind die Silizium-Sonnenbatterien, die als lichtelektrische Umformer bei den meisten Satelliten und bei allen Raumsonden verwendet wurden. Es werden ferner photogalvanische Zellen entwickelt, bei denen die Strahlung ein photoempfindliches Metalloxyd reduziert, wobei Metall und Oxydator die Elektroden eines Sammlers bilden, dessen Speicherkapazität beim Wechsel zwischen Sonnenbestrahlung und Erdschatten von Vorteil ist (10). Ferner ist die Anwendung der thermischen Emission, bei der sich kalte und geheizte Elektroden dicht gegenüberstehen, möglich. In der Tabelle 1 sind einige Kennwerte der Sonnenbatterien angegeben, wobei unter dem Wirkungsgrad das Verhältnis von erzeugter elektrischer Energie zur gesamten eingestrahlt Energie bezeichnet wird.

Art der Batterie	Leistungsgewicht Watt/kg		Flächenleistung Watt/m ²		Wirkungs- grad %	Lebens- dauer Jahre
	jetzt	künftig	jetzt	künftig		
lichtelektrisch (Sperrschicht; innerer lichtelektr. Effekt)	0,68	2,3	0,69	1,3	10—12	2
thermoionisch (Heißkathode)	3,3	7,7	0,2	0,33	2—4	unbegr.
thermoelektrisch	9,1	13,6	0,03	0,09	2—3	unbegr.
Photoemission (äußerer licht- elektrischer Effekt)	—	20—70	—	0,3	2—3	unbegr.

Tabelle 1. Kennwerte der verschiedenen Arten von Sonnenbatterien (10).

Bei zunehmender Entfernung von der Sonne nimmt die Intensität der Strahlung mit dem Quadrat der Entfernung ab, so daß z. B. eine Marssonde in der Nähe des Planeten nur noch 40 Prozent der Strahlungsenergie, die in Erdnähe empfangen wird, erhält. Im Bereich des Pluto beträgt die Intensität nur noch 0,06 Prozent. Hier

müssen andere Energiequellen verwendet werden, wobei insbesondere an die Radioisotop-Batterien zu denken ist. Eine amerikanische Entwicklung „Snap II“ gibt mit einem Miniaturkernreaktor von 180 kg Gewicht etwa 3 kW elektrische Energie ab. Der praktische Einsatz für Raumsonden dürfte bei diesen Kennwerten in absehbarer Zeit noch nicht möglich sein.

Aus den angegebenen Kennwerten der Bord-Energieanlagen ergibt sich unter Berücksichtigung des Energiebedarfs seitens der Bordausrüstung bei interplanetaren Raumsonden die Notwendigkeit, die Hauptverbraucher, die Sendeanlagen, nur kurzfristig laufen zu lassen. Das Verhältnis von Sendezeit zu Sendepause ist durch das Verhältnis von aufgenommener zur abgegebenen Leistung unter Berücksichtigung der Gesamtkapazität der Sammler und der Entfernung von der Sonne bestimmt. Das Verhältnis kann Werte von 1:100 und weniger annehmen. Durch diesen intermittierenden Betrieb entstehen für die Durchführung der Weltraumexperimente zwei neue Probleme:

1. Die Speicherung einer großen Zahl von Informationen während der langen Sendepausen.
2. Die schnelle Übertragung der gespeicherten Werte während der kurzen Sendezeiten.

Die Frage der Speicherung der Informationen während der Sendepausen ist eng mit der Frage der Umformung der Meßwerte in eine für die Speicherung und für die Weiterverarbeitung günstige Form verknüpft (11).

So wie die Materie zwei Erscheinungsformen hat, die stetige und die diskrete, so erscheinen auch Informationen in dieser unterschiedlichen Art. Hierbei spielt die physikalische Art des Informationsträgers eine untergeordnete Rolle. In einem kontinuierlichen oder stetigen Signale sind für jeden beliebigen Zeitpunkt Nachrichten enthalten. Ein derartiges Signal ist stetig nach der Zeit. Außerdem ist ein derartiges Signal auch stetig nach dem Niveau, da seine Größe eine unendlich große Zahl von Werten annehmen kann. Es gibt jedoch auch Signale, die entweder nur stetig nach der Zeit oder nur stetig im Niveau (Amplitude) sind.

Bei dem diskreten Signal kann die Amplitude eine bestimmte, endliche Zahl von Werten annehmen. Aus diesem Grunde führt der Übergang vom stetigen zum diskreten Signal zur Abrundung, d. h. zum Ersatz des laufenden Wertes durch den benachbarten diskreten Wert, entsprechend dem gegebenen Auflösungsvermögen. Nach der Umformung ergibt sich damit ein Signal, das diskret nach der Amplitude ist. Wenn in einem Signal nur in bestimmten, fixierten Zeitpunkten Informationen enthalten sind und in den

Zwischenzeiten keine Informationen gegeben werden, so liegt ein Signal vor, das diskret nach der Zeit ist. In der Meßtechnik treten beide Arten von Signalen auf. So ergibt z. B. die Temperaturmessung mit einem Thermopaar ein der jeweiligen Temperatur proportionales, stetiges elektrisches Signal. Die Temperatur kann zu jedem beliebigen Augenblick und mit einer beliebigen Genauigkeit gemessen werden. Das Signal ist also stetig nach der Zeit und nach der Amplitude. Andererseits kann man die Temperatur mit Hilfe einer Druckeinrichtung registrieren, die entweder die Temperaturwerte in bestimmten, fixierten Zeitpunkten druckt oder immer nur dann, wenn ein bestimmter Temperaturwert erreicht ist. In ersterem Falle ist das Signal diskret nach der Zeit, in letzterem diskret nach der Amplitude. Es hat sich nun in der Entwicklung der Technik der Speicherung und Weiterverarbeitung von Informationen herausgestellt, daß die ursprünglich angewandte analoge Form der Informationen, die kontinuierliche Form, mit einer Reihe von Nachteilen behaftet ist, die den Übergang zur diskreten Form unbedingt erforderlich machten. Insbesondere war die erzielbare Genauigkeit sehr gering und wurde mit zunehmender Speicherzeit immer geringer. Wenn z. B. eine elektrische Spannung als Signal über die Speicherung einer elektrischen Ladung in einem Kondensator gespeichert wurde, so traten infolge des endlichen Wertes des Isolationswiderstandes Leckverluste auf, die zu einem mit der Zeit anwachsenden Ladungsverlust und damit zu einem Verlust der Amplitude des Signals führten. Wenn man dagegen die dem Signal proportionale Spannung quantelt, d. h. in diskrete gleich große Werte unterteilt, so braucht man nur die diskreten elektrischen Signale zu zählen, um die ursprüngliche Größe der Spannung wieder zu erhalten. Derartige diskrete elektrische Signale, die man auch Impulse nennt, lassen sich auf praktisch beliebig lange Zeit sehr bequem speichern, ohne daß ein Informationsverlust auftritt. Die Umformung der Signale von analogen Werten in diskrete wird mittels Analog-Digital-Umsetzern (AD-Umsetzer) vorgenommen.

Es gibt verschiedene Arten der Aufschlüsselung der kontinuierlichen Werte in diskrete (11). Die möglichen Arten der Umformung lassen sich am besten an dem Beispiel einer Messung erläutern. Es soll ein unbekanntes Flüssigkeitsvolumen ge-

messen werden. Man kann dabei auf folgende Art und Weise vorgehen:

1. Mit Hilfe eines kleinen Einheits-Maßbehälters — z. B. 1 cm^3 — wird nacheinander das unbekannte Volumen ausgeschöpft und in ein anderes Gefäß gegossen, wobei jede Einzelmessung gezählt wird. Wenn von dem unbekannten Volumen weniger als 1 cm^3 verbleibt, so ist die Messung beendet und das Resultat kann am Zählwerk als n -Einheiten von 1 cm^3 abgelesen werden. Mit dieser Methode wurde die analoge Größe durch aufeinanderfolgendes Zählen in eine diskrete umgewandelt.
2. Für die Messung nach der zweiten Methode werden Einheitsvolumen hergestellt, die in Stufen von $2^0 = 1 \text{ cm}^3$ bis 2^n gehen, wobei 2^n größer sein soll, als die Hälfte des zu messenden Volumens. Aus der Dimensionierung der Einheitsvolumen erkennen wir bereits, daß für die Umwandlung das Dual-System der Zählung angewendet werden soll. Nehmen wir in dem Beispiel an, daß 763 cm^3 zu messen sind. So muß das größte Maß $2^9 = 512 \text{ cm}^3$ betragen. Diese Menge füllen wir von dem unbekannten Volumen ab und, falls ein Rest übrigbleibt, vermerken wir das Ergebnis mit einer 1 an der höchsten Stelle der Potenzen von 1 bis 9. Den Rest des Volumens vergleichen wir mit dem nächst kleineren Einheitsmaß $2^8 = 256 \text{ cm}^3$. Würde das Maß nicht voll werden, so verzeichnen wir das an der zweithöchsten Stelle mit einer Null und nehmen das nächst kleinere Maß $2^7 = 128 \text{ cm}^3$. Wird dagegen das Maß 2^8 voll, und es verbleibt ein Rest, so wird an der zweithöchsten Stelle eine 1 geschrieben. Nach dieser Methode fahren wir fort, bis wir mit dem kleinsten Maß $2^0 = 128 \text{ cm}^3$ messen. Als Endresultat bekommen wir das Maß des unbekannten Volumens in Zahlen des Dualsystems ausgedrückt. Im vorliegenden Falle lautet das Resultat im Dualsystem ausgedrückt 110111101 oder anders geschrieben $1 \cdot 2^9 + 1 \cdot 2^8 + 0 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 763 \text{ cm}^3$.
3. Bei der dritten Methode wird das unbekannte Volumen in einen Meßzylinder geschüttet, der in der Niveauhöhe nach dem Volumen geeicht ist, wobei die Werte unmittelbar in Einheiten des Dualsystems angegeben werden. Diese

Methode kann man als die Methode der einmaligen Abrechnung oder als Differenzmethode bezeichnen. Entsprechend den angeführten Arten der Messung sind die Verfahren, die zur Umwandlung stetiger Informationen in diskrete zur Anwendung kommen. Man erkennt, daß jede Umformung mit Rechenoperationen verknüpft ist. Da die so umgewandelten Informationen in der Regel als Eingangsgrößen für elektronische Rechenmaschinen verwendet werden, erfolgt die Umformung zweckmäßigerweise in der für die Verarbeitung in diesen Maschinen zweckmäßigen Form.

Für die Speicherung der elektrischen Zählimpulse gibt es verschiedene Möglichkeiten. Für einen idealen Speicher werden ein großes Fassungsvermögen und kurze Zugriffszeit gefordert (12). Ferner wird eine hohe Sicherheit verlangt sowie die Erfüllung der besonderen Bedingungen, die an Geräte für Satelliten und Raumsonden zu stellen sind. Es ist bisher nicht gelungen, ein Speicherprinzip zu entwickeln, das allen genannten Forderungen gleich gut entspricht. Bei den stationären Rechenmaschinen kombiniert man Speicherspeicher kleiner Kapazität und geringer Zugriffszeit mit Großspeichern, die eine große Zugriffszeit benötigen. Im vorliegenden Falle werden in erster Linie Speicherspeicher mit kleiner bis mittlerer Kapazität Verwendung finden.

Als Speicherelemente für digitale Werte kommen alle solche Bauelemente oder Baugruppen in Frage, mit denen zwei oder mehrere stabile elektrische Zustände fixiert werden können. Als einfachstes Beispiel sei der Relaiskontakt genannt, der bei elektrischer Erregung des Relais z. B. geschlossen ist und für ein elektrisches Signal durchgängig ist. Im nicht erregten Zustand ist dann der Kontakt geöffnet. Bei entsprechender Anordnung der Kontakte kann auch der umgekehrte Zustand realisiert werden. Der Zustand des Relais stellt jeweils einen der gespeicherten Werte 0 oder 1 dar. Ein gleiches Resultat erreicht man mit Hilfe von Elektronenröhren in den Triggerschaltungen (Flip-Flop). Diese Schaltungen sind wegen des Fehlens mechanischer bewegter Teile schneller. Mit Transistoren lassen sich ebenfalls derartige Schaltungen, bei denen der eine Zustand als Durchgang und der andere als Sperre charakterisiert ist, verwirklichen. Ein weiteres Speicherelement

ist das Magnetband. Hier wird durch die elektrische Erregung des Magnetkopfes der magnetische Zustand des mit einer dünnen Schicht magnetischen Materials versehenen Magnetbandes bleibend verändert. Die Information ist damit als permanenter Zustand gespeichert und kann durch das Vorbeiführen an einen Abtastkopf dessen elektrische Eigenschaften so verändern, daß ein elektrischer Impuls am Ausgang erscheint. Man kann das magnetische Material in dünnen Schichten auch auf eine Speichertrommel geben. Diese hat den Vorteil der kürzeren Zugriffszeit. Bei einem Magnetbandspeicher ergibt sich ein Speicher praktisch unbegrenzter Kapazität. Er kann aber nur in der Form benutzt werden, daß die zu speichernden Werte über einen Eingabekopf auf einer oder zwei Spuren nacheinander eingegeben werden. Die Abfrage des Speichers erfolgt ebenfalls nacheinander. Es lassen sich mit ihm am vorteilhaftesten Wertereihen, wie sie bei laufenden Messungen gewonnen werden, speichern und abfragen. Da das Anlaufen, Anhalten und die Laufumkehr wegen der trägen Massen mit großen Zeitkonstanten behaftet sind, ist das Ansteuern einzelner Werte außer der Reihe sehr zeitraubend. Da bei dem Trommelspeicher viele Spuren nebeneinander geschrieben werden können — auf 20 cm Trommellänge lassen sich etwa 200 Spuren anordnen —, die Trommeldurchmesser klein und die Umlaufzeiten groß sind, lassen sich geringe Zugriffszeiten bei relativ großer Kapazität erreichen. Bei einem Trommeldurchmesser von etwa 10 cm erhält man etwa 1200 Bits auf eine Spur. Das ergibt bei 200 Spuren eine Gesamtkapazität von 240 000 Bits. Bei einer Drehzahl von 3000 bis 18 000 U/min ergeben sich dabei Zugriffszeiten von 20 ms bis 3 ms. Die Trommelspeicher erfordern jedoch einen höheren mechanischen und antriebstechnischen Aufwand und erreichen daher relativ hohe Gewichte. Ein Speicherelement, das sich zu magnetischen Speichern ohne bewegte Teile zusammenbauen läßt, sind die Magnetkerne. Ultradünn ausgewalzte Bänder aus Molybdän-Permalloy lassen sich auf keramischen Trägern zu Ringen wickeln, deren Hystereschleife fast rechtwinklig ist. Durch diese rechtwinklige Schleife lassen sich zwei unterschiedliche magnetische Zustände sehr exakt einstellen. Es lassen sich auf keramischer Basis Ferrit-Ringe herstellen, die ein gleiches Verhalten zeigen. Man kann nun diese Elemente wie die

Elemente einer Matrix anordnen und damit Speicher mittlerer und großer Kapazität herstellen, die niedrige Zugriffszeiten besitzen. Dabei wird die Eigenschaft ausgenutzt, daß mehrere Erregerströme, deren Feld einzeln unter der Koerzitivkraft des magnetischen Materials liegt und daher den remanenten Zustand des Kernes nicht ändert, bei Addition der Ströme jedoch ein Feld über die Koerzitivkraft erzeugen und damit den magnetischen Zustand des betreffenden Kernes im Knotenpunkt der entsprechenden Zeile mit der Spalte der Matrix verändern. Es gibt verschiedene Methoden der Zusammenschaltung der Kerne, ihrer Vormagnetisierung und der Addition oder Subtraktion der entsprechenden Speicher- und Steuerströme. Diese Art der Informationsspeicher findet bei wissenschaftlichen Satelliten und in Raumsonden am häufigsten Verwendung, da neben einer beliebig großen Lebensdauer auch das Gewicht je Speichereinheit sehr klein ist. Es werden Speicher mit einer Kapazität von 100 000 Bit und mehr zusammengestellt.

Die aus den Meßwandlern gewonnenen Informationen werden nach oder während ihrer Umformung in digitale Werte in der Regel in einer bestimmten Form verschlüsselt (kodiert), damit sie mit geringem Zeitbedarf verarbeitet und übertragen werden können. Die Besonderheiten des Betriebes von Satelliten und Raumsonden erfordern neben großer Speicherkapazität eine hohe Übertragungsgeschwindigkeit während der Sendezeiten. Die Übertragungsgeschwindigkeit ist durch die Länge der Zugriffszeit der Informationen aus dem Speicher und der Größe der Kapazität der Übertragungskanäle bedingt. Während bei den modernen Speichern die Zugriffszeiten mit 1 Mikrosekunde sehr niedrig sind, ist die Übertragungskapazität von einer Reihe von Faktoren abhängig, von denen die große Entfernung wegen der damit verbundenen Verminderung der Empfangsleistung eine sehr beträchtliche Rolle spielt. Entsprechend den Aussagen der Informationstheorie kann die Kanalkapazität durch die Verwendung einer großen Bandbreitenmal-Zeitprodukt am besten ausgenutzt werden. Es ist daher für Übertragungszwecke notwendig, den Informationsträger, die hochfrequente Schwingung, so zu modulieren, daß diese Bedingung am besten erfüllt wird. Bevor wir jedoch die Frage der Modulation behandeln, müssen wir uns mit den Bedingungen für die

Fernübertragung befassen, da diese Dinge eng miteinander gekoppelt sind (13).

Es gibt in der Weltraumforschung zwei Fernübertragungsaufgaben: die Übertragung von Informationen zwischen Bodenstationen und die von, zu und zwischen Raumflugkörpern. Für beide Übertragungsarten ergeben sich besondere Anforderungen. Die Datenübertragung zwischen den Bodenstationen haben insbesondere bei bemannten Weltraumflügen für die Wiedereintritts- und Landephase eine große Bedeutung. Ein zunehmender Prozentsatz der Kapazität bodengebundener Übertragungseinrichtungen dient heute zur Übertragung von Präzisionsmeßdaten. Um diesen steigenden Nachrichtenanstieg unterzubringen, sind verschiedene Übertragungsmethoden angewandt worden, und besondere Modulationseinrichtungen wurden entwickelt. Alle diese Maßnahmen haben ein gemeinsames Ziel: die Zahl der Informationseinheiten (bit), die dem Experimentator angeboten werden, zu erhöhen.

Die Datenübertragung von, zu und zwischen Raumflugkörpern stellen an die Nachrichtentechnik die höchsten Anforderungen. Die Hauptursache ist die durch die Raumausdehnung bewirkte Schwächung der übertragenen Signale. Wird von einem Raumschiff ein Signal gesendet, so beträgt die am Boden empfangene Leistung

$$S_B = \frac{P_R \cdot G_R \cdot A_B}{4 \cdot \pi \cdot R^2} \quad (1)$$

Hierin bedeuten

- P_R = vom Raumflugkörper gesendete Leistung
- G_R = Gewinn der Sendeantenne
- A_B = effektive Fläche der Boden-Empfangsantenne
- R = Entfernung Sender-Empfänger.

Der Antennengewinn der Sendeantenne ist von der Wellenlänge und der effektiven Antennenfläche abhängig und berechnet sich

$$G_R = \frac{4 \cdot \lambda \cdot A_R}{2} \quad (2)$$

mit A_R = effektive Fläche der Sendeantenne

λ = Wellenlänge.

Aus den Gleichungen (1) und (2) erhält man für die am Boden empfangene Signalleistung

$$S_B = P_R \cdot \frac{A_R \cdot A_B}{\lambda^2 \cdot R^2} \quad (3)$$

Um am Boden das empfangene Signal aus den Störungen, dem sogenannten Rauschen, unterscheiden zu können, muß ein bestimmtes Verhältnis der Signalleistung zur Rauschleistung eingehalten werden. Unter sehr günstigen Bedingungen erhält man hier Werte von 10 bis 100. Das störende Rauschen berechnet sich nach folgender Formel:

Rauschleistung

$$N = k \cdot T \cdot B_w \quad (4)$$

B_w = effektive Bandbreite des Empfangs

T = auf dem Empfängereingang reduzierte Rauschtemperatur

$$k = 1,3709 \cdot 10^{-16} \text{ Erg.}^\circ\text{grad}^{-1} \\ = \text{Boltzmann-Konstante}$$

Von den in den Gleichungen (3) und (4) angegebenen Größen ist die Entfernung R den Entwicklern für die Fernübertragungsanlagen gegeben und hängt von der durchzuführenden Aufgabe ab. Alle anderen Größen können beeinflußt werden. Um unter den gegebenen Verhältnissen den Nachrichtenverkehr und die Fernübertragung durchführen zu können, sind folgende Wege zu beschreiten:

1. Reduzierung des geforderten Verhältnisses von Signalleistung zu Rauschleistung (S_R/N)
2. Reduzierung des Rauschens am Empfänger-Eingang N
3. Erhöhung der empfangenen Signalleistung S_R

Auf allen drei Wegen sind sehr große Anstrengungen gemacht worden, um den immer steigenden Anforderungen gerecht zu werden, betragen doch die zu überbrückenden Entfernungen bei interplanetaren Raumsonden einige hundert Millionen Kilometer.

Um eine Vorstellung von der Größenordnung der in der Praxis auftretenden Signal- und Rauschleistungen zu erhalten, sei ein Beispiel angeführt:

Wellenlänge des Bordsenders

$$\lambda = 15,8 \text{ m } (f = 19 \text{ MHz})$$

Parabol-Bordantenne

$$d = 3,0 \text{ m } \varnothing$$

Parabol-Bodenantenne

$$D = 30,0 \text{ m } \varnothing$$

Leistung des Bordsenders

$$P_R = 10 \text{ Watt}$$

Bandbreite der Modulation

$$B_w = 1 \text{ kHz}$$

Rauschtemperatur auf den Antennen-
Eingang bezogen

$$T = 100 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

Mit diesen Ausgangswerten ergibt sich
eine Signalleistung am Boden

$$S_B = 2.10^3 \cdot \frac{P_R}{R^2} = \frac{2.10^4}{R^2} \text{ Watt}$$

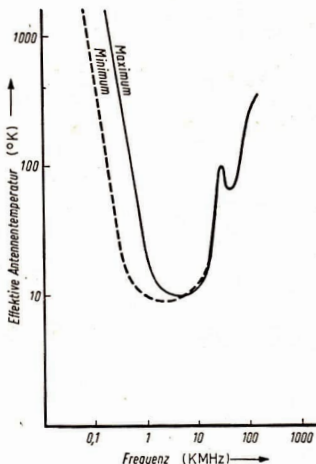
und die entsprechende Rauschleistung

$$N = 1,37 \cdot 10^{-21} \cdot B_w = 1,37 \cdot 10^{-18} \text{ Watt}$$

Verlangt man jetzt ein Verhältnis
Signal zu Rauschen von 10, so erhält man
die maximal mögliche Reichweite

$$R = 38,2 \cdot 10^6 \text{ km}$$

Für eine Mars- oder Venussonde ist
diese Reichweite nicht ausreichend. Eine
Vergrößerung der Sendeleistung der
Raumsonde sowie die Vergrößerung der
Antennenabmessungen ist durch die be-
grenzten Sondengewichte zur Zeit nicht
möglich. Auch die Vergrößerung der
effektiven Fläche der Bodenantennen ist
wegen der erheblichen technischen Schwie-
rigkeiten und der damit verbundenen
Kosten nur bedingt durchführbar. Es ver-
bleibt also die Möglichkeit der Verminde-
rung der Rauschleistung N . Die Vermin-
derung der Rauschtemperatur unter $100 \text{ }^{\circ}\text{K}$
ist nur schwer möglich. Die effektive
Rauschtemperatur setzt sich aus verschie-
denen Anteilen zusammen. Es sind hier
als Rauschquellen zu nennen: Antennen-
verluste, Rauschen des aktiven Empfängers,
Einstreuungen der Seitenfrequenzen,
galaktisches Rauschen und Rauschen der
Atmosphäre und Ionosphäre. Die
wesentlichsten Anteile liefern das Rau-
schen aus dem Weltraum und das aktive
Empfängerrauschen. Bei der Goldstone-
Antenne (USA) konnte die Rauschtempe-
ratur von $1430 \text{ }^{\circ}\text{K}$ im Jahre 1961 durch
konstruktive Maßnahmen so reduziert
werden, daß man 1964 etwa $20 \text{ }^{\circ}\text{K}$ erwart-
et (13). Die Anteile des Raumrauschens
hängen von der Empfangsfrequenz und
der Empfangsrichtung ab. Für freie Him-
melsgebiete ist in der Abb. die Rauschtem-
peratur des Raumes in Abhängigkeit von
der Frequenz aufgetragen. Wenn in den
Empfangskegel Anteile der Sonne
($100\,000 \text{ }^{\circ}\text{K}$) oder des Mondes ($200\text{--}300 \text{ }^{\circ}\text{K}$)
fallen, so werden die Werte entsprechend
höher. Aus der Abb. geht hervor, daß
im Frequenzbereich von 1 bis 10 Gigahertz
(10^9 Hz) ein Minimum der Rauschtempe-
ratur von etwa $10 \text{ }^{\circ}\text{K}$ vorliegt. Für inter-
planetare Sonden wird dieses „Fenster“
im Frequenzbereich benutzt.



Rauschtemperatur durch galaktische,
ionosphärische und atmosphärische
Rauschkomponenten

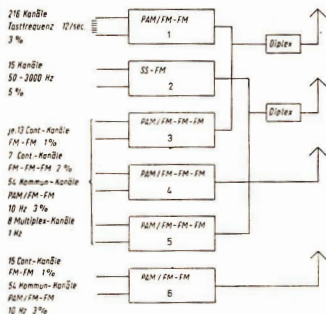
Zur Verminderung der Rauschleistung
bleibt im vorliegenden Falle im wesent-
lichen die Verkleinerung der Bandbreite
der empfangenen Signale und die Redu-
zierung des Verhältnisses S_B/N . Die Ver-
minderung der Bandbreite B_w ist gleich-
bedeutend mit der Verminderung der
Übertragungsgeschwindigkeit v_i , sofern
das Modulationsverfahren nicht geändert
wird. Im allgemeinen bleibt man
mit dem Verhältnis B_w/v_i über dem
Wert 1, da hiervon auch das Verhältnis
Signal zu Rauschen beeinflusst wird. (13)
Wählt man $B_w/v_i = 2$, so kann man für
 $S_B \text{ min}/N = 5$ ansetzen. Bei einer Band-
breite von nur $B_w = 10 \text{ Hz}$ wird die theo-
retische Reichweite

$$R = 540 \cdot 10^6 \text{ km.}$$

Für die Modulation des Trägers mit den
Meßwerten werden praktisch alle bekann-
ten Modulationsverfahren in Anwendung
gebracht. Die reine Amplitudenmodulation
(AM) wird jedoch nur noch in Kombina-
tion mit anderen Verfahren, wie Fre-
quenzmodulation (FM), Impulsmodulation

(PM), Impulszeitmodulation (PTM) und Impuls-Code-Modulation (PCM) angewendet. Sollen über einen einzigen Sender gleichzeitig mehrere Informationen gesendet werden, so müssen mehrere Kanäle gebildet werden, was einer Vergrößerung der Übertragungsbandbreite gleichkommt. Es gibt hierfür zwei Verfahren, das Frequenzmultiplex- und das Zeitmultiplexverfahren. Bei dem Frequenzmultiplex modulieren einzelne, nach Frequenzen geordnete Trägerschwingungen über einen Modulator gemeinsam die Sendefrequenz. Bei dem Zeitmultiplex-Verfahren werden die einzelnen Kanäle in sehr schneller Reihenfolge nacheinander über einen Verteiler an den Sendemodulator geschaltet. In der Tabelle 2 sind die Kennwerte der verschiedenen Kombinationen von Modulationsverfahren für eine Informationsbandbreite von 1 kHz und ein Verhältnis von Signal zu Rauschleistung angegeben (10). Es bedeuten: (PPM) – Impuls-Phasenmodulation, (PAM) – Impuls-Amplitudenmodulation und (PDM) – Impuls-Längenmodulation.

ster Bandbreite den größten Informations-Wirkungsgrad ergibt. Jedoch ist hier die erforderliche Sendeleistung extrem hoch, was sich aus dem geforderten Verhältnis Signal/Rauschen = 100 erklärt.



Schematische Darstellung des Fernmeßsystems für den Saturn Booster (Genauigkeit in %)

Modulationsart	Trägersignalschwellwert	HF-Sendeleistung (bez. a. PPM/AM=1)	Informationsübertragungs-wirkungsgrad	HF-Bandbreite (kHz)
PPM	200	1	0,17	76
PCM FM	260	1,7	0,24	18
PCM/PM	280	2,0	0,21	20
PCM/AM	370	3,4	0,21	18
PAM/FM	580	8,3	0,050	85
AM/FM	610	9,3	0,045	93
PDM/FM	610	9,3	0,045	92
PDM/PM	660	11	0,036	110
FM/FM	740	14	0,030	140
FM/PM	770	15	0,028	150
PAM/PM	780	15	0,028	150
PDM/AM	790	16	0,035	94
FM/AM	830	17	0,055	50
FM/PM	860	18	0,023	185
PAM/PM	3150	250	0,073	18
AM/AM	9600	2300	0,24	9,5

Tabelle 2 Kennwerte der verschiedenen Kombinationen von Modulationsverfahren. Nach (10).

Aus der Tabelle kann man entnehmen, daß die Amplituden-Modulation bei klein-

In dieser Abb. ist das Fernübertragungssystem der „Saturn“-Trägerrakete mit den verschiedenen Modulationsverfahren schematisch wiedergegeben (14). Es ist eine Kombination von 4 verschiedenen Systemen mit insgesamt 546 Kanälen, wovon der größte Teil für die Übertragung der Betriebswerte der Booster verwendet wird. Das System wiegt insgesamt 100 kg und benötigt 1600 Watt, wovon der Hauptteil durch die Sender und Leistungsverstärker verbraucht wird.

Alle bisher besprochenen Maßnahmen dienen der Verarbeitung, Speicherung und Übertragung von Informationen, die die verschiedensten wissenschaftlichen Meßwerte sowie Bahn- und Betriebswerte der Raumflugkörper enthalten. Auf den verschiedenen Wegen, die man beschritten hat, um den Umfang der anfallenden Information zu bewältigen, ist man in jeder Beziehung an die Grenze des technisch Möglichen gelangt. Es ist daher die Frage entstanden, ob man nicht die Zahl der Informationen vernünftig reduzieren kann, um die vorhandenen Speicher- und Übertragungseinrichtungen in solchen Abmessungen und Gewicht zu halten, daß ein ausreichend großer Anteil der Nutzlast der Raumsonden für die wissenschaftliche

Meßapparatur zur Verfügung bleibt. Die Zahl der Messungen zu reduzieren, verbietet sich wegen der Kostspieligkeit der Weltraumexperimente. Man wird im Gegenteil bestrebt sein, mit einem Weltraumflugkörper so viele Messungen wie nur irgend möglich durchzuführen. Es wurde bereits bei dem Satelliten-Observatorium angedeutet, daß es nicht erforderlich ist, alle Meßpunkte als getrennte Information zu übertragen. Es ist durch den Einbau einer Datenverarbeitungsanlage an Bord der Flugkörper durchaus möglich, aus mehreren Meßwerten nur eine Information, die übertragen wird, zu bilden, ohne dabei die Aussage über die durchgeführten Messungen zu reduzieren. Es scheint, daß die Datenreduzierung in der nächsten Zukunft zu einem Hauptarbeitsgebiet bei der Lösung der mit der Weltraumforschung im Zusammenhang stehenden Probleme werden wird. Es sei hier vermerkt, daß dieses Problem eine sehr viel weitergehende Bedeutung hat, da bei der Lenkung und Leitung komplexer industrieller Vorhaben der Anfall an Daten so groß ist, daß z. T. die datenverarbeitenden elektronischen Rechenmaschinen fühlbare Verarbeitungszeiten benötigen; Auch hier entsteht die dringende Forderung nach einer sinnvollen Reduzierung der Daten.

Die Datenverdichtung oder die Reduzierung der Zeit oder der Bandbreite, die für die Übertragung der Informationen benötigt wird, kann auf zweierlei Art und Weise erfolgen. Entweder wird eine Informations-Aufbereitung vorgenommen, die es gestattet, aus den am Boden empfangenen Daten die Sequenz, die diese Daten verursacht haben, zu rekonstruieren, oder es erfolgt eine Informations-Vernichtung derart, daß aus Gruppen von

Einzelinformationen übergeordnete Informationen gebildet werden. Obwohl beide Methoden hinsichtlich der Verarbeitung der anwachsenden Informationsmenge gleich vielversprechend sind, basiert doch die Technik der Daten-Komprimierung z. Z. hauptsächlich auf der Informations-Vernichtung. Beispiele hierfür sind die Spitzenzähler, Teilchenzähler usw., die nicht jeden Einzelwert herausgeben, sondern Maximalwerte oder Summenwerte, statistische Informationen, die für den Experimentator von Interesse sind. Besondere Anstrengungen hat man bei der Verdichtung von Fernseh-Daten gemacht. Hier gehören sehr viele bit zur Zusammensetzung eines Bildes (Raster). Die Herabsetzung der Zeilenzahl ergibt eine Verschlechterung der Bildauflösung. Es wird ein Verfahren entwickelt bei dem durch Anwendung des Gradienten und des Laplace-Operators der Umriß der abgebildeten Gegenstände bestimmt wird (13).

In der Zukunft wird eine elektronische Datenverarbeitungsmaschine, deren Hauptaufgabe die Daten-Verdichtung sein wird, zur Bordausrüstung von Raumflugkörpern mit wissenschaftlichen Aufträgen gehören. Voraussetzung hierfür ist die Entwicklung solcher Bauelemente, Baugruppen und Geräte, mit denen Hilfe man bei kleinstem Gewicht und auf geringstem Raum eine Fülle logischer und mathematischer Operationen aufführen kann. Die Entwicklung geht von der konventionellen Technik über die Mikromodulteknik zur Molekularelekttronik. In der Tabelle 3 sind die Entwicklungstendenzen bei den Komponenten der Geräteausrüstung durch den Einsatz neuer Bauelemente in der Form der Gewichts- und Volumenreduzierung wiedergegeben.

Geräte	konventionelle Technik 1960				Mikromodul, Halbleiter, Molekularelekttronik 1967			
	Gewicht		Volumen		Gewicht		Volumen	
	kg	Bezug	cm ³	Bezug	kg	Reduzier.	cm ³	Reduzier.
Rechner	56,5	1	1000	1	0,27	210:1	2,8	350:1
Stromversorg.	8,5	1	70	1	2,27	3,8:1	16	4,5:1
Funkgeräte	96	1	720	1	18,3	5 :1	206	3,6:1
Lenkanlage	82	1	1320	1	9,6	8,5:1	190	7 :1
Gesamtsystem	243	1	3110	1	30,4	6,5:1	415	7,5:1

Tabelle 3 Entwicklungstendenz (Gewicht und Volumen) von Raketengeräten (13).

Die Tabelle 3 gibt zu erkennen, daß durch den Einsatz der neuen Bauelemente insbesondere bei den Rechnern eine sehr beträchtliche Verminderung von Volumen und Gewicht erzielt wird. Man wird daher in Zukunft umfangreichere Rechner an Bord von Raumschiffen mitführen können und damit eine umfassendere Vorverarbeitung der gewonnenen Informationen vor ihrer Übertragung zum Boden vornehmen können.

Zusammenfassung:

Der Einsatz von Raketen und Raumflugkörpern bei der Durchführung von astronomischen und astrophysikalischen Messungen bringt eine Reihe neuer Probleme mit sich, die dazu führten, daß auf dem Gebiete der Meßtechnik, der Informationsverarbeitung und der Informations-Übertragung eine sehr intensive Entwicklung eingesetzt hat. Die große Anzahl anfallender Informationen führte zur Entwicklung spezieller Speicher von geringem Gewicht und Volumen und zur Entwicklung von datenverarbeitenden Rechengeräten an Bord und am Boden.

Die immer größer werdenden Übertragungsentfernungen, die die 100-Millionen-Kilometer-Grenze überschreiten, führte zur wesentlichen Verbesserung der Send- und Empfangstechnik durch den Einsatz rauscharmer Empfänger (Maser, parametrische Verstärker), durch die Verbesserung und Vergrößerung der Antennen an Bord und am Boden und durch die Entwicklung verschiedener Modulationsverfahren zur Verringerung des Signal-Rausch-Verhältnisses und der Verkürzung der Übertragungszeit. Die immer steigenden Anforderungen hinsichtlich des Umfanges der anfallenden Informationen führen zur Entwicklung einer Daten-Verdichtungstechnik, die in ihren Auswirkungen erst am Anfang steht.

Die Aufgaben der Weltraumforschung können nur durch die komplexe Anwendung der Meßtechnik, der Datenverarbeitungstechnik und der Informations-Fernübertragungstechnik gelöst werden. Die bisherigen Entwicklungsergebnisse haben bereits jetzt einen entscheidenden Anteil am technisch-wissenschaftlichen Fortschritt in der Industrie.

Literatur:

- (1) WATANABE, K. Der Prozeß der Absorption der ultravioletten Strahlung in der oberen Atmosphäre
Issledovanie verchnjei atmosfery s pomoschu raket i sputnikov
Isdat. Inostr. Lit. Moskwa 1961 S. 280-283
- (2) FEDOSJEW, W. I., SINJAREV, G. B. Vvedenie raketnuju tekhniki
Oborongis Moskwa 1960
- (3) GRINGAUS, K. I. Raketnie ismerenija elektronnoi koncentrazii v ionosfere pri pomoschtschi ultrakorotkowolnogo disperсионного interferometra
Iskustwennije sputniki zemli Wypusk 1
Isdat. Akad. Nauk SSSR Moskwa 1958 S. 62-66
- (4) MICHNEWITSCH, V. V. Predwitelni rezultaty opredelenija plonisti atmosfery wyschtsche 100 km
Iskustwennije sputniki zemli Wypusk 2
Isdat. Akad. Nauk SSSR Moskwa 1958 S. 26-31
- (5) PURCELL, J. D., PACKER, D. M., TOUSEY, R. Die Aufnahme der Sonne in der Strahlung La
Nature, 184, No. 4679,8 (1959)
- (6) MAC-ILVANE, K. E. Die unmittelbare Messung der mit dem sichtbaren Polarlicht verbundenen Strahlung
Issledowanije verchnjei atmosfery s pomoschtschi raket i sputnikow
Isdat. Inostr. Lit. Moskwa 1961 S. 191-196

- (7) PROSKUR, V. F., Wosmuschtschenija perwogo porjadka v dwijenii iskustwennych
BATRAKOV, J. V. sputnikow wysywjajemych soprotivlenijem wosducha
Iskustwennije sputniki zemli Wypusk 3
Isdat. Akad. Nauk SSSR Moskwa 1959 S. 39-46
- (8) Das Satelliten-Observatorium OAO
Raketentechnik und Raumfahrt 1962 Heft 3 S. 118-122
- (9) Goddard Data Processing Role to Increase
Aviation Week July 2 1961 p. 339-343
- (10) STARITZ, R. F. Einführung in die Satellitenelektronik
Flugwelt 1962 H. 1 S. 34-60
- (11) GITTIS, E. I. Preobrasowatjeli informaczii dlja elektronnych
wytchislitelnych ustroistw
Gosenergoisdat Moskwa 1962
- (12) KÄMMERER, W. Ziffernrechnenautomaten
Akademie-Verlag Berlin 1960
- (13) GRUENBERG, E. L. Data Processing and Information Transmission for Space
Proceedings of the IREE 1962 May p. 1351-1361
- (14) STUHLINGER, E. Electronics in Planning Space Flights
Proceedings of the IREE 1962 May p. 1344-1351

Dieser Vortrag wurde auf der V. Zentralen Tagung für Astronomie des Deutschen Kulturbundes in Dresden gehalten.

Kommission Astronautik und Schule konstituiert

Am 19. Juni 1963 fand in Berlin die 1. Sitzung der Kommission „Astronautik und Schule“ statt.

Die Kommission konstituierte sich an diesem Tage. Als vorläufiger Vorsitzender wurde Herr Eichler gewählt, als Stellvertreter Herr Otto.

Es wurde beschlossen, zwecks Beeinflussung der Lehrpläne mit dem Ministerium für Volksbildung, dem DPZI und der Staatlichen Lehrplankommission für

das allgemeine Bildungswesen Verbindung aufzunehmen.

Es soll ein Überblick über die außerschulischen Arbeitsgemeinschaften auf dem Gebiete der Astronautik geschaffen werden. Außerdem soll Verbindung mit dem Zentralen Ausschuß für Jugendweihc aufgenommen werden; ebenso mit der Zentralstation der Jungen Naturforscher und Techniker „Walter Ulbricht“ in Berlin-Blankenfelde.

Berichtigungen

Im Heft 1/2 1963 der Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“ muß es auf S.1, 5. Zeile von oben richtig heißen: ... der Deutschen Astronautischen Gesellschaft.

Auf S.34 muß in der Zeichnung „Scheinbare Bewegung eines Fixsterns“ die Deklination vom Himmelsäquator aus gemessen werden.

Inhalt

	Seite		Seite
<i>H. Pfaffe</i> : Bald totales Rendez-vous	65	<i>K.-H. Neumann</i> : Mercury-Programm beendet	101
<i>Dr. P. Ahnert</i> : Beobachtung von Jupitermondverfinsterungen und Sternbedeckungen als lohnende Aufgaben für Volksternwarten und Amateurastronomen	66	<i>H. Pfaffe</i> : Von Mars 1 bis Wostok VI	105
<i>Dipl. Phys. A. Suckow</i> : Die Taschenuhr als Stoppuhr	68	<i>H. Pfaffe</i> : Automatischer Mondforscher	107
<i>H. Pfaffe</i> : Ebene Flächen auf dem Mars	70	Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie	
<i>Ing. M. Röttsch</i> : Geometrische und Wellen-Optik in der Astronomie	71	<i>J. Berger / H. Pfaffe</i> : Die V. Zentrale Tagung für Astronomie	108
<i>Ing. M. Röttsch</i> : Zwei neue Entdeckungen auf dem Gebiete der LASER-Strahlung	74	Seminar für Leiter der Fachgruppen Astronomie in Oybin	109
<i>K.-H. Neumann</i> : Aus der astronomischen Literatur	77	<i>H. Pfaffe</i> : Max Kutscher gestorben	110
<i>Dipl. Ing. H. D. Naumann</i> : Zum Problem der Synchronsatelliten	82	Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft	
Der Satellitenbeobachtungsdienst der USA	85	<i>Dr. Ing. F. Ruhle</i> : Probleme bei der Durchführung astrophysikalischer und astronomischer Messungen mit Hilfe von Raumflugkörpern	111
<i>H. Hoffmann</i> : Amerikanische Nachrichten-Satelliten — Eine Bilanz über fünf Jahre	96	Kommission Astronautik und Schule konstituiert	127

Herausgeber: Deutscher Kulturbund, Zentraler Fachausschuß Astronomie, in Verbindung mit der Deutschen Astronautischen Gesellschaft — Redaktion: Herbert Pfaffe, Chefredakteur; Joachim Berger, Karl-Heinz Neumann, Edgar Otto — Redaktionsbeirat: Dipl. Astron. E. Bartel, Prof. Dr. Joh. Hoppe, Prof. Dr. Lambrecht, Prof. E. Penzel, Dr. Ing. F. Ruhle, Dr. K. H. Schmidt,

Titelgestaltung und Zeichnungen: H.-G. Urbschat

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1963 mit drei Doppelheften, Bezugspreis 9,- DM pro Jahrgang. Doppelheft 3,- DM einschließlich Zustellgebühr — einzuzahlen per Postanweisung unter Kennwort „Astronomie und Raumfahrt“ an die Abt. Natur und Heimat des Bundessekretariats des Deutschen Kulturbundes, Berlin C 2, Littenstraße 79a.

Versand: Deutscher Kulturbund, Bundessekretariat, Abteilung Natur und Heimat, Berlin C 2, Littenstraße 79a. Fernsprecher 51 53 84 / 85. Bestellungen nehmen die Redaktion und die Abteilung Natur und Heimat des Deutschen Kulturbundes entgegen.

Lizenznummer: 1490 — Druckerei: VEB (K) Druckerei Apolda — V 19 8 2088



Astronomie und Raumfahrt

1963 **5-6**

Astrophysikalische Forschung im Jahr der ruhigen Sonne

HORST KÜNZEL

Nach Abschluß der umfangreichen wissenschaftlichen Forschungen, die zur Zeit des letzten Sonnenfleckensmaximums während des Internationalen Geophysikalischen Jahres 1957/58 von zahlreichen Wissenschaftlern der Erde in zum Teil enger Zusammenarbeit vorgenommen wurden, und nach Vorliegen der ersten Beobachtungsergebnisse hat es sich als notwendig erwiesen, zur Erweiterung und Ergänzung der bisher gewonnenen Erkenntnisse, ein ähnliches Forschungsprogramm auch während des kommenden Sonnenfleckensminimums durchzuführen.

Diese neuerliche große internationale Zusammenarbeit läuft unter dem Namen „International Quiet Sun Year“, abgekürzt IQSY und wurde auf die Jahre 1964/65 festgelegt. Es handelt sich hierbei um jenen Zeitraum im 11jährigen Zyklus der Sonnenaktivität, in dem die Sonne keine oder nur geringe Aktivität zeigen wird.

Die Organisation, Vorbereitung und Durchführung der von der DDR übernommenen Forschungsaufgaben im Rahmen dieser internationalen Zusammenarbeit liegen in den Händen des speziell hierfür gegründeten „Nationalkomitee für Geodäsie und Geophysik der Deutschen Demokratischen Republik bei der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin“, abgekürzt NKGG. Diesem Nationalkomitee stehen unter anderem folgende Fachgruppen zur Seite:

1. Ionosphäre und kosmische Strahlung
2. Geomagnetismus und Erdströme
3. Sonnenaktivität
4. Raumforschung

Stellt man nun die Frage nach dem Zweck und Ziel einer so intensiven Forschungstätigkeit, die neben einem erheblichen Aufwand an Organisation mit umfangreichen Geldausgaben für die Anfertigung oder Beschaffung spezieller Beobachtungsinstrumente und Auswertgeräte, für die Ausrüstung von Expeditionen und für zusätzliches Personal verbunden ist und schließlich nach dem Grund einer so weltweiten internationalen Zusammenarbeit über zwei Jahre gerade in der Periode der geringsten Sonnenaktivität, also zu einer Zeit, in der es nach laienhaften Vorstellungen eigentlich gar nichts zu erforschen geben sollte, so könnte die Antwort darauf von astrophysikalischer Seite etwa so lauten:

1. Die bis jetzt vorliegenden Beobachtungsergebnisse, speziell der Erscheinungen, die nur während des Sonnenfleckensminimums auftreten oder die nur in dieser Zeit sinnvoll beobachtet werden können, sind noch zu unvollkommen und inhomogen und reichen nicht aus, die noch offenen Probleme der Sonnenphysik einer Lösung näherzubringen.
2. Die Periode der geringen Sonnenaktivität bietet gegenüber der starken Aktivität während des Sonnenfleckensmaximums eher Gelegenheit, gewisse Zusammenhänge zwischen Vorgängen auf der Sonne und z. B. geomagnetischen Störungen oder vorübergehenden Veränderungen im Aufbau der Ionosphäre zu untersuchen, da die Zuordnung zu Erscheinungen auf der Sonne, die für derartige Störungen verantwortlich zu machen sind, leichter und eindeutiger gelingt.

3. Die Erfahrungen, die während des Internationalen Geophysikalischen Jahres gesammelt wurden, haben gezeigt, daß im Rahmen einer internationalen Zusammenarbeit durch Koordinierung der Forschungsarbeit, durch Verwendung einheitlicher Beobachtungsmethoden und durch kontinuierliche Beobachtungen ein so reichhaltiges und zugleich vollständiges Beobachtungsmaterial anfällt, das besser als je eines zuvor dazu geeignet ist, die gestellten Forschungsaufgaben zu lösen.

Im folgenden soll nun über einige Problemkreise aus der Sonnenphysik berichtet werden, die gerade für die Zeit des Jahres der ruhigen Sonne besonders aktuell werden und für die es lohnt, intensive Beobachtungen und Untersuchungen durchzuführen.

Periodizität der Sonnenaktivität

Nach der Entdeckung der Sonnenflecken machte im Jahre 1843 erstmals Heinrich Schwabe, ein Amateurastronom aus Dessau, auf einen etwa 10jährigen Zyklus in der Fleckenhäufigkeit aufmerksam. Später hat dann Rudolf Wolf, ehemaliger Direktor der Eidgenössischen Sternwarte Zürich, einen verbesserten Mittelwert, nämlich 11.1 Jahre, aus rund 25 Sonnenfleckenzyklen abgeleitet. Diese Untersuchung wurde erst möglich, nachdem R. Wolf 1848 als Maßzahl für die Fleckenhäufigkeit die „Sonnenfleckenzahl“ und zur übersichtlicheren Darstellung der Relativzahlkurven das „ausgeglichene Monatsmittel“ eingeführt hatte. Hat bekanntlich die Relativzahl die Form

$$R = (10g + f) \cdot k$$

worin g Anzahl der Fleckengruppen, f Anzahl der Einzelflecken und k ein Reduktionsfaktor bedeuten, so ist die ausgeglichene monatliche Relativzahl wie folgt definiert:

$$\bar{R}_7 = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{12} \sum_{\mu=1}^{12} R_{\mu} + \frac{1}{12} \sum_{\mu=1}^{12} R_{\mu+1} \right)$$

($\mu = 1, 2, 3, \dots$ Monat)

Es wird somit aus einer Reihe von 13 aufeinanderfolgenden Monaten zuerst der Mittelwert aus den ersten 12 Monaten und danach der Mittelwert aus den letzten 12 Monaten gebildet. Das Mittel aus beiden Mittelwerten ist dann der ausgeglichene Wert für den 7. Monat in dieser Reihe.

Trägt man die auf diese Weise gewonnenen Werte gegen die Zeit auf, so erkennt man deutlich die unterschiedlichen Längen und die verschieden hohen Maxima der Sonnenfleckenzyklen. Gleichzeitig macht sich eine etwa 80jährige Periode in der Höhe der Maxima bemerkbar, auf die hier aber nicht weiter eingegangen werden soll.

M. Waldmeier hat 1935, ausgehend von der Annahme, daß jeder Fleckenzklus ein Phänomen für sich darstellt (Eruptionshypothese), Eigenschaften der Fleckenkurven gefunden, die sich in fünf statistisch bestimmten Gesetzen zusammenfassen lassen.

- I. Je höher das Maximum, desto kürzer die Anstiegszeit.

$$T = 18.4 - 7.14 \log R_M$$

(T Anstiegszeit in Jahren vom Minimum bis zum Maximum, R_M größte ausgeglichene monatliche Relativzahl in einem Zyklus.)

- II. Je höher das Maximum, desto länger die Abstiegszeit.

$$\Theta = 0.03 R_M + 3.0$$

θ Abstiegszeit in Jahren vom Maximum bis zu dem Zeitpunkt, an dem das ausgeglichene Monatsmittel der Relativzahlen den Wert 7.5 erreicht hat.)

III. Je höher das Maximum, desto stärker die Fleckentätigkeit fünf Jahre nach dem Maximum.

$$R_5 = 0.29 R_M - 11.4$$

IV. Je höher das Maximum, desto größer die Abstiegsfläche.

$$S_2 = 40.6 R_M - 572$$

V. Die Anstiegsfläche ist von der Höhe des Maximums fast unabhängig.

$$S_1 = 2538 + 0.4 R_M$$

Da die Form der Sonnenfleckenkurve während eines Zyklus im wesentlichen von R_M , also der größten ausgeglichenen monatlichen Relativzahl abhängt, ist es möglich, aus der Steilheit des Anstiegs der Fleckentätigkeit auf die Höhe des zu erwartenden Maximums zu schließen und damit den ganzen Verlauf des Zyklus in rohen Zügen vorauszusagen.

Die kurzfristigen, sich jeweils auf den laufenden Zyklus beziehenden Prognosen wurden von Waldmeier auf die Zyklen Nr. 17 und Nr. 18 angewendet. Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, ist die Übereinstimmung zwischen Prognose und Beobachtung durchaus befriedigend.

Tabelle 1

Prognosen für die Maxima der Zyklen Nr. 17 und Nr. 18

Zyklus Nr.	Prognose		Beobachtung	
	R_M	Epoche	R_M	Epoche
17	124	1937.7	119.2	1937.4
18	139	1947.6	151.8	1947.5

Wendet man die Gleichungen I und II auf den jetzt auslaufenden Zyklus Nr. 19 an und setzt für R_M den beobachteten Wert 201.3, den höchsten je vorgekommenen, ein, so ergibt sich eine Anstiegszeit von 2 Jahren. Die tatsächlich beobachtete Anstiegszeit beträgt demgegenüber 3.9 Jahre (Letztes Minimum April 1954, Maximum März 1958). Nach Gleichung II würde die Abstiegszeit 9 Jahre betragen. Danach wäre das kommende Minimum, das heißt der Zeitpunkt, an dem die ausgeglichene monatliche Relativzahl auf den Wert $R = 7.5$ abgesunken ist, für März 1967 zu erwarten. Die bis jetzt vorliegenden Beobachtungen lassen jedoch darauf schließen, daß bereits mit Ablauf des Jahres 1964 auch das Minimum erreicht sein wird.

Dieses Beispiel zeigt, daß die Gleichungen bei einem sehr hohen Wert für R_M , wie er im Zyklus Nr. 19 beobachtet wurde, zu keinen befriedigenden Ergebnissen mehr führen.

Zu einem ähnlichen Resultat kommt man bei Benutzung der Gleichungen für den Verlauf der Zonenwanderung der Fleckengruppen während eines Zyklus.

Waldmeier hat 1939 die Zonenwanderung, das heißt, die Verlagerung des Auftretens von Fleckengruppen in hohen heliographischen Breiten zu Beginn eines jeden Zyklus nach niederen Breiten gegen Ende der Zyklen in Abhängigkeit von der Intensität des Fleckenmaximums untersucht und findet folgende Beziehungen:

$$\varphi - 50 = (17.58 \pm 1.74) + (0.0839 \pm 0.0189) \cdot R_M$$

$$\varphi m = (8.19 \pm 1.36) + (0.0699 \pm 0.0143) \cdot R_M$$

$$\varphi + 50 = (5.44 \pm 0.85) + (0.0427 \pm 0.0089) \cdot R_M$$

Als Nullpunkt wird die Epoche des Maximums gewählt. Es bedeuten $\varphi - 50$ die mittlere ausgeglichene heliographische Breite 50 Rotationsperioden vor dem Maximum, φ m diejenige zur Zeit des Maximums und $\varphi + 50$ diejenige 50 Rotationsperioden nach dem Maximum. R_M ist die größte ausgeglichene monatliche Relativzahl während des Zyklus. Es zeigt sich, daß mit größer werdendem R_M die Fleckenzone in höheren heliographischen Breiten verläuft. Verlegt man jedoch den Nullpunkt an den Beginn des Zyklus, so kommen alle Zonenwanderungskurven nahezu zur Deckung.

Untersucht man die Zonenwanderung der Fleckengruppen im Zyklus Nr. 18, so führt sie zu folgendem Ergebnis: Die Kurve der tatsächlich beobachteten Werte der mittleren heliographischen Breiten liegt zwar noch im zulässigen Streubereich, aber doch merklich unterhalb der Kurve, die sich nach den oben aufgeführten Gleichungen und den beobachteten Werten für R_M (151.8) und für die Epoche des Maximums (1947.5) ergibt. Die Kurve der beobachteten Verteilung entspricht der Form und Lage nach etwa einer berechneten mit dem Wert $R_M = 130$.

Zu einem ähnlichen Ergebnis gelangt man, wenn für den jetzt auslaufenden Zyklus Nr. 19 der Wert $R_M = 201.3$ und als Epoche des Maximums das Jahr 1958.3 eingesetzt werden. In diesem Fall liegt die Kurve der beobachteten mittleren heliographischen Breiten der Zonenwanderung ebenfalls unterhalb, aber schon außerhalb der sich nach den Gleichungen und dem zulässigen Streubereich ergebenden Kurve. Beide Kurven verlaufen parallel. Die aus den beobachteten Werten entstandene Kurve entspricht etwa einer berechneten mit dem Wert $R_M = 135$.

Auch hier zeigt sich, daß die ursprünglich aufgestellten Gleichungen bei hohen R_M -Werten offensichtlich nicht mehr verwendet werden können.

Das Jahr der ruhigen Sonne wird für die Periodizität der Fleckenhäufigkeit insofern von Interesse sein, da es gilt, den Auslauf des Zyklus Nr. 19 und den Beginn des Zyklus Nr. 20 genau zu verfolgen und festzulegen. Beide Vorgänge werden erfahrungsgemäß längere Zeit parallel verlaufen, so daß sowohl Fleckengruppen vom abklingenden Zyklus in niederen heliographischen Breiten als auch Fleckengruppen vom beginnenden Zyklus in hohen Breiten beobachtet werden können.

Aktivitätszentren

Spricht man von Sonnenaktivität, so wird im allgemeinen die sich ständig ändernde Sonnenfleckenhäufigkeit gemeint. Sonnenflecken sind aber nur eine Erscheinung der Sonnenaktivität und gehören zu den Stellen der Sonne, die wir als aktive Gebiete oder Aktivitätszentren bezeichnen. Es handelt sich hierbei um Gebiete gleichbleibender heliographischer Länge, in denen über eine längere Zeit hindurch, vielfach über mehrere Rotationsperioden, unter anderem immer wieder Fleckengruppen entstehen und vergehen.

Auf Grund langjähriger Beobachtungen findet K. O. Kiepenhauer etwa folgende typische Entwicklung eines Aktivitätszentrums: Ein in Ha-Spektroheliogrammen hervortretender kleiner heller Fackelfleck vergrößert sich in wenigen Tagen und nimmt längliche Form an. Gleichzeitig damit entsteht im westlichen Teil des Fackelgebietes ein kleiner Sonnenfleck, der sich in den darauf folgenden Tagen zu einer bipolaren Fleckengruppe entwickelt. Fackelgebiet und Fleckengruppe vergrößern sich weiter, gleichzeitig treten die ersten Flares auf. Kleine Filamente bzw. Fleckenprotuberanzen bei Randbeobachtungen werden sichtbar, und die Intensität der grünen Koronalinie λ 530.3 nm nimmt ständig zu. Etwa am 11. Tage hat die Fleckengruppe das Stadium der größten Entwicklung und die Flare-Häufigkeit ihr Maximum erreicht. Neben der weiteren Steigerung der Intensität der grünen Koronalinie tritt vorübergehend die gelbe Koronalinie λ 569.4 nm auf. Nach 27 Tagen, also nach einer Sonnenrotation, hat das Fackelgebiet seine größte Ausdehnung erlangt. Die Fleckengruppe stirbt

langsam ab, übrig bleiben im wesentlichen der große, in Richtung der Sonnenrotation vorangehende p-(preceding) Fleck und einige nachfolgende kleine f-(following) Flecken. Während die Flare-Häufigkeit rasch abzunehmen beginnt, bleibt die Intensität der grünen Koronalinie weiterhin hoch. Inzwischen hat sich ein längliches stabiles Filament entwickelt. Nach einer weiteren Sonnenrotation hat sich die Fleckengruppe völlig aufgelöst und das Fackelgebiet geteilt. Zwischen beiden Fackelgebietsteilen liegt das sich in Länge weiter entwickelnde Filament. Nach drei Rotationen sind immer noch die beiden divergierenden und langsam zerfließenden Fackelgebiete sowie das in Längsrichtung erheblich gewachsene, sich allmählich parallel zum Äquator stellende Filament zu sehen. Nach der 4. Rotation ist von den beiden Fackelgebieten nichts mehr zu finden. Das Filament steht jetzt fast parallel zum Äquator und hat seine größte Längsausdehnung erreicht. Die Intensität der grünen Koronalinie nimmt inzwischen ständig ab. Im weiteren Zeitablauf erfolgt das Auflösen des Filaments. Etwa nach der 6. Rotation hat die Intensität der grünen Koronalinie wieder ihren Normalwert erreicht. Zu dieser Zeit treten die ersten Koronastrahlen auf, deren Lebensdauer meist mehrere Rotationen beträgt.

Das Jahr der ruhigen Sonne bietet nun durch das isolierte Auftreten von Fleckengruppen die Möglichkeit, alle Erscheinungen, die zusammen mit der Entwicklung eines Aktivitätszentrums verbunden sind, noch genauer als bisher zu verfolgen und zu untersuchen.

Am Astrophysikalischen Observatorium Potsdam ist ein Beobachtungsprogramm vorgesehen, das sich neben der seit Jahren durchgeführten visuellen und photographischen Beobachtung der Photosphäre speziell mit dem Ablauf der Flare-Erscheinungen und der Bildung und Entwicklung von Filamenten befassen wird.

Es ist beabsichtigt, eine vollautomatisch arbeitende kinematographische Überwachung der Sonnenoberfläche im Lichte der Wasserstofflinie $H\alpha$ vorzunehmen. Zur Verfügung steht ein Fernrohr mit einer Brennweite $f = 150$ cm und einer Objektivöffnung von 15.5 cm. Im konvergenten Strahlengang des Objektivs befindet sich ein Polarisationsinterferenzfilter nach Lyotscher Bauart mit Weitwinkелеigenschaften. Die Halbwertsbreite läßt sich wahlweise auf 0.5 Å, 1 Å oder 2 Å einstellen. Als Kamera dient eine Arriflex-Kinokamera mit Einzelbildschaltung. Der Bildabstand wird zwischen 10 sec und 30 min variierbar sein. Die Regelung der Belichtungszeit erfolgt automatisch über ein Hilfsfernrohr mit einer Photozelle. Um bei längeren Aufnahmeserien keine Bildversetzung zu bekommen, wird schließlich noch das Instrument über ein zweites Hilfsfernrohr automatisch der Sonne nachgeführt.

Wir hoffen sehr, auf diese Art Bildmaterial zu bekommen, das uns Aufschluß geben wird über Einzelheiten einer Flare-Entwicklung und über damit etwa zusammenhängende Strukturänderungen in der Fleckengruppe und den benachbarten Filamenten.

Magnetische Eigenschaften der Sonnenflecken

Seitdem G. E. Hale und Mitarbeiter 1908 nachweisen konnten, daß am Ort der Sonnenflecken Magnetfelder auftreten, deren Stärke von der Größe der Flecken abhängen, ist man nicht nur in Amerika, sondern auch an anderen Stellen, u. a. am Astrophysikalischen Observatorium Potsdam, bemüht, Messungen der Polarität und Feldstärke von Sonnenflecken vorzunehmen.

Nach einem von G. E. Hale eingeführten Klassifikationsschema haben wir zwischen unipolaren, bipolaren und multipolaren Fleckengruppen zu unterscheiden. Bei den unipolaren und bipolaren Fleckengruppen wird noch eine weitere Unterteilung vorgenommen, je nachdem, ob der p- oder der f-Fleck stärker entwickelt ist. Finden wir, bei den bipolaren Fleckengruppen eine klare Trennung zwischen den beiden Teilen einer Gruppe mit Nord- bzw. Südpolarität, so ist bei den multipolaren

Fleckengruppen keine Gesetzmäßigkeit in der Verteilung der Polaritäten erkennbar. Nach einer vom Verfasser in Potsdam vorgenommenen Untersuchung hat sich gezeigt, daß auch bei den multipolaren Fleckengruppen die Einführung einer Unterstufe angebracht wäre. Es handelt sich hierbei um Fleckengruppen mit mehreren Kernen entgegengesetzter Polarität innerhalb einer Fleckenpenumbra, die durch eine besonders starke Flare-Häufigkeit und durch das Auftreten damit verbundener solar-terrestrischer Nebenerscheinungen ausgezeichnet sind.

Die magnetische Polaritätsverteilung innerhalb der Fleckengruppen verhält sich zwischen Nord- und Südhalbkugel der Sonne entgegengesetzt. Sie bleibt während eines Sonnenfleckenzyklus erhalten, ändert sich jedoch mit Beginn eines neuen Zyklus. In der Tabelle 2 ist das Schema der Polaritätsverteilung für die Zyklen Nr. 17, Nr. 18 und Nr. 19 sowie die zu erwartende Polaritätsverteilung für den kommenden Zyklus Nr. 20 zusammengestellt.

Tabelle 2

Polaritätsverteilung der Fleckengruppen

Zyklus Nr.	Nordhalbkugel		Südhalbkugel	
	p-Flecken	f-Flecken	p-Flecken	f-Flecken
17	N	S	S	N
18	S	N	N	S
19	N	S	S	N
20	S	N	N	S

Die magnetische Periode umfaßt also zwei aufeinanderfolgende Fleckenzyklen.

Das Potsdamer Beobachtungsprogramm sieht vor, auch während des Jahres der ruhigen Sonne die seit fast zwanzig Jahren laufenden Messungen der Polarität und Maximalfeldstärke von Sonnenflecken fortzuführen. Wir werden damit in der Lage sein, genau den Auslauf des Zyklus Nr. 19 und den Beginn des Zyklus Nr. 20 festzulegen. Des weiteren wird für uns die Polaritätsverteilung äquatornaher Fleckengruppen von Interesse sein. Die bisher vom Verfasser vorgenommenen Untersuchungen haben ergeben, daß in einem Breitenbereich $b < 5^\circ$ kein bevorzugtes Auftreten bestimmter Fleckengruppentypen zu verzeichnen ist. Der weitaus größte Teil der Fleckengruppen besitzt auch in unmittelbarer Nähe des Äquators eine dem Zyklus und der Hemisphäre entsprechende Polaritätsverteilung. Etwa durch Eigenbewegung oder Breitenwanderung auf die andere Hemisphäre gelangte Flecken einzelner Fleckengruppen behalten ihre ursprüngliche Polarität bei. Daraus könnte geschlossen werden, daß heliographischer und magnetischer Äquator zusammenfallen und nicht die Lage der Flecken, sondern der Entstehungsort für die Polaritätsverteilung ausschlaggebend ist.

Als Aufnahmeapparat zur Messung der Magnetfelder in Sonnenflecken steht in Potsdam das Turmteleskop des Einstein-Turmes mit einem 2-Spiegel-Coelostaten zur Verfügung. Die Brennweite des auf 30 cm Durchmesser abgeblendeten Objektivs beträgt 1400 cm. Das erzeugte Sonnenbild hat einen Durchmesser von rund 13 cm. Für die Spektraluntersuchungen wird ein Autokollimations-Gitterspektrograph von $f = 1200$ cm benutzt, der mit einem aus der Sowjetunion stammenden lichtstarken Beugungsgitter versehen ist. Das Gitter hat eine geteilte Fläche von 9×10 cm. Die Anzahl der Furchen pro Millimeter wird mit 600 angegeben. Die Dispersion beträgt in der II. Ordnung 0,6 Å/mm bei einem Auflösungsvermögen von rund 120 000.

Zur Bestimmung der Polarität und Stärke eines Magnetfeldes bedient man sich des sogenannten Zeeman-Effektes. Im folgenden wollen wir zum Verständnis der Magnet-

feldspektren den sogenannten normalen longitudinalen Zeeman-Effekt näher betrachten. Ist am Ort der Entstehung einer Spektrallinie ein Magnetfeld vorhanden, und ist die Blickrichtung parallel zu den Kraftlinien, so spaltet sich die Spektrallinie in zwei Komponenten auf. Diese sind entgegengesetzt zirkular polarisiert und um die Beträge $\lambda - \Delta\lambda$ bzw. $\lambda + \Delta\lambda$ vom ursprünglichen Ort der Linie verschoben. Der Aufspaltungsbetrag $\Delta\lambda$ ist von der Linie und von der Stärke des Magnetfeldes abhängig.

Die Potsdamer Apparatur zur Messung der Polarität und Feldstärke von Sonnenflecken arbeitet nun in folgender Weise. Das entworfenene Sonnenbild wird so eingestellt, daß sich der zu untersuchende Sonnenfleck auf dem Spalt des Spektrographen befindet. Vor dem Spalt befindet sich eine $\lambda/2$ -Platte, die die zu erwartenden entgegengesetzt zirkular polarisierten Zeeman-Komponenten senkrecht zueinander linear polarisiert. Hinter dem Spektrographenspalt befindet sich in einem gewissen Abstand ein Rochonsches Prisma, das eine Lichtwegteilung vornimmt, gleichzeitig aber wie ein Analysator wirkt. Es entstehen somit zwei dicht übereinanderliegende identische, jedoch senkrecht zueinander linear polarisierte Spektren der gleichen Stelle der Sonne und des Sonnenflecks. In einem Teilspektrum ist jedoch nur die langwellige, in dem anderen nur die kurzwellige Komponente der benutzten, den Zeeman-Effekt zeigenden Spektrallinie erkennbar. Aus dem Auftreten der einen oder der anderen Komponente in einem bestimmten Teilspektrum läßt sich dann unter Beachtung der für ein Magnetfeld gültigen Polaritätsregeln die Polarität des Sonnenflecks ableiten. Ein differenzielles Meßverfahren liefert aus beiden Teilspektren unverfälscht durch etwaige Doppler-Effekte den doppelten Betrag der zur Berechnung der Feldstärke gesuchten Größe $\Delta\lambda$. Die Methode wird in Potsdam photographisch angewendet, ist jedoch nur für Feldstärken > 500 Oersted geeignet. Unter diesem Betrag liegende Feldstärken machen sich als so geringe einseitige Linienverbreiterungen bemerkbar, daß es nur noch zu einer Abschätzung der entstandenen Schwerpunkte kommt. Beispielsweise beträgt die Zeeman-Verschiebung der in Potsdam benutzten Spektrallinie Fe λ 630.3 nm bei einer Feldstärke von 100 Oersted nur 0.005 Å, was bei einer Spektrographen-dispersion von 0.5 Å/mm einer Linearverschiebung von 0.01 mm entspricht.

Auch interferometrische Methoden führen auf Grund der Linienbreite zu keinem weiteren nennenswerten Erfolg in der Erfassung kleiner Zeeman-Effekte. Die hierfür in Frage kommenden Apparaturen sind außerdem in ihrem mechanischen und optischen Aufbau und in ihrer Handhabung meist so empfindlich, daß sie für Routinebeobachtungen nicht verwendet werden können.

Magnetische Feinstruktur der Sonnenoberfläche

Im Jahre 1953 hat H. W. Babcock eine photoelektrische Methode entwickelt, die es gestattet, Feldstärken von 20 bis zu 1 Oersted zu messen, was Zeeman-Verschiebungen bis herunter zu 10^{-5} Å entspricht. Mit dieser Apparatur, einem sogenannten Magnetographen und einer Einrichtung, die es erlaubt, die Sonnenscheibe in Streifen automatisch abzutasten, ist es möglich, die magnetische Feinstruktur der Sonnenoberfläche zu untersuchen. Erforderlich ist ein Spektrograph mit einer Dispersion von mindestens 10 mm/Å. Von dem entworfenen Sonnenbild gelangt das Licht der zu untersuchenden Stelle durch eine Lochblende auf eine elektro-optische Kristallplatte aus Ammoniumdihydrogen Phosphat. Sie variiert durch Anlegen einer hohen Wechselspannung mit einer Frequenz von 120 Hz zwischen $+1/4 \lambda$ und $-1/4 \lambda$. Zusammen mit einem unmittelbar vor dem Spektrographenspalt befindlichen Nicolschen Prisma stellt sie einen zirkularen Analysator dar. In der Fokalebene des Spektrographen sind zwei Ausblendespalte mit nur geringem gegenseitigen Abstand und geringer eigener Breite angebracht, die zwei Stellen aus den Flanken der benutzten Spektrallinie symmetrisch zur Linienmitte ausblenden. Das durchgehende Licht gelangt danach auf die Kathoden von zwei Photoelektronenvervielfachern. Durch eine geeignete Schaltung wird nur

der Differenzbetrag des Photostroms verstärkt und als Ausschlag eines Lichtpunktes relativ zu einer Null-Linie auf einem Oszillographenschirm sichtbar gemacht. Ist kein Magnetfeld vorhanden, so wird bei symmetrisch zur Spektrallinie liegendem Spalt der Photostrom in beiden Vervielfachern gleich und kein Ausschlag des Lichtpunktes zu erwarten sein. Tritt ein Magnetfeld auf, so wird sich der Zeeman-Effekt durch eine Stromdifferenz und einen damit verbundenen Ausschlag des Lichtpunktes bemerkbar machen. Aus der Lage des Ausschlages zur Null-Linie läßt sich die Polarität und aus der Amplitude der Betrag der Feldstärke bestimmen. Zur Eichung der Meßanordnung dient ein künstliches Signal, dessen Äquivalentfeldstärke bekannt ist. Zur Kompensation des Doppler-Effektes, der beim Registrieren über die Sonnenscheibe hinweg auftritt und der bei einer vorhandenen Geschwindigkeitsdifferenz von 4 km/sec zwischen Ost- und Westrand eine Linienverschiebung von 0,07 Å zur Folge hat, ist eine automatisch arbeitende Zusatzeinrichtung erforderlich. Die ganze etwa 22 Zeilen umfassende vollautomatische Registrierung dauert eine Stunde. Während dieser Zeit werden die Ausschläge des Lichtpunktes der Oszillographenröhre laufend photographiert und liefern ein Bild der Verteilung von Polarität und Feldstärke schwacher lokaler Magnetfelder.

Im Hinblick auf das Jahr der ruhigen Sonne werden diese Registrierungen für die Sonnenphysik von besonderem Interesse sein. Sie werden Aufschluß geben über die magnetische Feinstruktur der Sonnenoberfläche im Fleckenminimum, über Polaritäts- und Feldstärkenverteilung sowie über Lage und Lebensdauer kleiner lokaler magnetischer Störungen und vielleicht auch Hinweise auf das Entstehen langlebiger Aktivitätszentren.

Verteilung photosphärischer Fackelgebiete

Als photosphärische Fackeln bezeichnet man bekanntlich die Gebiete der Sonne, die infolge erhöhter Ausstrahlung heller erscheinen als ihre Umgebung und besonders gut in der Nähe des Sonnenrandes sichtbar sind. Sie bestehen vielfach aus einem Netz von Lichtadern und zeigen bei guter Bilddefinition eine Granulationsstruktur ähnlich derjenigen der Photosphäre. Sonnenfleckengruppen sind stets von Fackeln umgeben, jedoch enthält umgekehrt nicht jedes Fackelgebiet Sonnenflecken. Fackel- und Fleckenhäufigkeit verlaufen im wesentlichen parallel. Auch die Breitenwanderung der Fackelgebiete während eines Zyklus zeigt ein ähnliches Verhalten wie die der Fleckengruppen.

Außer den in der Fleckenzone auftretenden Fackelgebieten gibt es eine weitere, nur zeitweise in hohen heliographischen Breiten auftretende Gruppe von Sonnenfackeln. Diese sogenannten polaren Fackeln sind ein typisches, über mehrere Jahre hindurch zu verfolgendes Phänomen des Sonnenfleckensminimums. Es handelt sich hierbei nicht um größere Fackelflächen, sondern um einzelne rundliche Gebilde mit etwa 2" bis 5" Durchmesser. Die Lebensdauer zeigt ein breites Spektrum, von wenigen Minuten bis zu mehreren Tagen, und hängt vielfach von der Größe der Erscheinungen ab. Größere Polarfackeln zeigen individuelle Formen. Sie bestehen meist aus einem Konglomerat von mehreren Fackelpunkten, die sich parallel nebeneinander entwickeln. Die Polarfackeln treten vorzugsweise in heliographischen Breiten um 70° auf. Die Bevorzugung dieser Breite ist jedoch lediglich eine Folge der optimalen Sichtbarkeitsbedingungen in dieser Gegend. Daraus erklärt sich auch die beobachtete jährliche Periode in Breite, die mit der Achsenneigung der Sonne zusammenhängt. Die wahre Verteilung der polaren Fackeln ist nach M. Waldmeier für $b < 68^\circ$ nahezu gleichförmig. Die Dichte fällt zu niederen Breiten hin stark ab.

Das zeitliche Zusammenfallen im Auftreten der polaren Fackeln und der Polarstrahlen der Korona lassen die Vermutung aufkommen, daß zwischen beiden Erscheinungen ein Zusammenhang besteht.

Längerlebige polare Fackeln stellen lohnende Objekte dar zur Bestimmung der in diesen hohen heliographischen Breiten weit weniger genau bekannten Rotationsgeschwindigkeit der Sonne. Das Jahr der ruhigen Sonne wird Gelegenheit geben, die auf diesem Gebiet bisher vorliegenden Ergebnisse weiter zu vervollständigen.

Zum Schluß sei darauf hingewiesen, daß auch die im Rahmen dieses Überblicks hier nicht näher behandelten Erscheinungen der Sonnenoberfläche: Granulation, Protuberanzen und Korona, sowie die solare Radiostrahlung zu den Aufgabengebieten gehören, die während des Jahres der ruhigen Sonne in internationaler Zusammenarbeit intensiv weiter erforscht werden sollen.

(Vortrag auf der V. Zentralen Tagung für Astronomie des Deutschen Kulturbundes in Dresden)

Geometrische und Wellen-Optik in der Astronomie

Ing. MAX RÖTSCH

(1. Fortsetzung)

Die Abbildungsfehler, ihre Entstehung und Korrektur

Die Auswirkungen der störenden Abbildungsfehler optischer Systeme wurden zuerst bei astronomischen Beobachtungen erkannt. Man strebte danach, ein höheres Auflösungsvermögen der Objektive durch eine bessere sphärische und chromatische Korrektur der Linsensysteme zu erzielen. So war es beispielsweise das Motiv für Newtons grundlegende Forschungen auf dem Gebiete der Optik, die Bemühungen um die Verbesserung des Fernrohrs fortzusetzen. Angeregt durch seinen Lehrer Barrow begann der damals 22jährige Student Newton 1664 Fernrohre zu bauen. Er sah zunächst das größte Hindernis in den sphärischen Aberrationen (Skizze 2). Auch er versuchte den dornenvollen Weg der Herstellung asphärischer Linsen zu beschreiten, indem er seit 1664 selbst versuchte, solche Flächen zu schleifen. Bald jedoch erkannte er die Sinnlosigkeit seiner Bemühungen. Die Fernrohre der damaligen Zeit wurden in erster Linie durch das „Pröbeln“, d. i. Probieren, hergestellt. Es gab eine Reihe sehr geschickter Glasschleifer, die diese Kunst meisterhaft verstanden. Die Praxis eilte damals sogar der Theorie in der Optik voraus. Viele Astronomen wollten selbst ein Fernrohr besitzen, doch waren sie meist darauf angewiesen, sich selbst mit der Fertigung von astronomischen Fernrohren zu befassen. Wir wissen von vielen bedeutenden Männern der Wissenschaft, daß sie selbst Linsen geschliffen und auch den mechanischen Bau geleitet haben. Es sei, außer an Newton, an den großen optischen Wissenschaftler in Holland, Christian Huygens, an Hevel u. a. erinnert. Das Linsenschleifen geschah meist von Hand. Ein für geeignet befundenes Stück Glas, meist war es das berühmte Venezianische Spiegelglas, wurde mit einer Zange durch „Bröckeln“

zu einer kreisrunden Scheibe bearbeitet. Als Schleifwerkzeug dienten Metallschalen. Durch Treiben oder auch durch Drehen auf einer Drehbank gab man den Schleifschalen die Krümmung, welche die Linsen später erhalten sollten. Um diese mühsame und zeitraubende Handarbeit zu erleichtern, wurden schon im 17. Jahrhundert einige maschinelle Vorrichtungen im Linsenschleifen eingeführt. So besaß beispielsweise der holländische Gelehrte Christian Huygens (1629–1695) bereits eine Linsenschleifmaschine. Doch waren die damals erzielten Resultate noch unzureichend. Insbesondere waren die zu Linsen zu verarbeitenden Rohgläser meist schlecht, d. h. mit Schlieren, und sonstigen Fehlern behaftet. Von Beachtlichkeit waren allerdings die von Christian Huygens auf dem Gebiete der Herstellung von Astro-Objekten vollbrachten Leistungen. Es gelang ihm, eine Anzahl astronomischer Objektive von guter Qualität mit Brennweiten von 37, 52 und 64 m bei einem Linsendurchmesser von 19,9, 21,3 und 23,2 cm herzustellen. Es dauerte jedoch noch weit über 100 Jahre, ehe man beim Bau astronomischer Fernrohre gelernt hatte, die Auswirkungen störender Abbildungsfehler zu erkennen und mehr und mehr auszuschalten. Da man in der Korrektur der optischen Linsen nicht entsprechend vorwärtstam, wurden die Linsenfernrohre eine längere Zeit durch die Spiegelteleskope, deren berühmtester Vertreter Newton war, verdrängt. Erst als es Männer wie Chester Moor Hall (1704–1771) und seinem Neffen, dem in der Optik berühmten gewordenen James Gregory, gelang, 2 Linsen mit verschiedenen Brechungsindizes, wie beispielsweise Crown- und Flintglas, zu einem optischen System zu kompensieren und damit eine bessere Farbenkorrektur zu erreichen, wandte man sich wiederum den Linsenfernrohren in erhöhtem Maße zu. Aber erst wesentlich später, etwa um die Mitte des 19. Jahrhunderts wurden von optischen Wissenschaftlern, wie Petzval, Steinheil, Fraunhofer, Abbe und Berek grundlegende Theorien für die Berechnung optischer Systeme aufgestellt und die Möglichkeit geschaffen, gut durchgerechnete Systeme auf allen Gebieten der Optik fabrikatorisch herzustellen.

Um die in folgenden Ausführungen enthaltenen kurzen theoretischen Hinweise über Abbildungsfehler besser verstehen zu können, wollen wir unter „optischer Abbildung“ einen Vorgang verstehen, bei dem Lichtenergie von einer noch näher zu definierenden Art an eine andere Stelle des Raumes geleitet wird. In den meisten Fällen – jedoch keinesfalls immer – soll bei einem solchen Energietransport (Strahlung) eine scharfe Abbildung eines oder mehrerer Gegenstände, kurz eines Objektes – in einer „Bild-ebene“ erfolgen.

Wir wissen heute, daß sich Lichtenergie in Form elektromagnetischer Wellen fortpflanzt. Diese elektromagnetischen Lichtwellen unterscheiden sich von anderen elektromagnetischen Wellen, z. B. von denen des Rundfunks lediglich durch die Wellenlänge. Sie liegt beim Licht zwischen $4/10\,000$ mm und $8/10\,000$ mm.

Man behandelt die Abbildungsvorgänge in einem Näherungsverfahren, wie es schon Descartes und Huygens getan haben, das man als „geometrische Optik“ bezeichnet. Der Verlauf der „Lichtstrahlen“ läßt sich durch Anwendung des Brechungsgesetzes mit elementaren mathematischen Mitteln durch optische Systeme hindurch verfolgen. Man muß sich allerdings vor Augen halten, daß nach dem heutigen Stand der Naturwissenschaften diese Lichtstrahlen keine physikalische Realität, sondern lediglich eine mathematische Fiktion zum besseren Verstehen des Abbildungsvorganges darstellen.

Gehen wir nun zur Theorie der optischen Abbildung über und betrachten zunächst einmal die Eigenschaften eines normalen Lichtbündels, wie es uns die Sonne auf die Erde sendet, d. h. ohne Einschaltung eines optischen Systems. Die Skizze Nr. 1 soll uns ein solches Strahlenbündel veranschaulichen. In der senkrecht zum Strahlenbündel stehenden Ebene vereinigen sich die Strahlen eines Bündels in einem gemeinsamen Punkt „K“, dem Konvergenzpunkt des Strahlenbündels. Sämtliche Strahlen verlaufen, d. h. konvergieren durch den einen Punkt „K“, und verlassen die Ebene homozentrisch,

d. h. gemeinsam zentrisch. Ein solches Bündel nennt man ein homozentrisches Strahlenbündel. Die Ebene, die senkrecht auf diesem Strahlenbündel steht, heißt „Symmetrieebene“.

Im Artikel in Heft 1/2 (1963) lernten wir die Bezeichnung „Kastik“ kennen. Mit Kastik bezeichnet man kurz die das Strahlenbündel einhüllende Fläche, zu der also alle Strahlen des Bündels tangierend verlaufen. Es ist die sogenannte Brennfläche. Siehe auch Skizze Nr. 2.

Dreht man das in Skizze Nr. 1 dargestellte homozentrische Strahlenbündel um einen Hauptstrahl als optische Achse, d. h. rotiert dieses Strahlenbündel um diese Achse, so bezeichnet man sie als Rotationsachse (optische Achse) und erhält ein rotations-symmetrisches Strahlenbündel. Außerdem hat man eine durch den Konvergenzpunkt „K“ gehende, auf dem Hauptstrahl (der Rotationsachse) senkrecht stehende Symmetrieebene (Skizze 1). Fehlt nun diese Symmetrieebene, so ist das Strahlenbündel nicht mehr homozentrisch: Strahlen verschiedener Öffnung — das sind Strahlen, die unter verschieden großen Winkeln einfallen — schneiden den Hauptstrahl an verschiedenen Stellen. Ist jedoch das Strahlenbündel dabei noch rotations-symmetrisch, so wird die Kastik eine Rotationsfläche, die an der Vereinigungsstelle der dem Hauptstrahl oder der optischen Achse unendlich benachbarten Strahlen eine Spitze hat (siehe Skizze Nr. 2). Den Durchschnitt der Kastik mit einer beliebigen Ebene bezeichnet man mit kaustischer Kurve in der Ebene. Ein solcher Durchschnitt durch die Kastik ist in Skizze Nr. 2 stark ausgezogen dargestellt.

Den Fehler, den ein solches Strahlenbündel gegenüber einem homozentrischen hat, nennt man den Öffnungsfehler. Dieser sphärische Fehler spielt eine wesentliche Rolle in optischen Linsensystemen, ebenso bei der Herstellung von astronomischen Spiegeln. Wenn bei diesem sphärischen Fehler die mehr geöffneten Strahlen die Achse des Bündels früher schneiden als die dem Hauptstrahl unmittelbar benachbarten Strahlen, so heißt dieser Fehler „positiver Öffnungsfehler“. Im entgegengesetzten Falle erhält er die Bezeichnung „negativer Öffnungsfehler“. Man nennt ein Strahlenbündel für eine bestimmte Öffnung korrigiert, wenn die dieser Öffnung entsprechenden Strahlen gleichfalls durch die Spitze der Kastik hindurchgehen. Die Abweichung der anderen Strahlenschnittpunkte von der kaustischen Spitze auf dem Hauptstrahl gemessen, nennt man Zonen des Öffnungsfehlers. Diese treten besonders bei der Herstellung von Parabolspiegeln usw. störend in Erscheinung.

Der nächstniedere Grad in den Symmetrieeigenschaften eines Strahlenbündels tritt ein, wenn an Stelle der Rotationssymmetrie nur noch 2 aufeinander senkrechte Symmetrieebenen vorhanden sind. Auf diesen bedeutsamen Strahlenfehler wurde bereits im ersten Artikel hingewiesen. Aus Skizze Nr. 3 sind diese beiden senkrecht aufeinander stehenden Symmetrieebenen ersichtlich. Die Durchschnittsgerade der beiden Symmetrieebenen bildet den Hauptstrahl des Bündels. Jede Symmetrieebene selbst heißt ein Hauptschnitt des Bündels. Das Strahlenbündel selbst nennt man astigmatisch, d. h. auf deutsch „nicht punktförmig“. Es hat in jedem Hauptschnitt eine zugehörige kaustische Kurve (siehe auch Skizze Nr. 3) mit je einer Spitze an anderer Stelle des Hauptstrahles. Wir erhalten eine Differenz zwischen den beiden kaustischen Kurvenspitzen. Diesen Abstand bezeichnet man mit astigmatischer Differenz, ihren halben Betrag mit Astigmatismus des Strahlenbündels. Die in den beiden Hauptschnitten auftretenden Fehler können Öffnungsfehler sein, oder die Strahlenbündel sind homozentrisch.

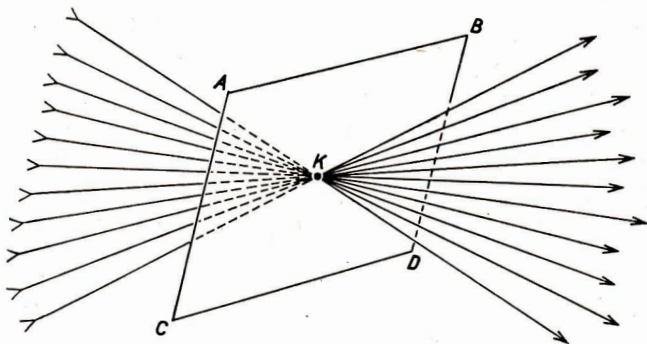
Mit Strahlenbündel bezeichnet man räumliche Strahlen, während die in einem Schnitt durch das Strahlenbündel entstehende Strahlenschicht mit Strahlenbüschel bezeichnet wird.

Der oben erwähnte astigmatische Strahlenfehler spielt insbesondere bei der Fertigung von Objektiven (Photo-, Astro- und Mikroskop-Objektiven) eine außer-

ordentliche Rolle. Über die Auswirkung des Astigmatismus in optischen Systemen wird in einem späteren Kapitel eingehend berichtet werden.

Außer dem Öffnungsfehler und dem Astigmatismus gibt es noch weitere schädliche Strahlenfehler, wie z. B. den Koma-Fehler oder die tonnen- und kissenförmige Verzeichnung bei der Abbildung in optischen Systemen. Über diese weiteren Fehler, wie auch über die chromatischen Fehler werden wir im nächsten Kapitel näher berichten.

Skizze 1

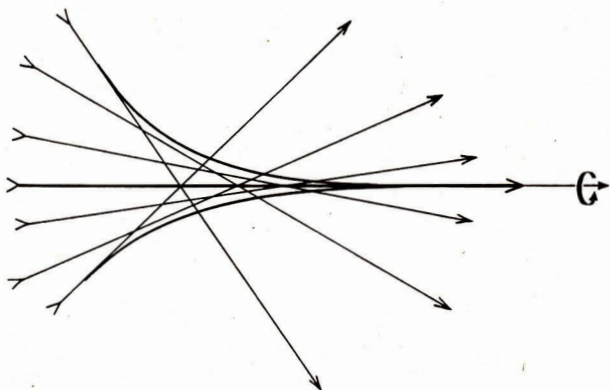


Ein homozentrisches Strahlenbündel.

ABCD = eine gedachte Ebene, senkrecht zum Strahlenbündel

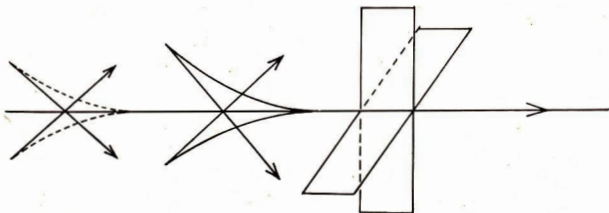
K = der Konvergenzpunkt des homozentrischen, d. h. gemeinsam zentrisch verlaufenden Strahlenbündels

Skizze 2



Strahlenbündel mit positivem Öffnungsfehler und der dazugehörigen Brennfläche, der Kaustik. Die Kaustik eines Strahlenbündels ist diejenige Fläche, welche die Hüllfläche sämtlicher Strahlen eines räumlichen Bündels ist, zu der also alle Strahlen des Bündels tangierend verlaufen. Ein Strahlenbündel, das nach einem bestimmten Punkt „K“ konvergiert, d. h. hinzielt, heißt homozentrisch, oder übersetzt gemeinsam zentrisch.

Skizze 3



Strahlenbündel mit 2 aufeinander senkrechten Symmetrieebenen. In jeder Symmetrieebene eine gesonderte kaustische Spitze auf dem Hauptstrahl (optische Achse).

Astronomische Beobachtungen und Raumfahrt

KARL-HEINZ NEUMANN

Wohl kaum ein technischer Fortschritt seit der Erfindung des Fernrohrs und der Fotografie hat der astronomischen Wissenschaft so große Möglichkeiten der Erweiterung der Beobachtungen, des Sammelns neuer Erkenntnisse und zum ersten Mal die Möglichkeit der direkten Erforschung gegeben, wie die Raumfahrt. All jene Schranken, die der Beobachtung mit dem Fernrohr oder der Beobachtung mit den Radioteleskopen bisher auferlegt waren, sind nun durch die Realisierung der Raumfahrt überwunden.

Diese Schranken haben ihre Ursache darin, daß sich der beobachtende Astronom mit seinen Instrumenten bisher auf dem Grund eines dichten Luftozeans befand. Den Astronomen am Fernrohr stört bei der direkten Betrachtung oder der Fotografie der großen Himmelskörper unseres Planetensystems vor allem die Bewegung der untersten Teile unserer irdischen Atmosphäre. In der Troposphäre spielen sich ständig mannigfaltige meteorologische Vorgänge ab, die meist auf Wärmeaustauschprozessen beruhen. Diese Prozesse erzeugen eine auch bei wolkenfreiem Himmel ständig vorhandene Luftbewegung, die den einfallenden Lichtstrahl szintillieren lassen. Jeder Amateur wird schon an seinem kleinen Fernrohr die Feststellung getroffen haben, daß unter unseren besonders ungünstigen mitteleuropäischen Verhältnissen selten eine Vergrößerung von über 150 bis 200fach mit Nutzen angewendet werden kann. Schon bei 200facher Vergrößerung scheinen die Ringgebirge, Täler und Schluchten der Mondoberfläche nicht eine starre, tote Welt zu sein, sondern ihre Konturen wallen beim Blick durchs Fernrohr hin und her.

Die Luftunruhe, die die Astronomen bei der direkten Beobachtung von Details und bei der fotografischen Aufnahme von Oberflächeneinheiten stört und ihre Möglichkeiten einschränkt, ist aber nur das kleinere Übel. Bedeutend unangenehmer für die Erforschung der Himmelskörper machen sich die physikalischen Prozesse und die physikalischen Verhältnisse in der Hochatmosphäre bemerkbar. Unsere Atmosphäre besitzt sozusagen nur zwei schmale Fenster für das gesamte Spektrum der elektromagnetischen Strahlung. Aber im Gesamtbereich der elektromagnetischen Strahlung spiegeln sich sozusagen die mannigfaltigsten physikalischen Vorgänge und Verhältnisse der Himmelskörper wider. Das, was bisher untersucht werden konnte, ist aber nur jener Bereich der elektromagnetischen Strahlung, der die Hochatmosphäre unserer Erde unbeeinflußt durchdringen kann. Es ist der schmale Teil des sichtbaren Lichtes, von 3800 Å bis rund 6000 Å, ferner ein daran anschließendes Gebiet bis zu Wellenlängen von eintausendstel Millimetern, also der ultrarote Bereich. Im ultravioletten Gebiet liegt die Grenze bei etwa 3000 Å. Es ist dabei noch zu bedenken, daß der genannte ultrarote Bereich nicht frei von Störungen ist, die durch die untere Atmosphäre entstehen. Das zweite Fenster, durch das elektromagnetische Strahlung unsere Atmosphäre zu durchdringen vermag, liegt im Radiowellenbereich. Es reicht von den Wellenlängen weniger Millimeter bis zu rund 30 Metern. Die längeren Wellen können ebenfalls unsere Erdatmosphäre nicht durchdringen.

Für viele Probleme der Astrophysik wäre es in der heutigen Zeit von sehr großem Interesse, detaillierte und eingehende Untersuchungen vor allem im Bereich von ultravioletter Strahlung, weicher und harter Röntgenstrahlung und auch im Bereich der daran anschließenden Gammastrahlung auszuführen. Auch das noch fehlende Gebiet der Infrarotstrahlung sowie der langwelligen Radiostrahlung ist von Interesse.

Dadurch, daß es möglich ist und in Zukunft in immer stärkerem Maße möglich sein wird, die Beobachtungs- und Meßinstrumente über dem wirksamen Teil der irdischen Atmosphäre einzusetzen, lassen sich die beiden genannten Schwierigkeiten überwinden.

Als drittes ergab und ergibt sich schließlich die Möglichkeit, direkte Untersuchungen an den zu erforschenden Objekten vorzunehmen. Das ist etwas grundsätzlich Neues für die astronomische Forschung, die in ihrer Jahrtausende alten Geschichte bisher nur in der Lage war, das Licht — oder exakter ausgedrückt — die von den Himmelskörpern zu uns gelangende elektromagnetische Strahlung als ihr Forschungsobjekt zu verwenden.

In der nun sechsjährigen Geschichte der aktiven Raumfahrt ist die Zahl der astronomischen oder astrophysikalischen Messungen und Ergebnisse schon so groß geworden, daß es nicht mehr möglich ist, in einem kurzen Artikel alle Dinge eingehend zu betrachten und zu beleuchten. Es soll deshalb in diesem Artikel der Versuch unternommen werden, einen allgemeinen Überblick über die bisherigen Ergebnisse zu geben und die zukünftigen Projekte und Möglichkeiten kurz zu beschreiben.

Schon vor dem Start des ersten künstlichen Erdsatelliten hatte man durch den Einsatz von Höhenraketen eine Vielzahl von interessanten neuen Meßwerten und Ergebnissen gewonnen. So gelang es schon im Jahre 1947, erstmalig mit Hilfe automatischer Apparaturen in Raketen Aufnahmen des ultravioletten Teils des Sonnenspektrums zu gewinnen. Erstmals konnte die theoretisch vorausgesagte Lyman-Alpha-Linie des Wasserstoffs auf diesen Aufnahmen sichtbar gemacht werden. In späterer Zeit wurden sowohl mit Hilfe sowjetischer als auch amerikanischer Höhenraketen und darin untergebrachter Spektrografen weite Teile des ultravioletten Sonnenspektrums fotografisch bis herab zu einigen hundert Å erfasst. Darüber hinaus gelang es, sogar Spektroheliogramme der Sonne im Lichte der Lyman-Alpha-Linie des Wasserstoffs zu erhalten. Ja, auch Röntgenstrahlungsfotos der Sonne konnten gewonnen werden, indem man eine Lochkamera mit einer dahinter gesetzten Aluminiumfolie als Aufnahmeapparat benutzte. Mit Höhenraketen wurden ferner Messungen der UV-Strahlung des Nachthimmels ausgeführt. Es gelang sogar die Entdeckung von Nebeln, die im ultravioletten Spektralbereich Strahlung emittieren, während im sichtbaren Teil des Lichtes in diesem Himmelsareal — in der Nähe des Sternes Regulus — auch mit den größten optischen Instrumenten kein Nebelfeld nachzuweisen war. Auch spektralphotometrische Untersuchungen heller Sterne wurden im UV-Bereich ausgeführt. Bei Sonnenfinsternissen, speziell während der Sonnenfinsternis am 15. Februar 1961, wurden von der Sowjetunion in der Totalitätszone sowie am Rand der Totalitätszone zahlreiche Höhenraketen gestartet, wobei die verschiedensten Aufgaben in Angriff genommen werden konnten. Dazu gehörten Aufnahmen des ultravioletten Spektrums der Sonnenkorona, Aufnahmen der Sonnenkorona im Lyman-Alpha-Bereich, Messungen des in der Atmosphäre gestreuten Sonnenlichtes und auch Messungen der Variationen der von der Erdoberfläche reflektierten Infrarotstrahlung.

Bei all diesen Messungen mit Höhenraketen tritt eine Schwierigkeit auf. Sie besteht darin, daß es notwendig ist, den Spektrografen, die Beobachtungsoptik oder das Meßinstrument sehr genau auf das zu untersuchende Objekt auszurichten und dafür zu sorgen, daß während einer genügend langen Zeit diese Ausrichtung erhalten bleibt, d. h. also, daß das Instrument, der Raketenmeßkopf oder auch die ganze Rakete selbst räumlich lagestabilisiert ist. Das war in der Vergangenheit keine leicht zu bewältigende Aufgabe. Sie erforderte den Einsatz hochentwickelter Steuerungs- und Lagestabilisierungsapparaturen und einer umfangreichen Elektronik. Gemessen an den erhaltenen Ergebnissen ist dieser Aufwand relativ groß. Nur ein mehrmaliger Einsatz derartiger Apparaturen wäre rentabel. Es ist deshalb nicht anzunehmen, daß in der Astronautik die Methode des Einsatzes von Höhenraketen als astronomische Instru-

mententräger sehr stark forciert wird. Andere Raumflugkörper werden sie in immer stärkerem Maße verdrängen. Eine Höhenrakete befindet sich eben nur maximal 3 bis 5 Minuten in dem Bereich, in dem astronomisch wertvolle Ergebnisse zu erzielen sind. Von gewissem Interesse werden Höhenraketen in ihrem Einsatz bei ganz bestimmten Ereignissen, etwa bei dem schon genannten Fall einer totalen Sonnenfinsternis, sein. Für einige wenige Jahre wird man auch noch Höhenraketen für die Untersuchung von Mikrometeoriten, meteoritischem Staub und leuchtenden Nachtwolken einsetzen, und zwar besonders in dem Gebiet, das von Flugzeugen oder Ballons in der heutigen Zeit noch nicht erreicht wird und in dem Erdsatelliten wegen der hier herrschenden Luftdichte nicht mehr fliegen können. Es ist dies das Gebiet zwischen etwa 30 und 150 km Höhe. Aber auch hier werden in einigen Jahren moderne Raketengleiter, Flugkörper also, die Zwischenstufen zwischen Raketen und normalen Flugzeugen darstellen, die Höhenrakete als Meßmittel verdrängen. Trotzdem gebührt der Höhenrakete die Priorität auch bei der Untersuchung von Mikrometeoriten. Höhenraketen waren es, die erstmalig im Jahre 1946 direkte Meßwerte über Mikrometeoriten lieferten. Man verwendete hochempfindliche Mikrofone, die an der Innenwand des Meßkopfes angebracht waren und die die Aufschläge meteoritischer Körper registrierten. Mit Hilfe außen angebrachter polierter Stahlplatten erhielt man erstmalig Kratzspuren und Aufschlagskrater von Mikrometeoriten. Und schließlich verwendete man vor allem in der Sowjetunion piezoelektrische Meßgeber, die Angaben über die Energie der meteoritischen Teilchen machten. Höhenraketen haben auch erstmalig Mikrometeoriten in der Hochatmosphäre „eingefangen“ und zur Erde zurückgeführt. Nicht unerwähnt soll bleiben, daß man in der Zeit vor dem Start des ersten Erdsatelliten mit Hilfe von Höhenraketen auch sozusagen künstliche Meteoriten erzeugte, indem man bestimmte kleine Metall- oder Gesteinsproben in die Erdatmosphäre hineinschoß.

Der erste Satellit, mit dessen Hilfe astronomische Messungen ausgeführt wurden, war der zweite sowjetische Sputnik. Er besaß eine Anlage, durch die die UV- und Röntgenstrahlung der Sonne in verschiedenen engbegrenzten Spektralbereichen untersucht wurde. Der dritte Sputnik besaß Instrumente zur Untersuchung der Gammastrahlung, also des kurzwelligsten Teiles des Spektrums der elektromagnetischen Strahlen. Die sowjetischen Raumschiffe II und III waren mit einer sehr umfangreichen Apparatur ausgerüstet, mit deren Hilfe detaillierte Studien über die Zusammensetzung und Energie der UV- und Röntgenstrahlung der Sonne ausgeführt wurden. Diese Meßgeräte wurden durch lichtelektrische Steuerzellen ständig auf die Sonne ausgerichtet. Damit erreichte man, daß während der gesamten Zeit, während der sich das Raumschiff jeweils im Sonnenlicht befand, die Messungen möglich waren. Auch einige der ersten amerikanischen Satelliten, wie Vanguard III und Explorer VII, waren mit Meßgeräten ausgerüstet, die die Intensität der ultravioletten Sonnenstrahlung registrierten.

Die wesentlichsten ersten Erkenntnisse, die man in der Auswertung der Meßergebnisse der genannten Satelliten erhielt, bestehen darin, daß bei der kurzwelligen Sonnenstrahlung grundsätzlich zwei verschiedene Anteile zu unterscheiden sind. Es sind dies der von dem Kontinuum im UV- und den daran anschließenden Emissionslinien stammende Anteil, zu dem sich noch die UV-Strahlung aus der Sonnenkorona addiert und die bei Sonneneruptionen auftretende mitunter kurzzeitig sehr hohe Werte erreichende Ultraviolettstrahlung. Der erstgenannte Anteil ist praktisch konstant und, wie wir heute wissen, ändert er seine Intensität nur geringfügig im Laufe des elfjährigen Sonnenfleckenzyklus. Der im Zusammenhang mit Eruptionen auftretende Strahlungsanteil dagegen ist genauso wie diese sporadischer Natur. Die gemessenen UV-Intensitäten sind je nach der Stärke der Eruption verschieden groß, liegen aber weit über dem kontinuierlichen Anteil. Theoretisch hatte man letztgenanntes Ergebnis bereits vorausgesagt, denn die Wirkung dieser intensiven UV-Strahlung kannte man

bereits seit vielen Jahren aus den mit Eruptionen einhergehenden Veränderungen im Zustand der Ionosphäre der Erde. Diese UV-Strahlungsausbrüche sind allerdings relativ kurzzeitig. Es treten dabei im Röntgenstrahlungsbereich Flüsse von 10^{-3} bis 10^{-4} erg/cm² · sec⁻¹ auf.

Als eine Besonderheit der Raumflugkörper für astronomische Beobachtungsaufgaben muß der Satellit OSO I (1962 Zeta) genannt werden. Dieser Raumflugkörper ist speziell zur Beobachtung der Sonne entwickelt worden, worauf bereits sein Name hindeutet. OSO bedeutet Orbiting Solar Observatory, deutsch: die Erde umkreisendes Sonnenobservatorium. Mit einer Trägerrakete vom Typ Thor-Delta gelangte dieser 204 kp schwere Satellit am 7. März 1962 auf seine Umlaufbahn. Sie lag in rund 570 km Höhe. Er besaß verschiedene Meßinstrumente zur Untersuchung der Sonnenstrahlung vom sichtbaren Licht bis zur hochenergetischen Gammastrahlung. Nur eines dieser Instrumente trat nicht in Tätigkeit. Die Form dieses Satelliten mutet etwas eigenartig an. Er besteht aus dem rotierenden Teil, an dem drei Ausleger angebracht sind, und rotiert mit 30 Umdrehungen/min. Darauf sitzt ein halbkreisförmiger Teil, der Lage stabilisiert und während des Fluges über der Tagseite der Erde auf die Sonne ausgerichtet ist. An diesem halbkreisförmigen Teil sind außerdem die 1860 Solarzellen angebracht, die den zum Betrieb notwendigen elektrischen Strom liefern. Die einzelnen Instrumente verteilen sich sowohl auf den stabilisierten als auch auf den rotierenden Teil. Da über diesen Satelliten bisher noch recht wenig berichtet wurde, sei es gestattet, die einzelnen Meßinstrumente genauer zu erwähnen. Im stabilisierten Teil sind folgende Geräte untergebracht: ein Spektrometer zur Untersuchung der weichen Röntgenstrahlung im Bereich von 10 bis 400 Å und für den harten Teil der Röntgenstrahlung bei den Wellenlängen von 1 bis 8 Å; ein Meßgerät zur Untersuchung der Röntgenstrahlung im Energiebereich von 20 bis 100 keV; ein Gerät zur Untersuchung der Gammastrahlung im Energiebereich von 510 keV sowie eine Meßapparatur zur Untersuchung der Mikrometeoriten. Im rotierenden Teil finden wir ein Gerät zur Intensitätsmessung der sichtbaren blauen Strahlung im Wellenlängenbereich von 3800 bis 4800 Å; ein Instrument zur Bestimmung der Intensität der solaren UV-Strahlung im Bereich von 1100 bis 1250 Å, also im Bereich der Lyman-Alpha-Linie; ein Meßgerät zur Untersuchung der Gammastrahlung mit 2 Energiebereichen 0,2 bis 1,5 MeV und 50 keV bis 3 MeV; und schließlich ein Instrument zur Untersuchung der intensiven Gammastrahlung im Bereich von 100 bis 500 MeV, die bei Sonneneruptionen auftritt.

Wie bekannt wurde, haben die amerikanischen Wissenschaftler von diesem Satelliten sehr viele Meßwerte erhalten, und man darf mit Spannung die endgültige Auswertung erwarten.

Es sei nur noch erwähnt, daß auch der erste gemeinsame britisch-amerikanische Satellit, der am 26. April 1962 gestartet Ariel I (auch UK I genannt), zwei Instrumente besaß, mit deren Hilfe die Röntgenstrahlung im Bereich von 3 bis 12 Å und die Lyman-Alpha-Strahlung untersucht werden sollten. Leider funktionierte das Meßgerät zur Registrierung der Lyman-Alpha-Strahlung nicht.

Mit genauso großer Spannung wie die Meßergebnisse von OSO dürfen wir die Ergebnisse der von sowjetischen Wissenschaftlern mit Hilfe der zahlreichen Kosmos-Satelliten gemachten astronomischen Untersuchungen erwarten. Wie allgemein bekannt, gehören zum Programm der Kosmos-Serie u. a. Messungen der Intensität der Röntgenstrahlung in verschiedenen sehr engen Spektralbereichen, der Ultraviolettstrahlung in ausgewählten Strahlungsbereichen, die sich praktisch über das ganze UV-Gebiet erstrecken und in der Auswertung spektralfotometrische Schlußfolgerungen möglich machen, sowie schließlich auch detaillierte Messungen im Bereich der Gammastrahlung. Im einzelnen sind bisher noch keine Angaben über die Instrumentierung der jeweiligen Satelliten dieser Serie gemacht worden. Besonders bemerkenswert ist

ferner die Tatsache, daß mit diesen Satelliten nicht nur die genannten Untersuchungen im kurzwelligen Strahlungsbereich bei der Sonne ausgeführt werden, sondern daß auch andere kosmische Objekte in das Forschungsprogramm einbezogen sind. Das bedeutet, daß die Kosmos-Satelliten nicht nur automatisch arbeitende Sonnenbeobachtungsstationen, sondern praktisch automatisch arbeitende astronomische Observatorien darstellen. Wenn wir dabei noch daran denken, daß eine Reihe der Kosmos-Satelliten nur 3 bis 8 Tage die Erde umkreist haben, also sehr wahrscheinlich gelandet sind, dürfen wir wohl kaum in der Annahme fehlgehen, daß uns hier noch hinsichtlich astronomischer Beobachtungsergebnisse eine Reihe kleiner Sensationen bevorsteht.

Über ein Gebiet wurde bisher noch nichts gesagt, obgleich dieses streng genommen auch zur astronomischen Forschung gehört, nämlich über die Untersuchung der kosmischen Strahlung. Da die Erforschung der kosmischen Strahlung in der Vergangenheit praktisch eine Aufgabe der Geophysiker war, wurden diese Untersuchungen nicht zur Astronomie bzw. Astrophysik gerechnet. Wenn wir aber jetzt einmal von den Auswirkungen dieser kosmischen Strahlung in der Hochatmosphäre und auch im unteren Bereich unserer Lufthülle absehen und auch die überhaupt erst durch die ersten künstlichen Erdsatelliten entdeckten Strahlungsgürtel ausklammern, so muß man sagen, daß alle anderen Untersuchungen bezüglich der kosmischen Strahlung streng genommen zur Astrophysik gehören. Das betrifft sowohl den galaktischen Anteil als auch den von der Sonne stammenden Anteil der kosmischen Strahlung. Es ist in diesem Rahmen auch nicht andeutungsweise möglich, nur die wesentlichsten neuen Erkenntnisse, die sich seit dem Einsatz von Raumflugkörpern ergeben haben, darzulegen.

Wenden wir uns nun den Raumflugkörpern zu, die sich weiter von unserer Erde entfernt haben als die künstlichen Satelliten, den Mond- und Raumsonden. Auch hier können — wie schon eingangs angedeutet — nur die wesentlichsten neuen Erkenntnisse kurz angedeutet werden. Bei der Untersuchung des Raumes zwischen Erde und Mond und des Mondes selbst können bisher nur die sowjetischen Wissenschaftler über Ergebnisse berichten. Obgleich die USA zahlreiche Mondsonden gestartet haben, erreichte kaum eine ihr Ziel, und nicht einen einzigen Meßwert konnten die amerikanischen Wissenschaftler bisher vom mondnahen Raum und vom Mond selbst erlangen. Die Sowjetunion dagegen, die 4 derartige Sonden startete, kann hier mit einer Vielzahl von neuartigen, ja man kann sogar sagen von sensationellen Ergebnissen aufwarten. Mit dem ersten Lunik konnte der interplanetare Raum, d. h. die Dichte des interplanetaren Gases und das interplanetare Magnetfeld im Raum Erde/Mond untersucht werden. Der zweite Lunik, der die Oberfläche unseres natürlichen Trabanten erreichte, brachte darüber hinaus Meßwerte, die bis in den mondnächsten Raum reichten. Das großartigste Ergebnis lieferte der dritte Lunik mit den sensationellen Aufnahmen von der Rückseite des Erdtrabanten. Mit Lunik 4 schließlich wurde der Raum zwischen Erde und Mond und das mondnahe Gebiet in verfeinerter und exakterer Weise untersucht und vermessen. Wir dürfen auch hier mit Spannung die endgültige Auswertung der Meßergebnisse erwarten.

In der Sondierung des interplanetaren Raumes hatten die USA mit ihrer Sonde Pioneer V, die am 11. März 1960 gestartet wurde, ihren ersten Erfolg aufzuweisen. Bis zu einer Entfernung von $36 \cdot 10^6$ km lieferte diese Sonde Meßwerte über die Strahlungsverhältnisse, das interplanetare Magnetfeld und die Mikrometeoritenhäufigkeit. Sehr erfolgreich war auch die amerikanische Sonde Mariner II, die sich unserem Nachbarplaneten Venus bis auf rund 35 000 km näherte. Zahlreiche neue Erkenntnisse über die Temperatur an der Oberfläche unseres Nachbarplaneten, die Zusammensetzung und Dichte seiner ständigen Wolkenhülle, die Strahlungsverhältnisse in seiner Nähe u. a. konnten gewonnen werden. Im wesentlichen bestätigten sie die noch recht unsicheren radioastronomischen Beobachtungen über die Temperatur an der Venus-

Oberfläche und die spektrografischen Untersuchungen über ihre Atmosphäre. Die sowjetischen Wissenschaftler erhielten mit ihrer Venus-Sonde bis zu einer Entfernung von über $20 \cdot 10^6$ km detaillierte Angaben über die physikalischen Verhältnisse im Erdnahen und im interplanetaren Raum. Mit der Sonde Mars I konnte bis über $100 \cdot 10^6$ km Abstand der interplanetare Raum jenseits der Erdbahn untersucht werden.

Als letztes bliebe übrig, über die astronomischen Ergebnisse der bisherigen bemannten Raumflugunternehmungen zu berichten. Hier muß man sagen, daß im jetzigen Stadium noch keine direkten astronomischen Forschungsaufgaben gestellt worden sind. Die sowjetischen Astronauten hatten in ihrem wissenschaftlichen Programm lediglich Untersuchungen, die als Vorbereitung für spätere bemannte Beobachtungssatelliten zu gelten haben, auszuführen. So beobachteten und fotografierten Andrijan Nikolajew und Pawel Popowitsch bereits den Mond und führten erste Testbeobachtungen der anderen Himmelskörper aus. Ehe man darangehen kann, bemannte Erdsatelliten mit astronomischen Beobachtungsinstrumenten auszurüsten, gibt es nämlich eine Reihe grundsätzlicher Fragen zu klären. Einige dieser Fragen wären: Reicht die Lagestabilisierung aus, um länger belichtete Himmelsaufnahmen auszuführen; wirkt sich die Bewegung des Menschen in seinem Sessel auf die Lagestabilisierung des Raumschiffes aus; in welcher Weise stört das Sonnenlicht die astronomischen Beobachtungen, speziell das in der Kabine auftretende Streulicht? Beim zweiten Gruppenflug hatten die Kosmonauten schon detailliertere Beobachtungsaufgaben und fotografische Aufnahmen auszuführen. So gehörte es z. B. schon zum Programm, die Sonne bzw. einzelne Abschnitte des Sonnenrandes während des Fluges zu fotografieren.

Diese Dinge deuten darauf hin, daß man in der Sowjetunion neben den schon im Einsatz befindlichen automatisch arbeitenden astronomischen Beobachtungssatelliten in nicht allzu ferner Zukunft auch dazu übergehen wird, bemannte Beobachtungssatelliten einzusetzen. Prinzipiell können zwar unbemannte Beobachtungssatelliten auf automatischem Wege alle Beobachtungsaufgaben ausführen, wobei allerdings zu bedenken ist, daß mit spezielleren Aufgaben der Aufwand an Elektronik und Steuerung und die Forderung an den Automaten ständig steigt. Ein Automat ist außerdem nicht in der Lage, plötzlich auftretenden unvorhergesehenen Situationen sinnvoll zu begegnen bzw. diese auszunutzen. Prinzipiell neue Erscheinungen kann eben nur ein Mensch entdecken, und Automaten können nur das ihnen gegebene Programm erfüllen. Das mögen wohl einige der Überlegungen sein, die dazu geführt haben, daß man sich wahrscheinlich in der Sowjetunion dazu entschlossen haben wird, neben automatischen Observatorien auch den Menschen in den Beobachtungsprozeß bzw. in die direkte Steuerung automatisch arbeitender astronomischer Beobachtungsgeräte einzubeziehen. Wir werden also kaum in der Annahme fehlgehen, daß die sowjetischen Kosmonauten in nicht ferner Zukunft Wissenschaftler und wahrscheinlich in starkem Maße auch Astrophysiker sein werden.

In den USA dagegen spielen in der Planung der astronautischen Unternehmungen astronomische Beobachter in Raumschiffsatelliten praktisch noch keine Rolle. Das Hauptschwergewicht hat man hier auf die Entwicklung von unbemannten automatisch arbeitenden astronomischen Beobachtungssatelliten gelegt. Ende 1964 oder Anfang 1965 soll der erste OAO-Satellit (Orbiting Astronomical Observatory) gestartet werden. der ein Spiegelteleskop von 50 cm Durchmesser in Verbindung mit zahlreichen auf lichtelektrischem Wege arbeitenden Spektrografen besitzt. Für die Untersuchung der Nachbarplaneten unserer Erde will man vornehmlich automatisch arbeitende Sonden mit Fernsehanlagen einsetzen. Der Verfasser konnte in einer Arbeit (1) zeigen, daß die Verwendung eines bemannten astronomischen Beobachtungssatelliten mit einem Spiegelteleskop von 60 cm Öffnung für die Beobachtung des Planeten Mars mindestens genau das gleiche wenn nicht mehr an Ergebnissen liefern würde wie eine unbemannte Sonde mit einer Fernsehanlage. Das gilt selbstverständlich nur für die visuelle bzw. fotografische Erfassung von Oberflächendetails. Für zahlreiche andere direkte

Messungen in der unmittelbaren Nachbarschaft unserer Nachbarplaneten sind natürlich automatisch arbeitende Meßsonden vorzuziehen. Was den direkten Flug des Menschen zu anderen Himmelskörpern betrifft, mag es angebracht erscheinen, darüber Betrachtungen erst in den nächsten Jahren anzustellen.

Literatur:

- 1) Neumann, K.-H.: Bemannte Erdsatelliten und astronomische Beobachtung, Deutsche Flugtechnik 5 (1961) Heft 12, S. 445-449

Neuerscheinung!

HERBERT PFAFFE / PETER STACHE

Typenbuch der Raumflugkörper

Etwa 36 Seiten, mit Abbildungen, Halbleinen, cellophanisiert, etwa DM 3,80, erscheint im Deutschen Militärverlag.

Mit diesem Buch wurde ein Standardnachschlagewerk der Astronautik geschaffen, das einen lückenlosen Überblick über sämtliche seit dem 4. Oktober 1957 gestarteten Raumflugkörper gibt.

Aus dem Inhalt:

Entwicklung und Ziele der Raumfahrt

Das Raumfahrtprogramm der Sowjetunion und der USA

Die Raumfahrtprogramme der anderen Staaten

Typenbeschreibung der Raumflugkörper

— Künstliche Erdsatelliten

— Raumsonden

— Bemannte Raumschiffe und ihre Vorläufer

Detaillierte Angaben über die einzelnen Raumflugkörper:

Name, astronomische Bezeichnung, Startdatum, Startort, Trägersystem, Form, Massen, besondere, von der Standardausrüstung abweichende Ausrüstung, Ergebnisse (bei Fehlstarts Gründe für das Mißlingen), Bahndaten, Lebensdauer. Jeder Raumflugkörper-Grundtyp ist im Bild (Foto bzw. Zeichnung) zu sehen.

Im Anhang:

Tabelle aller bisher gestarteten Raumflugkörper einschließlich der Fehlstarts. Sie enthält folgende Angaben: Startdatum, astronomische Bezeichnung, Name, Standort, Trägersystem, Gesamtmasse, Nutzmasse, Perigäum, Apogäum, Bahnneigung, Umlaufperiode, Datum der letzten Funkverbindung, Lebensdauer in Tagen, Zahl der Erdumkreisungen.

Radioteleskope - die Ohren im Weltall

Ing. MAX RÖTSCH

Noch bis vor nicht allzu langer Zeit waren astronomische Beobachtungen nur im sichtbaren Licht möglich, dessen Wellenbereich von etwa 400 bis 700 nm reichte. Hochempfindliche photographische Platten, lichtelektrische Empfänger, Thermoellen und Bolometer trugen dazu bei, daß die Anwendung von astronomischen Fernrohren auf einen größeren Spektralbereich ausgedehnt werden konnte. Unterhalb von 300 nm beginnt die Absorption der Lichtstrahlen durch die Hartley-Bande des Ozons. Der infrarote Teil des von der Atmosphäre durchgelassenen Spektrums ist etwas größer. Hier beginnt bei Wellenlängen von 3–4,5 μm eine fast völlige Absorption durch Moleküle. Ein neuer Wellenbereich wurde der Astronomie erschlossen, als im Jahre 1931 K. Jansky von der Bell-Telephone-Company in New Jersey Radiowellen beobachtete, die nicht von der Erde herrühren konnten. Einen besonderen Auftrieb erhielt die Radioastronomie während des Krieges und im besonderen Maße nach dem zweiten Weltkriege durch die Entwicklung der Radartechnik. Das zweite „Fenster“ der Atmosphäre, das durch die Radioastronomie erschlossen wurde, ist für elektromagnetische Wellen von etwa 1 cm bis rund 15 m Wellenlänge durchlässig. Wellenlängen unterhalb 1 cm werden von der Troposphäre absorbiert. Für Wellenlängen von 15 bis 30 m und für langwelligere Strahlen setzt die Reflexion der Ionosphäre eine Grenze.

Im Gegensatz zu den optischen Fernrohren wird mit Radioteleskopen keine Abbildung erzeugt, sondern nur die Energie verzeichnet, die aus einer bestimmten Richtung und innerhalb eines engen Frequenzgebietes auf die Antenne trifft. Die Richtwirkung einer Antenne würden wir in der Sprache der Optik als das „Auflösungsvermögen“ des Radioteleskopes bezeichnen. Dieses ist infolge der bedeutend größeren Wellenlängen ganz erheblich schlechter als das Auflösungsvermögen optischer Fernrohre. Allerdings hat der Radioastronom den Vorteil, von der Witterung unabhängig zu sein. Beispielsweise sind bei Wellenlängen von etwa 10 cm aufwärts selbst dichte Wolkendecken und ebenso Regen kein Hindernis mehr für die Strahlung.

Die Hauptanwendungsgebiete der Radioteleskopie sind: die Erforschung der Radioemission der Sonne, die Untersuchung der Milchstraße im Bereich der Radiofrequenz und die Untersuchung von Radioquellen. In letzter Zeit wurde das Auflösungsvermögen der Radioteleskope wesentlich gesteigert, so z. B. durch die Interferometer-schaltungen. Im Jahre 1951 führten die Wissenschaftler Little und Payne-Scott eine Michelsonsche Interferometeranordnung erfolgreich bei der Feststellung von Strahlungsausbrüchen der Sonne durch. Die Wellenlängendifferenz der beiden interferierenden Strahlen wurde nicht durch das Vorbeiwandern der Sonnenscheibe, sondern durch eine schnelle periodische Änderung der mechanischen Weglänge der einen Zuleitung zum Empfänger erzielt. Das Interferenzbild wird auf einer Braunschen Röhre abgebildet und photographisch aufgenommen. Mit der obigen Anlage ist es möglich, den Ort eines Strahlungsausbruches in nur einer Sekunde zu lokalisieren.

In letzter Zeit sind riesige Radioteleskope gebaut worden. So ist neuerdings eines der größten Teleskope der Welt in Betrieb genommen worden, dessen „Schüssel“ einen Durchmesser von 304 m hat. Mit diesem Riesenoehr der Welt, das kürzlich in Arecibo (Puerto Arecibo, östlichste Insel der Großen Antillen, USA) wollen Wissenschaftler einen Großangriff auf die Ionosphäre antreten. Es geht um das Studium der für unser Leben entscheidend wichtigen Phänomene, die in engem Zusammen-

hang mit der Sonnenaktivität in der oberen Atmosphäre entstehen. Die Amerikaner haben zu gleicher Zeit einen neuen Satelliten gestartet, der auf die Untersuchung der Ionosphäre spezialisiert ist.

Das neue Riesen-Radioteleskop wurde in eine von der Natur her schon annähernd schüsselförmige Talmulde eingebaut. Mit schweren Baumaschinen wurde diese Talmulde so bearbeitet, daß sie eine exakte parabolische Form erhielt, also zu einer starren Reflektorgrundlage wurde, einer riesigen Schüssel mit der Öffnung nach oben. Das Erdreich wurde befestigt und als Schutz gegen die tropischen Regenfälle mit Drainageröhren bestückt. Die parabolische Mulde wurde mit Drahtgeflecht, dem eigentlichen Funkwellenreflektor, ausgekleidet. Auf diese Weise wandelte sich das Bergtal in ein riesiges Radioteleskop um, dessen Reflektor-Durchmesser 304 Meter bei einer Schüsseltiefe von 34 Meter betrug. Was ganz neuartig an dieser Riesenanlage ist, erkennt man daran, daß das Teleskop im Gegensatz zu allen anderen Anlagen eine schwebende Fokussierungsanlage besitzt. Über der Antennenschüssel wurde eine 550 Tonnen schwere Trägerkonstruktion, etwa nach Art des Laufkatzensystems, errichtet. 150 Meter über der Basis bewegt sich an Lauf- und Tragkabeln die eigentliche Fokussierungsanlage. Dank dieses Zusatzgerätes erfaßt der Antennenspiegel einen Himmelsausschnitt von 40 Grad. Das Radio-Observationssystem von Arecibo kann sowohl passiv (als Empfänger für kosmische Strahlen) als auch aktiv (als Radargerät zur Abtastung kosmischer Objekte mit einem selbst ausgesandten Funkstrahl) angewandt werden.

Die drei Hauptgebiete, die mit dieser Riesenanlage bearbeitet werden sollen, sind folgende:

1. **Aktive Radioastronomie:** Abtastung der Oberfläche des Mondes, der Planeten Merkur, Venus, Mars und Jupiter und der Sonne. Es sollen weiter Einzelheiten der Oberflächenstruktur jener Himmelskörper ermittelt und Bahnlage-, Bewegungselemente und Entfernungen innerhalb des Sonnensystems bestimmt werden. Das „Riesenoehr von Arecibo“ vermag Messungen mit einer Genauigkeit von plus/minus 160 Kilometern über Entfernungen von einigen hundert Millionen Kilometern hinweg auszuführen. Es kann noch Objekte von etwa 1 Kubikmeter Größe in Entfernungen der Größenordnung von 30 000 Kilometern sicher orten.

2. **Passive Radioastronomie:** Es sollen nach Möglichkeit Untersuchungen aller Art unternommen werden. Man hofft, Radioquellen in bisher nicht erreichten Fernen, über Milliarden Lichtjahre hinweg, noch erfassen zu können.

3. **Aktive „Auslotung“ der Ionosphäre:** Kontinuierliche Beobachtung des Ionisationsgrades in hohen Atmosphärenschichten und Bestimmung der Elektronenkonzentrationen im Zusammenhang mit der Sonnenaktivität. Die Messungen sollen sich auf den Raum zwischen 60 und 6500 Kilometer Höhe erstrecken. Dazu werden senkrecht nach oben Radarimpulse hoher Frequenzen (bis 400 Megahertz) ausgestrahlt. Nach Meinung der amerikanischen Wissenschaftler soll dies ein Novum in der Geschichte der Ionosphärenforschung bedeuten. Bei den heute üblichen Untersuchungen des elektrischen Zustandes in jenen Luftschichten liegt die maximale Höhe bei 5000 Kilometern.

So wird also das Groß-Radioteleskop von Arecibo eines der bedeutendsten Hilfsmittel zur Untersuchung der Ionosphäre sein. Entscheidende Hilfe zur Erkenntnis bleiben jedoch nach wie vor die Satelliten, unter ihnen vor allem die „Ionosphären-Spezialisten“.

Ohne Zweifel dürfen wir erwarten, daß die Radioteleskope in der nächsten Zeit noch viele wertvolle und sensationelle Ergebnisse zu unserem astronomischen Weltbild erzielen werden.

(Siehe auch Abb. auf 4. Kunstdruckseite)

Die UdSSR startete am 4. April 1964 den 28. künstlichen Erdsatelliten der Kosmos-Serie. Die Aufgaben des Satelliten liegen im Rahmen der weiteren Erforschung des erdnahen Kosmos und entsprechen dem sowjetischen Forschungsprogramm, das zur Eröffnung der Forschungen mit den Satelliten der Kosmos-Serie bekanntgegeben wurde.

*

Mit der sowjetischen Sonde 1, die wenige Tage nach ihrem Start durch ein Funk-signal von der Erde in ihrer Bewegung beschleunigt wurde und danach die vorher berechnete Bahn mit hoher Präzision erreichte, konnte in großen Abständen von der Erde wiederholt Funkverbindung aufgenommen werden.

*

Der von der amerikanischen Weltraumbehörde NASA im März gestartete künstliche Erdsatellit Explorer 20 soll mit Laser-Strahlen optisch geortet werden. Bei dem neuartigen amerikanischen Satelliten handelt es sich allerdings in erster Linie um einen Raumflugkörper zur Erforschung der Ionosphäre, insbesondere des ionosphärischen Spiegels der Radiowellen. Der neue Satellit sendet unverschlüsselte Funksignale durch die Ionosphäre zur Erde. Rund 80 Stationen in 31 Ländern werden nach einem seit längerer Zeit vorbereiteten Programm die aufgefangenen Signale auf bestimmte Veränderungen hin untersuchen. Fachleute hoffen, daß sich aus der Auswertung der von Explorer 20 gelieferten Meßdaten ein vollständigeres Bild der Struktur der Ionosphäre gewinnen läßt. Außerdem sollen neue Aufschlüsse über die Gesetzmäßigkeit der Vorgänge in Luftschichten über 100 km Höhe den Meteorologen neue Unterlagen für ihre Wettervorhersagen liefern. Während aber diese Aufgabe nur am Rande liegt, spielt die Ermittlung der elektrischen Zustände in der Ionosphäre eine entscheidende Rolle.

Zum ersten Mal will die NASA bei diesem Projekt versuchen, einen Weltraumkörper mit einem Laser-Strahl auch optisch zu orten. Ein Laser-Gerät soll von der Station Wallops Island (Virginia) einen enggebündelten intensiven Lichtstrahl gegen den mit besonderen Reflektoren ausgestatteten Ionosphären-Satelliten richten. Die Laufzeit des Lichtsignals bis zum Satelliten und nach der Reflexion wieder zurück zur Erde soll dann zur Ermittlung der genauen Position dienen.

Der Satellit Explorer 20 wurde mit einer Thor-Delta-Rakete gestartet. Er ist nur etwa 5,5 kp schwer. Der achteckige Raumflugkörper ist Träger von vier Sonnenbatterien, die paddelförmig angeordnet sind.

*

Die Auswertung von Meßergebnissen einer amerikanischen Forschungsrakete, die vom Raketenstartplatz White Sands in New Mexico gestartet wurde, ergab die Feststellung, daß es zwei Röntgenstrahlenquellen im Weltenraum gibt. Eine davon, die siebenmal stärker als die andere ist, wurde im Sternbild des Sorptions am südlichen Sternenhimmel entdeckt. Die schwächere Quelle liegt im Krebs-Nebel. Die am 1. Februar 1963 gestartete Forschungsrakete war mit einem neuartigen Röntgenmeßgerät des Naval Research Laboratory ausgerüstet.

Die Raumforschung in Frankreich

KARL-HEINZ NEUMANN

Bekanntlich beschäftigte man sich in Frankreich bereits seit Ende der vierziger Jahre dieses Jahrhunderts mit der Raketenentwicklung. Schon in den fünfziger Jahren wurde eine Höhenforschungsrakete mit flüssigem Treibstoff unter der Bezeichnung „Veronique“ entwickelt und schließlich auch zu verschiedenen Experimenten eingesetzt. Bekannt ist auch, daß sich Frankreich kurz nach dem Ende des zweiten Weltkrieges bereits mit der Entwicklung militärischer Raketensysteme beschäftigte, wobei auch Fachleute aus der Raketenentwicklung des faschistischen Deutschlands zum Teil viele Jahre tätig waren.

Im Jahre 1959 beschloß die französische Regierung, sich aktiv in die Raumfahrtforschung einzuschalten. 1962 schließlich wurde eine Raumfahrtbehörde unter der Bezeichnung „Centre National d'Etudes Spatiales“ geschaffen, die die Koordinierung aller Raumfahrtunternehmungen vornehmen soll. Dabei stützt sich diese staatliche Behörde im wesentlichen auf die Konzerne der französischen Industrie und die bestehenden wissenschaftlichen Forschungslaboratorien. Als Ziel wird angegeben, die notwendigen Trägerfahrzeuge aus bereits entwickelten militärischen Raketen abzuleiten und auch die Entwicklung der Satelliten selbst weitgehendst durch die Industrie ausführen zu lassen. Die französische Raumfahrtbehörde CNES soll dabei lediglich für die Programmgestaltung und Kontrolle zuständig sein. Für das Jahr 1963 hat die französische Regierung der CNES 160 Millionen neue Francs zur Verfügung gestellt, von denen über 90 Prozent der Industrie zufließen sollen. Daraus wird ersichtlich, daß auch Frankreich die Organisation der Raumfahrt in ähnlicher Weise aufgebaut hat wie die USA, daß also auch hier die privatkapitalistischen Betriebe diejenigen sind, die die Profite einstecken.

Die Programme für die wissenschaftlichen Forschungsaufgaben werden von den einzelnen wissenschaftlichen Forschungsinstituten gestellt und ausgearbeitet. Erwähnt seien im folgenden einige Aufgaben, die zum Teil schon in der Vergangenheit mit Hilfe von Höhenforschungsraketen in Angriff genommen worden sind. Im wesentlichen sind es Aufgaben aus der Geophysik und Astronomie. So befaßt sich das Laboratoire de Physique de l'Atmosphère unter der Leitung von Professor Vassy mit der Messung der Frequenzen und Amplituden der Signale künstlicher Satelliten sowie der Leuchterscheinungen beim Wiedereintritt von Raumflugkörpern in dichtere Schichten der Atmosphäre. An diesem Institut wurden gleichfalls Methoden entwickelt, die es auf der Grundlage der Messung des Faraday-Effektes bei zirkularpolarisierten Satellitensignalen ermöglichen, die jeweilige räumliche Lage des Satelliten anzugeben.

Unter der Leitung des Centre National de Recherches Scientifiques (CNRS) wurden Experimente ausgeführt, bei denen durch Raketen in großer Höhe Natriumdampfwolken ausgestoßen wurden. Damit ließen sich Windgeschwindigkeit und Windrichtungen messen. Ferner wurden derartige Untersuchungen auch auf akustischem Wege durch die Erzeugung starker Explosionen in großer Höhe ausgeführt. Schließlich gehörten astronomische Beobachtungen, also die Aufnahme von Sonnenspektren im kurzwelligen Strahlungsbereich, zu den ausgeführten Experimenten. Dafür wurde

ein sogenannter Sonnensucher entwickelt, der es gestattet, daß während des Aufstiegs einer Forschungsrakete der Spalt des Spektrographen mit einer Genauigkeit bis auf wenige Bogenminuten auf die Sonne ausgerichtet war. Das astronomische Observatorium Meudon führt in Gemeinschaftsarbeit mit dem Centre National d'Etudes des Télécommunications (CNET) bei Raketenanstiegen Sondierungen der Ionosphäre aus, wobei man zum Empfang große Radioteleskope verwendet. Ferner bereitet das CNET gemeinsam mit dem Météorologie Nationale Experimente vor, bei denen die Dichte und die Zusammensetzung der Erdatmosphäre bestimmt werden sollen. Dazu will man Forschungsraketen verwenden, die mit Instrumenten ausgerüstet sind, mit deren Hilfe es möglich ist, die Intensitätsänderungen des Sonnenspektrums in verschiedenen Bereichen exakt zu messen.

Bemannte Raumflugunternehmungen stehen vorläufig noch nicht im Programm, es werden aber mit Hilfe von Raketen und laut Plan, auch bei einem der vorgesehenen Erdsatelliten, biologische Experimente und Tierversuche ausgeführt werden. Verantwortlich hierfür ist das Centre d'Enseignement et de Recherches de Médecine Aéronautique (CERMA). Bisher wurde ein ballistischer Flug mit einer Ratte im Jahre 1962 ausgeführt. Für 1963 beabsichtigt man, Katzen mit Raketen vom Typ Veronique aufsteigen zu lassen. Für 1964 schließlich ist der Start eines Affen mit einer Trägersrakete vom Typ Diamant vorgesehen.

Auf Grund eines Abkommens zwischen CNES und der NASA sind gemeinsame Versuche zum Studium der Ausbreitung sehr niedriger Frequenzen in der Ionosphäre vorgesehen. Die ersten Versuche sollen mit Hilfe von Aerobee-Raketen in den USA ausgeführt werden. In der zweiten Stufe dieses Programms, das für Ende 1964 bzw. Anfang 1965 geplant ist, soll zum ersten Mal ein französischer Satellit eingesetzt werden. Der Satellit selbst, der unter der Leitung von CNES bei der CNET entwickelt wird, hat die Bezeichnung „FR-1“. Er soll mit einer Scout-Trägersrakete der NASA auf eine Flugbahn in rund 800 km Höhe gebracht werden. Die Messungen der Ausbreitung niedriger Frequenzen soll in der Weise geschehen, daß der Satellit als Empfangsstation dient, während die Sender (3 Unterseeboote) sich unter der Meeresoberfläche befinden. Der Satellit wird ferner mit einer Meßanlage zu Erdmagnetfeldregistrierungen und einer Meßanlage zur Feststellung des elektromagnetischen Feldes ausgerüstet sein. Außer den Solarzellen, die von USA geliefert werden, sollen alle Einzelteile in Frankreich entwickelt und gebaut werden.

Die folgenden französischen Erdsatelliten werden mit der in Frankreich entwickelten Trägersrakete Diamant auf ihre Bahn gebracht. Man hofft, diese Rakete im Jahre 1965 einsatzfähig zu haben. Es handelt sich hierbei um ein dreistufiges Gerät mit einer Gesamtlänge von 16,9 m. Das Startgewicht soll 17 900 kp betragen. Als erste Stufe dient die Flüssigkeitsrakete Emeraude, die knapp 10 m lang ist bei einem Durchmesser von 1,4 m. Ihr Startgewicht wird mit 14 200 kp angegeben. Die zweite Stufe soll die Feststoffrakete Topaze mit einer Länge von 2,91 m und einem Durchmesser von 80 cm sein. Ihr Gewicht wird mit 2900 kp angegeben. Die dritte Stufe schließlich wird 3,3 m lang sein, einen Durchmesser von 80 cm haben und rund 800 kp wiegen. Während die ersten beiden Stufen mit Steuerungsanlagen ausgerüstet sind, beabsichtigt man bei der dritten Stufe nur Rotationsstabilisierung zu verwenden. Die Diamant-Trägersrakete soll in der Lage sein, eine 80 kp schwere Nutzlast auf eine 500 km hohe Satellitenbahn zu befördern.

Der vorgesehene zweite französische Satellit FR-2 wird mit Strahlungsmeßgeräten ausgerüstet sein. Ferner beabsichtigt man, Strahlungseinflüsse auf Solarzellen zu untersuchen, speziell die Einflüsse des durch die amerikanische Wasserstoffbombenexplosion vom 9. Juli 1962 erzeugten künstlichen Strahlungsgürtels. Ferner wird dieser Satellit Signale auf verschiedenen Frequenzen ausstrahlen, um auf diesem Wege Ionosphärensondierungen ausführen zu können. Die vorgesehene Nutzmasse

wird mit 35 kg angegeben. FR-3 schließlich soll eine verbesserte Version dieses Satelliten mit 45 kg Nutzmasse darstellen. Mit dem vierten Meßsatelliten will man die Wasserstoffverteilung in der oberen Atmosphäre untersuchen. Mit FR-5 beabsichtigt man, die Verwendung von LASER-Anlagen und die Auswirkung magnetischer Impulse im kosmischen Raum zu untersuchen. Sonnenphysikalische Probleme werden im Mittelpunkt der Aufgabenstellung für FR-6 stehen.

Neben diesen genannten Satellitenprojekten existieren noch Vorhaben einzelner Konzerne. Bekannt ist der Satellit „Phaeton“, der bei der Societe d'Etude de la Propulsion per Reaction entwickelt wird und mit dem Solar- und Kernkraftantriebe experimentell erprobt werden sollen. Für diesen Satellitentyp ist eine Bahn mit 30 Grad Neigung in Höhen zwischen 1200 und 1400 km bei einer 1 Stunde 40 Minuten betragenden Umlaufzeit vorgesehen.

Ferner existieren detaillierte Studien über die Schaffung eines Synchron-Satelliten (24 Stunden Umlaufzeit) für Fernsehübertragungen.

Auch für die eben genannten Satelliten soll die Diamant- bzw. die in der Entwicklung befindliche verbesserte Version der Diamant-Trägerrakete, mit deren Einsatzbereitschaft man 1967/68 rechnet, Verwendung finden.

Bei der Trägerrakete Diamant handelt es sich nicht um ein für rein wissenschaftliche Zwecke entwickeltes System, sondern die Diamant ist als Kernwaffenträgerrakete projektiert und gebaut worden.

Der CNES unterliegt auch die Zusammenarbeit mit anderen westeuropäischen Organisationen, so der ESRO (European Space Research Organisation) und der ELDO (European Launcher Development Organisation). In der letztgenannten Organisation entwickelt Frankreich die zweite Stufe der westeuropäischen Trägerrakete.

Frankreich beteiligt sich auch aktiv an der Fernseh- und Fernmeldeübertragung im Rahmen des Telstar- und Relay-Programms. So ist durch die CNET in Pleumeur-Bodou eine große Empfangsstation für Fernseh- und Fernsprechübertragungen seit dem Start des ersten Telstar-Satelliten in Betrieb. Schließlich nahm die Météorologie Nationale mit den USA Verbindung auf, um in Zukunft ebenfalls die Wolkenaufnahmen der Wetterbeobachtungssatelliten Tiros und der zukünftigen Nimbus-Satelliten auswerten zu können. Die Tabelle gibt einen Überblick über die bisher eingesetzten und in Entwicklung stehenden Forschungsraketen Frankreichs.

Französische Forschungsraketen

Muster	Stufen	Treibstoff	Leistungen	Entwicklungsstand	Zahl und Zeit der Abschüsse
Emma ¹⁾	2	fest	70 km mit 2 kg Nutzlast	Versuch	4 Februar 1963
Bélier	1	fest	90 km mit 30 kg	Einsatz	5 Mai, Juni und November 1962
Centaure	2	fest	170 km mit 30 kg	Einsatz	23 November und Dezember 1962
Dragon	2	fest	550 km mit 30 kg	Versuch	? Dezember 1962

Muster	Stufen	Treibstoff	Leistungen	Entwicklungsstand	Zahl und Zeit der Abschlüsse
Véronique ²⁾	1	flüssig ⁴⁾	200 km mit 60 kg	Einsatz	7 Mai, Juni und Oktober 1962
Véronique ³⁾	1	flüssig ⁴⁾	350 km mit 100 kg	Entwicklung	nicht bekannt
Vesta	1	flüssig ⁴⁾	500 km mit 200 kg	Entwicklung	erste Versuche noch 1963
Rubis	2	fest	200 km mit 60 kg	Entwicklung	nicht bekannt

1) für Wetterforschung

2) un gelenkt

3) gelenkt

4) NO₂H als Sauerstoffträger und eine Terpentinemulsion als Brennstoff

Kurzreferate einiger Vorträge auf dem XIV. IAF-Kongreß in Paris

Die Sicherungen gegen Strahlung während der Raumflüge der sowjetischen Kosmonauten Gagarin, Titow, Nikolajew und Popowitsch

Zum 14. Kongreß der IAF in Paris wurde eine Arbeit der sowjetischen Akademie-mitglieder Ju. M. Wolynkin, P. P. Saksonow, W. W. Antipow, N. N. Dobrow und M. D. Nikitin vorgetragen, in der die notwendigen Maßnahmen zur Verhinderung von Strahlenschäden bei den Raumflügen der ersten 4 sowjetischen Kosmonauten behandelt wurden. Diese Maßnahmen umfassen vier Komplexe.

1. Voraussage der Strahlungssituation im erdnahen kosmischen Raum.
2. Messung der das Wostok-Raumschiff treffenden Strahlungsdosis.
3. Messung der Strahlungsdosis in der Kabine und die Verwendung von biologischen Dosimetern.
4. Die Verwendung von pharmako-chemischen Anti-Strahlungsmitteln für eintretende unvorhergesehene Strahlungsintensitäten.

Zur Voraussage der Strahlungssituation im erdnahen kosmischen Raum diene der sogenannte „Sonnen-Dienst“. Dieser Sonnen-Dienst, dem die ständige Überwachung des Zustandes der Sonnenaktivität obliegt, war sowohl vor dem Flug als auch während des Fluges in Tätigkeit. Astrophysikalische Observatorien und sonnen-

physikalische Stationen an den verschiedensten Orten des sowjetischen Territoriums führten ununterbrochen optische, magnetische und radioastronomische Beobachtungen der Sonne aus. Ferner erfolgten direkte Strahlungsmessungen in den untersten Bereichen der Hochatmosphäre durch Instrumente, die von Ballons getragen wurden. Diese Ballonflüge wurden von verschiedenen Orten, einschließlich der Polarzone aus, 6- bis 7mal am Tage ausgeführt. Diese Informationen, die laufend der Flugleitung des Raumflugunternehmens übermittelt wurden, ermöglichten dieser die Entscheidung darüber, ob das Unternehmen infolge von Strahlungsgefahren abgebrochen werden muß, oder ob es programmgemäß zu Ende zu führen ist.

Zur Erhöhung der Sicherheit in den Wostok-Raumschiffen besaßen diese ein Schutzschild, das die Kabine gegen einige Arten der durchdringenden Strahlung abschirmte. In gewisser Weise wirkte dieser Strahlungsschutz auch gegen die Teilchen, die bei der amerikanischen Kernwaffenexplosion in der Hochatmosphäre vom 9. Juli 1962 entstanden waren und einen künstlichen Strahlungsgürtel unterhalb der natürlichen Strahlungsgürtel gebildet haben. Die Kosmonauten selbst waren mit chemischen Strahlungsschutzmitteln ausgerüstet, die sie im Fall eines starken Anstiegs der schädlichen Strahlung einnehmen konnten und die eine prophylaktische Wirkung für mögliche Strahlungsschäden haben. Die an Bord befindlichen Dosimeter zeigten an, daß die gesamte Strahlungs-dosis während des Raumfluges von Wostok 3 insgesamt 43 ± 1 mrad ausmachte, während sie beim Flug von Wostok 4 insgesamt 32 ± 1 mrad betrug. Die durchschnittliche Strahlungs-dosis über 24 Stunden betrug bei den beiden eben genannten Raumflügen 13 ± 2 mrad verglichen mit 7,2 mrad bei Wostok 1 und 8,4 mrad für Wostok 2. Der Anstieg ist möglicherweise eine Folge der durch die amerikanische Kernwaffenexplosion vom 9. Juli 1962 erzeugten künstlichen Strahlungsgürtel.

Die gemessenen Strahlungsdosen übertreffen nicht die Werte, die diejenigen Personen als Strahlungsdosis erhalten, die mit radioaktiven Materialien arbeiten. Sie stellen auch keinerlei Gefahr für die menschliche Gesundheit dar.

Flight International 84 (1963) Nr. 2847 (3. 10.) S. 584

Probleme der Strahlungssicherheit bei Raumflügen

Mit den Problemen der Strahlungssicherheit bei Raumflügen beschäftigten sich Ju. M. Wolynkin, P. P. Saksonow, V. V. Antipow und I. A. Sawenko von der sowjetischen Akademie der Wissenschaften in einer Arbeit, die beim 14. IAF-Kongreß in Paris vorgetragen wurde. Es wurde ausgeführt, daß das Fehlen von genügend experimentellen Daten über die relative biologische Wirksamkeit sowie über die gemeinsame Wirkung von Flugfaktoren und Strahlung dazu zwingt, von bekannten Daten auszugehen und daraus die Grenze des verträglichen Strahlungswertes abzuleiten.

Die verträgliche Grenze der Strahlungsdosis für Kosmonauten wurde mit 25 rem angegeben. Das gilt für Flüge von mehreren Tagen bis zu einem Jahr Dauer. Dieser Wert basiert auf berechneten physikalischen Daten, radiobiologischen Experimenten und klinischen Fakten über die schädliche Wirkung von ionisierender Strahlung, die bei irdischen Experimenten gefunden wurden. Die direkte Übertragung dieser Wert basiert auf berechneten physikalischen Daten, radiobiologischen Experimenten lässig. Die Festlegung von 25 rem ist deshalb ein vorläufiger Wert. Mit dem Fortschritt in der Entwicklung der Astronautik, mit weiteren biologischen Experimenten und Untersuchungen an verschiedenen biologischen Objekten unter den verschiedensten Bedingungen des Raumfluges bei verschiedener Dauer wird es möglich sein, diesen Wert genauer festzulegen.

Flight International, 84 (1963) Nr. 2847 (3. 10.) S. 584

Syncom 2 Details

F. P. Adler von der Hughes Aircraft Company berichtete in einem Vortrag zum 14. IAF-Kongreß in Paris über Details des geplanten Synchron-Satelliten Syncom 2. Dabei sei als Vorbemerkung darauf hingewiesen, daß es sich hier nicht um den am 26. Juli 1963 gestarteten Syncom-Satelliten handelt, der im wesentlichen nur eine Wiederholung des fehlgeschlagenen Starts von Syncom 1 ist. Dieser auch als Syncom 2 bezeichnete Satellit, richtiger müßte er Syncom 1B heißen, ist nicht mit den in den folgenden Ausführungen als Syncom 2 bezeichneten Satelliten identisch. Der in diesem Vortrag beschriebene Satellit ist noch nicht gestartet.

Wie inzwischen bekannt wurde (Aviation week and space technology 79 [1963/2] Nr. 15 [7.10.]), ist im März 1964 der Start einer weiteren Versuchsvariante eines Syncom-Satelliten vorgesehen, der ebenfalls noch nicht dem in diesem Artikel behandelten entspricht. Dieser ebenfalls von Hughes Aircraft entwickelte Satellit, der hier Syncom 3 genannt wird, soll mit einer schubverstärkten Thor gestartet werden (TAT = thrust-augmented-Thor). Wahrscheinlich handelt es sich hier um die schon zweimal zu allerdings nicht gelungenen Satellitenstarts eingesetzte Thor-Agena-Rakete, bei der mit der ersten Stufe drei Feststoffraketen vereinigt waren, die zusammen mit dem Thor-Beoster einen Startschub ergaben, der dem der Atlas nahekam. Dieser Syncom 3 soll in eine Äquatorbahn gelangen und damit über einem Punkt der Erdoberfläche stillstehen. Über die Nutzmasse dieses Satelliten liegen noch keine Angaben vor.

Der in dem zu beschreibenden IAF-Vortrag genannte Syncom-2-Satellit soll von Cape Canaveral aus mit einer Atlas-Agena-B-Rakete gestartet werden. Damit will man erreichen, daß die Nutzlast erheblich vergrößert werden kann, wodurch sich die Möglichkeit ergibt, die Leistungsfähigkeit des Apogäumsraketennmotors zu steigern und damit den Satelliten in eine Bahn zu bringen, die in der Äquatorebene verläuft. Damit wäre zu erreichen, daß diese zweite Version der Syncom-Satelliten tatsächlich über einem Punkt der Erdoberfläche praktisch stillstehen.

Als hauptsächliche Ziele gab der Vortragende an:

1. Erreichung einer synchronen Äquatorialbahn,
2. Kontinuierliche Breitbandübertragung,
3. Neue Mehrfacheingangs-Übertragung,
4. Elektronisch steuerbare Antennenrichtstrahlcharakteristik,
5. Erreichung einer langen Lebenszeit in der Flugbahn.

Dieser Syncom 2 soll wie seine Vorgänger rotationsstabilisiert sein.

Mehr als die Hälfte des auf die Flugbahn gebrachten Gewichtes wird der Feststoffraketen-Apogäumsmotor ausmachen. Er wird wie bei dem vorhergehenden Syncom dazu dienen, eine kreisförmige Bahn in rund 36 000 km Höhe zu erreichen und die Bahnebene der Aufstiegsellipse in die Äquatorebene zu kippen. Der Durchmesser des neuen Syncom soll 148 cm und seine Höhe 127 cm betragen. Der Satellit wird ferner genügend Treibstoff für die beiden Korrekturtriebwerke haben, die der Korrektur der anfänglichen Bahnwerte dienen, die ferner die richtige Orientierung der Rotationsachse ständig garantieren und die weiter dafür sorgen, daß die infolge der Störungen auftretenden Bahnänderungen während der aktiven Lebenszeit des Satelliten kompensiert werden.

Jedes dieser beiden unabhängigen Antriebssysteme hat genügend Treibstoffvorrat, um alle die genannten Korrekturen allein ausführen zu können.

Der dritte britische Satellit

J. L. Blondstein von der British Aircraft Corporation beschrieb in einem Vortrag beim 14. IAF-Kongreß in Paris den Aufbau und die Aufgabenstellung des 3. britischen Erdsatelliten, dessen Start für das Jahr 1966 vorgesehen ist. Dieser Satellit hat die Bezeichnung UK-3 oder auch S-53. Er soll mit einer amerikanischen Trägerrakete, der 4stufigen Feststoffrakete Scout, von Wallops Island auf seine Flugbahn gebracht werden.

Fünf Exemplare dieses Satelliten sollen angefertigt werden. Der erste, der als Ausrüstung nur Attrappen haben soll, wird zu Strukturfestigkeitstests und thermischen Tests eingesetzt werden. Der zweite wird das sogenannte Entwicklungsmuster sein und der dritte schließlich ein voll instrumentierter Prototyp dieses Satelliten. Nr. 4 und 5 schließlich werden als Ersatz für den zu startenden Satellit gebaut. Im weiteren beschrieb er die Energieversorgungsanlage des Satelliten (Solarbatterien), die „Verträglichkeit“ der einzelnen Instrumente, die thermische Kontrolle und die Strukturprobleme bei der Konstruktion des Satelliten. Weiterhin wird über andere technische Details berichtet, den Aufrichtemechanismus der vier Flächen mit den Solarzellen, den Trennungsmechanismus von der letzten Raketenstufe, die Anlage mit der die Rotation verringert wird u. ä. Der Satellit wird trommelförmige Gestalt mit einem aufgesetzten flachen Kegel haben. Am unteren Rand sind kreuzförmig die vier Flächen mit den Solarzellen angebracht. Auch der Trommelmantel ist mit Solarzellen besetzt. An der Entwicklung der Meßinstrumente bzw. der Ausarbeitung des Meßprogramms beteiligten sich die University of Birmingham, die Cambridge University und das Meteorological Office.

Flight International, 84 (1963) Nr. 2848 (10. 10.) S. 622–623

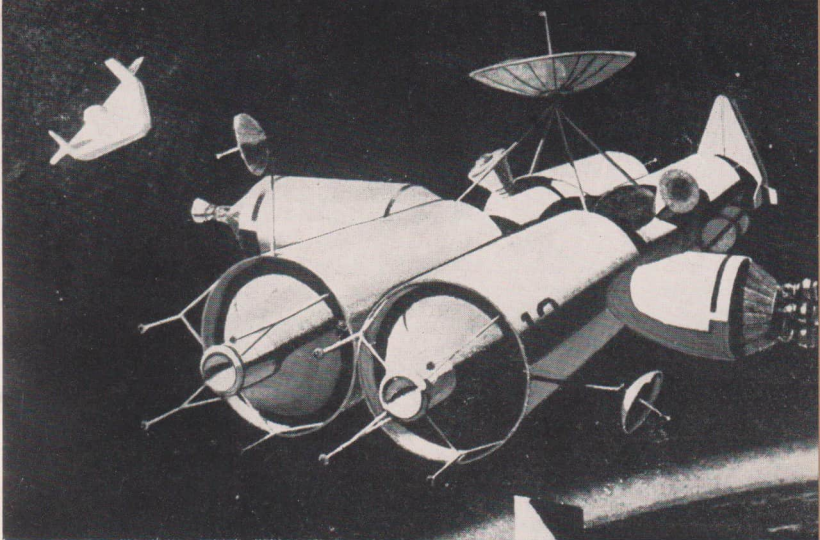
Der Flug von Mariner 2

D. Schneidermann von der Jet Propulsion Laboratory berichtete in einem Vortrag auf dem 14. IAF-Kongreß in Paris über die Lagestabilisierung und Lagekontrolle bei der amerikanischen Venus-Sonde Mariner 2 während ihres Fluges zur Venus.

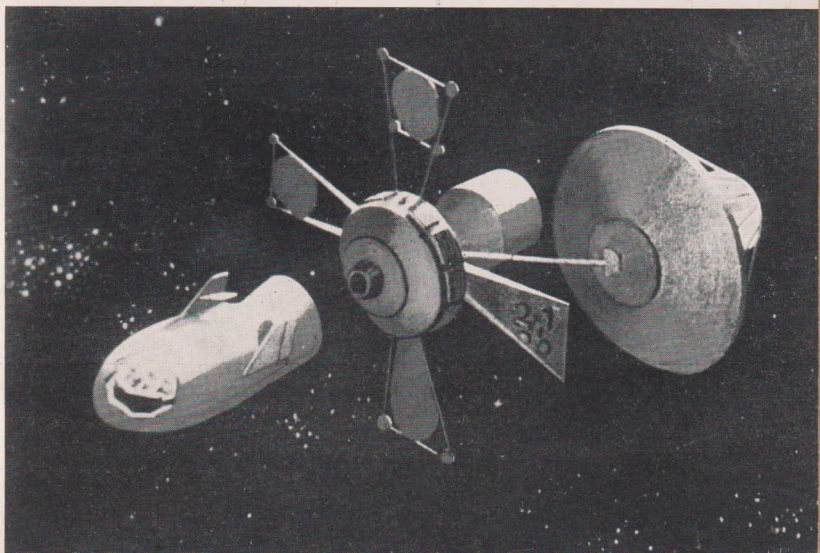
Der Start der Sonde erfolgte bekanntlich am 27. August 1962 um 6^h 26^m 13^s 927 GMT von Cape Canaveral aus. Die verwendete Trägerrakete war die Atlas-Agena. Nach 26^m 3^s 08 erfolgte der Einflug in die eigentliche Bahn. Nach der Trennung von der letzten Raketenstufe erfolgten alle Manöver der Raumsonde auf Kommando von Bodenstationen aus. Aus der Übertragung der Werte, die die Kreisel anzeigten, konnte man feststellen, daß nach der Trennung eine Taumelbewegung um die Nick-Achse von + 675° pro Stunde, um die Roll-Achse von –400° pro Stunde und um die Gier-Achse von + 1800° pro Stunde auftraten. Innerhalb von 5 Minuten gelang es, die Sonde auf die Sonne auszurichten, so daß die Solarzellen auf den beiden ausgeklappten Flächen genügend Strom liefern konnten.

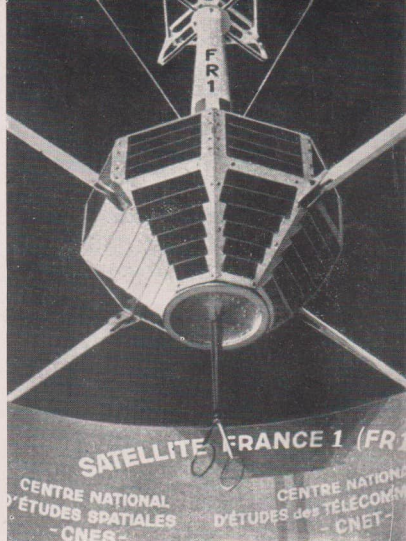
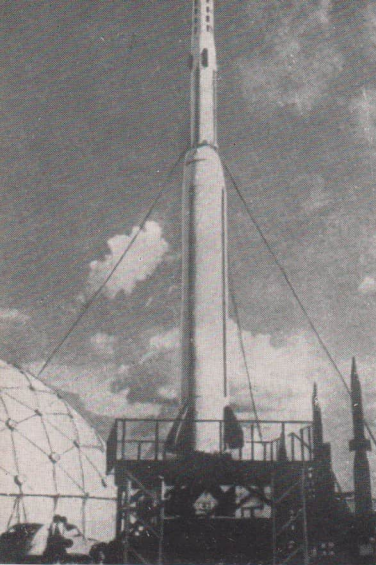
Am 29. August, als die Meßinstrumente bereits in Tätigkeit waren, wurde durch ein Funkkommando die Übertragungsrate von 33 auf 8½ bit pro Sekunde herabgesetzt. Alle wissenschaftlichen Instrumente arbeiteten einwandfrei. Besonders interessant waren die Meßergebnisse des Magnetometers. Da am Anfang der Flugzeit die Drehung um die Rollachse praktisch gleich null war, ließ sich mit Hilfe des Magnetometers das magnetische Feld sowohl in der X- als auch in der Y-Achse feststellen.

Das Lagekontrollsystem verbrauchte etwa 0,025 lb Gas/Tag. Die Drehung um die Rollachse nahm langsam zu. Sie erreichte schließlich 11,2 Grad/Min. Zur Ausrichtung

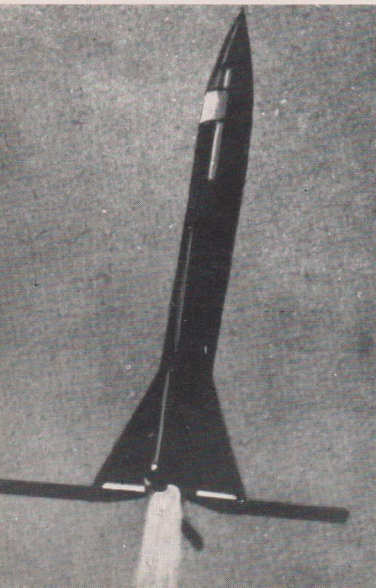


Interessante Projekte bemannter Raumstationen, wie sie nach der endgültigen Lösung des Rendezvousproblems aus Einzelteilen von Raketen und Raumflugkörpern im Weltall aufgebaut werden sollen.





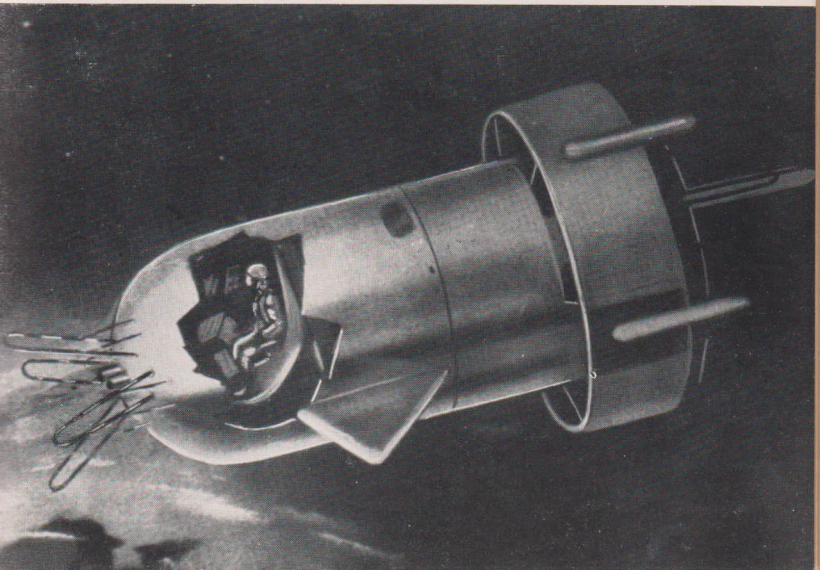
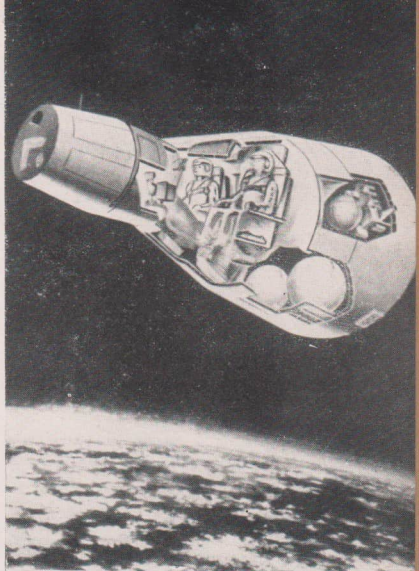
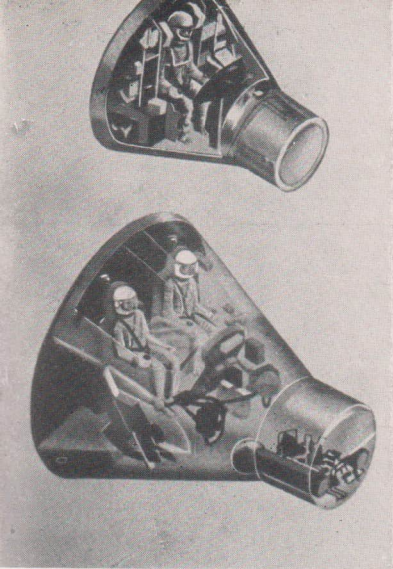
Oben: Modell des ersten französischen Erdsatelliten FR-1



Oben links: Französische Dreistufenrakete Diamant. Erste Stufe Flüssigkeitsrakete, Schub 28 Mp, Brennzeit 88 Sekunden. Zweite Stufe Schub 15 Mp, Brennzeit 42 Sekunden. Dritte Stufe Schub 5,3 Mp, Brennzeit 47 Sekunden.

Links unten: Französische Höhenforschungsrakete vom Typ Véronique.

Die amerikanische Weltraumbehörde hat, wird gemeldet, das Mercury-Programm eingestellt. Das nächste Projekt ist die Zweimannkapsel Gemini. Die Bilder rechts zeigen die Mercurykapsel (oben innen), die Gemini-Kapsel (oben außen) und ein Raumschiff vom Typ Wostok, von denen bereits sechs geflogen sind, im ungefähr richtigen Größenverhältnis.





auf die Erde diene ein besonderer optischer Sensor. Bei der Überprüfung am 3. September 1962 zeigte sich ein Fehler. Dieser Erdsensor gab als Lichtintensität der Erde einen bedeutend geringeren Wert an, als zu erwarten war. Das war sehr wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß durch das optische System dieses Sensors nicht die Erde, sondern der Mond abgebildet wurde, die Ausrichtung der Venussonde also nach dem Mond erfolgte.

Es konnte aber auch die Möglichkeit bestehen, daß der Erdsensor nicht mehr einwandfrei arbeitet oder das Telemetriesystem inkorrekte Werte übermittelt. Das hätte dann dazu geführt, daß das Bahnkorrekturmanöver nicht exakt hätte ausgeführt werden können.

Am 4. September 1962 wurde das Bahnkorrekturmanöver durchgeführt, da ohne diese Korrektur Mariner 2 sich der Venus auf nur 400 000 km genähert hätte. Dabei wurde die Sonde als erstes in die entsprechende Lage gebracht. Die Rollachse wurde um 9,33 Grad und die Nick-Achse um 139,85 Grad gekippt. Um 15^h49^m wurde das Funkkommando zur Ausführung der Bahnkorrektur gesendet. Die Geschwindigkeit der Raumsonde wurde durch diese Korrektur um 31,16 m/sec verändert.

Wie sich später herausstellte, war die Lage der Sonde nicht ganz einwandfrei. Die Abweichung der Schubrichtung des Bahnkorrekturmotors von dem notwendigen Wert betrug 3 Grad. Am 8. September 1962 um 12^h50^m GMT wurde für einen Moment die Orientierung auf die Sonne verloren. Man nimmt an, daß das auf den Aufprall eines kleinen Meteoriten zurückzuführen ist. Relativ schnell aber wurden durch das Lagekorrektursystem Mariner 2 bzw. die Flächen mit den Solarbatterien wieder auf die Sonne ausgerichtet.

Die übertragenen Werte zeigten an, daß der Erdsensor in der Zeit zwischen dem 10. und 15. Oktober die Erde verloren hatte. Diese Tatsache hätte das gesamte Unternehmen in Frage stellen können. Am 15. Oktober gelang es, den Raumflugkörper auch wieder bezüglich der Erde zu orientieren. Man führt diesen Fehler auf ein zeitweiliges Aussetzen oder auch ungenaues Arbeiten einiger elektronischer Bauelemente zurück.

Am 31. Oktober wurde durch die Fernmeßwerte eine Schwierigkeit im Energieversorgungssystem angezeigt. Die Diagnose ergab, daß einer der Sonnenbatteriefügel einen zu schwachen Strom lieferte. Durch ein Kommando von der Goldstone-Sendestation wurden einige wissenschaftliche Instrumente ausgeschaltet. Anfänglich hatten die Batterien das Stromdefizit ausgeglichen. Acht Tage später arbeiteten die Solarbatterien ohne ersichtliche Ursache von allein wieder normal. Daraufhin wurden durch ein Kommando die Instrumente wieder eingeschaltet. Am 15. November trat wiederum der gleiche Fehler auf. Da aber die Station sich nun der Sonne schon beträchtlich genähert hatte, genügte der von einem der Solarbatteriefügel gelieferte Strom für das gesamte Energiesystem der Venussonde.

Am 9. Dezember fiel die Übertragung der ersten vier telemetrischen Meßwerte aus. Am 12. Dezember schließlich versagte der zentrale Meßwertgeber. Im folgenden konnten deshalb nur noch Funksignale der Station empfangen werden. Am 3. Januar 1963 um 7^h00^m GMT erhielt man die letzten Funksignale.

Flight International, 81 (1963) Nr. 2848 (10. 10.), S. 623-624

KARL-HEINZ NEUMANN

Aus der astronautischen Literatur

Stickstoffionen in der oberen Atmosphäre der Erde

Bei sowjetischen Raketen- und Satellitenflügen wurden zahlreiche massenspektrometrische Untersuchungen ausgeführt. W. G. Isstomin gibt einen zusammenfassenden Bericht über die bisherige Auswertung der Meßergebnisse. Er beschränkt sich hierbei auf die massenspektrometrischen Untersuchungen über die Konzentration von atomaren Stickstoffionen und molekularen Stickstoffionen (N^+ ; N_2^+). Die Auswertung umfaßt die Meßergebnisse aus den Jahren 1958 bis 1960. Die Meßwerte reichen bis 500 km Höhe, wobei die Untersuchung des Bereiches von 100 bis 120 km Höhe durch Massenspektrometer, die mit Höhenraketen mitgeführt wurden, von besonderem Interesse war. Die Konzentration des molekularen Stickstoffs hatte ein Maximum in etwa 250 km Höhe. Die Konzentration dieser Teilchen im Maximum erreichte zirka 10^4 Teilchen/cm³. Diese Werte stimmen mit den photometrischen Messungen der Emissionslinie 3914 Å im polarisierten Sonnenlicht gut überein. Der Verfasser konnte ferner zeigen, daß die nächtliche Ionisation im E-Bereich der Ionosphäre sich vollständig durch Meteorphänomene deuten läßt. Dabei wird die Atmosphäre durch schnellfliegende verdampfende Teilchen der Meteorite ionisiert. Es handelt sich hierbei um Stoßionisationen. Bei diesem Prozeß treten ferner Magnesium-, Kalzium- und Eisenionen auf.

Dokl. Akad. Nauk. SSSR Band 137 (11. 4. 1961), S. 1102–1105

Messung der Windgeschwindigkeit in der Mesosphäre bei Raketenanstiegen

Während des Internationalen Geophysikalischen Jahres gelang es französischen Wissenschaftlern, bei Aufstiegen von Höhenraketen Natriumdampf abzublasen. Sechs dieser Experimente waren erfolgreich. Diese Aufstiege wurden meist abends nach Sonnenuntergang ausgeführt, so daß die Beobachtung der Wolken auf einfachem Wege durchgeführt werden konnte. Die Auswertung der kinematographisch aufgenommenen künstlichen Natriumdampfwolken ergab Werte über ihre Ausbreitung und Dichte. Daraus ließen sich eindeutig Rückschlüsse auf die vorherrschende Windgeschwindigkeit ziehen. Es gelang ferner, die Turbulenz und auch die Vertikalbewegung in diesem unteren Bereich der Hochatmosphäre festzustellen. Schließlich ließen sich auch noch aus der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Natriumdampfwolken Rückschlüsse auf die Dichte der umgebenden Atmosphärenschichten ziehen. Als Ergebnis konnte gezeigt werden, daß man bezüglich der Luftbewegung drei Schichten unterscheiden kann. Die erste Schicht reicht bis rund 100 km Höhe, und hier ist die Turbulenz das vorherrschende Bewegungselement. Die zweite Schicht liegt im Höhenbereich zwischen 100 und 120 km, hier herrscht laminare Strömung vor. Dabei tritt eine Rechtsdrehung der Windrichtung auf, so daß die beobachtete Natriumwolke sich zu einem geschlossenen Ring bilden kann. Die Durchmesser dieser Ringe liegen im Mittel bei 100 km. Die dritte Zone, die über 120 km Höhe liegt, ist von einer ziemlich konstanten Windrichtung beherrscht. Auch hier treten wieder Vertikalbewegungen mit Geschwindigkeiten bis über 60 m/sec auf. Bei der Berechnung der Luftdichte fanden die beiden Verfasser Jacques-Emile Blamont und Jeanne-Marie Baguette vom Meudon Obs. Serv. Aeronom. der Universität Paris, daß in 150 km Höhe eine Dichteanomalie existiere. Sie äußern, daß es nicht sicher ist, ob nicht doch Meßfehler diese Dichteanomalie vortäuschen. Im übrigen Höhenbereich stimmen die erhaltenen Werte über die Luftdichte mit anderen Messungen überein.

Anm. Geophys. 17 (1961) Nr. 3, S. 319–337

Beobachtung solarer Protonen, Alphateilchen und schwerer Kerne bei Raketenanstiegen anlässlich einer Sonneneruption vom 15. Nov. 1960

S. Biswas, C. E. Fichtel und D. E. Guss berichten über die Auswertungsergebnisse von Raketenbeobachtungen solarer Protonen, Alphateilchen und schwerer Kerne, die durch eine Sonneneruption der Stärke 3^+ am 15. November 1960 um 2h07m WZ erzeugt wurden. Zur Messung dieser solaren kosmischen Strahlung verwendete man Kernemulsionspackungen, die nach ihrer Rückkehr geborgen wurden. Von Fort Churchill in Kanada wurden am 16., 17. und 18. November jeweils eine Rakete gestartet. Die Startzeiten dieser Raketen waren 19h59m WZ, 6h00m WZ und 3h59m WZ. Dabei wurde jeweils bei der Auswertung der Kernemulsionspackungen der Fluß und das Energiespektrum der solaren Protonen, Alphateilchen, Kohlenstoff-, Stickstoff- und Sauerstoffkerne sowie die relative Häufigkeit dieser drei Komponenten abgeleitet. Man wählte jeweils bestimmte Energieintervalle. Als Ergebnis fand man folgendes Verhältnis: Für den Energiebereich zwischen 42 und 95 MeV betrug das Verhältnis von Protonen zu Alphateilchen, zu (C, N, O-Kerne) wie (1820 ± 530) zu (120 ± 45) zu 1. Für den Energiebereich 570 bis 870 MeV betrug dieses Verhältnis (85 ± 40) zu (120 ± 45) zu 1.

J. Geophys. Res. Vol. 67 (1962) Nr. 9, S. 3543

Beobachtungen solarer Protonen durch Explorer VII

Mit Hilfe der Zählgeräte des amerikanischen Erdsatelliten Explorer VII wurden in der Zeit vom Oktober 1959 bis Februar 1961 neben anderen wissenschaftlichen Untersuchungen Messungen der von der Sonne stammenden kosmischen Strahlung ausgeführt. In diesem Zeitraum war es möglich, einige 20 solare Protonenausbrüche zu registrieren. Die untere Energieschwelle der Meßinstrumente lag bei 30 MeV. Die Messungen wurden über Nordamerika und Australien im Höhenbereich zwischen 550 und 1400 km ausgeführt. Im folgenden seien die von C. W. Lin und James van Allen von der State University of Iowa angegebenen Strahlungsströme von Protonen der Eruptionen mit einer Intensität größer als 2 aus dem Jahre 1960, die aus den Meßwerten des amerikanischen Satelliten Explorer VII stammen, zusammengefaßt:

1.— 2. April	210 Teilchen/cm ² sec
28.—30. April	30 Teilchen/cm ² sec
4. Mai	40 Teilchen/cm ² sec
7. Mai	25 Teilchen/cm ² sec
13.—14. Mai	50 Teilchen/cm ² sec
3.— 9. September	250 Teilchen/cm ² sec
12.—14. November	12 000—46 000 Teilchen/cm ² sec
15.—19. November	11 000 Teilchen/cm ² sec
20.—26. November	1 800 Teilchen/cm ² sec

J. Geophys. Res. Vol. 67 (1962) Nr. 9, S. 3575

Beobachtungen solarer Protonen durch den Injun-Satelliten im Juli 1961

Der am 29. Juni 1961 gemeinsam mit dem Satelliten Transit IV A gestartete Satellit Injun erreichte eine Umlaufbahn, die der seines Trägersatelliten ähnlich war. Die Bahnneigung dieses Satelliten beträgt 67° , sein Perigäum bzw. Apogäum lag in 882 bzw. 996 km Höhe. Neben anderen Instrumenten war Injun mit p-n-Silizium-Detektoren für den Nachweis von Protonen im Energiebereich 1–15 MeV ausgerüstet. Für Strahlungsmessungen befand sich ferner an Bord des Injun-Satelliten ein Geigerzähler, dessen untere Energieschwelle für Protonen bei 40 MeV lag. In der Zeit vom 11.–28. Juli 1961 konnte eine intensive Periode der Sonnenaktivität festgestellt werden. Während dieses Zeitraumes traten allein 13 Sonneneruptionen der Stärke 2 bis 3 auf. Sechs dieser Sonneneruptionen erzeugten magnetische Stürme im irdischen Magnetfeld. Das während dieser Periode beobachtete Maximum der Intensität des Einfalls von Protonen (ungerichtete Strahlung) wurde am 13. Juli, 11^h15^m WZ, beobachtet. Dabei betrug der Fluß der ungerichteten Protonen 33 000 Teilchen/cm²sec ster. Ein zweites Maximum fand man am 18. Juli um 10^h21^m WZ. Hierbei traten etwa 815 Teilchen/cm²sec ster auf. Ein Vergleich beider Stürme zeigte, daß bezüglich der Energiezusammensetzung der registrierten Teilchen ein beträchtlicher Unterschied auftrat. Bei der zuerst beobachteten Eruption war das Verhältnis von hochenergetischen zu niederenergetischen Teilchen 4mal größer als bei der zweiten Eruption. Da bei der ersten Eruption ein starker magnetischer Sturm im irdischen Magnetfeld auftrat, ist auch die zeitliche und räumliche Charakteristik des Protoneneinfalls bei der zweiten Eruption grundsätzlich anders.

J. Geophys. Res. Vol. 67 (1961) Nr. 9, S. 3612

Die Entdeckung eines intensiven Flusses von niederenergetischen Protonen oder Ionen schwererer Elemente im inneren Strahlungsgürtel

Der amerikanische Erdsatellit Injun I war mit einer Serie von Cadmium-Sulfid-Kristallen ausgerüstet, durch die der Fluß der niederenergetischen Teilchen bestimmt werden sollte. Als Ergebnis stellte man in einer Höhe von etwa 1000 km in der Gegend des geomagnetischen Äquators, also in den unteren Gebieten des inneren Strahlungsgürtels der Erde, einen Energiefluß von etwa $50 \text{ erg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{ster}^{-1}$ fest. Die Auswertung dieser Ergebnisse führte J. W. Freeman zu der Ansicht, daß dieser Strahlungsfluß Protonen oder Ionen anderer schwererer Elemente enthält, deren Energien zwischen den Werten $0,5 \text{ keV} < E < 1 \text{ MeV}$ liegen. Er kommt zu der Ansicht unter der Berücksichtigung der magnetischen Kräfte des terrestrischen Magnetfeldes und des Vergleichs dieser Meßwerte mit den Ergebnissen der anderen an Bord befindlichen Apparaturen. Der Verfasser vertritt ferner die Ansicht, daß es sich hierbei um eingefangene Teilchen handelt. Diese Feststellung steht im Gegensatz zu der bisherigen Hypothese über den Ursprung des inneren Strahlungsgürtels der Erde, von dem bisher angenommen wurde, daß die Quelle für die Teilchen des inneren Strahlungsgürtels in dem Zerfall der durch die primäre kosmische Strahlung erzeugten Albedo-Neutronen zu suchen ist. Ein derart großer Fluß von niederenergetischen schweren Partikeln läßt sich nicht durch den Zerfall von Neutronen erklären.

In der theoretischen Deutung dieser Erscheinung gibt es allerdings Schwierigkeiten bezüglich der Lebenszeit von eingefangenen solaren Teilchen.

J. Geophys. Res. Vol. 67 (1962) Nr. 9, S. 3558

Amateure beobachten und berichten

Die Sonnenfleckentätigkeit im II. und III. Quartal 1963

Visuelle Beobachtung mit Dämpfglas am Refraktor (Objektivdurchmesser 50 mm Vergrößerung 30fach)

In der Zeit vom Mai bis September nahm die Sonnenaktivität wieder zu. Dies ist aus den Durchschnittswerten der Gruppennzahlen für die einzelnen Vierteljahre zu erkennen.

	gm	n (Anzahl der Beobachtungen)
I. Vierteljahr	1,0	32
II. Vierteljahr	1,8	41
III. Vierteljahr	1,6	43

Im Mai und September erreichte die Fleckenhäufigkeit relative Maxima. Während in den Zwischenzeiten die monatlichen Mittelwerte der Relativzahlen bei ungefähr 15 lagen, steigerten sich diese Werte etwa auf das Doppelte.

Monat	r_m	n	N
I	15,2	10	—
II	12,0	13	4
III	12,2	9	—
IV	18,0	13	4
V	30,5	18	—
VI	17,3	10	1
VII	12,6	16	2
VIII	16,6	9	—
IX	29,6	18	—

n = Anzahl der Beobachtungen

N = fleckenfreie Tage

Für die Züricher Skala müßte man die mitgeteilten Monatsmittel ungefähr verdoppeln.

Vom 6. April an waren bis Monatsmitte 2 Gruppen aus kleineren bis mittelgroßen Flecken sichtbar. In einer derselben entwickelten sich vom 16. bis 20. zwei größere Flecken auf der westlichen Seite der Sonnenscheibe mit ausgedehntem Fackelfeld. Danach war die Sonne bis zum 29. April fleckenfrei.

Vom Mai an wurde das Fleckenbild wieder abwechslungsreicher, die Gruppennzahl steigerte sich bis 5, und am 18. Mai erreichte eine Gruppe den Höhepunkt ihrer Entwicklung mit einem gespaltenen Kern. Diese Gruppe verschwand am westlichen Sonnenrand am 25. Mai.

Anfang Juni nahm die Fleckenzahl rasch ab. Um Monatsmitte war wieder eine größere Gruppe, deren Hauptfleck eine ausgedehnte Penumbra zeigte, sichtbar.

Dasselbe geschah noch einmal vom 2. bis 14. Juli. Vermutlich war es dasselbe Aktivitätszentrum, so daß dessen Lebensdauer mindestens $1\frac{1}{2}$ Sonnenrotationen währte.

In der letzten August-Dekade erfuhr die Fleckentätigkeit eine geringe Zunahme, die Anfang September eine erste Spitze erreichte (am 4. 9. $r=52$). Dann erfolgte

vom 14. bis 24. September die stärkste Entwicklung des ganzen Jahres. Es war vor allem eine prachtvolle Gruppe mit mehreren größeren Kernen, die durch eine ausgedehnte Penumbra verbunden waren. Sie bedeckte eine solch große Fläche, daß sie am 20. 9. bei Nebeldunst am Vormittag mit bloßem Auge beobachtet werden konnte.

Diese Tatsache verdient um so mehr Beachtung, da im allgemeinen eine abnehmende Tendenz der Fleckenentwicklung besteht und wir bald — 1964 oder 1965 — das Minimum erreichen. Nach Zeitungsmeldungen gaben rumänische Sternwarten den Durchmesser des größten Fleckes mit 6 Erddurchmessern an, eigene Beobachtungen fanden als unterste Grenze 30 000 km.

ERICH SCHÜTZ

Buchbesprechung

Hallo, Nachbar im All, Reportage über die sowjetische Mond-, Mars- und Venusforschung von HERBERT PFAFFE und HORST HOFFMANN, Verlag Kultur und Fortschritt Berlin 1963, 128 S., 28 Zeichnungen im Text, ein Anhang von 32 Seiten mit Bildern auf Glanzpapier. Preis: 5,80 DM.

Die Autoren haben das Verdienst, uns mit dem neuesten Stand der sowjetischen und amerikanischen Forschungen über unsere Nachbarn im Sonnensystem, den Erdmond und die Planeten Mars und Venus, bekannt zu machen. Selbstverständlich stehen dabei die Mondraketen, die Mars- und Venussonden und die Radarforschung im Vordergrund ihrer Betrachtungen.

Nach einer Einführung über die Oberflächenformationen und die Bewegungsverhältnisse des Mondes erleben wir einen Vulkanausbruch, der uns beweist, daß die Oberfläche des Mondes auch heute noch Veränderungen unterliegt und daß künftige Mondbesucher manche Überraschung und Neuentdeckung zu erwarten haben. Ausführlich wird Lunik 3 beschrieben, der die Mondrückseite fotografierte und die Bilder zur Erde funkte. Die Möglichkeit der Trinkwasserversorgung künftiger Kosmonauten aus dem Mondeis, die eventuelle Existenz von Leben auf dem Mond, die Mondatmosphäre und die Wahrscheinlichkeit, daß in den Besselschen Punkten Staub- und Gaswolken die Erde in Mondentfernung umlaufen, sind weitere Gegenstände der Betrachtung.

Auch über Mars und Venus werden die interessantesten und wissenschaftlichsten Dinge mitgeteilt. Vom Mars wird u. a. über die Atmosphäre, die Kanäle, die Eisverhältnisse, die eigenartigen Monde, die Polkappen und über die wahrscheinlich vorhandene Vegetation berichtet.

Ausführlich werden der Flug und die Erfolge der sowjetischen automatischen interplanetaren Station, die am 12. 2. 1961 zur Venus startete, und die amerikanische Venussonde vom 27. 2. 1962 beschrieben.

Das Buch schließt mit aktuellen Betrachtungen über die Entstehung und die Möglichkeit von Leben auf anderen Himmelskörpern, ein Problem, das von weittragender weltanschaulicher Bedeutung ist.

Wer sich in leicht verständlicher Weise über die genannten Probleme unterrichten will, dem sei das Buch wärmstens empfohlen. Es fesselt von der ersten bis zur letzten Seite.

HELMUT WOLF

MITTEILUNGEN

DES ZENTRALEN FACHAUSSCHUSSES ASTRONOMIE DES DEUTSCHEN KULTURBUNDES

Bericht über das Astronomie-Seminar in Oybin

Der Fachausschuß Astronomie der Zentralen Kommission Natur und Heimat des Präsidialrates des Deutschen Kulturbundes veranstaltete in der Zeit vom 15. bis 22. November 1963 im Karl-Kneschke-Heim in Oybin sein erstes Astronomie-Seminar für Fachgruppenleiter.

Es beteiligten sich daran 18 Teilnehmer aus der DDR (9 Lehrer, 4 Ingenieure, 1 Arzt, 2 Angestellte, 1 Arbeiter und 1 Hausfrau). Leider fehlten Amateur-astronomen aus den Bezirken Halle, Neubrandenburg und Suhl. Der jüngste Teilnehmer war 23 Jahre, der älteste 68 Jahre alt. Das Durchschnittsalter betrug 43 Jahre. Die wissenschaftliche Leitung lag in den Händen von Ing. H. J. Blasberg, Dresden, die technische Leitung hatte Arthur Hockauf, Berlin.

Mit der Einladung zum Seminar wurden den Teilnehmern wahlweise drei Aufgaben zu folgenden Themenkomplexen gestellt:

1. Ausarbeitung eines Beobachtungsprogramms für eine Beobachtungsstation, Volks- oder Schulsternwarte zu nachstehenden Beobachtungsbereichen

- a) Veränderliche Sterne
- b) Sonnenbeobachtung
- c) Sternbedeckungen
- d) Satellitenbeobachtung
- e) fotometrische Himmelsüberwachung

2. Aufstellung eines Halbjahrplanes für die populärwissenschaftliche Tätigkeit einer Fachgruppe Astronomie, einer Beobachtungsstation, Volks- oder Schulsternwarte.

3. Aufstellung eines Planes für den Bau und die Instrumentierung einer Beobachtungsstation, Volks- oder Schulsternwarte.

Fast alle Teilnehmer nahmen diese Aufgabenstellung sehr ernst und brachten interessante Ausarbeitungen zum Lehrgang mit. Die intensive Einschätzung der teilweise wertvollen Arbeiten war leider während der Dauer des Seminars nicht möglich. Erwartungsgemäß beschäftigten sich die meisten Ausarbeitungen mit der dritten Aufgabe.

Arbeitsreiche Tage vereinten alle Teilnehmer zu einer theoretischen und praktischen Weiterbildung auf fast allen Gebieten der Astronomie, die für den Liebhaber in Frage kommen.

Der gut aufgebaute Lehrplan bot auch ausreichend Gelegenheit, organisatorische Themen für die praktische Arbeit in den Fachgruppen, Volks- und Schulsternwarten zu behandeln.

Die wichtigsten Themen des Seminars lauteten:

„Die geschichtliche Entwicklung des astronomischen Weltbildes und seine Bedeutung für die marxistische Weltanschauung“ (H. Pfaffe).

„Die Bedeutung von Astrophysik und Raumfahrt für den wissenschaftlich-technischen Fortschritt“ (K.-H. Neumann).

„Die Bedeutung der Amateurastronomie und die Aufgaben unserer Volks- und Schulsternwarten“ (E. Bartl).

„Die Einrichtung einer Sternwarte und der Selbstbau von Instrumenten“ (E. Bartl).

„Zweck und Möglichkeiten der Beobachtung Veränderlicher Sterne“ (H.-J. Blasberg).

„Sonnenbeobachtung und Beobachtung von Sternbedeckungen“ (E. Otto).

„Die Tätigkeit der Fachgruppen Astronomie und die Anleitung von speziellen Beobachtungsgruppen“ (H.-J. Blasberg).

Die Einwirkung astronomischer Forschungsergebnisse auf die marxistische Weltanschauung wurde ebenso lebhaft diskutiert wie die theoretischen Ausführungen über die Bedeutung der Astro-

physik und Raumfahrt für den technisch-wissenschaftlichen Fortschritt oder die Praxis der Sonnenbeobachtung, der Beobachtung der Sternbedeckungen oder der Veränderlichen.

Neben den Referenten Herbert Pfaffe, Berlin, Karl-Heinz Neumann, Berlin, Edgar Otto, Eilenburg und Ing. H.-J. Blasberg, Dresden, die aus den Reihen der Liebhaberastronomen kamen, war es besonders Herr Dipl.-Astronom E. Bartl, Apolda, der es ausgezeichnet verstand, seine Ausführungen so interessant und anschaulich zu bringen, daß es den Liebhabern eine Freude war, zu lernen und ihm zu folgen.

Der Besuch der Volkssternwarte in Jonsdorf und der Liebhaberwarte von Herrn Scholz in Lückendorf bereicherten das Programm und untermauerten es praktisch.

Darüber hinaus waren die Wanderungen durch das schöne Zittauer Bergland trotz des schlechten Wetters für alle ein besonderes Vergnügen.

Da auch die Unterbringung und die kollegialen Kontakte unter allen Teilnehmern ausgezeichnet waren, kann man wohl sagen, daß dieses erste Seminar ein Erfolg war. Die Teilnehmer waren einstimmig der Meinung, daß diese Art der Weiterbildung eine jährliche Einrichtung werden sollte.

MR Dr. K. SIGMUND / J. BERGER

Bericht über die VI. Astronomietagung in Dresden

Die Liebhaberastronomen des Bezirkes Dresden trafen sich am 23. November 1963 in Dresden im Klub der Intelligenz zu ihrer 6. Astronomie-Tagung. Abweichend von der bisherigen Gepflogenheit war für diese Tagung ein einziges Thema, und zwar die Sternbedeckungen durch den Mond vorgesehen. Nach allgemeinen Ausführungen über das Thema und seine Bedeutung durch Herrn Dipl.-Ing. Schwarz, wissenschaftlicher Assistent am Lohrmann-Institut der TU Dresden, in denen die Ursachen und der wissenschaftliche Wert der Beobachtungen hervorgehoben wurden, sprach Herr Huhn, Bärnsdorf, über die praktische Durchführung der Beobachtungen vom Standpunkt des Liebhaberastronomen. In Ergänzung dazu berichtete anschließend Herr Ing.

Blasberg, Dresden, der auch die Leitung der Tagung hatte, über den Umbau von Rundfunkgeräten für den Empfang des Dauerzeitzeichens. Zur praktischen Vertiefung stellte Herr Blasberg selbstgebaute Zeitzeichenempfänger bzw. Zusatzgeräte vor. Es entwickelte sich zu allen Referaten eine reichliche fachliche Diskussion, und es wurde besonders begrüßt, daß die Tagung nur ein einziges Thema behandelte. Dieses Verfahren sollte bei den künftigen Veranstaltungen beibehalten werden. Alle Ausführungen wurden so fesselnd vorgebracht, daß auch die Liebhaber, die sich diesen Beobachtungen nicht widmen wollen, dennoch eine ausgezeichnete Information über das Gebiet erhielten, der sie gerne folgten.

MR Dr. K. SIGMUND

MITTEILUNGEN



DER DEUTSCHEN ASTRONAUTISCHEN GESELLSCHAFT MITGLIED DER IAF

Präsident: Dr.-Ing. Ferdinand Ruhle, Institut für Energetik in Leipzig.

Vizepräsident: Prof. Dr. Johannes Hoppe, Direktor der Sternwarte Potsdam-Babelsberg der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. **Vizepräsident:** Heinz Mielke, Schriftsteller.

Sekretär: Dipl.-Gewl. Herbert Pfaffe

Grundlagen der Kosmoteknik

Die in der Kosmoteknik, der Technik der Großraketen und kosmischen Flugkörper, gewonnenen Erfahrungen beeinflussen entscheidend auf vielen Gebieten den technisch-wissenschaftlichen Fortschritt. Die extrem hohen Anforderungen an die Werkstoffe, die Konstruktion und die Arbeitsweise kosmischen Gerätes hat die Forschung und Entwicklung auf der Suche nach brauchbaren Lösungen der Aufgaben auf neue Wege geführt. Die Resultate dieser Arbeiten haben neben ihrem eigentlichen Zweck, der Entwicklung der kosmischen Apparaturen, in vielen Fällen neue Möglichkeiten für die Weiterentwicklung der übrigen Technik aufgedeckt. Neben dieser indirekten Einwirkung gibt es bereits jetzt verschiedene direkte Einsatzmöglichkeiten der Kosmoteknik bei der Lösung technisch-wissenschaftlicher Probleme. Die Nachrichten- und Fernsehbildübertragung mit Hilfe von Nachrichtensatelliten und der Einsatz von Wettersatelliten in den meteorologischen Diensten sind hierfür eindrucksvolle Beispiele.

Die Kosmoteknik steht erst am Anfang ihrer Entwicklung. Ihr erster prak-

tischer Einsatz war der erfolgreiche Start des ersten künstlichen Satelliten der Erde, am 4.10.1957, des sowjetischen „Sputnik I“. Die zunehmende Geschwindigkeit der kosmotekhnischen Entwicklung, die besonders durch die sowjetischen Erfolge bestimmt wird, läßt weitere entscheidende Entwicklungsschritte in naher Zukunft erwarten. Gleichzeitig damit wächst die Rückwirkung auf die übrige Technik. Die Notwendigkeit, in allen Zweigen der Volkswirtschaft den technisch-wissenschaftlichen Fortschritt zu beschleunigen, läßt ein systematisches Studium der kosmotekhnischen Entwicklung als außerordentlich nützlich erscheinen. Durch eine sinnvolle Auswertung der Ergebnisse der kosmotekhnischen Entwicklung lassen sich in zunehmendem Maße wertvolle Anregungen für die übrigen technischen Entwicklungen finden. Notwendige Voraussetzungen für eine sinnvolle Auswertung und richtige Beurteilung der Arbeitsergebnisse auf dem Gebiete der Kosmoteknik sind die eingehenden Kenntnisse ihrer Grundlagen der dort herrschenden Bedingungen und der Besonderheiten des Betriebes kosmotekhnischer Einrichtungen.

Das Fehlen einer zusammenfassenden Darstellung des gesamten Gebietes der Kosmotechnik in deutscher Sprache macht sich in immer stärkerem Maße bemerkbar. Auch für diejenigen, die in den Schulen die Grundbegriffe der Astronautik, als einen Teil des polytechnischen Unterrichtes, vermitteln, wird dieser Mangel immer fühlbarer. Um hier bis zu einem Zeitpunkte, zu dem die ökonomischen Voraussetzungen für die Ausgabe eines derartigen Lehrbuches gegeben sind, eine Abhilfe zu schaffen, wird die Deutsche Astronautische Gesellschaft im Rahmen der Möglichkeiten, die die vorliegende Zeitschrift bietet, die wesentlichsten Teile dieser Grundkenntnisse vermitteln. Dem Charakter der Zeitschrift entsprechend wird unter Wahrung der wissenschaftlichen Exaktheit eine möglichst einfache Art der Darstellung des Stoffes gewählt werden, wobei durch Literaturhinweise denjenigen, die eine tiefere Kenntnis sich aneignen wünschen, Anregungen zu weiterem Studium gegeben werden.

Der außerordentliche Umfang des Stoffes und die Komplexität der technischen Einrichtungen erschweren eine systematische Behandlung des Stoffes in gedrängter Form außerordentlich. Es wird daher nur möglich sein, einzelne Aufgabengebiete unter Wahrung der Zusammenhänge mit den übrigen Gebieten geschlossen zu behandeln. Er läßt sich dabei jedoch nicht vermeiden, daß gelegentlich durch Überschneidungen Wiederholungen

in Kauf genommen werden müssen. Als wesentlichste Hauptaufgabengebiete sind zu nennen: die Antriebstechnik, die Raketenkonstruktion, die Steuerung kosmischer Flugkörper, die speziellen Anlagen bemannter Raumschiffe, die Nachrichtenübertragung im und aus dem Kosmos sowie die Bodeneinrichtungen der Kosmodrome. Daneben gibt es Teilgebiete von besonderer Bedeutung, insbesondere die speziellen Verfahren des Betriebes, die gleichfalls einer eingehenderen Behandlung wert sind. Bereits diese grobe Aufzählung gibt einen Einblick in die Schwierigkeiten, die bei einer möglichst gedrängten Behandlung des Komplexes entstehen. Eine weitere Schwierigkeit besteht in der Beschaffung und Bearbeitung des Quellenmaterials sowjetischer und amerikanischer Herkunft, zumal bei dem raschen Entwicklungstempo die gewonnenen Erkenntnisse rasch veralten. Es können daher zunächst solche Gebiete behandelt werden, für deren Bearbeitung die erforderlichen Voraussetzungen bestehen und die von besonderem aktuellem Interesse sind.

Die Reihe der Veröffentlichungen wird mit einer Arbeit über „Die Steuerung von Raumflugkörpern“ eröffnet. In zwangloser Folge wird über andere Aufgabengebiete berichtet werden, so daß im Laufe der Zeit eine geschlossene Gesamtübersicht über die Grundlagen der Kosmotechnik entsteht.

Dr.-Ing. F. RUHLE

Die Steuerung von Raumflugkörpern

Dr.-Ing. FERDINAND RUHLE

Neben den Fragen des Antriebs und der Ausrüstung von bemannten Raumflugkörpern ist die Bahnbbeeinflussung durch die Mittel der Steuerung eines der wichtigsten Arbeitsgebiete der Kosmoteknik. Während über die beiden zuerst genannten Gebiete zahlreiche Veröffentlichungen vorliegen, ist die Fachliteratur über Fragen der Steuerung von Träger- und kosmischen Flugkörpern wenig umfangreich und sehr verstreut. Daher erscheint eine zusammenfassende Darstellung der mit diesem Arbeitsgebiet zusammenhängenden Fragen in verständlicher Form von einigem Nutzen zu sein.

Zur Durchführung unbemannter und bemannter kosmischer Flüge mit vorgegebenem Ziel bzw. festgelegter Aufgabe ist in erster Linie ein Raumflugkörper erforderlich, der mittels Träger- und Trägerschiffe auf die erforderliche Bahngeschwindigkeit gebracht wird. Während in vielen Fällen nach Beendigung der Antriebsphase der Trägerschiffe die Flugbahn des Raumflugkörpers passiv, d. h. ohne weiteren Antrieb erfolgt, wird bei manchen Aufgaben eine weitere Bahnbbeeinflussung durch zusätzliche Triebwerke mit intermittierender Arbeitsweise notwendig. Hieraus werden sich in der Zukunft die Marschtriebwerke für interplanetare Expeditionen entwickeln, die mit Hilfe der modernen Antriebstechnik dem Raumschiff eine, wenn auch geringe, so doch ständig wirkende Beschleunigung erteilen. Für die Antriebsphase mittels Trägerschiffe und für weitere Bahnkorrekturen sind Einrichtungen notwendig, die es erlauben, den Bahnverlauf und die Lage der Raumflugkörper gesetzmäßig zu verändern. Derartige Einrichtungen werden mit dem Sammelbegriff „Steue-

rung“ bezeichnet, wobei sowohl die technischen Einrichtungen – die Summe der verwendeten Steuerungsmittel – als auch der Vorgang gemeint sind.

Entsprechend den vorliegenden astronautischen Aufgaben sind diese Einrichtungen auf einer oder mehreren Etappen der Gesamtflugbahn wirksam, woraus sich folgende Teiloperationen ableiten lassen: Steuerung der Antriebsbahn der Trägerschiffe, Umlenkung in die Umlaufbahn um die Erde oder um andere Himmelskörper, Steuerung der Landung auf der Erde oder auf anderen Himmelskörpern, Steuerung der Übergangsbahn zwischen umlaufenden Raumstationen und Steuerung und Stabilisierung der Lage der Hauptachsen der Raumflugkörper in einem gewähltem Bezugssystem. Als astronautische Aufgaben, bei denen die angegebenen Steuerungsvorgänge zur Anwendung kommen, sind zu nennen: Start und Betrieb künstlicher Erdsatelliten; Operationen in der Nähe des Mondes oder auf seiner Oberfläche; automatische interplanetare Raumsonden und interplanetare Raumschiffe. Besondere Steuerungsaufgaben entstehen bei der Verwirklichung des Rendezvous mehrerer Raumflugkörper auf Umlaufbahnen. Trotz der Unterschiedlichkeit der Anforderungen an die Steuerung, die bei den einzelnen Aufgaben gestellt werden müssen, gibt es Prinzipien, die in allen Fällen zur Anwendung kommen. Auch bei bemannten Raumschiffen müssen Steuereinrichtungen vorhanden sein, die sowohl die Bedienung von Hand als auch den vollautomatischen Betrieb zulassen. In Tabelle 1 sind die astronautischen Aufgaben und die bei ihnen auftretenden Steuerungsaufgaben zusammengestellt.

Tabelle 1: Die Steuerungsfunktionen bei den verschiedenen astronomischen Aufgaben

Kosmische Aufgaben Steuerungsaufgaben	Künstliche Satelliten Umlaufende wissenschaftliche Stationen	Raumsonden und Raumschiffe zum Mond	Raumsonden und automatische Stationen zu anderen Planeten	Interplanetare Raumsonden	Verbindungsflüge zwischen umlaufenden Raumstationen
Steuerung der Antriebsphase (Geschwindigkeit und Richtung)	+	+	+	+	+
Steuerung in die Umlaufbahn um Himmelskörper	+	—	—	—	—
Manöver in der Nähe von Himmelskörpern	+	+	+	—	—
Landung auf Himmelskörpern	+	+	+	—	—
Operationen auf Himmelskörpern	—	+	+	—	—
Korrektur der Reiseflugbahn	—	—	+	+	+
Übergang zwischen Umlaufbahnen — Rendezvousmanöver	+	—	—	—	+
Lagesteuerung und -stabilisierung der Flugkörper	+	+	+	+	+

2.1. Allgemeine Begriffe

Für die Überführung eines Objektes im Raum von einem Punkte zu einem anderen vorher festgelegten Punkte, sind im allgemeinen Falle zwei Bedingungen zu erfüllen.

- a) Dem Objekt ist eine bestimmte Geschwindigkeit zu erteilen.
- b) Die Bewegung des Objektes ist so zu beeinflussen, daß der gewünschte Raumpunkt erreicht wird.

Die erste Bedingung wird durch die Verwendung von Antriebsmitteln für das zu bewegendes Objekt erfüllt, während die Bewegungsbeeinflussung durch die Anwendung von Steuerungsmitteln nach einem bestimmten Verfahren verursacht wird. Bevor wir uns weiter mit den physikalischen und technischen Grundlagen der Steuerung beschäftigen, erscheint es zweckmäßig, für einige Grundbegriffe die im Normblatt „Regelungstechnik und Steuerungstechnik“ DIN 19 226/1 festgelegten Definitionen anzugeben:

Steuerung

„Das Steuern — die Steuerung — ist der Vorgang in einem abgegrenzten System, bei dem eine oder mehrere Größen als Eingangsgrößen andere Größen als Ausgangsgrößen auf Grund der dem abgegrenzten System eigentümlichen Gesetzmäßigkeiten beeinflussen. Kennzeichen für den Vorgang des Steuerns ist der offene Wirkungsablauf in seiner elementaren Form im einzelnen Übertragungsglied oder in der Steuerkette.“

Regelung

„Das Regeln — die Regelung — ist ein Vorgang, bei dem eine physikalische Größe — die zu regelnde Größe — fortlaufend erfaßt und durch Vergleich mit einer anderen Größe im Sinne einer Angleichung an diese beeinflußt wird. Der hierzu notwendige Wirkungsablauf vollzieht sich in einem geschlossenen Kreis, dem Regelkreis.“

Lenkung

Für diesen im allgemeinen Sprachgebrauch für die Bahnbeeinflussung von Fahrzeugen üblichen Begriff gibt es keine genormte Definition. Es erscheint zweckmäßig hierfür die in 2/ angegebene Definition zu verwenden:

„Die Lenkung ist eine Steuerung mit dem Ziel, den Bewegungszustand eines

ortsveränderlichen Objektes durch Abgabe von Lenkkommandos zu beeinflussen. Fernlenkung ist eine Fernsteuerung mit dem Ziel, den Bewegungszustand eines ortsveränderlichen Objektes durch Abgabe von Fernlenkkommandos von einem anderen Ort aus zu beeinflussen.“

Wir wollen noch den in der vorliegenden Abhandlung verwendeten Begriff „Raumflugkörper“ umreißen.

Unter Raumflugkörpern werden solche Flugkörper verstanden, deren Bewegung im Raume durch einen reaktiven Antrieb erfolgt und denen nicht vorwiegend aerodynamische Prinzipien für die Fortbewegung zugrunde liegen.

Hiermit scheiden für die folgenden Betrachtungen alle Flugzeugtypen und die auf aerodynamischen Prinzipien aufgebauten Fernlenkwaffen aus.

2.2. Die Aufgabenstellung

2.2.1. Die Hauptaufgabe

Aus der einführend genannten Aufgabe für die Beeinflussung der Bewegung und der Lage eines Raumflugkörpers ergibt sich folgende Aufgabenstellung:

Die Bewegung eines Objektes im Raum ist mit Hilfe der Steuerung so zu beeinflussen, daß

- 2.2.1.1. das gesteuerte Objekt ein vorgegebenes Ziel erreicht, unabhängig von der Bahn und dem Zeitpunkt oder
- 2.2.1.2. das gesteuerte Objekt eine bestimmte, im Raum vorgegebene Bahn verfolgt oder
- 2.2.1.3. das gesteuerte Objekt zu bestimmten Zeiten sich an vorgegebenen Orten befindet und
- 2.2.1.4. das gesteuerte Objekt mit seinen Hauptachsen eine bestimmte Lage im Raum einnimmt.

2.2.2. Die Teilaufgaben

In den genannten Fällen ist stets der jeweilige Istzustand des gesteuerten Objektes mit dem vorgegebenen Sollzustand zu vergleichen. Es ist die Differenz („Soll“ — „Ist“) zu bilden und daraus ein Steuerbefehl abzuleiten, der über die Steuerkette eine Korrektur der Bewegung im Sinne einer Angleichung des „Ist“ an das „Soll“ bewirkt. Hieraus leiten sich folgende Teilaufgaben ab:

- 2.2.2.1. Festlegung des Sollzustandes
Die Festlegung des Sollzustandes muß in einem vorher definierten Bezugssystem – dem Koordinatensystem – erfolgen, damit die Beziehungen zu dem Ausgangspunkt der Bahn oder der Lage eindeutig definiert werden können. Der Sollzustand ist innerhalb des Bezugssystems mit meßtechnischen Mitteln erfassbar.

- 2.2.2.2. Ermittlung des Istzustandes
In den meisten technisch ausgeführten Systemen wird bereits die Differenz zwischen Soll- und Istzustand gemessen. Dieser Vorgang setzt die laufende Ortsbestimmung des bewegten Objektes mittels Ortungs- oder Navigationsverfahren voraus.

- 2.2.2.3. Bildung der Steuerbefehle
Je nach dem gewählten Steuerungssystem werden aus den gemessenen Abweichungen durch entsprechende Umformungen die Steuerbefehle gebildet.

- 2.2.2.4. Beeinflussung des Bewegungsvorganges
Durch die Steuerbefehle werden im Steuerungssystem Stellglieder beaufschlagt, die die gewünschte Bewegungskorrektur der Bahn oder der Lage im Sinne einer Angleichung der beiden Zustände bewirken.

2.3. Die Bezugssysteme

Von großer Bedeutung für die Festlegung des Sollzustandes einer Bewegung und einer Lage im Raum ist die Wahl des richtigen Koordinatensystems. Infolge der Verschiedenheit der astronautischen Aufgaben läßt sich ein für alle Fälle gültiges Koordinatensystem nicht festlegen, da dessen Anwendung oft zu einem unzulässig großen mathematischen und auch steuerungstechnischen Aufwand führen kann. Man wird daher für die einzelnen Aufgaben jeweils das zweckmäßigste Bezugssystem wählen. Für die vorliegenden Zwecke gibt es bei uns noch keine Normen. Es erscheint aber zweckmäßig, die Begriffe, die in dem Normblatt „Bezeichnungen in der Flugmechanik“ [3] zur Anwendung kommen, dort

wo ihre Übertragung auf die Bewegungsvorgänge von Raumflugkörpern möglich ist, sinnvoll anzuwenden.

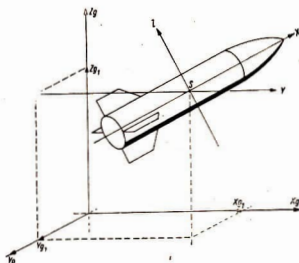


Abbildung 10

x_g, y_g, z_g – Erdfestes rechtwinkliges Koordinatensystem

x, y, z – Körperfestes Koordinatensystem

2.3.1. Körperfestes Koordinatensystem

Dieses System ist mit den Hauptachsen des Flugkörpers (x, y, z) identisch. Während die Längsachse (x) bei Trägerraketen und bei einigen kosmischen Flugkörpern definiert ist und mit einer der Hauptträgheitsachsen zusammenfällt, sind die beim Flugzeug üblichen Hoch- und Querachsen (z und y) nicht immer klar erkennbar und müssen von Fall zu Fall definiert werden.

2.3.2. Erdfestes Koordinatensystem

Der Bezugspunkt dieses Koordinatensystems kann entweder auf der Erdoberfläche oder im Erdmittelpunkt liegen. Bei kleinen Entfernungen wird in der Regel ein rechtwinkliges Koordinatensystem (x_g, y_g, z_g) mit dem Ursprung im Startort der Raketen festgelegt, während für große Entfernungen und für Aufgaben in Erdnähe polare Koordinaten (r, φ, λ) mit dem Ursprung im Erdmittelpunkt Verwendung finden. Bei interplanetarem Flug können an die Stelle der Erde andere Himmelskörper (z. B. die Sonne) treten.

2.3.3. Himmelfestes Koordinatensystem

Die Koordinaten sind sphärisch ohne Bezugspunkt (nur Bezugsrichtungen). Je nach Aufgabenstellung wird das Horizontal-, Äquatorial- oder das elliptische System benutzt.

3. Die physikalischen Grundlagen der Bewegung im Raum

3.1. Die dynamischen Grundgleichungen

Für die Analyse der Bewegung eines Körpers im Raum denkt man sich zunächst seine Gesamtmasse im Schwerpunkt des Körpers vereint und untersucht die Bahn dieses Massenmittelpunktes in dem gewählten Koordinatensystem. Da die Bewegung im allgemeinsten Fall eine Raumkurve darstellt, müssen alle nichtskalaren Größen durch Vektoren dargestellt werden. Diese Vektoren können in ihre Komponenten in dem betreffenden Koordinatensystem zerlegt werden. Vektoren werden in gotischer Schrift wiedergegeben.

Die Bewegung eines Körpers, der unter Einwirkung von Kräften, deren Wirkungslinien durch den Schwerpunkt gehen, steht, wird durch das Newtonsche Bewegungsgesetz, die dynamische Grundgleichung der Mechanik, bestimmt: „Die zeitliche Änderung der Bewegungsgröße eines Körpers ist gleich der auf ihn einwirkenden Kraft“

$$\frac{d(m \mathbf{v})}{dt} = \mathbf{p} \quad (1)$$

Es bedeuten:

m	— Masse des bewegten Körpers	kg
$\mathbf{v}$	— Vektor der Geschwindigkeit	m.sec ⁻¹
$m\mathbf{v}$	— Bewegungsgröße oder Impuls	kg.m.sec ⁻¹
$\mathbf{p}$	— Vektor der resultierenden Kraft	N

Bei unveränderlicher Masse lautet die Gleichung (1)

$$m \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \mathbf{p} \quad (2)$$

Die Größe $d\mathbf{v}/dt = \mathbf{a}$ ist dann der Vektor der Beschleunigung des Körpers. Wenn auf den Körper keine Kräfte einwirken oder die resultierende Kraft gleich null ist, so verharrt der Körper in seinem bisherigen Bewegungszustand, d.h. er bewegt sich geradlinig mit kon-

stanter Geschwindigkeit oder er bleibt in Ruhe. Die resultierende Kraft $\mathbf{p}$, die sich aus der vektoriellen Addition aller am Körper angreifenden Einzelkräfte ergibt,

$$\mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2 + \dots + \mathbf{p}_i = \mathbf{p} \quad (3)$$

stellt also das Kräftegleichgewicht am Körper her.

Durch die Gleichung (1) ist die Bahn des Schwerpunktes des Körpers im Raume bestimmt. Zur rechnerischen Behandlung eines Bewegungsvorganges ist es in der Regel einfacher, die Projektionen der Kräfte und Beschleunigungen auf die Achsen des gewählten Koordinatensystems zu verwenden und daraus die Projektionen der Bahn auf die Hauptebenen zu ermitteln. Bei Wahl eines rechtwinkligen Koordinatensystems im Interwallraum gilt:

$$\mathbf{p} = p_x \mathbf{i} + p_y \mathbf{j} + p_z \mathbf{k} \quad (4)$$

$$\mathbf{v} = v_x \mathbf{i} + v_y \mathbf{j} + v_z \mathbf{k} \quad (5)$$

Hierin bedeuten

$\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$ — Einheitsvektoren auf dem Achsenkreuz (x, y, z)

p_x, p_y, p_z — Komponenten der Kraft,

v_x, v_y, v_z — Komponenten der Geschwindigkeit auf die Hauptachsen projiziert.

Bei Behandlung eines einfachen Steuerungsbeispiels werden wir diese Komponentenzerlegung anwenden.

Die Ermittlung der Bahnelemente für die Bewegung des Massenmittelpunktes reicht für die Behandlung von Steuerungsaufgaben nicht aus. Die Wirkungsrichtung des Schubes der im Raumflugkörper verwendeten Antriebsmittel ist fest mit dem körpereigenen Koordinatensystem gekoppelt bzw. läßt sich definiert ihm gegenüber bewegen. Andererseits muß die Antriebsrichtung im wesentlichen mit der Bahntangente der Bahn des Schwerpunktes zusammenfallen. Hieraus und aus den später zu erörternden steuerungstechnischen Gründen ergibt sich die Forderung einer Orientierung der Hauptachsen des Körpers in bezug auf seine Bahn. Dazu ist aber erforderlich, daß der Körper um seine Hauptachsen gedreht werden muß. Mit Hilfe von Steuerungsmitteln wird eine solche Drehung des Flugkörpers um seine Hauptachsen bewirkt, daß die

gewünschte Orientierung in bezug auf die Bahn erzielt wird.

Die Drehung eines Körpers um eine beliebige Achse im Raum kann dadurch hervorgerufen werden, daß ein Drehmoment um diese Achse aufgebracht wird. Auch das Drehmoment, das an einen Körper angreift, wird durch einen Vektor M dargestellt, dessen Länge der Größe des Momentes proportional ist und dessen Richtung senkrecht zur Ebene, in der die Drehung erfolgt, steht.

Die dynamische Grundgleichung für die Drehbewegung sagt: „Die zeitliche Änderung des Dralls eines Punkthaufens für einen beliebigen Punkt als Bezugspunkt ist gleich der Summe der statischen Momente der äußeren Kräfte für denselben Punkt als Momentenpunkt.“

$$\frac{d\mathbf{B}}{dt} = \sum \mathbf{M}_i$$

$$\mathbf{B} = (r_i, m_i, v_i)$$

Hierin bedeuten

r_i — Radiusvektor des Massenpunktes i vom Bezugspunkt aus.

v_i — Geschwindigkeitsvektor des i -ten Punktes

Wenn sich ein starrer Körper um eine im Raum feste Achse mit der Winkelgeschwindigkeit ω dreht, so ist der Drall des Körpers bezogen auf diese Achse

$$\mathbf{B} = I_A \cdot \omega$$

Hierbei ist

$$I_A = \int r^2 dm$$

das Massenträgheitsmoment des Körpers bezogen auf die Achse A .

Mit diesen Beziehungen lautet die Gleichung (6) für die Dralländerung

$$I_A \cdot \frac{d\omega}{dt} = M$$

Die Größe $d\omega/dt$, die Winkelbeschleunigung, bestimmt sich demnach bei bekanntem Massenträgheitsmoment aus dem resultierenden äußeren Moment. Durch Integration der Gleichung (9) kann man die Winkelgeschwindigkeit des Körpers ermitteln.

Mit den beiden dynamischen Grundgleichungen (1) und (6) kann nunmehr

jede beliebige Bewegung des Flugkörpers im Raume quantitativ ermittelt werden. Der Vollständigkeit halber muß jedoch noch erwähnt werden, daß die großen Trägerraketen wegen der Elastizität ihrer Konstruktion nicht als starre Körper angesehen werden können. Hieraus ergeben sich Eigenbewegungen innerhalb des Systems, die sowohl auf die Bewegung des Flugkörpers, als auch auf die eingebauten Meßapparaturen für die Bewegungsgrößen (Beschleunigungen und Drehgeschwindigkeiten) einen Einfluß haben, der bei der geforderten Genauigkeit für die Steuerung von Trägerraketen nicht mehr zu vernachlässigen ist. Da aber bei Berücksichtigung aller dieser Erscheinungen die mathematischen Schwierigkeiten bei der Lösung der Bewegungsgleichungen unverhältnismäßig stark anwachsen, werden wir bei den vorliegenden Betrachtungen die Raumflugkörper als starr ansehen. Für Satelliten und kosmische Flugkörper ist diese Annahme durchaus berechtigt.

Zur quantitativen Bestimmung der Bahnelemente eines Flugkörpers ist die Kenntnis folgender Größen erforderlich:

1. Kennwerte des Flugkörpers

Während bei antriebslosem Flug die Masse m des Systems konstant ist, wird in der Antriebsphase durch die herausgeschleuderte Materie die Gesamtmasse eine Funktion der Zeit sein. Aus dem gleichen Grunde können sich die Massenträgheitsmomente für die Hauptachsen während des Fluges ändern. Auch durch den Abwurf einzelner Stufen im Falle von Mehrstufenraketen ändern sich Masse und Massenträgheitsmoment. Außerdem gibt es Verschiebungen des Schwerpunktes des Restsystems.

2. Alle auf das System (Trägerrakete + kosmischer Körper) wirkenden Kräfte und deren Momente.

Die Masse und Trägheitsmomente der Raumflugkörper und ihre zeitlichen Änderungen sind von der Konstruktion und der Betriebsart abhängig. Ihre Behandlung fällt in das Arbeitsgebiet der Konstruktion von Trägerraketen und kosmischen Flugkörpern und soll in diesem Zusammenhang nicht behandelt werden. Dagegen bedürfen die wirkenden Kräfte und Momente einer näheren Betrachtung.

3.2. Die Kräfte

3.2.1. Der Schub

Die exakte Behandlung der Schubkraft, die durch die Ausströmung der Verbrennungsprodukte bei chemischen Raketen oder die Herausschleudern von Materie bei anderen Antriebsarten entsteht, ist Gegenstand der inneren Ballistik bzw. Antriebstechnik von Raketen. Im Rahmen der vorliegenden Abhandlung soll diese Frage nur in dem Umfange behandelt werden, wie es für das Verständnis der Bewegung der Raumflugkörper und deren Bahnbeeinflussung durch Steuerungsmittel notwendig ist.

Man stelle sich vor, daß eine aus zwei miteinander verbundenen Teilmassen Δm und m bestehende Gesamtmasse m_0 sich mit einer gleichförmigen Geschwindigkeit v_0 geradlinig bewege. Da keine äußeren Kräfte einwirken, ist die Bewegungsgröße dieses Systems ($m_0 v_0$) konstant. Wenn jetzt die Teilmasse Δm in die entgegengesetzte Richtung von v_0 z. B. mit Hilfe einer gespannten Feder so fortgeschleudert wird – Abb. 11 –, daß deren

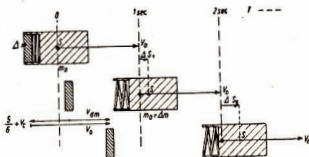


Abbildung 11

$$v_0 = 5 \text{ cm/sec}$$

$$v_C = 3 \text{ cm/sec}$$

$$\Delta m = 1/6 \cdot m_0$$

$$\Delta v = 1/6 \cdot v_C$$

$$S = \text{Schwerpunkt des Gesamtsystems} \quad \Delta s_1 = \Delta v \cdot t$$

$$v_m = v_0 + \Delta v = 5,5 \text{ cm/sec}$$

$$v_{dm} = v_0 - 5/6 v_C = 2,5 \text{ cm/sec}$$

Erzeugung einer Rückstoßkraft durch
Abschleudern einer diskreten Masse

Geschwindigkeit relativ zur Hauptmasse gleich v_C ist, so muß, da ja die Federkraft eine innere Kraft ist, die Bewegungsgröße des Gesamtsystems konstant bleiben. Danach bewegt sich der Schwerpunkt S des Systems mit der unveränderten Geschwindigkeit v_0 weiter, wogegen die Teilmassen unterschiedliche Geschwindigkeiten erhalten. Wegen der Konstanz der Bewegungsgröße ist

$$\Delta m (v_C - \Delta v) = m \cdot \Delta v \quad (10)$$

Hierbei ist

Δv – Geschwindigkeitszunahme der Teilmasse m

$(v_C - \Delta v)$ – absolute Geschwindigkeit von Δm gegenüber dem Schwerpunkt S

m – die Teilmasse ($m_0 - \Delta m$)

Durch entsprechende Umformung erhält man

$$\Delta m \cdot v_C = m_0 \cdot \Delta v \quad (10a)$$

Wenn man jetzt einen Strom von Massenteilchen so schnell aufeinanderfolgen läßt, daß die herausgeschleuderte Masse in dem Zeitintervall Δt die Größe

$$\Delta m = m \cdot \Delta t$$

hat, wobei m der Massendurchsatz in der Zeiteinheit ist, so erhält man aus (10a)

$$m \cdot \Delta t \cdot v_C = m_0 \cdot \Delta v$$

$$m \cdot v_C = m_0 \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Bei dem Übergang zu den kleinen Zeitintervallen $\Delta t \rightarrow dt$ erhalten wir die endgültige Form

$$m \cdot v_C = m_0 \cdot \frac{dv}{dt} \quad (11)$$

Man erkennt sofort, daß nach der dynamischen Grundgleichung der Ausdruck der rechten Seite gleich der Kraft P ist, die die Masse m_0 mit dv/dt beschleunigt. Die linke Seite ist demnach die gesuchte Schubkraft P_s , die durch das Abschleudern der Masseteilchen mit dem Durchsatz $m = dm/dt$ und der Geschwindigkeit v_C entsteht.

$$P_s = \frac{dm}{dt} \cdot v_C \quad (12)$$

Bei dem Raketenmotor ist die Größe $dm/dt = m$ gleich der Masse der in der Zeiteinheit aus dem Endquerschnitt der Düse ausströmenden Verbrennungsprodukte, deren Geschwindigkeit in diesem Querschnitt v_C beträgt. Diese Ausströmungsgeschwindigkeit entsteht durch die Druckdifferenz im Innern der Brennkammer gegen den Druck im Austrittsquerschnitt. – Abb. 12 – Dem Druck im Austrittsquerschnitt p_C wirkt der Druck des umgebenden Mediums p_a entgegen. Hierbei ist grundsätzlich der statische Druck

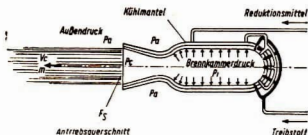


Abbildung 12

Schubkraft $P_S = m \cdot v_0 + (p_c - p_a) \cdot F_S$

der Atmosphäre zu verstehen und nicht die durch aerodynamische Wirkung hervorgerufene Druckverteilung auf der Außenhaut der Rakete. Die Druckdifferenz ($p_c - p_a$) führt zu einer Kraftkomponente, die dem Querschnitt, über den sie wirksam ist, proportional ist. In diesem Falle ist es der Austrittsquerschnitt der Schubdüse F_c

$$P_{S2} = (p_c - p_a) \cdot F_c \quad (13)$$

Somit lautet die Gleichung für den gesamten Schub $4'$:

$$P_S = m \cdot v_c + (p_c - p_a) \cdot F_c \quad (14)$$

Das zweite Glied der Gleichung ist nur bei gleichbleibender Höhe über dem Erdboden konstant, da p_a von der Höhe abhängig ist. Da mit zunehmender Höhe p_a kleiner wird, steigt, bei sonst konstantem Verhältnissen der Schub P_S mit der Höhe an. Diese Zunahme kann 20 bis 30 Prozent betragen, je nachdem bis auf welchen Druck p_c die Gase in der Düse entspannt werden. Dieser Wert ist wiederum von dem Verwendungszweck des Raketenmotors und dem gewünschten Wirkungsgrad abhängig.

Wenn man berücksichtigt, daß in Gl. (14) alle Größen, bis auf p_a konstant sind, so läßt sich der Schub in einen konstanten Anteil P_{S0} und einen veränderlichen P_{Sh} zerlegen. Den statischen Außendruck p_a kann man als Differenz des Druckes am Boden $p_0 = 1,033 \text{ kg/cm}^2$ und dem höhenabhängigen Anteil p_h ausdrücken und erhält damit $5'$

$$\begin{aligned} P_S &= m \cdot v_c + (p_c - p_0) F_c + (p_0 - p_h) F_c \\ P_S &= P_{S0} + (p_0 - p_h) F_c \end{aligned} \quad (15)$$

Die Höhenabhängigkeit des Schubes bringt eine Erschwerung der mathemati-

schen und steuerungstechnischen Behandlung des Fluges von Trägerraketen mit sich, der besonders bei den ballistischen Raketen für Mittel- und Langstrecken einen beträchtlichen Einfluß hat. Da bei den Trägerraketen die Antriebsphase zu einem großen Teil in großen Höhen erfolgt, sind in diesem Bereich die Schubänderungen nur noch unwesentlich.

3.2.2. Die Schwerkraft

Nach dem Gravitationsgesetz ziehen sich zwei Massen einander an mit einer Kraft, die dem Produkt der Massen direkt und dem Quadrat ihrer Entfernung voneinander umgekehrt proportional ist

$$P = f \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} \text{ N} \quad (16)$$

Es bedeuten

M — Masse des Körpers [1 kg]

m — Masse des Körpers [2 kg]

r — Abstand der Schwerpunkte beider Massen m

$f = 6,6707 \cdot 10^{-11} \text{ [m}^3 \text{sec}^{-2} \text{kg}^{-1}]$
Gravitationskonstante.

Wenn sich der Körper m im Schwerfeld der Erde M an deren Oberfläche befindet, so wird auf ihn eine Kraft P_e ausgeübt, die ihm bei freiem Fall die Erdbeschleunigung g erteilt. Es ist

$$\begin{aligned} P_e &= m \cdot g \\ f \cdot \frac{M}{R^2} &= g \end{aligned}$$

mit der Erdmasse $M = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ und dem äquatorialen Erdradius $R = 6,378 \cdot 10^6 \text{ m}$ erhalten wir

$$g_0 = 981 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-2}$$

Da die Erde keine Kugel, sondern ein kompliziertes sphärisches Gebilde ist, ist R nicht konstant und demzufolge die Größe $g = f(\varphi)$ eine Funktion der geographischen Breite. Infolge der Erddrehung wirkt auf den Körper m noch eine Zentrifugalkraft, die in Abhängigkeit von der geographischen Breite bestimmt ist, zu

$$P_z = m \cdot \omega^2 \cdot R \cdot \cos \varphi$$

Man erfaßt diese Kraft, die infolge ihrer Kleinheit keine merkliche Abweichung der resultierenden Kraft von der Richtung der Schwerkraft hat, in einer Breitenabhängigkeit von g

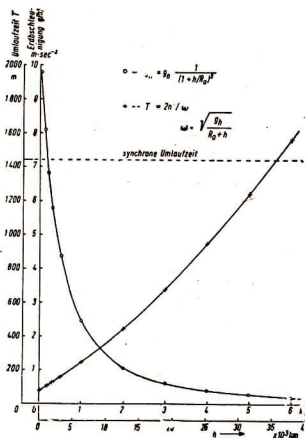


Abbildung 13

Erdbeschleunigung als Funktion der Höhe

$$g_h = f(h)$$

Theoretische Umlaufzeiten von Satelliten auf

Kreisbahn als Funktion der Höhe $T = f(h)$

$$g = g_0 \left(1 - \frac{1}{191} \cdot \cos^2 \varphi\right)$$

$$g_{90} = 983 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-2} \text{ (am Pol)}$$

Aus der Gleichung (16) ergibt sich sofort, daß die Erdbeschleunigung g eine Funktion der Höhe h über dem Erdboden sein muß

$$g_h = \frac{f \cdot M}{(R + h)^2} = \frac{f \cdot M}{R^2} \cdot \frac{1}{(1 + h/R)^2}$$

$$g_h = g_0 \cdot \frac{1}{(1 + h/R)^2} \quad (17)$$

In der Abb. 13 ist g_h in Abhängigkeit von h/R aufgetragen. Bei exakten Rechnungen sind noch andere Faktoren, die einen Einfluß auf die Größe von g haben, zu berücksichtigen. So sind Änderungen in Abhängigkeit von der geographischen Breite nicht nur wegen der Gestalt der Erde, sondern auch wegen unterschiedlicher Dichteverteilung im Erdinnern festzustellen. Da wegen der Gültigkeit des

Gravitationsgesetzes auch die Einwirkungen der Sonnen- und Mondmasse auf einen Körper in Erdnähe zu beobachten sind, hat man infolge der Erddrehung mit periodischen Änderungen von g zu rechnen. Die täglichen Schwankungen betragen jedoch nur etwa 10^{-8} .

Wenn man von den Feinheiten absieht, kann man die Schwerkraft in jedem Punkte der Erdumgebung als nach dem Erdmittelpunkt gerichtet betrachten mit einer Größe, die der am Ort wirkenden Beschleunigung g_h proportional ist. Demzufolge ist der Raum um die Erde als ein Kraftfeld aufzufassen, in dem jedem Raumpunkt eine nach Größe und Richtung definierte Kraft zugeordnet ist. Das gleiche gilt für andere Himmelskörper, wobei sich die Kraftfelder überdecken und wobei jedem Punkt im Raum die resultierende Kraft nach Größe und Richtung zugeordnet ist.

3.2.3. Die aerodynamischen Kräfte

Trägersraketen, Satelliten in Erdnähe und Raumschiffe bei der Rückkehr zur Erde durchlaufen auf einem Teil ihrer Flugbahn die Erdatmosphäre. Hierbei entstehen auf den Flugkörper wirkende aerodynamische Kräfte, die den Bahnverlauf und die Lage beeinflussen. Die umfassende Behandlung der sehr komplizierten Gesetzmäßigkeiten der Aerodynamik ist in der vorliegenden Abhandlung nicht möglich und scheint auch nicht erforderlich, da bei qualitativer Betrachtung der Bewegungsvorgänge nur die wesentlichsten Kräfte und Momente berücksichtigt werden brauchen, während bei dem Entwurf und der Konstruktion der Flugkörper und ihrer Steuereinrichtungen eine sehr eingehende quantitative Erfassung aller durch die Bewegung in der Atmosphäre auftretenden Störungen des Bahnverlaufes und der Lage der Raumflugkörper erfolgen muß. — Wir begnügen uns aus diesem Grunde mit einer kurzen Übersicht über die wesentlichsten Erscheinungen, die an Raumflugkörpern durch aerodynamische Einwirkungen hervorgerufen werden.

Trifft auf eine schräg geneigte ebene Platte ein stationärer Luftstrom oder wird die Platte gegen einen Luftstrom bewegt — Abb. 14 — so entsteht durch die Stauung der Luft auf der Vorderseite der Platte eine Druckverteilung, die, über die Fläche integriert, die Luftkraft P_L ergibt. Hierbei

ist die Druckverteilung nicht gleichmäßig über die Fläche und ist von dem Neigungswinkel der Platte gegen die Strömung –

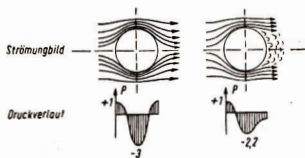
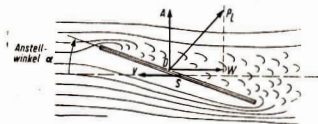


Abbildung 14

Entstehung des Druckwiderstandes bei Unterschallströmung um einen unendlich langen Zylinder

- ideale Umströmung ohne Ablösung der Strömung. Resultierende Kraft gleich Null.
- reale Umströmung mit Wirbelbildung an der Rückseite. Resultierende Widerstandskraft gegen Strömung gerichtet.

Luftkräfte an einer geneigten ebenen Platte, die mit der Geschwindigkeit v gegen die ruhende Luft bewegt wird.



resultierende Luftkraft P_L
 Widerstandskraft in Richtung der Strömung W
 Auftriebskraft senkrecht zur Bahn A
 S – Flächenschwerpunkt
 D – Druckmittelpunkt

dem Anstellwinkel – abhängig. Demzufolge steht die Kraft auch nicht senkrecht auf der Ebene der Platte. Die Größe der Kraft ist von der Anströmgeschwindigkeit, der Dichte des anströmenden Mediums, der der Strömung entgegenstehenden Querschnittsfläche und von der Form dieser Fläche abhängig.

Die Abhängigkeit vom Anstellwinkel ist sehr kompliziert. Der über die Fläche integrierte Druck ergibt die Luftkraft

$$P_L = c \cdot F \cdot \frac{\rho v^2}{2} \quad (18)$$

Es bedeuten

- v – Strömungsgeschwindigkeit $m \cdot sec^{-1}$
 F – senkrecht zur Strömung stehender Querschnitt m^2
 ρ – Dichte des strömenden Mediums $kg \cdot m^3$
 c – Beiwert der resultierenden Luftkraft dimensionslos

Der Widerstandsbeiwert ist von der Form der in der Strömung befindlichen Fläche, deren Neigung gegen die Strömung und von der Strömungsgeschwindigkeit abhängig. Bei dem Übergang aus dem Unterschall- in den Überschallbereich der Strömungsgeschwindigkeit ergibt sich ein steiles Anwachsen von c mit nachfolgender geringer Abnahme.

Wie man aus der Abb. 14 entnehmen kann, läßt sich die Luftkraft in zwei Komponente zerlegen. In die Richtung der Strömungsgeschwindigkeit, die im wesentlichen gleich der Bahngeschwindigkeit ist, fällt die Komponente W – die eigentliche Widerstandskraft – und senkrecht dazu die Komponente A , die als Auftriebskraft bezeichnet wird, da sie bei einem Flugzeug mit seiner vorwiegend waagerechten Flugbahn entgegen der Schwerkraft nach oben wirkt und damit den Flug ermöglicht. Die Gleichungen für die Kräfte lauten

$$W = c_w \cdot F \cdot \frac{\rho v^2}{2} \quad (19)$$

$$A = c_a \cdot F \cdot \frac{\rho v^2}{2} \quad (20)$$

c_w – Widerstandsbeiwert
 c_a – Auftriebsbeiwert

Betrachten wir die Verhältnisse bei Trägerraketen, so wird wegen ihrer rotationssymmetrischen Form und des Fehlens von schräg in die Strömung gestellten Steuerflächen bei einer Anströmung in Richtung der Längsachse nur eine Widerstandskraft W auftreten, die der resultierenden Luftkraft P_L gleich ist. Eine Auftriebskomponente tritt dabei nicht auf. Dieser Fall liegt nach dem Senkrechtstart auf dem vertikalen Teil der Flugbahn vor, solange keine Steuerbewegungen ausgeführt werden. In dem Augenblick, wo mit der Umlenkung begonnen wird, weicht die Längsachse der Rakete von der Bahn-

tangente um den Anstellwinkel α ab. Die Begründung für dieses Verhalten wird später gegeben. Sowie ein Anstellwinkel auftritt, haben wir auch wieder die Aufteilung der Luftkraft in die beiden Komponenten W und A . Wie im Falle einer Rakete der Widerstandsbeiwert c_w und der Auftriebsbeiwert c_a von dem Anstellwinkel und der Geschwindigkeit bzw. der Machzahl M abhängen, ist in der Abb. 15 wiedergegeben.

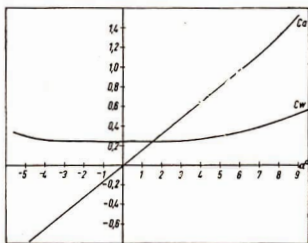
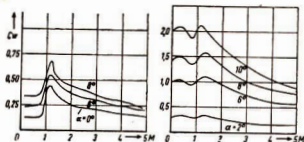


Abbildung 15

Abhängigkeit des Widerstandsbeiwertes c_w und des Auftriebsbeiwertes c_a vom Anstellwinkel bei konstanter Machzahl $M = 2$ (Rakete A 4)



Abhängigkeit des Widerstandsbeiwertes von der Machzahl für verschiedene Anstellwinkel

Abhängigkeit des Auftriebsbeiwertes von der Machzahl für verschiedene Anstellwinkel

Zur Veranschaulichung der recht komplizierten Abhängigkeiten der aerodynamischen Kräfte ist in Abb. 16 für einen Senkrechtflug mit einer angenommenen konstanten Beschleunigung von $10 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-2}$ und unter Berücksichtigung der Dichteänderung der Verlauf der Widerstandskraft über die Flughöhe aufgetragen. Eine Kurve zeigt bei einem konstan-

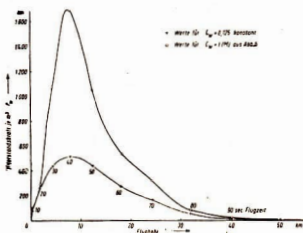


Abbildung 16

Widerstandskraft auf 1 m^2 Querschnittsfläche in Abhängigkeit von der senkrechten Flughöhe für einen Flugkörper, der mit $a = 10 \text{ m/sec}^2$ gleichmäßig beschleunigt wird. + -Werte für $c = 0,125$ onst. / o -Werte für realen Verlauf von $c_w = f(M)$

ten $c_w = 0,125$ die Änderung des reinen Staudruckes $q/2 \cdot v^2$, während in der zweiten Kurve die aus der Abb. 15 entnommenen Werte für c_w in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit verwendet wurden. Es ist sehr gut zu erkennen, wie stark die Geschwindigkeitsabhängigkeit von c_w in die Widerstandserhöhung eingeht. In Wirklichkeit liegen die Verhältnisse noch komplizierter, da bei Trägerraketen die Beschleunigung nicht konstant ist, sondern durch den Massenverlust und den Schubzuwachs mit der Höhe zunimmt. Aber bereits das angeführte Beispiel zeigt, wie schwierig die Wahl einer optimalen Antriebsbahn ist und wie stark die Bedingungen für die Steuerung variieren.

3.2.4. Weitere Kräfte

Durch die Erddrehung werden zusätzlich Kräfte hervorgerufen. So die bereits erwähnte Zentrifugalkraft. Weiterhin entsteht durch die Erddrehung in einem erdfesten Koordinatensystem bei mitbewegtem Beobachter eine zusätzliche Beschleunigung, die Coriolis-Beschleunigung, die auf die im Raum bewegte Masse wie eine ablenkende Kraft (Corioliskraft) wirkt. Bewegt sich der Körper mit einer (nicht zu großen) Geschwindigkeit v^+ , so ist die

zur Bewegungsrichtung senkrecht stehende Kraft

$$P_{co} = m \cdot \frac{4 \pi \cdot \sin \varphi \cdot v^2}{T}$$

mit

T — Umdrehungszeit der Erde

φ — geographische Breite

Die hierdurch hervorgerufene Ablenkung relativ zur Erde ist nach rechts auf der nördlichen und nach links auf der südlichen Halbkugel gerichtet.

Da diese Bahnbewegung in der Hauptsache für die Flugbahn von ballistischen Raketen mit mittlerer und größerer Reichweite von Bedeutung ist und in einem im Raume feststehenden Koordinatensystem fortfällt, wollen wir sie in diesem Zusammenhange nicht berücksichtigen.

3.3. Die Momente

3.3.1. Momente durch äußere Reaktionskräfte

Wir haben alle in dem vorhergehenden Abschnitt behandelten Kräfte im Schwerpunkt angreifend gedacht, so daß sie nur auf die Schwerpunktbahn des Flugkörpers einwirken. Hierfür kommt die dynamische Grundgleichung (1) zur Anwendung. In der Wirklichkeit greifen die Kräfte nicht immer im Schwerpunkt an, so daß durch diese Kräfte außer der Einwirkung auf die Schwerpunktsbahn eine Drehung um eine der durch den Schwerpunkt gehenden Achsen verursacht wird. Es entstehen also Drehmomente um diese Achsen. Bei Betrachtung der Abb. 13 erkennt man, daß der Druckmittelpunkt D der geneigten Platte und der Flächenschwerpunkt S nicht zusammenfallen. Hierdurch entsteht ein Drehmoment, das in dem vorliegenden Beispiel die ebene Platte in die zur Anströmgeschwindigkeit v senkrechte Stellung dreht. Im allgemeinen Falle greift die durch Integration der Druckverteilung über die Oberfläche erhaltene resultierende Luftkraft nicht im Schwerpunkt des Körpers, sondern in einem Druckmittelpunkt an, der um den Abstand l_p gegen den Schwerpunkt verschoben ist. — Abb. 17 — Die Lage des Druckpunktes ist je nach der geometrischen Konfiguration von dem Anstellwinkel α abhängig. Bei Flugkörpern, die in der Hauptsache nach aerodynamischen Gesichtspunkten entworfen werden, wird die Konstruktion so gewählt, daß der Angriffspunkt D der resultierenden Luft-

kraft hinter den Schwerpunkt S — bezogen auf die Hauptbewegungsrichtung — zu liegen kommt. Da in diesem Falle bei

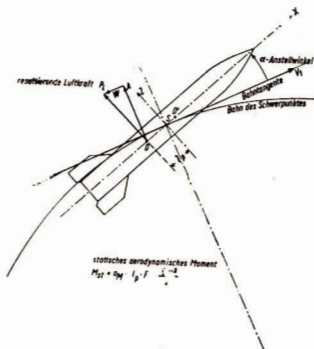


Abbildung 17

einem unwillkürlichen Herausdrehen der Längsachse aus der Soll-Lage ein rückdrehendes Moment auftritt, ist die Eigenstabilität des Flugkörpers gewährleistet. Würde dagegen, wie in der Abb. 17 durch den Punkt D angedeutet, der Druckpunkt vor dem Schwerpunkt liegen, so würde bei einem Herausdrehen aus der Soll-Lage das aerodynamische Moment diese Störung vergrößern und, falls keine anderen Maßnahmen ergriffen werden, zur Instabilität des Flugkörpers führen. Bei Trägerraketen spielt die Forderung nach Eigenstabilität eine untergeordnete Rolle, da die aerodynamische Einwirkung nur auf einem relativ kurzem Teil der Flugbahn vorhanden ist.

Die Größe des aerodynamischen Momentes bestimmt sich in Analogie zu den aerodynamischen Kräften zu:

$$M_{St} = c_M \cdot l_p \cdot F \cdot \frac{\rho v^2}{2} \quad (21)$$

l_p — Abstand zwischen D und S
 c_M — Momentenbeiwert

Wenn sich ein Körper in der Luft dreht, so entsteht durch den Widerstand der Luft ein Drehmoment, das der ursprünglichen Drehung entgegengesetzt gerichtet ist.

Während das statische aerodynamische Moment vom Anstellwinkel α abhängt, ist das die Drehung dämpfende Moment M_q von der Winkelgeschwindigkeit ω mit der die Drehung um die Achse erfolgt, abhängig. Ferner muß es von der Gesamtlänge L des sich drehenden Körpers abhängig sein. Nach [6] kann in erster Näherung das Moment durch die Beziehung ausgedrückt werden:

$$M_q = c_q \cdot F \cdot l^2 \cdot \frac{\rho v^2}{2} \cdot \frac{\omega}{v} \quad (22)$$

c_q — aerodynamischer Dämpfungskoeffizient

L — Länge des Flugkörpers

ω — Winkelgeschwindigkeit um eine Querachse

Das Dämpfungsmoment verursacht eine Verminderung der Schwingungsamplitude des Flugkörpers bei Auftreten einer Störung. Es gilt jedoch auch hier wieder die allgemein gültige Feststellung, daß bei Trägerraketen dieses Moment nur von sekundärer Bedeutung ist, sofern nicht durch sehr große aerodynamische Stabilisierungsflächen schon bei geringeren Geschwindigkeiten und damit in niedrigen Flughöhen eine dämpfende Wirkung erzielt wird.

Bei künstlichen Satelliten treten eine Reihe von Störmomenten auf, die in der üblichen Raketentechnik wegen ihrer Kleinheit keine Rolle spielen. Bei den Raumflugkörpern mit einer langen Verweilzeit im Bereich äußerer Störungen können aber derartige Momente zu unerwünschten Drehbeschleunigungen führen, die im Falle einer bestimmten Orientierung des Flugkörpers mit Steuerungsmitteln kompensiert werden müssen.

Das Magnetfeld der Erde ergibt am Ort des Satelliten eine bestimmte Induktion, die von den geographischen Koordinaten des Ortes abhängig ist. Bei Bewegung der elektrisch leitenden Teile des Satelliten durch das Magnetfeld werden in diesen Leitern Wirbelströme induziert, die ihrerseits ein Magnetfeld erzeugen, das mit dem Erdfeld in Wechselwirkung tritt, und zwar so, daß die magnetische Hauptachse des Satelliten in die Richtung der Feldlinien des Erd-Magnetfeldes gedreht wird. [8] Das entstehende Drehmoment läßt sich kaum berechnen, da die Raumflugkörper keine einfachen Körper darstellen und Materialien verschiedener

elektrischer Leitfähigkeit zur Anwendung kommen. Aus diesem Grunde wird eine Attrappe im Maßstab 1:1 unter Verwendung der entsprechenden Werkstoffe experimentell in magnetischen Feldern untersucht, und in manchen Fällen wird durch die Anbringung besonders gut leitender Ringe eine Kompensationseinrichtung angebracht. Man kann selbstverständlich ein solches Moment gewollt für Steuerungszwecke erzeugen.

Die elektromagnetische Strahlung der Sonne erzeugt auf einer senkrecht im Lichtstrom stehenden Fläche einen Strahlungsdruck P_{RS} , der zahlenmäßig gleich der aus ankommender und reflektierter Strahlung sich ergebenden Energiedichte vor der Wand ist. Auf der Erdoberfläche beträgt (bei Vernachlässigung der Absorption durch die Atmosphäre) die Energiedichte der Sonnenstrahlung $S = 4,7 \cdot 10^{-5}$ Erg cm^{-2} . Bei vollkommener Reflexion ist der Strahlungsdruck gleich $2S = 9,4 \cdot 10^{-5}$ dyn. cm^2 . Auf einen Quadratmeter Fläche wird eine Kraft von $0,94 \text{ dyn} = 0,96 \cdot 10^{-3} \text{ p}$ ausgeübt.

Wenn bei einem kosmischen Körper das Zentrum des Strahlungsdruckes nicht mit dem Schwerpunkt des angestrahnten Körpers zusammenfällt, so entsteht ein Drehmoment

$$M_{RS} = P_{RS} \cdot F_R \cdot RS \quad (23)$$

Es bedeuten

P_{RS} — Strahlungsdruck je Flächeneinheit

F_R — bestrahlte Fläche

Die Formel gilt für gleiche Oberflächeneigenschaften aller Teile des Körpers. Trotz der sehr geringen Kräfte und Momente, die bei den Dimensionen der bisher gestarteten Satelliten auftreten können, ergeben sich infolge der langen Einwirkungszeit Störungen der Lage. Man hat Vorstellungen entwickelt, ein durch den Strahlungsdruck erzeugtes Moment durch die Anbringung zusätzlicher „Sonensegel“ in ausreichendem Abstand vom Schwerpunkt zu Steuerungszwecken aufzubringen. Mit Hilfe eines derartigen Momentes lassen sich Störmomente anderer Herkunft kompensieren.

Der Gradient des Gravitationsfeldes der Erde kann störendes Moment als auch Stellmoment für Steuerungszwecke sein. Infolge der Abhängigkeit der Erdanzie-

hung von der Entfernung entsteht im Schwerfeld der Erde ein zum Zentralpunkt gerichteter Gradient. Bei räumlich ausgedehnten Körpern wird auf die verschiedenen Masseteilchen eine verschiedene große Anziehungskraft ausgeübt, je nachdem in welcher Entfernung sie sich vom Erdmittelpunkt befinden. Hat man einen völlig rotationssymmetrischen Körper mit gleich großen Achsen – Kugel – vorliegen, so wird es in dem Felde keine bevorzugte Richtung geben. Wenn aber der Körper eine gestreckte Ausdehnung hat, so liegen unterschiedliche Bedingungen für die Masseteilchen vor. Zusätzlich tritt noch ein Unterschied in der Zentrifugalbeschleunigung der Masseteilchen auf. In Abb. 18 ist eine Satellitenform

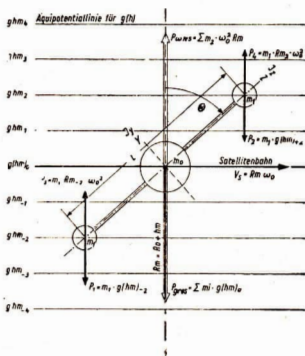


Abbildung 18

Entstehung eines Richtmomentes an einem Satelliten mit bevorzugter Achse im Gravitationsfeld der Erde. Wirkung des Gradienten des Feldes
Resultierendes Moment um die x-Achse senkrecht zur Zeichenebene:

mit extremer Längsachse angenommen, bei der sich zwei Massen m_1 in einem Abstand $L/2$ vom Massenmittelpunkt des Systems befinden. Der Körper bewegt sich mit seinem Schwerpunkt auf einer Umlaufbahn mit dem Radius R_{m_0} , auf der sich die resultierende Zentrifugalkraft und die Anziehungskraft das Gleichgewicht

halten. An den auf verschiedenen Linien gleichen Potentials für $g(h)_i$ liegenden Teilmassen m_i greifen sowohl die unterschiedlichen Zentrifugalkräfte P_3, P_4 als auch die verschiedenen Anziehungskräfte P_1, P_2 an. Die Differenzen der Einzelkräfte wirken in dem Sinne, daß die Längsachse z des Körpers in die Vertikale gedreht wird, der Winkel also zu null wird. Wenn man sämtliche Kräfte unter Berücksichtigung der Höhenabhängigkeit von $g(h)$ ausrechnet, so erhält man die Momente um die beiden kürzeren Achsen x und y zu:

$$\begin{aligned} M_{Ox} &= -3 \omega_0^2 (J_x - J_z) \cdot \sin \theta \\ M_{Oy} &= -3 \omega_0^2 (J_y - J_z) \cdot \sin \theta \end{aligned} \quad (24)$$

Es bedeuten

ω_0 – Umlauf-Winkelgeschwindigkeit des Satelliten

J_x, J_y, J_z – Massenträgheitsmomente bezüglich der Hauptträgheitsachsen x, y, z .

(H) – Winkel zwischen der größten Achse und der momentanen Vertikalen

Die Formeln (24) gelten für jeden beliebigen Körper in erster Näherung. Die exakte Berechnung ist äußerst schwierig und ergibt einen Ausdruck mit insgesamt 27 Gliedern, wobei die Größen, die in zweiter und dritter Ordnung klein sind, vernachlässigt wurden. /8/

Um sich eine Vorstellung von der Größenordnung der auftretenden Momente zu machen, wurde für einen langgestreckten Satelliten von der Form eines Kreiszylinders mit einem Durchmesser von $r = 0,5$ m und einer Höhe $h = 2,5$ m bei einer Masse $M = 500$ kg – gleichmäßige Dichte des Körpers – das Moment für eine Umlaufzeit $T = 100$ min berechnet.

Man erhält

$$\omega_0 = 1,05 \cdot 10^{-3} \text{ sec}^{-1}$$

$$J_x - J_z = 253 \text{ kgm}^2$$

$$M_{Gx} = M_{Oy} = 83,5 \cdot \sin \theta \cdot 10^{-5} \text{ N m}$$

Bei einer Auslenkung von $\theta = 1^\circ$ erhält man ein Moment

$$M_{Gx} = 146 \text{ dyn cm}$$

Das für Drehung der Nummernscheibe eines Telefons erforderliche Moment beträgt etwa 300 000 dyn cm.

Trotz des kleinen Wertes von MG wirkt es sich nach längerer Zeit durch eine merkbare Drehgeschwindigkeit bzw. Auslenkung aus der Soll-Lage aus. Es gibt Konstruktionen von Raumflugkörpern, bei denen durch die Flächen für die Sonnenbatterien und die ausgefahrenen Antennen Momente bis zu 10 000 dyn cm auftreten. Eine Reihe von Stabilisierungsverfahren für die Lage von Satelliten verwendet diese passive Methode der selbsttätigen Einstellung in die Vertikale.

3.3.2. Momente durch innere Reaktionskräfte

Solange die Wirkungslinie der Schubkraft durch den Schwerpunkt des Systems in Richtung der Längsachse geht, wird dem Körper nur eine Längsbeschleunigung erteilt. In der Regel ist diese Bedingung nicht erfüllt. Bei Vorhandensein nur eines Triebwerkes kann die Druckverteilung über den Austrittsquerschnitt unsymmetrisch sein oder bei mehreren konzentrisch angeordneten Triebwerken treten in den einzelnen Triebwerken Unterschiede in der Schubkraft auf. Aus diesen und noch anderen konstruktiven Gründen kann die resultierende Schubkraft mit ihrer Wirkungslinie am Schwerpunkt vorbeilaufen, wodurch ein Drehmoment

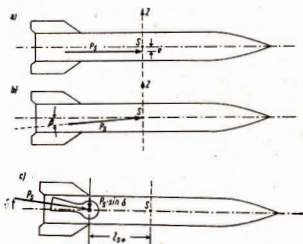


Abbildung 19

Auftreten von Momenten durch Exzentrizität des Schubes

- a) lineare Exzentrizität Störmoment
 $M_e = P_S e$
- b) Winkel-Exzentrizität kein Störmoment
- c) Exzentrizität durch Auslenkung der Brennkammer
Auslenkwinkel δ
Steuermoment $M_{St} = l_{St} \cdot P_S \cdot \sin \delta$

entsteht. Man kann auch zu Steuerungszwecken bewußt eine Exzentrizität durch gesetzmäßige Auslenkung der Triebwerke oder Umlenkung des Strahles verursachen. In Abb. 19 sind die verschiedenen Möglichkeiten für das Auftreten von Drehmomenten durch ungewollte oder gewollte Exzentrizität des Schubes angegeben. Bei einer seitlichen Verschiebung der resultierenden Schubkraft parallel zur Mittellinie um den Abstand e (lineare Exzentrizität) entsteht ein Moment um eine der Querachsen y oder z von der Größe

$$M_{ey} = P_S \cdot e \quad (25)$$

Wenn die Wirkungslinie des Schubes durch den Schwerpunkt geht, jedoch gegenüber der Hauptachse x um den Winkel β gedreht ist, so tritt kein Moment auf. Man wird in diesem Falle zweckmäßig den Schub in die Längskomponente $P_S \cdot \cos \beta$ und die Querkomponente $P_S \cdot \sin \beta$ zerlegen.

Das ist jedoch bei dem Flug im Vakuum nicht unbedingt erforderlich, da die Verdrehung der Hauptachse x aus der Richtung der Bahntangente ohne Einfluß auf die Bewegung ist.

Andere Verhältnisse liegen vor, wenn durch eine gesteuerte Drehung der Brennkammer die Richtung des Schubes bewußt verändert wird. Wenn der Drehpunkt der Brennkammer vom Schwerpunkt den Abstand l_{St} und der Auslenkwinkel die Größe δ hat, so entsteht durch die Querkomponente $P_S \cdot \sin \delta$ ein Moment

$$M_{St} = P_S \cdot l_{St} \cdot \sin \delta \quad (26)$$

Da die Drehwinkel δ in der Praxis einige Grade nicht übersteigen, kann man mit guter Annäherung schreiben

$$M_{St} = P_S \cdot l_{St} \cdot \delta \quad (26a)$$

Von dieser Möglichkeit der Bahnbeeinflussung durch Auslenkung der Brennkammer wird in der Raketentechnik reger Gebrauch gemacht. Man kann nachweisen, daß bei Drehung der Rakete um eine Querachse der ausströmende Strahl ein der Winkelgeschwindigkeit ω proportionales Dämpfungsmoment $\propto \omega^2$ ergibt.

$$M_{JD} = -k_{JD} \cdot \omega \quad (27)$$

Experimentelle Untersuchungen verschiedener Typen von Raketen haben ergeben, daß die durch dieses Moment

verursachte Änderung der Winkelgeschwindigkeit gering ist. Setzt man

$$M_{JD} = J \cdot d\omega/dt$$

und integriert über die Brenndauer t_0 , so wird die anfängliche Drehgeschwindigkeit ω_0 den Wert annehmen

$$\omega(t_0) = \omega_0 \cdot \exp \frac{-k_{JD} \cdot t_0}{J} \quad (28)$$

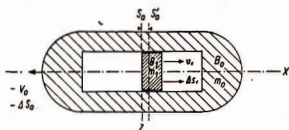
Im Mittel ist der Exponent etwa gleich 0,4

$$\omega(t_0) = \omega_0 \cdot e^{-0,4} \approx 0,7 \omega_0$$

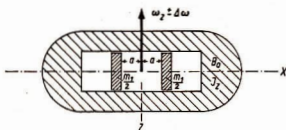
Durch die Strahldämpfung wird eine anfangs vorhandene Störung ω_0 um etwa

Abbildung 20

Die Entstehung von Momenten durch bewegte Massen im Inneren von Flugkörpern.

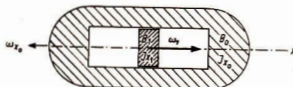


a) Längsverschiebung eines Körpers B_1 mit Masse m_1 wegen Erhaltung des Gesamtschwerpunktes S_0 des Systems erfolgt entgegengesetzte Verschiebung von B_0



b) Längsverschiebung zweier Massen $m_1/2$ symmetrisch zur Achse z des sich drehenden Systems B_0

Änderung von ω_z durch Änderung von J_z



c) Rotation eines Körpers B_1 um eine Hauptachse. Gegenläufige Drehung des Hauptkörpers

30 Prozent vermindert. Da die anderen Momente wesentlich größer sind, wird das Dämpfungsmoment M_{JD} bei Überschlagsrechnungen vernachlässigt.

Die durch bewegte Massen im Inneren der Flugkörper entstehenden Momente haben für die Steuerung eine große Bedeutung /9/. Wenn in einem Hauptkörper B_0 eine bestimmte Anzahl beweglicher Teile B_1 mit den Massen m_1 montiert sind, so entstehen durch Verschieben oder Drehen dieser Massen Momente auf das Gesamtsystem. Die exakte mathematische Behandlung der Vorgänge für beliebige Körper ist recht kompliziert. Für grundsätzliche Überlegungen sind daher in Abb. 20 einige einfache Möglichkeiten der Bewegung von Teilmassen B_1 im Gesamtsystem dargestellt. Im Falle a) ergibt die Längsverschiebung des Körpers B_1 im Inneren von B_0 , wenn man von der Reibung absieht, die gleichen Verhältnisse wie bei der Erklärung der Entstehung der Schubkraft – Gleichung 10 –. Wegen der Erhaltung der Bewegungsgröße erfolgt bei der Bewegung von m_1 relativ zum Schwerpunkt des Gesamtsystems eine entgegengesetzte Verschiebung des Hauptkörpers B_0 . Sofern keine anderen Bewegungen überlagert sind, tritt kein Störmoment und somit keine Drehung auf.

Im Falle b) rotiert das Gesamtsystem um die z -Achse mit der Winkelgeschwindigkeit ω_z . Senkrecht zur Drehachse werden die beiden Teilmassen $m_1/2$ um den Abstand a gleichmäßig verschoben. Das gesamte Massenträgheitsmoment ändert sich dabei um den Betrag

$$\Delta J_z = m_1 \cdot a^2$$

Vor der Verschiebung betrug der Gesamtdrall des Systems

$$B_{z0} = J_{z0} \cdot \omega_{z0}$$

nach der Verschiebung von m_1 muß wegen der Erhaltung des Gesamtdralls des Systems sein

$$B_{z1} = (J_{z0} + \Delta J_z) (\omega_{z0} - \Delta \omega)$$

Es ist

$$B_{z0} = B_{z1}$$

folglich

$$\Delta \omega_z = \omega_{z0} \frac{\Delta J_z}{J_{z0} + \Delta J_z} \quad (29)$$

Diese Drehzahländerung erfolgte dadurch, daß während der Verschiebung der Massen nach außen ein die Drehung verringerndes Moment aufgetreten ist.

Es liegt hier das gleiche physikalische Modell vor, das bei der Ausführung einer Pirouette im Eiskunstlauf durch Anziehen und Ausstrecken der Arme zu einer Vergrößerung oder Verringerung der Drehgeschwindigkeit führt.

Der Fall c) ist für die Anwendung in der Steuerungstechnik der wichtigste. In dem sich anfänglich nicht drehendem System wird der Körper B_1 mit dem Trägheitsmoment B_{x1} um seine x-Achse, die mit der Hauptachse x des Gesamtsystems zusammenfällt, in Rotation versetzt, bis er eine Winkelgeschwindigkeit ω_{x1} erhält. Vor dem Antreiben von B_1 war der Gesamtdrall um die x-Achse gleich null. Wegen der Erhaltung des Gesamtdralls muß danach sein

$$J_{x1} \cdot \omega_{x1} - J_{x0} \cdot \omega_{x0} = 0$$

Der Hauptkörper hat nunmehr eine Drehgeschwindigkeit ω_{x0} um die x-Achse erhalten, die die Größe hat:

$$\omega_{x0} = \frac{J_{x1}}{J_{x0}} \cdot \omega_{x1}$$

Es ist während des Anlaufes der rotierenden Teilmasse m_1 ein Drehmoment auf den Hauptkörper ausgeübt worden

$$M_{w1} = J_{x1} \cdot \frac{d\omega_{x1}}{dt} \quad (30)$$

Wenn der Rotor B_1 wieder abgebremst wird, so entsteht ein entgegengesetztes Drehmoment, das bei Vernachlässigung der Verluste B_0 wieder in die Ursprungs-lage zurückdreht. Bei Anordnung von drei senkrecht zueinanderstehenden derartigen Wellen oder einer kardanisch aufgehäng-

ten Welle können um die Hauptachsen des Systems für Steuerungszwecke Drehmomente aufgebracht werden. Bei der Überlagerung der genannten einfachen Möglichkeiten der Bewegung von Massen im Inneren des Raumflugkörpers treten sehr komplizierte Bewegungen auf, wobei durch Kreiseffekte, die durch die rotierenden Massen hervorgerufen werden, zusätzliche Drehmomente entstehen.

Wegen der Einfachheit der technischen Realisierung der Hauptdrehmomente, wird das Verfahren der „freien Wellen“, d. h. der um die Hauptachsen rotierenden Körper, oft für die Stabilisierung und Steuerung der Lage von Raumflugkörpern angewendet.

Es gibt noch eine Reihe von Störmomenten, die nicht aufgeführt wurden. Da sie gegenüber den bisher erläuterten Momenten sehr klein sind, werden sie in diesem Zusammenhang nicht berücksichtigt.

Mit der Aufführung der dynamischen Grundgleichungen und der Erläuterung der wesentlichsten Kräfte und Momente, die an Raumflugkörpern auftreten, sind die Voraussetzungen für die Aufstellung der Bewegungsgleichungen gegeben. Es ist nicht unsere Aufgabe, in der vorliegenden Abhandlung die Verfahren zur Lösung der entstehenden Systeme nichtlinearer Differentialgleichungen zu behandeln und damit die vollständigen Bahnen im Raume zu ermitteln. Vielmehr haben wir uns das Ziel gesetzt, die Möglichkeiten der Beeinflussung der Bahn und der Lage von Raumflugkörpern durch die Mittel der Steuerung zu untersuchen.

(Fortsetzung folgt)

Literatur:

- | | |
|--------------------|--|
| 1. Normblatt | DIN 19226 „Regelungstechnik und Steuerungstechnik“ – Entwurf Mai 1962 |
| 2. MÜLLER, F. | Systematik der Lenkverfahren – Teil I und II. Raketentechnik und Raumfahrtforschung H 2 1958, S. 34–44; H 3 1958, S. 87–92 |
| 3. Normblatt | TNL 10350 „Bezeichnungen in der Flugmechanik“ – Februar 1957 |
| 4. ALEMASOW, W. E. | Teorija raketnich dwigateljei Oberongiz, Moskwa 1962 |

5. FEODOSSJEW, W. J.
SINJARJEW, G. B. Wedenje w raketnuju techniku
Oberongiz, Moskwa 1960
6. DAVIS, L.
FOLLIN, W.
BLITZER, L. The Exterior Ballistics of Rockets
van Nostrand Co, Princeton 1958
russische Übersetzung – Oberongiz, Moskwa 1961
7. Uprawlenie poljotom Kosmitscheskich apparatow
Übersetzung aus dem Englischen – Isdat. Inostrannou Literaturi,
Moskwa 1963
8. ROBERSON, R. F. Attitude Control of a Satellite Vehicle Proc. VIII th. International
Astronautik Congress 1958 p. 317–339. Übersetzung ins Russische 7/ –
S. 249–283
9. ROBERSON, R. F. Torques on a Satellite Vehicle from Internal Moving Parts
J. Appl. Mech. 25 (1958) No. 2 p. 196–200, 287–288
Russische Übersetzung 7/ S. 284–303

„Astronomische Rundschau“

Von dieser Veröffentlichung des Zentralen Fachausschusses Astronomie des Deutschen Kulturbundes in den Jahren 1959 bis 1962 sind noch folgende Jahrgänge erhältlich:

Jahrgang 1959, Heft 1–6, für 6,— DM

(von Heft 1–5 sind nur noch wenige Exemplare vorrätig)

Jahrgang 1960, Heft 1–6, für 5,— DM

Jahrgang 1961, Heft 1–6, für 5,— DM

Jahrgang 1962, Heft 1–6, für 6,— DM

Bestellungen auch auf Einzelhefte (1,— DM) nimmt der Deutsche Kulturbund, Bundessekretariat – Abteilung Natur und Heimat –, Berlin C 2, Littenstraße 79a, entgegen.

Astronomie-Tagung in Leipzig

Für den 26. und 27. Oktober 1963 hatte das Präsidium der Gesellschaft zur Verbreitung wissenschaftlicher Kenntnisse zu einer Referentenkonferenz nach Leipzig eingeladen. Die Tagung, die im Zentralen Klub der Jugend und Sportler „Georg Schumann“ durchgeführt wurde, stand unter dem Thema „Neue astrophysikalische und weltanschauliche Erkenntnisse über die Entwicklung der Sterne und Sternsysteme“.

Zu Beginn der Tagung gab Herr Prof. Dr. Lambrecht, Jena, der Vorsitzende der Sektion Astronomie in der Gesellschaft, einen einführenden Überblick über die Thematik und Aufgabenstellung der Konferenz.

Herr Dipl.-Astr. Marx, Jena, referierte anschließend über die Beobachtungsgrundlagen und die physikalischen Zustandsgrößen der Sterne, wie Helligkeit, Leuchtkraft, Temperatur, Spektraltyp, Masse, Durchmesser, Wichte, Magnetfeld und chemische Zusammensetzung.

Herr Dipl.-Astr. Notni, Potsdam-Babelsberg, sprach über die Veränderung der Zustandsgrößen der Sterne, über offene und kugelförmige Sternhaufen, über Sternassoziationen und -populationen. Ausgezeichnete Lichtbilder erläuterten seinen Vortrag.

Aufbauend auf den Zustandsgrößen sprach anschließend Herr Prof. Dr. Lambrecht über die Theorie der Sternentwicklung. Im einzelnen wurden Fragen der Energiequellen, des Energietransportes, der Ionisation, des Gas- und Strahlungsdruckes und der Kernreaktionen im Sterninneren, sowie das Alter der Sterne behandelt. Masse und chemische Zusammensetzung bestimmen eindeutig den Zustand eines Sternes.

Über die Entstehung der chemischen Elemente im Kosmos referierte Herr Dipl.-Astr. Pfau, Jena, der damit einen ausführlichen Überblick über die atomaren Vorgänge im Sterninneren gab.

Ein ganz besonderer Höhepunkt der Tagung war das Referat des bekannten sowjetischen Astronomen, Herrn Prof. Woronzow-Weljaminow, über die Entwicklung von Sternsystemen. In diesem Referat, das der Vortragende in gutem Deutsch hielt, wurde unser heutiges modernes Wissen über die Entstehung von Sternen und Sternsystemen vorgetragen. Unter anderem wurde über die interstellare und intergalaktische Materie, über Globulen und Sternassoziationen, über Gruppen und Haufen von Galaxien, über die Flucht der Spiralnebel und über galaktische Radioquellen berichtet.

Das letzte Referat hielt Herr Dr. Schmidt, Jena, über die Beobachtungsgrundlagen zur Entwicklung von Sternsystemen. Ausgehend von der Klassifikation kam der Referent auf die Helligkeit, die Masse-Leuchtkraftbeziehung, das Alter, den Drehimpuls, die chemische Zusammensetzung und die Radiostrahlung der Sternsysteme zu sprechen. Klar wurde herausgestellt, daß hier viele Dinge noch im Fluß sind und daß in den nächsten Jahren auf Grund der Raketentechnik laufend mit neuen und eventuell revolutionären Erkenntnissen zu rechnen ist.

Der letzte Nachmittag war einer lebhaften Diskussion und einer eingehenden Vertiefung des Stoffes gewidmet. Die weit über hundert Teilnehmer – Astronomielehrer, Leiter von Volkssternwarten und astronomischen Interessenzirkeln – schieden voll Dankbarkeit für den Veranstalter der Konferenz, die so viel neues Wissen vermittelte, von Leipzig. Sie werden das Gehörte und Gelernte als Referenten in alle Bezirke der Deutschen Demokratischen Republik tragen und dadurch mitteilen, daß ein modernes wissenschaftlich begründetes Weltbild zum Wissensschatz aller Erwachsenen und der heranwachsenden Jugend gehört.

H. WOLF

Inhalt

	Seite		Seite
<i>H. Künzel:</i> Astrophysikalische Forschungen im Jahr der ruhigen Sonne	129	Amateure beobachten und berichten	
<i>Ing. M. Rötisch:</i> Geometrische und Wellen-Optik in der Astronomie	137	<i>E. Schütz:</i> Die Sonnenfleckentätigkeit im II. und III. Quartal 1963	167
<i>K.-H. Neumann:</i> Astronomische Beobachtungen und Raumfahrt	142	Buchbesprechungen	168
<i>Ing. M. Rötisch:</i> Radioteleskope — Ohren im Weltall	149	Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie	
<i>H. Pfaffe:</i> Aktuelles aus der Astronautik	151	<i>MR Dr. K. Sigmund/J. Berger:</i> Bericht über das Astronomie-Seminar in Oybin	169
<i>K.-H. Neumann:</i> Die Raumforschung in Frankreich	152	<i>MR Dr. K. Sigmund:</i> Bericht über die VI. Astronomie-Tagung in Dresden	170
<i>K.-H. Neumann:</i> Kurzreferate einiger Vorträge auf dem XIV. IAF-Kongreß in Paris	155	Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft	
Aus der astronautischen Literatur	164	<i>Dr.-Ing. F. Ruhle:</i> Grundlagen der Kosmotechnik	171
		<i>Dr.-Ing. F. Ruhle:</i> Die Steuerung von Raumflugkörpern	173
		<i>H. Wolf:</i> Astronomie-Tagung in Leipzig	191

Herausgeber: Deutscher Kulturbund, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit der Deutschen Astronautischen Gesellschaft — Redaktion: Herbert Pfaffe, Chefredakteur; Joachim Berger, Karl-Heinz Neumann, Edgar Otto — Redaktionsbeirat: Dipl. Astron. E. Bartl, Prof. Dr. Joh. Hoppe, Prof. Dr. Lambrecht, Prof. E. Penzel, Dr.-Ing. F. Ruhle, Dr. K. H. Schmidt, Prof. D. Wattenberg, Prof. Dr. Wempe.

Titelgestaltung und Zeichnungen: H.-G. Urbschat
 „Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1963 mit drei Doppelheften. Bezugspreis 9,— DM pro Jahrgang, Doppelheft 3,— DM einschließlich Zustellgebühr — einzuzahlen per Postanweisung unter Kennwort „Astronomie und Raumfahrt“ an die Abt. Natur und Heimat des Bundessekretariats des Deutschen Kulturbundes Berlin C 2, Littenstraße 79a.

Versand: Deutscher Kulturbund, Bundessekretariat, Abteilung Natur und Heimat, Berlin C 2, Littenstraße 79a. Fernsprecher 51 53 84/85. Bestellungen nehmen die Redaktion und die Abteilung Natur und Heimat des Deutschen Kulturbundes entgegen.

Lizenznummer: 1490 — Druckerei: VEB (K) Druckerei Apolda — V 19 8 34

Dieses Heft wurde im Juni 1964 ausgeliefert

Astronomie und Raumfahrt

