Zeitschrift: Pionier : Zeitschrift für die Übermittlungstruppen

Herausgeber: Eidg. Verband der Übermittlungstruppen; Vereinigung Schweiz. Feld-Telegraphen-Offiziere und -Unteroffiziere

Band: 37 (1964)

Heft: 5

Artikel: Das Bahnverfolgungsnetz für Satelliten und Raumfahrzeuge

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-561356

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Das Bahnverfolgungsnetz für Satelliten und Raumfahrzeuge

Am 31. Januar 1958 wurde der erste amerikanische Satellit, Explorer I, auf seine Umlaufbahn gebracht, und am gleichen Tage nahmen auch die ersten Bahnverfolgungsstationen des US-Bundesamtes für Luft- und Raumfahrtforschung NASA ihren Betrieb auf. Das damalige Netz bestand im wesentlichen aus einigen Minitrack-Anlagen in der westlichen Hemisphäre. Inzwischen wurde das Verfolgungsnetz durch zusätzliche Minitrack-Stationen und eine grosse Anzahl weiterer Anlagen in aller Welt ausgebaut.

Im allgemeinen geniesst ein Satellit nur solange besondere Beachtung, wie neue interessante Einzelheiten über seine Konstruktion und seine Aufgaben erscheinen. Nach dem Abschuss, der teilweise noch mit Spannung erwartet wird, ist er nur noch einer von vielen und gerät in der Öffentlichkeit meist sehr schnell in Vergessenheit. In Wirklichkeit aber beginnt mit dem Eintritt eines Satelliten in die vorgesehene Umlaufbahn erst seine eigentliche Aufgabe. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass er nicht nur seine Bahn genau einhält und die beabsichtigten Funktionen ausübt, sondern dass es gelingt, ihn mit hoher Präzision zu verfolgen und die von ihm ausgesendeten Daten am Boden zu empfangen, aufzuzeichnen und auszuwerten.

Von den gegenwärtig auf Umlaufbahnen befindlichen Satelliten sind es noch fünfzehn, die Daten ausstrahlen — mit einer Gesamtsendezeit von fünfzig Stunden pro Tag. Kein Wunder, dass die NASA ein weitverzweigtes Netz von Verfolgungs- und Empfangsstationen sowie Fernmeldeverbindungen und eine äusserst leistungsfähige Datenverarbeitungszentrale errichten musste, um alle Forschungsprogramme reibungslos durchführen zu können. Anlässlich des fünfjährigen Bestehens ihres Verfolgungsnetzes gab die NASA Anfang dieses Jahres einen Überblick über die einzelnen Netze und ihre Stationen. 13 Minitrack-Stationen in 8 Ländern sind heute in Betrieb, davon 8 Stationen ausserhalb der Vereinigten Staaten.

Für die Verfolgung bemannter Raumfahrzeuge und den Datenaustausch mit ihnen stehen 17 Stationen in 8 Ländern zur Verfügung, davon 11 Stationen (einschliesslich zweier Schiffe) ausserhalb der USA (dieses Verfolgungsnetz war ursprünglich für das Mercury-Project errichtet). Zwei Stationen dienen zur Erfassung von Breitbandsignalen (z. B. für den Empfang der Fernsehübertragungen des künftigen Wettersatelliten Nimbus). Zur Erforschung der Planeten und des Mondes stehen drei DSIF-Stationen (Deep Space Instrumentation Facility) zur Verfügung.

12 mit Baker-Nunn-Kameras ausgerüstete Stationen des Smithsonian Astrophysical Observatory (in 11 Ländern) dienen zur optischen Verfolgung und fotografischen Aufzeichnung von Satellitenbahnen.

Im Goddard Space Flight Center laufen die Daten der Stationen zusammen, werden ausgewertet und gespeichert.

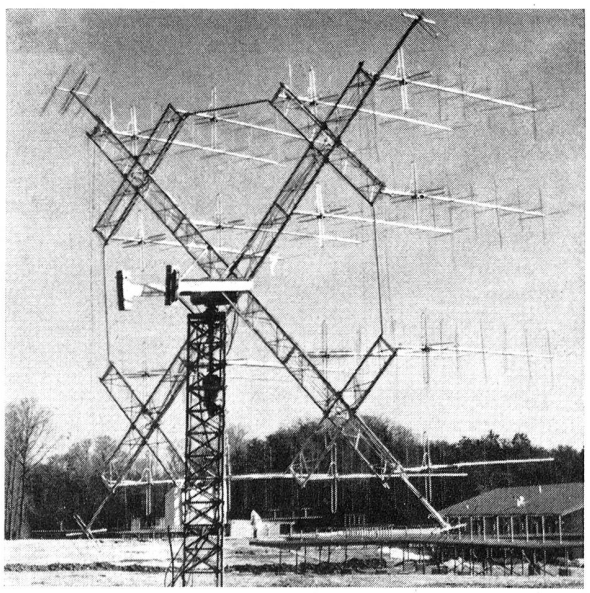
Minitrack

Ursprünglich im Jahre 1957 geschaffen, sollte das Netz der Minitrack-Stationen im Rahmen des Vanguard-Projektes seine Feuertaufe erleben, kam jedoch erst am 31. Januar 1958 mit dem erfolgreichen Abschuss des Explorer 1 zum Einsatz. Inzwischen wurden zwar die Anlagen ausgebaut und die Zahl der Stationen erhöht, doch blieb der Aufgabenbereich des Minitrack (Minimum Weight Tracking System — Bahnverfolgungssystem mit Satellitensendern geringen Gewichtes) im wesentlichen erhalten: Bahnverfolgung, Berechnung der Umlaufbahn, Datenerfassung und -reduktion.

Das Netz der Stationen ging aus Vereinbarungen der USA mit anderen Staaten als Teil des Forschungsprogrammes für das Internationale Geophysikalische Jahr hervor und wurde von Anfang an für alle Satelliten der NASA verwendet, die eine geeignete Funkbake an Bord mitführten.

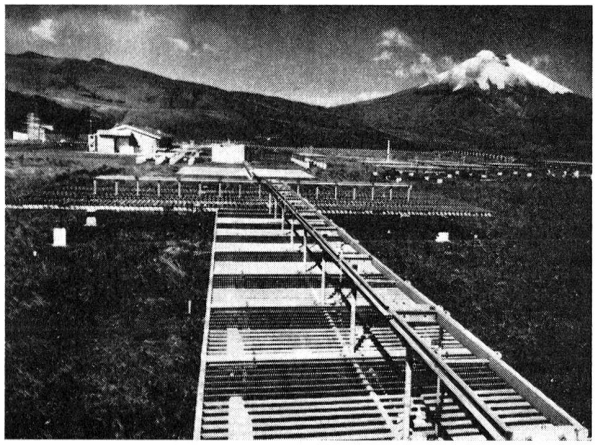
Heute befinden sich dreizehn Stationen in allen Teilen der Welt, deren Standorte so gewählt wurden, dass zumindest eine davon stets mit dem Satelliten Verbindung aufnehmen kann. Damit lassen sich fast alle möglichen Umlaufbahnen irgendeiner Inklination oder Höhe erfassen.

Für die ersten Stationen wählte man zumeist Standorte (längs des 75. westlichen Längengrades), um Satelliten zu erfassen,



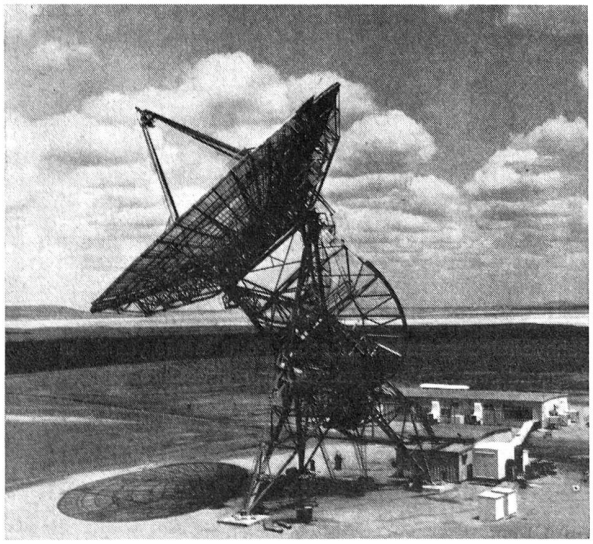
Bahnverfolgungsstation Blossom Point in Maryland. Im Vordergrund eine zu Versuchszwecken aufgestellte Yagi-Antenne mit sechzehn Elementen; darunter Minitrack-Antennen.

Offizielles Organ des Eidg. Verbandes der Übermittlungstruppen (EVU) und der Vereinigung Schweiz. Feldtelegraphen-Offiziere und -Unteroffiziere. Organe officiel de l'Association fédérale des Troupes de Transmission et de l'Association suisse des Officiers et Sous-officiers du Télégraphe de campagne. Redaktion: Erwin Schöni, Mürgelistrasse 6, Zuchwil, Telephon (065) 2 23 14. Postcheckkonto der Redaktion: VIII 15666. Druck und Administration: Fabag, Fachschriften-Verlag und Buchdruckerei AG, Zürich. Erscheint am Anfang des Monates. Abonnementsbestellungen sind an die Redaktion zu richten.



Minitrack-Station in Quito, Ecuador. Im Vordergrund eine Antenne zum Empfang von Telemetriesignalen.

die mit weniger als 45 Grad Inklination auf ihre Bahn geschossen wurden. Erst später kamen Stationen in höheren Breitengraden hinzu, die im Bereich stärkerer Inklinationen liegen, und es ist geplant, zehn der Stationen mit zusätzlichen Antennen auszurüsten, die speziell zur Verfolgung von Satelliten auf polaren Umlaufbahnen geeignet sind.
Da jedoch vom Minitrack stets nur einige wenige Punkte einer Umlaufbahn bestimmt werden können, lässt sich die genaue Bahn erst nach mehreren Umläufen errechnen. Im allgemeinen reicht aber diese Methode aus, um unbemannte Satelliten zu verfolgen, die ja meist für längere Zeit die Erde umkreisen. Seit seiner Schaffung erfuhr das ursprüngliche Verfolgungsnetz einige Verbesserungen, um auch auf optischem Wege oder mittels Dopplermessungen arbeiten zu können.



Im Rahmen ihrer Mond- und Planetenforschung stützt sich die NASA für die Bahnverfolgung und Datenaufnahme auf Radarstationen. Hier die 26-Meter-Empfangsantenne in Woomera, Australien, die zur Bahnverfolgung, Aufzeichnung von Telemetriedaten und Dopplermessung verwendet wird.

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 im 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.

Bodenstationen für unbemannte Raumfahrzeuge

Dem Jet Propulsion Laboratory (JPL) des California Institute of Technology übertrug die NASA die Verantwortung für die «Betreuung» unbemannter Raumflugzeuge, die tiefer in den Raum — zum Mond oder weiter — vordringen. Als Kontrollzentrum fungiert das JPL in Pasadena, Kalifornien, während sich die Verfolgungsstationen in Kalifornien (Goldstone Lake in der Nähe von Barstow), Südafrika (Johannesburg) und Australien (Woomera) befinden.

Aufgrund der hochempfindlichen Geräte sah sich die NASA vor die Aufgabe gestellt, für die Radarantennen Standorte auszusuchen, in deren Umgebung sich so wenig fremde Rauschquellen wie möglich befinden. Beispielsweise wurde die Goldstone-Anlage in der Mohave-Wüste errichtet, wo ein von Auto-Zündanlagen, Flugzeug-Bordfunkgeräten, Stromleitungen sowie Funk- und Fernsehausstrahlungen hervorgerufenes Rauschen kaum auftritt.

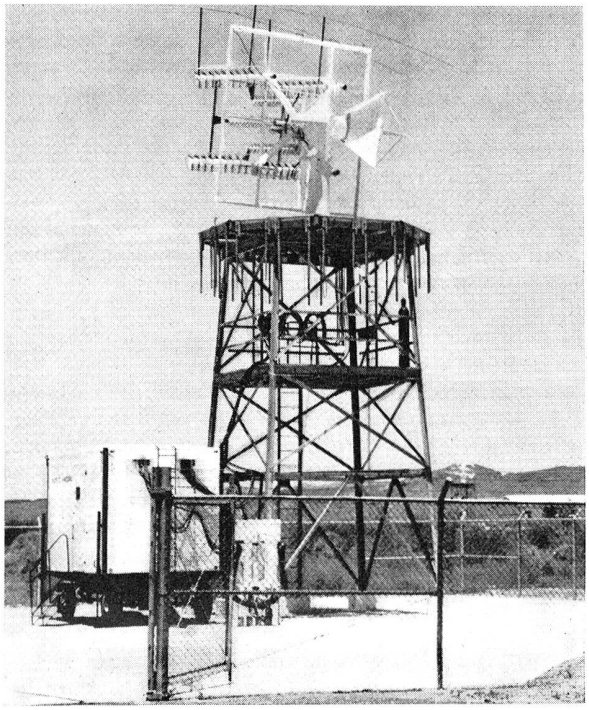
Der Goldstone-Komplex mit einem Umkreis von 11 Kilometern umfasst folgende drei Stationen:

Die Echo-Station ist mit einer 26-Meter-Radarantenne ausgerüstet, die mit einer Winkelgeschwindigkeit bis zu einem Grad pro Sekunde verfolgen kann. Zu den wichtigsten elektronischen Unterbaugruppen zählen ein empfindlicher phasenstarrer Empfänger mit einem rauscharmen parametrischen Verstärker, ein Sender mit maximaler Sendeleistung von 10 kW und die dazugehörigen Geräte zur Datenbearbeitung samt Instrumentierung. Die Radarantenne dieser Station dient in erster Linie für die Bahnverfolgung und ist für Empfang und Senden eingerichtet.

Die Pioneer-Station verwendet zwar eine ähnliche Antenne wie die Echo-Station, kann jedoch keine Signale aussenden. Die Antenne ist in Cassegrain-Bauweise ausgeführt und besitzt einen rauscharmen Maser-Verstärker. Sie wird vornehmlich zur Erforschung und Entwicklung von Baugruppen oder Anlagen herangezogen und dient als zusätzliche Verfolgungsstation für Raumfahrzeuge.

Die Venus-Station arbeitet mit einer Azimut-Elevations-Antenne (26 Meter Durchmesser) in Cassegrain-Bauweise. Zu umfangreicheren Versuchen mit speziellen Funkausrüstungen steht zusätzlich ein 9-Meter-Radar (ebenfalls Azimut-Elevation) zur Verfügung, und ein 100-kW-Sender für Funkverbindungen mit den entferntesten Punkten unseres Sonnensystems befindet sich in Entwicklung.

Ähnlich den riesigen Radioteleskopen empfängt die polar aufgehängte Verfolgungsantenne jene Signale am stärksten, deren Quelle genau auf der Antennenachse liegt. Dadurch lässt



Vierfachwendel-Telemetrieantenne und fahrbares Stromversorgungsgerät der Mercury-Bahnverfolgungsstation Guaymas in Mexiko.

sich ein Raumfahrzeug verfolgen, indem die Antenne ständig in Richtung des stärksten Signals nachgeführt wird.

Die australische Station Woomera verfügt über eine einzige 26-Meter-Empfangsantenne zur Verfolgung, Telemetriedatenaufzeichnung und Dopplermessung. Sie besitzt jedoch keine Einrichtung für die Befehlsübertragung zum Raumfahrzeug. Zur Ausrüstung der Johannesburg-Station gehört ein 10-kW-Sender — ähnlich jenem der Echo-Station von Goldstone —, so dass Befehlsübertragung, Verfolgung, Telemetriedatenaufzeichnung und Dopplermessungen möglich sind.

Die drei aufgeführten Stationen sind ungefähr im Winkel von 120 Grad über die Erdkugel verteilt und erlauben somit die ununterbrochene Verfolgung eines Raumfahrzeuges. Abgesehen von diesen festen Stationen ist in Johannesburg eine mobile Verfolgungsstation zur ersten Erfassung eines Raumfahrzeuges stationiert, und auf der Atlantic Missile Range in Cape Kennedy eine weitere transportable Station zur Verfolgung während des Aufstieges. Ferner ist die Errichtung von zwei zusätzlichen 26-Meter-Radarantennen in der südlichen Hemisphäre vorgesehen.

Derzeit verwendet man zur Datenübertragung von der Bodenstation zum Raumfahrzeug die Frequenz von 890 MHz und in umgekehrter Richtung 960 MHz. Allerdings werden die Stationen noch dieses Jahr auf die für die Raumfahrt reservierten Frequenzbereiche von 2290 bis 2300 MHz für Übertragungen vom Raumfahrzeug zum Boden und 2110 bis 2120 MHz für den Funkverkehr vom Boden zum Raumfahrzeug übergeben.

Überwachung und Verfolgung bemannter Raumfahrzeuge

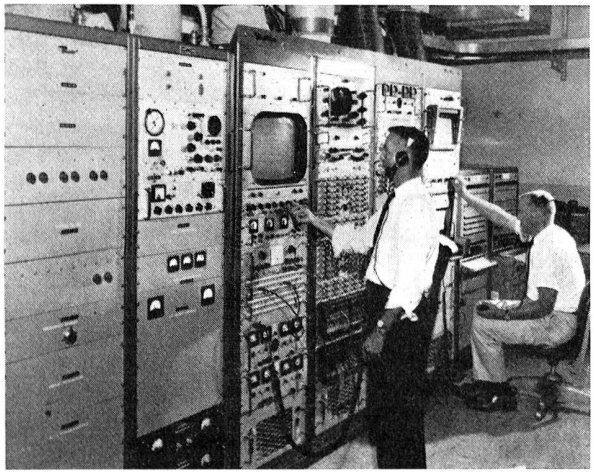
Es liegt auf der Hand, dass die Flüge bemannter Raumfahrzeuge hinsichtlich der Überwachung und Verfolgung sowie des Nachrichtenaustausches beträchtlich höhere Anforderungen stellen als Versuche mit unbemannten Fahrzeugen. Unmittelbar nach dem Zünden der Raketenmotoren beginnen vielfältige und umfangreiche Informationen über Beschleunigung, Geschwindigkeit und Flugrichtung bei der Bodenstation einzutreffen. Diese Daten sind die Grundlage für die Beurteilung, ob das Raumfahrzeug die vorgesehene Umlaufbahn erreichen kann oder nicht. Während des gesamten Fluges müssen darüber hinaus Informationen über Standorte und physischen Zustand des oder der Astronauten zur Verfügung stehen, und der gesamte Datenfluss darf während der Umlaufphase wie beim Wiedereintritt und bis zur Bergung der Raumkapsel unter keinen Umständen abreissen.

Um den sicheren, ununterbrochenen Datenaustausch mit bemannten Raumfahrzeugen zu gewährleisten, arbeitet das Goddard Space Flight Center mit einem weltweiten Netz von Verfolgungsanlagen zusammen, die gleichzeitig als Bodenstationen für Telemetrie- und Sprechfunkübertragung dienen. In der Goddard-Raumfahrtzentrale — mit den einzelnen Stationen des Netzes über Sprechfunk verbunden — werden die Umlaufbahnen von Satelliten und Raumfahrzeugen errechnet und vorhergesagt. Dafür sind zwei — aus Sicherheitsgründen parallel arbeitende — elektronische Echtzeit-Rechenanlagen eingesetzt, deren Aufgabe unter anderem darin besteht, Empfehlungen für den Fall unvorhergesehener Zwischenfälle auszuarbeiten, Flug- und Umlaufbahnen zu errechnen, die günstigste Zeit für den Beginn des Wiedereintritts zu ermitteln, sowie den Landeort der Raumkapsel vorauszuberechnen. Alle diese Rechenvorgänge laufen kontinuierlich während des gesamten Einsatzes ab. Um einen Eindruck von der Leistungsfähigkeit des Rechners zu geben: Er vermag in einer Sekunde eine 1200 Meter lange Kolonne von zehnstelligen Zahlen zu addieren.

Das Verfolgungssystem für bemannte Raumfahrzeuge erstreckt sich über drei Kontinente und drei Ozeane, so dass für den Fernmeldeverkehr der einzelnen Stationen untereinander

Das Bahnverfolgungsschiff «Rose Knot» dient als mobile Telemetriestation für Versuche mit bemannten Raumfahrzeugen. Seine Ausrüstung erlaubt Empfang und Befehlsübertragung.

und mit dem Goddard Space Flight Center selbst sowie für den Nachrichtenaustausch mit dem Astronauten ein weitverzweigtes Netz von Verbindungen über Land- und Unterwasserkabel, Funkverbindungen und speziellen Fernmeldeeinrichtungen erforderlich ist. Zum gesamten Netz gehören unter anderem mehr als 160 000 Kilometer Fernschreibleitungen, fast 100 000 Kilometer Telefonleitungen und 24 000 Kilometer lange Verbindungen für Datenübertragungen mit hoher Geschwindigkeit — abgesehen natürlich von den Einrichtungen zur Erfassung und Verfolgung der Raumfahrzeuge, wie Radaranlagen grosser Reichweite, Telemetrieempfänger, Sender für Kommandosignale und Funksprecheinrichtungen für den Nachrichtenaustausch Boden—Bord.



Empfangsstation für Telemetriedaten der Mercury-Bahnverfolgungsstation Wallops Island in Virginia.

Am Beispiel eines unbemannten Raumfluges lässt sich am besten illustrieren, wie reibungslos die Funktionen der einzelnen Anlagen dieses weitverzweigten Verfolgungsnetzes ineinandergreifen müssen, um den Erfolg des Fluges zu gewährleisten.
Vom Augenblick des Abschusses an werden die in Cape Kennedy und auf Bermuda ermittelten Daten mit hoher Geschwindigkeit an die Rechenanlage im Goddard Space Flight Center übermittelt, und auf dem gleichen Wege gelangen die Resultate des Rechners zum Manned Space Flight Center. Da die Radargeräte in Cape Kennedy in der gleichen Sprache reden müssen, wie die Rechenanlage, 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 aufrecht zu halten. Auf diese Weise lässt sich erreichen, dass die auf den Darstellungsschirmen angezeigte Position des Raumfahrzeuges nur wenige tausendstel Sekunden «alt» ist.
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 Grunde abgebrochen werden muss, ehe die Kapsel ihre Umlaufbahn erreicht hat. Die Kontrollzentrale steht mit der Station auf Bermuda in ständigem Funksprechkontakt, und falls das Raumfahrzeug bereits ausserhalb der Radarreichweite von Kape Kennedy ist, kann von Bermuda aus noch immer die endgültige Entscheidung über Fortführung oder Abbrechung des Fluges getroffen werden. Da für diese Entscheidung weniger als eine Minute zur Verfügung steht, besitzt die Station auf 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 des Standortes der Raumkapsel, des Eintretens in die Umlaufbahn und zur Vorhersage des weiteren Flugverlaufes werden die Radardaten der Stationen auf Bermuda, den Kanarischen Inseln, Australien, 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 Telemetrie- und Funksprechverbindungen 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 Raumfahrers getroffen werden können.
Um künftige Modifikationen des weitläufigen Fernmeldenetzes zu erlauben, machte man weitgehend von bestehenden Verbindungen Gebrauch, die zum Teil durch Spezialeinrichtungen der NASA ergänzt und für den beabsichtigten Zweck umgerüstet wurden. Auf diese Weise konnte man nicht nur erhebliche Kosten einsparen, sondern durch Verwendung bereits bewährter Verbindungen und Anlagen liess sich auch eine bemerkenswert hohe Zuverlässigkeit des gesamten Fernmeldenetzes erzielen.
Als typisches Beispiel für den Aufbau des Fernmeldenetzes kann die 8400 Kilometer lange Verbindung von den Kanarischen Inseln zum Goddard Space Flight Center gelten: Von der NASA-Station über Landleitungen zum Endamt der Compañia Telefónica Nacional de España, von dort über Funkverbindung der Transradio Española nach London, dann über Transatlantikkabel (gemeinsam von der American Telephone and Telegraph Company AT + T und dem britischen Postministerium betrieben) zur RCA-Endstelle in New York. Die Meldung geht von dort zum Endamt der AT + T (ebenfalls in New York) weiter und über Fernleitungen nach Washington, Greenbelt und schliesslich zum Goddard Flight Center. Ein zweites Fernmeldenetz mit separaten Verbindungen wird auf Wunsch für die Übermittlung zusätzlicher Meldungen eingeschaltet.

Die Raumfahrtzentrale Goddard

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

Kontrolle der Bahnverfolgung, Befehlsübertragung und Datenerfassung sowie der übrigen Anlagen für wissenschaftliche Raumfahrzeuge.

Koordinierung der Tätigkeit anderer Bodeneinrichtungen für wissenschaftliche Raumfahrzeuge, mit Ausnahme gewisser Einrichtungen an den Abschussorten.

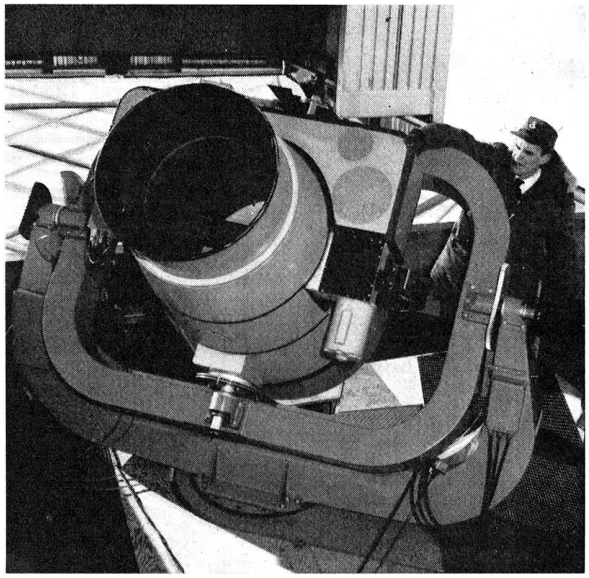
Überwachung der gesamten Tätigkeit, um sicherzustellen, dass die Durchführung des Programms entsprechend dem Einsatzplan erfolgt. Sollte aus irgendeinem unvorhergesehenen Grunde eine Störung im Programmablauf eintreten, ist die Zentrale dafür verantwortlich, dem Projektleiter geeignete Alternativvorschläge zu machen und deren korrekte Ausführung zu überwachen.

Bereitstellung von Einrichtungen zur Überwachung des augenblicklichen Status auf den einzelnen Bodenstationen und im Raumfahrzeug.

Gewährleistung, dass der Projektleiter über jede Statusänderung im Netz der Stationen und im Satelliten informiert wird, die den Erfolg gefährden könnte.

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.

Bereitstellen 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.



Zur optischen Bahnverfolgung verwendet das Smithsonian Astrophysical Observatory Baker-Nunn-Kameras, die auf zwölf Stationen in aller Welt verteilt sind. Die Leistung der Kamera genügte bis heute für sämtliche auf Erdumlaufbahnen gebrachte Satelliten. Selbst der winzige Vanguard 1 von 15 cm Durchmesser wurde auf eine Entfernung von 4800 km fotografiert.

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 der 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 1, der mit einem Durchmesser von 15 Zentimeter nicht grösser als eine Pampelmuse ist und in einer Entfernung von 4800 Kilometer 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 Satellitenpassagen pro Monat. Im Durchschnitt werden von hundert angesagten Passagen etwa 35 verfolgt, 40 gehen infolge schlechten Wetters verloren und auf die restlichen muss man aufgrund 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 Satellitenpassagen zu registrieren. Eine Anzahl, die mehr als ausreicht, um ständig jene Satelliten zu beobachten, die heute nur mit optischen Mitteln zu erfassen sind.

Zum Titelbild dieser Nummer

Diese Wendelantenne empfängt die Signale eines automatischen Bildaufnahmesystems, das im Goddard Space Flight Center für die Wettersatelliten der NASA in Entwicklung steht. Sie wird alle drei Minuten 28 Sekunden «Echtzeit»-Bilder empfangen, die eine Fläche von 1850×1850 km überdecken. Ein Faksimile-Gerät wandelt die Signale sofort in ein Bild um, so dass den Wetterwarten stets Unterlagen über die augenblickliche Situation zur Verfügung stehen.

Wir entnehmen den vorliegenden Aufsatz der Zeitschrift «Interavia» Nr. 8 1963, deren Redaktion wir für die Überlassung der Bilder und des Nachdruckrechtes bestens danken.

Red.

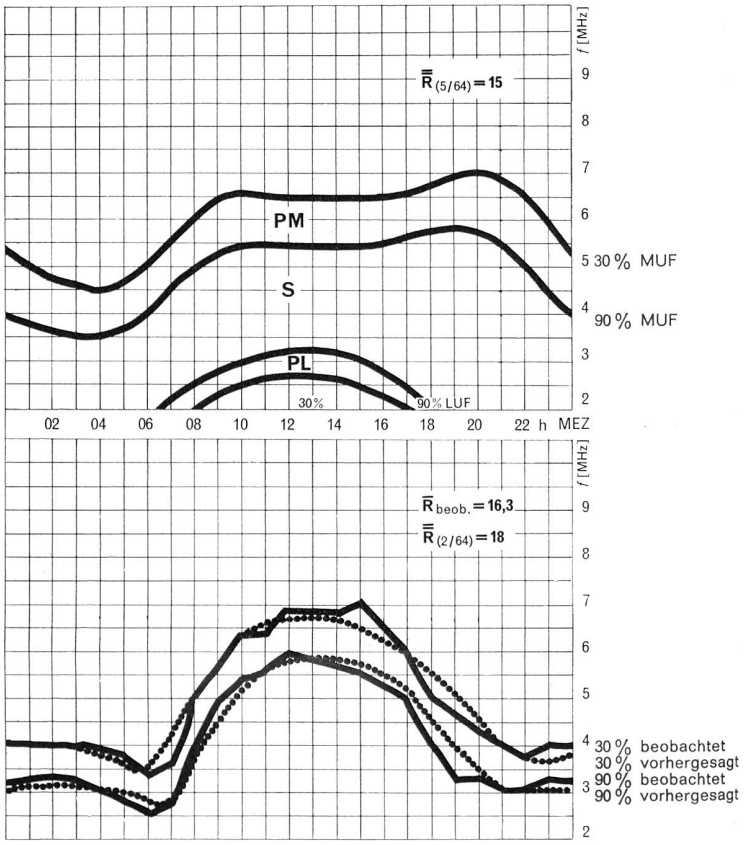
Funkantenne für das Überschallflugzeug «Concorde»

Der Konstrukteur hat bei schnellen und erst recht bei Überschallflugzeugen ausserordentliche Schwierigkeiten, ein wirksames Antennensystem für Kurzwellen zu entwerfen. Dies ist auch der Fall beim neuen Concorde-Überschallflugzeug, das gegenwärtig in britisch/französischer Gemeinschaftsarbeit für die Zivilaviatik entwickelt wird. Man wird jedoch eine vorteilhafte Lösung finden und zwar derart, dass das Flugzeug selber, d. h. dass seine Flügel, sein Schwanzstück und der 55 m lange Rumpf gemeinsam als Kurzwellenantenne wirken. Die Lösung dürfte gefunden werden durch eine neuartige Schlitzantenne, für deren Entwicklung die britische ITT-Gesellschaft, kürzlich den Kontrakt erhalten hat. Dieser Entwicklungsauftrag schliesst an erfolgreich beendete Arbeiten ähnlicher Art an, die bei STC unter der Leitung von Mr. C. G. Fitzpatrick z. B. für die Trident und Vanguard-Flugzeuge und auch für militärische Typen durchgeführt worden sind. Die erwähnten Schlitz- oder Kerbenantennen, welche innerhalb der Aussenhaut des Flugzeuges montiert sind und nach aussen durch nicht vorstehende Deckel aus Glasfiber geschützt sind, sind unentbehrlich für die Lösung des Antennenproblemes für Langdistanz-Funkgeräte in Überschallflugzeugen. Jedes vorstehende Element würde bei den hier auftretenden, sehr hohen Strömungsgeschwindigkeiten nicht tolerierbare Widerstände und Reibungen verursachen, Erscheinungen, die bis zum Schmelzen der Antennenteile führen können. Die von früheren Langdistanzflugzeugen bekannten Langdraht- oder Rutenantennen sind bei Überschallflugzeugen vollständig ungeeignet. Eine Kopplungseinheit, die in der erwähnten Rumpfkerbe untergebracht ist, vermittelt die Signale des Bordsenders derart, dass die Aussenhaut des ganzen Flugzeuges angeregt wird und als Funkantenne zum Senden wie auch zum Empfang dient.

Laserstrahl als Werkzeug

Die charakteristische Eigenschaft eines Lasers zeigt sich in der Tatsache, dass er lichtkohärente Strahlung aussendet. Im Gegensatz zu einer natürlichen Lichtquelle, wie z. B. die Sonne darstellt, liefert er also eine gerichtete, monochromatische Strahlung. Dadurch ist es möglich, enorme Energiedichten auf sehr kleinem Raum zu erzielen und Temperaturen zu erhalten, die höher sind als alle bisher erreichten — ausgenommen die bei der Atomenergieumwandlung entstehenden Temperaturen. Die Wirkung eines derartigen Lichtstrahles konnte mit einem in den Pariser Laboratorien der LCT entwickelten Rubin-Laser demonstriert werden: Eine 1,5 mm dicke Stahlplatte wurde in 200 µs durchbohrt. Das entstandene Loch hat einen Durchmesser von rund 50 µm. Auch äusserst harte Materialien wie Diamanten lassen sich in ähnlicher Weise bearbeiten. In der ITT Industrial Laboratories in Fort Wayne wurde Anfangs September 1963 ein Laser in Betrieb genommen, der als der leistungsstärkste der Welt gilt. In einer Kondensatorbatterie wird eine grosse Menge elektrischer Energie gespeichert und dann impulsartig dem Laser zugeführt. Auf diese Weise erzeugt man einen Lichtstoss mit einer Leistung von mehr als 1000 MW. Mit diesem Laser soll speziell die Wirkung einer solchen hohen Lichtenergie auf verschiedene Materialien und ihre Anwendungsmöglichkeiten in der medizinischen Forschung untersucht werden.

MUF-Vorhersage für Mai 1964 Beobachtungen, Februar 1964



Bedeutung der Symbole

Wählt man für eine Verbindung auf Kurzwellen innerhalb der Schweiz die Arbeitsfrequenz so, dass sie in den Bereich S fällt, so ist die Verbindung als sicher zu beurteilen (unter Vorbehalt von drei gestörten Tagen). In den Bereichen PM und PL ist die Wahrscheinlichkeit für eine sichere Verbindung naturgemäss geringer. Fällt die Arbeitsfrequenz in den Bereich PM, so ist die Wahrscheinlichkeit grösser, dass die Tages-MUF erreicht oder überschritten wird. Ist die Verbindung schlecht, soll eine tiefere Arbeitsfrequenz gewählt werden. Fällt die Arbeitsfrequenz in den Bereich PL, so ist die Wahrscheinlichkeit grösser, dass die Tages-LUF erreicht oder überschritten wird. Ist die Verbindung schlecht, soll eine höhere Arbeitsfrequenz gewählt werden.

$\bar{R}$ = gleitendes Zwölfmonatsmittel der Sonnenflecken-Relativzahlen

$\bar{\bar{R}}$ = beobachtete monatliche Relativzahl der Sonnenflecken

Explication des symboles

Si l'on choisit pour une transmission sur ondes courtes sur territoire suisse une fréquence de travail qui se trouve dans la région centrale S du graphique, on peut considérer la liaison comme sûre (sauf en cas de perturbation pendant trois jours). Dans les régions PM et PL du graphique, la probabilité d'obtenir une liaison sûre est naturellement moins grande. Si la fréquence de travail se trouve dans la région PM, la probabilité est plus grande que la MUF de ce jour soit atteinte ou même dépassée. En cas de mauvaise liaison: diminuer la fréquence de travail. Si la fréquence de travail se trouve dans la région PL, la probabilité est plus grande que la LUF de ce jour soit atteinte ou même dépassée. En cas de mauvaise liaison: augmenter la fréquence de travail.

$\bar{R}$ = nombre relatif mensuel observé des taches solaires

$\bar{\bar{R}}$ = moyenne glissante de douze mois des nombres relatifs mensuels des taches solaires.