

Zeitschrift: Pionier : Zeitschrift für die Übermittlungstruppen
Herausgeber: Eidg. Verband der Übermittlungstruppen; Vereinigung Schweiz. Feld-Telegraphen-Offiziere und -Unteroffiziere
Band: 38 (1965)
Heft: 6

Artikel: Die Entwicklung von Synchron-Uebermittlungssatelliten
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-562673>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.02.2025

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

Die Entwicklung von Synchron-Uebermittlungssatelliten

Wir haben in der letzten Nummer eine allgemein gehaltene Abhandlung über den Start des ersten kommerziellen Fernmeldesatelliten Early Bird veröffentlicht. Inzwischen haben sicher alle unsere Leser von der Existenz dieses Satelliten profitieren können, sei es auch nur durch die inzwischen ausgestrahlten Uebermittlungen der Fernseh-Programme. Wir sind heute in der Lage, nähere Einzelheiten über das amerikanische Syncom-Programm zu veröffentlichen, und wir freuen uns darüber ganz besonders, weil alle die nachfolgenden Angaben und Abbildungen direkt von der Herstellerfirma Hughes Aircraft Corporation stammen und von dieser speziell für den «Pionier» vom Amerikanischen ins Deutsche übersetzt worden sind. Der Redaktor möchte an dieser Stelle dieser Firma seinen Dank abstaten, auch weil er davon überzeugt ist, den Lesern des «Pionier» etwas präsentieren zu können, was den Beginn einer neuen Periode in der Erschliessung der Uebermittlungsmittel für weltweite Verbindungen sowohl kommerziell als auch militärisch bedeuten dürfte.

In der nachfolgenden Übersetzung mussten zum Teil Fachausdrücke aus dem Amerikanischen übernommen werden, weil es hierfür im Deutschen gar keine entsprechenden deutschen Worte gibt. Techniker und Ingenieure werden hierfür Verständnis haben, denn bei der Entwicklung der Fernmeldesatelliten handelt es sich um ein Gebiet, dessen Ursprung im englischen Sprachgebiet liegt.

Einige Erklärungen zum besseren Verständnis

Wir müssen annehmen, dass unsere Leser über die grundlegenden Aspekte von Fernmeldesatelliten nicht so auf dem laufenden sind, wie es zum Verständnis des nachfolgenden Aufsatzes notwendig ist. Wir erlauben uns deshalb, einige Erläuterungen voranzustellen.

An der Lancierung des Satelliten Early Bird und der vorangegangenen Versuchsreihe Syncom sind beteiligt die amerikanische Weltraumbehörde NASA und die eigens zu diesem Zwecke gegründete Gesellschaft COMSAT. Die letztere stellt sich zur Aufgabe, Satelliten für die kommerzielle Nachrichtenübermittlung einzusetzen. An ihr sind verschiedene Länder bzw. ihre Postverwaltungen direkt beteiligt, so auch die schweizerische PTT. Bei den Fernmeldesatelliten handelt es sich nicht um die Ersetzung der Überseekabel, die bis anhin zum grössten Teil den Telephonverkehr zwischen Kontinenten ermöglicht haben, sondern um dessen Ergänzung.

Bei dem Projekt Syncom geht es grundsätzlich um folgende Überlegungen: Die Satelliten müssen so hoch über die Erde gebracht und so beschleunigt werden, dass sie stets über dem gleichen Punkt der Erde stehen bleiben. Wenn also der Early Bird von blosser Auge sichtbar wäre, so würden ihn die Menschen unter seinem jetzigen Standort — einem Gebiet mitten über dem Atlantischen Ozean in der Nähe des Äquators — als Fixstern beobachten können. Diese Anordnung bezeichnet man als Satelliten in grossen Höhen. Die Geschwindigkeit entspricht genau derjenigen der Erdrotation.

Das Entscheidende an diesen hohen Standorten ist es nun, dass für die Verbindungen zwischen allen Punkten der Erde bloss drei Satelliten des Typs Early Bird notwendig sind. Die Verbindungen zwischen den Erdteilen können so erstellt werden, dass eine normale Telephonverbindung vom Anrufer zur nächsten Bodenstation führt, von dort zum Satelliten und wie-

der zurück zu der dem Angerufenen am nächsten liegenden Bodenstation und durch die normale Telephonleitung zum Angerufenen. Möglich sind im Endausbau auch Verbindungen Bodenstation—Satellit 1—Satellit 2—Bodenstation.

Die wirtschaftlichen Aspekte sind überzeugend,

denn es ist klar, dass drei hochstehende Satelliten verhältnismässig billiger sind als zwanzig tiefstehende. Zudem beschränken sich Störanfälligkeiten auf drei Punkte; die Bodenstationen können so konstruiert werden, dass die Antennen stets auf den gleichen Punkt gerichtet sind (die Probleme des Nachführens der Antennen auf tiefstehende Satelliten, wie zum Beispiel beim Telstar, entfallen).

Wir müssen die grossartige technische Leistung aller derjenigen anerkennen, die ihre Intelligenz und ihr Wissen in die Entwicklung eines solchen Projektes gesteckt haben. Wir wollen nur hoffen, dass diese verbesserten Verbindungsmöglichkeiten zwischen den Menschen aller Erdteile auch zu einem

besseren Verständnis unter den Menschen

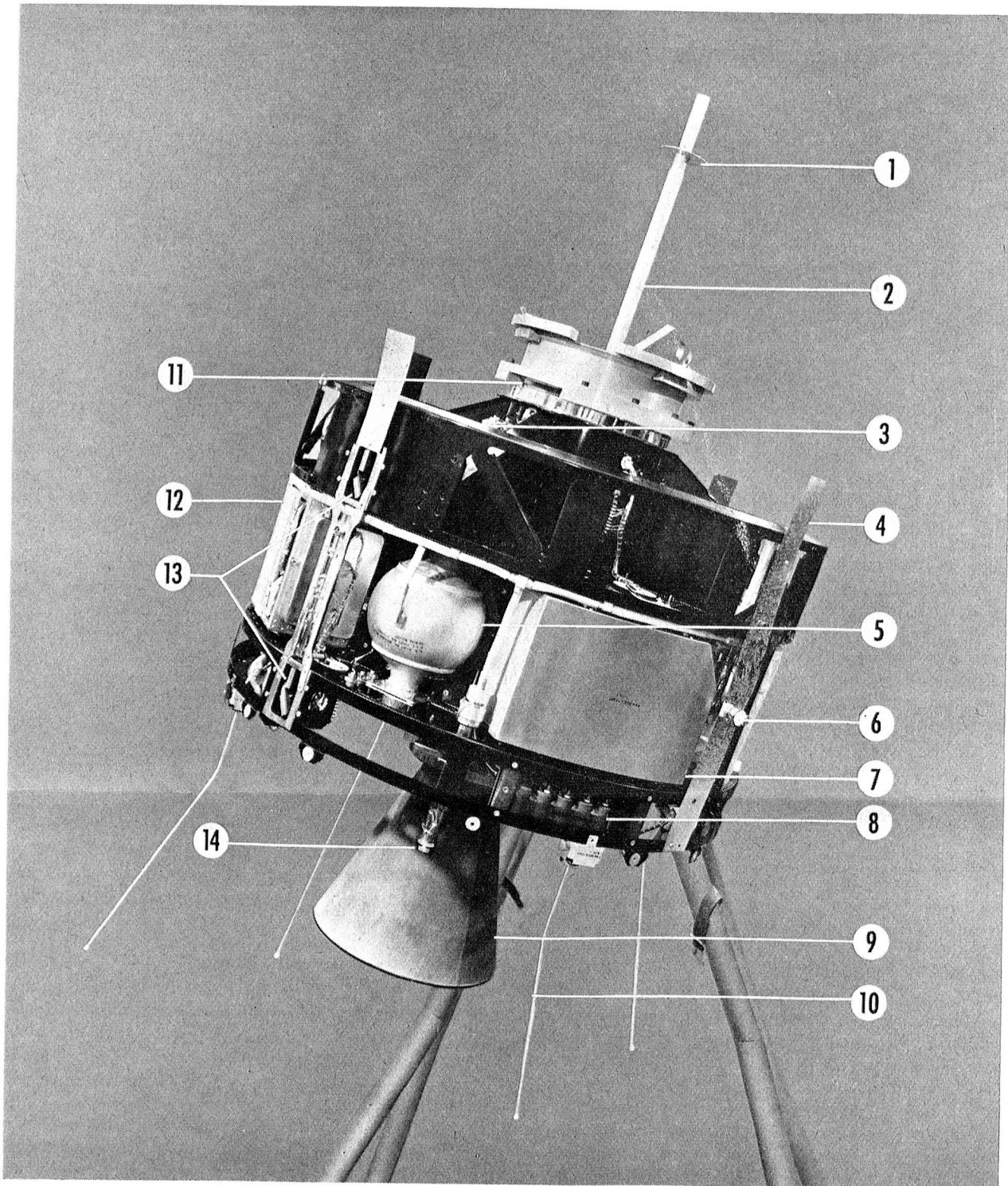
unserer Erde führen werde. Denn nicht die technische Leistung allein ist entscheidend, sondern das, was der Mensch schliesslich aus ihr macht.

Redaktion des «Pionier»

Während der vergangenen fünf Jahre wurde eine fortschreitende Serie von Versuchs-Uebermittlungssatelliten demonstriert: Courier, Telstar, Relay und Syncom haben eindeutig den Nachweis für die praktische Verwendbarkeit und die zukünftigen Möglichkeiten von Uebermittlungssatelliten erbracht. Am 24. Juli 1961 erklärte Präsident J. F. Kennedy, dass «Wissenschaft und Technologie einen solchen Entwicklungsstand erreicht haben, dass die Verwendung von Weltraumsatelliten in den Bereich der Möglichkeiten gerückt ist... Dieses neue Hilfsmittel sollte so bald als nur zugänglich zum allgemeinen Nutzen erschlossen werden».

Im Gegensatz dazu stiess sechzehn Jahre früher Arthur C. Clarke mit der Veröffentlichung seines Aufsatzes, in welchem er die Möglichkeiten der stationären Umlaufbahn für Uebermittlungssatelliten hervorhob, auf beträchtliche Skepsis und sehr wenig Begeisterung. Jedoch haben seither die technischen und wirtschaftlichen Vorteile der feststehenden Satelliten ein starkes Interesse an diesem Konzept geweckt. Ein weltumspannendes Nachrichtennetz auf dieser Grundlage erfordert weniger Satelliten. Diese können erst noch so gesteuert werden, dass sie entweder den Uebermittlungsbedürfnissen für kommerzielle Zwecke auf lange Sicht oder ständig wechselnden militärischen Anforderungen genügen. Weiter sind die erforderlichen Bodenstationen einfacher, da sie keinerlei Vorrichtungen für automatische Zielverfolgung, Neueinstellung und Übergabe benötigen. Die kommerziellen Verteilerstationen sind grösser, einfacher und billiger, während die militärischen Verteilerstationen einfacher, leichter und beweglicher gestaltet werden können.

Diese Vorteile bewogen die Hughes Aircraft Co. dazu, im Jahre 1959 mit der Entwicklung eines Synchronsatelliten zu beginnen. Bei allen früheren Versuchen, die erfolglos verlaufen waren, arbeitete man mit gewöhnlichen Weltraumkör-



Die elektrische Ausrüstung des Early Bird: Die Solarzellen sind der besseren Übersicht wegen entfernt worden. 1 Reflektor der Empfangsantenne; 2 Antenne; 3 Schalter der Feldwanderröhre (diese selber ist durch das Chassis verdeckt); 4 Hitzeschild zum Schutze der elektronischen Ausrüstung vor der Sonneneinstrahlung; 5 einer der Wasserstofftanks zum Kontroll-Düsen-System; 6 Radial-Korrekturdüse; 7 Signalumsetzer-Empfänger; 8 Nickel-Cadmium-Batterien; 9 Apogäummotor-Trichter; 10 Telemetrieantennen; 11 Verbindungsstelle zur Delta-Rakete; 12 Codierer-Decodierer; 13 Sonnensensor; 14 Axial-Korrekturdüse.

per-Stabilisierungssteuerungen und Uebermittlungs-Untersystemen. Das Konzept der Hughes beruhte darauf, dass diese komplexen Funktionen einfachen Mechanismen übertragen und die Verwendung von Gyros durch Rotation des Satelliten überflüssig gemacht wurde. Der Erfolg des Syncom-Programmes bestätigt die grundlegende Einfachheit und praktische Anwendbarkeit dieser Konstruktion. Die ersten Anstrengungen richteten sich auf die Konstruktion eines sehr leichten Satelliten (14,5 kg), welcher der Leistungsfähigkeit der Scout-Trägerrakete entsprach. Die rotationsstabilisierte Raumkapsel

verwendete ein Pulsdüsen-Steuerungssystem vom gleichen Konzept wie dasjenige der heutigen Syncom-Satelliten. Dieses Programm wurde bis zur Konstruktion und Herstellung eines Prototypmodells vorgetrieben.

Gestützt auf diese technologischen Entwicklungen auf dem Gebiet der Synchron-Uebermittlungssatelliten wurde die Arbeit am Syncom-Programm im August 1961 gemeinschaftlich durch die NASA und dem Verteidigungsministerium aufgenommen. Die NASA war für den Satelliten und die Bodensteuerungselemente verantwortlich, die Satelliten-Uebermitt-

Die technischen Daten des Early Bird

Der Early Bird ist ein trommelförmiges Raumschiff mit einem Durchmesser von 71 cm und einer Höhe von 59 cm, ohne die Antennen und den Apogäum-Motor gerechnet. Es wurde von der Hughes Aircraft Company für die Communications Satellite Corporation geplant und gebaut.

Der Satellit ist in den Vereinigten Staaten und Kanada und im grössten Teil des westlichen Europas sichtbar. Er ist für 240 Duplex-Sprechkanäle, für schnellste Datenübermittlung, sowie für Fernsehübertragungen eingerichtet und wird drei Jahre lang funktionieren. Die Konstruktion dieses Raumschiffes beruht auf den Erfahrungen mit den Satelliten Syncom II und Syncom III, welche am 26. Juli 1963, bzw. am 19. August 1964 mit Erfolg abgeschossen wurden.

Das Gewicht des Early Bird beträgt 38,5 kg. Die Aussenfläche des Satelliten ist von 6000 mit Silizium überzogenen Sonnenzellen bedeckt. Er ist um ein genietetes Gerippe aus Aluminium und Magnesium herum aufgebaut. Das äussere Gerippe trägt die Sonnenzellen und enthält die Wasserstoff-superoxyd-Tanks, die axialen und radialen Düsen des Steuerungssystems, sowie den grössten Teil der Elektronik. Das innere Gerippe trägt den Apogäum-Motor und die übrigen Teile der Elektronik. Der Satellit besitzt folgende Antennen: Für Uebermittlungszwecke eine Kleeblattantenne zum Empfang und eine koaxiale Schlitzantenne zum Senden; für Telemetrie und Befehlsempfang vier Stabantennen in Drehkreuzanordnung. Er enthält auch ein passives Temperatur-Kontrollsystem.

Energieversorgung

Das System zur Erzeugung elektrischer Energie besteht aus 6000 Silizium-Sonnenzellen, zwei Nickel-Kadmium-Batterien aus je 21 Zellen, sowie den zugehörigen Spannungsreglern. Die Sonnenzellen liefern 45 Watt, so dass die Batterien nicht beansprucht werden, solange der Satellit sich nicht im Erdschatten befindet. Die Sonnenzellen sind auf vier getrennte Segmente verteilt und bedecken insgesamt eine Fläche von ca. 12 900 cm². Die Batterien versorgen den Satelliten mit Energie während des Abschusses und auf seinem Weg auf der elliptischen Übergangsbahn, bis er seine endgültige Position in der Umlaufbahn erreicht hat.

Elektronik

Die Elektronik des Early Bird umfasst Organe für die Uebermittlung, für den Befehlsempfang und für Telemetrie. Das Uebermittlungssystem besteht in einem Frequenzumsetzer und -verstärker in doppelter Ausführung. Die Signale der Bodenstation werden auf ca. 6000 MHz empfangen und durch Wanderfeldröhren-Sender auf ca. 4000 MHz zur Erde zurückgestrahlt. Jede der beiden Wanderfeldröhren kann nach Belieben von der Erde aus in Betrieb gesetzt werden, aber immer nur eine zur gleichen Zeit. Die Ausgangsleistung dieser Röhren beträgt je 6 Watt.

Der Gewinn der Sendeantenne ist 9 db und ihre Strahlungscharakteristik ist unabhängig vom Winkel um die Rotationsachse. Der Strahl ist konisch, mit maximalem Gewinn in der Richtung auf die Bodenstationen. Seine Breite beträgt etwa 11°. Das Uebermittlungssystem ermöglicht 240 Duplex-Sprechkanäle, die eine sehr gute Tonqualität ergeben, sowie Duplex-Fernsehübertragung.

Telemetrie

Die Telemetrie-Ausrüstung umfasst zwei VHF-Sender, zwei AM/FM-Codierer, eine Drehkreuzantenne, ein Anpassungsglied und zwei Signalumsetzer, die mit den Wanderfeldröhren und der Uebermittlungsantenne arbeiten. Die Telemetrie-Sender arbeiten im 136-MHz-Band mit einer Leistung von etwa 1,8 Watt. Für Telemetriesendungen wird die Drehkreuzantenne verwendet. Anders als der Syncom, der ein Dreiton-Befehlssystem mit einem Dezimeterwellenempfänger benützte, empfängt der Early Bird die Befehle der Bodenstation über zwei Zentimeterwellen-Empfänger und zwei wahlweise benützbare Impulstondecoder durch 12 Befehlskanäle.

Antrieb und Steuerung

Der Early Bird wurde von der Thrust Augmented Delta (TAD)-Rakete zuerst in eine elliptische Umlaufbahn gebracht. Nachdem er das Apogäum (den erdfernten Punkt) und somit die nötige Höhe für einen synchronen Umlauf erreicht hatte, lieferte das eigene Antriebssystem (der «Apogäum-Motor») des Satelliten die nötige zusätzliche Geschwindigkeit, um ihn auf eine synchrone, kreisförmige Umlaufbahn zu bringen. Der Raketenmotor gab ihm eine Geschwindigkeit von annähernd 11 200 km/h.

Zur Einhaltung der richtigen Achsenstellung und Geschwindigkeit auf der Umlaufbahn dient ein im Doppel vorhandenes Wasserstoffsuperoxydgas-System. Die vier kugelförmigen, unter Druck stehenden Treibstofftanks sind rings um die Innenwand des Satelliten in Abständen von 90° angeordnet. Jedes der beiden Systeme besitzt zwei Düsen, eine zur Ausstossung eines Gasstrahls parallel zur Rotationsachse des Satelliten und die andere zur Erzeugung eines radialen Strahls. Die vier Tanks enthalten genügend Brennstoff, um den Satelliten während etwa drei Jahren steuern zu können.

Nachdem der Satellit auf seine Umlaufbahn gebracht war, wurde er durch die Ausstossung von Gasstrahlen aus der Achsenstellungs-Regulierdüse so gedreht, dass die Rotationsachse senkrecht zur Ebene seiner Umlaufbahn steht und die Uebermittlungsantenne nordwärts gerichtet ist.

Die Nutation des Satelliten, d. h. das Wackeln seiner Rotationsachse, wird durch einen passiven Nutationsdämpfer korrigiert. Dieser besteht aus einer parallel zur Rotationsachse angeordneten, teilweise mit Quecksilber gefüllten Glasröhre. Die Bewegung des Quecksilbers in der Röhre zerstreut die Wackelenergie.

lungsbehörde der Armee (SATCOM) für die Bodenverteilerstationen und die Uebermittlungsversuche. Der Hughes wurde durch das Raumflugzentrum der NASA ein Vertrag über die Entwicklung und Lieferung eines Prototyps und von drei Flugmodellen zugesprochen. Anschliessend wurde noch ein zusätzlicher Vertrag für die Herstellung und Lieferung von drei Telemeter- und Steuerungsstationen vergeben.

Hauptziel des Programmes war die Demonstration der Umlaufbahnregulierung, der Rotationsstabilisierung und der Lage- und Längensteuerung. Die erste Konstruktion sah nur ein minimales Uebermittlungselement mit zwei einseitigen Sprechkanälen vor.

Für den Nachweis der praktischen Verwendbarkeit wurde eine Betriebsperiode von 30 bis 90 Tagen in der Umlaufbahn als

genügend erachtet. Die Bedingungen des Vertrages hinsichtlich Zuverlässigkeit forderten eine hohe Betriebswahrscheinlichkeit während dieser Periode.

Die Leistungsfähigkeit der Thor-Delta-Abschussrakete auferlegte der ersten Syncom-Konstruktion eine ganze Anzahl von Einschränkungen. Zur Erzielung einer synchronen Umlaufbahn waren sowohl ein Apogäummotor als auch ein einfaches Pulsdüsen-Steuerungssystem erforderlich. Das Steuerungssystem dient auch zur Lageregulierung der Rotationsachse, der Längensteuerung des Satelliten, zum Einhalten der richtigen Position und — falls gewünscht — zur Steuerung der Bahnebene. Sonnensensoren regulieren die Rotationsgeschwindigkeit, die Fluglage und die Phasenregulierung der Steuerungsmanöver. Die Hälfte des Startgewichtes des Syncom-Satelliten entfiel auf den Apogäummotor und die Steuerungssysteme, weshalb sämtliche elektrischen Subsysteme äusserst klein und leicht gehalten werden mussten. Trotzdem wurden beinahe alle Subsysteme vertretbar gestaltet, um die Zuverlässigkeit zu erhöhen.

Die Rotationsstabilisierung ist in der Konstruktion des Satelliten ein grundlegender Faktor. Bei einem dynamisch ausgewuchteten Körper bleibt die Lage im Raum wesentlich konstant, was die Richtung eines toroidförmigen Antennenbildes gegen die Erde ermöglicht. Die Rotationsbeschleunigung eliminierte das Problem des Verhaltens von Fluiden bei fehlender Schwerkraft. Es ist keine aktive thermische Steuerung erforderlich, und bei einem richtig konstruierten rotierenden Satel-

iten kann eine den Laboratoriumsgegebenheiten entsprechende thermische Umgebung erreicht werden.

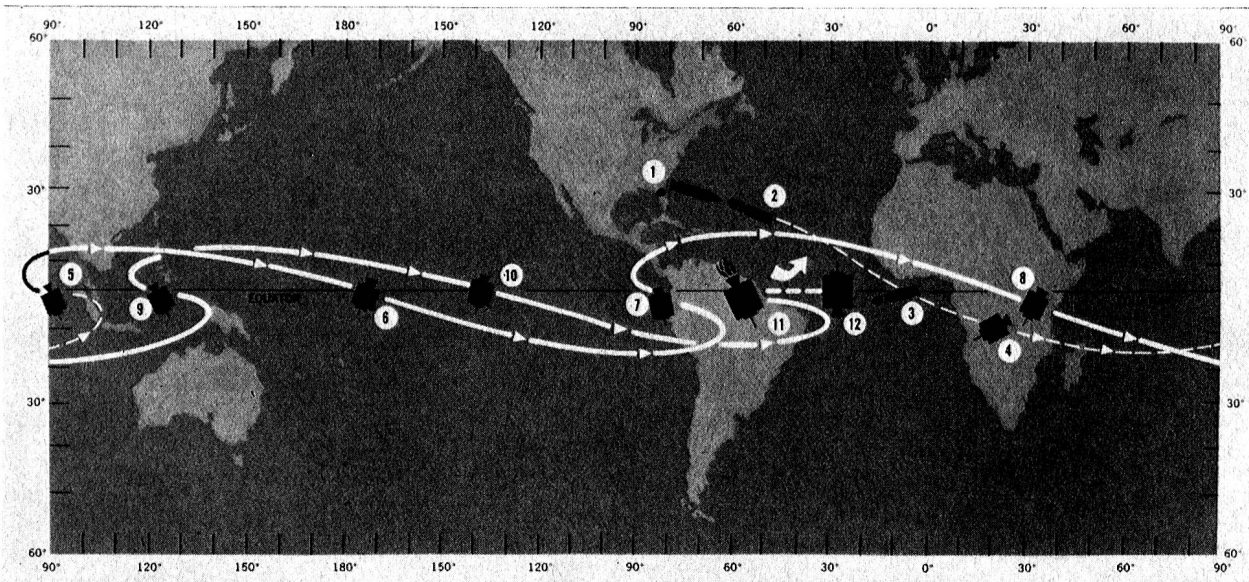
Der erste Uebermittlungssatellit Syncom

Syncom I wurde am 14. Februar 1963 abgeschossen und schien am Anfang richtig zu funktionieren, bis fünf Stunden später, gegen das Ende der Apogäummotor-Schubphase, jeder Kontakt mit der Raumkapsel verloren ging. Wahrscheinlicher Grund des Versagens war unter Umständen die Explosion einer der Druckkammern der Kapsel.

Syncom II wurde am 26. Juli 1963 erfolgreich in eine Umlaufbahn von 53 Grad gegenüber dem Äquator abgeschossen. Er funktioniert nun schon seit mehr als 19 Monaten störungsfrei. Er befindet sich jetzt in einer Umlaufbahn über dem Indischen Ozean.

Syncom III wurde am 19. August 1964 in eine synchrone äquatoriale Umlaufbahn über der internationalen Datumsgrenze abgeschossen und wurde somit der erste wirklich stationäre Satellit. Die Längen-Trift wurde auf 0,2 Grad täglich beschränkt — eine Abweichung, die gegebenenfalls noch mehr reduziert werden könnte.

In den Monaten, während welcher die Satelliten Syncom II und III beginnend mit der ersten Verbindung zwischen dem amerikanischen Kriegsschiff Kingsport im Hafen von Lagos, Nigeria und der Station Lakehurst, New Jersey, in Betrieb standen, wurden während Tausenden von Stunden praktische



Die schwierigen Raummanöver des Early Bird von der Abschussrampe in Cape Kennedy mittels einer verstärkten Delta Rakete bis zur endgültigen Umlaufposition ungefähr über der Mitte des Atlantiks, sind in der Zeichnung dargestellt. Die Rückwärtsbewegungen auf der Bahn finden statt, wenn das Raumschiff in der Nähe des Apogäum und die relative Geschwindigkeit hinter derjenigen der Rotation der Erde zurückfällt. Early Bird erreichte seine Bahn wie folgt: 1. Abschuss von Cape Kennedy; 2. Erlöschen der zweiten Bahn-Rakete; 3. Einleitung in die Transferbahn nahe des Äquators nach der Zündung der dritten Rakete; 4. Transfer in die Laufbahn; 5. 6 Stunden und 10 Minuten nach Abschuss erreichte der Satellit das erste Apogäum; 6. zweites Perigäum über dem Äquator; 7. zweites Apogäum über Süd-Amerika; 8. drittes Perigäum über Afrika; 9. drittes Apogäum über Äquator bei Indonesien; 10. viertes Perigäum über Äquator im Pazifik; 11. viertes und letztes Apogäum über Süd-Amerika bei 60 Grad westliche Länge mit Apogäum-Motor gezündet und Satellit eingekleidet in Treibbahn geleitet; 12. Raumschiff wird erneut gerichtet und mit seinen Gasdüsen in die endgültige Position auf 27,5 Grad westlicher Länge gebracht.