

50 Jahre Raumfahrt in Backnang

Von Heinz Wollenhaupt

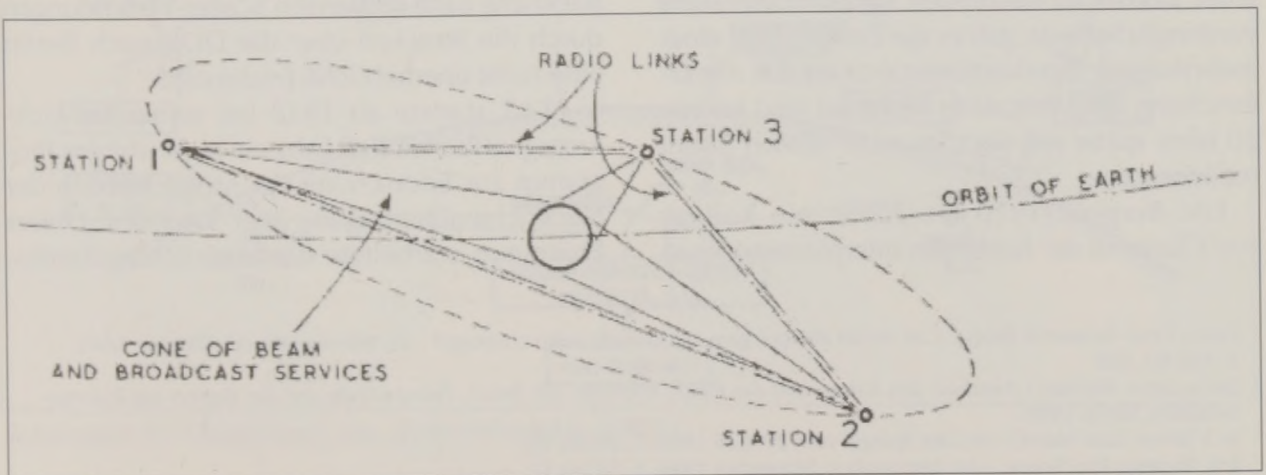
Am 12. April 1961 flog Juri Gagarin (1934 bis 1968) mit dem russischen Raumschiff „Wostok 1“ als erster Mensch in den Weltraum und eröffnete damit das Wettrennen in der bemannten Raumfahrt. Unabhängig davon forcierte die amerikanische Telefongesellschaft American Telephone & Telegraph Corporation (AT&T) den Ausbau der Nachrichtenübertragung über Satelliten nach Europa über dem Atlantik bzw. Fernost über dem Pazifik. Im gleichen Jahr wurde durch Prof. Werner Nestel (1904 bis 1974), Vorstand von Telefunken für Forschung und Entwicklung, Backnang als Standort für Raumfahrt-Nachrichtentechnik der Firma Telefunken auserkoren. Einer der ersten, der 1961 den Raumfahrtgedanken weiterentwickeln durfte, war Dr. Rudolf Steinhart, der spätere Leiter des Richtfunks und ab 1986 Geschäftsführer für Entwicklung von ANT Bosch Telekom.

Im Zentrum dieses Beitrags steht die Entwicklung der Raumfahrtaktivitäten der Nachrichtenübertragungstechnik – sowohl für Satellitenausrüstung wie auch auf der Bodenseite – im Backnanger Werk, deren Ursprung zwar woanders lag, die jedoch hier wesentlich beeinflusst und weiterentwickelt wurden. Einige wenige, jedoch zukunftsweisende Projekte werden als beispiel-

haft herausgegriffen, um diese Entwicklung darzustellen. Diese Beispiele sollen aber nicht die durchaus beachtenswerten Leistungen in anderen Projekten verdecken.

Visionen

Im Februar 1945, also noch während des Zweiten Weltkriegs, veröffentlichte Arthur C. Clarke (1917 bis 2008) von der britischen interplanetarischen Gesellschaft in der englischen Zeitschrift „Wireless World“ einen Leserbeitrag über eine friedliche Nachnutzung der deutschen „Vergeltungswaffe V2“, die offiziell „Rakete A4“ hieß, zur Erforschung der Ionosphäre.¹ Clarke war während des Zweiten Weltkriegs als Radar spezialist bei der Royal Navy eingesetzt und kam dort über Radarbeobachtung mit der „A4“-Rakete und deren möglicher Flugbahn in Berührung. Zudem erwähnte er – wohl erstmals – die Möglichkeit, einen künstlichen Satelliten in einer bestimmten Erdumlaufbahn zu positionieren, die ihn von der Erde aus gesehen als quasi freistehend erscheinen lässt. Im Oktober 1945 skizzierte er dann den Vorschlag einer weltweiten Punkt-zu-Punkt-Kommunikation mit nur drei



Satellitensystem nach Arthur C. Clarke (1945).

¹ Arthur C. Clarke: V2 for Ionosphere Research? – In: Wireless World, Februar 1945, S. 58.

Satelliten.² Damit beschrieb Clarke in wenigen Worten das 20 Jahre später beginnende weltweite „Intelsat“-System, das mit drei Satellitenstandorten einen weltweiten Telefonverkehr über Satelliten ermöglichte. Alle späteren Elemente des Satellitensystems waren in dieser Beschreibung bereits vorhanden: Die Ausleuchtzonen mit Überdeckung („cone of beam and broadcast service“) und die direkten Verbindungen zwischen den Satelliten („radio links“). Das Problem bestand jedoch darin, dass 1945 noch keine geeigneten Transportmittel für Satellitenstarts vorhanden waren und die zugehörige hochfrequente Übertragungstechnik noch in den Kinderschuhen steckte.

Während des Zweiten Weltkriegs entwickelte ein Team unter Wernher von Braun (1912 bis 1977) in Peenemünde nicht nur die „A4“ zur Serienreife, sondern auch die künftigen Interkontinentalraketen „A4b“ sowie „A9/10“ in einer ersten Erprobung.³ Mit diesem Wissen wurde von Braun von den Amerikanern 1946 zur Beratung ihres Raketenprogramms verpflichtet. Sowohl die USA als auch die UdSSR setzten beim Aufbau ihrer Raketentechnik auf die Erfahrung der deutschen Entwicklung während des Zweiten Weltkriegs und teilten sich gewissermaßen die Experten. Zusammen mit 150 „A4“-Raketen und 140 Raketenfachleuten wollten die Amerikaner den Vorsprung der Deutschen aufholen.⁴ Im Frühjahr 1946 wechselte Wernher von Braun als technischer Berater für das US-Raketenprogramm nach White Sands in die USA. Obwohl mit Beginn des „Kalten Kriegs“ die Entwicklung einer atomar zu nutzenden Kurzstreckenrakete vordringlicher war, gab er die Entwicklung einer mehrstufigen Interkontinentalrakete für die Erforschung des Weltraums nicht auf und konnte 20 Jahre später mit der „Saturn V“ diesen Traum realisieren.

Eric Burgess (1920 bis 2005), ein Kollege von Clarke in der britischen interplanetarischen

Gesellschaft, konkretisierte dessen Vorschlag im November 1946.⁵ Er gab den Visionen konkrete Berechnungen bei und veröffentlichte drei Jahre später ein ganzes System mit Satelliten.⁶ Der Wettlauf der Trägersysteme zwischen USA und UdSSR brachte die Raketentechnik allerdings erst Ende der 1950er-Jahre so weit, dass Satelliten in Umlaufbahnen geschossen werden konnten.

Erste Raumfahrtexperimente für Nachrichtenübertragung

Bis Mitte der 1950er-Jahre wurde der Fernsprechverkehr zwischen Europa und USA über Kurzwellenfunk abgewickelt. Erst im September 1956 konnte die AT&T, die weltweit größte Telefongesellschaft, zwischen Schottland und Neufundland ein 3 600 km langes transatlantisches Telefonkabel für 36 Telefonkanäle (TAT1) in Betrieb nehmen. Schon drei Jahre später kam ein zweites transatlantisches Kabel hinzu, das die Sprechkapazität auf knapp 100 Kanäle erweiterte. Auch diese Kapazitätserweiterungen waren noch nicht zukunftsfest, sodass weitere Alternativen für einen transatlantischen Telefonverkehr gesucht wurden.

Die amerikanische Firma Radio Corporation of America (RCA) plante zusammen mit Siemens und Telefunken das Projekt „North Atlantic Relay Communication System“ (NARCOM) – eine Scatter-Verbindung⁷ von Skandinavien nach den USA mit 17 Sende- und Empfangsstationen, die bis zu 300 km auseinander lagen. Telefunken Backnang hatte im Bereich Scatter-Verbindungen durch die Strecken über die DDR nach Berlin eine nicht unerhebliche Erfahrung.⁸

AT&T startete ab 1958 bei seiner Entwicklungsgesellschaft Bell Labs ein mehrjähriges Programm zur Erforschung der Möglichkeiten der Nachrichtenübertragung über Satelliten. Dieses Programm erarbeitete die Nachrichtenübertra-

² Ders.: Extra-Terrestrial Relays. Can rocket stations give world-wide radio coverage? – In: *Wireless World*, Oktober 1945, S. 305 bis 308.

³ Siehe dazu: Michael J. Neufeld: *Die Rakete und das Reich. Wernher von Braun, Peenemünde und der Beginn des Raketenzeitalters*, Berlin 1999.

⁴ In 5 Jahren zum Mond. – In: *Der Spiegel* vom 29. Juni 1950, S. 26 bis 30.

⁵ Eric Burgess: Into Space. – In: *Aeronautics*, November 1946, S. 52 bis 57.

⁶ Ders.: The establishment and use of artificial satellites. – In: *Aeronautics*, September 1949, S. 70 bis 82.

⁷ Eine Scatter-Verbindung ist eine Überreichweiten-UKW-Funkverbindung durch Streuung der elektromagnetischen Wellen an der Unterseite der Ionosphäre.

⁸ Deutsches Technikmuseum, Berlin (DTMB), Historisches Archiv: Protokoll der Telefunken-Vorstandssitzung am 19./20. September 1960 in Ulm.

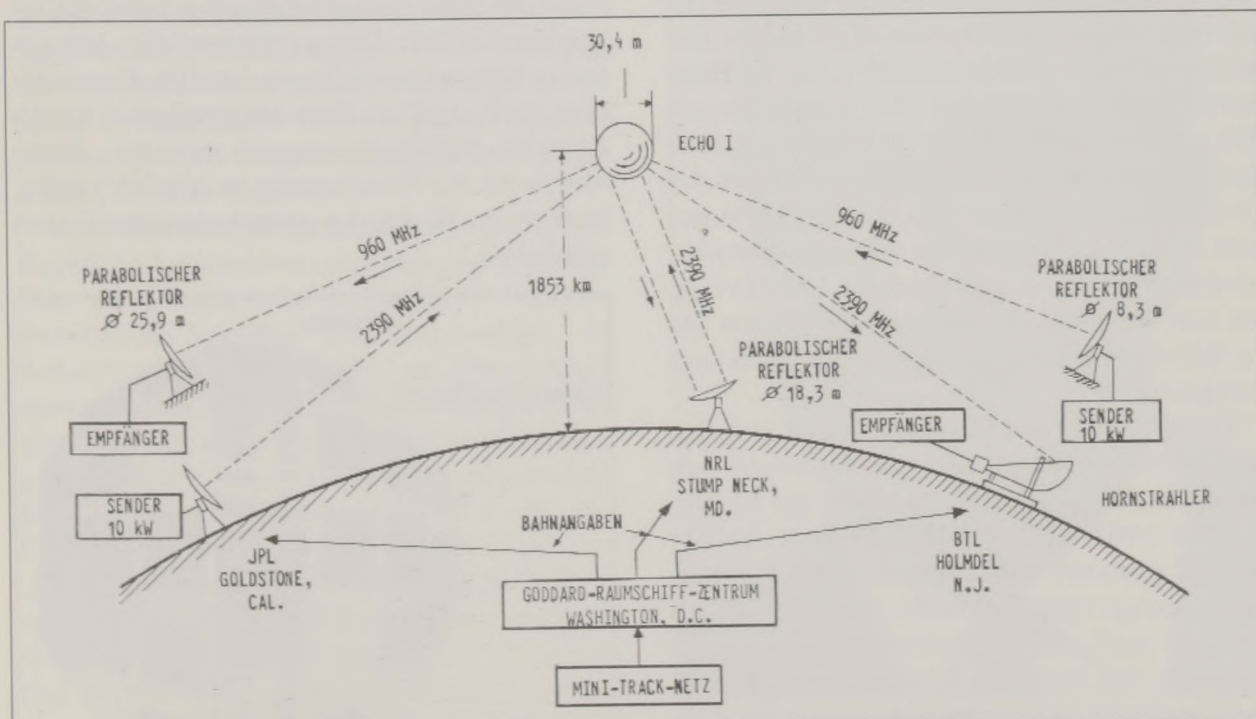
gungstechnik per Satellit über Studien, Forschungsprogramme, Ausbreitungs- und Übertragungsexperimenten an passiven und aktiven Satelliten.⁹ Der erste sich auf einer Umlaufbahn befindliche Kommunikationsatellit „Score“ wurde von der US-Armee entwickelt und am 18. Dezember 1958 gestartet. An Bord des Satelliten befand sich ein Bandgerät, das u. a. die Weihnachtsansprache des damaligen amerikanischen Präsidenten Dwight D. Eisenhower (1890 bis 1969) enthielt.

Als ein Ergebnis des „Sputnik-Schocks“ wurde am 1. Oktober 1958 in den USA die „National Aeronautics and Space Administration“ (NASA) gegründet, in die die gesamten amerikanischen Raumfahrtaktivitäten eingebracht wurden. AT&T, die Muttergesellschaft von Bell Labs, vereinbarte mit der NASA und dem Jet Propulsion Laboratory (JPL) den Start eines Ballonsatelliten, um Übertragungsversuche von der JPL-Station in Goldstone/Kalifornien im Westen der USA zur Bell-Station Holmdel/New Jersey im Osten zu machen.¹⁰ Am 12. August 1960 brachte eine „Thor-Delta“-Rakete den ersten – noch passiven – zivilen Nachrichten-Satelliten „Echo

IA“ in eine ca. 1500 km hohe Umlaufbahn. Der Satellit war am Abendhimmel vom Westen kommend als umlaufender Stern erster Ordnung zu sehen – wie heutzutage die Raumstation ISS. Er bestand aus einem Ballon mit einer Hülle aus dem aluminiumbeschichteten Kunststoff „Mylar“. Der Durchmesser betrug ca. 30 m. Mit diesem „Reflektor“ wurde ein umfangreiches Messprogramm durchgeführt und dokumentiert.¹¹

Die Versuche von Verbindungen zwischen der amerikanischen West- und Ostküste waren erfolgreich und wurden danach noch auf transatlantische Kommunikation mit Jodrell Bank in England und dem Centre National d'Études des Télécommunications (CNET) in Frankreich ausgedehnt. Die von Bell Labs definierten Parameter für Bodenstationen zeigten die volle Funktionsfähigkeit für künftige Anwendungen mit einem rauscharmen Empfangssystem (Maser/Mikrowellenverstärker oder Paramp/Parametrischer Verstärker), hoher Sendeleistung und einer programmgesteuerten Nachführung.

Die nächsten beiden Stufen der Bell'schen Entwicklung führten nun zum Bau des Satelliten

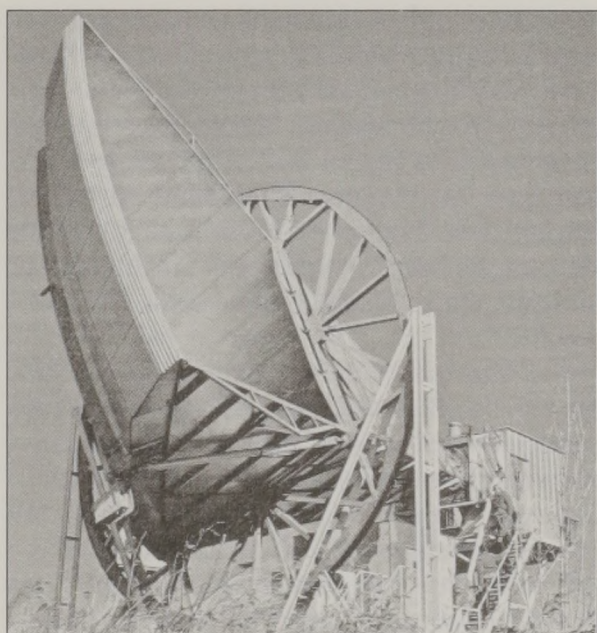


Schematische Darstellung des „Echo“-Projekts (1961).

⁹ Über die Startschwierigkeiten der Nachrichtenübertragung per Satellit siehe: John R. Pierce: Echo. – In: The Bell System Technical Journal (BSTJ) 42 (1963), S. 740 bis 747.

¹⁰ Die Empfangsantenne von Bell Labs in Crawford Hill/New Jersey aus dem Jahr 1960 steht heute immer noch.

¹¹ BSTJ 40 (1961), S. 975 bis 1238.



Hornparabolantenne in Crawford Hill/New Jersey.

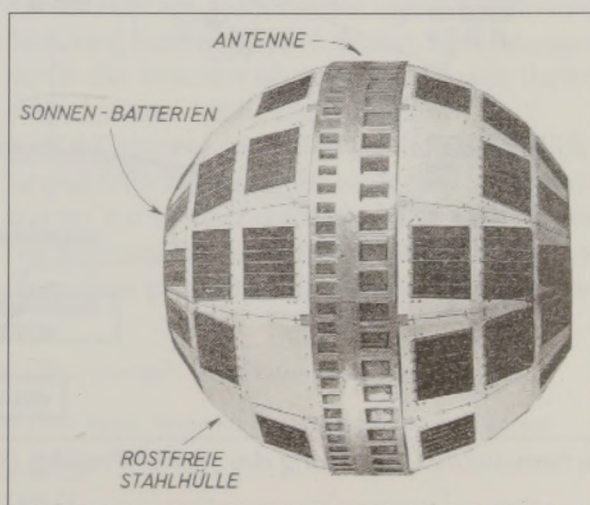
und nach dessen Start zur nachrichtentechnischen Erprobung. AT&T schloss mit der NASA einen Vertrag ab, dass die Kosten des Satelliten bei AT&T/Bell lagen und die des Startes bei der NASA – dies zeigte deutlich das Interesse der mächtigen Telefongesellschaft AT&T an der Entwicklung neuer weltumfassender Nachrichtenverbindungen. Am 10. Juli 1962 wurde der von Bell gebaute Satellit „Telstar 1“ mit einer Rakete des Typs „Delta DM 19“ auf seine elliptische Umlaufbahn geschossen. Noch im selben Monat kam es zur Übertragung der ersten Livefernsehsendung zwischen Europa und den USA. Es folgten nun umfangreiche Messreihen, die von der Fa. Bell durchgeführt und ausführlich dokumentiert wurden.¹²

Wie stark der amerikanische Markt von den großen Firmen beeinflusst wurde, zeigte sich darin, dass nur sechs Monate später, am 13. Dezember 1962, der von RCA gebaute Satellit „Relay“ gestartet und erfolgreich mit Fernsehübertragungen getestet wurde. Zwischenzeitlich forcierte auch die US-Armee einen weiteren Satelliten mit Namen „Advent“, der auf einer Synchronbahn 24 Stunden platziert werden sollte – wie bereits 1945 von Clarke vorausgesagt. Dieses Programm wurde jedoch wieder eingestellt, nachdem Hughes Aircraft in Los Angeles

den Satelliten „Syncom“ in Planung und Bau hatte, der am 14. Februar 1963 als erster geostationärer Satellit gestartet werden konnte. Erfolgreich war jedoch erst „Syncom 3“, der am 19. August 1964 an den Start ging und die Olympischen Spiele aus Tokio über den Pazifik in die USA übertrug.

Die Installation eines weltweiten US-Satellitensystems wurde vor allem von zwei Antriebsfedern vorangebracht: Zum einen wollten AT&T und RCA am Weltmarkt der Kommunikation verdienen, zum anderen suchte das amerikanische Militär für seine weltweite Präsenz umfangreiche störsichere Kommunikationsmöglichkeiten, die durch Kurzwellenfunk und Seekabel nur unzureichend abgedeckt waren.

Zur Regulierung des Betriebes von zivilen Kommunikationssatelliten wurde der „Communication Satellite Act of 1962“ geschaffen, aus der 1963 die „Communication Satellite Corporation“ (COMSAT) hervorging. Durch Beteiligung staatlicher Stellen sollten die Interessen der amerikanischen Regierung gewahrt werden. Unter maßgeblicher Einbeziehung der COMSAT gründeten elf teilnehmende Länder am 20. August 1964 die „Interim Communication Satellite Corporation“ (ICSC). Daraus entstand die „International Telecommunications Satellite Organization“ (INTELSAT) als Betreibergesellschaft für das weltweite Satellitenkommunikationsnetz, deren Anteile bis zur Privatisierung im Jahr 2001 mehrheitlich im Besitz des amerikanischen Staates verblieben.



Model des „Telstar“-Satelliten (1961).

¹² BSTJ 42 (1963), S. 747 bis 1908.

Europa sucht den Anschluss

Im September 1961 wurde der Interessenverband der europäischen Raumfahrtindustrie EUROSPACE gegründet, ein Nonprofit-Verein mit dem Ziel der Förderung der europäischen Raumfahrtindustrie. Im Gegensatz zur amerikanischen Industrie sollten die nationalen Projekte von den jeweiligen Regierungen gefördert werden, weshalb EUROSPACE keine direkten Projekte durchführte.

Am 14. Juni 1962 wurden die „European Space Research Organisation“ (ESRO) und die „European Launcher Development Organisation“ (ELDO) gegründet. ESRO war ein Zusammenschluss von zehn Ländern mit dem Ziel der Planung und Projektführung von wissenschaftlichen Satelliten, ELDO hatte die Aufgabe, Raketen zu entwickeln und die Satelliten in den Weltraum zu befördern, was jedoch trotz jahrelanger hoher Förderung nicht gelang.¹³ Eine im Oktober 1962 von EUROSPACE vorgelegte Studie erläuterte, welche Projekte die neu gegründeten europäischen Organisationen ESRO und ELDO zweckmäßigerweise durchführen sollten. Darin wurde schon festgestellt, dass der internationale Kommunikationssektor aufgrund des Vorsprungs der Amerikaner durch deren Industrie besetzt sei. Lediglich europäische Kommunikationssatelliten wurden als noch möglich erachtet, um den Anschluss nicht zu verlieren.¹⁴

Im November 1963 schlossen sich die an der Raumfahrt interessierten europäischen Länder in Rom zur „Conference on European Telecommunications Satellites“ (CETS) zusammen, um dadurch ein Gegengewicht zur amerikanisch dominierten ICSC zu schaffen. Ein Hauptziel war die Gründung einer europäischen Raumfahrtorganisation mit einem europäischen Kommunikationssatelliten. Diese wurde 1975 mit dem Zusammenschluss von ESRO und ELDO zur „European Space Agency“ (ESA) geschaffen, die noch heute die europäischen Raumfahrtinteressen vertritt und Projekte generiert (z. B. im Auftrag der EU das europäische Satellitennavigationssystem „Galileo“). Um Europa von nicht europäischen Trägerraketen unabhängig zu

machen, gründeten Organisationen und Industriefirmen aus zehn europäischen Ländern zudem 1980 die privatrechtliche Firma Ariane-space, deren Raketen seit 1984 vom Weltraumbahnhof Kourou in Französisch-Guayana starten.

Telefunken Backnang als Teil der kommerziellen Raumfahrt

Prof. Dr. Werner Nestel, seit 1954 Vorstandsmitglied der damaligen Telefunken GmbH, besuchte im Frühjahr 1961 verschiedene US-Kommunikationsfirmen wie General Electric, RCA, Bell Labs oder Hughes Aircraft, die er schon zuvor als Direktor des Nord-Westdeutschen Rundfunks kennengelernt hatte. Nachdem er am 10. Mai 1961 in einer Vorstandssitzung von Telefunken von seiner USA-Reise berichtet hatte, schrieb er am 5. Juni 1961 an Dr. Günter Wuckel, Leiter



Prof. Dr. Werner Nestel, Telefunken-Vorstand für Forschung und Entwicklung.

¹³ Die europäischen Satelliten beschränkten sich bis 1973 auf wissenschaftliche Kleinsatelliten mit einer Nutzlast von maximal 120 kg, die meist mit amerikanischen Raketen in den Weltraum geschossen wurden. StAB, Technikarchiv: Europe in Space. A survey prepared by the European Space Research Organisation (ESRO), 1973, S. 7.

¹⁴ StAB, Technikarchiv: EUROSPACE. Vorschläge für ein Europäisches Raumfahrtprogramm vom Oktober 1962.

des Telefunken-Werkes Anlagen Weitverkehr (AW) in Backnang, dass er während seines Besuchs bei Hughes Aircraft mit dem Entwickler Harold Rosen Gespräche geführt habe. Danach hielt sich Hughes Aircraft für *alle Probleme des Satelliten für voll zuständig und fühlt sich sehr sicher, dass alle diese Probleme dort gut beherrscht werden*. Weiter hieß es im Brief: *Die Fa. Hughes gibt aber offen zu, dass sie in Randproblemen der Weitverkehrstechnik so wenig zu Hause ist, dass sie hierfür die Anlehnung an eine Firma sucht, die auf diesen Gebieten über langjährige Erfahrung verfügt. Hughes glaubt, dass Telefunken hierfür ein geeigneter Partner wäre.*¹⁵

Der zweite entscheidende Impuls für Raumfahrt in Backnang kam am 24. August 1961 von der Deutschen Bundespost (DBP) – genauer gesagt vom Fernmeldetechnischen Zentralamt (FTZ) in Darmstadt. Die DBP war mit der NASA übereingekommen, sich *mit einer Bodenstation an Versuchen zur Nachrichtenübertragung mittels künstlicher Erdsatelliten zu beteiligen*. Telefunken sollte bis 1. September 1961 sein Einverständnis schriftlich bestätigen, in *engem Einvernehmen mit Siemens & Halske die Bearbeitung des Projektes im Auftrage der Deutschen Bundespost zu noch auszuhandelnden Konditionen zu übernehmen*.¹⁶ Es ist schon erstaunlich, dass die DBP solche Termine setzen konnte, wobei mit Siemens noch gar keine „belastbaren“ Gespräche stattgefunden hatten.

Bereits am 4. September 1961 flogen Dr. Rudolf Steinhart, der spätere Leiter des Richtfunkes in Backnang, und der Informatiker Holz aus dem Bereich Rechnertechnik von Telefunken Konstanz nach New York zu AT&T bzw. Bell Labs und RCA.¹⁷ Dort stellten die verschiedenen Ingenieure und Entwicklungsgruppen von Bell Labs das Projekt „TSX-1“ (später „Telstar 1“) vor.¹⁸ Dieses Projekt war die Basis für die weiteren Entwicklungsvorhaben im Bereich Bodenstationstechnik. Die darin enthaltenen Systemüberlegungen entsprachen der Technik des terrestrischen Richtfunkes, wobei die Satelliten-Strecken mit ca. 9000 km erheblich länger waren. Die

sich daraus ergebenden neuen Technologien mit hoher Sendeleistung von 2 bis 5 kW (nahezu das tausendfache gegenüber 5 W beim Richtfunk) und besonders geringem Eingangsruschen des Empfangssystems in der Abwärtsstrecke vom Satelliten auf der Bodenseite, erforderten den Einsatz von speziellen Empfangsverstärkern wie Maser oder Paramp. Neu war auch das eingesetzte Nachführsystem, die die Antenne dank einer speziellen Bakenfrequenz im Satelliten bei 4080 MHz der Bewegung des Satelliten folgen lässt. Dieses System ist noch heute bei Intelsat-Satelliten im C-Band im Einsatz.

Auf einer von 18. bis 22. September 1961 stattfindenden Tagung der „Union Radio-Scientifique Internationale“ (URSI) in Paris, an der auch der Entwicklungsleiter des Telefunken-Werkes AW Backnang teilnahm, wurde schnell deutlich, dass die europäische Raumfahrtindustrie hinsichtlich Trägerraketen und Satellitenkonzeption vor allem von der US-Raumfahrt zu lernen hatte: *Aktuelle Beiträge über praktische Erfahrungen konnten naturgemäß in erster Linie von den amerikanischen Kongressteilnehmern vorgelegt werden.*¹⁹

Aufgrund einer Präsentation über die Satellitenprojekte „Telstar“ und „Relay“ am 7./8. Dezember 1961 in Washington D. C. reiste Dr. Rudolf Steinhart mit zwei FTZ-Mitarbeitern in die USA und besuchte am 4. Dezember auch die Fa. Hughes Aircraft in Los Angeles. Während AT&T und RCA Verfechter von umlaufenden Satelliten waren, wies dieses System nach Meinung von Hughes Aircraft erhebliche kostenintensive Nachteile auf: bei einem funktionsfähigen System eine hohe Anzahl von Satelliten, mindestens drei Bodenstationsantennen pro Land und Leistungsnachteile bei den Satellitenausleuchtungen. Dagegen wollte Hughes Aircraft, die bereits einen Auftrag vom Militär über einen Synchron-Satelliten bekommen hatten, ein kommerzielles Synchron-Satelliten-System, wie Clarke es 1945 vorgeschlagen hatte, aufbauen. Dazu suchten sie Partner in Europa. Die Vertreter vom FTZ verwarfen eine Zusammenarbeit, weil sie bereits mit AT&T/Bell Labs – auch über Siemens – einen Ver-

¹⁵ DTMB, Historisches Archiv: Schreiben von Werner Nestel an Günter Wuckel vom 5. Juni 1961.

¹⁶ StAB, Technikarchiv: Schreiben FTZ an den Vorstand von Telefunken Ulm vom 24. August 1961.

¹⁷ StAB, Technikarchiv: Schreiben von Entwicklungsleiter Brühl an den Telefunken-Vertreter in USA Dr. Berndt vom 30. August 1961.

¹⁸ StAB, Technikarchiv: Steinhart/Holz: Das Satellitenprojekt TSX-1 der AT&T/BTL-USA, 23. Oktober 1961 (30 S. mit 13 Anlagen).

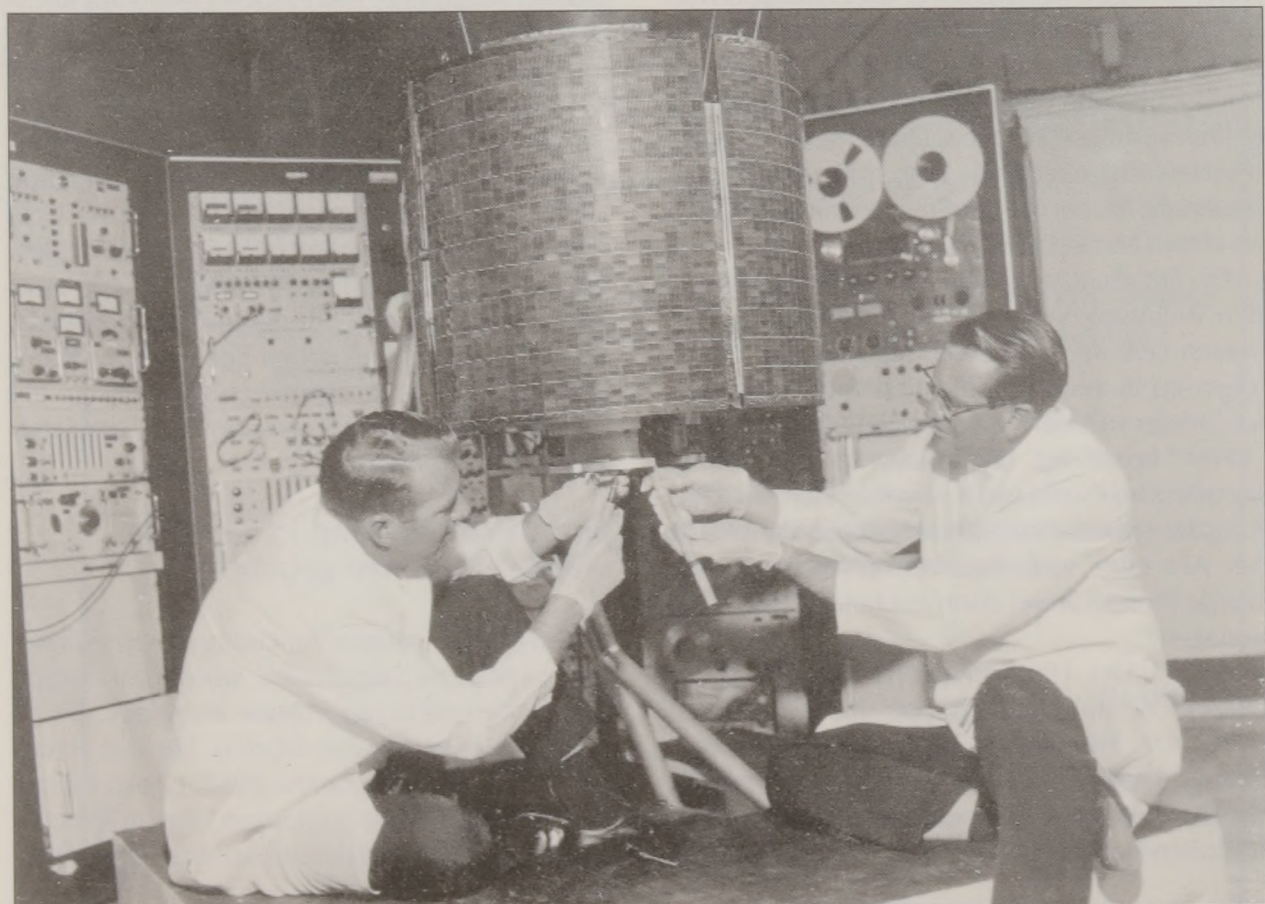
¹⁹ J. Großkopf: URSI-Symposium über Nachrichtensatellitenforschung. – In: Nachrichtentechnische Zeitschrift (NTZ), Heft 1, Januar 1962, S. 42 bis 45. Siehe dazu auch: StAB, Technikarchiv: Gerhard Brühl: URSI-Symposium über Nachrichtensatelliten, Paris 18. bis 22. September 1961, 8 S.

trag hatten. Wie eng das damalige FTZ mit Siemens liiert war, ergibt sich aus einer Aktennotiz von Dr. Steinhart anlässlich des Besuchs bei Hughes Aircraft: *Die Fa. Hughes legt daher allergrößten Wert darauf, dass die Erhöhung der zulässigen Laufzeit im CCIR [= „Comité Consultatif International de Radiocommunication“] im Laufe der Zeit durchgesetzt wird. Mr. Lutz von Hughes sprach deshalb Herrn OPR Dietrich an, eine entsprechende Studienanfrage im CCIR mit zu unterstützen, was OPR Dietrich jedoch ablehnte mit der Begründung, dass die DBP als Vertragspartner von AT&T im LA-System (low altitude) nun nicht eine das andere System begünstigende Haltung einnehmen könne. Andererseits will OPR Dietrich, wie der Verfasser später erfuhr, trotzdem die Fa. Siemens beauftragen, Untersuchungen zu diesem Laufzeitproblem anzustellen.*²⁰

Da die Laufzeit physikalisch bedingt ist, hat die gesamte Welttelefonie seit 1965 dies akzeptiert und bei Fernsehübertragungen über Satellit ist bis heute die „Laufzeitsekunde“ bei

entsprechenden Überseeberichten zu bemerken. Trotzdem hat sich das Synchron-Satelliten-System bis in die heutige Zeit etabliert. Mit dem von Hughes Aircraft gefertigten Kommunikationssatelliten „Syncom 3“ begann am 19. August 1964 das internationale Satelliten-Fernmeldesystem. Der Satellit wurde über dem Pazifik stationiert und konnte Bilder der Olympischen Spiele aus Tokio in die USA übertragen, womit nachgewiesen war, dass das System trotz großer Laufzeit funktionierte. Am 6. April 1965 wurde dann nach dem Start des ebenfalls von Hughes Aircraft gefertigten Satelliten „Intelsat I F1“ (Spitzname: „Early Bird“) der kommerzielle Betrieb aufgenommen.

Schon die Vielzahl der verschiedenen US-Satellitenprojekte macht deutlich, dass die Europäer keine Möglichkeit zum Aufbau eines eigenen weltweiten Nachrichtennetzes hatten. Die Schwerpunkte von EUROSPACE lagen deshalb auf rein europäischen Nachrichtensatelliten (der erste europäische Nachrichtensatellit „Symphonie“ startete 1974) und auf einfachen For-



Satellit „Intelsat I F1“ („Early Bird“).

²⁰ StAB, Technikarchiv: Rudolf Steinhart: Bericht über einen Besuch bei der Hughes Aircraft Company in L. A. am 4./5. Dezember 1961.

schungssatelliten. Innerhalb von Telefunken wurden die Forschungssatelliten im Werk Anlagen Hochfrequenz (AH) Ulm betreut, während sich das Werk AW Backnang den Nachrichtensatelliten widmete.

Organisation bei Telefunken AW Backnang

Der Bereich Raumfahrt war 1961 innerhalb Telefunkens noch auf zwei Standorte verteilt: Während sich Dr. Rudolf Steinhart, der Leiter der Richtfunklaborgruppe „RF/E3“ in Backnang, um die ihm bekannte Hochfrequenztechnik (gleiche Frequenzbereiche wie im Richtfunk) kümmerte, musste sich der Informatiker Holz von der Informationstechnik (IT) in Konstanz mit der Materie der Nachführung befassen, die größtenteils rechnergesteuert vor sich ging. Die Umlaufdaten wurden als Grobdaten von einfachen überwachenden Telemetriestationen erfasst und zur Umrechnung für andere Stationen in eine Großrechenanlage eingespeist. Per Telecommand wurde im Übertragungs-(Sicht-)Bereich des Satelliten die Hochfrequenzbake eingeschaltet, mit der die Nachrichtenübertragungsantennen dann den Satelliten verfolgen konnten. Dieses sehr rechenintensive Verfahren nannte man später Programmsteuerung, wobei die Großrechenanlage ab 1975 zu einem Minirechner mutierte.

Dr. Steinhart wechselte im Frühjahr 1962 in den Richtfunk-Vertrieb, um im Frühjahr 1963 dessen Leitung zu übernehmen. Als sein Nachfolger im Bereich Satellitensysteme wurde Walter Stösser mit der Leitung des Richtfunklabors „RF/E4“ beauftragt. Die Zusammenarbeit mit IT Konstanz war wohl nicht so erfolgreich, weil das Aufgabengebiet „Nachführung“ im Sommer 1962 bei AH Ulm weiterbearbeitet wurde. Später wurde dieses Gebiet dann auch nach Backnang verlagert.

Ab 1. März 1965 erweiterte man das Labor „RF/E4“ zu einer Laborgruppe mit den Laboren „E41“ Dr. Hilz und „E42“ Manfred Wassermann.²¹ Die Richtfunklaborgruppe wurde nun für die Entwicklung der Empfangstechnik für Bodenstationen bei Frequenzen von 3,7 bis 4,2 GHz

eingesetzt, da nahezu die gleichen Bedingungen wie im Richtfunk vorlagen. Noch vor dem Start des ersten Synchronsatelliten „Intelsat I F1“ („Early Bird“) am 6. April 1965 konnte Telefunken Backnang die Empfänger zur Bodenstation Raisting I liefern. Auch bei später – gemeinsam mit Siemens – durchgeführten internationalen Projekten lieferte Telefunken Backnang die Empfänger. Dank der erfolgreichen Arbeit mit den Empfängern für die Satelliten-Bodenstation Raisting wurde die Raumfahrtgruppe um Walter Stösser zu einer selbstständigen Fachgruppe innerhalb des Fachbereiches „Anlagen Weitverkehr und Kabeltechnik“.²²

Innerhalb der Fachgruppe zeichnete Walter Stösser kommissarisch für die Entwicklung verantwortlich, den Vertrieb leitete Dr. Otto von Schmoller. Schon im März 1967 wurde die Fachgruppe „Raumfahrt“ um ein Labor für Satellitensysteme, das später Lothar Friederichs übernahm, sowie ein Labor für Bodenstationstechnik, das später Gert Eckhardt übernahm, erweitert. In dieser Zeit wurde auch Helmut Hartbaum, ein ehemaliger Mitarbeiter von Pintsch Elektro aus Konstanz, der bei Wernher von Braun gearbeitet hatte, nach Backnang geholt, wie Jürgen Spaerke, langjähriger Vertriebsleiter der Satelliten-Bodenstationsantennen, sich erinnerte. Hartbaum übernahm kommissarisch die Leitung der Fachgruppe „Raumfahrt“ und wurde dann nach deren Umwandlung in „Fachgebiet N23 Raumfahrt“ dessen Leiter.²³ Schon im Jahr 1970 war aus einer Entwicklungsgruppe mit gerade mal drei Ingenieuren eine schlagkräftige Entwicklungsabteilung mit fünf Laborgruppen entstanden, die die Belange der Bodenstationstechnik und der Satellitentechnik abdeckte.

Europa studiert und in den USA werden Satelliten gebaut

Um den gewaltigen Vorsprung der amerikanischen Industrie aufzuholen, wurden in Europa nationale Forschungsprojekte aufgelegt, die zu umfangreichen Studien führten. Für das Nationale Raumfahrtprogramm 1963 („Forschungsprojekt 625“) fertigte Telefunken Ulm im Rahmen eines Studienvertrages mit dem Bundesministe-

²¹ Wassermann arbeitete bis zu seinem Tod in der Arbeitsgruppe Nachrichtentechnik der Techniksammlung mit.

²² StAB, Technikarchiv: Telefunken AW Backnang, Anweisung N2/212 vom 28. Dezember 1966.

²³ StAB, Technikarchiv: AEG-Telefunken, Rundschreiben N/5/72 vom 4. Dezember 1972.



Og-Anweisung Nr. N2/212	Organisation	Ausgabe vom 28.12.1966	Sachgebiet Nr. 71
Gültigkeitsbereich N2	Fachbereich Anlagen Weitverkehr und Kabeltechnik	Gültig ab 1. 1.1967	Blatt Nr. 86

Fachgruppe Raumfahrt (N2/R)

Für die Zusammenfassung der Aufgaben des Fachbereiches N2 auf dem Gebiet der Raumfahrttechnik und zur Koordinierung der TELEFUNKEN-Interessen auf diesem Gebiet wird mit Wirkung vom 1.1.1967 die Fachgruppe

Raumfahrt (N2/R)

eingerrichtet und unmittelbar der Fachbereichsleitung unterstellt.

Mit der Leitung der Fachgruppe Raumfahrt sind beauftragt:

Für den Vertrieb (R/V) H. Dr. von Schmoller.

Für die Entwicklung (R/E) H. Dipl.-Ing. W. Stösser kommissarisch.

Die Mitarbeiter von RF/E4 und RF/V4 werden ab 1.1.1967 in N2/R eingegliedert.

Die Abgrenzung zwischen RF und R hinsichtlich der Entwicklungsarbeiten und Lieferungen sowie der kaufmännischen Abwicklung wird gesondert festgelegt.

FACHBEREICH ANLAGEN WEITVERKEHR
UND KABELTECHNIK

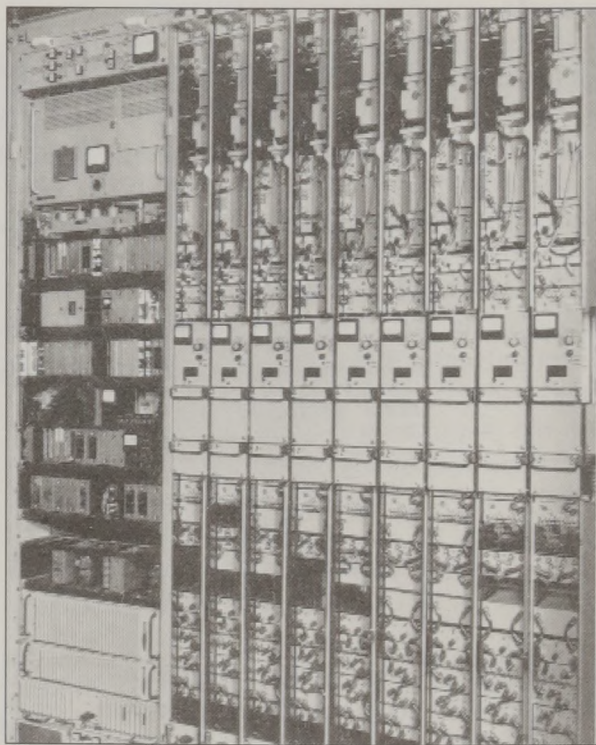
(gez. von Wrangel) (gez. Dr. Haag)

rium für wissenschaftliche Forschung „Studien und Systemplanung von Einrichtungen zur Ortung und Signalübertragung für Forschungssatelliten“ sowie „Vorstudien zur Entwicklung von Bodenanlagen und Mitarbeit an den Entwicklungsarbeiten Analog-Digitalumsetzer“. An der Studie waren neben Raumfahrtfirmen wie Bölkow-Entwicklungs KG auch die deutsche Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt sowie die Firmen Standard Elektrik Lorenz Stuttgart und Telefunken Ulm (speziell für Telemetrie und Telemetry) beteiligt. Zusammen mit Siemens & Halske erstellte Telefunken Backnang in diesem Zusammenhang eine Studie zum Thema „Nachrichtenübertragung mittels Erdsatelliten“. ²⁴ Diese Studie war eine Vorstufe für einen „Olympia-Satelliten“, der 1972 die Olympischen Spiele von München europaweit übertragen sollte. Sie mündete schließlich in das deutsch-französische Projekt „Symphonie“, in dessen Rahmen zwei erstmals 3-Achsen-stabilisierte Nachrichtensatelliten entwickelt, gebaut und 1974 bzw. 1975 gestartet wurden.

Auf dem Bodenstationssektor herrschte jedoch noch ein Verteilungskampf zwischen Siemens & Halske als deutschem Platzhirsch, SEL Stuttgart (Tochterfirma der international agierenden International Telephone and Telegraph Corporation ITT) und Telefunken mit den Werken Anlagen Hochfrequenz (AH) Ulm, Informationstechnik (IT) Konstanz und Anlagen Weitverkehr (AW) Backnang. Nach den Vorgaben des FTZ sollten sich *Siemens und Telefunken einvernehmlich über die technische Verantwortung und Lieferungen einigen*. ²⁵ In der bereits oben erwähnten Vorstandssitzung von Telefunken am 20. September 1960 in Ulm berichtete der Entwicklungsleiter Dr. Eberhard Löwe, *dass im Rahmen des Satelliten-Programms die ersten Vorstellungen von I [= Siemens & Halske] über eine Zusammenarbeit am Bell-Projekt für Telefunken unbefriedigend waren, dass aber nach weiteren Gesprächen die Aufteilung der technischen Kompetenzen annehmbar geregelt werden konnte*. Weiter hieß es: *H. Dr. Wuckel ergänzt, dass zwei Telefunken-Herren (u. a. H. Dr. Steinhart*

zusammen mit Herren von I sich z. Z. bei den Bell Laboratories befinden und H. Dr. Steinhart nach Rückkehr eine Laborgruppe für das Satelliten-Programm eröffnen soll. ²⁶ Es sollte ein Konsortium für den Bau der deutschen Bodenstation gegründet werden, in dem Siemens die Federführung beanspruchte. Am 20. Dezember 1961 berichtete Dr. Günter Wuckel in einer Vorstandssitzung von Telefunken allerdings, dass Siemens den für Telefunken vorgesehenen Antennenanteil selbst entwickeln möchte. ²⁷ Dies ist dann tatsächlich so geschehen, sodass Telefunken sich auf den rauscharmen Maser (von Bell USA entwickelt), einen noch zu entwickelnden eigenen parametrischen Verstärker und die Antennensteuerung beschränken musste.

Das Gelände in Raisting am Ammersee wurde erst am 10. Mai 1962 von der DBP gekauft, während zu dieser Zeit – kurz vor dem Start von „Telstar“ – die englische Station Goonhilly (auf einer Halbinsel im Südwesten von England) und die französische Station Pleumeur-Bodou (in der



Empfangsgeräte für die Satelliten „Intelsat I“ (links) und „Intelsat III“ (rechts).

²⁴ StAB, Technikarchiv: Holzward / Brühl: Studie zu dem nationalen Forschungsprogramm Nachrichtenübertragung mittels Erdsatelliten, August 1963.

²⁵ StAB, Technikarchiv: Schreiben FTZ an den Vorstand von Telefunken Ulm vom 24. August 1961.

²⁶ DTMB, Historisches Archiv: Protokoll der Telefunken-Vorstandssitzung am 19/20. September 1960 in Ulm.

²⁷ DTMB, Historisches Archiv: Protokoll der Telefunken-Vorstandssitzung am 20. Dezember 1961 in Ulm.

Bretagne) schon nahezu fertiggestellt waren und an den Tests mit „Telstar“ teilnehmen konnten. Der zögerliche Aufbau der Raisting Bodenstation durch Siemens veranlasste das FTZ zur Beschaffung einer mobilen Bodenstation, um trotzdem die Versuche durchführen zu können. So wurde für das Projekt „Relay“ von ITT über deren Tochterfirma SEL Stuttgart eine 10-m-Cassegrain-Antenne mit Nachführung, Sender und Empfänger als erste Bodenstation für die DBP aufgebaut und erprobt.²⁸

Am 21. Oktober 1964 ging die Station Raisting I schließlich in Betrieb – rund zwei Jahre verspätet. Messungen konnten dann lediglich mit den schon betagten Satelliten „Relay I“ und „Relay II“ sowie dem „Telstar II“ gemacht werden. Ende 1964 wurden diese Messungen abgebrochen und die Station musste auf Senden und Empfang für den ersten Intelsat-Satelliten „Intelsat I F1“ („Early Bird“) umgerüstet werden, dessen erfolgreicher Start – wie bereits erwähnt – am 6. April 1965 erfolgte. Hier war die Möglichkeit für Telefunken gegeben, mit den aus dem Richtfunk entwickelten 4-GHz-Empfängern in das Bodenstationsgeschäft von Siemens einzudringen. Wie der langjährige Raumfahrt-Entwicklungsleiter Walter Stösser sich erinnert, lieferte AW Backnang Richtfunk die umzurüstenden Empfänger für den Intelsat-Empfang. Im Mai 1965 konnte der „Intelsat I F1“ schließlich erfolgreich erprobt werden, sodass nun 240 Telefonkanäle über dem Atlantik bereit standen.²⁹

Im April 1966 flog Vorstandsmitglied Prof. Werner Nestel zu einem weiteren Besuch von Firmen in die USA. In einem über 120 Seiten umfassenden Bericht lieferte er eine profunde Bewertung der amerikanischen Nachrichten-Industrie. Darin finden sich auch die Gründe des Ausstiegs von AT&T bei Bell Labs: Nicht die Technologie von Hughes Aircraft mit dem „Synchron“-Satelliten, sondern die Marktbeherrschung auf dem Bodenstationssektor veranlasste AT&T zum Ausstieg aus dem Satellitengeschäft. Ähnlich wie in Deutschland, durfte der Betreiber von Kommunikationsanlagen (hier AT&T) und der

Hersteller (hier Bell Labs) nicht zur gleichen Firma gehören. Zudem war Bell Labs an der COMSAT, dem damaligen Initiator und Mehrheitsbeteiligten von Intelsat, und als Auftraggeber für den „Intelsat I F1“ und die folgenden Satelliten mit über 25 % beteiligt.³⁰ Der für Telefunken AW Backnang wichtigere Besuch fand jedoch bei Hughes Aircraft statt.

„Intelsat IV“ – das erste Backnanger Satellitenprojekt

Nachdem Hughes Aircraft die Aufträge für die Satelliten von „Intelsat I“ und auch „Intelsat II“ durchgeführt hatte, verlor man jedoch den Auftrag für „Intelsat III“ an die Firma Thomson Ramo Wooldridge (TRW), die damit in den Markt eindrang. Für „Intelsat IV“ wollte Hughes Aircraft aber wieder den Auftrag erringen, insbesondere weil es sich hier um vier Satelliten handelte. Inzwischen hatten sich die ICSC-Mitglieder darauf geeinigt, künftige Aufträge nicht nur an die rein US-amerikanische Industrie zu vergeben, sondern auch europäische und japanische Firmen an diesen Aufträgen teilhaben zu lassen. Damit sollte der Tatsache Rechnung getragen werden, dass sich die wichtigsten, dem ICSC angehörenden Mitgliedsorganisationen entsprechend ihrem jeweiligen Anteil am Welt-Fernsprechverkehr an der Auftragsfinanzierung beteiligten.

Im Vorfeld der „Intelsat IV“-Ausschreibung beauftragte die COMSAT Hughes Aircraft mit einer breit angelegten Studie zum technischen Konzept einer vielfältig nutzbaren Satellitengeneration („Multipurpose Satellite Study“). Entsprechend der Absicht des ICSC zur internationalen Industriebeteiligung vereinbarte Hughes Aircraft eine Zusammenarbeit mit den Firmen Compagnie Française Thomson Houston (CFTH), AEG-Telefunken, British Aircraft Company (BAC) und Nippon Electric Company (NEC) – sowohl an der Studie als auch an der bevorstehenden „Intelsat IV“-Ausschreibung. An der von April bis Juli 1967 durchgeführten Studie beteiligte sich min-

²⁸ Gerd Erler: Die Schmalbandanlage der Erdefunkstelle Raisting/Obb. – In: Der Fernmeldeingenieur, Bd. 12, 1964. Gerd Erler war der erste deutsche Ingenieur, der 1963/64 über praktische Erfahrung auf der Satelliten-Bodenstationsseite aufweisen konnte. Der Autor dieses Beitrags hat – angefangen mit der „Symphonie“-Bodenstationsantenne – bis zu seinem Ausscheiden aus der Entwicklung sämtliche Bodenstationsantennen von AEG-Telefunken und später ANT für die DBP zusammen mit Erler eingemessen bzw. die Abnahmemessungen durchgeführt.

²⁹ Funkschau. Fachzeitschrift für Funktechnik, Nr. 19, 1964, S. 506.

³⁰ DMTB, Historisches Archiv: 35 Berichte zur USA-Reise von Prof. Nestel von 20. März bis 15. April 1966.

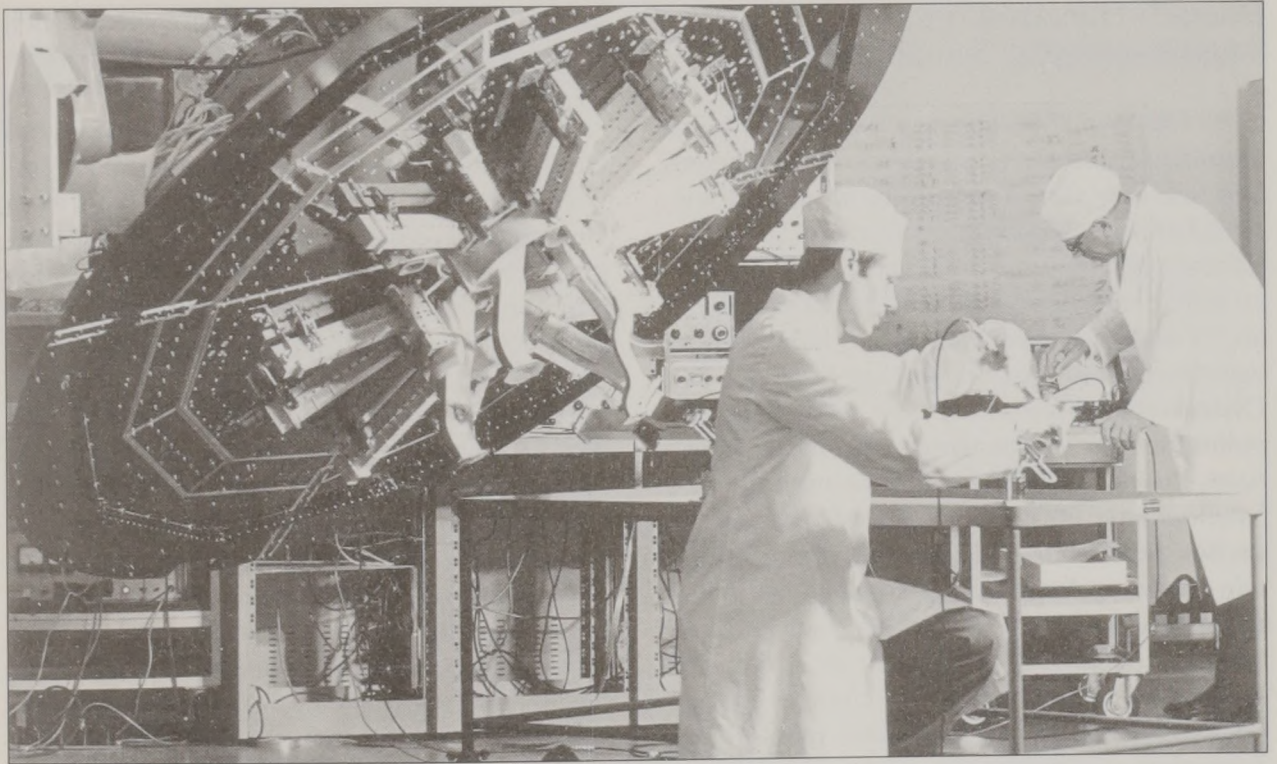
destens ein Systemingenieur jeder Partnerfirma. Vonseiten der AEG-Telefunken wurde Lothar Friederichs, der sich schon seit 1964 mit Systemfragen der Satellitenübertragung beschäftigt hatte, in das Studienteam nach Los Angeles entsandt. Er machte dort wertvolle Erfahrungen, die sich bei später folgenden Systemstudien und beim weiteren Aufbau der Raumfahrtaktivitäten bei AEG-Telefunken in Backnang auszahlen sollten. Auch am „Intelsat IV“-Angebot von Hughes Aircraft hat Friederichs für AEG-Telefunken mitgewirkt.

Im Herbst 1968 wurde der Auftrag in Höhe von 72 Mio \$ zur Entwicklung und zum Bau der vier „Intelsat IV“-Satelliten an Hughes Aircraft mit zwölf Unterauftragnehmern in zehn Ländern vergeben – darunter AEG-Telefunken als einzige

deutsche Firma. Das Angebotskonzept sah eine zentrale Entwicklung von Satellitenplattform und Nutzlast bei Hughes Aircraft und eine teilweise dezentrale Fertigung der Nutzlast bei den Unterauftragnehmern vor. Die Aufgabe für AEG-Telefunken und NEC bestand nun jeweils im Bau eines vollständigen Repeaters (= Bindeglied zwischen der Empfangsantenne und der Sendantenne) von 12 RF-Kanälen, einschließlich der Integration auf der „Despun Platform“ und des Subsystemtests. Den ersten der vier Repeater behielt Hughes Aircraft für das erste Flugmodell für sich selbst vor, der von AEG-Telefunken zu bauende Repeater war dann für den dritten Satelliten („Intelsat IV-F3“) vorgesehen. Außerdem umfasste der Beitrag von AEG-Telefunken



Gruppenbild der Backnanger Telefunkenmannschaft beim Abschied von Hughes Aircraft in Los Angeles im März 1969 vor dem Modell eines „Intelsat IV“-Satelliten (4. Reihe v. l.: Holzschuh, Diercks, Greiner, Hüfner, Bachrodt; 3. Reihe v. l.: Augustin, Emde, Burkert, Bertsch, Herrmann; 2. Reihe v. l.: Theis, Lechler, Dörr, Mössner; 1. Reihe v. l.: Projektbegleiter Fa. Hughes Aircraft, Dr. Mangold, Fr. Emde, Dr. Güls, Dassel, Petrich).



„Intelsat IV“-Transponder während der Integration in Backnang.

neben der Lieferung von 100 000 Solarzellen aus dem Werk Hamburg für zwei der Satelliten noch die Entsendung von Spezialisten nach Los Angeles für die Entwicklung und die abschließende System-Integrations- und Testphase. Der Unterauftrag an AEG-Telefunken hatte ein Gesamtvolumen von 12 Mio DM.³¹

Damit begann für die Backnanger Raumfahrtmitarbeiter der Bereiche Konstruktion, Fertigung und Prüffeld eine Schulungs- bzw. Lehrzeit bei Hughes Aircraft in Los Angeles. Für die Fertigung im Backnanger Werk mussten die zahlreichen technischen Unterlagen ins Deutsche übersetzt und alle Zeichnungen von den amerikanischen Maßen auf DIN-Maße umgestellt werden. Zu diesem Zweck sowie zur Einarbeitung in die technische Dokumentation und zur Mitwirkung in der System-Integrations- und Testphase entsandte AEG-Telefunken ein Mitarbeiter-Team, das zeitweise mehr als 25 Personen umfasste. Die Betreuung dieses sich ständig ändernden Teams sowie die Einsatzplanung und Abstimmung mit Hughes Aircraft erforderte einen ständigen Vertreter vor Ort: Diese Aufgabe wurde Reinhard Schnabel übertragen. Die Mitwirkung von AEG-Telefunken-Mitarbeitern bei Hughes

Aircraft in Los Angeles erstreckte sich insgesamt über eine Zeitspanne von etwa zwei Jahren.

Die Herstellung der übrigen Nachrichtentransponder entfiel auf Hughes Aircraft/USA (Flugmodell F1), NEC/Japan (F2) und Northern Electric/Kanada (F4). Damit war AEG-Telefunken die einzige europäische Firma, die den Auftrag zum Bau eines kompletten Nachrichtentransponders im „Intelsat IV“-Programm bekam. Beiträge anderer europäischer Firmen erstreckten sich auf Teilintegration und Systemtests, Bau mechanischer Strukturen, Herstellung von Antennen, Telemetrie- und Telecommand-Einrichtungen sowie anderer elektronischer Geräte und Lieferung weiterer Solarzellen.³² Nach der Erinnerung von Lothar Friederichs zeigte das Flugmodell F3 mit dem von AEG-Telefunken in Backnang gebauten Transponder im Vergleich aller vier Satelliten die besten nachrichtentechnischen Ergebnisse. Der Start des Satelliten „Intelsat IV F3“ wurde am 20. Dezember 1971 mit einer Rakete des Typs „SLV-3C Centaur D“ erfolgreich durchgeführt. Das Startgewicht des Satelliten betrug 1 414 kg, was gegenüber dem Startgewicht des „Intelsat III“-Satelliten von 151 kg fast eine Verzehnfachung darstellte.

³¹ BKZ vom 26. Oktober 1968.

³² StAB, Technikarchiv: Telefunken Weitverkehr und Kabeltechnik, Jahrbuch 71/72, S. 167 bis 172.

Deutsch-Französisches Satellitenprojekt „Symphonie“

Im Oktober 1966 lieferte die deutsche Kommunikationsindustrie mit Siemens, Telefunken und SEL eine vom Bundesministerium für wissenschaftliche Forschung geförderte Studie im Rahmen des nationalen Forschungsprogramms zu einem europäischen Fernsehverteilsatelliten ab.³³ Die Zielstellung war unverändert die Fertigstellung eines nationalen Satelliten zu den Olympischen Spielen 1972 in München. Die politische Seite wollte allerdings kein rein nationales Projekt, sondern ein gemeinschaftliches Satellitenpaar im Rahmen der deutsch-französischen Aussöhnung. Für die Industrie wäre ein rein deutsches Projekt zwar angenehmer gewesen, man war sich der politischen Tragweite aber bewusst: *In solchen Fragen ist es üblich geworden, europäische Gemeinschaftsprojekte zu organisieren.*³⁴ Immerhin konnte man seitens Telefunken einem Zusammengehen mit der französischen CFTH durchaus etwas abgewinnen, da beide Firmen auf militärischem Gebiet schon zu-

sammenarbeiteten und dies gegebenenfalls auch künftig in einem Konsortium mit Hughes Aircraft für „Intelsat IV“ tun würden.

Im Juni 1967 unterzeichneten die BRD und Frankreich das Regierungsabkommen über Entwicklung, Bau, Start und Nutzung von zwei Flugmodellen eines experimentellen Fernmelde-satelliten mit dem Namen „Symphonie“ und den Bau von zwei Erdfunkstellen. Neben Frankreich und Deutschland mit je 48% war auch noch Belgien mit 4% finanziell beteiligt.³⁵

Am 13. Dezember 1967 wurde der Vertrag des Konsortiums zur Angebotsabgabe für das Projekt „Symphonie“ zwischen AEG-Telefunken, Entwicklungsring Nord (ERNO) Bremen, Siemens München und Mécanique Avion Traction (Matra) Paris unterschrieben sowie Projektleiter und Unterprojektleiter ernannt. Für den nachrichtentechnischen Teil zeichnete Lothar Friederichs aus der Raumfahrtgruppe von AEG-Telefunken verantwortlich. Dieser Konsortialvertrag wurde am 12. Januar 1968 in Paris unterzeichnet.³⁶

Ein zweites Konsortium mit Messerschmitt-Bölkow-Blohm (MBB), Thomson-CSF sowie Sud



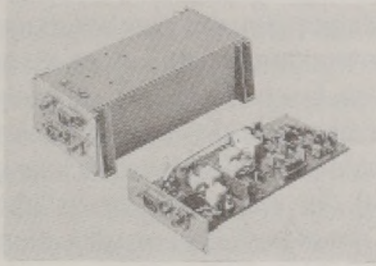
Unterzeichnung des Konsortialvertrages für das Satellitenprojekt „Symphonie“ am 12. Januar 1968 in Paris (3. v. l.: Joost von Wrangel).

³³ StAB, Technikarchiv: Studie zu dem nationalen Forschungsprogramm Fernsehverteilsatellit, Oktober 1966 mit Ergänzungen vom März 1967.

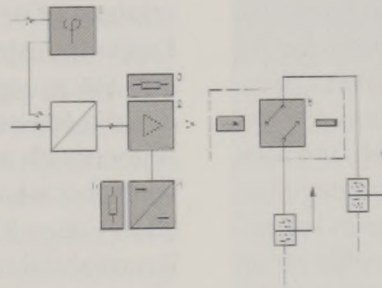
³⁴ DTMB, Historisches Archiv: Brief Prof. Nestel an FE-Leiter Ulm Dr. Zickermann vom 28. Januar 1967.

³⁵ Willi Hallmann / Wilfried Ley: Handbuch der Raumfahrttechnik, Grundlagen, Nutzung, Raumfahrtsysteme, Produktsicherung und Produktmanagement, München, Wien 1988, S. 35.

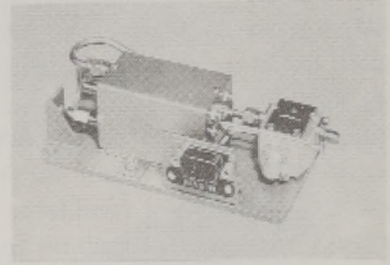
³⁶ DTMB, Historisches Archiv: I.2.060 JB U453. Aufseiten der AEG-Telefunken unterzeichneten Joost von Wrangel und Otto von Schmoller.



1 SHF-TM-Doppelmodulator
Modulateur double TM-SHF
SHF-TM-Double modulator

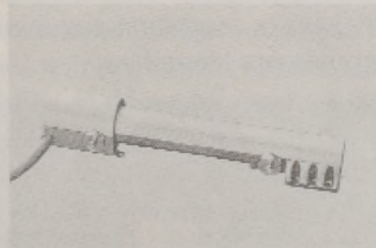


7 Blockschaltbild Sendeteil und SHF-TM-Modulator
Bloc-diagramme Ensemble d'émission et Modulateur SHF-TM
Block diagram Transmitter part and SHF-TM Modulator

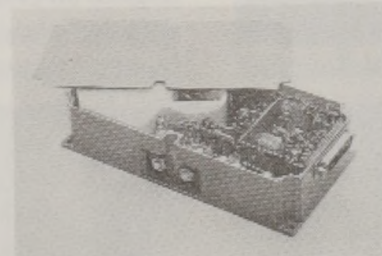


8 III-Schaltvorrichtung
Dispositif de Commutation III
Antenna switching unit

2 Wanderfeldröhre TL 4003
TOP TL 4003
TWT TL 4003

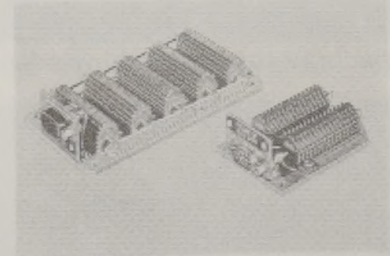


4 WFR-Stromversorgung
Alimentation TOP
TWT-Electronic power converter



3 Ersatzwiderstand WFR
Résistance de Simulation pour TOP
Simulation resistor TWT

5 Ersatzwiderstand WFR-Stromversorgung
Résistance de Simulation Alim. TOP
Simulation resistor for TWT-EPC



Wurden in Backnang für das Satellitenprojekt „Symphonie“ entwickelt: Sendeteil und SHF-TM-Modulator.

Aviation und Nord Aviation, die sich 1970 zur Société Nationale Industrielle Aérospatiale (SNIAS) zusammenschlossen, machte ein Konkurrenzangebot, das letztlich als das bessere Konzept ausgewählt wurde. Da jedoch die Nachrichtentechnik beider Länder nachhaltig gefördert werden sollte, wurde zur Auftragsvergabe ein Gesamtkonsortium mit AEG-Telefunken, der späteren SNIAS, MBB, Société Anonyme des Télécommunications (SAT), Siemens und Thomson-CSF unter dem Namen „Deutsch-Französisches Industriekonsortium für den Satelliten Symphonie“ gebildet. Ende März 1969 begann die gemeinschaftliche Projektdefinitionsphase, die nach knapp einem Jahr Anfang 1970 abgeschlossen werden konnte. Erst danach konnte im Sommer 1970 die Entwicklungsphase beginnen. Der Anteil von Telefunken Backnang war bei den „Symphonie“-Satelliten der Sendeteil mit

der Wanderfeldröhre TL 4003 aus dem Röhrenwerk von Telefunken Ulm.³⁷

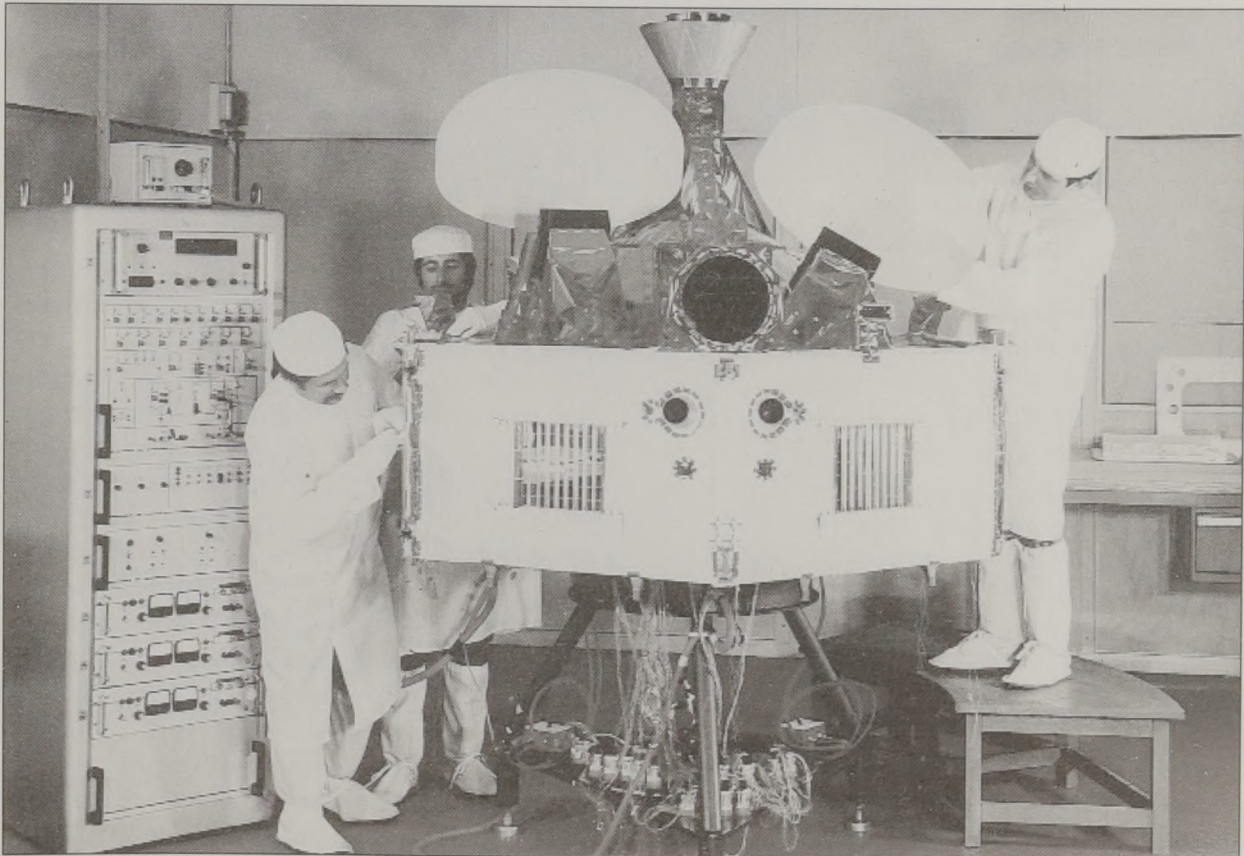
Es wurden zwei baugleiche Satelliten montiert, die beide mit einem Drallrad stabilisiert und mit Korrekturtriebwerken auf Position gehalten wurden. Gemäß dem Regierungsabkommen von 1967 wurden die Satelliten für einen Start mit der Trägerrakete „Europa II“ entwickelt und gefertigt. Die im April 1973 beschlossene Einstellung dieses Trägerprogramms waren eine gravierende Störung und Zusatzbelastung für das Projekt mit umfangreicher Verzögerung. Erst nach langwierigen politischen Verhandlungen konnte im Juni 1974 ein Startvertrag mit der NASA unterzeichnet werden. Jedoch machte die US-Regierung – wohl auf Druck der amerikanischen Kommunikationsindustrie – die Auflage, dass die Satelliten lediglich für Testzwecke und nicht operationell eingesetzt werden dürften.

³⁷ StAB, Technikarchiv: Telefunken Weiterverkehr, Jahrbuch 73/74, S. 176 bis 185.

Diese für künftige europäische Satelliten unannehmbaren Bedingungen führten schließlich konsequent zur Entwicklung des europäischen Raketen-systems „Ariane“.

Am 19. Dezember 1974 und am 27. August 1975 wurden die beiden „Symphonie“-Satelliten jeweils mit einer „Thor-Delta 2914“-Trägerrakete vom Kennedy Space Center in Florida ins All gebracht und auf 11,5° West positioniert. „Symphonie 1“ wurde 1977 auf die Position 49° Ost verschoben, auf der er zwei Jahre blieb, um asiatischen Ländern die Teilnahme an Übertragungsversuchen zu ermöglichen. Diese waren kostenlos und wurden vom Raumfahrtkontrollzentrum des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Oberpfaffenhofen südlich von München koordiniert. Die Lebensdauer der „Symphonie“-Satelliten war für fünf Jahre ausgelegt. „Symphonie 2“ wurde am 19. Dezember 1984 abgeschaltet, nachdem er mit einem Deorbiting-Manöver aus der geostationären Bahn auf den „Friedhofsorbit“ gebracht worden war.³⁸

Neben dem Anteil am Satelliten wurde eine der beiden Bodenstationen, die in Raisting am Ammersee errichtet werden sollte, an Telefunken Backnang als Hauptauftragnehmer vergeben.³⁹ Die Aufteilung zwischen den Firmen sollte entsprechend den Zahlungen des Staatsvertrages erfolgen. Die Antennenmechanik wurde von Krupp Industriebau Essen hergestellt, Antriebe und Steuerung kamen von AEG Schiffsbau Wedel, das Speisesystem von Telefunken Backnang/Allmersbach im Tal, der rauscharme Vorverstärker von Laboratoire Central des Telecommunications (LCT) Vélizy-Villacoublay, die Empfänger von der Raumfahrtabteilung Backnang und die Sender von Le Materiel Téléphonique (LMT) Boulogne-Billancourt. Die Monopulsnachführung wurde schließlich von Bell Telephone Manufacturing Company Antwerpen (Belgien) aufgebaut. Da auch noch die UNELEC Neuilly (wenn auch erfolglos) an einer dieselgetriebenen Notstromversorgung laborierte, kam es insgesamt zu einem bunten Muster europäischer Hersteller.



Zusammenbau des thermischen Modells des Satelliten „Symphonie“.

³⁸ Zum Nachrichtensatellitenprojekt „Symphonie“ siehe: Niklas Reinke: Geschichte der deutschen Raumfahrtspolitik. Konzepte, Einflussfaktoren und Interdependenzen. 1923 bis 2002, München 2004, S. 108 bis 111.

³⁹ StAB, Technikarchiv: ANT Nachrichtentechnik Jahrbuch 87/88, RA 8.

Die 15,5-m-Antenne sollte später noch für Satelliten mit höheren Frequenzbändern genutzt werden, weshalb das Erregerhorn im Zentrum der Antenne breitbandig für Frequenzen von 3,7 bis über 14 GHz ausgelegt werden musste. Die Lösung für dieses Problem war ein quasioptisches quadratisches Breitbandhorn mit Hybridmodeanregung – weltweit erstmalig in Einsatz. Üblicherweise sind die Ausleuchterreger in den Antennen lediglich für ein zu nutzendes Frequenzband ausgelegt. Die üblichen Empfangsschüsseln für den Fernsehempfang vom „Astra“-Satelliten können ohne Verluste nur die Empfangsfrequenz von 10,7 bis 12,7 GHz empfangen. Die Raistingantenne von „Symphonie“ sollte jedoch breitbandig von 3,7 bis 14,5 GHz ausgelegt werden. Dieses Speisesystem kam später als Leihgabe nach Backnang, wurde jedoch von der Verwaltung der Techniksammlung im Jahr 2009 „wegen Platzmangels“ leider verschrottet.

Im Rahmen des Nutzungsprogramms konnten die teilnehmenden Länder wie Indien, China, Ägypten oder Iran Geräte eigener Entwicklung erproben oder auf die Ausrüstung der „Symphonie“-Organisation zurückgreifen. Zu diesem Zweck wurden für verschiedene Anwendungen kleinere transportable Antennen zusammen mit Dornier System entwickelt, die für den Empfang von Fernsehprogramm – wie im Iran erprobt – eingesetzt wurden. Die Antennen mit 4,5 m und 3,3 m Durchmesser wurden in Backnang/Allmersbach im Tal entwickelt und von der Raumfahrtabteilung Vertriebstechnik mit den notwendigen Geräten in Containern ausgestattet. Auch die Politik nutzte die Möglichkeiten von „Symphonie“: So telefonierte beispielsweise der damalige Bundesforschungsminister Volker Hauff, der im Mai 1978 eine Sonnenfarm bei Kairo-Maadi einweihte, über den Satellit „Symphonie“ mit dem Reporter Teja Fiedler von der Landesredaktion des Süddeutschen Rundfunks.⁴⁰

Von 4. bis 7. Februar 1980 fand zum offiziellen Abschluss des Projekts ein Internationales Symposium in der Kongresshalle Berlin statt. Am Ende der vorgesehenen Lebensdauer von fünf Jahren sollte eine Übersicht über die seitherige Nutzung und die dafür entwickelten Antennen und Geräte vorgestellt werden. Hans-Hilger Haunschild, damaliger Staatssekretär im Bundesministerium für Forschung und Technologie,



Erdefunkstelle für das Satellitenprojekt „Symphonie“ in Raisting am Ammersee mit der 15,5-m-Antenne.



3,3-m-Antenne mit Container für das Satellitenprojekt „Symphonie“.

⁴⁰ BKZ vom 18. Mai 1978.

betonte in seiner Begrüßungsansprache: *Im Laufe des 5-jährigen Betriebs hat SYMPHONIE vor Augen geführt, welches Nutzungspotenzial Satelliten-Kommunikationssysteme für die Bewältigung verschiedenster Probleme eröffnen. Einige im Versuchsprogramm untersuchte Beispiele sind der Einsatz eines internationalen Rechnerverbands über Satelliten, die Herstellung von Verbindungen in Katastrophengebieten für das Internationale Rote Kreuz und die Errichtung eines Nachrichtennetzes für die Vereinten Nationen.*⁴¹ Das Projekt machte deutlich, dass die nachrichtentechnische Erschließung von Schwellenländern über Satellitenverbindungen schnell und unkompliziert möglich ist. In Backnang-Waldrems zeigt die Hub-Station der Firma SATLYNX, deren Antennenfarm von der B 14 gut sichtbar ist, dass der Bedarf an Verbindungen nach Afrika und Südamerika trotz Glasfaserverbindungen weiter ungebrochen ist.

Auch der Autor dieses Beitrags hat auf dem Symposium in Berlin einen Vortrag über „Highly Mobile Earth Stations“ gehalten – über die Stati-



Autor Heinz Wollenhaupt auf dem „Symphonie“-Symposium in Berlin 1980.

on, mit der Minister Hauff zwei Jahre zuvor von Kairo nach Allmersbach im Tal telefonierte. Diese 3,3-m-Antenne aus Carbon Fiber-Glass (Kohlefaser) wurde mechanisch von der Fa. Dornier in Immenstaad entwickelt und gefertigt, das Hochfrequenzsystem in Allmersbach im Tal entwickelt und getestet. Die Antenne konnte in einem Container auf Lastwagen transportiert und innerhalb weniger Stunden aufgebaut werden. Insgesamt wurden sechs solcher 3,3-m-Antennen zur Verfügung gestellt.

Die Projekte OTS und ECS

Bereits 1967 hat die ESRO von der CETS den Auftrag zur Planung eines europäischen Nachrichtensatelliten erhalten.⁴² Das von „Intelsat“ für die weltweite Kommunikation benutzte Frequenzband 4/6 GHz war in Europa durch den „Symphonie“-Satelliten – wenn auch nur experimentell – genutzt, sodass für künftige Nachrichtensatelliten ein neues Frequenzband 11/14 GHz (Ku-Band) erschlossen werden sollte. ESRO erstellte dafür folgenden Stufenplan:

1. Untersuchung der Eigenschaften hinsichtlich Wettereinflüsse.
 2. Bau von zwei Testsatelliten „Orbital Test Satellites“ (OTS), die die Eigenschaften der Übertragung bestätigen sollten.
 3. Bau von vier „European Communications Satellites“ (ECS 1–4) im kommerziellen Einsatz.
- Der ursprünglich mit der Europäischen Rundfunkunion (EBU) geplante europäische Fernseh-rundfunksatellit wurde von ESRO nicht weiterverfolgt, sondern man wollte weitere nationale Studien zu diesem Thema durchführen, wie die von AEG-Telefunken zusammen mit ERNO Bremen und Dornier Immenstaad 1972 erstellte Studie „Television Broadcasting Satellite“.⁴³

Die Untersuchungen hinsichtlich der Wettereinflüsse sollten die Dämpfung, der eine elektromagnetische Welle bei der Frequenz von 13 GHz bei Gewitter, Schnee oder Starkregen unterliegt, umfassen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen tangieren noch heute den Fernsehempfang über Satellit. Bereits damals – vor 40 Jahren – sollte

⁴¹ Exekutivausschuss Symphonie: Tagungsband Internationales Symposium, 4. bis 7. Februar 1980, Kongresshalle Berlin, S. 19.

⁴² StAB, Technikarchiv: Europe in Space. A survey prepared by the European Space Research Organisation (ESRO), 1973.

⁴³ StAB, Technikarchiv: Television Broadcasting Satellite, performed by AEG-Telefunken, Dornier System, Erno Raumfahrttechnik, Mai 1972, 5 Bände und ein Summary.

dies bestimmt werden und noch heute melden die Fernsehapparate in Europa bei sehr dicken Wolken im Süden „kein Empfang“, sofern sie ihre Programme über Satelliten empfangen. So wurden bereits 1970 an unterschiedlichen Standorten Daten über die Ausbreitung speziell bei Wolken, Regen, Gewitter und Schnee statistisch erfasst.

Die zweite Voruntersuchung war noch kritischer: Der neue europäische Fernmeldesatellit sollte die doppelte Kapazität gegenüber den bisherigen „Intelsat IV“-Satelliten haben und zwar durch Ausnutzung von zwei Polarisierungen, der sogenannten Doppelpolarisation. Dazu musste der Empfang jeder Polarisation ohne Störung durch die orthogonale Polarisation möglich sein. Es lagen noch keine Ergebnisse vor, ob dabei zirkuläre oder lineare Polarisation in den vorgesehenen Frequenzbändern stabilere Entkopplungen ermöglicht. Dies sollte auf einer Messstrecke im Ku-Band (11/14 GHz) zwischen Interlaken auf 580 m Höhe und dem Jungfrauoch in 3 400 m Höhe ergründet werden. Für diese Messstrecke, die die üblichen Wolkenschichten durchkreuzt, wurden Antennen mit sehr hohen speziellen Eigenschaften hinsichtlich der Polarisationsreinheit benötigt. Ende 1973 bekam das Werk Backnang von der ESRO den Auftrag, diese speziellen Antennen zu entwickeln und zu liefern. Sie wurden in Backnang/Allmersbach im Tal entwickelt und im Sommer 1974 in die Schweiz geliefert.⁴⁴ Die Abnahmemessungen waren so überzeugend, dass die ESA infolge davon AEG-Telefunken mit weiteren Aufträgen über große Teststationen für OTS und ECS beauftragte, die eine hohe Polarisationsreinheit erforderten.

Die Ergebnisse der Langzeitmessung wurden in einem Colloquium der ESA von 23. bis 25. Juni 1976 in Bern vorgestellt.⁴⁵ Das Ergebnis der Vorstudien war eindeutig zugunsten einer linearen Polarisation im Ku-Band, die eine Doppelausnutzung weit über 99 % der Zeit gestattet. Dies ist auch heutzutage noch wichtig, da Millionen von Fernsehteilnehmern über eine „Schüssel“ ihre Programme in diesem Frequenzband und mit Doppelpolarisation empfangen können. Lediglich bei „dicken Gewitterwolken“

kann eine kurzzeitige Unterbrechung, die statistisch schon 1975 berechnet wurde, auftreten.

Nahezu parallel dazu wurden auch Vorstudien zur Auslegung des „Orbital Test Satelliten“ (OTS) von der ESRO vergeben. Hier war dann wieder die Systemgruppe der Raumfahrt Backnang beteiligt, nach der Devise: „Wer in der Studie erfolgreich ist, kann an der Entwicklung und dem Bau des Satelliten beteiligt werden.“ Der Beauftragung zur Fertigung der Transponder-Untersysteme waren seit 1971 Vorstudien (Phase A) und Entwicklungen von Baugruppen (Phase B) vorausgegangen, wie Lothar Friederichs, ehemaliger Leiter der Systemgruppe, sich erinnert. Die Mission des OTS-Satelliten ähnelte der des Experimentes Jungfrauoch/Interlaken:

1. Experimentelle Bestätigung der für das Betriebssystem geplanten Sende- und Zugriffsmethoden, wie z. B. das Zeitmultiplex-Verfahren (TDMA), Doppelausnutzung des Frequenzbandes durch Anwendung orthogonaler Polarisierungen.
2. Bestätigung der bisherigen Erkenntnisse hinsichtlich atmosphärischer Dämpfung und Depolarisationsverhalten in den Ku-Band-Frequenzbändern 11 und 14 GHz.
3. Prüfung neu entwickelter Technologien in diesem Frequenzband wie Wanderfeldröhre im 11-GHz-Band, parametrische Verstärker im 14-GHz-Band oder neu entwickelte integrierte Mikrowellenschaltkreise.

AEG-Telefunken Backnang wurde von der ESRO beauftragt, als Hauptauftragnehmer ein Transponderkonzept so zu definieren, dass diese Aufgaben durchgeführt werden können. Das Konzept bestand aus einem Nachrichten-Repeater und einem schmalbandigen Baken-Repeater. Der Nachrichten-Repeater war wiederum eine vereinfachte Version des späteren ECS-Repeaters mit zwei 40-MHz-Kanälen für „langsame“ TDMA-Signale (entsprechend 2 x 1 600 Telefonkanälen) und zwei 120-MHz-Kanälen zur Übertragung von „schnellen“ TDMA-Signalen (entsprechend 2 x 5 000 Telefonkanälen). Alle anderen wichtigen Parameter, die HF-Ausgangsleistung bei 11 GHz, das Systemrauschen bei 14 GHz, die Kanalbandbreiten und die Antennenausleuchtgeometrie einschließlich des Antennengewinns sollten den

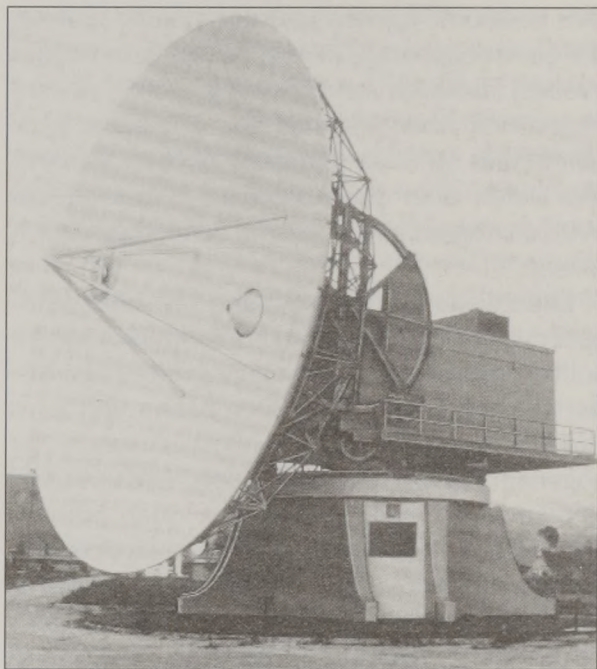
⁴⁴ BKZ vom 17. Februar 1976.

⁴⁵ P. J. Bartholomé, ESA/ESTEC, Noordwijk: The Objectives of the Jungfrau Experiment. – In: Frequency re-use-transmission experiment at 180 mbps over the Jungfrau link. Proceedings of an ESA-Swiss PTT Colloquium held at the Technical Centre in Berne, Switzerland, 24. bis 25. Juni 1976, S. 17 bis 20.

Werten eines späteren Betriebssystems entsprechen. Der Baken-Repeater hatte die Aufgabe, die Ausbreitungsbedingungen, Dämpfung und Depolarisation der Aufwärts- und Abwärtsstrecke in zirkularer Polarisierung zu messen sowie über kleine preiswerte Erdefunkstationen schmalbandige Datensignale zu übertragen.⁴⁶ Am Transponder-Projekt waren unter der Führung von AEG-Telefunken Unterauftragnehmer aus mindestens fünf ESRO-Mitgliedsstaaten beteiligt.

Der „OTS 1“ sollte am 13. September 1977 mit einer „Thor-Delta-Rakete“ in den Orbit geschossen werden, was allerdings misslang: *Jäh gedämpft wurde die europäische Weltraum-Euphorie, als am Dienstag letzter Woche das ökonomisch aussichtsreichste Satellitenprojekt der Alten Welt in einem Feuerball zerplatzte: Wie ein weißglühendes Geschoss, so sahen es anderntags auch deutsche TV-Zuschauer, war die 190 Tonnen schwere Trägerrakete vom Typ „Thor-Delta“ detoniert – in elf Kilometer Höhe, 57 Sekunden nach dem Start. Kaum fassen konnten es die Techniker im Operationszentrum der europäischen Weltraumorganisation ESA in Darmstadt, als sie aus den Lautsprechern hörten, dass mit der Rakete auch ihr „Orbital Test Satellite“ (OTS) vernichtet worden sei – per Knopfdruck, damit die Trümmer keine Schäden auf der Erde anrichteten.* Damit brachten es die USA fertig, jeden vierten der von ihnen abgeschossenen europäischen Satelliten unbrauchbar zu machen.⁴⁷ Teile des Satelliten wurden aus dem Atlantik vor Florida in einer Tiefe von ca. 50 m geborgen – auch von Transponderbaugruppen, die noch nachgewiesenermaßen funktionsfähig waren. Leider befinden sie sich noch immer bei Tesat-Spacecom, statt sie in der Techniksammlung zu zeigen. Am 11. Mai 1978 wurde dann der „OTS 2“ in den Orbit geschossen – dieses Mal ohne Probleme. Er versah bis zum Januar 1991 störungsfrei seinen Dienst und wurde dann im „Orbithimmel“ entsorgt, um anderen Betriebssatelliten Platz zu machen.

Zusätzlich zum Bau des Transponders der OTS-Satelliten erhielt Backnang 1975 als Hauptauftragnehmer von der ESA und Telespazio Rom den Auftrag zur Errichtung der Leitbodenstation



17-m-Ku-Band-Antenne in Fucino/Italien für den OTS-Satelliten.

„Satellite Control and Test Station“ (OTS-SCTS) in Fucino in den Abruzzen. Die Leitbodenstation wurde sowohl für die Überwachung und Steuerung des OTS-Satelliten wie auch für die Ausbreitungs- und Nachrichtenübertragung mit den Satelliten und anderen Stationen genutzt.⁴⁸

Neben der Steuerung des Satelliten nahm die Leitstation auch an dem orbitalen Testprogramm OTP – später in Orbit Test (IOT) umbenannt – teil. Dazu mussten alle Untersysteme vorhanden und kalibriert sein. Zur Erfüllung dieser Aufgabe erhielt die Antenne der Erdefunkstelle die folgenden Untersysteme: 17-m-Cassegrainantenne als Wheel and Track mit großer Azimutkabine; Doppellinien polarisiertes Speisesystem für Senden und Empfang; Servo & Control für Azimut, Elevation und Polarisierung; 3-m-Cassegrainantenne mit Servo und Control; doppelzirkular polarisiertes Speisesystem für Senden und Empfang sowie rauscharmer Vorverstärker und Abwärtsumsetzer.

Die Antennen bis zum rauscharmen Vorverstärker sind eine exakt zu vermessende Einheit für Gewinn und Polarisationsentkopplung, weil genau dieser Wert sollte um den Faktor genauer

⁴⁶ Zu den technischen Einzelheiten siehe: StAB, Technikarchiv: AEG-Telefunken Jahrbuch 77/78, Weiterverkehr und Kabeltechnik Backnang, N23, S. 21 f.

⁴⁷ Einfach Pech. War beim Fehlstart des Europa-Satelliten Sabotage im Spiel? – In: Der Spiegel 39, 1977, S. 240.

⁴⁸ StAB, Technikarchiv: AEG-Telefunken Jahrbuch 77/78, Weiterverkehr und Kabeltechnik Backnang, N23, S. 19 f.; ANT Nachrichtentechnik Jahrbuch 87/88, RA 9.

sein gegenüber dem Wert, der für den im Orbit befindliche Satelliten gemessen wird. Die erstmalige Messung ist die Freigabe zum Betrieb und die permanente Überwachung der Eigenschaften des Satelliten ein wichtiger Betriebsparameter. Ein weiterer wichtiger Überwachungswert ist die Winkelaussage zwischen Bodenstation und Satelliten. Die entsprechenden Winkel an der Bodenstation werden mithilfe von Istwertgebern mit einer Genauigkeit von $0,005^\circ$ gemessen. Die Kalibrierung dieser Istwertgeber auf den absoluten Winkel mit dieser Genauigkeit bei Betriebslevation kann nur mit Radiosternen wie „Cassiopeia A“ oder „Taurus A“ durchgeführt werden, da die Position dieser Sterne durch die Radioastronomie exakt vermessen und dadurch über der Zeit berechenbar ist. Radiosterne „rauschen“ zudem über der Frequenz in einem exakt gemessenen Maß und sind für die Radioastronomie ein Mittel, um Antennen wie z. B. das 100-m-Radioteleskop in Effelsberg/Eifel zu kalibrieren. AEG-Telefunken hat zusammen mit dem von der ESA beauftragten Max-Planck-Institut für Radioastronomie in Bonn erstmals an einer kommerziellen Ku-Band-Bodenstationsantenne mit radioastronomischen Mitteln die Winkeleinstellung und -genauigkeit sowie Gewinn der Antenne vermessen.

Nachdem die Auftraggeber ESA und Telespazio mit der Antennenanlage zufrieden waren, beauftragte die DBP in Usingen AEG-Telefunken in Backnang mit dem Bau einer 18,3-m-OTS-Versuchsantenne, mit der die DBP an den Versuchen mit dem OTS-Satelliten teilnehmen wollte. Die 1978 fertiggestellte Antenne erfüllte die Anforderungen und wurde 1980 für die Übertragung über „Intelsat V“, bei dem nunmehr ebenfalls Ku-Band-Transponder mitflogen, umgerüstet.

Im Einvernehmen mit den europäischen Postverwaltungen beauftragte die ESA ein Industriekonsortium mit dem Bau von fünf ECS-Satelliten, die den Ländern Europas sowie allen Mittelmeerrainern zur kommerziellen Nachrichtenübertragung zur Verfügung stehen sollten. Im Rahmen des ECS-Programmes sollten die fünf Satelliten einen kontinuierlichen zuverlässigen Betrieb über einen Zeitraum von 15 Jahren sicherstellen. Bei der Definition der ECS-Satelliten wurden die im Rahmen des OTS-Programms gewonnenen Er-

fahrungen verwertet. Wie im OTS-Programm wurde dabei Systemkonzeption, Entwicklung, Bau und Integration des Transponder-Untersystems der AEG-Telefunken Backnang übertragen.⁴⁹

Die Aufgabenstellung für die ECS-Satelliten war folgende:

1. Übertragung von Telefonie im Zeitvielfachzugriff (TDMA) über Distanzen von über 1 000 km.
2. Übertragung von Fernsehprogrammen zwischen den Ländern der EBU.
3. Einzelkanal-Sprach- und Datenübertragung zu den Ölplattformen.

Um diese Aufgaben zu erfüllen, wurde für den Transponder ein nicht redundantes Konzept mit zwölf identischen 80-MHz-Kanälen gewählt. Von diesen zwölf Kanälen mussten, so die Vorgabe, während der gesamten Lebensdauer eines Satelliten von mindestens sieben Jahren neun Kanäle betriebsfähig sein. Über jeden 80-MHz-Kanal konnten 3 000 Telefonie-Kanäle oder zwei TV-Programme übertragen werden. Der Transponder arbeitete nach dem Prinzip der Zweifachumsetzung, das bei den gegebenen Anforderungen Vorteile bot. Überwacht und gesteuert wurde der Transponder durch ein separates Telemetrie- und Telecommand-Untersystem.

Betreiber der ECS-Satelliten wurde die 1977 gegründete zwischenstaatliche Organisation „European Telecommunications Satellite Organization“ (Eutelsat) mit Sitz in Paris. Am 16. Juni 1983 konnte der „ECS 1“, der von Eutelsat dann „Eutelsat 1 F1“ genannt wurde, mit der europäischen Neuentwicklung „Ariane 1“ gestartet werden. Insgesamt wurden vier ECS-Satelliten erfolgreich in den Orbit gebracht, einer ging bei einem Fehlstart 1985 verloren. Über 15 Jahre versahen die neuen Transponder ihren Dienst – mehr als doppelt so lang wie die eigentlich geplanten sieben Jahre Lebensdauer.

Wie schon beim OTS wurde auch die Leitstation für die ECS-Satelliten von AEG-Telefunken Backnang errichtet. Die Herstellung der 13,5-m-„ECS-TMS1“-Antenne in Redu/Belgien wurde von MBB München auf Wunsch der ESA nach Backnang vergeben. Am 19. März 1980 fand in München das „Kick-off Meeting“ statt, der offizielle Start für das Projekt. Bereits in der Zeit von 22. Juni bis 10. Juli 1981 gab es dann die Abnahmemessungen mit der Antenne. Wie schon

⁴⁹ StAB, Technikarchiv: ANT Nachrichtentechnik Jahrbuch 87/88, RA 56-59.

für OTS in Fucino/Italien führte AEG-Telefunken Backnang auch umfangreiche – auch radioastronomische – Messungen zur Kalibrierung der Antenne zur Zufriedenheit der ESA durch. Die 13,5-m-Antenne wurde Ende des Jahrhunderts auf ein höheres Ka-Frequenzband (20/30GHz) umgerüstet und ist nach über 30 Jahren noch immer als eine „In Orbit Test (IOT) Station“ für das ESA Satellitensystem „Artemis“ in Betrieb.

Die Projekte „TV-Sat 1“/„TV-Sat 2“ und „TDF-1“

Wie bereits oben erwähnt, wurden schon 1966 erste Überlegungen für einen deutschen „Olympia-Satelliten“ angestellt. Konkretere Untersuchungen folgten 1971/72 in Deutschland durch Systemstudien und Entwicklungen kritischer Baugruppen für einen möglichen Hochleistungs-TV-Satelliten. Getragen wurden diese Studien vom Bundesministerium für Forschung und Technologie. AEG-Telefunken Backnang wirkte von Anbeginn an diesen Arbeiten maßgeblich mit, deren Ziel die direkte Versorgung des Fernsehteilnehmers mit weiteren Programmen war. Die technischen Konzepte wurden immer wieder von den parallel laufenden internationalen Verhandlungen im Rahmen des CCIR zur Koordinierung der Funkfrequenzen, Orbitpositionen, Strahlungsleistungen usw. beeinflusst bis schließlich im Januar/Februar 1977 auf der Welt-Funkverwaltungskonferenz in Genf ein weltweit gültiger Rundfunk-Satellitenplan beschlossen wurde, der jedem Land eine geostationäre Orbitposition mit fünf Hochleistungskanälen und eine dem jeweiligen Territorium angepasste Ausleuchtzone zuwies.⁵⁰ Damit stand einer Realisierung eines Fernsehrundfunk-Satelliten auf der Basis der bereits durchgeführten Arbeiten nichts mehr im Wege.

Am 2. Oktober 1979 beschlossen Frankreich und Deutschland ein Rahmenabkommen über den Bau von zwei Fernsehdirektsatelliten (einer

für jedes Land), die im Jahr 1983 gestartet werden sollten.⁵¹ 1981 begann ein Konsortium deutscher und französischer Firmen unter dem Namen „Eurosatellite“ mit Entwicklung und Bau des deutschen „TV-Sat“ und des französischen „TDF-1“.⁵² Lediglich die Frequenzen und Ausleuchtungsbereiche, durch die Antenne realisiert, unterschieden die beiden Satelliten. Allerdings kam es aus politischen Gründen immer wieder zu Verzögerungen des Projekts, da die Ministerpräsidenten der deutschen Länder als verfassungsmäßige Träger der Rundfunkhoheit die „TV-Sat“-Ausleuchtzone auf das jeweilige Landesgebiet begrenzen wollten – mit dem Ergebnis, dass man zum „TV-Sat“-Startzeitpunkt im Herbst 1987 in puncto Sendeleistung und Programmanzahl auf dem technischen Stand von 1978 war.

AEG-Telefunken Backnang war innerhalb des „Eurosatellite“-Konsortiums für die Übertragungseinrichtung des deutschen Satelliten „TV-Sat“ verantwortlich.⁵³ Der Aufbau des Satelliten bestand aus fünf Modulen, wobei das nachrichtentechnische Modul den Repeater beinhaltete. Dessen Aufgabe war es, die von den Bodenstationen gesendeten Signale aufzubereiten, in den Sendefrequenzbereich umzusetzen und – auf den geforderten Leistungspegel verstärkt – der Sendeantenne zuzuführen. Der Repeater umfasste fünf Kanäle, die dem WARC-Raster entsprachen.⁵⁴ Bis auf die länderspezifischen Kanal-frequenzen und Sendeleistungen war das Konzept des „TV-Sat“- und des „TDF-1“-Repeaters identisch. Drei wichtige Baugruppen wurden von der Raumfahrt aus Backnang speziell für den „TV-Sat“ entwickelt: der 12 GHz 260 W Wanderfeldröhrenverstärker, der Kanalverstärker 12 GHz und der Ausgangsmultiplexer 12 GHz 450 W.⁵⁵ Der Techniksammlung Backnang wurde 2009 ein Prototyp eines Ausgangsmultiplexers überlassen.

Der gelungene Start des „TV-Sat 1“ fand am 21. November 1987 mit einer „Ariane“ statt, allerdings konnte die Empfangsantenne, die zur Unterbringung in der Raketenhülle an den Satelli-

⁵⁰ Peter Malanczuk: Das Satellitendirektfernsehen und die Vereinten Nationen. – In: Zeitschrift für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht 44, 1984, S. 257 bis 289.

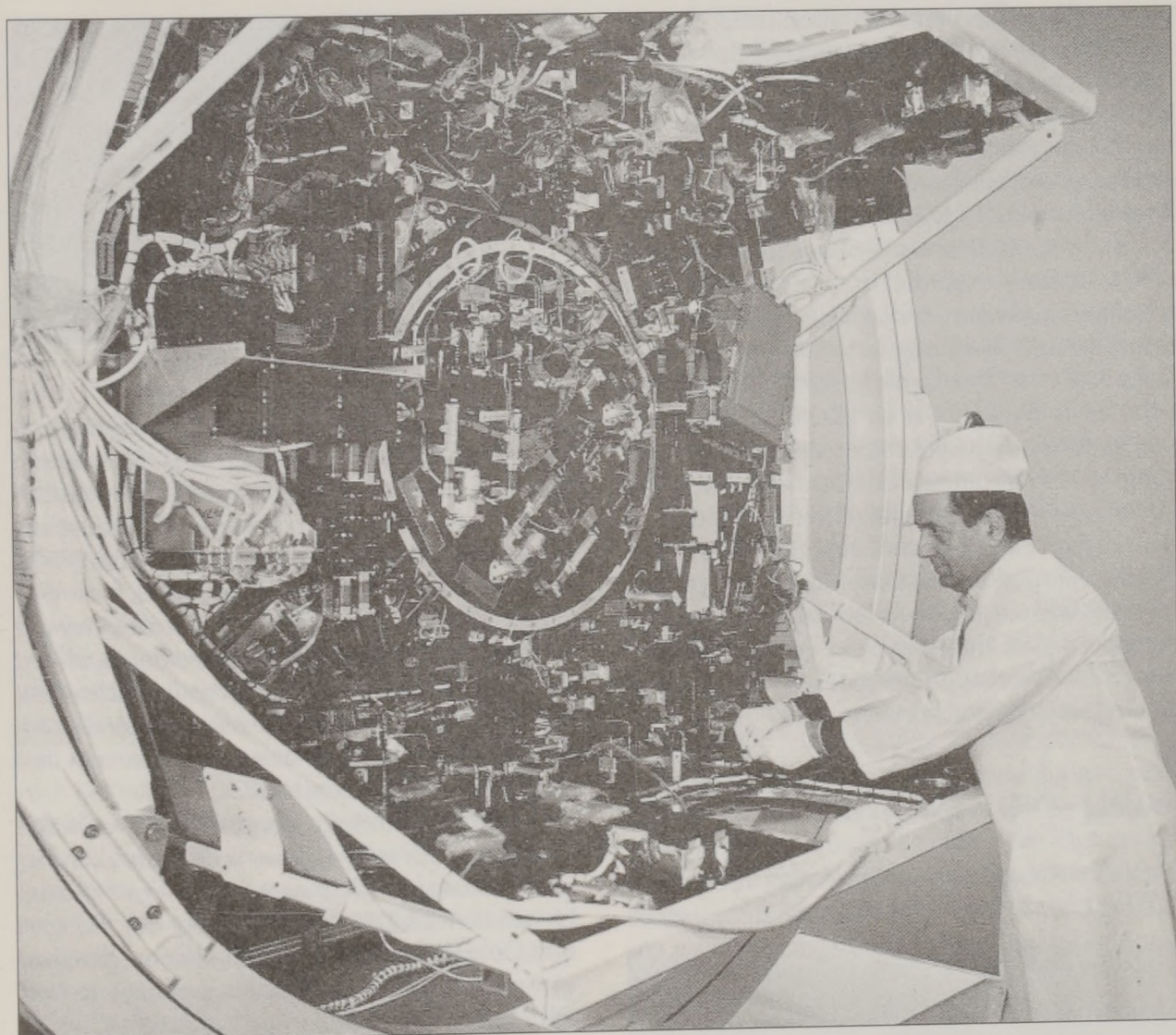
⁵¹ Reinke (wie Anm. 38), S. 184 bis 190.

⁵² Siehe dazu: Hans-Martin Fischer: Europäische Nachrichten-Satelliten: von Intelsat bis TV-Sat, Lemwerder 2006 (= Schriftenreihe des Raumfahrtgeschichtlichen Archivs Bremen 6).

⁵³ BKZ vom 21. Juli 1982.

⁵⁴ Als WARC-Bänder werden die Frequenzbereiche bezeichnet, die 1977 auf der World Administrative Radio Conference dem Satellitenrundfunk zugewiesen wurden.

⁵⁵ StAB, Technikarchiv: ANT Nachrichtentechnik Jahrbuch 87/88, RA 51-55; BKZ vom 18. März 1985.



„Eutelsat“-ECS Repeater während der Testphase.

tenkörper angeklappt war, nach der Aussetzung des Satelliten nicht ausgeklappt werden.⁵⁶ Ob eine nicht entfernte Transportsicherung oder fehlerhafte Montage die Ursache war, konnte nicht vollständig geklärt werden, auf jeden Fall war der Satellit nicht zu nutzen und wurde 1989 abgeschaltet und in den „Friedhoforbit“ verschoben. Dies bedeutete aufgrund der langjährigen Verzögerung und der technischen Weiterentwicklung der Nutzer-Empfangsanlagen das endgültige Aus für diese Art der Direct Broadcast Satellites (DBS).

Am 11. Oktober 1988 startete der luxemburgische, direkt sendende Fernsehverteilsatellit „Astra 1A“. Abweichend vom WARC-Plan liegen bei SES Astra die Empfangsfrequenzen für den

Teilnehmer im Bereich von 10,95 bis 11,70 GHz. Dieses Band war ursprünglich den Fernmeldediensten vorbehalten. Die Transponderleistung betrug beim „TV-Sat“ 230 Watt und beim „Astra“ lediglich 45 Watt. Deshalb konnte „Astra“ 16 aktive Kanäle gegenüber nur drei beim „TV Sat“ übertragen. Ausgelöst wurde diese Überlegenheit des „Astra“-Konzeptes durch die in den 1980er-Jahren erheblich verbesserte Empfangstechnik, die auch bei Transponderleistungen von 45 W kleine Antennen von weniger als 90 cm ermöglichte. Der „TV-Sat 2“ als identischer Nachfolger von „TV-Sat 1“ wurde am 8. August 1989 in den Orbit geschossen. Bis 1994 wurde die Technik „D2Mac“ erprobt, jedoch war diese speziell für DBS entwickelte Technik mit mehre-

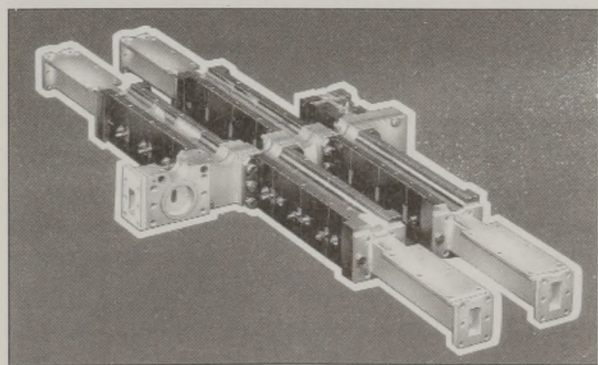
⁵⁶ BKZ vom 23. u. 26. November 1987.

ren Sprachkanälen letztlich überflüssig, da sich die Zuschauer für „SES Astra“ entschieden hatten.

Wie schon bei den OTS- und ECS-Satelliten erhielt Backnang auch für den „TV-Sat“ den Auftrag für die Errichtung der Leitstation zur Überwachung und Messung des TV-Satelliten. Die Antennen – eine 13,5-m-Parabolantenne und eine 4,5-m-back-up-Telemetrie- und Telecommand (TTC)-Antenne – wurden in Usingen im Taunus errichtet und waren die sechste und siebte Antenne, die AEG-Telefunken bzw. ANT Nachrichtentechnik seit 1978 dort errichteten.⁵⁷ Die Antenne war eine in Backnang entwickelte, weltweit einmalige Besonderheit: Eine feststehende Einspeisung im ebenerdigen Betriebsraum wurde mit einem ebenen Umlenkspiegel verifiziert, der mit dem halben Elevationswinkeln mitdrehte. Damit wurde vermieden, dass asymmetrische Spiegelformen, wie sie in Antennen mit feststehender Einspeisung im Intelsatsystem genutzt wurden, Polarisationsverkopplungen der zirkularen Polarisation verursachen könnten.

Projekt „DFS Kopernikus“

Die DBP vergab am 12. Dezember 1983 einen Auftrag über 850 Mio. DM für den Aufbau eines Fernmeldesatellitensystems für die BRD an ein deutsches Industriekonsortium. Der Auftragswert rein für Entwicklung, Bau und Start der Satelliten betrug 570 Mio. DM.⁵⁸ Durch dieses Satellitensystem wollte die Post ihr bestehendes Kabel- und Richtfunkssystem innerhalb der Bundesrepublik und nach Berlin ergänzen und schnelle Übertragungsdienste für Daten, Text und Video anbieten. Zudem sollte die Übertragung von



„TV-Sat“ 450 W Ausgangsmultiplexer.



„TV-Sat“-Antennen Usingen 6 und 7.

Fernsehbildern von mobilen Übertragungswagen in die Sendeanstalten ermöglicht werden. Die ANT Nachrichtentechnik, so der Name des Backnanger Werkes nach der Ausgliederung aus AEG-Telefunken im Jahr 1983, und MBB/ERNO Bremen waren im Rahmen des Deutschen Fernmeldesatellitensystems „DFS Kopernikus“ verantwortlich für Entwicklung und Bau der Satelliten und bildeten dafür das Konsortium „R-DFS“ mit Sitz in Backnang sowie eine hier arbeitende zentrale Projektgruppe, die sich aus Ingenieuren beider Firmen zusammensetzte.

Im DFS-Konsortium beanspruchte – wie sollte es auch anders sein – Siemens die Federführung, wurde selbst jedoch nur im Bodensegment tätig. Neben dem „R-DFS“ gehörten noch SEL Stuttgart und Dornier System Immenstaad dem DFS-Konsortium an. Während SEL für das digitale Vermittlungssystem zuständig war, baute Dornier System zusammen mit ANT Backnang/Allmersbach im Tal das Boden-Kontroll-System für die Satelliten in Usingen auf. Die Konzeption umfasste die Satelliten „DFS I“ und „DFS II“ im geostationären Orbit sowie einen Ersatzsatelliten am Boden. Für „DFS I“ wurde die Position 23,5° Ost und für „DFS II“ 28,5° Ost vorgesehen. Der Start war für 1987 geplant.

Das Erdfunkstellennetz umfasste in der ersten Ausbaustufe 32 über die Bundesrepublik und West-Berlin verteilten Stationen für den Frequenzbereich 12/14 GHz sowie zwei Stationen für den neuen 20/30-GHz-Bereich, der versuchsweise für die Übertragung von Fernsehreportagen und später für den Nachrichtenverkehr zwischen der Bundesrepublik und West-Berlin eingesetzt werden sollte. Hauptelemente der nachrichtentechnischen Nutzlast waren elf aktive

⁵⁷ StAB, Technikarchiv: ANT Nachrichtentechnik Jahrbuch 87/88, RA 13-RA 19.

⁵⁸ BKZ vom 14. Dezember 1983.

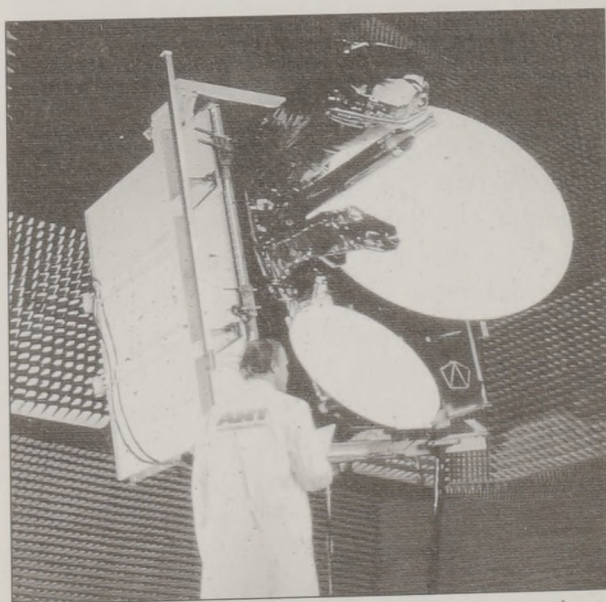
und sechs als Redundanz verfügbare Transponder, die z. B. für die gleichzeitige Schaltung von ca. 7000 Telefongesprächen und für die Übertragung von sieben Fernsehprogrammen genutzt werden konnten. Die wichtigsten Neuentwicklungen bei ANT Raumfahrt waren ein Abwärtsumsetzer 30/12 GHz und Aufwärtsumsetzer 12/20 GHz, ein rauscharmer Vorverstärker 14 GHz, ein Kanalverstärker 11/12 GHz und ein Ausgangsmultiplexer 12 GHz.⁵⁹

Am 5. Juni 1989 wurde „DFS Kopernikus 1“ auf 23,5° Ost positioniert und nahm ab 1. August 1989 seine Arbeit auf. Allerdings verwendete ihn die DBP nicht – wie eigentlich geplant – als Fernmeldesatellit, sondern als Fernsehsatellit. Man wollte dadurch die oben bereits beschriebenen Verzögerungen im DBS-Fernsehen („TV-Sat 1+2“) ausgleichen und dadurch das Eindringen der privatwirtschaftlichen Luxemburger „Astra“-Satelliten in den deutschen Fernsehmarkt verhindern. Deshalb wurden die Programme PRO 7, WDR 3, Tele 5, Bayern 3, ARD EinsPlus, RTL Plus sowie das sich bereits im Betriebsversuch befindliche DSR-Paket auf den Satelliten geschaltet.⁶⁰ Die Nutzung eines Satelliten sollte sich eigentlich der vorgegebenen Spezifikation und der technischen Auslegung anpassen. In diesem Fall führten jedoch rein politische Überlegungen zu einer davon abweichenden Nutzung. Zudem war der Einsatz insofern nicht erfolgreich, als die Teilnehmer am Satellitenfernsehen sich überwiegend für das „Astra“-Frequenzband entschieden, da dort bis zu sechzehn Programme empfangen werden konnten.

Auf der Übertragungsseite entwickelte sich seit 1983, der Zeit der Urkonzeption des DFS, noch ein weiteres Problem: Während 1983 deutschlandweit die ersten Versuchsübertragungen auf Glasfaserkabeln stattfanden, wurde diese Entwicklung nach den erfolgreichen Versuchen – auch in Backnang, jedoch nicht bei der Raumfahrt – durch die Installation neuer Glasfaserkabel vorangetrieben. Die damit verfügbare, erheblich höhere Übertragungskapazität war zwar nicht für die Nutzung in der breiten Fläche geeignet, bot aber Vorteile in der Punkt-zu-Punkt-Verbindung. Der „DFS Kopernikus 2“, der am

25. Juli 1990 gestartet wurde, übernahm dann schließlich die fernmeldetechnischen Aufgaben von „DFS-1“ und weitete sie noch aus. Der Bedarf an Telefonkanälen in der ehemaligen DDR war enorm und konnte anfänglich mit „DFS-2“ und kleinen Antennen überbrückt werden, bis auch dort die Glasfaserkabel den Funk (Richtfunk und Satellitenfunk) verdrängten. Der am 12. Mai 1993 gestartete „DFS Kopernikus 3“ wurde von der DBP im Jahr 2002 an die griechische HellaSat vermietet und hat dort noch ein Jahr bis zu seiner Entsorgung im „Friedhofsorbit“ gearbeitet. Die Leitbodenstation DFS/GEOS wurde – wie schon bei den vorherigen Satellitenprojekten – ebenfalls an ANT Backnang/Allmersbach im Tal vergeben und mit einer 9,5-m-Cassegrain-Antenne als Usingen 9 realisiert.

Das Projekt „DFS Kopernikus“ war für die Raumfahrt bei ANT in Backnang ein bedeutender Meilenstein. Nicht nur, dass ANT sich erfolgreich in der Systemführerschaft eines so umfangreichen Satellitenprojektes zeigen konnte, das Projekt brachte neben dem Know-how-Gewinn auch eine Erweiterung der Entwicklungs-, Integrations- und Testkapazität wie die damals neu erstellte Integrationshalle nahe der Etwiesenbrücke und den Neubau des Antennenentwicklungs- und Testzentrums in Allmersbach im Tal.⁶¹



Deutscher Fernmeldesatellit „DFS Kopernikus“ beim Test in Allmersbach im Tal.

⁵⁹ StAB, Technikarchiv: ANT Nachrichtentechnik Jahrbuch 87/88, RA 60-63.

⁶⁰ Siehe dazu: Hans-Martin Fischer: DFS Kopernikus. Der deutsche Fernmeldesatellit aus Bremen, Bd. 1: Konfiguration und Funktion, Lemwerder 2009 (= Schriftenreihe des Raumfahrthistorischen Archivs Bremen 9).

⁶¹ BKZ vom 21. März u. 1. Juni 1984.

Weitere Satellitenprojekte

Schon 1983 begannen ANT Backnang und Dornier System Immenstaad mit der Konzeptentwicklung einer 4,5 m großen, im Orbit entfaltbaren Satellitenantenne. Während des Raketenstarts sollte sie aus Platzgründen zu einem dichten Paket gefaltet sein und sich nach Erreichen des Orbits zu voller Größe entfalten. Mit Hilfe eines Vielfach-Erregersystems sollte damit die Fläche Deutschlands mit 17 einzelnen Gebieten ausgeleuchtet werden. Eine solche Antenne hätte wegen der möglichen Frequenz-Mehrfachnutzung die Übertragungskapazität gegenüber einer Ausleuchtung der gleichen Gesamtfläche mit nur einem Strahl auf ein Vielfaches gesteigert. Die Entwicklung wurde allerdings nur bis hin zu einem im Laborversuch erfolgreich getesteten Funktionsmodell getrieben.

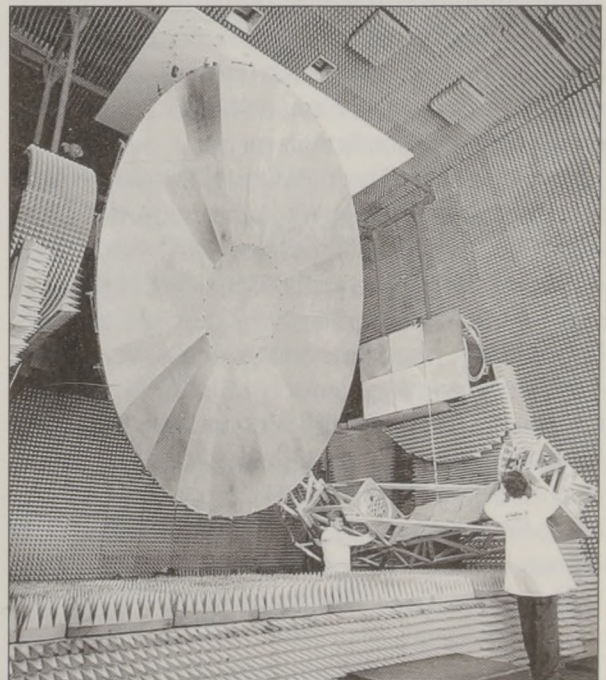
In der Folge hat ANT im Auftrag des Forschungsministeriums und in technischer Abstimmung mit dem FTZ Systemkonzept für die Zeit nach „DFS Kopernikus“ entwickelt, meistens in Zusammenarbeit mit MBB Ottobrunn. Diese Arbeiten wurden durch die im FTZ aufkommenden Unsicherheiten in der Einschätzung der Satellitennutzung seitens der DBP/Deutsche Telekom überschattet, bis schließlich die Deutsche Telekom ihr Interesse an der nationalen Satellitenübertragung verlor.

Seit Mitte der 1990er-Jahre wurden die bisherigen staatlichen Fernmeldeverwaltungen privatisiert, so auch die mächtige DBP. Sie wurde in Deutsche Post, Deutsche Telekom und Postbank aufgeteilt. Das Interesse der Telekom beschränkte sich auf den aufkommenden Mobilfunk und das vorhandene Festnetz. Alle Aktivitäten auf dem Gebiet der Satellitentechnik wie Bodenstationen in Raisting, Usingen oder Fuchsstadt wurden deshalb aufgegeben oder verkauft. Ähnliches Verhalten kann man bei den anderen europäischen Postverwaltungen beobachten. Als für deutsche Nutzer relevante Satellitenbetreiber verblieben sind „Eutelsat“ (regional in Europa und Afrika), „Intelsat“ (weltweit agierend) und „Inmarsat“ (weltweiter Seefunk) sowie die private Gesellschaft „SES Astra“ in Luxemburg, die auf dem Markt der Fernsehverteilung eine starke Stellung erreicht hat.

„Eutelsat“, eine Organisation zum Betrieb europäischer Satelliten, wurde 1977 als halb-

staatliche Firma im Eigentum der Fernmeldeverwaltungen zum Betrieb europäischer Satelliten gegründet und ist seit Jahren privatisiert. „Intelsat“, der weltweit agierende Satellitenbetreiber, seit 1967 mit einer Aktienmehrheit des amerikanischen Staates, wurde im August 2004 an private Investoren verkauft. Daneben existieren noch einige weitere, für private Nutzer in Deutschland nicht primär wichtige Satellitenbetreiber, z. B. „Hispasat“ (Spanien mit Orientierung nach Südamerika) und „Arabsat“ (Arabische Länder im Nahen/Mittleren Osten und Nordafrika).

Längst haben sich die Raumfahrt-Aktivitäten in Backnang – heute durch die aus ANT-/Bosch-Telecom hervorgegangene Tesat-Spacecom GmbH & Co. KG repräsentiert – mit großem Erfolg in andere Richtungen entwickelt: Lieferung von Nutzlastgeräten an Satellitenhersteller; meteorologische Satelliten; Übertragung von Beobachtungsdaten wissenschaftlicher Satelliten (Satellit/Boden); Erdbeobachtungssatelliten; Datenrelais-Satelliten, die als geostationäre Satelliten Daten von Satelliten auf niedrigen Umlaufbahnen (mit nur kurzzeitiger Sichtbarkeit von der Erde) empfangen und in ständiger Verbindung zur Erde senden; Kommunikationssatelliten für die Bundeswehr für Verbindungen in Einsatzgebiete; optische Kommunikation mittels Laser-Terminals für Intersatelliten-Verbindungen.



4,5-m-Mehrstrahlentfaltantenne beim Messen im Absorberraum in Allmersbach im Tal.