

Das Institut für Weltraumforschung (Sternwarte Bochum) beteiligt sich bereits seit 15 Jahren an den verschiedensten Weltraumexperimenten. Am Beispiel des Apollo-16-Fluges erläutert Professor Heinz Kaminski, der Direktor der Sternwarte und Leiter des Instituts, die wissenschaftlichen und technischen Beiträge der Sternwarte zur Raumforschung unter besonderer Berücksichtigung der Rohde & Schwarz-Geräte.

Sternwarte Bochum beobachtet US-Apollo-Mondexperimente



Leistungsfähigkeit der Sternwarte

Die Sternwarte Bochum hat im November 1968 eine 20-Meter-Parabolantenne unter Radom von der ARGE Krupp, Rohde & Schwarz, Garbe-Lahmeyer und der Bau-gesellschaft für Elektrische Anlagen über-nommen (Bild 1). Die Antenne ist nach dem Konzept des Instituts für Weltraumfor-schung (Sternwarte Bochum) in den Jahren 1964 bis 1965 entwickelt und von den be-teiligten Unternehmern in unbürokratischer Teamarbeit gestaltet worden. Finanziert wurde dieses Vorhaben vom Bundesmini-sterium für wissenschaftliche Forschung (heute Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft).

Mit einem Minimum an finanziellem Auf-wand gelang es, eine „all-round-Antenne“ zu entwickeln, die für verschiedene Experi-mente im VHF- und hohen GHz-Bereich (100 bis 10 000 MHz) bereits erfolgreich eingesetzt werden konnte. Über die Eigen-schaften der Antenne ist bereits an anderer Stelle berichtet worden [1].

BILD 1 20-m-Parabol-
antenne der Sternwarte Bo-
chum. Rohde & Schwarz
entwickelte für diese An-
tenne die Erregerstrahler.
Foto: Sternwarte Bochum

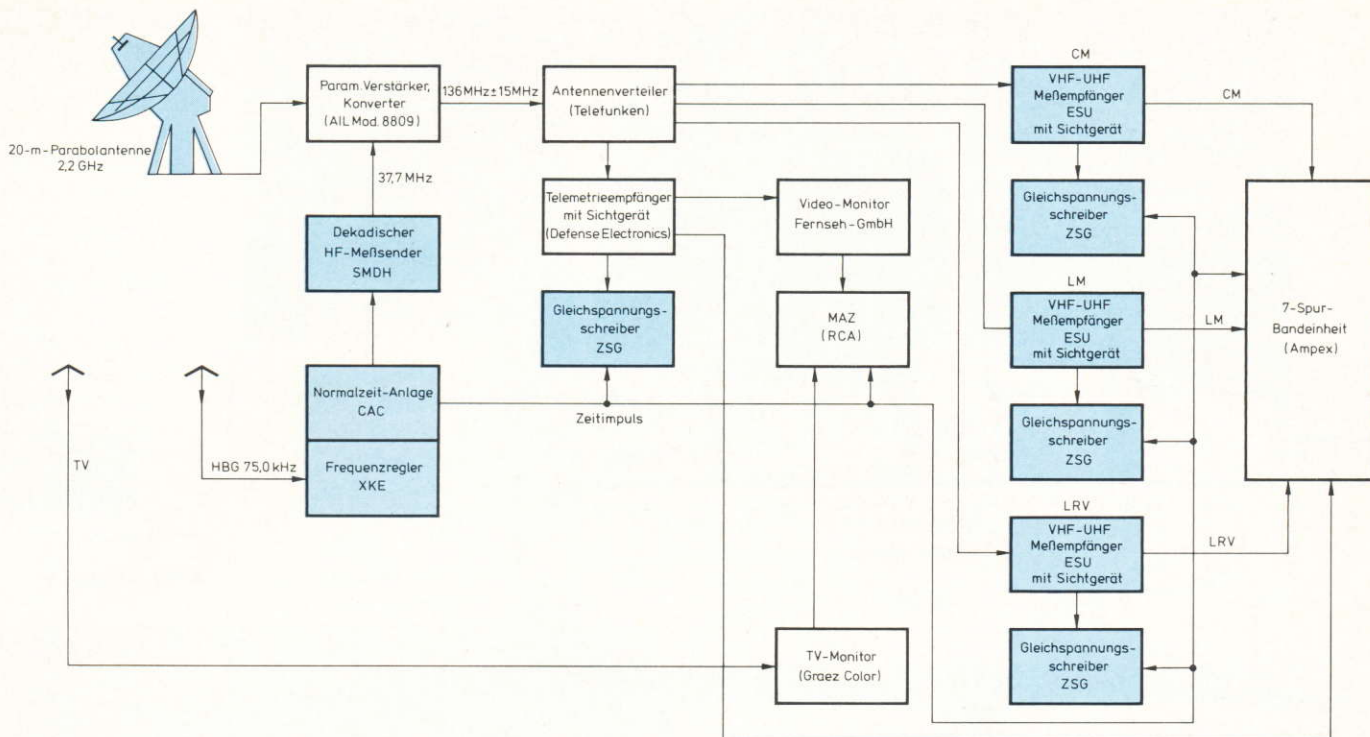


BILD 2 Blockdiagramm der Empfangsanlage der Sternwarte Bochum (blau R & S-Geräte).

Der Verfasser, der sich seit 1957 mit den Raumexperimenten in Ost und West sowohl vom Standpunkt der Technik als auch der Interpretation befaßt, sieht diese Antenne als notwendiges Instrument für die Teilnahme an den Raumfahrtexperimenten der USA und UdSSR an. Diese Experimente stellen derzeit die optimale technische Lösung zur Erfassung der Erde dar, und eine Beteiligung an den Entwicklungen bringt Erfahrungen von hohem wissenschaftlichen und materiellem Wert.

Die Sternwarte Bochum, die an diesen Arbeiten in den letzten 15 Jahren „parasitär“ teilnahm, hat hierdurch eine Vielzahl von eigenen wissenschaftlichen und technischen Beiträgen zu dem großen Bereich der Raumforschung liefern können [2 bis 5]. Sie erhielt von der NASA die Genehmigung, sich zum Beispiel an den Apollo-Experimenten von Fall zu Fall zu beteiligen. Die NASA stellte im voraus die hierfür notwendigen technischen Informationen zur Verfügung, so daß eine Verfolgung des gesamten Ablaufs – Anflug, Mondorbit, Mondlandung, Rückstart und Rückflug zur Erde – möglich war.

Von Experiment zu Experiment – Apollo 8 bis Apollo 16, Pioneer 1 bis Pioneer 10, Lunik 1 bis Luna 20 – konnte die technische Ausrüstung des Instituts immer wieder verbessert und erweitert werden [6 bis 9]. Das zuletzt durchgeführte Experiment, Apollo 16, soll als ein repräsentatives Beispiel für diese Arbeiten erläutert werden.

Beobachtung des Apollo-16-Fluges

Die Durchführung des Apollo-16-Experiments lag in folgenden Händen: Leitung der technischen HF-Empfangsarbeiten: Manfred Fütterer; Steuerungs- und Regeltechnik der 20-m-Parabol-

antenne: Manfred Hünerbein; Entwicklung und Vorbereitung spezieller Empfangssysteme: Gerhard Nötzel; Bahnberechnung und Prognose: Hans-Eberhard Nafe; Datenübertragung, Koordination und Abstimmung: Werner Rüska; Datenspeicherung, Aufbereitung und Archivierung: Friedrich Witte.

Geräte

Für den Empfang laufender Satellitensendungen verfügt das Institut über folgende Geräte (Bild 2 und 3),

1. 20-m-Parabolantenne unter Radom.
2. Parametrische Verstärker, 2,1 bis 2,3 GHz.
3. Down-Converter, 2,2 GHz bis 136 MHz (Mixer, ZF-Verstärker, Breitband-Demodulator).
4. Lokal-Oszillator für Mixer (Solartrondekade), fremdgesteuert über Rohde & Schwarz-Frequenznormal.
5. ZF-Verteiler, Telefunken.
6. VHF-UHF-Meßempfänger ESU für Feldstärkeregistrierung, Rohde & Schwarz.
7. Feldstärkeschreiber.
8. Panorama-Sichtgerät.
9. Telemetrieempfänger 10 kHz bis 6 MHz Bandbreite.
10. Ampex-Magnetbandgerät.
11. Rohde & Schwarz-Frequenznormal und -Zeitanlage.
12. Institutsseitig entwickelter und modifizierter elektronischer Bildschreiber.
13. Synchronisierereinheiten.
14. DC-Verstärker.

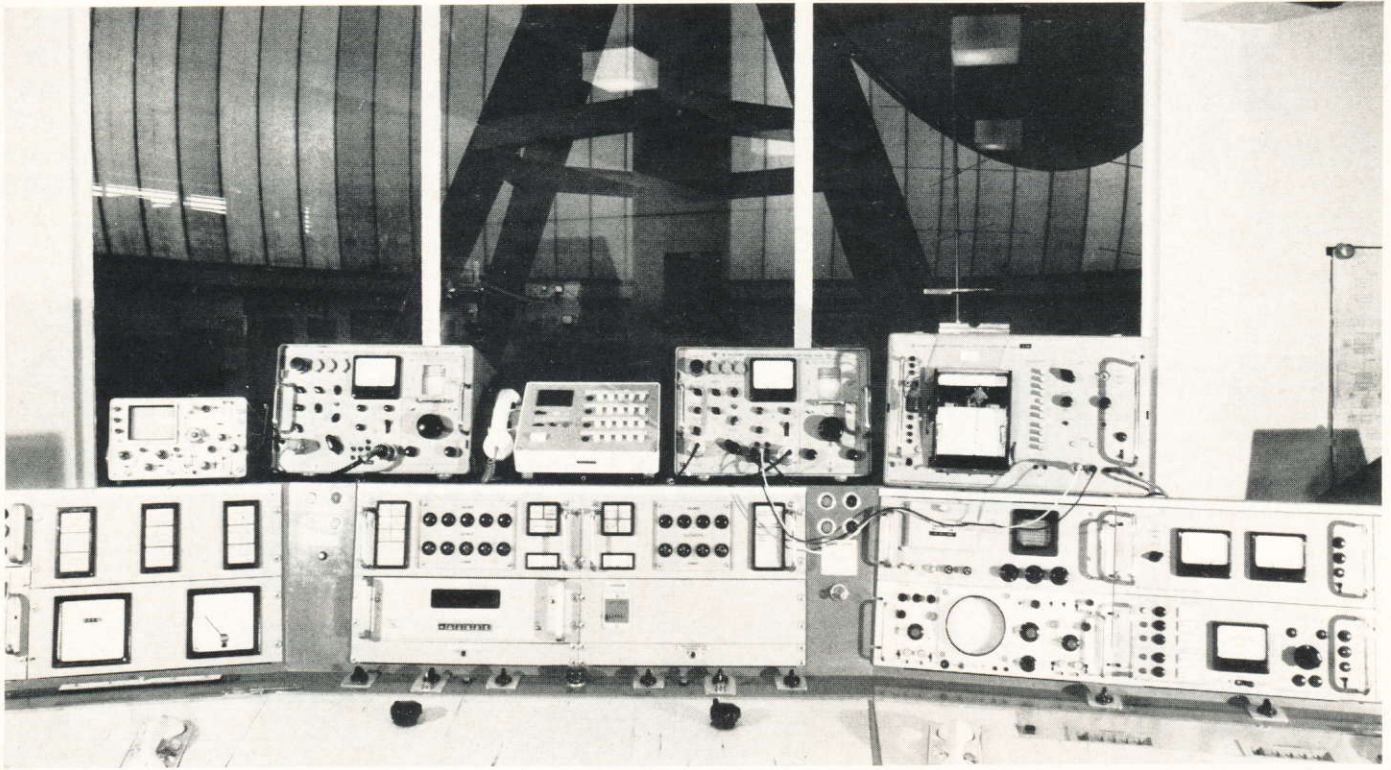


BILD 3 Empfangsgeräte für die Satellitensendungen; oben zwei VHF-UHF-Meßempfänger ESU und ein Gleichspannungsschreiber ZSG für Feldstärkemessungen und -registrierungen. Foto: Sternwarte Bochum

Diese Geräte ermöglichen den Empfang, die Aufzeichnung und die Analyse verschiedenster Daten sowohl von unbemannten Satelliten und Sonden als auch von bemannten Raumfahrzeugen bis weit in den interplanetarischen Raum [10; 11]. Das Grundsystem wird seit 1962 mit entsprechenden Modifikationen verwendet.

Im Februar 1972, kurz vor dem Apollo-16-Flug, wurde das einstufige Verstärkersystem der Firma AIL (Airbourne Instrument

Laboratories), das seit 1963 gute Ergebnisse im Datenempfang lieferte, gegen ein neues zweistufiges, ungekühltes System ausgetauscht (Rauschzahl 1,05 dB = 80 K). Jede Stufe hat eine Verstärkung von 15 dB. Die ersten Tests, die beim Empfang der Daten während des Apollo-16-Fluges und mit den auf dem Mond befindlichen Seismometern durchgeführt wurden, zeigten folgende Vorzüge des neuen Systems gegenüber dem alten: noch einfacher in der Bedienung, voll fernsteuerbar und sehr stabil in der Verstärkung, Fernsteuerungs-Frequenzbereich 2,15 bis 2,35 GHz.

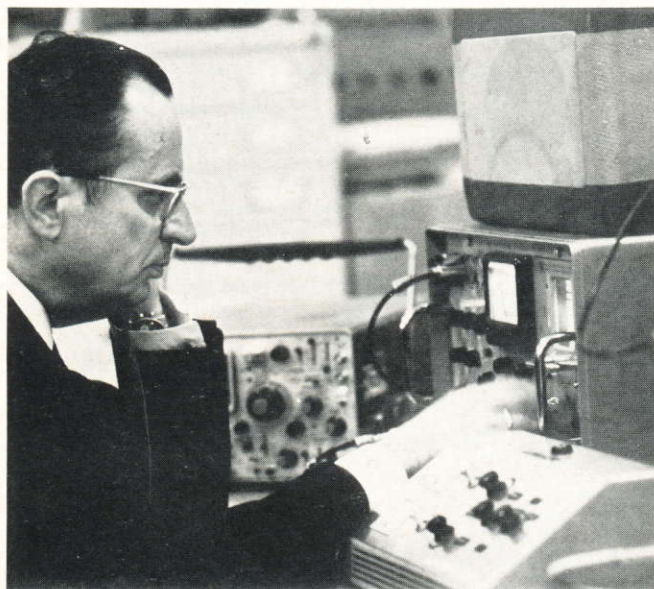


BILD 4 Feldstärkemessungen mit dem VHF-UHF-Meßempfänger ESU. Foto: Sternwarte Bochum

Frequenzbereich

In der 20-m-Parabolantenne ist ein Vierfach-Hornerregersystem von Rohde & Schwarz eingebaut, das mit zirkular links und rechts polarisierten Wellen ferngesteuert wird. Bei linearer Polarisation kann das ganze System exakt um 180° gedreht werden. Für alle Empfangsbereiche wird ein Konverter verwendet, der eine ZF von 136 MHz liefert. Die ZF-Bandbreite für die Apollo-Experimente ist ± 15 MHz; die nachfolgende Tabelle zeigt die Frequenzverteilung:

CM I	125,5 MHz	Telemetrie + Sprache
LM	130,5 MHz	TV, Sprache, Telemetrie
ALSEP 14	133,5 MHz	Telemetrie
ALSEP 12	134,5 MHz	
ALSEP 15	135,0 MHz	
ALSEP 16	137,0 MHz	
CM II	140,5 MHz	TV
LRV	147,5 MHz	TV, Sprache, Telemetrie

(CM Command Module, LM Lunar Module, LRV Lunar Rover Vehicle, ALSEP Apollo Lunar Surface Experiment Package).

Die Auswahl dieses Frequenzbereichs erlaubte eine konstante Oszillatoreinstellung, die während des Empfangs nicht geändert werden mußte. Die entstandene ZF von 136,5 MHz gelangt auf einen Verteiler, an den sich wahlweise die verschiedenen Empfänger anschließen lassen, wodurch alle Systeme des Apollo-16-Experiments – CM, LM, LRV und ALSEP – simultan empfangen werden konnten.

Ergebnisse

Während der Zeiten, in denen das Apollo-System im Empfangsbereich – über dem Horizont* – war, wurde die Feldstärke gemessen und registriert (Bild 4). Hieraus kann zum Beispiel die Umlaufzeit um den Mond abgeleitet werden. Das neue Verstärkersystem erlaubte einen wesentlich verbesserten, einwandfreien Empfang der Sprechfunksendungen vom CM, LM und von der Zentrale in Houston (über Transponder).

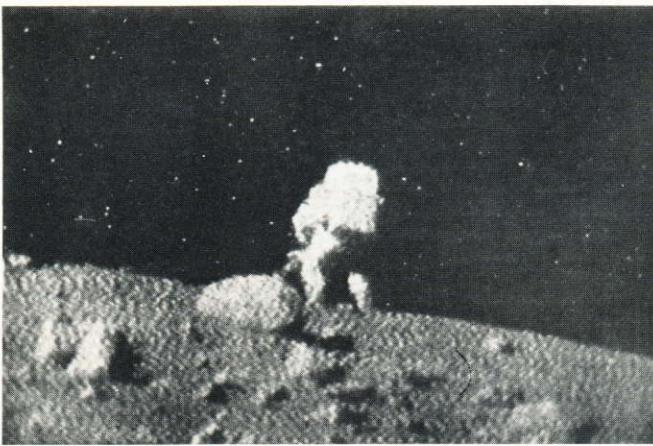


BILD 5 Vom LRV (Mondauto Apollo 16) gesendetes TV-Bild aus dem Landegebiet, aufgezeichnet im Institut für Weltraumforschung der Stadt Bochum. Foto: Sternwarte Bochum

Ein Telemetrieempfänger (Defense Electronics, Typ TMR 74) diente zum Empfang der Fernsehübertragungen. Die besten Resultate wurden mit einer ZF-Bandbreite von 3,3 MHz in FM-Stellung erzielt. Am Videoausgang des Empfängers war ein modifizierter Fernsehmonitor angeschlossen, damit man jederzeit „quick-look-Auswertungen“ machen konnte. Eine RCA-Magnetband-Aufzeichnungsanlage (Typ TR 70 C) wurde für die Aufzeichnung der Fernsehaufnahmen angeschlossen. Ein Beispiel der erreichten Bildqualität zeigt Bild 5. Zur Umwandlung von NTSC auf das CCIR-System dienten ein Monitor mit nachleuchtendem Bildschirm und eine CCIR-Kamera für die Aufnahme von diesem Bildschirm. Mit dieser Kombination ließ sich der Hauptanteil des 10-Hz-Unterschieds zwischen den beiden Systemen im Bildempfang ausgleichen. Die Umwandlung von NTSC auf CCIR-System ist für Archivzwecke erforderlich, da das Institut nur CCIR-Systemband aufbewahrt.

* Angaben zur Antenne: Standort – Sternwarte Bochum, Institut für Weltraumforschung, 463 Bochum-Sundern, Blankensteinerstraße 200 a, BRD. Koordinaten: 7,1808 Ost, 51,4289 Nord; Höhe über NN: 167 m.

Erfolge des Instituts

Die Teilnahme an Raumfahrtexperimenten der USA und UdSSR in den verschiedensten Frequenzbereichen zwischen 100 und 10 000 MHz ist eine wichtige Voraussetzung für die Gewinnung eigener Erfahrungswerte im technischen und wissenschaftlichen Bereich. In den 15 Jahren, in denen sich die Sternwarte Bochum – Institut für Weltraumforschung – an diesen Experimenten beteiligt, konnten wertvolle Kenntnisse in der praktischen Raumfahrtforschung gewonnen werden, die sich unmittelbar auf zukünftige Programme übertragen lassen. Die Arbeiten, die für die Apollo-Experimente geleistet wurden, erweisen sich beispielsweise für den Empfang und die Auswertung der Sendungen des vorgesehenen „Earth Resources Technology Satellite“ (ERTS) als nützlich. Die Grundtelemetriesysteme des Apollo-Experimentes werden mit nur leichter Modifikation im ERTS-Programm wiederverwendet. Das Bochumer Institut ist in der Lage, das ERTS-Programm empfangstechnisch auszuwerten, und die experimentellen Vorarbeiten für den Empfang der RBV-Bilder (Return Beam Vidicon Camera) sind schon abgeschlossen.

Technisches Wissen läßt sich nicht allein durch Studium von Handbüchern gewinnen, sondern es ist auch die aktive Beteiligung an den laufenden Weltraumexperimenten notwendig. Die Leistungen der Sternwarte Bochum, die mit Empfangsgeräten ausgerüstet ist, die einen großen Empfangsbereich abdecken und eine Flexibilität im Einsatz immer wieder zeigen, haben bewiesen, daß ein Landesinstitut an laufenden Programmen der großen Raumfahrtnationen mit Erfolg teilnehmen kann.

An dieser Stelle möchte der Verfasser seinen herzlichen Dank den Geschäftsführungen der ARGE-Antenne Bochum und den Mitarbeitern der Firmengruppe und des Instituts sagen, die mit viel gutem Willen und außergewöhnlichem Interesse die Arbeiten unterstützt haben. Ohne ihren Arbeitseinsatz wären diese erzielten Ergebnisse nicht möglich gewesen.

H. Kaminski

LITERATUR

- [1] Huber, F. R.; Schiller, M.; Major, R. W.: Das hochfrequenztechnische Konzept der 20-m-Parabolantennenanlage der Sternwarte Bochum. Rohde & Schwarz-Mitteilungen (1967) Nr. 21, S. 331–351.
- [2] Kaminski, H.: Radio-Beobachtungen des Satelliten 1957 Alpha auf der Volks-Sternwarte Bochum. Die Sterne 34 (1958), Nr. 9–10.
- [3] Kaminski, H.: Die Satellitenbeobachtungen der Bochumer Sternwarte. Deutsche Geodätische Komm. 1964, Nr. 12.
- [4] Kaminski, H.: Über einen zonalen Effekt in der hohen Atmosphäre, abgeleitet aus den Beobachtungen des Satelliten 1965-16 D. Arbeitsbericht des Instituts für Weltraumforschung 1966.
- [5] Kaminski, H.: Empfangsstudien mittels ATS-C. Raumfahrtforschung Nr. 3, Juli-Sept. 1966.
- [6] Kaminski, H.: Beobachtung der sowjetischen Mondsonde Luna 10. Raumfahrtforschung Nr. 3, Juli-Sept. 1966.
- [7] Kaminski, H.: Zwischen Apollo 11 und Apollo 12. Aral-Voran 1969, Nr. 6.
- [8] Kaminski, H.: Standortbestimmung nach Apollo-13-Analyse und -Synthese. Bild der Wissenschaft 1970, Nr. 5.
- [9] Jahresberichte des Instituts für Weltraumforschung. Bochum 1970, 1971, 1972.
- [10] Kaminski, H.: Entwicklung von Verfahren und zugehörigen Geräte-einheiten für die funkttechnische und optische Beobachtung künstlicher Satelliten. Forschungsbericht BWF, 1966.
- [11] Kaminski, H.: Europa im Satellitenluftbild. II. Internationaler Kongreß für Fotografie und Film, Köln 1968.