

Technologieentwicklung der fernmeldeelektronischen Aufklärung in den Aufbaujahren

Der Beitrag beschreibt die Technologie der Geräte zur Erfassung von Funk- und Radarausstrahlungen in den Jahren 1956 bis 1970. Er geht in kurzgefasster Form auf die Technik der seinerzeit kommerziell gefertigten Geräte ebenso ein, wie auf die zur Weiterentwicklung verfügbaren neuen Bauelemente und Funktionskomponenten sowie deren Nutzung. Auch wird die Abkopplung der kommerziellen/militärischen von der zivilen (Rundfunkgeräte-) Technologie in diesem Zeitabschnitt deutlich. Die Entwicklung in den Gerätefamilien (Empfänger, Peilgeräte und Antennen) wird in gesonderten Artikeln dargestellt.

RUDOLF GRABAU, Much

Tel.: (0 22 45) 34 71

Die technische Einsatzumwelt der Fernmeldeelektronischen Aufklärung (FmEloAufkl) war in den Aufbaujahren der Bundeswehr von Röhrengeräten geprägt. An Bauelementen waren darin verwendet:

- Elektronenröhren (der Miniatur- und Novaltechnik) zur Verstärkung, Schwingungserzeugung und Gleichrichtung, Mikrowellenröhren (z.B. Klystron), Elektronenstrahlröhren zu Anzeigezwecken.

- Einzelkomponenten: Spulen, Kondensatoren, Widerstände sowie Transformatoren und Drosseln (für Stromversorgungsteile), mechanisch betätigte Kipp-, Dreh- und Tastschalter, Zeigerinstrumente und -skalen sowie Glühlampen zur Anzeige von Betriebszuständen.

Vereinzelt waren Subminiatur-(Bleistift)röhren, Halbleiterdioden und die ersten Transistoren (als NF-Verstärker) eingesetzt. Empfänger für den „Horchdienst“ arbeiteten nach

dem Einfach- oder Doppelsuperprinzip mit Drehknopfbedienung, sie fügten über Spulenrevolver, Spulen- oder Quarzfilter. Man verwendete Stab-, Dipol-, Langdraht- und Parabol- später auch Yagi-Antennen. Peilgeräte nach dem Doppler- oder Watson-Watt-Prinzip wurden erstmals mit Katodenstrahlröhren zur Anzeige der Peilwerte ausgerüstet, ebenso die Peilkomponenten des Beobachtungsdienstes, welcher sich kleiner rotierender Parabolantennen bediente. Das Prinzip des Interferometerpeilers war zwar bekannt, ließ sich aber in der Praxis nicht realisieren, weil Rechnerunterstützung noch völlig fehlte. An Zusatzgeräten standen Fernschreib-Tastgeräte, mechanische Fernschreiber, Bildschreiber, Morse-schreiber, elektronische Antennen-verteiler sowie handelsübliche Mess-technik zur Verfügung. Das Prinzip des Panoramaempfängers (Wellen-anzeiger) war aus der Technologie des Zweiten Weltkrieges bekannt. Für die Tonaufzeichnung gab es Magnet-plattengeräte sowie die für den privaten Gebrauch neu entwickelten Ton-bandgeräte.

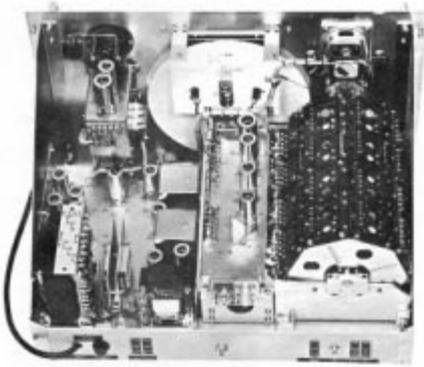


Bild 1: Chassisaufbau des E 309, rechts der Spulenrevolver. (Werkfoto Siemens)

Röhrenbestückte Empfangsgeräte waren zunächst (wie die Rundfunkempfänger der 30er und 40er Jahre) in Chassisbauweise konstruiert (Siemens E 309, R&S ESM 180/300, Racal RA 17L).

Zur Vereinfachung von Konstruktion und Instandsetzung ging man dann in der kommerziellen Gerätetechnik dazu über, auf ein durchgehendes Metallchassis zu verzichten und das Gesamtgerät in einzelne, mechanisch trennbare Funktionsbaugruppen aufzuteilen, die über Steck- oder Lötverbindungen elektrisch miteinander verbunden wurden. Dies begann meist mit einem gesonderten Netzteil (z.B. Antennenverteiler V 118), später wurden häufig RF- und ZF/NF-Teil abgetrennt oder auch Filterbaugruppen und Oszillatoren. Alle Baugruppen blieben aber noch in einer Ebene nebeneinander (z.B. Telefunken E 127, R&S EK 07, Siemens E 311).

Mit Aufkommen der gedruckten Schaltungen wurden zunehmend ein-

zelne Unterbaugruppen (Verstärkerstufen, ZF-Baugruppen, NF-Verstärker) unter Verwendung dieser Technik erstellt und (meistens in Abschirmbleche gekapselt) an den

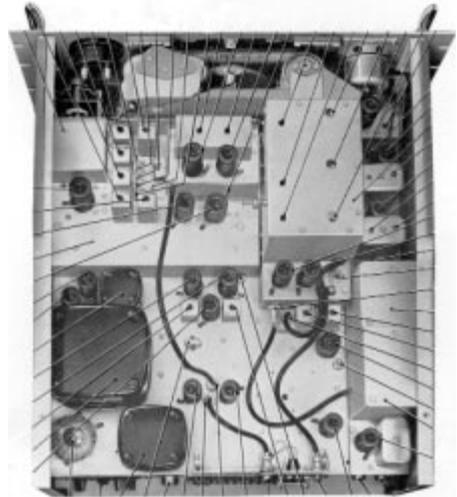


Bild 2: RA 17 in Chassisbauweise mit einzelnen aufgesetzten Baugruppen. (Werkfoto Racal)

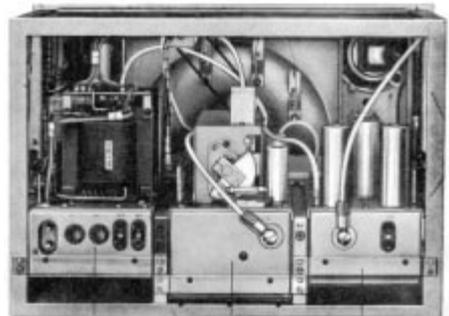


Bild 3: Dem E 127 sieht man - trotz Auflösung in drei Baugruppen - seine Verwandtschaft mit dem „Dampf-radio“ noch deutlich an. (Werkfoto Telefunken)

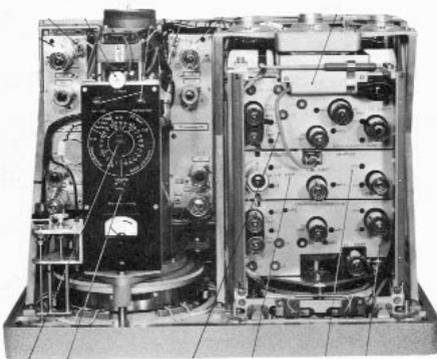


Bild 4: Peilempfänger SFP 500/1 mit Frequenzeinschub (rechts) und Peilauswertteil (links). (Werkfoto Plath)

Baugruppen befestigt. Einzelne Firmen gingen auch dazu über, alle frequenzbestimmenden Teile (RF-Verstärker/Mischoszillatoren) zu Einschüben zusammenzufassen, um mit einem einheitlichen Grundgerät mehrere Frequenzbereiche oder Anwendungen abzudecken (Telefunken E 148/149, Plath-Peiler SFP 500 mit neun verschiedenen Einschüben). In dieser Zeit wurde der erste 3fach-Superhet mit hochliegender Zwischenfrequenz (RA 17 L) entwickelt. Neue Empfängermodelle waren mit Produktdetektoren oder Frequenzumsetzern für Einseitenbandsendungen ausgestattet, die es zuvor nur als umfangreiche Zusatzgeräte gegeben hatte (R&S NZ 10, Siemens 144 K 101). Flugzeugbordgeräte waren schon stets in Einzelkomponenten aufgelöst worden, um sie unter ihren besonderen Einsatzbedingungen verwenden zu können. Derartige Empfangsanlagen aus Baugruppen wurden auch am Boden eingesetzt, so z.B. das „B-Gerät“ AN/MLQ-24 der US-Army zur Erfassung und Analyse

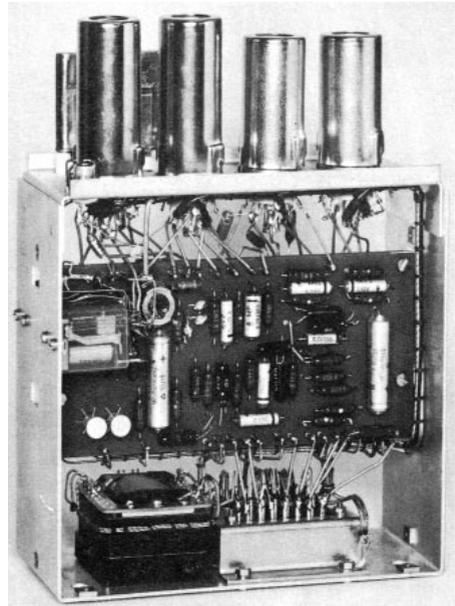


Bild 5: NF-Baugruppe aus dem E 311 in geätzter Technik. (Werkfoto Siemens)

von Radarausstrahlungen.

Anfang der 60er Jahre startete das Verteidigungsministerium bei der Firma Telefunken das sogenannte Empfänger-Bausteinprogramm für die Fernmeldeaufklärung im Frequenzbereich bis 200 MHz, mit dem eine „Nachfolgegeneration“ entwickelt werden sollte. Nunmehr hatte sich mit Verfügbarkeit der neuen Halbleitertechnologie (zunächst Dioden und Transistoren) die Gerätetechnik völlig verändert: Während für den zivilen Markt (Transistorradios und Fernsehgeräte) zunächst am Prinzip eines durchgehenden Chassis (nunmehr allerdings in Ätztechnik auf Kunststoff) festgehalten wurde, ging man im kommerziellen Bereich auf kleinere Steckarten (ebenfalls in Ätztechnik) über. Zugleich besannen

sich die deutschen Firmen aber auch darauf, dass bereits während des Zweiten Weltkrieges Geräte mit kompakt ineinander verschachtelten Baugruppen gebaut worden waren (z.B. Empfänger E 52 „Köln“ und E 53 „Ulm“), so dass mit Einführung der Halbleitertechnik in die kommerzielle Empfangstechnik tatsächlich eine erhebliche Reduzierung von Abmessungen und Gewicht einherging. Allerdings war diese auch wieder nicht so erheblich wie aus der Relation von Röhre zu Transistor (und deren Stromversorgungsaufwand) zu vermuten war, denn man realisierte nunmehr zugleich höhere Leistungsmerkmale wie zusätzliche Funktionen - mit der Folge, dass besonders der Energieverbrauch gar nicht so erheblich kleiner wurde. Neben neuen Halbleitern standen nun auch für hochfrequente Anwendungen zur Verfügung:

- Ziffernanzeigeröhren in Glimmröhrentechnik
- mechanische ZF-Filter
- RF-Leistungstransistoren
- Logarithmisch-periodische Antennen
- Statische Umformer (anstelle von rotierenden).

Auf Grundlage dieser Basistechnologien wurden die ersten Frequenzähler produziert (z.B. Plath/HP: EFZ 508; Rohde & Schwarz FET; Telefunken FA 990). Digital steuerbare Synthesoszillatoren (Synthesizer) verließen die Entwicklungslabors, beides wichtige Voraussetzungen für eine spätere Realisierung der digitalen Peilkommandierung.

Die Industrie produzierte nun halbleiterbestückte Empfangsgeräte in kompakter Verschachtelung von Baugruppen, die größtenteils aus

gedruckten Schaltungen als Unterbaugruppen bestanden (einzeln montiert oder parallel zu Gruppen gesteckt). Da Doppel- und Dreifachsuper nicht völlig überzeugt hatten, kehrten die meisten Hersteller wieder zum Einfachsuper zurück, vielleicht auch deswegen, weil dann der eingebaute Frequenzähler einfacher zu „programmieren“ war (z.B. Telefunken E 724, E 863, SIG 638).

Ab etwa 1960 wurden in den USA die ersten Großrechner der zweiten Computergeneration betrieben, von außen lange Reihen großmächtiger Gestellschränke, innen mit Magnet-Kernspeicher, Steuer- und Rechenkomponenten auf halbleiterbestückten Steckkarten. Die Eingabe erfolgte meist mittels gestanzter Lochkarten, die Ausgabe auf umfangreichen Zeilendruckern oder Fernschreibmaschinen. Der Langzeitspeicherung dienten Bandlaufwerke. (Übrigens wurde die Technik dieser Laufwerke parallel zueinander für die Studioaufzeichnungen des neuen Mediums Fernsehen, für die EDV-Technik sowie auch für Analyseaufgaben in der Radarbeobachtung entwickelt.) Neben maschinennaher Assembler-Programmierung wurden bald bereits die ersten problemorientierten Programmiersprachen COBOL und FORTRAN verwendet. Diese Rechnergeneration kam bei der Bundeswehr in der Verwaltung zum Einsatz, die FmEloAufkl stieg in die dritte EDV-Generation ein.

Hierfür waren die ersten integrierten Schaltkreise entwickelt worden (monolithische Schaltungen), die nun eine oder wenige Einzelschaltfunktionen auf einem gemeinsamen Chip vereinigten. Aus diesen Schaltungen aufgebaute Module bildeten

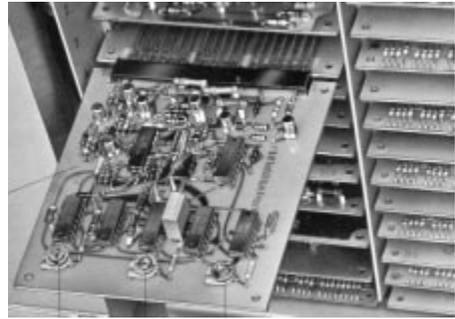
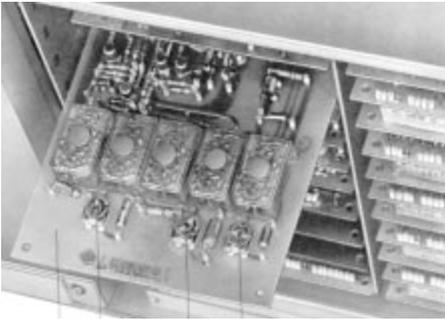


Bild 6: Behelfsmäßig mit „nachgemachten ICs“ bestückte Platine des Frequenzzählers FA 990 der 1. Serie (links). Rechts die gleiche Platine mit TTL-ICs. (Werkfoto AEG-Telefunken)

(neben ersten stationären Plattenlaufwerken) die technische Grundlage für die dritte Rechnergeneration (z.B. Siemens 4004, IBM 360), ebenso wie für die bereits angesprochenen Frequenzzähler/Synthesizer. Ein interessantes Beispiel für die technische Weiterentwicklung noch während der Produktion eines Gerätes stellt der Frequenzzähler FA 990 der Fa. AEG-Telefunken dar. Während der Prototyp und erste Seriengeräte noch mit nachgebauten integrierten Schaltkreisen (aus Transistoren und Widerständen auf kleinen geätzten Platinen) bestückt waren, wurden diese in folgenden Serien durch echte integrierte Schaltungen in geschlossenen Kunststoffgehäusen ersetzt (Bild 6). Offenbar musste das Ulmer Labor zunächst ohne serienmäßige ICs auskommen und hat diese dann einfach aus diskreten Bauelementen nachgebaut (das war ja damals noch möglich!). Auch war es der Firma wohl nicht gelungen, die ICs für die erste Serie aus den USA zu beziehen, so dass man gezwungen war, Ersatzlösungen selbst herzustellen, um die Liefertermine zu halten (s. Abb. 6). Übrigens wurde Ende der 60er Jahre

bei Telefunken in der Vorentwicklung an integrierten Schaltungen in Dick- und Dünnschichttechnik (sowie gedruckt auf Keramiks substrat) gearbeitet, auch für spezielle Anwendungen im militärischen Bereich (quasi also Vorläufer der späteren ASIC); diese wurden teilweise auch im Bausteinprogramm eingesetzt.

Um 1970 kamen integrierte Schaltkreise in der sogenannten TTL-Technik in Großserie auf den Markt und wurden auch in ersten Tischrechnern verwendet (z.B. HP 9100). Unter Verwendung dieser ICs, zu denen auch statische Speicherchips gehörten (anstelle der teuren Magnetkernspeicher) wurden auch die ersten Kleincomputer für den privaten Massenmarkt entwickelt und Mitte der 70er Jahre auf den Markt gebracht (Commodore PE 2001, Radio Shack TRS-80, Apple II, Video Genie). Sie verfügten von Anfang an über Tastatureingabe und Bildschirmausgabe. Diese ersten „Personal Computer“ (die aber noch nicht so hießen) wurden für die FmEloAufkl nicht beschafft, allerdings sind hier und da einzelne private PC dienstlich mitgenutzt worden, ebenso sind sie

auch in Entwicklungsvorhaben verwendet worden.

Das Konzept des Bausteinprogramms beinhaltete keine bestimmte Technologie, sondern bezweckte die Auflösung von Geräten in Funktionsbaugruppen, die standardisierte Abmessungen und Schnittstellen (Steckverbindungen) besaßen. Hier sollte dasselbe Grundprinzip Anwendung finden, wie es auch bei dem etwa gleichzeitig gestarteten Entwicklungsprogramm einer zweiten Generation von Truppenfunkgeräten (SEM 25/35) zugrunde gelegt wurde: Geräte aus gekapselten Baugruppen, die ohne Abgleich- und Messvorgänge austauschbar sein sollten. Das mechanische Grundkonzept bedingte bei umfangreicheren Geräten (wie Peilempfängern), dass die Bedienelemente (Bediengerät, Sichtanzeigen) von dem eigentlichen Gerät abgesetzt werden mussten. Daher (und wegen der Auflösung in Bausteine) war das komplette System digital voll fernbedienbar konzipiert, alle Schalt- und Regelvorgänge konnten prinzipbedingt sowohl mittels Bedienelementen als auch per Datenübertragung „ferngesteuert“ werden. Hierdurch wurden flexible Systemlösungen möglich, obwohl dieser Gesichtspunkt nicht im Vordergrund des Entwicklungsvorhabens stand, sondern eigentlich auf die Entwicklung von verschiedenen Einzelgeräten zielte. Der Aufklärungsbetrieb sollte noch „mit Papier und Bleistift“ erfolgen (Daten terminals gab es ja noch nicht), und die Datenfernübertragung sollte sich auf den Peilkommando- und Rückmeldebetrieb sowie auf die Übertragung eines „Elektronischen Lagebildes“ der automatisch gewonnenen Ortungen beschränken (also quasi

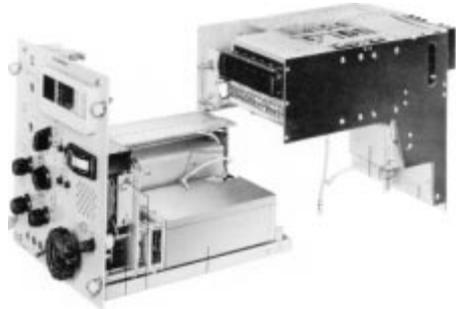


Bild 7: Kompakt verschachtelter Aufbau des Empfängers E 724 (aus Empfänger 1-80 MHz EUK 724). Besonders deutlich sichtbar der Variometer-Oszillator (unten) und der Frequenzzähler (oben). (Werkfoto AEG-Telefunken)

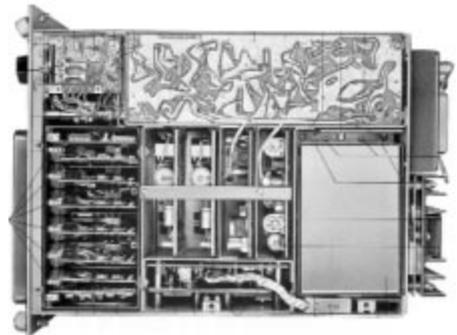


Bild 8: Diese Ansicht des E 724 zeigt die unterschiedlichen Technologien, die in das Gerät Eingang gefunden haben: Oben geätzte Schaltungsplatine mit diskreten Bauelementen, links Steckplatinen mit TTL-Bestückung, Mitte konventionelle Bauelemente als Steckbaugruppen. (Werkfoto AEG - Telefunken)

eine Low Scan TV-Übertragung).

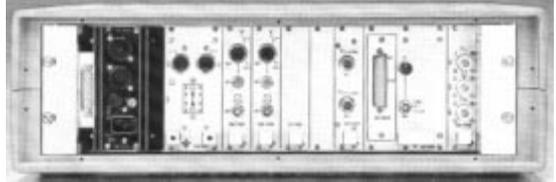
Die ab Mitte der 70er Jahre von deutschen Firmen (AEG-Telefunken, Rohde & Schwarz, Pfitzner) angebote-



Bild 9a und 9b: Kurzwellenempfänger E 1800 (links), Rückseite der Empfängerfamilie in Einschubtechnik (unten).

nen Geräte für Erfassungszwecke wurden (untereinander vergleichbar, aber nicht einheitlich) in Kassettentechnik realisiert. Im Prinzip handelte es sich um gekapselte „Bausteine“, die in ein Gerätegehäuse eingeschoben wurden. Die Kassetten (und damit die Geräte) konnten viel kleiner (und leichter) sein, weil inzwischen vielfältige integrierte Schaltkreise (auch für RF/ZF/NF-Anwendung) verfügbar waren, während das Empfängerbausteinprogramm bei seinem Start noch diskrete Bauelemente (Transistoren, Kondensatoren) zugrunde legen musste.

Musste man zunächst im Frequenzbereich über 100 MHz ausschließlich Mikrowellenröhren verwenden (z.B. Klystrons für die Erzeugung von Oszillatorfrequenzen), so verschoben sich im Verlauf der Jahre (auch mit zunehmender Miniaturisierung) die Grenzfrequenzen von diskreten Halbleitern und später Funktionsmodulen immer weiter in den Gigahertzbereich hinein. Den schon zuvor bekannten Radardioden folgten Transistoren zur Empfangsverstärkung, sodann monolithische Verstärker und kompakte Oszillatorbaugruppen. Erzeugte man zunächst bescheidene Störleistungen mit Gunn-Dioden, so ermöglichte die Wanderwellenröhre (Travelling Wave Tube - TWT) Dauerstrichleistungen (CW) von einigen hundert Watt.



Ebenso stand die Antennentechnik nicht still. Waren anfangs im wesentlichen nur Dipol-, Stab- und Langdrahtantennen für untere Frequenzbereiche, Dipol-, YAGI-, Wendel- und Parabolantennen für höhere Bereiche bekannt, so fehlten breitbandige Antennenkonstruktionen, um die großen Empfangsfrequenzbereiche von mehreren Oktaven Breite abdecken zu können. Zunächst versuchte man es mit dem „Verdicken oder Bedämpfen“ von resonanten Antennenelementen (Breitbanddipol, Faltdipol, Reusen), jedoch mit nur mäßigem Erfolg (z.B. A 162, A 182, HA 73 + 74). Einen entscheidenden Durchbruch brachte die



Bild 10: Der Empfänger ESM 500 und seine Baugruppen. (Werkfoto Rohde & Schwarz)

	verfügbare Bauelemente	Komponenten Geräte
nach 1945	Elektronenröhren (Miniatur/Noval), Elektronenstrahlröhren, Mikrowellenröhren, Leistungsenderöhren Spulen, Kondensatoren, Widerstände, Zeigerinstrumente	mech. Fernschreiber, Morse-schreiber, Bildschreiber, Antennenverteiler (Ketten-verstärker), Wellenanzeiger, rotierende Umformer
1950	Bleistiftröhren, Halbleiterdioden, Transistoren (NF)	
1955	Transistoren (HF), Fernsehbildröhren (Großserie)	Magnetplattenaufzeichnung, Tonbandgeräte
1960	Wanderfeldröhren (TWT), Dünn-/Dickfilmschaltung, Nixie-Anzeigeröhren	Videoaufzeichnungsgeräte
1965	Leistungs transistor (HF), erste integrierte Schaltkreise (monolithische Schaltungen)	statische Umformer
1970	integrierte Schaltkreise (TTL)	digitale Schlüsselgeräte

Tabelle 1: Grobübersicht der Technologien, welche der Fernmeldeelektronischen Aufklärung im Zeitraum bis Anfang der 70er Jahre zur Verfügung standen.

logarithmisch-periodische Antenne, mit der weitgehend problemlos Bereiche bis 1:10 abzudecken waren. Allerdings waren full-size-Antennen (basierend auf der halben Wellen-



Bild 11: Aktive Adcock-Antenne mit etwa 1 m hohen Stabantennen. (Werkfoto Plath)

länge des Dipols) relativ groß und besonders im mobilen Einsatz schwer beherrschbar. Daher ging man dann, wo möglich, vom „end-fire-array“ zum „broadside-array“ über, also zu flächig angeordneten Antennen (Kreisgruppe, Flächenantennen). Inzwischen hatte man für derartige Antennen sowohl Verstärkerelemente hoher Linearität, großer Bandbreite, hoher Empfindlichkeit und großer Gleichförmigkeit ebenso entwickelt wie Netzwerke zur Zusammenschaltung und Steuerung vieler derartiger Antennenelemente, die (wenigstens im ortsfesten Einsatz) schwenkbare Antennendiagramme,

Empfangstechnik	Peil-/Antennentechnik	Datentechnik
Spulen- und Quarzfilter, Einfach-/Doppelsuper, Amplitudenmodulation, F1/F3/PPM/TF/WT	Dipol, Parabolantenne, Goniometer, Adcock-Antenne, Kreuzrahmen	
	Yagi-Antenne, Dopplerpeiler	
	Sichtfunkpeiler (Watson-Watt)	
3fach-Superhet (RA 17), mech. ZF-Filter, Einseitenbandempfang		Großrechner (2. Gen.), Magnetkernspeicher, Dioden und Transistoren, Bandlauf- werke, Drucker (TR-4)
digitale Frequenzzähler, Syntheseseoszillator	logarithmisch-periodische Antenne	FORTRAN/COBOL-Groß- rechner (3. Gen.), Module u. integrierte Schaltungen (4004/IBM 360)
erste Bausteingeräte (Telefunken)	aktive Antenne, automatische Peilwertbildung	Tischrechner (HP), Personal Computer (4-bit), Programmiersprache BASIC, Prozessorrechner/Mini- computer (HP 9000/R-300)

Peilfähigkeit und hohen Gewinn aufwiesen. Parallel dazu wurden (hier vor allem für den kommerziellen Markt) aktive Antennen entwickelt, Strahlerelemente (typischerweise Stabantennen), die kurz gegenüber der resonanten Wellenlänge waren, bei denen aber mit Hilfe von „aktiven“ Verstärkerelementen eine Rauschanpassung durchgeführt wurde. Im Gegensatz zu den Breitband-Gruppenantennen waren diese zwar prinzipiell schmalbandig, aber bei geeigneter Wahl von Abmessungen und Verstärkungsfunktion ließen sich aktive Antennen auch für breitbandigere Empfangsaufgaben optimieren.

Jedenfalls waren sie besser als die bisher verwendeten, notdürftig angepassten Stabantennen aus dem mobilen Funkbetrieb. Ende der 80er Jahre schließlich kamen digital steuerbare Matrizen für radiofrequente Anwendungen auf den Markt, die es ermöglichten, konventionelle Antennenverteileranlagen zu ergänzen oder zu ersetzen.

Bei den Peilantennen im HF- und VHF-Bereich ging die Tendenz von der (passiven) U- oder H-Adcock-Antenne (Plath, Telefunken) zum „aktiven Adcock“ (mit kurzen Einzelantennen), späterhin dann zum Interferometer (nach Verfügbarkeit

entsprechender Empfänger- und vor allem digitaler Verarbeitungstechnik), in der Elektronischen Aufklärung von der Breitbandantenne vor Parabolreflektor ebenfalls zum Interferometer beziehungsweise zur Monopulsantenne (z.B. Siemens Filterbankempfänger). Dieser Trend scheiterte allerdings bislang an der Realisierung der erforderlichen speziellen Empfangsanlage, so dass (zunächst, auch aus Kostengründen) weiterhin rotierende Parabolantennen benutzt wurden. Kreuzrahmenantennenelemente und Dopplerpeiler blieben übrigens - trotz Weiterentwicklung - aufgrund ihrer technisch-betrieblichen Nachteile jedenfalls vom Heer unbeachtet.

Literatur:

- Trenkle, Fritz: Die deutschen Funkpeil- und -Horch-Verfahren bis 1945, AEG-Telefunken, Ulm 1982.
- Grabau, Rudolf: Der materielle Aufbau der Fernmeldetruppe EloKa des Heeres 1956 bis 1975, Fernmeldering e.V., Bonn 1994 (Band 2 der Geschichte der Fernmeldetruppe EloKa des Heeres 1956 bis 1990).
- Grabau, Rudolf: Die materielle Ausstattung der Fernmeldetruppe EloKa des Heeres in den Jahren 1976 bis 1990, Fernmeldering e.V., Bonn 1997 (Band 3 der Geschichte der Fernmeldetruppe EloKa des Heeres 1956 bis 1990).
- Grabau, Rudolf: Die Funkempfänger der Fernmeldeaufklärung in den Aufbaujahren der Bundeswehr, in: Funkgeschichte Nr. 148
- Grabau, Rudolf: Die Funkpeiler der Fernmeldeaufklärung in den Aufbaujahren der Bundeswehr, in: Funkgeschichte Nr. 149

Typenreferent Krefft-Weltfunk



Nach anfänglichem Zögern, aber bestärkt durch den Artikel von Herrn ROGGISCH in der FG 143 und nach Gesprächen mit Herrn ABELE und dem Redakteur Herrn WEITH auf der Radiobörse in Bad Laasphe habe ich mich entschlossen, für die GFGF als Typenreferent tätig zu werden.

Nach Jahren intensiver Recherche und Sammeltätigkeit besitze ich eine umfangreiche Daten- und Rundfunk- und Fernsehgerätesammlung der Firma Krefft AG, Gevelsberg. Zu fast allen Geräten sind Schaltpläne und Abgleichanleitungen sowie Originalunterlagen vorhanden.

Ich bin gern bereit, meine Kenntnisse allen GFGF-Mitgliedern zur Verfügung zu stellen.

Albert Püttmann
Hauptstr. 34a
59872 Meschede-Freienohl