

Besondere Antennenformen für die Elektronische Kampfführung der Bundeswehr (2)

 RUDOLF GRABAU, Much
Tel.: (0 22 45) 34 71

Kreisgruppenantennen

Bei Kreisgruppen handelt es sich, wie der Name erkennen lässt, um Gruppenantennen aus Monopolen, die kreisförmig angeordnet sind. Hiermit verfolgt man den Zweck, die Richtwirkung von Gruppenantennen nicht nur in einer bestimmten Richtung zu nutzen, sondern über 360 Grad (oder einen bestimmten Kreisabschnitt). Der Antennengewinn ergibt sich durch Zusammenschaltung etlicher gleichartiger Einzelstrahler eines Sektors über ein Netzwerk aus Laufzeitkompensatoren. Antennen dieser Art werden aufgrund ihrer Eigenschaften nicht nur zum Empfang mit Gewinn, sondern auch zur Richtungsfeststellung (Funkpeilung) benutzt, hierbei benutzt man mechanisch schnell rotierende Goniometer.

Das Antennenprinzip wurde von Telefunken im 2. Weltkrieg unter der Deckbezeichnung „Wullenwever“ entwickelt. Ziel war ein Kurzwellen-Fernpeiler für die Kriegsmarine (vgl. Trenkle: Die deutschen Funkpeil- und -Horch-Verfahren bis 1945, AEG-Telefunken, Ulm 1982, S. 111 ff). Nach Kriegsende untersuchten die Alliierten die deutschen Wullenwever-Antennen. (Vgl. Mugridge/Redgmont: The Theory, Design and Experimental

Investigation of the Ex-German Wide-Aperture H. F. D. F. Wullenweber at Skisby, North Jutland, Denmark, Admiralty Signal & Radar Establishment Monograph 806, Hastlemere, Surrey 1949). US-Amerikaner, Briten und Sowjets bauten mit dem nun gewonnenen Know-how ihrerseits entsprechende Kurzwellen-Horch- und -Empfangsanlagen, meistens für die militärische Aufklärung. Dass diese Antennenform so wenig bekannt ist, liegt wahrscheinlich an ihrer Größe und dem damit verbundenen Aufwand. Die Antenne besitzt Großbasischarakter, das bedeutet, dass der Antennendurchmesser mindestens eine Wellenlänge beträgt ($D > \lambda$), bei einer unteren Grenzfrequenz von 1,5 MHz immerhin mindestens 200 m. Spärlich sind auch technische Veröffentlichungen zu diesem Thema (z.B. Jondral: Funkpeilung mit Gruppenantennen, in: Grabau/Pfaff: Funkpeilung, Stuttgart 1989, S. 203 ff.).

Obwohl es auch entsprechende Forderungen und Planungen für den HF-Bereich gab, wurden Kreisgruppenantennen in der Bundeswehr zunächst nicht für den Kurzwellenempfang, sondern für die VHF/UHF-Bereiche 20-1000 MHz realisiert. Mitte der 60er Jahre waren unter Federführung der Luftwaffe sechs sogenannte „Fernmeldetürme Bundeswehr“ an den Ostgrenzen der Bundesrepublik errichtet worden, aus denen heraus Radarausstrahlungen sowie Flugfunk- und Richtfunkverbindungen der Streitkräfte des damaligen

Warschauer Paktes auf dem Gebiet der ehemaligen Deutschen Demokratischen Republik und der Tschechoslowakischen Volksrepublik aufgeklärt wurden. Deren Erfassungsergebnisse im VHF-Bereich waren hinsichtlich Aufklärungsreichweite und Peilergebnissen unbefriedigend, daher wurde geplant, die Türme mit Kreisgruppenantennen für Frequenzen unter 1000 MHz auszustatten. Der kreisförmige Baukörper begünstigte eine Realisierung derartiger Antennen, außerdem besaßen die Türme drei übereinander liegende verkleidete Antennenplattformen von

insgesamt etwa 10 m Höhe, an deren Außenfläche die neuen Antennen „flächendeckend“ angebracht werden sollten. AEG-Telefunken übernahm die Aufgabe und entwickelte breitbandige Flächenantennen, die als Gruppen neben- und übereinander angeordnet sowie durch ein Netzwerk verbunden wurden (Bild 11).

Nach Fertigstellung der „Bundeswehrtürme“ Ende der 60er Jahre zogen auch Fernmeldeaufklärer des Heeres dort ein. Es stellte sich allerdings heraus, dass zwar fliegende Ziele (z.B. Funkverkehr militärischer Flugzeuge) und Radarausstrahlungen



Bild 11 a und b: *Das linke Bild zeigt einen Sektorausschnitt der Kreisgruppenantenne der Firma AEG-Telefunken bei Vermessung der Diagramme. Zu erkennen sind die auf mehreren Kreisbögen angeordneten breitbandigen Antennenelemente für die verschiedenen Frequenzbereiche und die Abmessungen der Antenne (im Größenvergleich zu den Personen). Auf dem rechten Bild sieht man einen Fernmeldeturm nach Einbau der Antenne (größte Verdickung in der Mitte). Auf den darüber liegenden Plattformen waren drehbare VHF-Gruppenantennen und Parabolspiegel zur Elektronischen Aufklärung angeordnet, unter der Turmhaube die Antennen der Dopplerpeiler.*



Bild 12 a und b: *Das linke Bild zeigt eine ortsfeste Aufklärungsstelle des Heeres (hier auf dem Großen Kornberg im Fichtelgebirge) nach Ausstattung mit Kreisgruppenantennen der Firma Rohde & Schwarz. Die VHF-Antenne steht auf dem quadratischen Erfassungsgebäude, die Antenne bis 1000 MHz befindet sich in der tonnenförmigen Verdickung des Turmes, auf darüber angebrachten Plattformen (hinter der Verkleidung) Parabolantennen zur Erfassung von Radar und Richtfunk, auf der Turmspitze der H-Adcock des VHF-Peilers. Das Foto wurde von Westen her aufgenommen: Es ist daher zu erkennen, dass der „hintere“ 90-Grad-Sektor der Kreisgruppe fehlt, denn in diese Richtung brauchte ja nicht aufgeklärt zu werden. Das rechte Bild zeigt als Konstruktionsdetail die gekreuzten Breitband-Elemente der VHF-Kreisgruppe.*

auf ausreichende Entfernung (durch die dort tätigen Erfasser der Bundesluftwaffe) aufgeklärt werden konnten, dass jedoch die Fernmeldeaufklärung des Heeres gegen Funkstellen der Landstreitkräfte des Warschau-



er Paktes große regionale Lücken aufwies. Das Heer forderte daher zusätzlich drei heeres-eigene ortsfeste Aufklärungsstellen, die Mitte der 70er Jahre bezogen werden konnten. Einige Jahre nach Fertigstellung erhielten auch diese Einsatzstellungen Kreiskreisgruppenantennen, diesmal geliefert von Rohde & Schwarz. Um Großbasiseigenschaften auch noch bei 20 MHz zu gewährleisten und Empfindlichkeit/Gewinn zu optimieren, wurde das gesamte Flachdach des Erfassungsgebäudes (symmetrisch zum Betonturm) zur Errichtung der VHF-Antenne ausgenutzt. Hierfür wurden die Einzelelemente witterungsbeständig ausgeführt (und die Antenne nicht unter einem Radom errichtet). Auch hierbei ergab sich ein gleichermaßen eigenwilliges wie ästhetisches Aussehen (Bild 12).

Die VHF-Kreisgruppe des Heeres

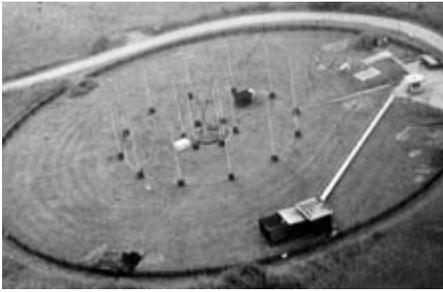


Bild 13: Sieht es nicht aus, als sei hier vor kurzem erst eine „fliegende Untertasse“ gestartet? Ortsfeste Kurzwellenpeilstelle der Bundeswehr mit 8-Element-Adcockantenne - hier stört noch nicht einmal der Zaun die Symmetrie der Anlage!

war mit einem Antennengewinn von über 20 dB so empfindlich, dass man meinte, „das Gras wachsen zu hören“. So wurden auf dem „Hohen Meißner“ aus verschiedenen Richtungen im Aufklärungssektor kräftige breitbandige Hochfrequenzemissionen mit 50-Hz-Modulation empfangen. Diese konnten nur mit der Kreisgruppe empfangen werden, Erfassungsversuche mit mobilen Horch- und Peiltrupps im Umfeld der ortsfesten Anlage blieben erfolglos. Fehler im Antennennetzwerk und in der Verteileranlage konnten messtechnisch ausgeschlossen werden. Es wurde schon vermutet, es handle sich um Störsender in der DDR, mit denen man dort eigenen militärischen Funkverkehr vor Erfassung durch westliche Fernmeldeaufklärung tarnen wollte, als des Rätsels Lösung gefunden wurde: Ein wissenschaftliches Institut stellte in Zusammenarbeit mit dem Funkkontrollmessdienst der damaligen Bundespost fest, dass die Strahlung von einigen Mittelspannungstransformatoren im Grenz-

gebiet ausging. Eine gründliche und regelmäßige Reinigung der Porzellanisolatoren an den Trafos durch das Energieversorgungsunternehmen beseitigte dann schnell die „Geister sender“. (Anmerkung: Die Fernmeldtürme der Bundeswehr und die Fernmeldestellen des Heeres an den damaligen Ostgrenzen der Bundesrepublik wurden Mitte der 90er Jahre nach Abzug der russischen Truppen geräumt, das weiter nutzbare Gerät anderen Verwendungen zugeführt.)

Den Kreisgruppen sehr ähnlich sind spezielle Peilantennen, deren Einzelelemente symmetrisch um einen Mittelpunkt angeordnet sind, nämlich Adcock- und Dopplerpeiler. Diese ermitteln ihren Peilwert aber nicht aus dem Richtgewinn (wie vorwiegend der Wullenwever), sondern durch Phasenmessung.

Die Bundeswehr benutzt Adcock-Peiler zur Fernmeldeaufklärung im HF-Bereich (Bild 13, vgl. auch Grabau: Die Funkpeiler der Fernmeldeaufklärung in den Aufbaujahren der Bundeswehr, FG Nr. 150). Die Antennen beider Peilverfahren sind wenig spektakulär, sie verwenden lediglich kurze Stab- oder Dipolelemente. Besser bekannt sind wohl die Dopplerantennen, denn sie sind als Verkehrspeiler auf jedem Flughafen zu finden. Dennoch sollten der Vollständigkeit halber auch diese Peilantennen hier wenigstens erwähnt werden

Interferometer- und Monopulsantennen

Bei Interferometer-Peilanlagen wird die Richtungsinformation der einfallenden Welle unmittelbar aus der Phasenbeziehung mehrerer (min-

destens dreier) Antennenelemente abgeleitet (und nicht erst nach analoger Aufbereitung der Empfangssignale wie bei Peilern nach dem Adcock/Watson-Watt oder Doppler-Prinzip). Ein Interferometer ist umso genauer, je breiter die Messbasis (zwischen den Antennenelementen) bezogen auf die Wellenlänge ist, allerdings werden die Peilwerte bei einer Messbasis größer als eine halbe Wellenlänge ($D > \lambda / 2$) mehrdeutig. Diese Mehrdeutigkeit kann durch zusätzliche Antennen (und deren Messwerte) eliminiert werden, dies erfordert jedoch einen nicht unbedeutenden Rechenaufwand, sodass „Großbasis-Interferometer“ erst mit leistungsfähigen Prozessoren bewältigt werden können, wie sie seit den 80er Jahren verfügbar sind.

Monopuls-Peilverfahren (wie sie seit vielen Jahrzehnten in der Radartechnik angewendet werden) sind dem Interferometer sehr ähnlich, nur gewinnen sie die Richtungsinformation aus dem Amplitudenvergleich zweier gleichartiger überlappender Antennendiagramme. Auch das wohl derzeit modernste Peilverfahren, die TOA-Messung (time of arrival) ist den beiden zuvor beschriebenen sehr ähnlich: Es gewinnt den Peilwert aus einem hochgenauen Zeitvergleich zwischen den einfallenden Signalen desselben Emitters, die von zwei Antennen aufgenommen werden.

Anfang der 80er Jahre hatte AEG-Telefunken einen Interferometerpeiler für den HF-Bereich entwickelt, dessen Antennensystem aus sieben Antennenelementen bestand, die im Winkel von 90 Grad (orthogonal) zueinander in zwei Schenkeln (zu je drei Antennen plus gemeinsamer Referenzantenne) angeordnet waren (Bild 14). Als Antennenele-

mente wurden (anstelle der zu jener Zeit üblicherweise in der HF-Peilung verwendeten aktiven Stabantennen) gekreuzte Rahmenantennen verwendet, um Polarisationsfehler möglichst auszuschließen. Die Besonderheit dieser Peilanlage war übrigens, dass sie auch den Erhebungswinkel der einfallenden Welle messen konnte. Kannte man die wirksame Höhe der Ionosphäre (aus Messung mit einer Ionosonde oder aus der Funkprognose), so war es möglich, bereits mit einer einzigen Peilstelle den Standort der erfassten Funkstelle grob zu ermitteln. Auf jeden Fall lieferte der Einfallswinkel ein aussagekräftiges Gütekriterium für den azimutalen Peilwert (prinzipiell: je flacher, umso weniger Abweichungen vom Großkreis). Die Bundeswehr kaufte ein Erprobungsmuster an, das im grenznahen Raum ortsfest aufgebaut wurde. Trotz ansprechender Ergebnisse im Vergleich zu den ortsfesten Adcock-Anlagen konnte man sich nicht zu einer Umrüstung aller Peilanlagen entschließen, vorwiegend, weil sich bei Integration des neuen Peilverfahrens Probleme im Betriebsablauf ergeben hätten.

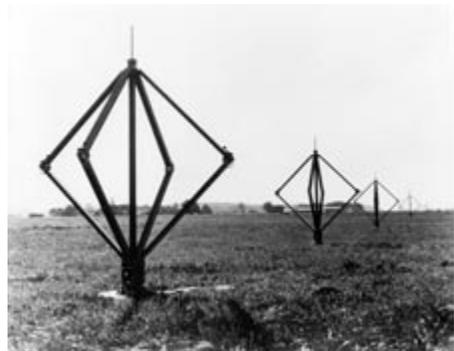


Bild 14: Ein Schenkel der HF-Interferometerpeilanlage (AEG-Telefunken).



Bild 15: Antennensystem der EloAufkl-Anlage „HELAS“ der Firma Siemens mit den fünf Monopuls-Hornpaaren für 1,5-18 GHz, unten das Drehsystem und oben (verkleidet) zwei Breitband-Rundempfangsantennen.

Aber schon viel früher, nämlich Anfang der 70er Jahre, wurden erste Erfahrungen mit einem Interferometerpeiler gesammelt, diesmal in der Elektronischen Aufklärung von Radarsignalen. Die Firma Elettronica in Rom hatte für das deutsche Heer einen Gerätesatz zur Erfassung und Analyse von Radarausstrahlungen entwickelt, nämlich den EloAufklärungsgerätesatz RMB „Multibanda“ für den Frequenzbereich 1-18 GHz, der dann später auch in die Bundeswehr eingeführt wurde. Zu Versuchszwecken mitgeliefert wurde ein Feinpeiler RG „Montebianco“, ein Präzisionspeiler nach dem Interferometerprinzip, der es gestattete, Radargeräte im Bereich 3-12 GHz mit einer Genauigkeit von etwa einem Strich (etwa 1/20 Grad) zu peilen. Dieser Wert zeigt die prinzipielle Genauigkeit von Interferometern, ungestörte Wellenausbreitung vom Aufklärungsziel vorausgesetzt, während man sich bei anderen Peilverfahren (vor allem im HF- und unteren VHF-Bereich) meistens mit Genauigkeiten von etwa einem Grad zufrieden geben musste. In einem Versuch stellte sich allerdings heraus, dass ein derartiges Gerät nicht verwendbar sein würde. Schon die Anforderungen an Torsionssteifigkeit des Antennenträgers waren kaum beherrschbar, aber auch die erforderliche Präzision der Vermessung einer Bezugsrichtung war, vor allem im mobilen Einsatz, nicht zu gewährleisten.

Für den Filterbank-(Vielkanal-) Empfänger der EloAufkl-Anlage HELAS entwickelte Siemens (Unterschleißheim) Ende der 70er Jahre eine Breitband-Monopulsantenne für den Bereich 1,5-18 GHz. Aufgabe dieser Aufklärungsanlage sollte sein,

weitgehend automatisch breite Teilbereiche dieses Frequenzspektrums nach Radarsignalen abzusuchen, diese selbsttätig zu peilen, die Signalparameter automatisch zu messen und damit den Radargerätetyp zu bestimmen. Das Antennensystem wurde aus fünf Monopuls-Hornpaaren zusammengesetzt, die neben- und übereinander angeordnet wurden; zur Auswahl eines Aufklärungssektors konnte es mittels Drehsystem um 360 Grad gedreht werden (Bilder 15 und 16). Diese Aufklärungsanlage sollte die beiden älteren EloAufkl-Anlagen ablösen, die beschrieben wurden (in Grabau: Die Anlagen der Elektronischen Aufklärung in den Aufbaujahren der Bundeswehr, FG Nr.158). Das EloAufkl-System „HELAS“ wurde bis 1993 truppenreif entwickelt, dann aber aus verschiedenen Gründen nicht beschafft.

Verschiedene Sonderlösungen

In der Fernmelde- und Elektronischen Aufklärung der Bundeswehr wurden auch verschiedenste Antennen mit Parabolreflektoren eingesetzt, zur Aufklärung von Richtfunk und Radar. Derartige Antennen sind allgemein bekannt, daher wird hier nicht näher darauf eingegangen. Es soll nur eine Sonderform dieser hochbündelnden „Spiegelantennen“ erwähnt werden, weil sie wohl sonst nicht vorkommt. Üblicherweise ist der Strahler im Fokus des Parabolreflektors fest montiert (bei der Cassegrain-Antenne der Subreflektor), zur Richtungsveränderung der Antennencharakteristik wird das ganze Antennensystem mit Strahler und Reflektor gedreht (meist horizontal). Bei sehr schneller Suche, also Rotation



Bild 16: *EloAufklärungspanzer „HELAS“ mit hydraulisch aufgerichteter Aufklärungsantenne. Die beiden tonnenförmigen Behälter am Mast unterhalb der Antenne enthalten Schlitzantennen für die UHF-Datenverbindung zur Auswertung*

in großer Geschwindigkeit, wie sie in der EloAufkl erforderlich ist, um möglichst alle vorhandenen Signale zu erfassen, ergeben sich Schwierigkei-

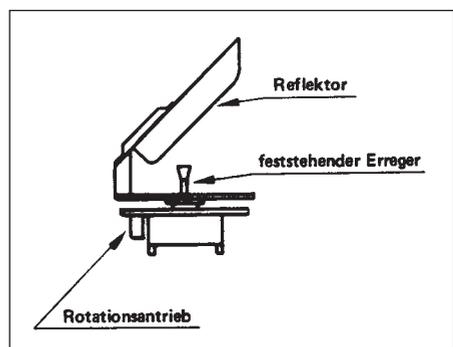


Bild 17: *Prinzipskizze der Such- und Peilantenne einer EloAufkl-Anlage mit feststehendem Antennenelement und drehbarem Paraboloid-Reflektor.*



Bild 18: Scherengittermast des 20-kW-HF-Störsenders nach dem Aufrichten.

ten bei der Ableitung der Antennenspannungen an die Empfangsanlage. Um Verluste und Signalveränderungen der Mikrowellensignale in einer Drehkupplung zu vermeiden und die Mechanik zu vereinfachen, kam man auf folgende Lösung: Der breitbandige Strahler (z.B. ein Horn) blickt senkrecht nach oben. Über ihm rotiert ein parabolisch geformter Reflektor, der um 45 Grad geneigt ist und der im Verlauf einer Drehung um 360 Grad alle erfassbaren Signale zum unten angebrachten Antennenelement „spiegelt“ (Bild 17). Der Antennengewinn des Parabols bleibt so erhalten, zur exakten Peilung wird der Reflektor angehalten und von Hand ins Signalmaximum gedreht.

Bei Entwicklung eines mobilen Kurzwellenstörsenders Ende der 60er Jahre ergab sich das Pro-



Bild 19: Anhänger des 20-kW-Störsenders im Transportzustand mit Antennenanpassgerät und zusammengefaltetem Gittermast

blem, die Senderausgangsleistung von 20 kW über eine gut angepasste Antenne abzustrahlen, die zudem einfach transportabel sein sollte und von wenigen Soldaten schnell aufzubauen war. Die Entwicklungsfirma, Rohde & Schwarz, konstruierte einen 17 m hohen selbststrahlenden Scherengittermast, der im Transportzustand zusammengefaltet auf einem Einachsanhänger neben dem Antennenanpassgerät ruhte. Die Antenne konnte nach Erreichen des Aufbauplatzes und Befestigung der Abspannungen im Erdboden in wenigen Minuten über ein Seilzugsystem aufgerichtet werden (Bilder 18 und 19). ■

Bilder: Werkfotos der Firmen AEG-Telefunken, Siemens und Rohde & Schwarz sowie aus dem Archiv des Verfassers.