

Besondere Antennenformen für die Elektronische Kampfführung der Bundeswehr (1)

Hört man das Wort „Antenne“, so entsteht vor dem geistigen Auge ein bestimmtes typisches Bild: Der eine denkt an einen langen, möglichst hoch ausgespannten Draht, der nächste an die Yagi-Antennen für Fernsehempfang, wieder andere stellen sich eine „Satellitenschüssel“ oder den Antennenstummel eines Handy vor. So vielfältig sind schon die uns allen gut bekannten Antennenformen, aber die besonderen Anforderungen der militärischen Aufklärung und Elektronischen Kampfführung bewirken ganz andere, ganz spezifische technische Lösungen. Bei geschickter Anwendung physikalischer Prinzipien und kreativer Konstruktion entstehen oft Produkte ungewöhnlicher Erscheinungsform, welche nicht nur ihrem Zweck unterworfen sind, sondern auch eine eigene Ästhetik aufweisen



RUDOLF GRABAU, MÜCH

Tel.: (0 22 45) 34 71

Antennen für die Elektronische Kampfführung müssen besondere Forderungen erfüllen:

- Große Bandbreite (oft mehrere Oktaven),
 - Richtwirkung, dabei jedoch meistens mit einem großen Öffnungswinkel,
 - hohe Empfindlichkeit, um eine große Eindringtiefe zu gewährleisten,
 - im Kurzwellenbereich mit entsprechender Vertikalcharakteristik (flach gegenüber Bodenwellen, steil gegen Raumwellen),
 - bei Störsendern – geeignet für hohe Sendeleistung,
 - bei mobilem Einsatz – möglichst klein und leicht, einfach im Transport und schnell betriebsfähig.
- Antennen sollen meistens in mög-

lichst großer Höhe eingesetzt werden, sie benötigen dann Antennenträger von entsprechender Tragfähigkeit und Drehsteifigkeit. Dargestellt werden folgende Antennenformen für Empfangs- und Peilzwecke:

- Lineare Gruppenantennen aus Monopolen für den HF-Bereich,
- Logarithmisch-periodische Antennen,
- Kreisgruppenantennen,
- Interferometer- und Monopulsantennen,
- verschiedene Sonderlösungen.

Den einzelnen Kapiteln ist jeweils eine kurze Beschreibung des Antennenprinzips vorangestellt.

Lineare Gruppenantennen aus Monopolen für den HF-Bereich

Gruppenantennen bestehen aus einer größeren Anzahl von Einzelantennen, die so angeordnet und zusammenschaltet sind, dass sich dadurch eine Richtwirkung und ein Antennengewinn ergibt. Man unterscheidet

lineare und kreisförmige Gruppenantennen. Bei linearen Gruppenantennen können die Antennenelemente nebeneinander und/oder hintereinander (bezogen auf die Hauptempfangsrichtung) angeordnet sein.

Noch in den 50er Jahren wurden für die Fernmeldeaufklärung der Bundeswehr im HF-Bereich etliche vertikale Stabantennen A 162 „Alraune“ der Firma Telefunken beschafft. Bei diesen seinerzeit handelsüblichen Antennen für ortsfesten Einsatz handelte es sich eigentlich nicht um Monopole, sondern um Vertikaldipole von etwa 8,5 m Höhe, die mit einem Widerstandsnetzwerk breitbandig gemacht und über einen Übertrager an ein 50- Ω -Kabel angepasst worden waren. Entsprechend gering war die Empfindlichkeit dieser Empfangsantennen, sodass oft ein Stück „elektrischer Bindfaden“ bessere Empfangsergebnisse erbrachte. Die Herstellerfirma bot aber auch Richtempfangsantennen an, die aus Rundempfangsantennen A 162 zusammengesetzt waren. Zu den bereits bei der Bundeswehr vorhandenen Einzelantennen wurden daher Kabelsätze nachgekauft, um aus jeweils acht Rundempfangsantennen A 162 eine Richtempfangsantenne A 195 zu machen. Hierzu wurden die Masten in zwei Reihen zu je vier Antennen auf einer Fläche von 120 x 27 m aufgebaut (Bild 1). Die als Gruppe zusammengesetzte Richtempfangsantenne verfügte im Haupterfassungsbereich (1,5–6 MHz) über den gewünschten Öffnungswinkel (Halbwertsbreite) von 60 Grad, die gewünschte vertikale Polarisierung sowie einen Gewinn von im Mittel 6 dB, hatte aber zwei entscheidende Nachteile: Sie war allenfalls trans-



Bild 1: Aus „Alraunen“ zusammengesetzte HF-Richtempfangsantenne A 195 der Firma Telefunken

portabel, aber nicht für mobilen Einsatz verwendbar, außerdem war das Vertikaldiagramm sehr flach und passte nun ganz und gar nicht zu der empfangenen Steilstrahlung.

Daher suchte man lange nach einer Alternative und fand diese Anfang der 70er Jahre in Großbritannien. Die Firma EMI bot ebenfalls zusammengesetzte HF-Richtantennen an, verwendete aber Doppelrahmen-Elemente („Hula Hoop“) von etwa 1 m Durchmesser auf einem 1,5 m hohen Dreibein. Acht dieser aktiven Rahmenantennen wurden als etwa 30 m lange Antennenzeile hintereinander aufgebaut und mit Koaxialkabeln vorgegebener Länge miteinander verbunden (Bild 2). Diese Antenne mit der Bezeichnung 8E13C verfügte nun über alle geforderten Eigenschaften: Sie konnte schnell aufgebaut werden, versorgte über Verstärker/Verteiler eine ganze Erfassungszentrale, deckte Frequenzbereich und Polarisierung wie gewünscht ab und besaß ein optimales Vertikaldiagramm, das bei niedrigen HF-Frequenzen Steilstrahlung bevorzugte, sich aber mit steigender Frequenz stetig absenkte. Der Öffnungswinkel konnte verbreitert werden, indem man die acht Rahmen-



Bild 2: HF-Richtempfangsantenne der Firma EMI, zusammengesetzt aus aktiven Doppelrahmen.

Monopole zu einer Gruppe aus zwei nebeneinander stehenden Zeilen von je vier Antennen anordnete. Trotz all dieser positiven Eignungsmerkmale gab es beim Anwender Vorbehalte gegen diese Antenne, wohl wegen der ungewöhnlichen Form und ihrer mit 2 m nicht eben beeindruckenden Höhe. Oft verzichtete man auf diese Antenne und verwendete – wie schon seit Jahren gewohnt – Dipol- und Langdrahtantennen aus dem so genannten „Antennenbaukasten“, den der findige Konstrukteur TUROWSKI aus Wermelskirchen Mitte der 60er Jahre entwickelt hatte und mit dem jeder mobile HF-Horchtrupp ausgestattet war (Bild 3).

Logarithmisch-periodische Antennen für den VHF- und HF-Bereich

Logarithmisch-periodische (l/p -) Antennen bestehen aus hintereinander-



Bild 3: Antennenbaukasten der Firma Turowski mit HF-Dipol- und Langdrahtantennen verschiedener Länge sowie Anpassübertragern.

der angeordneten Einzeldipolen, die in ihrer Länge und im Abstand voneinander dem Verhältnis l/τ folgen (τ = konstantes Steigungsverhältnis). Die Strahler werden über eine kreuzweise angeschaltete Speiseleitung jeweils gegenphasig erregt; in der Antennenstruktur wirkt jeweils ein Element entsprechend seiner Länge als strahlendes Element, die längeren und kürzeren als Reflektoren beziehungsweise Direktoren.

Im Herbst 1961 war die Masse der (damals noch sehr bescheidenen) Einsatzkräfte der mobilen Heeres-Fernmeldeaufklärung an der Ostgrenze der Bundesrepublik eingesetzt, vorzugsweise im Osten Niedersachsens, um die jährlich auf dem Übungsplatz Letzlinger Heide stattfindenden Großmanöver sowjetischer Truppen zu

beobachten. Dabei war es vor allem schwierig, den frequenzmodulierten VHF-Sprechfunk im Frequenzbereich 20-52 MHz ausreichend zu erfassen. Die damals verfügbaren Empfänger waren reichlich unempfindlich und Antennen für diesen weitgehend militärisch genutzten Frequenzbereich nicht handelsüblich, von Richtantennen ganz zu schweigen. So wurde viel experimentiert, auch mit YAGI-Anordnungen und diversen Antennenträgern, aber all das ohne befriedigenden Erfolg. Da erhielt der Einsatzleiter der Erfassungsstellung Oerenburg/Thurauer Berg (im Wendland ostwärts Lüchow), ein Oberleutnant, mit seiner Privatpost auch seine Amateurfunkzeitschrift

DL-QTC nachgesandt. Hierin wurde über eine in den USA neu entwickelte breitbandige Antennenform berichtet, nämlich die logarithmisch-periodische Antenne. Nach den dort angegebenen Berechnungsformeln ließ er aus Antennenlitze eine vertikal polarisierte Antenne für den überwachten Frequenzbereich ab 20 MHz zurechtschneiden. Diese Antenne, senkrecht unter einem Trageil aufgehängt und schräg von einem Holzturm über einen Zwischenmast zum Erdboden abgespannt, erwies sich besser als alles vorher Erprobte (Bilder 4 und 5).

Sein Kommandeur beauftragte ihn, eine solche Antenne für mobilen Einsatz auf einem Mast zu konstruieren

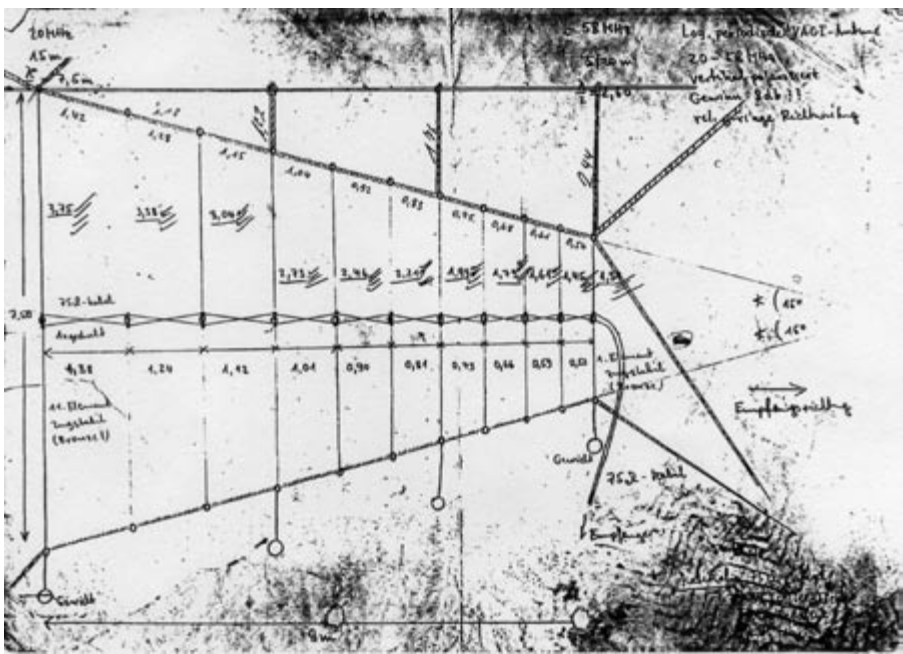


Bild 4: Original-„Konstruktionszeichnung“ der behelfsmäßigen Draht-I/p-Antenne für zirka 20-58 MHz. (Der Schuhsohlenabdruck rechts unten kennzeichnet die Herkunft, Feldsteine dienten als „Gewichte“.)



Bild 5: Die zusammengeschnittene „Draht-l/p“ wurde auf dem Thurauer Berg zwischen einem 30 m hohen (selbst erbauten) Holzturm und dem „Maibaum“ (auf dem Foto rechts) aufgehängt. Hier wurde später aus 1000 t Stahlbeton der Fernmeldeturm B errichtet.

ren und bei einer Hamburger Maschinenbaufirma, die auch sonst für die Bundeswehr arbeitete, anfertigen zu lassen. Nach einem Tag Entwurfsarbeit gab er dort seine Zeichnung ab und bekam die Zusage, die Antenne könne noch am Ende der Woche abgeholt werden. Und tatsächlich wurde diese Antenne bereits nach wenigen Tagen auf dem Thurauer Berg eingesetzt. Die ebene l/p-Antenne für den Bereich 30-100 MHz bestand aus einem etwa 6 m langen, waagerechten Boom, der mittels Gelenk in der Mitte geknickt werden konnte, damit die Verladelänge geringer war als die Ladefläche eines Unimog-Lkw von gut 3 m. Am Boom entlang waren 2x12 Klemmverbindungen isoliert

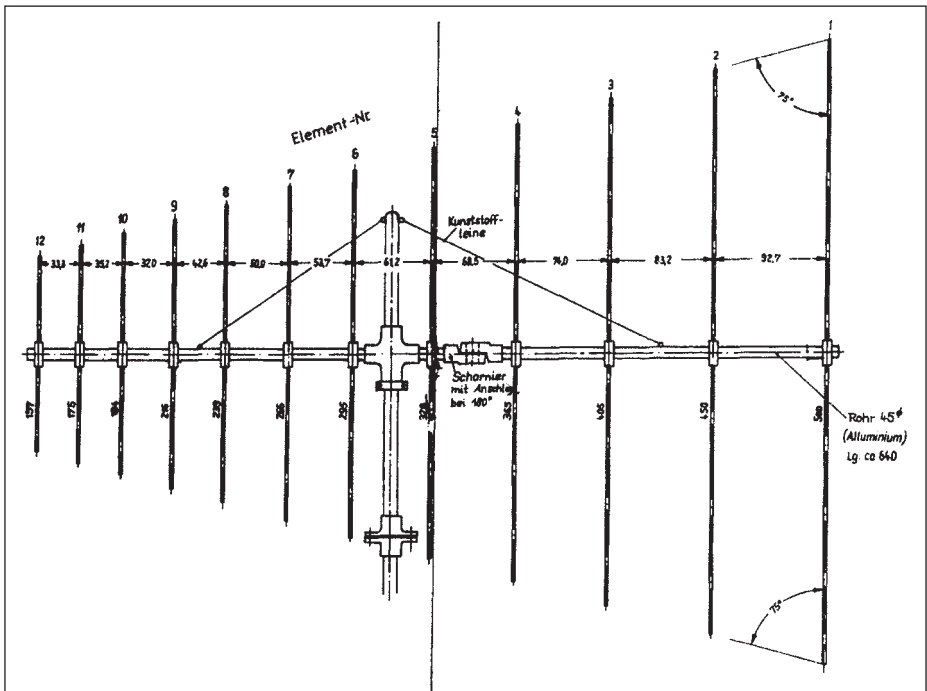


Bild 6: Konstruktionszeichnung der logarithmisch-periodischen Antenne 30-100 MHz von 1961

angebracht, die untereinander mit der Speiseleitung verbunden waren und in die oben und unten Dipolhalbstäbe von rund 70-200 cm Länge eingesteckt und von Hand festgeklummt werden konnten. Das Durchbiegen des Booms verhinderten zwei Kunststoffseile, die an einer Mastverlängerung (ebenfalls aus Kunststoff) befestigt waren (Bild 6). Als untere Frequenzgrenze wurde nicht, wie eigentlich nötig, 20 MHz gewählt, weil die Antenne dann bei einer Boomlänge von 9 m und einem längsten Dipol von über 7 m zu schwer und zu sperrig geworden wäre. Außerdem vermutete man, dass die Antenne auch unter 30 MHz noch durchaus verwendbar sein würde, was sich dann bei einer praktischen Vermessung bestätigte. Dies war wohl bis heute der schnellste „Entstehungsgang Wehrmaterial“ der Bundeswehr und vielleicht die erste l/p-Antenne, die in Europa industriell gefertigt wurde. Es gab zwar erheblichen Ärger, als einige Wochen später eine Rechnung über 15.000 DM einging, denn dieser Betrag überstieg das für die Truppe zulässige Limit erheblich – aber sie wurde nach entsprechender Begründung dann doch zügig beglichen.

Später fand das Prinzip der l/p-Antenne vielfältige Anwendung in der Elektronischen Kampfführung der Bundeswehr, denn es verband große Breitbandigkeit bei konstantem Gewinn mit weitgehender Unempfindlichkeit gegen äußere Beeinflussung. Natürlich wurde die Forderung nicht aufgegeben, eine „Full-size-VHF-Antenne“ zu bauen. Wieder war es TUROWSKI, der sich Mitte der 60er Jahre dieser Herausforderung stellte: Er schaute sich die Drahtkonstruktion von der ersten Truppenentwick-

lung ab, spannte aber die komplett vorgefertigte „Antennenmatte“ für 20-80 MHz zwischen vier Glasfaserstäben ab (Bild 7). Die komplette Antenne mit der Bezeichnung LPV-70 war 7,1 m hoch, wog (bei einer Windwiderstandsfläche unter 1 m²) 69 kg und besaß einen Gewinn von 6 dB.

Mitte der 70er Jahre wurden für das Heer drei grenznahe FmEloAufkl-Stellen bei Wolfsburg, auf dem „Hohen Meißner“ und dem „Großen Kornberg“ errichtet. Die Turmbauwerke waren zur Aufnahme von Kreisgruppenantennen für den VHF/UHF-Bereich vorbereitet, aber diese modernen und aufwändigen Antennen waren auf absehbare Zeit nicht lieferbar, weil sie erst entwickelt werden mussten. Da die Turowski-Antenne für mobilen Einsatz den im Winter zu erwartenden Witterungs-

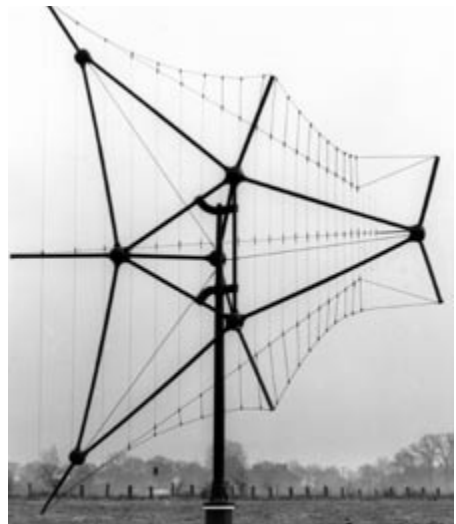


Bild 7: *Logarithmisch-periodische Antenne LPV-70 (20-80 MHz) der Firma Turowski aus einem Glasfaserkreuz und einer „Antennenmatte“ aus Antennendraht.*



Bild 8: Die „Interims-VHF-Antenne“ HL 017 der Firma Rohde & Schwarz.

bedingungen nicht dauerhaft standhalten würde, entschloss man sich, als Zwischenlösung je eine Antennenanlage industriell fertigen und neben den Erfassungsgebäuden aufstellen zu lassen. Kurzfristig ausgewählt wurde das Modell HL 017 von Rohde & Schwarz. Bild 8 lässt den konstruktiven Fortschritt erkennen, den diese Antennenform in nur wenigen Entwicklungsjahren durchlaufen hatte. Die Antenne war nicht nur leistungsstark, sondern dabei auch ästhetisch schön – man könnte sie durchaus als moderne Plastik vor ein repräsentatives Verwaltungs- oder Industriegebäude stellen. Leider mussten die Antennen später den fertiggestellten Kreisgruppenantennen weichen, weil sie deren Funktion erheblich beeinträchtigt hätten. Es

ist schade, dass sie verschrottet wurden, denn es fand sich keiner, der sie anschließend haben wollte.

Als Mitte der 70er Jahre von den Firmen Telefunken und SEL gemeinsam ein VHF-Störsender (20-80 MHz, Sendeleistung 2 kW) mit dem Namen „Hummel“ entwickelt wurde, sollte natürlich auch dieser eine breitbandige l/p-Antenne erhalten (Bild 9). Das Problem war jedoch, dass der Sender in einen Radpanzer eingebaut werden sollte, was die Verwendung einer Antenne widersinnig erscheinen ließ, die von den Bedienern außerhalb des Panzerschutzes auf einem Antennenträger aufgebaut werden musste. Die Entwickler wollten daher den Transportpanzer „Fuchs“ in Längsrichtung mit einer halben vertikalen l/p-Antenne ausstatten, nur war noch nicht klar, wie die fehlende Hälfte nachzubilden sei. Zunächst versuchte man es mit Dipolhälften dicht oberhalb der Deckenpanzerung, dies erwies sich aber als physikalisch unbefriedigend und mechanisch unter Einsatzbedingungen als zu empfindlich. Schließlich gelang es, durch Anpassschal-



Bild 9: Der „Störpanzer Fuchs“ mit l/p-Antenne 20-80 MHz (AEG-Telefunken/SEL).

tungen und Umwegleitungen eine ausreichende Richtwirkung wie auch eine befriedigende Einspeisung der hohen Sendeleistung zu erreichen und zugleich die Besatzung vor Strahlenschäden zu bewahren.

Man scheute aber auch nicht davor zurück, Kurzwellenantennenanlagen nach dem l/p-Prinzip zu errichten, obwohl man natürlich wusste, welche riesigen Abmessungen derartige Antennen haben würden. So erhielten in den Jahren 1968 bis 1980 die ortsfesten HF-Fernmeldeaufklärungszentralen Donauwörth, Frankenberg/Eder und Rotenburg/Wümme je ein Antennenfeld mit jeweils drei l/p-Antennen, und zwar einer horizontal polarisierten, flankiert von zweien mit vertikaler Polarisation (Bild 10). Die Antennenanlagen wurden erstellt durch Rohde & Schwarz, Telefunken beziehungsweise Siemens.

Im Gegensatz dazu war die HF-FmAufkl-Zentrale des Fernaufklärungsbataillons in Daun in den 60er Jahren nach dem Vorbild der Übersee-Funkempfangsstellen der Deutschen Bundespost durch die Firma Siemens mit mehreren Rhombusantennen ausgestattet worden. Als nach 1990 nicht mehr nur aus ostwärtiger Richtung, sondern aufgrund der veränderten militärpolitischen Lage aus 360 Grad erfasst werden musste, sind diese Antennen von Rohde & Schwarz durch mehrere sternförmig angeordnete l/p-Antennen ersetzt worden.

Es bestand aber auch eine Forderung der Militärs nach einer leistungsfähigen HF-Richtantenne für mobilen Einsatz, wobei das anzuwendende Prinzip offen gelassen war. Es war wiederum TUROWSKI, der sich als einziger dieser Herausforderung stellte und dazu das l/p-Prinzip aus-



Bild 10: *Das HF-Antennenfeld neben der B 71 bei Rotenburg (Wümme): Zwei horizontal polarisierte l/p-Antennen und eine l/p-Vertikalantenne mit „Hauptverkehrsazimut“ Ost.*

wählte. Erschwerend war die einsatzbedingte Forderung des Nutzers, dass die komplette Antenne mit allen Antennenträgern (einschließlich Verankerungsmaterial) auf einem 5-t-Bundeswehr-Lkw verlastet und allein von Fahrer und Beifahrer in wenigen Stunden betriebsbereit errichtet werden sollte (allenfalls unterstützt von Hilfskräften für das Einbringen der Erdanker). Der als genialer Konstrukteur geschätzte TUROWSKI schaffte es, in kurzer Zeit unter Einhaltung all dieser Vorgaben ein horizontal polarisiertes Antennensystem zu entwickeln, das mit vier 30 m hohen Rohrsteckmasten aus Aluminium (Durchmesser 14...18 cm, Schusslänge angepasst an den Lkw 5t: 498 cm) aufgebaut wurde. Drei der Antennenträger dienten der Befestigung des längsten Dipols, ein Mast wurde geteilt: die beiden Hälften hielten den kürzesten Dipol 10 m über dem Boden. Die Antenne bestand nicht nur technische Erprobungen und Truppenversuch, sondern erbrachte sogar in vergleichenden Messungen bessere Leistungsdaten als die weiter oben beschriebenen ortsfesten Antennenfelder.

... wird fortgesetzt.