


# Geschichte der Funkpeiltechnik (1)

## Entwicklung der Funkpeilung bis 1945

Die Technik der Funkpeilung ist genauso alt wie die Funktechnik, denn bereits HEINRICH HERTZ erkannte die Richtwirkung von Antennen, aber die Technologie der „Peilerei“ und ihrer historischen Entwicklung im Verlauf des letzten Jahrhunderts ist weitgehend unbekannt geblieben. In zwei Folgen soll nun die Geschichte der Funkpeilung in ihren wesentlichen Meilensteinen nachgezeichnet werden.

Mehr noch als in der Funktechnik haben verschiedenartigste praktische Anwendungen und Erfahrungen die Entwicklung der Funkpeiltechnik beeinflusst, daher werden nachfolgend Aufgabenstellungen, Anwendungsbereiche, Technik und Bedeutungswandel gleichermaßen dargestellt. Die gebotene Kürze des Beitrags ließ eingehende Erläuterungen der vielfältigen technischen Prinzipien und Verfahren leider nicht zu, bei weitergehendem Interesse sei auf die im zweiten Teil angegebene Literatur verwiesen.

---

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

---

### Entwicklung der Aufgabenstellungen für die Funkpeilung

Jede elektromagnetische Ausstrahlung trägt in ihren Erscheinungsformen stets auch eine Richtungsinformation. Diese Richtungsinformation, die einer mit Lichtgeschwindigkeit fortschreitenden Wellenfront durch geeignete Messverfahren entnommen werden kann, lässt zweierlei Nutzung zu: Einerseits kann man durch Richtempfang die eigenen Empfangsbedingungen (und damit die Empfangsergebnisse) verbessern, andererseits aber auch die Richtung zur Strahlungsquelle feststellen. Ursprünglich waren beide Funktionen in einer einzigen techni-

schen Vorrichtung vereinigt – heute werden die Richtempfangsverfahren im Allgemeinen der Antennentechnik (Richtantennen für Sendung und Empfang) zugeordnet, während man unter Funkpeilung das „Feststellen der Richtung einfallender elektromagnetischer Wellen“ versteht, eigentlich ohne die gezielte Absicht, das gepeilte Signal dann auch aufzunehmen. Die Techniken des Richtempfangs und der Funkpeilung waren seit jeher eng miteinander verknüpft – neuerdings werden bisweilen beide Bereiche zur Lösung schwieriger Erfassungsaufgaben wieder gezielt (auch durch Computer-Programme) miteinander verschmolzen.

Die Funkpeiltechnik entwickelte sich bedarfsbezogen, in ihren Anwendungen ebenso wie in der Abdeckung von Frequenzbereichen. Ging es anfangs des 20. Jahrhunderts zunächst darum, die Empfangsqualität der eigenen öffentlichen und

militärischen Funkverbindungen zu verbessern, so kam bald auch die Aufgabe hinzu, den Funkverkehr fremder Staaten oder eines militärischen Gegners zu erfassen und auszuwerten beziehungsweise mittels staatlicher Funküberwachung die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften zu kontrollieren. Hierzu wurden zunächst parallel zur Entwicklung von Funksendern und -empfängern die Bereiche der Längst-, Lang- und Mittelwellen (VLF, LF, MF) technisch erschlossen. Nachdem es der Funkaufklärung gelungen war, Meldungen und Befehle militärischer Führungsstäbe mitzuhören, wollte man natürlich auch wissen, wo deren Hauptquartiere lagen. Und so ergab sich aus dem „Richtempfang“ mehrerer räumlich verteilter Funkstellen die Ortsfeststellung durch einfache Schnittbildung (Triangulation) der ermittelten Peilwerte.

Die damals verfügbaren Navigationshilfsmittel, Theodolit und Kompass, erfüllten die Anforderungen der neuen Dampfschiffe und Flugzeuge nur ungenügend – was lag näher, die ebenfalls gerade neu eingebauten Funkgeräte anzupeilen und damit ihre Standorte zu bestimmen. Nach Einbau von Bordpeilern wurde es dann möglich, dass Schiffe und Flugzeuge mit eigenen Mitteln feststellen konnten, wo sie sich befanden. Auch die Navigationspeilung wurde zunächst in den bereits erwähnten Frequenzbereichen abgewickelt.

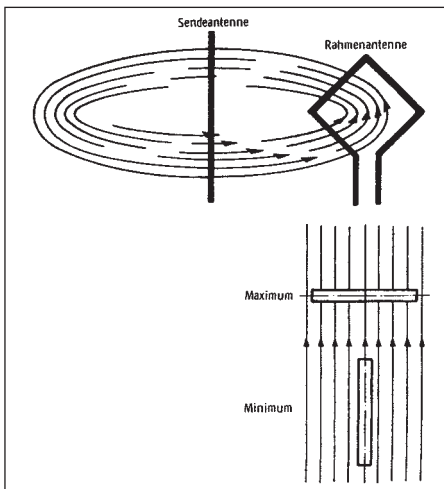
Militärische Frequenznutzung erzwang vor und im Zweiten Weltkrieg eine wesentliche Ausweitung der Frequenzbereiche, zunächst in den Kurzwellenbereich (HF), später auch darüber hinaus in die Bereiche der beweglichen UKW-Funkgeräte,

des Flugfunks sowie des Radars bis zu den Zentimeterwellen (VHF, UHF). Die Aktivität von Funkagenten erforderte die Weiterentwicklung von Peilantennen und Peilempfängern in raum- und gewichtssparender Technik – zum Einbau in handelsübliche Fahrzeuge oder (im wahrsten Sinne des Wortes) „am Mann“ zu tragen. Auch die Bedrohung durch das Radar verlangte nach entsprechenden Maßnahmen, der Peilung gegnerischer Radargeräte vom Boden, vom Schiff oder vom Flugzeug aus – als Warnung vor akuter Bedrohung (Radarwarnempfänger) oder zur Gewinnung von Nachrichten über den Gegner (Elektronische Aufklärung). Mit zunehmender Dichte der Frequenznutzung stellten sich auch in der staatlichen Funküberwachung neue Aufgaben für die Peiltechnik, oft eng verbunden mit der Rettung von Schiffen und Menschen aus See-not.

Heute deckt die verfügbare Funkpeiltechnik die radiofrequenten Bereiche einschließlich des SHF-Bereichs ab: Millimeterwellen und die Bereiche der Optoelektronik stehen in der Erschließung. Allerdings werden Peiler kaum noch zu Navigationszwecken eingesetzt, denn sie haben ihre frühere Schlüsselfunktion weitgehend an leistungsfähigere Navigationsverfahren (vorwiegend die Satellitennavigation) abgegeben. Aus Anwendungen der Fernmelde-Elektronischen Aufklärung und der Funküberwachung ist die Funkpeilung allerdings, auch heute noch, nicht mehr wegzudenken. Hier hat die Forderung, neuartige Signalformen in extrem kurzen Zeiten in breiten Frequenzbereichen zu peilen, die Ingenieure vor neue Herausforderungen gestellt. Neu

entwickelte Methoden der Signal-erkennung, der Datenübertragung und Informationsverarbeitung sowie eine zunehmende Fähigkeit, in Systemen zu denken und diese zu realisieren, eröffnen neuartige, bisher noch nicht in vollem Umfang absehbare Möglichkeiten, nicht zuletzt im Zusammenwirken mit aktiven und abbildenden Sensoren.

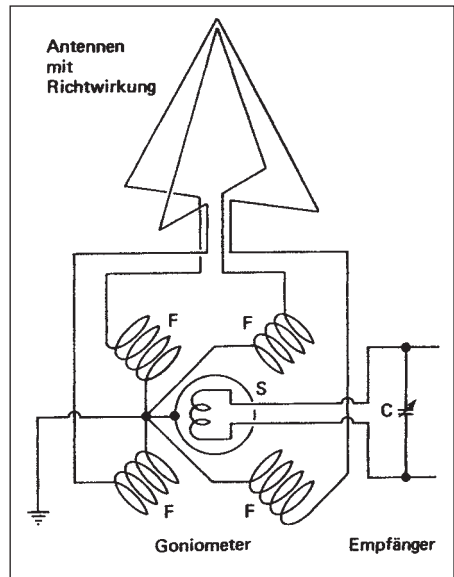
Bemerkenswert ist, dass die vielfältigen Aufgabenstellungen in diesem Bereich der Nachrichtentechnik sehr oft in engem Kontakt zwischen Physiker, Ingenieur und Praktiker gelöst werden – Forschung, Entwicklung und Anwendung stimulieren einander. Die Aufgabenlösungen sind auch an der historischen Entwicklung der Funkpeiltechnik abzulesen, die nachfolgend dargestellt wird. Dabei wird auf die Historie der „Peilerei“ in Deutschland besonders eingegangen.



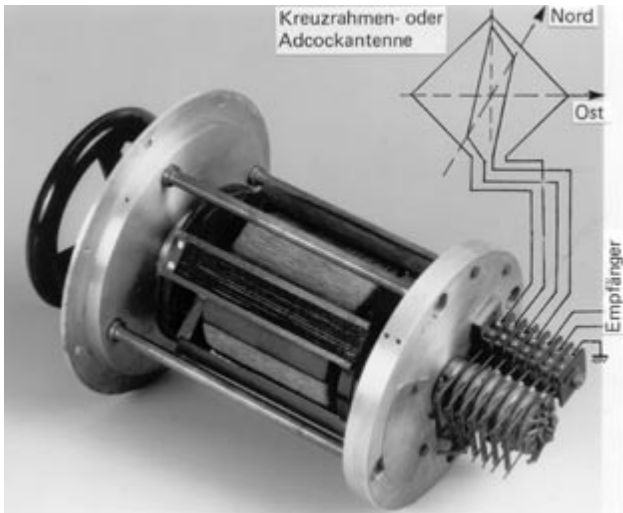
**Bild 1:** Prinzip der Rahmenantenne. Zum Richtempfang benutzt man das Maximum, zum Peilen das Minimum, weil dieses schärfer ausgeprägt ist.

## Historische Entwicklung der Funkpeiltechnik, insbesondere in Deutschland

Die Entwicklung der Funkpeiltechnik ist sehr eng mit der Erforschung der elektromagnetischen Wellen und ihrer Nutzung verbunden. Forscher, Entwickler und Anwender auf diesem Gebiet haben stets danach gestrebt, einerseits die Empfangsqualität durch Richtempfang zu verbessern, andererseits festzustellen, woher die empfangene Welle eigent-



**Bild 2:** Das Bellini-Tosi-Prinzip: Peilantenne aus zwei gekreuzten Antennen mit Richtwirkung, angeschlossen an ein Goniometer. Das elektromagnetische Außenfeld wird durch die Feldspulen (F) des Goniometers nachgebildet, in diesem kann mit einer drehbaren Suchspule (S) das Minimum oder das Maximum der magnetischen Feldkomponente ermittelt werden.

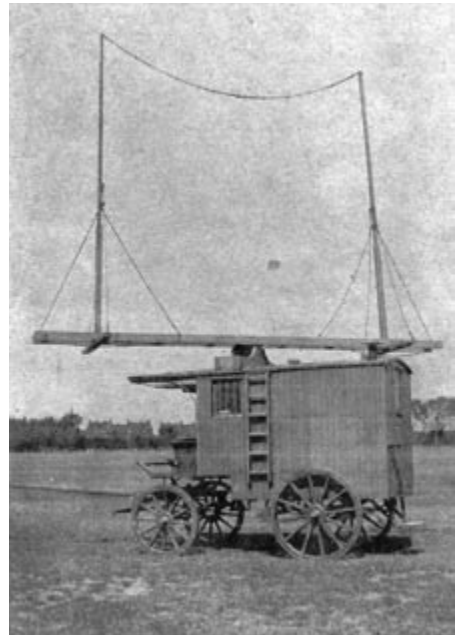


**Bild 3:** Die Konstruktion des Goniometers hat sich im Zeitraum bis 1950 kaum verändert (Werkfoto Plath).

lich kommt. Schon HEINRICH HERTZ erkennt 1888 bei seinen Versuchen im Dezimeterwellenbereich die Richtwirkung von Antennen, die allerersten Anwendungen der Funkentelegraphie nutzen bereits Richtantennen (ZENNECK, BRAUN, MARCONI, DE FOREST). Vor allem Langdraht-, Rahmen- und Dipolantennen werden seinerzeit zum Richtempfang eingesetzt, man kennt aber zunächst noch keine Möglichkeit zur Seitenbestimmung, also zur Beseitigung der Doppeldeutigkeit des Richtungsempfangs. 1899 untersucht BRAUN einen Drehrahmen (Bild 1), bereits 1906 beschreibt er die Bildung einer Herzkurve (Kardioide) durch Überlagerung der Diagramme dreier Einzelantennen. Etwa gleichzeitig experimentiert ROUND mit geschlossenen und offenen Antennen, aber das auch von ihm gefundene Herzdiagramm zweier Antennen wird zunächst nicht zur Seitenbe-

stimmung bei Peilempfang genutzt.

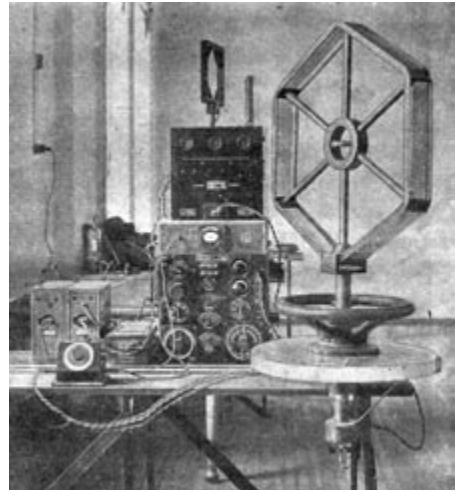
1907 wird von BELLINI und TOSI (zeitgleich mit ARTOM) das nach ihnen benannte Peilprinzip entdeckt (Bild 2): Die Kombination von zwei gekreuzten Richtantennen, an welche ein drehbares Spulengoniometer zur Richtungsbestimmung angeschlossen ist (Bild 3). Das Bellini-Tosi-Prinzip wird allerdings nicht nur zum Empfang, sondern auch zur gerichteten Abstrahlung



**Bild 4:** Mobiler Drehrahmenpeiler für militärischen Einsatz, etwa 1918, nach [1].



**Bild 5:** Sternpeiler mit 48 schirmförmig ausgespannten Langdrahtantennen von je 60 m Länge, Schleifgoniometer (Mitte) und Empfangsanlage (rechts), um 1918, nach [1].

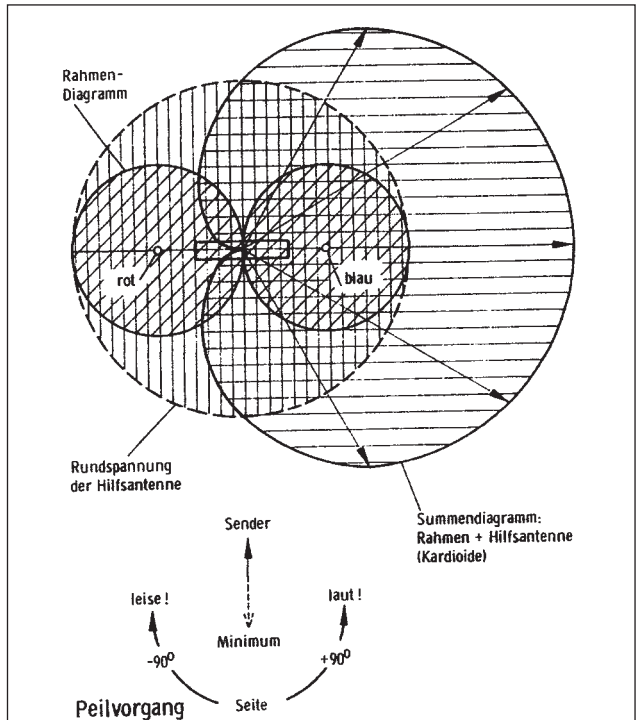


**Bild 6:** Rahmenpeiler mit Röhrenempfänger für die Luftfahrt-Navigation, um 1919, nach [2].

der Sendeenergie benutzt. Ebenfalls 1907 wird das erste Flugzeug-Zielflugpeilverfahren patentiert (SCHELLER), 1913 eine Zielfahrtanlage in den Zeppelin eingerichtet.

Der Erste Weltkrieg stimuliert erheblich die Entwicklung der Funkpeiltechnik. Neben Drehrahmenpeilern (Bild 4), die wegen der geringen Empfindlichkeit der Empfangsanlagen nur eine sehr begrenzte Reichweite besaßen,

**Bild 7:** Entstehung der Kardiode aus Rahmendiagramm und Rundspannung der zugeschalteten „Hilfsantenne“. Hiermit kann die „Seite“ der Peilung (rot/blau) bestimmt werden.

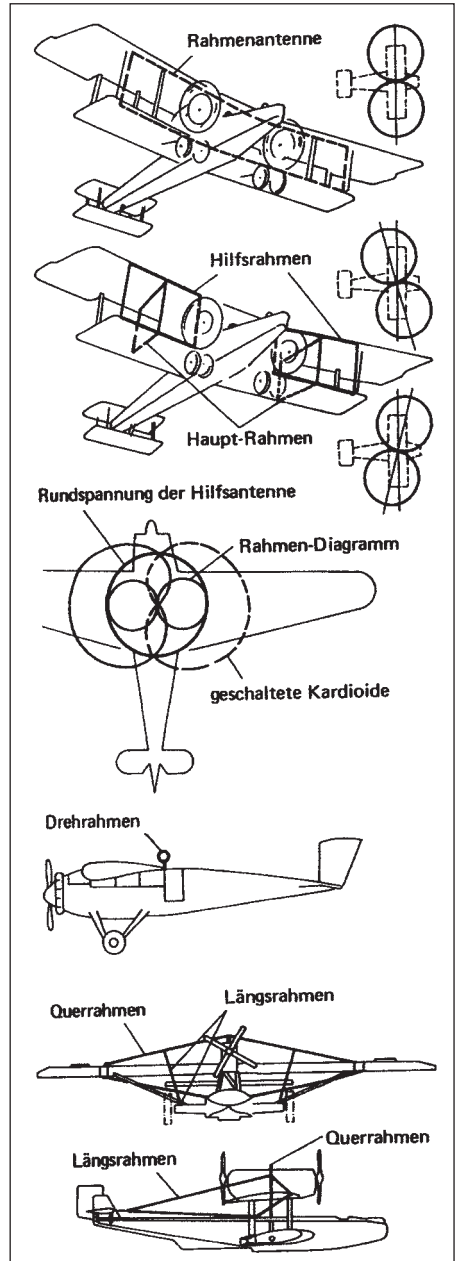




**Bild 8:** Militärische Peilanlage, eingebaut im PKW Dixi, etwa Mitte der 20er Jahre.

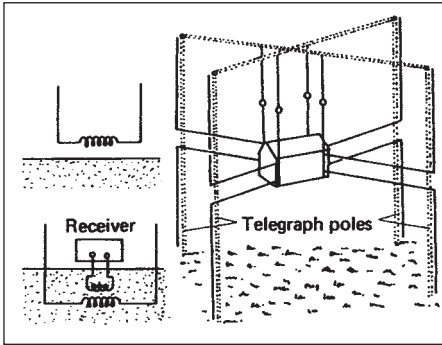
verwendet man Sternpeiler, bei denen bis zu 90 sehr lange Einzeldrähte an einer Ringspule mit drehbaren Abgriffen zusammengeführt werden (Bild 5). Vorzugsweise werden diese Anlagen zum Richtempfang verwendet, eine Notwendigkeit aufgrund der erheblichen Zunahme der recht breitbandig abstrahlenden Löschfunken-sender.

Dann stehen auch die von DE FOREST und LIEBEN im ersten Jahrzehnt erfundenen Elektronenröhren aus industrieller Fertigung zur Verfügung. Ab 1915 werden die ersten Niederfrequenz-Verstärker ausgeliefert, 1917 ist der Audion-Empfänger verfügbar, 1918 auch ein Hochfrequenz-verstärker. Nun wird es möglich,



**Bild 9:** Entwicklung der Flugzeug-Bordpeiler.





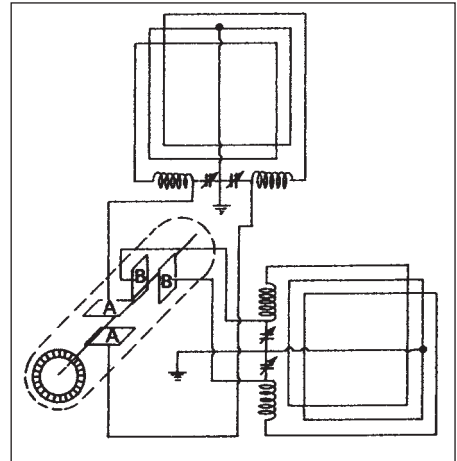
**Bild 10: Adcock-Antenne: Das Prinzip und ein Anwendungsvorschlag (1926).**

die Empfindlichkeit der Peilanlagen – und damit vor allem die erzielbaren Reichweiten – durch Einsatz von Peilempfängern erheblich zu steigern (Bild 6). Der Bau von leistungsfähigen Drehrahmen- und Bellini-Tosi-Peilern mit kleinen Antennen wird möglich, eine wesentliche Voraussetzung für den Einsatz an Bord von Flugzeugen und Schiffen.

1919 wird die Methode zur Entörung der Peilung entdeckt, aber erst 1924 die Kardiodienbildung zur Seitenbestimmung patentiert (Bild 7). In den ersten Jahren nach dem Weltkrieg rüsten viele Reedereien ihre Handelsschiffe mit Peilanlagen aus, etwa gleichzeitig werden Großrahmenantennen vielfältiger Art für Richtempfangszwecke stationär errichtet. Für militärischen Einsatz werden Peilanlagen ab Mitte der 20er Jahre auch in geländegängige Kraftfahrzeuge eingebaut (Bild 8). 1922 stattet man in Deutschland die ersten Flugzeuge serienmäßig mit Bordpeilern aus, zunächst mit drehbarem Rahmen für Eigenpeilung und Zielpeilflug (Bild 9), in den 30er Jahren folgen dann Goniometerpeiler und

Peilzusätze zum Funkgerät, in den 40er Jahren schließlich werden die Bordfunkpeiler zusätzlich mit Sichtanzeigeräten ausgerüstet.

1917 experimentiert ADCOCK bereits mit der nach ihm benannten Antenne (Bild 10), aber erst 15 Jahre später wird diese dann in Großbritannien und in Deutschland erstmals praktisch angewendet. 1925/26 testet WATSON-WATT einen Zweikanalpeiler mit Sichtanzeige des Peilwertes auf einer Elektronenstrahlröhre (Bild 11). 1931 wird die erste Goniometer-Peilanlage mit stationärer Adcock-Antenne in Deutschland gebaut, 1939 ein Adcock-Peiler mit (Goniometer-)Sichtanzeige fertiggestellt. Die Entwicklung von Mehrkanalpeilern nach WATSON-WATT wird zwar von allen drei Wehrmachts-



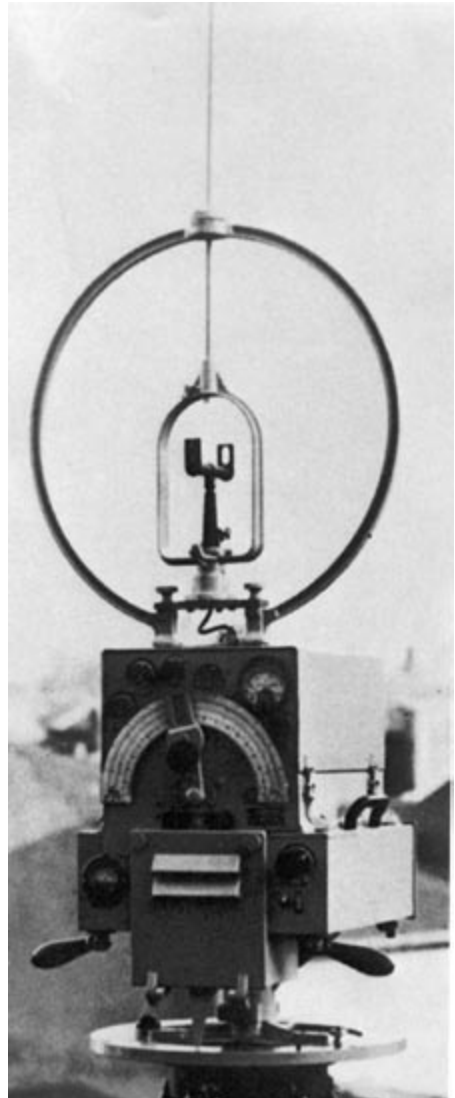
**Bild 11: Die Versuchsanordnung von Watson-Watt (1926) mit Kreuzrahmenantenne und einer Katodenstrahlröhre zur Peilanzeige. Die beiden Rahmen mit je fünf Windungen waren etwa 400 m lang und 50 m hoch – die zweistufigen Breitband-Röhrenverstärker sind in der Zeichnung nicht dargestellt.**

teilen während des Zweiten Weltkrieges begonnen, kann jedoch aufgrund von Gleichlaufschwierigkeiten im Empfänger und der Konzentration auf andere Vorhaben nicht erfolgreich beendet werden. Dagegen werden ab 1943 die britischen Kriegsschiffe mit Watson-Watt-Peilern (mit Kreuzrahmenantenne) für den Kurzwellenbereich ausgestattet („Huff-Duff“).

1932 realisiert man eine erste automatische Triangulationsanlage mit Servosteuerung unter Verwendung von Nachlaufmotoren. Anfang der 30er Jahre beginnt die Entwicklung von Funkmess- (Radar-) Geräten, womit auch die Realisierung von verschiedensten Richtantennen und Verfahren zur Rückstrahlortung einhergeht. Ab 1935 entwickeln und fertigen mehrere Firmen in Deutschland – zum Teil in erheblichen Stückzahlen – Peilaufsätze und Peilvorsätze für Bordfunkgeräte und Aufklärungsempfänger sowie verschiedene Adcock-Peilanlagen, diese überwiegend als Standardgeräte für die bodengebundenen Luftwaffenpeilbasen. Gleichzeitig werden auch Peilgeräte für einfachere Anwendungen ausgeliefert (z.B. Richtungssucher für Boote und Richtempfänger für Presesfunk). Ab 1938 werden die U-Boote mit Drehrahmenpeilern ausgestattet, auf den Schiffen löst der Goniometerpeiler weitgehend den Drehrahmen ab. Bei Landstationen versucht man, die Peilempfindlichkeit durch Großrahmenantennen zu steigern.

Ab 1931 stehen Nahfeldpeiler zur Verfügung (Bild 12), die man später – auch getarnt in Kraftfahrzeuge eingerüstet – zum Aufspüren von Funkagenten verwendet. In den folgenden Jahren werden Kofferpeiler und Gürtelpeiler für verdeckte Einsätze

gefertigt. 1940 wird das erste kapazitive Goniometer fertiggestellt. Die erste Kurzwellenpeilanlage nach dem Dopplerprinzip wird 1941 errichtet, die stürmische Weiterentwicklung des



**Bild 12:** Nahfeldpeiler P 27N (3-20 MHz).



Radars in Großbritannien erzwingt die Erschließung höherer Frequenzbereiche. 1943 werden die ersten Höchsthäufigkeitspeiler für die Funkmessbeobachtung (um 3000 MHz) ausgeliefert.

Die zunehmende Nutzung des Kurzwellen- und Ultrakurzwellenbereiches durch die Alliierten während des Zweiten Weltkrieges beschleunigt erheblich die deutsche Entwicklung entsprechender Funkpeilanlagen. So wird in vielfältiger Weise an der Überwindung der Polarisationsfehler („Nachteffekte“) im Kurzwellenbereich gearbeitet, zum Beispiel auf den Gebieten Impulspeilung, Kompensationsmessung, Doppelrahmenpeiler, Rahmen-Adcock, Phasendifferenzmessung und Sichtanzeigesätze, jedoch ohne eine entscheidende Verbesserung in der Nutzung zu erreichen. Mit diesen Bemühungen gehen intensive Forschungsaktivitäten zur Untersuchung der Wellenausbreitung, insbesondere zur Erkundung der Eigenschaften der Ionosphäre, einher. Ab 1943 werden für die Kriegsmarine mehrere Großbasis-Kreisgruppenpeiler (mit „Wullenwever“-Antenne) errichtet, vor allem zum Einsatz als Fernpeiler, zum Schluss auch mit Summen-Differenzanzeige versehen. Ab 1936 werden UKW-Peilanlagen entwickelt, weit überwiegend mit Dreh-Adcock-Antenne, die in verschiedensten Anwendungen bei Luftwaffe und Heer zum Einsatz kommen. Vor und besonders während des Krieges werden für die Wehrmacht insgesamt über 100 verschiedene Modelle von Peilanlagen beziehungsweise modifizierte Ausführungen davon entwickelt und gefertigt [14].

*(wird fortgesetzt)*

## Quellen und Literatur:

- [1] Chef des Nachrichtenwesens: Die Richtempfangsstation. Vorschrift für den Funknachrichtendienst im Heere Teil III: Gerätebeschreibung. („Funkpeilvorschrift“, ca. Herbst 1918).
- [2] Thurn, H.: Das drahtlose Telegraphieren und Fernsprechen mit Hilfe der Kathodenröhre. Archiv für Post und Telegraphie 8 (1919), S. 277-333.
- [3] Nesper, Eugen: Handbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie. Berlin 1921. S. 394-411.
- [4] Walter: Directive Wireless Telegraphy, Pitman, London 1921.
- [5] Hanfland, Curt: Die neuzeitliche Elektrotechnik, Band 2, Leipzig 1928. S. 552-563.
- [6] DEBEG (Hrsg.): Der Telefunken-Peiler, Berlin 1934.
- [7] LuftNachrichtenSchule: Funknavigation, Halle 1939.
- [8] Keen, R.: Wireless Direction Finding, WirelessPress bzw. Iliffe & Sons, London 1922-1947 (Vier Auflagen sehr unterschiedlichen Inhalts, 3. Aufl. 1938).
- [9] Möbius/Garczyk: Flugfunkwesen Band 2, Volckmann/Wette, Berlin 1938.
- [10] Weems: Air Navigation, McGraw-Hill, New York 1943.
- [11] Hauptamt Ordnungspolizei: Die Funkpeilung kurzer Wellen. Teil eins (Nahfeld), Teil zwei (Fernfeld), Berlin 1943/44.
- [12] Karn: Der Funkaufklärungsdienst des Deutschen Heeres 1914-1945, organisatorisch und technisch gesehen (Manuskript 1950).
- [13] Trenkle, Fritz: Die deutschen Funknavigations- und Funk-Führungsverfahren bis 1945, Motorbuch-Verlag, Stuttgart 1979.
- [14] Trenkle, Fritz: Die deutschen Funkpeil- und Horch-Verfahren bis 1945, AEG-Telefunken, Ulm 1981.