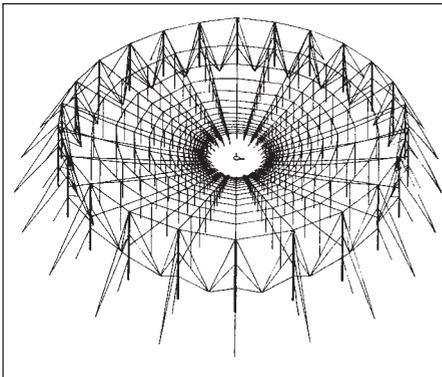


## Geschichte der Funkpeilung (2)

### Entwicklung der Funkpeilung ab 1945

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

Nach Ende des Krieges werten die Alliierten, vor allem die USA, die deutschen Aktivitäten auf dem Gebiet der Großbasis-, Kleinbasis- und Rahmenpeiler sorgfältig aus. Zusammen mit eigenen Erkenntnissen in diesem Bereich wird die Entwicklung in den USA vor allem auf den Gebieten Radiokompass für Flugzeuge, Großbasispeiler mit rotierendem Goniometer (Bild 13), Doppelrahmenpeiler (spaced loop), HF-Dopplerpeiler mit rotierendem Kommutator, rotierende Reflektorantennen für Peilung von Radarausstrahlungen im Mikrowellenbereich, Peilsichtanzeige zur Peilwertbildung vorangetrieben. Die Sowjetunion konzentriert sich gleichzeitig auf die Errichtung von



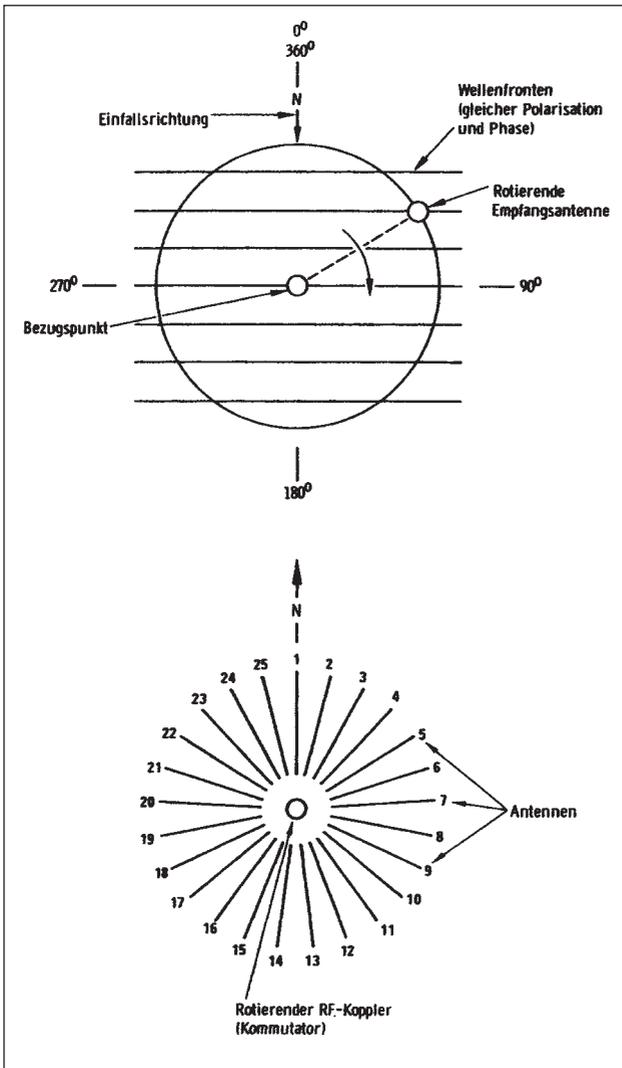
**Bild 13:** HF-Großbasis-Peilantenne (Durchmesser mindestens 100 m).

HF-Großbasis („Krug“-)Anlagen und die Entwicklung von Adcock/Watson-Watt-Peilern [15, 16, 21].

In Deutschland selbst laufen die Entwicklung und die Produktion von Peilgeräten nach Kriegsende nur sehr langsam wieder an – die Kapazitäten waren weitgehend zerschlagen. Zunächst musste der Bedarf auf anderen Gebieten gedeckt werden. Besonders der Deutschen Gesellschaft für Ortung und Navigation (DGON) in Düsseldorf ist es zu danken, dass das deutsche Know-how nicht ver-



**Bild 14:** Drehrahmen auf einem Fischdampfer. (Werkfoto Plath)



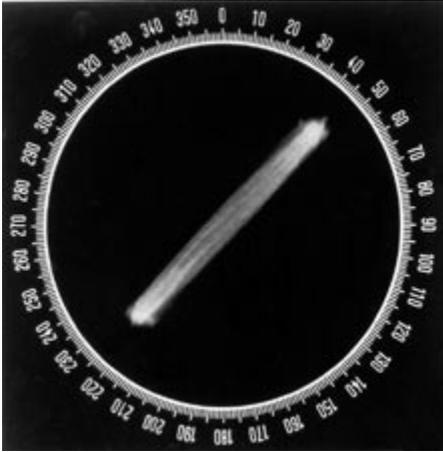
**Bild 15: Prinzip der Dopplerpeilung:** In der Praxis verwendet man anstelle einer mechanisch rotierenden Antenne etliche kreisförmig angeordnete Antennen, die mit einem Kommutator zyklisch abgetastet werden.

kümmerte, sondern in Tagungen und vielfältigen Publikationen wachgehalten und aktualisiert wurde [20].

1949 wird aus noch vorhandenen Teilen der erste Peiler auf einem Fischdampfer eingerüstet (Bild 14). Die ersten Drehrahmenpeiler und Kreuzrahmen-Goniometer-Peiler werden neu entwickelt (Plath/Hagenuk: GPV 50/GPE 52, Telefunken: Telegon I bis III). Ab 1952 werden röhrenbestückte Adcock/Watson-Watt-Sichtfunkpeiler in Serie gefertigt (Telefunken PST 396; Plath SFP 51, SFP 3, SFP 500), sie werden später durch transistorbestückte Geräte abgelöst (Telegon IV, SFP 2000/5000).

Weltweit werden VHF/UHF-Dopplerpeilanlagen für Flugsicherungszwecke errichtet (Rohde & Schwarz NAP 1, NP 4 und NP 5, Bild 15). Ab Ende der 60er Jahre integriert man Winkelkodierer und Frequenzzähler in die Peilanlagen, die wachsenden Peilnetze erfordern analoge Fernbedienung und Fernübertragung der Schirmbilder.

Mit dem Synthesizer-Oszillator des Peilempfängers findet Anfang der 70er Jahre die Digitaltechnik Eingang in die Funkpeilung. Sie gestattet auch



**Bild 16:** *Schirmbild eines Adcock/Watson-Watt-Peilempfängers.*  
(Werkfoto Telefunken)

die digitale Fernkommandierung der Peilbasen und eröffnet neue Methoden der digitalen Peilwertbildung. Der Dreikanal-Watson-Watt-Peiler mit Adcock-Antenne (Bilder 16, 17 und 18) entwickelt sich zum Standard des Aufklärungspeilers im HF- und VHF-Bereich; der konkurrierende Doppler-Peiler folgt in seinen Leistungen dieser Herausforderung. Verschiedene Kreisgruppenantennen



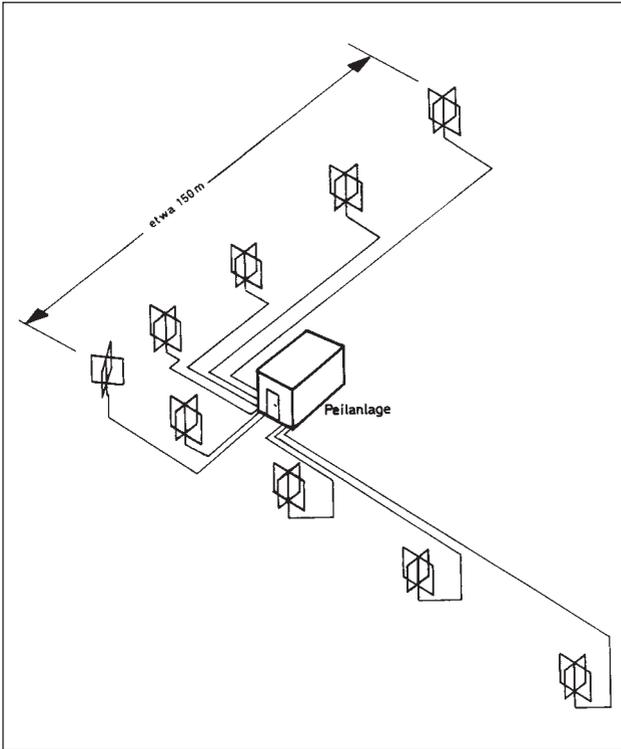
**Bild 17:** *Stationäres Adcock-Antennensystem 0,3-30 MHz mit außen 16, innen acht Antennen.* (Werkfoto Plath)

im VHF/UHF-Bereich werden in den 70er Jahren realisiert, noch unter Verwendung mechanisch rotierender Goniometer zur Peilwertbildung. Mit Anwendung in der elektronischen Aufklärung sowie in Radarwarnanlagen erschließt die Peiltechnik auch den Mikrowellenbereich. Die neuen Möglichkeiten zur digitalen Signalverarbeitung begünstigen Forschungsansätze auf dem Gebiet der Auflösung komplexer Wellenfronten durch Mehrwellenpeiler, sie gestatten in den 80er Jahren die Entwicklung eines Interferometerpeilers für den Kurzwellenbereich (Bild 19), Untersuchungen des Leistungsvermögens von „Single Station Locators“ (Bild 20) sowie – neben der rechnergestützten Triangulation – auch die Schnittpunktvolken-Ortung.

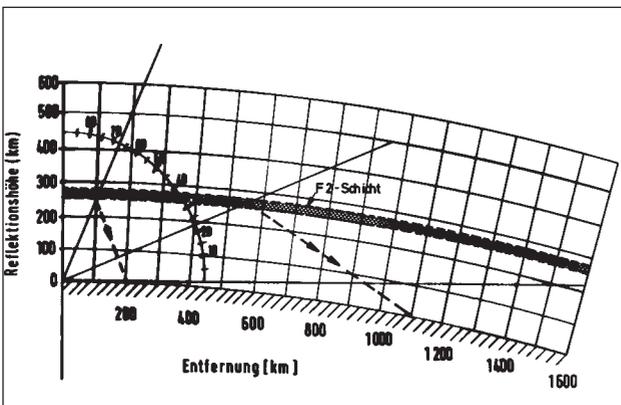
Die deutsche Elektronik-Industrie hatte Ende der 80er Jahre auch die Herausforderungen der Zukunft erkannt, sie arbeitete – neben Realisierung konventioneller Peilverfahren in moderner Technologie – an der breitbandigen Peilung frequenzagiler Kurzzeitsignale (Bild 21), an der Auflösung kohärenter und nichtkohärenter Gleichkanalstörungen sowie



**Bild 18:** *Modernes HF-Adcock-Antennensystem mit aktiven Antennenelementen von etwa einem Meter Höhe für mobilen Einsatz*



**Bild 19:** HF-Peilantennensystem (Interferometer) zur Phasenmessung. (Skizze AEG-Telefunken)



**Bild 20:** Prinzip des „Single Station Locators“, die Ionosphärenhöhe wird der Funkprognose entnommen oder mit einer Ionosonde gemessen.

an der Integration der Peilfunktion in komplexe Aufklärungssysteme.

### Anwendungen der Funkpeiltechnik und weitere Entwicklung

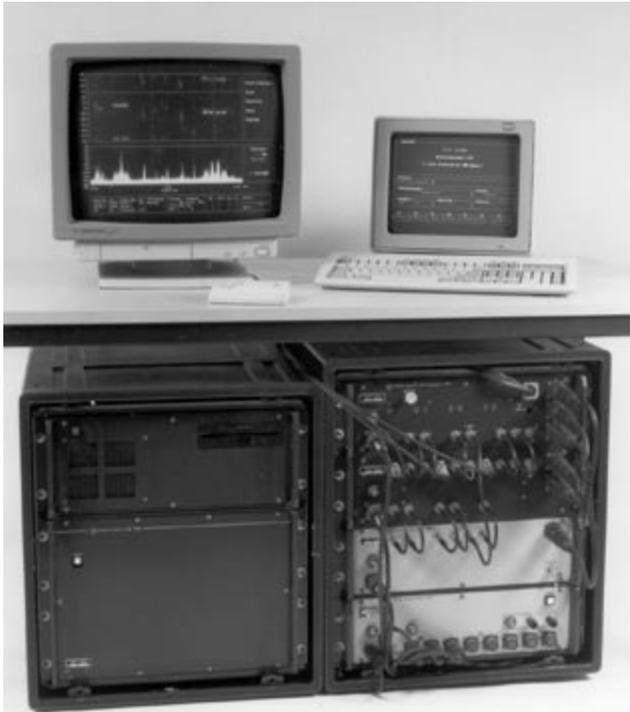
Funkpeilung ist nicht anwendbar ohne die Kenntnis (oder wenigstens die Nutzung) der physikalischen Gesetze der Wellenausbreitung. In der Geschichte der Funkpeiltechnik ragt die Entdeckung folgender Phänomene und technischer Lösungen aus der Gesamtentwicklung besonders hervor:

- Die Entdeckung der Richtwirkung von Antennen,

- die Trennung von Antenne und Peilwertbildung (Bellini-Tosi-Prinzip),
- die Adcock-Antenne als polarisationsfehlerfreies Peilantennensystem,
- der Mehrkanalempfänger (Watson-Watt),
- der Wullenwever als Vorläufer der heutigen Kreisgruppen und Phased Arrays sowie
- die Anwendung der digitalen Signalverarbeitung und Steuerung in der Funkpeilung (hier

sind Möglichkeiten und Grenzen der Entwicklung noch nicht absehbar).

Auch aus einschlägigen Veröffentlichungen ist abzulesen, dass die meisten wegweisenden Schritte zur Fortentwicklung der Funkpeilung anfangs in Großbritannien gegangen wurden. Vor und während des zweiten Weltkrieges holte dann die deutsche Industrie auf. Gerade deutsche Wissenschaftler und Techniker haben seit nunmehr einem Jahrhundert dazu beigetragen, dass der heutige technische Stand erreicht wurde, dafür stehen Namen wie BRAUN, DIECKMANN, ESAU, GABLER, HASSELBECK, HELL, KRAMAR, MEISSNER, PLENDL, RINDFLEISCH, SCHELLHOSS, STEINER, TROOST, WÄCHTLER und ZAUSCHER, um nur einige zu nennen. Vor und während des Zweiten Weltkrieges wurde die Entwicklung der „Peilerei“ vor allem auch in der „Nachrichtenmittel-Versuchsanstalt“ (NVA), später „Nachrichtenversuchs-Kommando“ (NVK), in der „Drahtlos-Lufttechnischen Versuchsanstalt“ (DVL) und in der „Flugfunkforschung“ (FFO) vorangetrieben. Seit vielen Jahren liefern die Firmen Telefunken, (früher auch Debeg, dann AEG, Dasa, EADS), C. Plath sowie Rohde & Schwarz Funkpeilanlagen aus der Bundesrepublik in alle Welt.



**Bild 21:** *Breitbandpeiler zur Peilung von Frequenzsprungsendungen. (Werkfoto Plath)*

Zu früheren Zeiten waren außerdem besonders die Firmen Hagenuk und Lorenz auf diesem Feld tätig, letztere wendet (später als SEL, heute Thales) Peiltechniken auf dem Radar- und Funkaufklärungsgebiet an. Nach einem Neubeginn ab 1950 erlangten deutsche Firmen in den 70er und 80er Jahren Weltgeltung auf diesem Spezialgebiet. Inzwischen haben US-amerikanische Firmen nachgezogen und versuchen, eine marktbeherrschende Position zu erreichen, während britische ihre Bedeutung verloren. Insgesamt ist aber der Markt enger geworden, weil die Zahl der Bedarfsträger gesunken ist. Entscheidend ist heute, innovativ neueste Hard- und Softwa-

re-Technologie zu nutzen, sich bereits vorausschauend auf die ständig veränderten Szenarien von Kommunikations- und Ortungsverfahren einzustellen und dem Kunden sein maßgeschneidertes System zeitgerecht und kostengünstig anzubieten.

Die Technik der Funkpeilung steht nicht so im Mittelpunkt des allgemeinen Interesses wie zum Beispiel die Radarortung, die Kommunikationstechnik und die Informationsverarbeitung. Das liegt einerseits an ihrer dienend-unterstützenden Funktion, andererseits an den Anwendungsbereichen der Peiltechnik, bei welchen keine Notwendigkeit oder Veranlassung dazu gesehen wird, die Fähigkeit der „passiven Richtungsfeststellung“ besonders herauszustellen. Im einzelnen werden Funkpeiler vorwiegend in folgenden Bereichen angewandt:

- Flugnavigation (Radiokompass, bodengebundener Flugfunkpeiler),
- militärische Unterstützungsaufgaben (z.B. Radarwarnempfänger),
- Funküberwachung (einschließlich Richtempfang und Anwendungen bei Ordnungskräften),
- militärische Aufklärung (Fernmeldeaufklärung und Elektronische Aufklärung),
- Schiffsnavigation (Bord- und Seenotpeiler).

Diese Aufzählung folgt etwa dem zahlenmäßigen Umfang derzeit eingesetzter Geräte und Anlagen. In der Schiffsnavigation ist der Funkpeiler bereits seit Jahrzehnten von den Hyperbelnavigationsverfahren (wie DECCA, LORAN, Omega) abgelöst worden. Er „überlebte“ nur noch etliche Jahre als Mittel zur Ortung von Schiffen in Seenot, aber auch hierfür wird er nicht mehr gefordert, seitdem

Schiffe weltweit sicher per Satellitenkommunikation erreichbar sind. Die Hyperbelnavigation wiederum ist aktuell durch die Satellitennavigation (GPS) verdrängt worden. Der Flugverkehr ist nach wie vor entlang von Luftstraßen organisiert, Autopilot und Flugzeugführer bedienen sich weiterhin der Peilwerte der Funkfeuer, unterstützt von Fluglotsen, denen Navigationsdaten von Radar und Transponderabfragen zur Verfügung stehen. Natürlich sind alle größeren und schnelleren Fluggeräte heute mit Empfangsgeräten für Satellitennavigation ausgerüstet – es ist abzusehen, wann diese Technik die Funkpeilung von Funkfeuern völlig ablösen wird. Auf kleineren Flugplätzen mag man sich bei widrigen Witterungsverhältnissen noch der dort vorhandenen VHF-Doppler-Peilanlagen für Flugfunk bedienen, auf Großflughäfen wie auf Schiffen erinnern die Peilantennen nur noch an vergangene Zeiten. So bleiben als wesentliche Anwendungsgebiete nur noch staatliche Funküberwachung und Nachrichtengewinnung durch Fernmeldeelektronische Aufklärung. Daneben werden einfache Funkpeiler in sportlich-technischen Wettbewerben der Funkamateure angewendet, nämlich bei „Fuchsjagden“ im 80-m- und 2-m-Band. ■

### **Quellen und Literatur zum Thema (in Reihenfolge der Veröffentlichung):**

- [15] Proceeding at the Radiocommunication Convention March and April 1947. Part III A (Papers on „Direction-Finding“ S. 673-866, Discussion on „Direction-Finding“ S. 867 f.) Journal IEE, Vol. 94 No. 15 (1947).

- [16] Mugdrige, A. H./Redgment, P. G.: The Wullenweber, The Theory, Design and Experimental Investigation of the ExGerman Wide-Aperture. H. F. D. F. Wullenweber at Skisby, Denmark, Admiralty Signal & Radar Establishment Monograph 806. Hastlemere Surrey: September 1949.
- [17] Gabler, Heinz: Funkpeiler, Grundlagen und Anwendungen, Deutsches Hydrographisches Institut (Hrsg.). Hamburg 1951.
- [18] Stanner, Walter: Leitfaden der Funkortung, Elektron-Verlag 1952 und Deutsche Radar Verlagsgesellschaft 1957.
- [19] Sandretto, Peter C.: Electronic Navigation Engineering. New York: ITT 1958.
- [20] Deutsche Gesellschaft für Ortung und Navigation, Düsseldorf (Hrsg.): Vielfältige Veröffentlichungen zwischen 1952 und 1965 (Bücherei, Sonderbücherei, Lehrbücherei, Sonderhefte der Funkortung; Bücherei und Mitteilungen Ortung und Navigation).
- [21] Pali: Technik und Methoden des funkelektronischen Krieges, Militärverlag, Berlin 1968 (Russisches Original von 1963).
- [22] Travers, Douglas N./Hixon, Stuart M.: Abstracts of the Available Literature on Radio Direction Finding 1899-1965. Southwest Research Institute, San Antonio, Texas 1 July 1966 (Technical Report Defence Technical Information Center, Alexandria, Va.).
- [23] Watson-Wright: Radio Direction Finding, Van Nostrad, London 1971.
- [24] Kramar (Hrsg.): Funksysteme für Ortung und Navigation, Berliner Union, Stuttgart 1973.
- [25] Autorenkollektiv/Uhlig: Leitfaden der Navigation Funknavigation, Militärverlag, Berlin 1977.
- [26] Department of the Army: Field Manual 30-476, Radio Direction Finding, Washington 1977.
- [27] Gething: Radio Direction Finding, Peregrinus/IEE, Stevenage/England 1978.
- [28] Horstmann, Bernd (Hrsg.): Firma Plath GmbH 1954-1979, Jubiläumsschrift, Hamburg 1979.
- [29] Horstmann, Bernd (Hrsg.): Funkpeilen gestern, heute, morgen, Dr. Wächtler GmbH, Hamburg 1980.
- [30] Wächtler, Maximilian: 30 Jahre C. Plath GmbH, Jubiläumsschrift (Patentschriften Peiltechnik), Hamburg 1984.
- [31] Wurster/Hesse: Funknavigation, Hitzeroth, Marburg 1989.
- [32] Grabau: Funküberwachung und Elektronische Kampfführung, Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1986.
- [33] Grabau, Rudolf/Pfaff, Klaus (Hrsg.): Funkpeiltechnik, Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1989.
- [34] Grabau, Rudolf: Geschichte der Fernmeldetruppe EloKa (Band 2 und 3), Fernmeldering, Bonn 1994 und 1997.
- [35] Prof. Dr. Lertes/Diplomanden FHS Wiesbaden: 80 Diplomarbeiten Funkpeiltechnik, Rüsselsheim 1971-1994.
- [36] Lertes, Erwin: Funkortung und Funknavigation, Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden 1996.
- [37] Zeitschrift „Neues von Rohde & Schwarz“: Diverse Veröffentlichungen zum Thema Funckerfassung.
- [38] Grabau, Rudolf: Die Funkpeiler ... der Bundeswehr. Funkgeschichte Heft 150, 2003
- [39] Grabau, Rudolf: Entwicklungsgeschichte des Empfängerbausteinprogramms... : Funkgeschichte Heft 155, 2004
- Anmerkung: Trotz dieser langen Auflistung gibt es nur sehr wenig allgemein zugängliche Literatur zum Thema Funkpeilung, vor allem fehlen – außer für Luftfahrzeug- und Schiffsnavigation – technische Veröffentlichungen.