HAMFU
HISTORY

KRIEG IM AETHER

Vorlesungen an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich
in den Wintersemester 1963/1964 und 1964/1965
Leitung: Abteilung für Übermittlungstruppen, Oberstdivisionär E. Honegger

Ein neues Verfahren zur Wellenanalyse

Referent: Dr. G. Jäger

Diese Vorlesung wurde durch die Stiftung HAMFU digitalisiert und als
PDF Dokument für www.hamfu.ch aufbereitet.

EIN NEUES VERFAHREN ZUR WELLENANALYSE

1. Einleitung

Die Peiltechnik ist praktisch so alt wie die Kenntnis der elektromagnetischen Wellen. Schon frühzeitig musste man feststellen, dass der zuerst verwendete Drehrahmen nur unter sehr einschränkenden Bedingungen richtige Peilergebnisse liefert. Der magnetische H-Vektor muss nämlich stets in einer Ebene senkrecht zur Verbindungslinie Sender - Peiler liegen und darf keine Komponente in dieser Richtung haben. Diese Bedingung ist für beliebige Erhebungswinkel erfüllt, solange der H-Vektor horizontal bzw. der E-Vektor vertikal polarisiert ist.

Im Kurzwellengebiet kommen nun zur Bodenwelle starke Raumwellenanteile, deren Polarisationszustand durch die zufälligen Reflexionsbedingungen an der Ionosphäre gegeben ist und damit beliebige Werte annehmen kann. Damit werden Rahmenpeilungen von Raumwellen umso mehr fehlerbehaftet sein, je steiler der Elevationswinkel ist [1].

Adcock schlug schon 1916 die Verwendung eines Antennensystems aus Vertikalantennen vor, die im Gegensatz zum Rahmen Spannungen liefern, die nur dem vertikalen E-Vektor proportional sind. Die in zwei oder mehr räumlich getrennten Antennenpaaren induzierten Spannungen werden betrags- oder phasenmässig miteinander verglichen und bilden das Peilkriterium.

Aus Empfindlichkeitsgründen kann der Abstand der einzelnen Antennen nicht beliebig klein gemacht werden, so dass eine Adcock-Anlage im Kurzwellenbereich wesentlich schlechter transportabel ausgeführt werden kann als der für vertikal polarisierte Bodenwellen bestens geeignete Rahmen.

Aus diesem Grunde wurden besonders in jüngster Zeit Peilverfahren geschaffen, bei denen Rahmenantennen mit Dipolen kombiniert werden. Man nennt diese Anlagen Polarisationspeiler, da sie mit verschiedenen Komponenten des Strahlungsfeldes am gleichen Ort arbeiten.

Eine Adcock-Anlage wäre im Gegensatz dazu ein Phasenflächenpeiler, der mit gleichen Komponenten an verschiedenen Orten arbeitet. Es gelang, unter Berücksichtigung der besonderen Reflexionsverhältnisse in Bodennähe, Antennenkombinationen zu schaffen, die ähnlich gute Peileigenschaften wie eine Adcock-Anlage haben [2].

Der ebenfalls nachteffektfreie Doppelrahmenpeiler hat besonders wegen seiner geringen Empfindlichkeit keine Verbreitung gefunden.

Diese Verfahren sind zwar unabhängig von der Polarisation der zu peilenden Welle, versagen jedoch bei Mehrstrahleinfall. Durch Mehrwegeausbreitung entsteht am Peilort ein Interferenzfeld, das völlig falsche Peilergebnisse liefert. Wenn z.B. die Amplituden zweier einfallender Strahlen nahezu gleich gross sind, können sich bei geeigneten Phasenbeziehungen zwischen beiden Peilfehler von 90° ergeben.

Während des zweiten Weltkrieges bemühte man sich besonders, diese Fehler zu beheben, und ging zu grossaperturigen Systemen über. Man erzeugte spitze, schwenkbare Antennenkeulen, so dass einzelne, azimutal verschiedene Wellen nacheinander gepeilt werden konnten.

Der Aufwand für derartige Peilverfahren ist jedoch ausserordentlich gross, so dass sich in letzter Zeit im UKW-Bereich ein aus England stammender Grossbasispeiler, der nach dem Dopplerprinzip arbeitet, mehr und mehr durchgesetzt hat. Der Dopplerpeiler, bei dem die zu peilende Welle durch eine rotierende Antenne bzw. durch Abtasten verschiedener Antennen frequenzmoduliert wird, peilt bei Einfall von mehreren Wellen verschiedener Amplituden die stärkste Welle mit umso grösserer Genauigkeit, je grösser seine Basis im Vergleich zur Wellenlänge ist.

Damit war das Problem, nämlich mehrere einfallende Wellen zu peilen, zwar nicht gelöst, doch brachte der Dopplerpeiler in allen Fällen, in denen der richtige Strahl die grösste Amplitude hat, enorme Verbesserungen.

Fallen zwei Wellen gleicher Amplitude ein, so wird die Peilung falsch, ebenso wenn die Welle mit dem richtigen Azimut eine geringere Amplitude als eine Störwelle hat.

Die Basis des Dopplerpeilers sollte mindestens gleich der doppelten Wellenlänge sein, so dass der Platzbedarf im Kurzwellenbereich ausserordentlich gross wird.

In jüngerer Zeit wurden nun Vorschläge bekannt, das Interferenzfeld zu analysieren, d.h. mittels einzelner Antennensonden oder mit einem rotierenden Rahmen abzutasten [3], [4].

Die Schwierigkeiten bei der analytischen Auswertung der von den einzelnen Sonden erhaltenen Ergebnisse sind ausserordentlich gross; fast unlösbar scheint das Problem, wenn mehr als zwei Wellen analysiert werden sollen.

Die folgenden Ausführungen befassen sich mit einem Vorschlag von Karl Baur, der Möglichkeiten aufzeigt, wie man diese Schwierigkeiten bewältigen kann [5].

2. Die Analyse des Interferenzfeldes

Die aus verschiedenen Azimuten einfallenden Wellenanteile eines Senders können entweder durch Reflexion an verschieden geneigten Schichten der Ionosphäre entstanden sein oder sich aus Sekundärfeldern verschiedener Rückstrahler zusammensetzen.

Die Anlage zur Analyse dieses resultierenden Feldes am Peilort besteht nun bei einem gleichzeitigen Empfang von n Wellenzügen aus 2 n Antennen (mit Ausnahme der Anordnung von n = 1, wo wenigstens 3 Antennen erforderlich sind) und einer Rechenschaltung, die die 2 n Antennenspannungen derart auswertet, dass auf einem oder mehreren Anzeigegeräten die Grössen der einfallenden Wellen zur Anzeige kommen.

Für die Spannung einer Antenne im Punkte r, ϑ der Ebene ergibt sich nun bei n Wellenzügen:

$$V = \sum_{\nu=1}^{n} A_\nu e^{-jkr \cos \varepsilon_\nu \cos (\alpha_\nu - \vartheta)} \qquad (1)$$

Hierin bedeuten:
- V = Antennenspannung
- n = Anzahl der vorhandenen Wellen
- ν = Laufzahl der vorhandenen Wellen
- A = $E\, e^{j\varphi}$
- k = $\frac{2\pi}{\lambda}$ (Wellenzahl)
- ε_ν = Elevation
- α_ν = Einfallazimut

Setzt man für
$$r \cos \vartheta = x$$
$$r \sin \vartheta = y$$
$$k \cos \varepsilon_\nu \cos \alpha_\nu = u_\nu$$
$$k \cos \varepsilon_\nu \sin \alpha_\nu = v_\nu$$

so ergibt sich für die Spannung V einer Antenne in kartesischen Koordinaten:

$$V = \sum_{\nu=1}^{n} A_\nu e^{-j(xu_\nu - yv_\nu)} \qquad (2)$$

Man erkennt, dass der Zusammenhang der Wellenparameter mit den Antennenspannungsgrössen recht kompliziert ist und einer expliziten Behandlung kaum zugänglich ist.

Man muss also versuchen, dieses Gleichungssystem so umzuformen, dass es von einer Rechenschaltung ohne grossen Aufwand ausgewertet werden kann.

3. Der Einwellenpeiler

Zunächst soll der Einwellenpeiler behandelt werden, da an ihm in besonders einfacher Form die Zusammenhänge aufgezeigt werden können.

Als Rechenschaltung wurde des geringeren Aufwands wegen jeweils ein Analog-Computer gewählt.

Wie bereits gesagt, sind mindestens drei Antennen (1 bis 3) notwendig, die wie in Figur 1 dargestellt angeordnet sein sollen. Es ergeben sich für die drei Antennenspannungen die drei Gleichungen:

$$\begin{aligned} V_1 &= A \\ V_2 &= A\, e^{-jau} \\ V_3 &= A\, e^{-jav} \end{aligned} \qquad (3)$$

Wenn man aus diesen A eliminiert, so ergeben sich folgende Gleichungen:

$$V_1 e^{-jau} - V_2 = 0 \qquad (4)$$
$$V_1 e^{-jav} - V_3 = 0 \qquad (5)$$

Die Rechenschaltung, die den Grössen au bzw. av proportionale Spannungen an ihren Ausgangsklemmen abgibt, ist in Fig. 2 dargestellt.

Ueber die Klemme 4 wird den Phasenschiebern 7 und 8 die Spannung V_1 der Empfangsantenne 1 zugeführt. Die Ausgangsspannung des Phasenschiebers 7 und die über die Klemme 5 zugeführte Antennenspannung V_2 der Empfangsantenne 2 werden einem Summierglied 9 zugeführt und zwar in solcher Polung, dass die Differenz nach Gleichung 4 gebildet wird. Entsprechend wird die Differenz der Ausgangsspannung des Phasenschiebers 8 und der über die Klemme 6 zugeführten Antennenspannung V_3 der Empfangsantenne 3 nach Gleichung 5 gebildet. Die Ausgangsspannung der beiden Summierglieder ist nach Gleichung 4 bzw. 5 dann null, wenn die Phase der Antennenspannung V_1 um den Wert au gedreht ist. Man kann nun die Ausgangsspannung Δ der Summierglieder anzeigen und die Phasenschieber von Hand so lange regeln, bis die Ausgangsspannung Δ null ist. Man kann die Spannung aber auch direkt zur Phasenschiebung benutzen. Hierzu wird die Ausgangsspannung der Summierglieder, wie in Fig. 2 dargestellt, einem Regelorgan der Phasenschieber 7 und 8 zugeführt. Die Phasenschieber 7 und 8 baut man nun derart auf, dass in ihren Ausgangsklemmen 11 und 12 der Phasendrehung au bzw. av proportionale Spannungen abgegriffen werden können. Gibt man diese auf das Ablenksystem einer Braun'schen Röhre, so wird sofort das Peilazimut angezeigt.

4. Der Zweiwellenpeiler

4.1. Gleichungssystem

Der Zweiwellenpeiler erhält eine Antennenanordnung wie sie in Fig. 3 aufgezeichnet ist. Die entsprechenden Gleichungen sind:

$$V_1 = A_1 + A_2 \tag{6}$$

$$V_2 = A_1 e^{-jau_1} + A_2 e^{-jau_2} \tag{7}$$

$$V_3 = A_1 e^{-av_1} + A_2 e^{-jav_2} \tag{8}$$

$$V_4 = A_1 e^{-j(au_1 + av_1)} + A_2 e^{-j(au_2 + av_2)} \tag{9}$$

Eliminiert man aus den vier Gleichungen A_1 und A_2, so ergeben sich die beiden Gleichungen:

$$\frac{V_1 e^{-jau_1} - V_2}{V_3 e^{-jau_1} - V_4} e^{-jav_2} = 1 \tag{10}$$

$$\frac{V_1 e^{-jav_1} - V_3}{V_2 e^{-jav_1} - V_4} e^{-jau_2} = 1 \tag{11}$$

Diese beiden Gleichungen müssen von der Rechenschaltung ausgewertet werden. An den Ausgangsklemmen der Rechenschaltung müssen, um den Peilwinkel anzeigen zu können, den Grössen au_1 und av_1 bzw. au_2 und av_2 proportionale Spannungen abzugreifen sein. Gibt man diese Grössen z.B. jeweils auf ein Ablenksystem einer Braun'schen Röhre, so werden die beiden Winkel α_1 und α_2 direkt angezeigt (tg $\alpha_\nu = \frac{v_\nu}{u_\nu}$).

Die Längen der beiden angezeigten Peilstriche sind proportional k cos ε_ν. In einem späteren Abschnitt wird gezeigt, durch welche Massnahmen es ermöglicht wird, ε direkt abzulesen.

4.2. Rechenschaltung zur Erzeugung von au bzw. av proportionalen Spannungen

In Fig. 4 ist der für die Auswertung vorgesehene Analog-Computer dargestellt.

Ueber die Klemmen 13 bis 16 werden die Spannungen V_1 bis V_4 zugeführt. Die Gleichung 10 gibt an, dass man die Spannungen V_1 und V_3 in ihrer Phase um den Wert au_1 verändern muss, damit die Beträge der Differenzen des Zählers und des Nenners der Gleichung 10 gleich gross sind. Hierzu werden die Spannungen V_1 und V_3 über die Klemmen 13 und 15 einem Phasenschieber 17 zugeführt. In dem Summierglied 18 wird die Differenz gemäss dem Zähler der Gleichung 10 gebildet und im Summierglied 19 die Differenz gemäss dem Nenner der Gleichung 10. Die Ausgangsspannungen der beiden Summierglieder werden in den Gliedern 20 und 21 gleichgerichtet, und im Summierglied 22 wird gemäss der durch Vorzeichen angedeuteten Polung die Differenz der beiden Gleichspannungen gebildet. Die Ausgangsspannung dieses Summiergliedes 22 wird dem Phasenschieber 17 zugeführt und dreht dort die Phase so lange, bis die in den Summiergliedern 18 und 19 gebildeten Differenzen den gleichen Betrag haben. Dann wird die Ausgangsspannung des Summiergliedes 22 null. Man kann natürlich auch hier eine Regelung der Phase von Hand vornehmen.

Die Ausgangsspannung des Summiergliedes 18 ($V_1 e^{-jau_1} - V_2$) wird ausserdem noch einem weiteren Phasenschieber 23 zugeführt. Dessen Ausgangsspannung wird zusammen mit der Ausgangsspannung des Summiergliedes 19 ($V_3 e^{-jau_1} - V_4$) einem Summierglied 24 zugeführt. Nach Einregelung des Phasenschiebers 17 haben Zähler und Nenner der Gleichung 10 den gleichen Betrag. Man muss nun aber noch die Spannung ($V_1 e^{-jau_1} - V_2$) um die Phase av_2 drehen, damit die Gleichung 10 erfüllt ist. Diese Phasendrehung wird von dem Phasenschieber 23 ausgeführt, der durch die Ausgangsspannung des Summiergliedes 24 geregelt wird. Hat der Phasenschieber 23 eine Stellung erreicht, in der $(V_1 e^{-jau_1} - V_2) e^{-jav_2} - (V_3 e^{-jau_1} - V_4)$ gleich null ist, so ist auch die Ausgangsspannung des Summiergliedes 24 gleich null. Dann verbleibt der Phasenschieber 23 in dieser Stellung.

In dem unteren Teil der in Fig. 4 dargestellten Schaltung wird die Gleichung 11 in entsprechender Weise ausgewertet.

Die Phasenschieber 17, 23, 28 und 34 sind so ausgebildet, dass an ihren Ausgangsklemmen der Phasendrehung proportionale Spannungen stehen. Am Phasenschieber 17 steht au_1, an 23 av_2, an 28 av_1 und an 34 au_2.

Gibt man die au_1 und av_1 bzw. au_2 und av_2 proportionalen Spannungen auf die Ablenksysteme einer Mehrstrahl-Anzeigeröhre oder zweier Braun'scher Röhren, so werden die Peilazimute der beiden einfallenden Wellen angezeigt. Es ist ferner möglich, durch eine Umtasteinrichtung die beiden Peilwerte auf einer Röhre anzuzeigen.

4.3. Fehlermöglichkeiten

Der Phasenschieber 17 in Fig. 4 wird so lange durch die Spannung des Summiergliedes 22 verändert, bis die Gleichung

$$\frac{V_1\, e^{-j\varphi} - V_2}{V_3\, e^{-j\varphi} - V_4}$$

dem Betrage nach eins wird. Der Winkel kann dabei alle möglichen Werte annehmen.

Werden die Werte für V_1 bis V_4 aus den Gleichungen 6 bis 9 eingesetzt, so ergibt sich

$$\left| \frac{A_1(e^{-j\varphi} - e^{-jau_1}) + A_2(e^{-j\varphi} - e^{-jau_2})}{A_1\left(e^{-j(\varphi + av_1)} - e^{-j(au_1+av_1)}\right) + A_2\left(e^{-j(\varphi + av_2)} - e^{-j(au_2+av_2)}\right)} \right| = 1 \qquad (12)$$

Diese Gleichung ist erfüllt für $\varphi = au_1$, dem richtigen Peilwert. Sie ist ausserdem jedoch auch erfüllt für $\varphi = au_2$, d.h. der Phasenschieber 17 kann sich auch auf diesen Wert einstellen. Es wird sich dann der Phasenschieber 23 nicht auf den Wert av_2, sondern auf av_1, also den Wert, den normalerweise 28 anzeigt, einstellen. Aus diesem Grunde ist zwischen 23 und 28 eine Ausgleichleitung 27 vorgesehen, die verhindert, dass sich beide Phasenschieber auf denselben Wert einstellen. Der Phasenschieber 28 wird vom Summierglied 33 so lange in seinem Wert geändert, bis die Gleichung

$$\left| \frac{V_1\, e^{-j\varphi} - V_3}{V_2\, e^{-j\varphi} - V_4} \right| = 1$$

erfüllt ist.

Ein möglicher Phasenwert wäre $\varphi = av_1$, der sich jedoch wegen der Leitung 27 nicht einstellen kann. Der Phasenschieber dreht also weiter bis $\varphi = av_2$, da obige Gleichung auch für diesen Wert erfüllt ist. 34 stellt sich dann auf au_1 ein. An der Anzeige hat sich nichts geändert. Welle 1 wird jetzt durch 23 und 34, Welle 2 durch 17 und 28 dargestellt. Andere Phasenwerte sind nicht möglich, es werden also keine falschen Peilungen angezeigt.

4.4. Anzeige der Elevationswinkel der beiden Wellen

An den Klemmen 25, 26, 36 und 37 stehen av bzw. au proportionale Spannungen.

Hierbei ist $u = k \cos \varepsilon \cos \alpha$

$v = k \cos \varepsilon \sin \alpha$

Werden diese Spannungen auf die Plattenpaare einer Braun'schen Röhre gegeben, so ist die Länge des entstehenden Peilstriches $= k \cos \varepsilon$, der Winkel, den er gegen die Vertikale einschliesst, gleich dem Einfallazimut α. Werden die Spannungen av und au proportional der Wellenlänge λ des zu peilenden Signals verändert, so verschwindet ihr Einfluss auf die Länge des Peilstriches, der somit nur noch vom cos des Einfallswinkels ε abhängt. Die Kathodenstrahlröhre kann also beispielsweise direkt mit Ringen, die in εGraden geeicht sind, versehen werden. Es ist ferner möglich, durch Anlegen zweier um 90° zueinander phasenverschobener Spannungen an die x- bzw. y-Platten einen Kreis zu schreiben. Beide Spannungen werden in der Amplitude so eingestellt, dass der Kreisdurchmesser gleich der Länge des Peilstriches wird. An einer Skala kann dann der Wert des Erhebungswinkels abgelesen werden.

Es ist natürlich ausserdem möglich, den Erhebungswinkel mit Hilfe einer Rechenschaltung auszuwerten und automatisch, z.B. durch Nixies, anzuzeigen.

5. Der Dreiwellenpeiler

Die Antennenanordnung zur Peilung von drei Wellen ist in Figur 5 dargestellt. Für den Dreiwellenpeiler ergeben sich folgende Gleichungen:

$$\frac{(V_1\, e^{-jav_1} - V_3)\, e^{-jav_2} - (V_3\, e^{-jav_1} - V_5)}{(V_2\, e^{-jav_1} - V_4)\, -jav_2 - (V_4\, e^{-jav_1} - V_6)}\; e^{-jau_3} = 1 \qquad (13)$$

$$\frac{(V_1\, e^{-jav_2} - V_3)\, e^{-jav_3} - (V_3\, e^{-jav_2} - V_5)}{(V_2\, e^{-jav_2} - V_4)\, e^{-jav_3} - (V_4\, e^{-jav_2} - V_6)} \quad e^{-jau_1} = 1 \qquad (14)$$

$$\frac{(V_1\, e^{-jav_3} - V_3)\, e^{-jav_1} - (V_3\, e^{-jav_3} - V_5)}{(V_2\, e^{-jav_3} - V_4)\, e^{-jav_1} - (V_4\, e^{-jav_3} - V_6)} \quad e^{-jau_2} = 1 \qquad (15)$$

Die zugehörige Rechenschaltung ist in Figur 6 dargestellt. Die Schaltung besteht aus drei Teilen, von denen jedes zur Lösung einer Gleichung dient. Es genügt daher, nur ein Teil zu betrachten, und zwar soll hier das in der Figur 6 oben liegende, die Gleichung 13 lösende Teil betrachtet werden. Ueber die Klemmen 38 bis 43 werden die z.B. in frequenzselektiven Verstärkern verstärkten Spannungen V_1 bis V_6 (es sind 2 n = 6 Antennen, also auch 6 Antennenspannungen vorhanden und notwendig) zugeführt. Die Phasen der Spannungen V_1 bis V_4 werden in dem Phasenschieber 44 um den Betrag av_1 gedreht. An der Klemme 45 kann somit eine der Grösse av_1 proportionale Spannung abgenommen werden. In den Summiergliedern 46 bis 49 werden die in Klammern stehenden Differenzen des Zählers und Nenners der Gleichung 13 gebildet. Die Phase des ersten Gliedes des Zählers und des Nenners wird in dem Phasenschieber 50 um den Wert av_2 gedreht. An der Klemme 51 steht somit eine dem Wert av_2 proportionale Spannung. Die Summierglieder 52 und 53 bilden die Differenzen des Zählers bzw. des Nenners der Gleichung 13. Die Ausgangsspannungen der beiden Summierglieder werden in den Gliedern 54 und 55 gleichgerichtet, und im Summierglied 56 wird die Differenz zwischen Zähler und Nenner gebildet. Die Differenzspannung des Summiergliedes 56 beeinflusst den Phasenschieber 44 so lange, bis die Ausgangsspannung des Summiergliedes 56 null wird. Dann sind die Beträge des Zählers und Nenners gleich gross. Der Zählerausdruck der Gleichung 13 wird in dem Phasenschieber 57 ausserdem so lange gedreht, bis die Differenz der um au_3 gedrehten Spannung und der Nennerspannung null wird. Dann steht an dem Summierglied 58 keine Ausgangsspannung mehr. An der Klemme 59 wird eine dem Wert au_3 proportionale Spannung abgegriffen.

Entsprechend sind die beiden anderen Schaltungsteile aufgebaut. Es können an den entsprechenden Klemmen folgende Spannungen abgegriffen werden:

an der Klemme 60 eine av_2 proportionale Spannung
an der Klemme 61 eine av_3 proportionale Spannung
an der Klemme 62 eine au_1 proportionale Spannung
an der Klemme 63 eine av_3 proportionale Spannung
an der Klemme 64 eine av_1 proportionale Spannung
an der Klemme 65 eine au_2 proportionale Spannung

Die Werte av_1, av_2 und av_3 treten alle doppelt auf. Es ist daher notwendig, entsprechende Phasenschieber zu koppeln. Während die Phasenschieber 44, 68 und 69 durch Einwirkung von Spannungen verändert werden, sind die Phasenschieber 50, 66 und 67 jeweils mit einem Phasenschieber gekoppelt, der sich um den gleichen Wert ändert. Die Kopplungsachsen 70, 71 und 72 sind gestrichelt dargestellt. Die drei anzuzeigenden Peilazimute können auf einer Dreistrahl-Anzeigeröhre oder auf mehreren Anzeigeröhren getrennt angezeigt werden.

Das in den drei Ausführungsbeispielen angegebene Prinzip lässt sich für eine beliebige Anzahl von Wellenzügen bzw. auf eine Schaltung zu deren Auswertung anwenden. Jedoch können mit einer Anordnung, die für eine bestimmte Wellenzahl ausgelegt ist, eben nur für diese oder für eine kleinere Anzahl von Wellen die Peilazimute bestimmt werden.

5. Schlussbemerkung

Das geschilderte Verfahren lässt sich im Prinzip auf beliebig viele Wellenzüge erweitern.

Der Aufwand für einen Zwei- oder Dreiwellenpeiler ist im Vergleich zu dem erheblichen Fortschritt gegenüber herkömmlichen Peilverfahren noch in vernünftigen Grenzen. Sollten die Peilungen auf mehr als drei Wellenzüge ausgedehnt werden, so muss geprüft werden, ob sich das Verfahren technologisch noch beherrschen lässt.

Ein weiteres Anwendungsgebiet wäre die Verwendung als Raumrichtungskoppler. Es ist möglich, an den geeigneten Klemmen Sender etwa gleicher Frequenz getrennt auszukoppeln, was bei dem heutigen Mangel an Frequenzbändern ein erheblicher Vorteil sein kann.

Literaturnachweis

[1] A. Troost:
" Neuentwicklung von Kurzwellen-Adcock-Peilern"
Telefunken-Zeitung, Jahrgang 25, Heft 94

[2] J. Grosskopf und K. Vogt:
"Der Polerisationspeiler"
NTZ 1957, Heft 11

[3] W.M. Sherrill and D.M. Travers:
"Single-Channel Direction-Finding in a Multicomponent Field"
IRE Transactions on Antennas and Propagation, Nov. 1961, No. 6

[4] C.W. Earp, B.A., and R.M. Godfrey:
"Radio Direction-Finding by the Cyclical Differential Measurement of Phase"
Journal IEE, Part III A, Vol. 94, No. 15, 1947

[5] K. Baur:
"Der Wellenanalysator"
Frequenz, Band 14, Februar 1960, Nr. 2

Dr. Gerhard Jäger