

STAT

Page Denied

DEUTSCHE VERSUCHSANSTALT FÜR LUFTFAHRT E.V.



Bericht Nr. 38

H. J. Zetzmann, R. A. Wendlinger und H. Zauscher

Untersuchungen über sprunghafte Peilungen an
Mittelwellen-Vierkursfunkfeuern

Herausgegeben im August 1957
von der

Zentrale für Wissenschaftliches Berichtswesen
der

Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt e. V. - Mülheim (Ruhr)



WESTDEUTSCHER VERLAG / KÖLN UND OPLADEN

Übersicht

In den Jahren 1952 bis 1955 war bei der Peilung von Consol-Funkfeuern der Seeschiffahrt und Vierkurs-Funkfeuern (ranges) der Flugsicherung mittels Sichtfunkpeiler beobachtet worden, daß die Peilanzeige vor allem in den Nachtstunden ein merkwürdiges Verhalten (Umspringen im Rhythmus der Tastung) zeigte, das bis dahin unbekannt war und für das keine ausreichende Erklärung gegeben werden konnte. Eine einwandfreie Deutung des Effekts erschien nicht nur vom rein physikalischen Standpunkt aus, sondern auch im Interesse der Funknavigation von Bedeutung.

Die Untersuchungen des Instituts beschränkten sich auf das Studium der Erscheinungen an den Langwellen-Vierkursfunkfeuern der Luftfahrt. Die zunächst am Sichtpeiler mit Kreuzrahmen geführten Untersuchungen ließen keine schlüssigen Beweise zu. Nachdem im Februar 1956 eine Adcock-Peilanlage zur Verfügung stand, konnten die Einflüsse des Nachteffekts eliminiert und auch weitere im Bundesgebiet aufgestellte Vierkursfunkfeuer beobachtet werden.

Die Untersuchungen wurden theoretisch und experimentell ausgeführt mit dem Ergebnis einer einwandfreien Deutung des Effekts als eine Störung durch Sender auf gleicher oder annähernd gleicher Frequenz. Der Effekt konnte in all seinen Erscheinungen im Laboratorium nachgebildet werden. Das Ergebnis führt zu dem Vorschlag, in bestimmten Fällen der Praxis geringe Veränderungen der Frequenzen der Funkfeuer vorzusehen.

Gliederung

I. Zustandekommen der Aufgabe	S. 5
II. Eigene Untersuchungen	S. 5
1. Erste Beobachtungsergebnisse (beim Empfang mit Rahmenantenne)	S. 5
2. Berechnungen	S. 9
a) Annahme eines terrestrischen Sekundärstrahlers	S. 9
b) Annahme von Raumstrahlung mit veränderlicher Polarisationsrichtung	S. 9
3. Praktische Untersuchungen	S. 10
a) Am Sichtpeilgerät selbst	S. 10
b) Weitere Peilmessungen (mit Kreuzrahmen- und Adcockantenne)	S. 11
III. Deutung der sprunghaften Peilanzeige auf Grund weiterer Rechnungen und Nachbildung des Effekts im Laboratorium	S. 16
IV. Zusammenfassung	S. 20
V. Schrifttum	S. 23
Anhänge (Berechnungen)	

München-Riem / Oberpfaffenhofen, im Oktober 1956
 Institut für Flugfunk der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt e.V.
 Leiter: Dr.-Ing. G. ULBRICHT

I. Zustandekommen der Aufgabe

Durch Verfügung des BMV - L5-540-2389 Vm/54 vom 3. September 1954 wurde das Flugfunk-Forschungsinstitut beauftragt, für die an anderer Stelle laufende Forschungsaufgabe:

"Untersuchungen mit Hilfe des Sichtfunkpeilers über die sprunghaften Peilstrahländerungen, vorzugsweise in der Dämmerung, bei der Tastung der Consol-Funkfeuer"

eine Schmalfilm-Registriereinrichtung zu entwickeln bzw. zu beschaffen. Im Verlauf der vorklärenden Beobachtungen und Registrierungen, die an einem im Rahmen der genannten fremden Forschungsaufgabe in Garmisch-Partenkirchen [1] aufgebauten Sichtpeilgerät erfolgten, wurde festgestellt, daß ein ähnlicher sprunghafter Effekt der Peilung auch an den in der Flugsicherung eingesetzten Mittelwellen-Vierkursfunkfeuern der Luftfahrt zu beobachten war.

Auf Vorschlag des Institutes wurde im Einvernehmen mit dem BMV und in Vereinbarung mit Dr. WÄCHTLER, Hamburg, die Untersuchung an den Funkfeuern der Flugsicherung von der Weiterbearbeitung der Seefunkfeuer-Untersuchung ("Stavanger-Effekt", [2,3,4]) abgetrennt und ausschließlich im hiesigen Institut bearbeitet.

Die Untersuchung erschien nicht nur von der physikalischen Seite aus interessant, sondern auch im Interesse des Flugbetriebes geboten, da - wenn auch nicht im Regelfall - die Vierkursfunkfeuer mit einem Peilgerät an Bord des Flugzeuges, z.B. einem Radiokompaß zur Navigation verwendet werden können. Daher war auch zu untersuchen, ob die am Sichtpeiler beobachteten Erscheinungen eine Auswirkung auf den Peilbetrieb in der Luftfahrt haben könnten¹⁾.

II. Eigene Untersuchungen

(nach den Empfangsregistrierungen mit Kreuzrahmenantenne)

1. Erste Beobachtungsergebnisse (beim Empfang mit Rahmenantenne)

Bei der Beobachtung des Vierkurs-Funkfeuers München/Freising DHA, Standort Appercha, von verschiedenen, jeweils festen Standorten am Boden

1) Die Arbeiten erfolgten im Rahmen der Forschungsaufgabe des BMV Nr. 123/54 und 141/55: "Untersuchung und Entwicklung eines dreidimensionalen Flugsicherungs-Kontrollsystems"

Die Beobachtung bei Tage ergab ferner, daß bei der Tastung die kleinere Amplitude eine größere maximale Abweichung zeigt als die große Amplitude, und daß die Peilanzeigen um den richtigen Peilwert einen gewissen Winkelbetrag pendeln.

Diese vorstehend beschriebenen Erscheinungen wurden durch eine Vielzahl von Messungen und filmischen Registrierungen von Oktober 1954 bis Oktober 1956 festgehalten und sind als "charakteristische Formulierungen" anzusehen. Die durch die Institutsbeobachtungen gewonnene Beschreibung deckt sich auch im allgemeinen mit der von anderer Seite [1] veröffentlichten ³⁾. Die aus dem vorhandenen Beobachtungsmaterial sich ergebende Vorstellung über das Zustandekommen des "Effektes" war wohl in gewissen Teilen, nicht aber in ihrer Gesamtheit durch die bereits bekannten Ausbreitungseigenschaften der Wellen befriedigend zu erklären. Auch gelang es nicht, die Erscheinung aus den Abstrahlungseigenschaften der Antenne des Vierkursfunkfeuers ohne weiteres abzuleiten, wie es im Falle der Antenne des Consol-Funkfeuers gleichzeitig von PIETZNER [4,9] versucht wurde.

Die Institutsarbeiten wurden daher darauf abgestellt, noch etwa übersehene Fehlerquellen einzukreisen und diese zu eliminieren. Gleichzeitig wurde versucht, durch theoretische Berechnungen zu klären, ob ein Wellenausbreitungseinfluß durch terrestrische oder ionosphärische Reflexionen qualitativ und quantitativ in Frage kommen könnte. Diese Rechnungen sind in den Anhängen der Arbeit wiedergegeben.

Die Voruntersuchungen hatten bereits klar gezeigt, daß für das Zustandekommen von sprunghaften Peilungen, sofern dazu eine Peilstrahlbeeinflussung angenommen werden sollte, das Zusammenwirken von zwei Strahlungen des gleichen Senders am Empfangsort erforderlich ist. Dabei muß mindestens eine Strahlung infolge senderseitiger Antennen-Umtastung Amplitudenänderungen unterworfen sein. Die ersten Berechnungen (Anhang 1 und 2) erfolgten daher auf Grund dieser Gesichtspunkte und unter der Annahme, daß die beiden am Empfangsort eintreffenden Wellen kohärenter Natur sind.

3) Der in [1] ohne abschließende Meßergebnisse und ihre kritische Auswertung gemachte Versuch, die Beobachtungen als ein "Phänomen" herauszustellen, war verfrüht. Die Erscheinung ist nicht, wie behauptet, an den Sichtfunkpeiler gebunden, auch geht der Versuch, den eigens geschaffenen Begriff "Peiltakt" über die Wellenausbreitungen zu erklären, von falschen Voraussetzungen aus und beruht insbesondere nicht auf Effekte, wie Streustrahlung, Großkreisauswanderung usw.

Obwohl, wie das Endergebnis der vorliegenden Arbeit zeigt, die Erscheinungen durch das Zusammenwirken zweier von verschiedenen Sendern kommender Strahlungen zu erklären ist, sollen doch die zuerst angestellten Rechnungen wiedergegeben und kurz diskutiert werden, weil sie ein Beispiel dafür sind, daß man oft nur auf sehr großen Umwegen und nur durch systematische Eingrenzung aller Einzelhypothesen zu einer richtigen Deutung vielseitig erklärbar scheinender Beobachtungsergebnisse [4] kommen kann.

2. Berechnungen

a) Annahme eines terrestrischen Sekundärstrahlers

Unter der Voraussetzung, daß bei Tage keine merkliche Raumwellenstrahlung vorhanden ist, ergibt sich die Möglichkeit von Peilstrahlsprüngen bei Leitstrahlendern, wenn man einen Sekundärstrahler im Bereich des Senders (oder mehrerer) annimmt. Als derartige Reflektoren sind nach früheren Erfahrungen vor allem hohe Sendermaste, große Gaskessel und auch Hochspannungsleitungen anzusehen. Diese Art von Reflektoren ist im Gebiet südlich des Funkfeuers Appercha tatsächlich vorhanden. Die Berechnung unter der Annahme eines Sekundärstrahlers (Anhang 1) ergibt einen Peilfehler, der von folgenden Faktoren abhängig ist:

- a) dem Amplitudenverhältnis der Tasting,
- b) dem sendeseitigen Abstrahlungsdiagramm,
- c) dem Standort des Sekundärstrahlers,
- d) den Reflexionseigenschaften des Sekundärstrahlers.

Die Berechnung zeigt, daß tatsächlich Peilsprünge bis zu etwa 45° entstehen können, doch müssen sie für jeweils eine bestimmte Amplitude konstant bleiben (analog einer Funkfehlweisung) und ebenso tagtäglich festzustellen sein. Die Beobachtungen ergaben aber, daß dies nicht der Fall ist, sondern daß die Peilsprünge nur zeitweise auftreten. Außerdem gelingt es nicht, mit Hilfe dieser Berechnung das langsame Pendeln der Peilanzeige zu erklären.

b) Annahme von Raumstrahlung mit veränderlicher Polarisationsrichtung (Empfang mit Rahmenantenne)

Bei den in München-Riem am Tage beobachteten Peilrichtungssprüngen war es von vornherein unwahrscheinlich, daß diese bei der verhältnismäßig geringen Entfernung von 28 km zwischen Sende- und Empfangsort von Raumwellen

ürden. Die durch
mit dem \cos^2
enden E-Schicht
80 bis 82° vor-
etrages der
ber nicht im-
es tatsächlich
besitzt dagegen
r Höhe von 17 m
ich allein be-
. Bei Reflexion
en mit der Bo-
mpfangen wird,
ie Berechnung

befriedigend,
e Raumwellen
durch die beim
Peilsprünge
mit Rahmenan-

heren Einzel-
eren Gang der
gsweise keine
ein dürfte. Da-
nbezogen und

ersuchungen zur
ewisheit zu be-
en konnten, war
Fehlerelimina-

Die Prüfung der beiden Verstärkerkanäle ergab lineares Verhalten, solange nicht übersteuert wurde. Im Falle einer Nichtlinearität wurde sonst beim Empfang von getasteten Signalen mit verschiedenen Amplituden ein Peilsprüngeffekt vorgetäuscht.

Bei Einspeisung eines Signals auf den Verstärkerkanal I zeigte sich merkliches Übersprechen (< 20 db) auf den Kanal II, das hauptsächlich aus dem Antennenverstärker herrührte. Dieser Fehler wurde durch Neuverkabelung und Verbesserung der Abschirmung beseitigt.

In das Entwicklungsmuster, das für den größten Teil der Messungen benutzt wurde, war in Abänderung der ursprünglichen Konstruktion nachträglich von anderer Seite eine Endstufe für den Hörkanal eingebaut worden. Diese erwies sich als Fehlerquelle, da sie das Netzgerät überlastete. Beim vollen Aufdrehen des Lautstärkereglers wurde diese Stufe stark übersteuert und erzeugte am Netzteil einen zusätzlichen Spannungsabfall bis zu 7 V. Dadurch wurde der vorgeschriebene und jeweils eingestellte Verstärkungs- und Phasenabgleich der beiden Kanalverstärker hinfällig. Durch diesen Gerätefehler konnten z.B. bei der Beobachtung des nahegelegenen ungerichteten Funkfeuers München-Riem im Rhythmus der Tastung Peilsprünge bis zu 8° vorgetäuscht werden. Nach Behebung dieses Fehlers arbeitete das Gerät einwandfrei. Es mußte daher aus dieser Feststellung der Schluß gezogen werden, daß ein Teil unserer ersten Messungen mit diesem Sichtfunkpeiler, insbesondere aber die von [1], nur mit Vorbehalt verwendbar ist.

b) Weitere Peilmessungen (mit Kreuzrahmen und Adcockantenne)

Die Beobachtungen erfolgten mit Ausnahme einer Meßfahrt im Raum München-Riem mit der eigens für diese Untersuchung aufgebauten Langwellen-U-Adcock-Peilanlage⁴⁾. Diese ermöglichte Messungen ohne den überdeckenden Einfluß des Nachteffekts. Außerdem konnten wegen ihrer größeren Empfindlichkeit weitere von der Flugsicherung im Bundesgebiet betriebene Vierkursfunkfeuer beobachtet werden. Ebenso wurde auch ein Vergleich durch gleichzeitige Messungen mit Kreuzrahmen möglich⁵⁾.

4) Vgl. DVL-Bericht Nr. 37: H.J. ZETZMANN und R.A. WENDLINGER, "Bau einer Langwellen-U-Adcock-Peilanlage"

5) Der Empfang von Consol-Stationen war dagegen infolge der zu kleinen Feldstärken und relativ starken Störungen beeinträchtigt, so daß aus unseren Adcock-Beobachtungen zunächst keine zuverlässigen Schlüsse abgeleitet werden konnten

an dieser
das Funkfeuer
en Abbildungen
zusätzliche
stellung sollte

die kleinere
en Peilung
llen Falle er-
ichen Frequenz
on Modau, die
lassen konnte,
leichen Fre-
identifizieren⁶⁾.

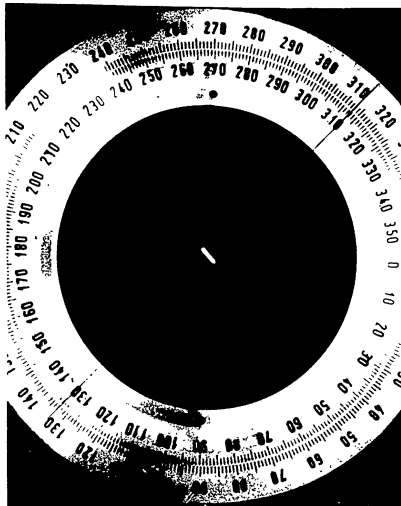


Abbildung 9

Ungerichtetes Funkfeuer Modau/Frankfurt während der
Tastpause von Vierkursfunkfeuer DHA aufgenommen

Abbildungen 7 bis 9 sind Tagesaufnahmen vom Vierkursfunkfeuer
Appercha in München-Riem mit Sichtpeiler in Betriebsstellung
"Eichen". Sie zeigen die Amplituden von Zeichen N, Zeichen A
sowie die Störampitude des ungerichteten Funkfeuers Modau.
(In der Betriebsstellung "Eichen" ist der sich einstellende
Strich kein Maß für die Peilrichtung)

Diese beiden Stationen lagen mit etwa $65^\circ \pm 180^\circ$ zur Peilung von Appercha.
Das Amplitudenverhältnis zwischen den beiden getasteten Amplituden von
Appercha und dem Störer (hier ungerichtetes Funkfeuer Modau) betrug bei
Tage annähernd 7 : 3 : 1, wie aus den Registrierenaufnahmen Abbildung 10
und 11 hervorgeht (s. S. 14 und 15).

Bei Beginn der Dämmerung war, sofern der Effekt beobachtet werden konnte,
eine allmähliche Vergrößerung der üblichen Peilsprünge festzustellen.
Beim Morgengrauen gingen die Peilsprünge auf die Werte der Tagesmessungen
zurück. Die Nachtbeobachtungen waren infolge der Raumwellenausbreitung
und des Nachteffekts schwierig und unsicher, da die Schirmbilder nur im
einfachsten Falle aus zwei Bodenwellen und zwei Raumwellen, die mit be-
liebigen Polarisationsdrehungen [11] einfallen können, bestehen; meistens



Abbildung 11a

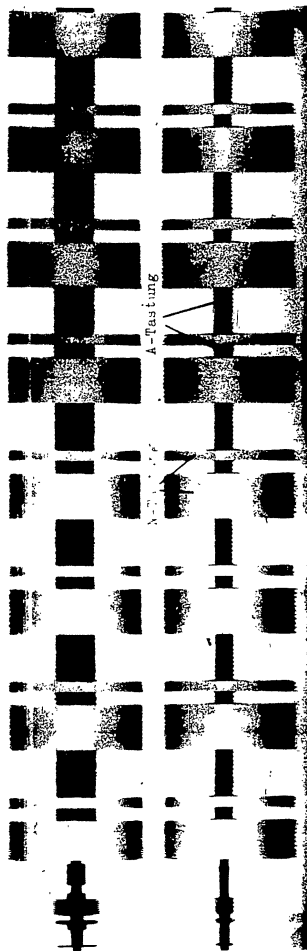


Abbildung 11b

Abbildungen 11a und 11b zeigen die Registrierung der Modulation des Vierkursfunkfeuers

Appercha mittels eines Schleißenzilllographen:

- a) obere Aufnahme mit Adcockantenne und Sichtfunkpeiler
- b) untere Aufnahme mit normaler Hochantenne und Rundfunkempfänger

änder dicht be-
möglich wurde.
ährend der gan-
gen (Beobachtung

er Ellipse, die
-Filmaufnahmen
iesem Zusammen-

nd weiterer
torium

ungen ergab mit
etwa Großkreis-
ei Kurzwellen
m Springen der
zu ziehen, daß
leichen Frequenz
ender der Anlaß

iten die Sender
nder-Quarze im
emperatur be-
durch Thermo-
werden, können
enn auch kleine
schiebener Sen-
o werden sie
en für beliebige

die trotz
eser Tatsache
al man die Kon-
chtpeiler fast
strahlungsein-

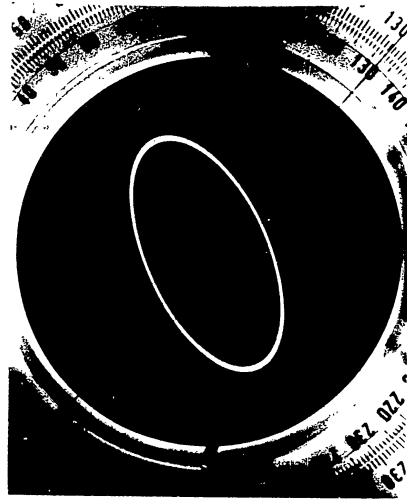
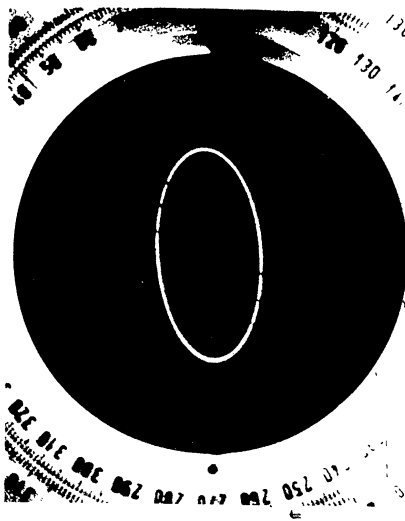


Abbildung 12

Peilellipse, durch zwei kohärente Wellenzüge mit gegenseitiger Phasendifferenz gebildet, z.B. durch Sekundärstrahlung oder Reflexion an der Ionosphäre

Abbildung 13

Peilellipse, hervorgerufen durch zwei unph. Wellenzüge verschiedener Ursprungs mit sehr kleiner Frequenzdifferenz $\Delta f \ll 1$ Hz. Beim Vergleich mit Abbildung 12 ist kein Unterschied festzustellen, obgleich zur Entstehung der Ellipse zwei Wellen von zwei verschiedenen Sendern zusammenwirken

Zeit um geringe Beträge in der Frequenz differieren. Nimmt man ferner noch an, daß die beiden Antennen des jeweils getasteten Senders in ihrer Impedanz etwas streuen und daher ihrerseits auch noch geringe Phasenverschiebungen erzeugen können, so ergibt sich die Tatsache, daß zwei Schwingungen gleicher Frequenz mit beliebig zeitlich sich ändernder Phasenlage aus verschiedenen Abstrahlern am Empfangsort eintreffen. Die Peilrichtung wird eine sich aus dem jeweiligen Momentanzustand ergebende (meist falsche) Peilrichtung anzeigen.

Die weiteren unter die obigen angegebenen Rechenarten (Abbildung 12, 13) ergaben, daß der Winkel der jeweils resultierenden Peilrichtung von wesentlich anderer und viel ungenauere Faktoren abhängt, als bei früheren

Bei der weiteren Berechnung (Anhang 4) wurde verallgemeinert angenommen, daß die beiden am Beobachtungsort eintreffenden Strahlungen von zwei Sendern mit fast gleicher Betriebsfrequenz stammen. Die Differenzfrequenz soll sehr klein, etwa unter 1 Hz liegen. Mit dieser Annahme trifft man den den tatsächlichen Verhältnissen genau entsprechenden Fall, der, wie auch die Rechnung zeigt, für alle diesbezüglichen bisher registrierten Beobachtungen eine wirklich befriedigende Erklärung zu geben gestattet.

Als weiterer Beweis der vorliegenden Deutung der Erscheinung als nur eines Storeffekts ⁹⁾ dient auch folgende Tatsache:

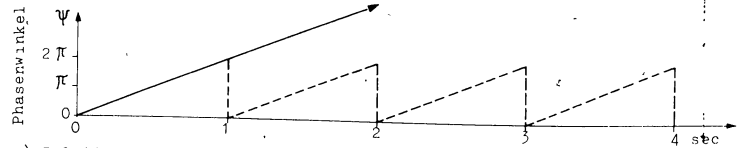
Der Sichtpeiler erlaubt dank seiner schmalen Bandbreite im Falle des Senders Appercha, der mit 1020 Hz moduliert ist, eine getrennte Einstellung des Trägers oder eines der beiden Seitenbänder. Es konnte hierbei festgestellt werden, daß, obgleich der Träger die scheinbar sprunghaften Peilstrahlanderungen zeigte, das obere oder das untere, manchmal auch beide Seitenbänder die richtige Peilung ohne Sprünge aufwiesen. Diese Beobachtung schaltet ihrerseits auch die Möglichkeit des Vorhandenseins einer Raumwellen- oder horizontalen Sendekomponente aus, da gleiche Schirmbilder bei Empfang mit Adcock- und Kreuzrahmen erhalten wurden.

Die Zunahme des Sprungwinkels bei Nacht erklärt sich sehr einfach durch das zusätzliche Einfallen der Raumwellen; mit der Vergrößerung der Amplitude des empfangenen "Störers" wächst der Peilsprungwinkel.

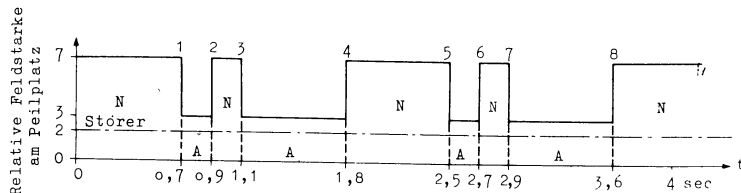
Mit der vorstehenden Erkenntnis kann ferner die beim Versuchsprogramm "Garmisch" vom 1. Mai 1955 um 06.09 Uhr gemachte Beobachtung, die lange Zeit der Deutung widerstand und die nachstehend zitiert wird, erklärt werden. "Nach gemeinsamer Beurteilung der Beobachter wurde festgestellt, daß ein rasches Verdrehen des Goniometers am Sender (Appercha) eine Veränderung der Peilung mit sich bringt", [7]. Die Erklärung ist, daß durch die Verdrehung des Goniometers die Phasenlage der abgestrahlten Welle

9) Oben beschriebene Erklärung kann möglicherweise auch für den an Consol-Funkfeuern beobachteten "Stavanger-Effekt" zutreffen. Daß der Effekt bei diesen nur des Nachts zu beobachten war, kann aus der Möglichkeit erklärt werden, daß am Tage oder nur sehr kleine Störsenderstrahlungen vorhanden sind, mit Beginn der Dämmerung und des Nachts aber die Ausbreitungsbedingungen für Störsender-Raumwellen wesentlich günstiger werden. Störer für das Consol-Funkfeuer Stavanger sind vermutlich NDB Nicosia auf Cypern mit 2,5 kW Sendeleistung und ein in England befindliches amerikanisches Funkfeuer Molesworth

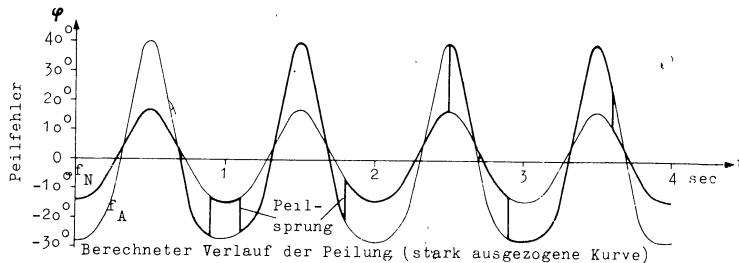
ndert wird.
 Peilrichtung,
 r Sender, glei-
 ag, lag es nahe,
 nbildung des ge-
 erät mit Rahmen-
 einem Reserve-
 Sender von 1 W
 ercha 10) und
 nz von etwa
 n beim Tasten
 Diese labora-
 malfilm dokumen-
 ehänge für das
 as durch einen
 eben. In Abbil-
 für die (er-
 -Tastung gilt.
 ngen springt
 er. Die jewei-
 eiligen Schwe-
 as ab. Diese
 Atens. In Ab-
 ung der (schei-
 die dick aus-
 r Tastung.
 obachtung des
 ers bei der
 ichtigkeit des
 t Sicherheit



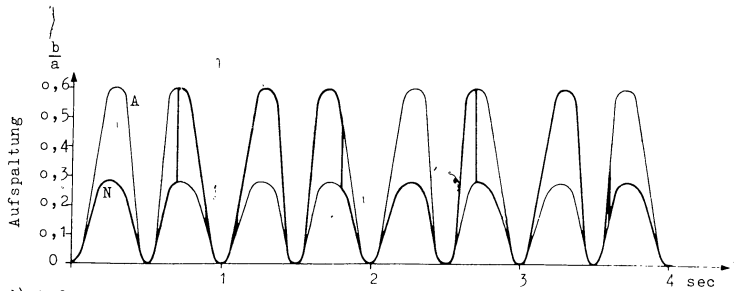
a) Relative Phasendifferenz zwischen Sender und Störer



b) Relative Feldstärke von getastetem Vierkursfunkfeuer und ungetastetem Störer am Empfangsort



c) Berechneter Verlauf der Peilung, mit den sich infolge der Tastung ergebenden Peilsprüngen



d) Aufspaltung der Peilellipsen

Abbildung 15 a bis d

V. Schrifttum

- [1] STANNER, W. Das Peiltakt-Phänomen. Elektronische Rundschau 2 (1955) Heft 12, S. 426 - 428 und Vergleichende Beobachtungen über das Verhalten von Consol-Signalen auf sehr große Entfernungen, unter besonderer Berücksichtigung des Peiltakt-Phänomens. Bucherei der Funkortung 2 (1955) Heft II, S. 86 - 89
- [2] WÄCHTLER, M. Über Funkpeilungen beim Auftreten von Raumwellen. Bucherei der Funkortung 2 (1955) Heft VI, S. 52 - 58
- [3] KÜMMICH, R. Der Nachteffekt beim Navigationsverfahren Consol. NTZ 8 (1955) Heft 9, S. 494 - 500
- [4] SYMPOSION über "Langswellen" und "Atmosphärisches". Elektrophys.Inst.d.T.H. München (Prof. Schumann), 3. Oktober 1955 Zusammenfassender Bericht (bisher nicht veröffentlicht)
- [5] HEER, O. Die bestehende und geplante Strecken- und Landefunkortung in der Bundesrepublik. Bucherei der Funkortung 2 (1955) Heft III, S. 7 - 37
- [6] FEGGER, Th. und W. URBACH Untersuchungen über sprunghafte Peilstrahländerungen an Mittelwellen-Vierkursfunkfeuern des deutschen Flugsicherungsdienstes. Flugfunk-Forschungsinstitut München-Riem, Bericht FI/2 vom 15. Juni 1955
- [7] Das LW-Vierkursfunkfeuer. Bundesanstalt für Flugsicherung, Zentralstelle, Technischer Bericht Nr. 29, Juli 1955
- [8] WÄCHTLER, M. (Erfahrungen mit dem Sichtfunkpeiler) Ausschuss für Funkortung, Sonderbücherreihe der Funkortung, Beiträge zur Schiffsfunkortung (1953), S. 82 - 91 und (Über sprunghafte Änderungen von Dämmungspeilungen nach Consol-Funkfeuern) Ausschuss für Funkortung, Sonderbücherreihe der Funkortung, Beiträge zur Schiffsfunkortung (1955) Heft 2, S. 114 - 117
- [9] PIETZNER, J. Über sprunghafte Änderungen von Funkpeilungen nach Consol-Funkfeuern bei Nacht. Deutsche Hydrographische Zeitschrift 8 (1955) Heft 5, S. 194 - 202

Anhang 1

Berechnungsbeispiel von Peilsprüngen bei Sekundärstrahlung
(Terrestrischer Reflektor)

Die einzelnen Buchstaben bedeuten:

Index A = Wert, bezogen auf die Zeit in der das Zeichen A getastet wird,

Index N = Wert, bezogen auf die Zeit in der das Zeichen N getastet wird

- c = Goniometerkonstante
- \mathcal{E} = Feldstärke des direkten Strahles
- \mathcal{E}' = Feldstärke des indirekten Strahles
- k = Konstante
- f = Peilfehler
- Δp = Peilsprung
- P = Peilanzeige durch den Sichtfunkpeiler (mit Punkte markiert)
- m = Amplitudenverhältnis indirekter zu direkter Welle
- i = Antennenstrom, Effektivwert
- r = Abstand Sender - Peiler
- s = Abstand Sender Reflektor
- t = Abstand Reflektor - Peiler
- φ_1 = Azimut von Sender A, percha gemessen in Grad
- φ_2 = Azimut von Reflektor Freiburg gemessen in Grad
- φ_3 = Winkel NRS in Abbildung 7
- φ_g = Goniometereinstellung in Winkelgraden am Peiler
- γ = Elevationswinkel
- ψ = Phasendifferenz der beiden am Empfangsort eintreffenden Wellen
- ρ = Reflexionsfaktor des Reflektors bei Freiburg
- ψ_ρ = Phasenverschiebung bei der Reflexion
- λ = Wellenlänge im freien Raum
- $\Delta\psi = \psi_2 - \psi_1$

agation by the
ference to long-

S. 81 - 89

Aircraft Direc-
cycles.
March 1946) Nr.1,

nkpeilungen
n.
Schrift 2 (1956)

netic Field on
he Ionosphere.
S. 81 - 89

gsgebiet zweier

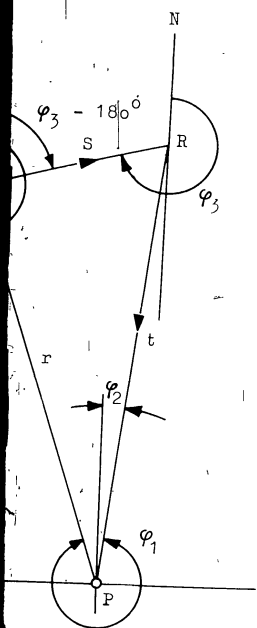
-Forschungs-
der Drahtlos-
rischen Versuchs-
d 1942, S. 39-45

eldes elektro-
ichtfunkpeiler.
34

ectrical Waves.

mit Elektro-

u (1955) Heft 4



fehlerfreien Adcocksystems als Empfangsanlage Anlaß zu einem Peilfehler $f = p - \varphi_1$ (wobei mit p die Peilanzeige auf dem Schirm der Braunschen Röhre bezeichnet wird). Der Peilfehler hängt außerdem noch von dem Amplitudenverhältnis m und der Phasendifferenz ψ der beiden Wellenzüge am Empfangsort ab. Nach [15] ist:

$$f = \frac{1}{2} \arctg \frac{m^2 \cdot \sin 2\Delta\varphi + 2m \sin\Delta\varphi \cos\psi}{1 + m^2 \sin^2\Delta\varphi + 2m \cos\Delta\varphi \cos\psi}$$

Der Vorgang der Reflexion sei so dargestellt, daß ein der ankommenden Feldstärke proportionaler Anteil (ausgedrückt durch den Reflexionsfaktor ρ) mit einer gewissen Phasenverschiebung ψ_ρ in Richtung zum Empfänger mit unverändert vertikaler Polarisation ausgestrahlt wird.

Es ergeben sich dann am Empfänger folgende Feldstärkewerte:

a) für A-Zeit:

$$\begin{aligned} \text{direkter Strahl: } \mathcal{E}_A &= \frac{c \cdot k}{r} \cdot \dot{I}_A e^{j(\omega t - \frac{2\pi \cdot r}{\lambda})} \cos(\varphi_1 - 180^\circ - \varphi_g), \\ &= -\frac{c \cdot k}{r} \cdot \dot{I}_A e^{j(\omega t - \frac{2\pi \cdot r}{\lambda})} \cos(\varphi_1 - \varphi_g) \end{aligned}$$

reflektierter Strahl:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_A &= \rho \frac{c \cdot k}{s+t} \cdot \dot{I}_A e^{j(\omega t - \frac{2\pi(s+t)}{\lambda} - \psi_\rho)} \cdot \cos(\varphi_3 - 180^\circ - \varphi_g), \\ &= -\rho \frac{c \cdot k}{s+t} \cdot \dot{I}_A e^{j(\omega t - \frac{2\pi(s+t)}{\lambda} - \psi_\rho)} \cdot \cos(\varphi_3 - \varphi_g). \end{aligned}$$

b) für N-Zeit:

$$\begin{aligned} \text{direkter Strahl: } \mathcal{E}_N &= \frac{c \cdot k}{r} \cdot \dot{I}_N e^{j(\omega t - \frac{2\pi \cdot r}{\lambda})} \cdot \sin(\varphi_1 - 180^\circ - \varphi_g), \\ &= -\frac{c \cdot k}{r} \cdot \dot{I}_N e^{j(\omega t - \frac{2\pi \cdot r}{\lambda})} \cdot \sin(\varphi_1 - \varphi_g). \end{aligned}$$

reflektierter Strahl:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_N &= \rho \frac{c \cdot k}{s+t} \cdot \dot{I}_N e^{j(\omega t - \frac{2\pi(s+t)}{\lambda} - \psi_\rho)} \cdot \sin(\varphi_3 - 180^\circ - \varphi_g), \\ &= -\rho \frac{c \cdot k}{s+t} \cdot \dot{I}_N e^{j(\omega t - \frac{2\pi(s+t)}{\lambda} - \psi_\rho)} \cdot \sin(\varphi_3 - \varphi_g). \end{aligned}$$

Da in der A-Zeit nur reflektierte Strahlung empfangen wird, muß natürlich der Reflektor angepeilt werden.

c) Kombination der beiden vorhergehenden Fälle:

Reflektor reflektiert nur bei der A-Tastung und Empfänger liegt in Richtung eines Diagramm-Maximums bei der N-Tastung:

$$\varphi_g = \varphi_3 - 180^\circ$$

$$\varphi_g + 90^\circ = \varphi_1 - 180^\circ$$

also:

$$\varphi_3 = \varphi_1 - 90^\circ$$

Damit wird

$$m_A = \infty \quad f_A = \Delta\varphi$$

$$m_N = 0 \quad f_N = 0$$

Der Peilsprung wird, da jeweils nur eine Welle eintrifft:

$$\Delta p = f_A - f_N = \Delta\varphi$$

Die Peilanzeige sowohl in der A- als auch in der N-Zeit wird hier strichförmig, da jeweils nur Wellenzüge aus einer Richtung einfallen. Die übliche Meinung, daß strichförmige Peilungen unter allen Umständen eine einwandfreie Peilung ergeben, trifft also für diesen speziellen Fall nicht mehr zu.

d) Selbst wenn Empfänger oder Reflektor auf einem Leitstrahl stehen, sind m_A und m_N verschieden und damit treten Peilfehler und auch Peilsprünge auf. Nur für den besonderen Fall, daß sowohl Empfänger wie auch Reflektor sich auf einem oder auf verschiedenen Leitstrahlen befinden, wird $m_A = m_N$, womit der Peilsprung verschwindet, während natürlich ein gewisser Peilfehler vorhanden bleibt.

Zahlenbeispiel (mit Werten von Abb. 16). Für die Größe des Reflexionsfaktors soll angenommen werden $\rho = 0,8$.

$$r = 27,8 \text{ km}$$

$$s = 13,7 \text{ km}$$

$$t = 30,0 \text{ km}$$

Dann wird:

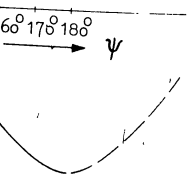
$$\rho \cdot \frac{r}{s+t} = 0,8 \cdot \frac{27,8}{43,7} = 0,51 \approx 0,5$$

$$\varphi_1 - \varphi_g = 341^\circ - 39^\circ = 302^\circ$$

$$\varphi_3 - \varphi_g = 256^\circ - 39^\circ = 217^\circ$$

753
356
Vermessung bestimmte
liche. Für $\pm \psi$ er-
n Bereich von

in Abhängigkeit
nnten Wert von ψ
oder dem A-Zeichen
ie für alle Werte
= 135° 50' unricht-



Sekundärstrahler
ngsort gerechnet

Anhang 2

Berechnung von Peilsprüngen unter Annahme einer Reflexion von horizontal polarisierter Strahlung an der Ionosphäre beim Empfang mit Rahmenantenne

Bedeutung der einzelnen Abkürzungen:

- a = Breite des Senderrahmens
- c = Lichtgeschwindigkeit
- c = Goniometerkonstante
- e = Momentanwert der im Empfangsrahmen induzierten Spannung
- Index e = empfangsseitig
- h = Höhe des Senderrahmens
- j = $\sqrt{-1}$
- k = Konstante
- p = Peilung in Grad
- Index s = senderseitig
- v = Verstärkungsfaktor
- x = waagerechte Auslenkung am Schirmbild des Sichtpeilers
- y = senkrechte Auslenkung am Schirmbild des Sichtpeilers
- A₁ = Amplitude im Rahmen 1
- A₂ = Amplitude im Rahmen 2
- Index A = auf die A-Tastung bezogener Wert
- DK = Dielekt. Konst.
- \vec{E} = elektrischer Feldstärkevektor, Momentanwert
- \vec{E}' = elektrischer Feldstärkevektor des reflektierten Strahles
- E = Effektivwert der induzierten Spannung
- E' = im Empfangsrahmen durch die Höhenstrahlung induzierte Spannung
- FW = Windungsfläche
- \vec{H} = magnetischer Feldstärkevektor, Momentanwert
- \vec{H}' = magnetische Feldstärke des reflektierten Strahles
- H = Effektivwert der magnetischen Feldstärke
- H' = Effektivwert der magnetischen Feldstärke des reflektierten Strahles
- E'' = im Kreuzrahmen durch die Bodenwelle induzierte Spannung
- I = Antennenstrom
- K = effektive Höhe der Reflexionsschicht
- Index N = auf die N-Tastung bezogener Wert
- \vec{P} = Pointingscher Vektor

wobei μ die Permeabilität einer evtl. magnetischen Einbettung und r den Laufweg der Welle von einem angenommenen Nullpunkt aus (Sender) bedeuten soll. Mit $\omega = 2\pi \cdot \frac{c}{\lambda}$ erhält der Spannungsausdruck die bekannte Form.

$$E = j 300 \frac{2\pi}{\lambda} F W \mu H e^{j(\omega t - \frac{2\pi \cdot r}{\lambda})}$$

$$= j \chi H e^{j(\omega t - \frac{2\pi \cdot r}{\lambda})} \quad [V]$$

für $\chi = 300 \cdot \frac{2\pi}{\lambda} F \cdot W \cdot \mu$

Natürlich kann man für die Berechnung der induzierten EMK auch die elektrische Feldstärke benutzen, wobei dann die in der Rahmenebene liegende Komponente maßgebend ist und $1 \frac{V}{cm}$ an die Stelle von 300 G tritt:

$$\mathcal{E} = 300 \int \left[\frac{V}{cm} \right]$$

$$\mathcal{E} = 30\,000 \int \left[\frac{V}{m} \right]$$

In Abbildung 18 ist links die Phasenfläche eines reflektierten Strahles (in der Ebene senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung) dargestellt, in der Mitte die Vertikalebene und rechts das System der Empfangsantennen im Grundriß.

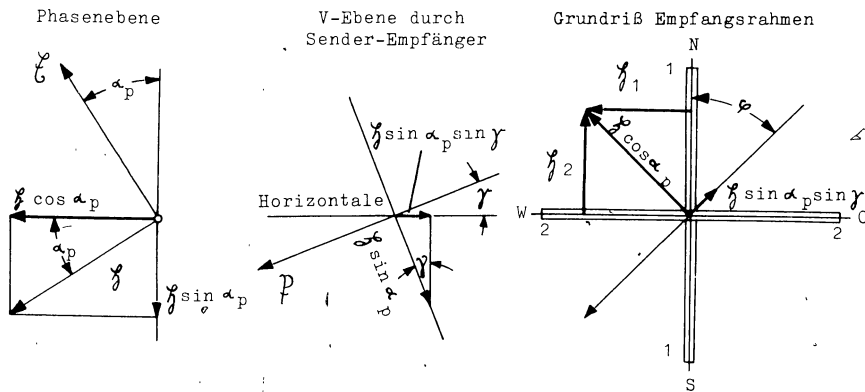


Abbildung 18
Aufnahme schrageinfallender Wellen durch einen Kreuzrahmen

in φ ,
 wirkt:
 $\cos \varphi$.
 m Boden beeinflusst,
 hen völliger Ab-
 ist als Reflexions-
 für $\mu_1 = \mu_2 = 1$,
 Wert nicht sehr
 ender Genauigkeit
 so erfolgen wird,
 34 m Breite her-
 lge ihrer großen
 (Abb. 19).

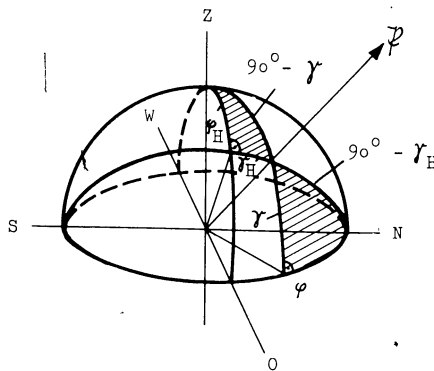


Abbildung 2o
 Abstrahlungswinkel, bezogen auf Meridian bzw. Zenitlinie

In diesem Falle sind unter den Winkeln φ_H und γ_H andere Werte zu verstehen, deren Zusammenhang mit Azimutwinkel φ und Elevationswinkel γ aus Abbildung 2o zu ersehen ist.

Nach den Regeln für rechtwinklige Kugeldreiecke wird

$$\cos \varphi_H = \frac{\sin \gamma}{\cos \gamma_H} \quad \text{und} \quad \sin \gamma_H = \cos \varphi \cdot \cos \gamma.$$

Der für die Abstrahlung maßgebende Winkelausdruck wird

$$\cos \varphi_H \cos^2 \gamma_H = \sin \gamma \cos \gamma_H = \sin \gamma \sqrt{1 - \cos^2 \varphi \cdot \cos^2 \gamma}.$$

Die Feldstärkewerte werden

$$\mathcal{E} = - \frac{480 \pi^2}{\lambda^2 \cdot r} \text{ ah} \cdot \sin \gamma \sqrt{1 - \cos^2 \varphi \cdot \cos^2 \gamma} \cdot i e^{j(\omega t - \frac{2\pi r}{\lambda})} \left[\frac{\text{V}}{\text{m}} \right],$$

$$\mathcal{H} = \frac{\pi^2}{62,5 \lambda^2 r} \text{ ah} \cdot \sin \gamma \sqrt{1 - \cos^2 \varphi \cdot \cos^2 \gamma} \cdot i e^{j(\omega t - \frac{2\pi r}{\lambda})} \left[\text{G} \right].$$

Nach den Hauptausführungen des Berichts muß man für eine in Riem eintreffende Höhenstrahlung des Senders Appercha einen Elevationswinkel von mindestens 80° annehmen. Es dürfte daher für die folgenden rechnerischen

Diagramm-Maximums) und springt beim Umtasten um 90° . Auch in der Größe springt die Feldstärke im Verhältnis der Primärströme des Sendergoniometers:

$$|\varphi_s| = \sqrt{\varphi_{1s}^2 + \varphi_{2s}^2} = \begin{cases} \frac{k}{r} \cdot \dot{i}_A \\ \frac{k}{r} \cdot \dot{i}_N \end{cases}$$

Werden bei der Reflexion in der Ionosphäre die Schwingungsebenen der Vektoren um den Winkel α_p gedreht, wird außerdem durch die Reflexion eine eventuelle Phasenverschiebung um den Winkel ψ_φ verursacht; dann werden durch die Höhenstrahlung in den beiden Empfängerrahmen die folgenden Spannungen induziert:

$$\begin{aligned} E_1^A &= j \mathcal{K} \frac{k}{2K} \cdot \dot{i}_A e^{j(\omega t - \frac{4\pi K}{\lambda} - \psi_\varphi)} \cdot \cos(\varphi_g + \alpha_p) && \text{für A-Zeit,} \\ \text{bzw.} & && \\ E_1^N &= -j \mathcal{K} \frac{k}{2K} \cdot \dot{i}_N e^{j(\omega t - \frac{4\pi K}{\lambda} - \psi_\varphi)} \cdot \sin(\varphi_g + \alpha_p) && \text{für N-Zeit} \\ \text{und} & && \\ E_2^A &= j \mathcal{K} \frac{k}{2K} \cdot \dot{i}_A e^{j(\omega t - \frac{4\pi K}{\lambda} - \psi_\varphi)} \cdot \sin(\varphi_g + \alpha_p) && \text{für A-Zeit,} \\ \text{bzw.} & && \\ E_2^N &= j \mathcal{K} \frac{k}{2K} \cdot \dot{i}_N e^{j(\omega t - \frac{4\pi K}{\lambda} - \psi_\varphi)} \cdot \cos(\varphi_g + \alpha_p) && \text{für N-Zeit.} \end{aligned}$$

In diesen Ansätzen ist

$$\begin{aligned} \mathcal{K} &= \text{Empfangskonstante} \\ k &= \text{Senderkonstante} \\ K &= \text{Effektive Höhe der Reflexionsschicht} \end{aligned}$$

Nehmen wir an, es käme nur diese Höhenstrahlung in den Empfänger, dann erhielte man für beide Zeiten auf dem Bildschirm eine strichartige Peilung; für deren Richtung p gilt:

$$\begin{aligned} \text{tg } p &= \frac{E_2^A}{E_1^A} \\ \text{tg } p_A &= \text{tg}(\varphi_g + \alpha_p), & p_A &= \varphi_g + \alpha_p, \\ \text{tg } p_N &= -\text{ctg}(\varphi_g + \alpha_p), & p_N &= \varphi_g + \alpha_p + 90^\circ. \end{aligned}$$

Die beiden Peilwinkel unterscheiden sich um 90° , d.h. die Peilanzeige springt beim Umtasten um 90° . Sie zeigt den Winkel $(\varphi_g + \alpha_p)$ an, mußte

milaufen. Aber na-
 nur beobachten,
 n, welche ebenfalls
 berücksichtigt wer-
 rerschleifen am Bo-
 einzusetzen. Ferner
 elle handelt, für
 angenommen werden,
 den kann (nur für
 Voraussetzungen wird:

cos φ₁ für A-Zeit
 cos φ₁ für N-Zeit
 sin φ₁ für A-Zeit
 sin φ₁ für N-Zeit

Winkel in beiden

den Empfangsrah-

$$e^{\beta r} \cos(\varphi_1 - \varphi_g) \cos \varphi_1$$

$$e^{\beta r} e^{j\psi} \cos(\varphi_g + \alpha_p)$$

wobei

$$C = j \frac{Kk}{2r} l - \frac{2\pi r}{\lambda} e^{-\beta r}$$

$$m = \frac{r}{K} e^{\beta r}$$

$$\psi = -\frac{2\pi}{\lambda} (2K - r) - \psi_0$$

$$E_2 = C \dot{I}_A e^{j\omega t} \left[\cos(\varphi_1 - \varphi_g) \sin \varphi_1 + m e^{j\psi} \sin(\varphi_g + \alpha_p) \right];$$

Für N-Zeit:

$$E_1 = C \dot{I}_N e^{j\omega t} \left[\sin(\varphi_1 - \varphi_g) \cdot \cos \varphi_1 - m e^{j\psi} \sin(\varphi_g + \alpha_p) \right],$$

$$E_2 = C \dot{I}_N e^{j\omega t} \left[\sin(\varphi_1 - \varphi_g) \sin \varphi_1 + m e^{j\psi} \cos(\varphi_g + \alpha_p) \right].$$

Wie man sich leicht überzeugen kann, gehen die Ausdrücke für die Rahmenspannungen der A-Zeit durch die Übergänge $\dot{I}_A \rightarrow \dot{I}_N$ und $\varphi_g \rightarrow (\varphi_g + 90^\circ)$ in die Ausdrücke über, die für die N-Zeit gelten. Dieses Ergebnis ist bei Betrachtung der Abbildungen 16 und 18 auch durchaus verständlich und zu erwarten.

Die beiden Rahmenspannungen erzeugen - da es sich um Schwingungen gleicher Frequenz handelt - eine Ellipse auf dem Bildschirm der Braunschen Röhre (Abb. 21).

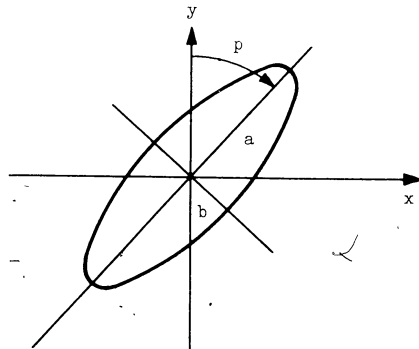


Abbildung 21
 Schirmbildellipse

Daraus wie oben

$$\operatorname{tg} \delta_2 = \frac{m \cdot \sin \psi \sin(\varphi_g + \alpha_p)}{\cos(\varphi_1 - \varphi_g) \cdot \sin \varphi_1 + m \cdot \cos \psi \sin(\varphi_g + \alpha_p)}$$

$$\operatorname{tg} \delta = \operatorname{tg}(\delta_2 - \delta_1) = \frac{\operatorname{tg} \delta_2 - \operatorname{tg} \delta_1}{1 + \operatorname{tg} \delta_1 \cdot \operatorname{tg} \delta_2}$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{2 m \cdot \sin \psi \cos(\varphi_1 - \varphi_g) \sin(\varphi_g + \alpha_p - \varphi_1)}{\sin^2 \varphi_1 \cos^2(\varphi_1 - \varphi_g) + 2 m \cos \psi \cos(\varphi_1 - \varphi_g) \sin(\varphi_1 + \varphi_g + \alpha_p) + m^2 \sin^2(\varphi_g + \alpha_p)}$$

Die vollständige Gleichung der Ellipse aus zwei Schwingungen mit den Amplituden A_1 und A_2 und der Phasenverschiebung δ lautet:

$$A_1^2 x^2 + A_2^2 y^2 + 2 A_1 A_2 \cos \delta x \cdot y - A_1^2 A_2^2 \sin^2 \delta = 0$$

Für die Richtung p der Hauptachsen einer solchen Ellipse gilt nach einer bekannten Formel über Kegelschnitte:

$$\operatorname{tg} 2 p = \frac{2 A_1 A_2 \cos \delta}{A_1^2 - A_2^2}$$

Außer δ haben wir also auch noch die Ausdrücke für die Amplituden zu ermitteln, was durch Quadrieren der obigen Gleichungen geschehen kann.

$$A_1^2 \cos^2 \delta_1 = (v \cdot C \cdot I_A)^2 \left[m^2 \cos^2 \psi \cos^2(\varphi_g + \alpha_p) + \cos^2(\varphi_1 - \varphi_g) \cos^2 \varphi_1 \right. \\ \left. + 2 m \cdot \cos \psi \cos(\varphi_g + \alpha_p) \cos(\varphi_1 - \varphi_g) \cos \varphi_1 \right] \quad (1)$$

$$A_1^2 \sin^2 \delta_1 = (v \cdot C \cdot I_A)^2 m^2 \sin^2 \psi \cos^2(\varphi_g + \alpha_p) \quad (2)$$

Addition von (1) und (2):

$$A_1^2 = (v \cdot C \cdot I_A)^2 \left[m^2 \cos^2(\varphi_g + \alpha_p) + \cos^2(\varphi_1 - \varphi_g) \cos^2 \varphi_1 \right. \\ \left. + 2 m \cdot \cos \psi \cos(\varphi_g + \alpha_p) \cos(\varphi_1 - \varphi_g) \cos \varphi_1 \right] \quad (5)$$

$$A_1^2 \cos^2 \delta_2 = (v \cdot C \cdot I_A)^2 \left[m^2 \cos^2 \psi \sin^2(\varphi_g + \alpha_p) + \cos^2(\varphi_1 - \varphi_g) \cdot \sin^2 \varphi_1 \right. \\ \left. + 2 m \cdot \cos \psi \sin(\varphi_g + \alpha_p) \cos(\varphi_1 - \varphi_g) \sin \varphi_1 \right] \quad (3)$$

($\varphi_1 = 340^\circ$, $\varphi_g = 40^\circ$). Die stetig wechselnden Verhältnisse der ionosphärischen Reflexion können ohne genaue Analyse der Versuchsergebnisse nur mit einer gewissen Willkür berücksichtigt werden; es werde angenommen $m = 0,25$ (für $e^{\beta r} = 1$ wird $m = \frac{r}{K} = \frac{28}{100} = 0,28$) und $\alpha_p = 45^\circ$, während ψ als Veränderliche behandelt wird. Mit diesen Zahlenwerten wird

$$(7) \quad \operatorname{tg} 2 p_A = \frac{-0,150 + 0,226 \cos \psi}{0,130 + 0,106 \cos \psi}$$

$$(8) \quad \operatorname{tg} 2 p_N = \frac{-0,493 + 0,183 \cos \psi}{0,514 + 0,392 \cos \psi}$$

Den richtigen Wert von p kann man im Zweifelsfalle dadurch finden, daß man beachtet, daß für $\psi = 0$ die Peilung p mit langsam wachsendem Wert von m nur allmählich von der rechtweisenden Peilung φ_1 abweichen kann.

Die Beziehungen (7) und (8) sind numerisch für verschiedene ψ in nachstehender Tabelle wiedergegeben und in Abbildung 22 (s. S. 44) graphisch aufgetragen.

ψ	0°	30°	$48^\circ 25'$	60°	90°	120°	150°	180°
$\operatorname{tg} 2 p_A$	0,322	0,207	0	-0,202	-1,153	-3,415	-9,100	-15,70
p_A	$8^\circ 55'$	$5^\circ 50'$	0	$-5^\circ 43'$	$-24^\circ 33'$	$-36^\circ 50'$	$-41^\circ 53'$	$-43^\circ 10'$
$\operatorname{tg} 2 p_N$	-0,746	-0,764	.	-0,823	-0,960	-1,260	-1,914	-2,540
p_N	$-18^\circ 20'$	$-18^\circ 35'$.	$-19^\circ 45'$	$-21^\circ 55'$	$-25^\circ 45'$	$-31^\circ 30'$	$-34^\circ 15'$
$\Delta p = p_A - p_N$	$27^\circ 15'$	$24^\circ 25'$.	$14^\circ 0'$	$-2^\circ 38'$	$-11^\circ 5'$	$-10^\circ 23'$	$-8^\circ 55'$

Für einen bestimmten Wert von ψ ergeben sich (wie in Anhang 1) zwei im allgemeinen verschiedene Peilungen in Abhängigkeit von der Tastung des N- oder A-Zeichens. Die Peilungen sind, von einem speziellen Fall von p_A bei $\psi \sim 47^\circ$ abgesehen, alle falsch. Der Peilsprung Δp ist von der jeweiligen Phasenverschiebung ψ abhängig, die infolge der sich stets ändernden Reflexionsverhältnisse in der Ionosphäre variabel ist.

Anhang 3

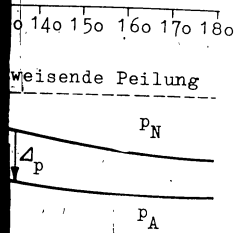
Berechnung der Peilfehler im Verwirrungsgebiet
zweier Gleichwellensender (nach [14])

Im folgenden bedeuten die verschiedenen Bezeichnungen:

- H = Standort des Hauptsenders
- S = Standort des Störers
- d = Abstand beider Sender voneinander
- P = Peilerstandort
- d_H = Abstand Peiler-Hauptsender
- d_S = Abstand Peiler-Störsender
- ϑ = Winkel zwischen d_H und d_S
- \mathcal{E}_H = Empfangsfeldstärke des Hauptsenders am Peilort
- \mathcal{E}_S = Empfangsfeldstärke des Störers am Peilort
- \mathcal{H}_H = Peilvektor zum Hauptsender
- \mathcal{H}_S = Peilvektor zum Störsender
- φ = Phasenwinkel zwischen \mathcal{E}_H und \mathcal{E}_S bzw. \mathcal{H}_H und \mathcal{H}_S
- a = Verhältnis der Ausstrahlung des Störsenders zu der des Hauptsenders
- μ_0 = Peilfehler bei gleichphasigem Auftreffen beider Senderwellen
- μ_{180° = Peilfehler bei gegenphasigem Auftreffen beider Senderwellen
- \mathcal{H}_0 = resultierender Peilvektor für $\varphi = 0^\circ$
- \mathcal{H}_{180° = resultierender Peilvektor für $\varphi = 180^\circ$

Der Peilvektor gibt die Richtung der Peilung und seine Größe ist gleich dem Betrag der Empfangsfeldstärke.

Die maximalen Peilfehler ergeben sich bei Phasengleichheit und -opposition. Darum sei die Berechnung nur für diese beiden Zustände durchgeführt.



und Raumwelle
von der

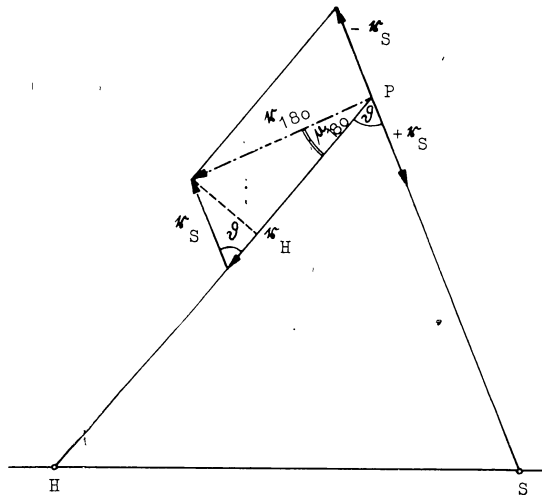


Abbildung 24
Vektordiagramm der gegenphasig einfallenden Felder
zur Ermittlung von μ_{180}

Werten, μ_0 und μ_{180} hin und her, wobei bei bestimmten Phasenzuordnungen die Minima stark getrübt werden.

Aus den Diagrammen in Abbildung 23 und 24 ergeben sich folgende Gleichungen:

$$(1) \quad \operatorname{tg} \mu_0 = \frac{|k_S| \cdot \sin \vartheta}{|k_H| + |k_S| \cos \vartheta}$$

$$(2) \quad \operatorname{tg} \mu_{180} = \frac{|k_S| \cdot \sin \vartheta}{|k_H| - |k_S| \cos \vartheta}$$

$$(3) \quad |k_0| = \sqrt{|k_H|^2 + 2|k_H| \cdot |k_S| \cos \vartheta + |k_S|^2}$$

$$(4) \quad |k_{180}| = \sqrt{|k_H|^2 - 2|k_H| \cdot |k_S| \cos \vartheta + |k_S|^2}$$

und Störsender so-
ausstrahlung des

Für die endgültige Konstruktion des Vektordiagramms zur Ermittlung der Peilfehler μ_0 und μ_{180} sowie des Verhältnisses der resultierenden Feldstärkevektoren $\left| \frac{K_0}{K_{180}} \right|$, das nach der üblichen Schreibweise auch $\frac{r_0}{r_{180}}$ geschrieben werden kann, wird entsprechend den Gleichungen (5) bis (8) das Vektordiagramm Abbildung 25 benutzt.

n Beträgen der elek-

ungen $P \rightarrow H$ und
tive Höhe der An-
von Senderstrahlung

$|K_H|$ und $|K_S|$ in die

in ϑ
 $\cos \vartheta$

in ϑ
 $\cos \vartheta$

ren $|K_0|$ und

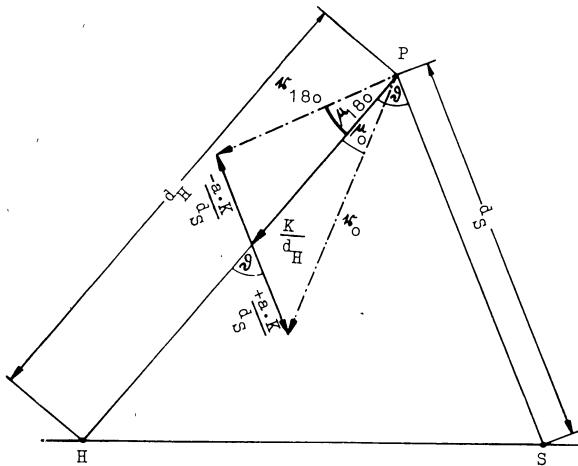


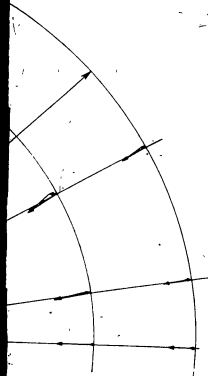
Abbildung 25

Vektordiagramm der Peilfehler und des Verhältnisses der resultierenden Peilvektoren bei gegebenen Abständen d_H und d_S und bestimmtem Ausstrahlungsverhältnis a beider Sender

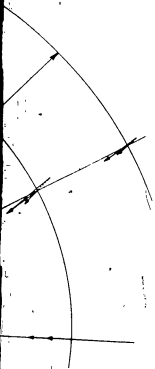
Die Konstante K in Abbildung 25 wird so gewählt, daß ein günstiger Zeichenmaßstab entsteht. Auf der Verbindungslinie $P \rightarrow H$ wird zunächst der Vektor $\frac{K}{d_H}$ aufgetragen. Am Ende dieses Vektors wird der Winkel ϑ samt Rückverlängerung angetragen und der Wert $\frac{aK}{d_S}$ beiderseits abgetragen. Dann ergeben die Winkel der resultierenden Vektoren K_0 und K_{180} , die Peilfehler μ_0 und μ_{180} . Die resultierenden Vektoren K_0 und K_{180} zeigen gleichzeitig die Größenverhältnisse der am Peilort wirksamen Feldstärken. Die Diagramme der Abbildung 26 und 27 sind mittels dieser Vektorkonstruktion gezeichnet.

Bei den Vierkursfunkfeuern ändert sich das Ausstrahlungsverhältnis im Rhythmus der Umtastung, solange sich der Peilerstandort nicht auf einem der Leitstrahlen befindet. Die beiden Abbildungen 26 und 27 zeigen anschaulich, innerhalb welcher Winkelbereiche die Peilung im Falle der Strahlung der Sender mit Dauerstrich pendeln, im Falle der Umtastung eines Senders springen kann.

Die in der vorhergehenden Berechnung gemachten Annahmen gelten hauptsächlich für den Peilempfang bei Tage. In den Nachtstunden sind die Verhältnisse für die Peilung komplizierter, weil neben den Bodenwellen auch noch Raumwellen auftreten können. Aus der Konstanten a des Ausstrahlungsverhältnisses wird dann eine Veränderliche in Abhängigkeit von den Schwunderscheinungen. Es ergeben sich aber hierdurch keine neuen Gesichtspunkte.



180 und der
Sender $a = 0,5$



80 und der
 $a = 1$

Entsprechend wird

$$f_A = \frac{1}{2} \arctg \frac{-0,314 - 1,318 \cos \psi}{0,625 + 0,478 \cos \psi};$$

Außerdem soll noch die Aufspaltung $\left(\frac{b}{a}\right)$ der Schirmbildellipse berechnet werden, nämlich das Verhältnis der kleinen zur großen Achse. Dafür besteht nach [15] der folgende Ausdruck:

$$\left(\frac{b}{a}\right)^2 = \frac{1+m^2+2m \cdot \cos \psi \cos \Delta \varphi - \sqrt{(1+m^2+2m \cos \psi \cos \Delta \varphi)^2 - 4 m^2 \sin^2 \psi \cdot \sin^2 \Delta \varphi}}{1+m^2+2m \cdot \cos \psi \cos \Delta \varphi + \sqrt{(1+m^2+2m \cos \psi \cos \Delta \varphi)^2 - 4 m^2 \sin^2 \psi \sin^2 \Delta \varphi}}$$

Mit den Zahlenwerten erhält man für die beiden Empfangszustände wie vorher:

$$\left(\frac{b}{a}\right)_N^2 = \frac{1,09 + 0,205 \cos \psi - \sqrt{(1,09 + 0,205 \cos \psi)^2 - 0,318 \sin^2 \psi}}{1,09 + 0,205 \cos \psi + \sqrt{(1,09 + 0,205 \cos \psi)^2 - 0,318 \sin^2 \psi}}$$

und

$$\left(\frac{b}{a}\right)_A^2 = \frac{1,49 + 0,478 \cos \psi - \sqrt{(1,49 + 0,478 \cos \psi)^2 - 1,730 \sin^2 \psi}}{1,49 + 0,478 \cos \psi + \sqrt{(1,49 + 0,478 \cos \psi)^2 - 1,730 \sin^2 \psi}}$$

Die Ausrechnung ergibt die nachstehenden Tabellen (siehe Seite 54).

Mit den Zahlenwerten aus nachstehenden Tabellen wurde der Verlauf der Peilung in Abhängigkeit von der Tastung für einen Zeitraum von vier Sekunden in Abbildung 15c dargestellt. Es ergeben sich neun Sprungstellen, die jeweils beim Übergang von dem Zustand: Tastung des Zeichens A zu Tastung des Zeichens N und umgekehrt entstehen. Die Winkeländerungen sind sowohl nach Größe als auch nach Richtungssinn ganz unregelmäßig verteilt, aber trotzdem gesetzmäßig.

In derselben Weise läßt sich die Aufspaltung $\frac{b}{a}$ der Ellipsen darstellen (siehe Abb. 15d). Dabei entspricht dem Wert $\frac{b}{a} = 0$ eine strichartige Peilung.

Die Kurven in Abbildung 15c und d, welche (der besseren Übersichtlichkeit wegen) für $\Delta f = 1$ Hz gezeichnet wurden, sind für kleinere Schwebungsfrequenzen wie z.B. $1/20$ Hz in Richtung der x-Achse auf das 20fache zu dehnen.

Es ergeben sich dann auf eine Schwebung mehr Tastzeichen als in dem dargestellten Beispiel. Die Größe der Peilsprünge hängt aber wieder von der Differenz der Kurven f_A und f_N zum jeweiligen Zeitpunkt der Umastung ab.

VERZEICHNIS DER DVL-BERICHTE

Bisher sind erschienen

0,75	1,00
270°	360°
-1°47'	-14°20'
0,28	0

0,75	1,00
270°	360°
13°20'	-28°
0,60	0

- Nr. 1
 SOHNGEN, H.
 Schwingungsverhalten eines Schaufelkranzes im Vakuum
- Nr. 2
 WEISSINGER, J.
 Zur Aerodynamik des Ringflügels. I. Die Druckverteilung dünner, fast drehsymmetrischer Flügel in Unterschallströmung
- Nr. 3
 KEUNE, F.
 Bericht über eine Näherungstheorie der Strömung um Rotationskörper ohne Anstellung bei Machzahl Eins
- Nr. 4
 LEIST, K. und W. DETTMERING
 Turbinenschaufeln aus Kunststoff für Kaltluftuntersuchungen
- Nr. 5
 SPENGLER, G. und K.A. SCHMID
 Vergleich der Liefervorschriften der ehemaligen deutschen Luftwaffe mit den entsprechenden US- bzw. britischen Spezifikationen für Flugtreib- und Schmierstoffe
- Nr. 6
 LEIST, K., K. SCHLEIERMACHER und J. WEBER
 Spannungsoptische Untersuchungen von Turbinenschaufelfüßen
- Nr. 7
 LEIST, K. und K. GRAF
 Kleingasturbinen insbesondere zum Fahrzeugantrieb
- Nr. 8
 KEUNE, F.
 Zusammenfassende Darstellung und Erweiterung des Äquivalenzsatzes für schallnahe Strömung
- Nr. 9
 SCHLIPPE v., B.
 Strömung von Flüssigkeiten mit temperaturabhängiger Zähigkeit (Kühlung von Ölen)
- Nr. 10
 SCHMIEDEN, C. und K.H. MÜLLER
 Die Strömung einer Quellstrecke im Halbraum - eine strenge Lösung der Navier-Stokes-Gleichungen
- Nr. 11
 SOHNGEN, H.
 Strömung vor einem Überschall-Laufrad
- Nr. 12
 QUICK, A.W.
 Ein Verfahren zur Untersuchung des Austauschvorganges in verwirbelten Strömungen hinter Körpern mit abgelöster Strömung

- Nr. 30
BOLLENRATH, F.
Bemerkungen zur Frage des Wärmeschocks im Flugzeugbau
- Nr. 31
SCHRAMM, K.H.
Zur Theorie stationärer Flammen in strömenden Gasen
- Nr. 32
LÜRENBAUM, K.
Der Meßwagen des Instituts für Triebwerksdynamik der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt (DVL), Aachen.
- Nr. 33
SCHÄFER, G.
Glutathionstoffwechsel und Sauerstoffmangel
- Nr. 35
RYHMING, J.
Die instationäre zweidimensionale Überschallströmung um eine plötzlich angestellte dünne Platte
- Nr. 37
ZETZMANN, H.J. und R.A. WENDLINGER
Bau einer -U- Adcock-Peilanlage
- Nr. 38
ZETZMANN, H.J., R.A. WENDLINGER und H. ZAUCHER
Untersuchungen über sprunghafte Peilstrahländerungen an Mittelwellen-Vierkurs-Funkfeuern
- Nr. 43
WEHRMANN, O.
Hitzdrahtmessungen in einer aufgespaltenen Wirbelstraße
- Nr. 45
WÜNSCHE, O.
Über den Einfluß der Hyaluronidase auf die Dauer der Sauerstoff-Voratmung
- Im Druck befinden sich
- Nr. 39
WEISSINGER, J.
Zur Aerodynamik des Ringflügels
II. Die Ruderwirkung
- Nr. 41
NAUMANN, A., A. HEYSER und W. TRÖMMSDORFF
Der Überdruck-Windkanal in Aachen
- Nr. 42
WEISSINGER, J.
Zur Aerodynamik des Ringflügels
III. Der Einfluß der Profildicke

Nr. 44

TROMMSDORFF, W.

Versuche an einem fertigungsgünstigen Mehrstoßdiffusor bei
Überschallgeschwindigkeit

Nr. 48

KEUNE, F.

Eine Näherungsmethode zur Berechnung der Geschwindigkeits-
verteilung nicht angestellter gepfeilter Flügel großer Streckung
bei kleiner Dicke in Unterschallströmung

- Nr. 13
KEUNE, F.
Der gewölbte und verwundene Tragflügel ohne Dicke in Schallnähe
- Nr. 15
FIECKE, D.
Die Bestimmung der Flugzeugpolaren für Entwurfszwecke.
I. Teil: Unterlagen
- Nr. 16
THIELEMANN, W.
Über die Beulung anisotroper Plattenstreifen
- Nr. 17
THIELEMANN, W. und H.J. DREYER
Beitrag zur Frage der Beulung dünnwandiger axial gedrückter
Kreiszyylinder
- Nr. 21
RUFF, S., F. KIPP, H. HANSTEEN und G. MÜLLER
Untersuchungen zur Frage der Gehörschädigung des fliegenden
Personals der Propellerflugzeuge
- Nr. 23
DOMM, U.
Über eine Hypothese, die den Mechanismus der Turbulenz-
Entstehung betrifft
- Nr. 24
GDANIEC, O.
Über die Randlochkarte als Hilfsmittel in der Dokumentation
Die grundsätzlichen Möglichkeiten ihrer Ausnutzung und eine
Anwendung für die Luftfahrtforschung
- Nr. 25
SPENGLER, G. und H. GEMPERLEIN
Untersuchungen und Entwicklungsarbeiten zur motorischen Prüfung
von Schmierölen
- Nr. 26
SPENGLER, G. und H.O. HÖSSEL
Untersuchungen über künstliche und natürliche Alterung unlegierter
Mineralschmieröle
- Nr. 27
BROCKS, K.
Die Messung der Reflexioneigenschaften künstlicher und natürlicher
Materialien mit quasi-optischen Methoden bei Mikrowellen
- Nr. 28
OSWATITSCH, K. und I. RYHMING
Über den Kompressibilitätseinfluß bei ebenen Schaufelgittern
starker Umlenkung
- Nr. 29
VOGEL, M.
Das Spektralgebiet zwischen dem langwelligen Ultrarot und den
Mikrowellen
Stand der Technik und Entwicklungstendenzen
- Nr. 30
BOLLENRATH, F.
Bemerkungen z
- Nr. 31
SCHRAMM, K.H.
Zur Theorie s
- Nr. 32
LÜRENBAUM, K.
Der Meßwagen
Deutschen Ver
- Nr. 33
SCHÄFER, G.
Glutathionsto
- Nr. 35
RYHMING, J.
Die instation
plötzlich ang
- Nr. 37
ZETZMANN, H.J. und
Bau einer -U
- Nr. 38
ZETZMANN, H.J., R.J.
Untersuchung
Mittelwellen
- Nr. 43
WEHRMANN, O.
Hitzeleitmes
- Nr. 45
WÜNSCHE, O.
Über den Ein
Sauerstoff-V
- Nr. 39
WEISSINGER, J.
Zur Aerodyna
II. Die Rude
- Nr. 41
NAUMANN, A., A. HE
Der Überdruc
- Nr. 42
WEISSINGER, J.
Zur Aerodyna
III. Der Eir

a) Sendezustand N, Amplitudenverhältnis $m_N = 0,3$

Zeit t [s]	0	0,125	0,25	0,375	0,50	0,75	1,00
Phasenwinkel ψ	0°	45°	90°	135°	180°	270°	360°
f_N	-14°20'	-	-1°47'	-	17°25'	-1°47'	-14°20'
$(\frac{b}{a})_N$	0	0,17	0,28	0,22	0	0,28	0

b) Sendezustand A, Amplitudenverhältnis $m_A = 0,7$

t [s]	0	0,125	0,25	0,375	0,50	0,75	1,00
ψ	0°	45°	90°	135°	180°	270°	360°
f_A	-28°	-	-13°20'	-	40°20'	-13°20'	-28°
$(\frac{b}{a})_A$	0	0,26	0,60	0,51	0	0,60	0

- Nr. 1
SÖHNGEN, H.
Schwingungsv
- Nr. 2
WEISSINGER, J.
Zur Aerodyna
fast drehsym
- Nr. 3
KEUNE, F.
Bericht über
körper ohne
- Nr. 4
LEIST, K. und W. D.
Turbinenscha
- Nr. 5
SPENGLER, G. und K.
Vergleich de
mit den ents
Flugtrieb- u
- Nr. 6
LEIST, K., K. SCHL
Spannungsopt
- Nr. 7
LEIST, K. und K. G.
Kleingasturb
- Nr. 8
KEUNE, F.
Zusammenfass
für schallne
- Nr. 9
SCHLIPPE v., B.
Strömung vor
(Kühlung vor
- Nr. 10
SCHMIEDEN, C. und
Die Strömung
der Navier-S
- Nr. 11
SÖHNGEN, H.
Strömung vor
- Nr. 12
QUICK, A.W.
Ein Verfahre
belten Ström

Anhang 4

Berechnung der Peilfehler bei Interferenz eines Leitstrahlensenders mit einem rundstrahlenden Störsender nahezu gleicher Frequenz

Aus der geographischen Lage ergibt sich im allgemeinen vom Peilort aus gesehen eine Azimutdifferenz $\Delta\varphi$ zwischen Hauptsender und Störsender. Die Frequenzdifferenz beider Sender sei $\Delta f = f_{St} - f_H$. Die relative Winkelgeschwindigkeit zwischen den beiden Senderfrequenzen ist dann $2\pi \Delta f$ und der Phasenwinkel $\psi = 2\pi \cdot \Delta f \cdot t$.

Da sich ψ proportional der Zeit ändert, muß auch eine stetige Verlagerung und Formänderung der Peilellipse bei einer Sichtpeilanzzeige stattfinden ("Trübung"). Diese Erscheinung wird beim Anpeilen gestörter Sender regelmäßig beobachtet. Ist der Hauptsender ein Leitstrahlensender, so ändert sich beim Umtasten das Amplitudenverhältnis m sprungartig und muß in einem ruckartigen Springen der Schirmbildfigur sichtbar werden.

Es soll ein Beispiel mit folgenden Zahlenwerten durchgerechnet werden (Hauptsender Appercha, Störsender Modau):

$$\Delta\varphi = -70^\circ \qquad \Delta f = 1 \text{ Hz}$$

Amplitudenverhältnisse: N-Zeit : A-Zeit : Störer = 7 : 3 : 2, also

$$m_A = \frac{2}{3} = 0,67 \sim 0,7 \qquad m_N = \frac{2}{7} = 0,29 \sim 0,3$$

Die zeitlichen Verhältnisse werden durch Abbildung 15 (vgl. Haupttext) dargestellt.

Es sollen die speziellen Zahlenwerte in die im Anhang 1 angegebene Formel für den Peilfehler eingesetzt werden

$$f = p - \varphi_1 = \frac{1}{2} \arctg \frac{m^2 \sin 2\Delta\varphi + 2m \cdot \sin \Delta\varphi \cos \psi}{1 + m^2 \cos 2\Delta\varphi + 2m \cdot \cos \Delta\varphi \cos \psi}$$

wobei: p = Peilanzzeige am Sichtfunkpeiler
 φ_1 = Azimut von Appercha

Für die Verhältnisse während der N-Zeit ergibt sich

$$f_N = \frac{1}{2} \arctg \frac{-0,0578 - 0,564 \cos \psi}{0,931 + 0,205 \cos \psi}$$

Entsprechend wird

Außerdem soll noch werden, nämlich das steht nach [15] den

$$\left(\frac{b}{a}\right)^2 = \frac{1+m^2+2m \cdot \cos \psi}{1+m^2+2m \cdot \cos \psi}$$

Mit den Zahlenwerte her:

$$\left(\frac{b}{a}\right)^2_N = \frac{1,09 + 0,205}{1,09 + 0,205}$$

und

$$\left(\frac{b}{a}\right)^2_A = \frac{1,49 + 0,478}{1,49 + 0,478}$$

Die Ausrechnung erg

Mit den Zahlenwerte

Peilung in Abhängig kunden in Abbildung die jeweils beim Ü Tastung des Zeichen sind sowohl nach Gr teilt, aber trotzde

In derselben Weise

(siehe Abb. 15d). I Peilung.

Die Kurven in Abbi wegen) für $\Delta f = 1$ quenzen wie z.B. 1/

Es ergeben sich dar gestellten Beispiel Differenz der Kurve

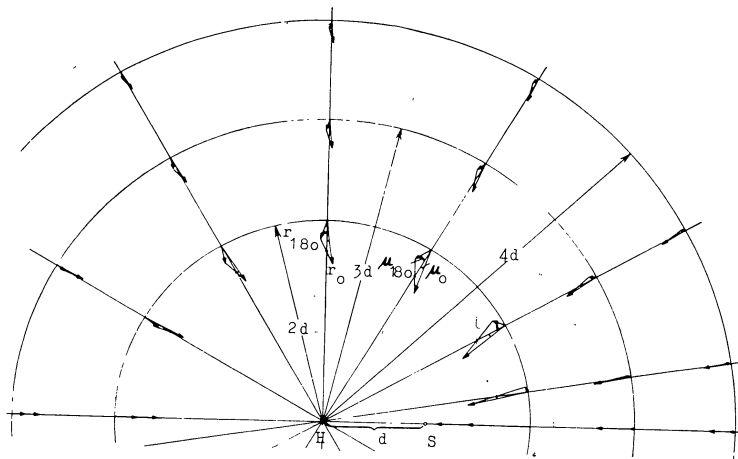


Abbildung 26
 Verlauf der resultierenden Peilvektoren r_0 und r_{180} und der
 Peilfehler für das Ausstrahlungsverhältnis beider Sender $a = 0,5$

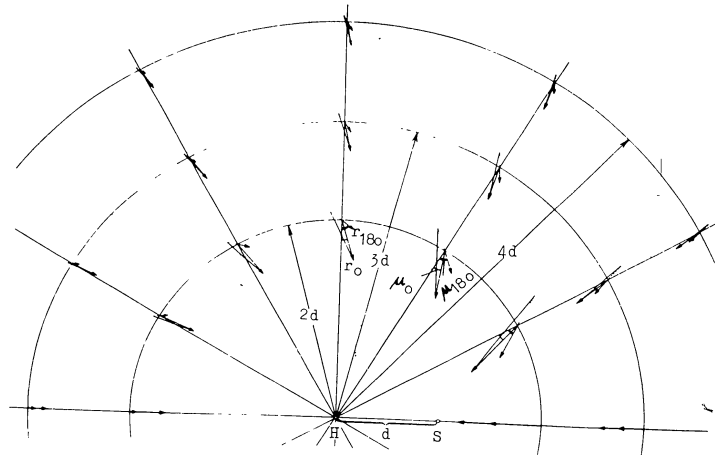


Abbildung 27
 Verlauf der resultierenden Peilvektoren r_0 und r_{180} und der
 Peilfehler für das Ausstrahlungsverhältnis $a = 1$

Bei den Vierkursfun
 Rhythmus der Umst
 der Leitstrahlen be
 schaulich, innerhal
 Strahlung der Sende
 eines Senders sprin
 Die in der vorherge
 lich für den Peilem
 nisse für die Peilu
 noch Raumwellen auf
 verhältnisses wird
 Erscheinungen. Es e

Nun sind praktisch meist nur die Standorte von Haupt- und Störsender sowie der Peilort bekannt, ferner das Verhältnis a der Ausstrahlung des Störsenders zu jener des Hauptsenders.

Es kann bei idealisierter Ausbreitung gesetzt werden

$$\left| \zeta_H \right| = \frac{K}{d_H}, \quad \left| \zeta_S \right| = \frac{aK}{d_S}$$

Da voraussetzungsgemäß die Beträge der Peilvektoren den Beträgen der elektrischen Feldstärken gleich sind, gilt auch

$$\left| \kappa_H \right| = \frac{K}{d_H}, \quad \left| \kappa_S \right| = \frac{aK}{d_S}$$

In diesen Gleichungen bedeuteten d_H und d_S die Entfernungen $P \rightarrow H$ und $P \rightarrow S$, während K eine Konstante ist, welche die effektive Höhe der Antenne, den Antennenstrom, sowie den Umrechnungsfaktor von Senderstrahlung zur Empfangsfeldstärke berücksichtigt.

Es ergibt sich unter Einsatz dieser neuen Werte für $\left| \kappa_H \right|$ und $\left| \kappa_S \right|$ in die Gleichungen (1) und (2):

$$(5) \quad \operatorname{tg} \mu_0 = \frac{\frac{a}{d_S} \sin \vartheta}{\frac{1}{d_H} + \frac{a}{d_S} \cos \vartheta} = \frac{a \cdot \sin \vartheta}{\frac{d_S}{d_H} + a \cos \vartheta}$$

$$(6) \quad \operatorname{tg} \mu_{180} = \frac{\frac{a}{d_S} \sin \vartheta}{\frac{1}{d_H} - \frac{a}{d_S} \cos \vartheta} = \frac{a \cdot \sin \vartheta}{\frac{d_S}{d_H} - a \cos \vartheta}$$

Das Verhältnis der Beträge der resultierenden Peilvektoren $\left| \kappa_0 \right|$ und $\left| \kappa_{180} \right|$ errechnet sich zu:

$$(7) \quad \frac{\left| \kappa_0 \right|}{\left| \kappa_{180} \right|} = \frac{\sqrt{\frac{1}{d_H^2} + \frac{2 a \cos \vartheta}{d_H \cdot d_S} + \frac{a^2}{d_S^2}}}{\sqrt{\frac{1}{d_H^2} - \frac{2 a \cos \vartheta}{d_H \cdot d_S} + \frac{a^2}{d_S^2}}}$$

$$(8) \quad \frac{\left| \kappa_0 \right|}{\left| \kappa_{180} \right|} = \frac{\sqrt{d_S^2 + 2 a \cdot d_H \cdot d_S \cdot \cos \vartheta + a^2 \cdot d_H^2}}{\sqrt{d_S^2 - 2 a \cdot d_H \cdot d_S \cdot \cos \vartheta + a^2 \cdot d_H^2}}$$

Für die endgültig Peilfehler μ_0 und μ_{180} Stärkevektoren $\left| \kappa_0 \right|$ und $\left| \kappa_{180} \right|$ beschrieben werden Vektordiagramm Abb

Vektordiagramm resultierende Vektor $\left| \kappa_0 \right|$ bestim

Die Konstante K ist nach dem Längsmaßstab entsteht Vektor $\frac{K}{d_H}$ aufgetragen und $\frac{aK}{d_S}$ aufgetragen verlängert angeben die Winkel μ_0 und μ_{180} zeitig die Größen Diagramme der Abb gezeichnet.

a) Gleichphasigkeit beider Felder am Peilort ($\varphi = 0$)

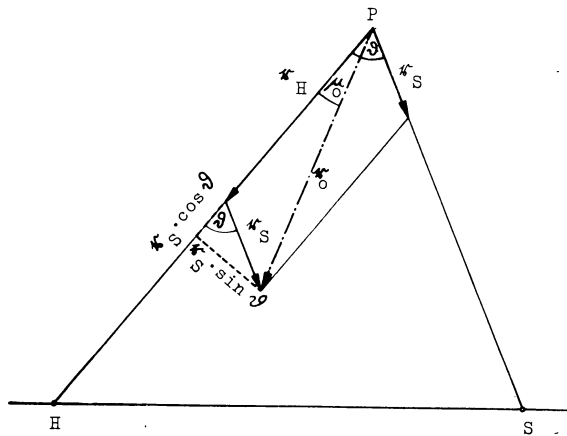


Abbildung 23
Vektordiagramm der gleichphasig einfallenden Felder
zur Ermittlung des Peilfehlers μ_0

Bezeichnet gemäß Abbildung 23 H den Standort des Hauptsenders, S jenen des Störsenders, ϑ den von den beiden Strecken $P \rightarrow H$ und $P \rightarrow S$ eingeschlossenen Winkel, so setzen sich die Peilvektoren k_H und k_S so zusammen, daß der resultierende Peilvektor k_0 die große Diagonale des aus k_H und k_S gebildeten Parallelogramms bildet. k_0 ist demnach größer als k_H und schließt mit k_H den Peilfehlerwinkel μ_0 ein. k_0 liegt innerhalb des Winkels ϑ , die Fehlpeilung weist zum Störsender hin.

b) Gegenphasigkeit beider Felder

(Abb. 24 siehe Seite 47)

Gemäß Abbildung 24 muß der dem Störsender zugeordnete Peilvektor als $-k_S$ entgegengesetzt zur Richtung $P \rightarrow S$ angetragen werden. Der resultierende Peilvektor k_{180} schließt mit der Strecke $P \rightarrow H$ den Peilfehlerwinkel μ_{180} ein. k_{180} , das kleiner ist als k_H , liegt außerhalb des Winkels ϑ , die Fehlpeilung weist also vom Störsender weg. Bei stetiger Phasendrehung der beiden Felder am Peilort pendelt dort demnach die Peilung zwischen den

Werten μ_0 und μ_{180}
die Minima stark ge
Aus den Diagrammen
chungen:

$$(1) \quad \operatorname{tg} \mu_0$$

$$(2) \quad \operatorname{tg} \mu_{180}$$

$$(3) \quad |k_0|$$

$$(4) \quad |k_{180}|$$

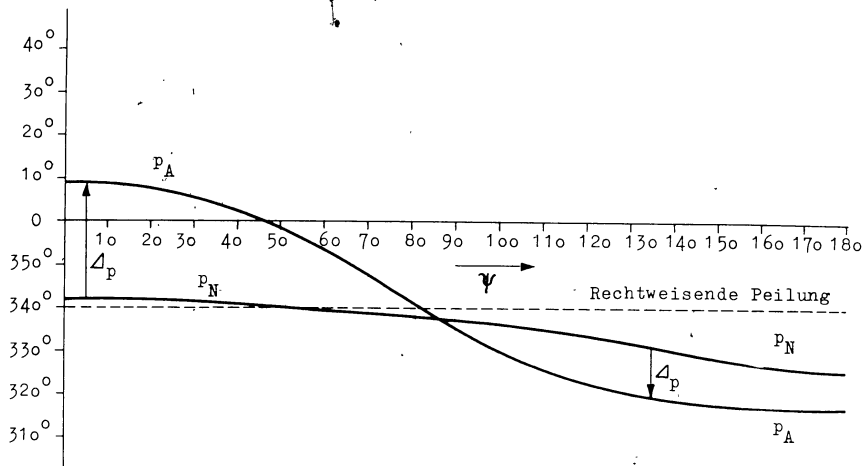


Abbildung 22
 Peilwerte und Peilsprung bei Eintreffen von Boden- und Raumwelle
 eines Vierkurs-Funkfeuers in Abhängigkeit von der
 Phasenverschiebung ψ am Empfangsort

- Berec
 z
- Im folgenden bedeut
- H = Standort de
 - S = Standort de
 - d = Abstand bei
 - P = Peilerstand
 - d_H = Abstand Pei
 - d_S = Abstand Pei
 - ϑ = Winkel zwis
 - \mathcal{E}_H = Empfangsfel
 - \mathcal{E}_S = Empfangsfel
 - \mathcal{H}_H = Peilvektor
 - \mathcal{H}_S = Peilvektor
 - φ = Phasenwinke
 - a = Verhältnis
 - Hauptsender
 - μ_0 = Peilfehler
 - μ_{180} = Peilfehler
 - ψ_0 = resultieren
 - ψ_{180} = resultieren
- Der Peilvektor gibt
 dem Betrag der Empf
- Die maximalen Peilf
 tion. Darum sei die

$$(4) \quad A_2^2 \cdot \sin^2 \delta_2 = (v \cdot C \cdot I_A)^2 m^2 \sin^2 \psi \sin^2(\varphi_g + \alpha_p).$$

Addition von (3) und (4):

$$(6) \quad A_2^2 = (v \cdot C \cdot I_A)^2 \left[m^2 \cdot \sin^2(\varphi_g + \alpha_p) + \cos^2(\varphi_1 - \varphi_g) \sin^2 \varphi_1 + 2 m \cdot \cos \psi \sin(\varphi_g + \alpha_p) \cos(\varphi_1 - \varphi_g) \sin \varphi_1 \right]$$

Subtraktion von (5) und (6):

$$A_1^2 - A_2^2 = (v \cdot C \cdot I_A)^2 \left[m^2 \cos 2(\varphi_g + \alpha_p) + \cos^2(\varphi_1 - \varphi_g) \cos 2\varphi_1 + 2 m \cdot \cos \psi \cos(\varphi_1 - \varphi_g) \cos(\varphi_g + \alpha_p + \varphi_1) \right]$$

$$\operatorname{tg} 2 p = \frac{2 A_1 \cdot A_2}{(A_1^2 - A_2^2) \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \delta_2}}$$

Für diesen Ausdruck wurden alle Bestimmungsgrößen ausgerechnet. Nach längeren Umrechnungen erhält man:

$$\operatorname{tg} 2 p_A = \frac{m^2 \sin 2(\varphi_g + \alpha_p) + 2m \cdot \cos \psi \cos(\varphi_1 - \varphi_g) \sin(\varphi_1 + \varphi_g + \alpha_p) + \cos^2(\varphi_1 - \varphi_g) \sin 2\varphi_1}{m^2 \cos 2(\varphi_g + \alpha_p) + 2m \cdot \cos \psi \cos(\varphi_1 - \varphi_g) \cos(\varphi_1 + \varphi_g + \alpha_p) + \cos^2(\varphi_1 - \varphi_g) \cdot \cos 2\varphi_1}$$

Für $m = 0$ (nur Bodenwelle) gibt die Formel

$$\operatorname{tg} 2 p = \operatorname{tg} 2 \varphi_1 \quad p = \varphi_1$$

und für $m = \infty$ erhält man (nur Raumwelle)

$$\operatorname{tg} 2 p = \operatorname{tg} 2(\varphi_g + \alpha_p) \quad p = \varphi_g + \alpha_p$$

Allerdings ist die angegebene Formel nicht geeignet, zwischen großer und kleiner Achse der Schirmbildellipse zu unterscheiden, da die Winkel auf diese Weise nur bis auf den Betrag $\pm \frac{n\pi}{2}$ bestimmt werden können.

Für die N-Zeit ergibt dieselbe Rechnung

$$\operatorname{tg} 2 p_N = \frac{-m^2 \sin 2(\varphi_g + \alpha_p) + 2m \cos \psi \sin(\varphi_1 - \varphi_g) \cos(\varphi_1 + \varphi_g + \alpha_p) + \sin^2(\varphi_1 - \varphi_g) \cdot \sin 2\varphi_1}{-m^2 \cos 2(\varphi_g + \alpha_p) - 2m \cos \psi \sin(\varphi_1 - \varphi_g) \cos(\varphi_1 + \varphi_g + \alpha_p) + \sin^2(\varphi_1 - \varphi_g) \cdot \cos 2\varphi_1}$$

Abschließend soll noch ein Zahlenbeispiel durchgerechnet werden, dem die geographische Konfiguration von Abbildung 16 (Anhang 1) zugrunde liegt

($\varphi_1 = 340^\circ$, $\varphi_g = 40^\circ$)
 schen Reflexion könn
 einer gewissen Willk
 (für $e^{\beta r} = 1$ wird
 änderliche behandel
 (7)

(8)

Den richtigen Wert
 man beachtet, daß f
 von m nur allmählich

Die Beziehungen (7)
 stehender Tabelle w
 aufgetragen.

ψ	0°
$\operatorname{tg} 2 p_A$	0,322
p_A	$8^\circ 55'$
$\operatorname{tg} 2 p_N$	-0,746
p_N	$-18^\circ 20'$
$\Delta p = p_A - p_N$	$27^\circ 15'$

Für einen bestimmte
 allgemeinen versch
 N- oder A-Zeichens.
 p_A bei $\psi \sim 47^\circ$ abge
 weiligen Phasenvers
 dernden Reflexionsv

Auf dem Schirmbild kann die Richtung der großen Ellipsenachse, das ist der (scheinbare) Peilwinkel p , abgelesen werden. Es soll nun in erster Linie eine Beziehung zwischen p und dem Azimutwinkel φ_1 des regulären Strahles hergestellt werden.

Die beiden Schwingungen E_1 und E_2 unterscheiden sich nach Amplitude und Phase; sie können also, wenn man gleich auf die Auslenkungen y und x auf dem Bildschirm übergeht, in folgender Form angenommen werden:

$$y = A_1 e^{j\delta_1} e^{j\omega t} = A_1 e^{j\omega t} (\cos \delta_1 + j \sin \delta_1),$$

$$x = A_2 e^{j\delta_2} e^{j\omega t} = A_2 e^{j\omega t} (\cos \delta_2 + j \sin \delta_2).$$

δ_1 und δ_2 sind die gegen einen an sich willkürlich gewählten Nullpunkt gerechneten Phasenverschiebungen der Schwingungen y und x . Für die Ausbildung der Ellipse ist jedoch die gegenseitige Phasenverschiebung der beiden Schwingungen maßgebend, also $\delta = \delta_2 - \delta_1$.

Außerdem ist nach den vorhergehenden Ausrechnungen für die A-Zeit

$$y = v \cdot E_1 = v \cdot C \dot{I}_A e^{j\omega t} \left[\cos(\varphi_1 - \varphi_g) \cos \varphi_1 + m e^{j\psi} \cos(\varphi_g + \alpha_p) \right],$$

$$x = v \cdot E_2 = v \cdot C \dot{I}_A e^{j\omega t} \left[\cos(\varphi_1 - \varphi_g) \sin \varphi_1 + m e^{j\psi} \sin(\varphi_g + \alpha_p) \right],$$

Durch Vergleich der y -Werte im Reellen und Imaginären erhält man

$$\cos \delta_1 \cdot A_1 = v \cdot C \dot{I}_A \left[\cos(\varphi_1 - \varphi_g) \cos \varphi_1 + m \cdot \cos \psi \cos(\varphi_g + \alpha_p) \right]$$

$$\sin \delta_1 \cdot A_1 = v \cdot C \dot{I}_A \left[m \cdot \sin \psi \cos(\varphi_g + \alpha_p) \right].$$

Daraus durch Division

$$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{m \cdot \sin \psi \cos(\varphi_g + \alpha_p)}{\cos(\varphi_1 - \varphi_g) \cos \varphi_1 + m \cdot \cos \psi \cos(\varphi_g + \alpha_p)},$$

Durch Vergleich der x -Werte erhält man

$$\cos \delta_2 \cdot A_2 = v \cdot C \dot{I}_A \left[\cos(\varphi_1 - \varphi_g) \sin \varphi_1 + m \cdot \cos \psi \sin(\varphi_g + \alpha_p) \right],$$

$$\sin \delta_2 \cdot A_2 = v \cdot C \dot{I}_A \left[m \cdot \sin \psi \sin(\varphi_g + \alpha_p) \right].$$

Daraus wie oben

$$\operatorname{tg} \delta_2 = \frac{m \cdot \sin \psi \cos(\varphi_g + \alpha_p)}{\cos(\varphi_1 - \varphi_g) \sin \varphi_1 + m \cdot \cos \psi \sin(\varphi_g + \alpha_p)}$$

$$\operatorname{tg} \delta = \operatorname{tg}(\delta_2 - \delta_1)$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\operatorname{tg} \delta_2 \cos \delta_1 - \operatorname{tg} \delta_1 \cos \delta_2}{\sin 2\varphi_1 \cos \delta_1 \cos \delta_2}$$

Die vollständige Gleitungen A_1 und A_2 und

$$A_1^2 x^2 + A_2^2 y^2 = \dots$$

Für die Richtung p d. bekannten Formel über

Außer δ haben wir also mitteln, was durch

$$A_1^2 \cos^2 \delta_1 = (v \cdot C \dot{I}_A)^2$$

(1)

(2)

Addition von (1) und

$$(5) \quad A_1^2 = (v \cdot C \dot{I}_A)^2$$

(5)

$$A_2^2 \cos^2 \delta_2 = (v \cdot C \dot{I}_A)^2$$

(3)

also bei einem Durchdrehen des Sendergoniometers mit umlaufen. Aber natürlich konnte man den Effekt in seiner ganzen Schärfe nur beobachten, solange man die Bodenwelle eliminieren kann,

Es trifft nun aber auch noch die normale Bodenwelle ein, welche ebenfalls Spannungen in den Empfängerrahmen erzeugt. Dabei soll berücksichtigt werden, daß für die Bodenwelle keine Spiegelung der Senderschleifen am Boden angenommen wurde; als Senderkonstante ist also $\frac{k}{2}$ einzusetzen. Ferner kann hier, da es sich um einen Vergleich mit der Raumwelle handelt, für die Bodenwelle ein empirisches Dämpfungsglied $e^{-\beta r}$ angenommen werden, dessen Zahlenwert aus Feldstärkemessungen ermittelt werden kann (nur für sehr große Entfernungen von Bedeutung). Unter diesen Voraussetzungen wird:

$$\begin{aligned}
 E_1'' &= j \mathcal{K} \frac{k}{2r} \dot{I}_A e^{j(\omega t - \frac{2\pi r}{\lambda})} e^{-\beta r} \cdot \cos(\varphi_1 - \varphi_g) \cdot \cos \varphi_1 \quad \text{für A-Zeit} \\
 E_1'' &= j \mathcal{K} \frac{k}{2r} \dot{I}_N e^{j(\omega t - \frac{2\pi r}{\lambda})} e^{-\beta r} \sin(\varphi_1 - \varphi_g) \cos \varphi_1 \quad \text{für N-Zeit} \\
 E_2'' &= j \mathcal{K} \frac{k}{2r} \dot{I}_A e^{j(\omega t - \frac{2\pi r}{\lambda})} e^{-\beta r} \cos(\varphi_1 - \varphi_g) \sin \varphi_1 \quad \text{für A-Zeit} \\
 E_2'' &= j \mathcal{K} \frac{k}{2r} \dot{I}_N e^{j(\omega t - \frac{2\pi r}{\lambda})} e^{-\beta r} \sin(\varphi_1 - \varphi_g) \sin \varphi_1 \quad \text{für N-Zeit}
 \end{aligned}$$

Wäre die Bodenwelle allein vorhanden, dann wäre der Peilwinkel in beiden Fällen,

$$\text{tg } p = \frac{E_2''}{E_1''} = \text{tg } \varphi_1, \quad p_A = p_N = \varphi_1,$$

wie es ja auch sein muß.

Überlagern sich dagegen beide Strahlungen, dann sind in den Empfangsrahmen die beiden Spannungen zu addieren; $E = E' + E''$.

Für A-Zeit:

$$\begin{aligned}
 E_1 &= j \frac{\mathcal{K}k}{2} \dot{I}_A e^{j\omega t} \left[\frac{1}{K} e^{-j(\frac{4\pi K}{\lambda} + \psi_\varphi)} \cos(\varphi_g + \alpha_p) + \frac{1}{r} e^{-\frac{2\pi r}{\lambda} - \beta r} \cos(\varphi_1 - \varphi_g) \cos \varphi_1 \right] \\
 &= j \frac{\mathcal{K}k}{2} \dot{I}_A e^{j\omega t} \left[\frac{1}{r} e^{-j\frac{2\pi r}{\lambda} - \beta r} \cos(\varphi_1 - \varphi_g) \cos \varphi_1 + \frac{r}{K} e^{\beta r} e^{j\psi} \cos(\varphi_g + \alpha_p) \right] \\
 &= C \dot{I}_A e^{j\omega t} \left[\cos(\varphi_1 - \varphi_g) \cos \varphi_1 + m e^{j\psi} \cos(\varphi_g + \alpha_p) \right]
 \end{aligned}$$

wobei

$$E_2' = C \dot{I}_A e^{j\omega t}$$

Für N-Zeit:

$$E_1 = C \dot{I}_N e^{j\omega t}$$

$$E_2 = C \dot{I}_N e^{j\omega t}$$

Wie man sich leicht spannungen der A-Ze in die Ausdrücke üb Betrachtung der Abb erwarten.

Die beiden Rahmensp cher Frequenz hand Röhre (Abb. 21).

Betrachtungen zulässig sein, mit einem Elevationswinkel $\gamma = 90^\circ$ zu rechnen. Dadurch lassen sich die mathematischen Ausdrücke erheblich vereinfachen.

Die Winkelausdrücke für den Sender werden gleich eins, während sie sich für den Empfänger folgendermaßen vereinfachen:

$$\begin{aligned} \mathcal{H}_{1e} &= \mathcal{H} \cdot \cos(\varphi + \alpha_p) \\ \mathcal{H}_{2e} &= \mathcal{H} \cdot \sin(\varphi + \alpha_p) \end{aligned}$$

Da wir senderseitig zwei Rahmen haben, treten auch hier zwei verschiedene Feldstärken auf:

$$\begin{aligned} \mathcal{H}_{1s} &= \frac{\pi^2}{62,5 \lambda^2 r} \text{ah} \dot{I}_{1s} \cdot e^{j(\omega t - \frac{2\pi \cdot r}{\lambda})} \\ &= \frac{k}{r} \cdot \dot{I}_A \cdot e^{j(\omega t - \frac{2\pi \cdot r}{\lambda})} \cos \varphi_g \quad \text{für die A-Zeit} \\ &= -\frac{k}{r} \dot{I}_N \cdot e^{j(\omega t - \frac{2\pi \cdot r}{\lambda})} \sin \varphi_g \quad \text{für die N-Zeit,} \end{aligned}$$

wobei hier $k = \frac{\pi^2}{62,5 \lambda^2} \cdot \text{ahc}$ und $c = \text{Goniometerkonstante}$.

$$\begin{aligned} \mathcal{H}_{2s} &= \frac{k}{r} \cdot \dot{I}_A \cdot e^{j(\omega t - \frac{2\pi \cdot r}{\lambda})} \cdot \sin \varphi_g \quad \text{für die A-Zeit,} \\ &= \frac{k}{r} \cdot \dot{I}_N \cdot e^{j(\omega t - \frac{2\pi \cdot r}{\lambda})} \cdot \cos \varphi_g \quad \text{für die N-Zeit.} \end{aligned}$$

Die Feldstärken \mathcal{H}_{1s} und \mathcal{H}_{2s} liegen in einer Horizontalebene senkrecht zueinander und sind zeitlich in Phase. Sie können deshalb zu einer ebenen Schwingung zusammengesetzt werden. Die Richtung von \mathcal{H}_s wird dann:

$$\begin{aligned} \varphi &= 90^\circ + \arctg \frac{\mathcal{H}_{2s}}{\mathcal{H}_{1s}} \quad \varphi = 90^\circ + \varphi_g \quad \text{für die A-Zeit,} \\ & \quad \varphi = 180^\circ + \varphi_g \quad \text{für die N-Zeit} \end{aligned}$$

Der resultierende magnetische Feldstärkevektor zeigt also in die Richtung des jeweiligen Minimums des Diagramms gemäß den Abbildungen 16 und 18 (entsprechend zeigt die elektrische Feldstärke in die Richtung des

Diagramm-Maximums) und springt die Feldstärken um den Winkel eventuelle Phasenverschiebungen durch die Höhenstrahlenspannungen induziert

Werden bei der Reflexion um den Winkel eventuelle Phasenverschiebungen durch die Höhenstrahlenspannungen induziert

$$\begin{aligned} E_1' &= j \mathcal{K} \frac{k}{2K} \cdot \dot{I}_A \cdot e^{j(\omega t - \frac{2\pi \cdot r}{\lambda})} \\ \text{bzw.} \\ E_1' &= -j \mathcal{K} \frac{k}{2K} \cdot \dot{I}_N \cdot e^{j(\omega t - \frac{2\pi \cdot r}{\lambda})} \\ \text{und} \\ E_2' &= j \mathcal{K} \frac{k}{2K} \cdot \dot{I}_A \cdot e^{j(\omega t - \frac{2\pi \cdot r}{\lambda})} \\ \text{bzw.} \\ E_2' &= j \mathcal{K} \frac{k}{2K} \cdot \dot{I}_N \cdot e^{j(\omega t - \frac{2\pi \cdot r}{\lambda})} \end{aligned}$$

In diesen Ansätzen ist

$$\begin{aligned} \mathcal{K} &= \dots \\ k &= \dots \\ K &= \dots \end{aligned}$$

Nehmen wir an, es käme erhalte man für beide Richtungen; für deren Richtung

$$\begin{aligned} \text{tg } \rho_A &= \dots \\ \text{tg } \rho_N &= \dots \end{aligned}$$

Die beiden Peilwinkel springen beim Umtasten

Die auf die Rahmenfläche 1 wirkende Feldstärke wird

$$\mathcal{E}_1 = \mathcal{E} \cos \alpha_p \cdot \cos \varphi - \mathcal{E} \sin \alpha_p \cdot \sin \gamma \sin \varphi,$$

während auf Rahmenfläche 2 die folgende Kombination einwirkt:

$$\mathcal{E}_2 = \mathcal{E} \cos \alpha_p \cdot \sin \varphi + \mathcal{E} \sin \alpha_p \cdot \sin \gamma \cos \varphi.$$

Die Verhältnisse am Sender werden durch die Reflexion am Boden beeinflusst, welche je nach Leitfähigkeit und DK des Erdreichs zwischen völliger Absorption und völliger Spiegelung liegen wird. Nach [16] ist als Reflexionskoeffizient für horizontale Polarisation der Wert $-0,8$ für $\mu_1 = \mu_2 = 1$, $\epsilon_2 = 80$ und senkrechten Einfall anzusetzen. Da dieser Wert nicht sehr verschieden von -1 ist, kann man mit praktisch hinreichender Genauigkeit annehmen, daß die horizontal polarisierte Ausstrahlung so erfolgen wird, als ob sie von einem Rahmen mit ca. 116 m Höhe und ca. 34 m Breite herkäme, denn die untere horizontale Rahmenseite wird infolge ihrer großen Bodennähe durch Spiegelung weitgehend kompensiert (vgl. Abb. 19).

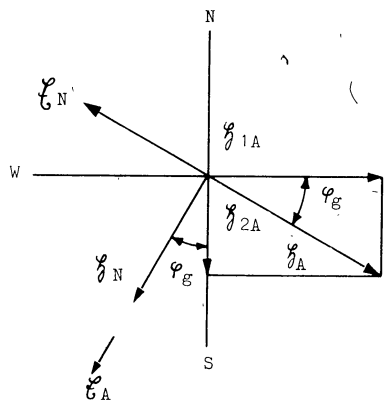
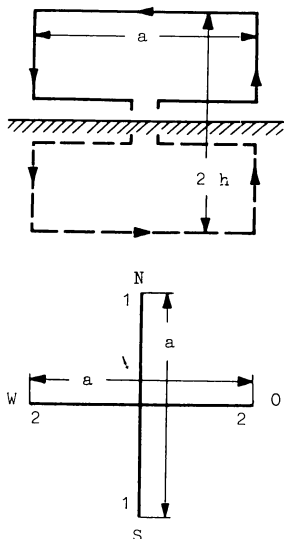


Abbildung 19

Senderschleifen in Grund- und Aufsicht sowie Darstellung der Höhenstrahlung

Abstrahlung

In diesem Falle sind
hen, deren Zusammen
bildung 20 zu ersehe
Nach den Regeln für

$$\cos \varphi_H =$$

Der für die Abstrahl

$$\cos \varphi_H \cos^2 \gamma$$

Die Feldstärkewerte

$$\mathcal{E} = -\frac{480\pi^2}{\lambda^2 \cdot r} a$$

$$\mathcal{E} = \frac{\pi^2}{62,5 \lambda^2 r} a$$

Nach den Hauptausfü
fende Höhenstrahlung
destens 80° annehme

- α_p = Polarisationswinkel
- β = empirische Dämpfungskonstante
- γ = Elevationswinkel
- γ_H = Elevationswinkel für horizontal polarisierte Strahlen
- δ = Phasenverschiebung der Schwingungen von x bzw. y
- δ_1 = Phasenlage der Schwingung in Richtung y-Achse
- δ_2 = Phasenlage der Schwingung in Richtung x-Achse
- ϵ = Dielektrizitätskonstante
- χ = Konstante
- λ = Wellenlänge
- φ = Azimutwinkel
- φ_1 = Azimut von Sender Appercha gemessen in Riem
- φ_H = Azimutwinkel für horizontal polarisierte Strahlung
- φ_g = Goniometereinstellung am Sender in Winkelgraden gemessen
- ψ = Phasenverschiebung
- ψ_g = Phasenverschiebung bei der Reflexion an der Ionosphäre
- ρ = Reflexionsfaktor
- μ = Permeabilität Index 1 für Luft, Index 2 für Boden bzw. Wasser

wobei μ die Permeabi
 Laufweg der Welle vo
 soll. Mit $\omega = 2\pi \cdot \frac{c}{\lambda}$

E

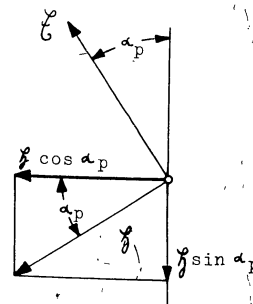
für χ

Natürlich kann man f
 trische Feldstärke b
 Komponente maßgebend

⊗
 ⊗
 ⊗

In Abbildung 18 ist
 (in der Ebene senkre
 Mitte die Vertikaleb
 Grundriß.

Phasenebene



Es wird berechnet, welche Spannungen in einer Rahmenantenne bei einer schräg von oben einfallenden Welle entstehen. Dabei wird angenommen, daß die Schwingungsebene des Strahles durch die Reflexion an der Ionosphäre um den Polarisationswinkel α_p aus der Senkrechten herausgedreht wurde. Dagegen soll eine Strahlspaltung durch Doppelbrechung nicht berücksichtigt werden.

Die in einem Rahmen induzierte Spannung kann z.B. aus der senkrecht zur Rahmenebene stehenden magnetischen Feldstärke ermittelt werden. Ist der Rahmen so klein, daß \mathcal{H} über die ganze Windungsfläche als konstant betrachtet werden kann, dann wird der Augenblickswert der induzierten Spannung:

$$e = Fw \mu \cdot \frac{d\mathcal{H}}{dt} \cdot 10^{-8} \text{ [V]},$$

Für $\mathcal{H} = H \cdot e^{j(\omega t - \frac{2\pi \cdot r}{\lambda})}$ wird

$$E = Fw \mu \cdot j \omega H e^{j(\omega t - \frac{2\pi \cdot r}{\lambda})} \cdot 10^{-8} \text{ [V]},$$

Aufnahme schräg

$$m_A = 0,5 \left| \frac{\cos 217^\circ}{\cos 302^\circ} \right| = 0,5 \frac{\cos 37^\circ}{\cos 58^\circ} = 0,753$$

$$m_N = 0,5 \left| \frac{\sin 217^\circ}{\sin 302^\circ} \right| = 0,5 \frac{\sin 37^\circ}{\sin 58^\circ} = 0,356$$

Über die Größe von ψ ließen sich nur bei ganz genauer Vermessung bestimmte Angaben machen. Am besten behandelt man ψ als Veränderliche. Für $\pm \psi$ erhält man denselben Peilfehler, man braucht also nur den Bereich von 0 bis 180° zu betrachten.

Mit den angegebenen Zahlenwerten wird

$$f_A = \frac{1}{2} \arctg \frac{0,447 + 0,658 \cdot \cos \psi}{1,350 + 1,353 \cdot \cos \psi}$$

$$f_N = \frac{1}{2} \arctg \frac{0,992 + 0,312 \cdot \cos \psi}{1,078 + 0,640 \cdot \cos \psi}$$

In Abbildung 17 sind die beiden Funktionen $f_{(A)}$ und $f_{(N)}$ in Abhängigkeit von der Phasendifferenz ψ dargestellt. Für einen bestimmten Wert von ψ erhält man zwei Peilungen, die entweder dem N-Zeichen oder dem A-Zeichen zuzuordnen sind. Die Differenz der beiden Peilungen, die für alle Werte von ψ mit Ausnahme des speziellen Falles von f_A bei $\psi = 135^\circ 50'$ unrichtig sind, ergibt den Peilsprung Δp .

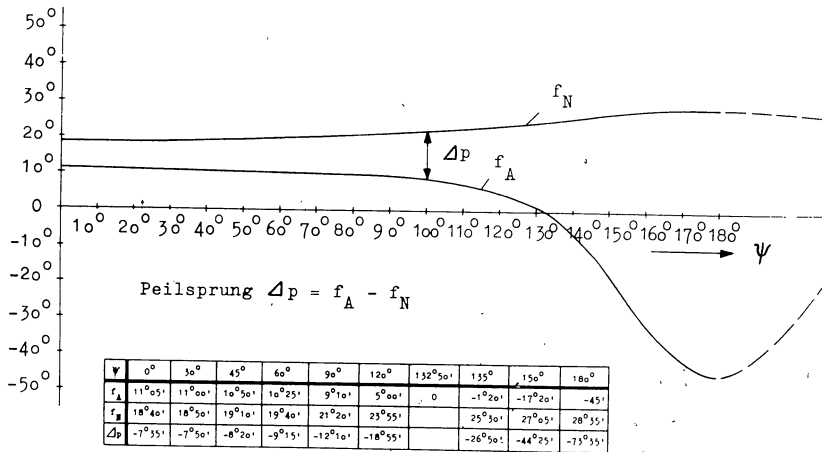


Abbildung 17
Peilfehler und Peilsprung eines Vierkursfunkfeuers mit Sekundärstrahler in Abhängigkeit von der Phasenverschiebung ψ am Empfangsort gerechnet

Berechnung von Peilung polarisierter Strahlung

Bedeutung der einzelnen

- a = Breite des Senders
- c = Lichtgeschwindigkeit
- c = Goniometerkonstante
- e = Momentanwert
- Index e = empfangssender
- h = Höhe des Senders
- j = $\sqrt{-1}$
- k = Konstante
- p = Peilung in Grad
- Index s = senderseitig
- v = Verstärkungsfaktor
- x = waagerechte Komponente
- y = senkrechte Komponente
- A₁ = Amplitude im Empfänger
- A₂ = Amplitude im Sender
- Index A = auf die Antenne
- DK = Dielektrische Konstante
- E = elektrischer Feldwert
- E = elektrischer Feldwert
- E = Effektivwert
- E' = im Empfänger
- FW = Windungsfläche
- G = magnetischer Feldwert
- G = magnetischer Feldwert
- H = Effektivwert
- H' = Effektivwert
- E'' = im Kreuzrahmen
- I = Antennenstrom
- K = effektive Höhe
- Index N = auf die Netze
- P = Pointingsche

Das Amplitudenverhältnis der beiden Strahlen wird

$$m_A = \left| \frac{\mathcal{E}'_A}{\mathcal{E}_A} \right| = \rho \cdot \frac{r}{s+t} \left| \frac{\cos(\varphi_3 - \varphi_g)}{\cos(\varphi_1 - \varphi_g)} \right|$$

$$m_N = \left| \frac{\mathcal{E}'_N}{\mathcal{E}_N} \right| = \rho \cdot \frac{r}{s+t} \left| \frac{\sin(\varphi_3 - \varphi_g)}{\sin(\varphi_1 - \varphi_g)} \right|$$

Die Amplitudenverhältnisse sind also für die beiden Ausstrahlungszeiten A und N verschieden und damit ergeben sich auch zwei verschiedene Peilfehler f_A und f_N . Das heißt aber, daß die Peilanzeige beim Umtasten um den Wert $\Delta p = f_A - f_N$ aus der einen in die andere Lage springt. Die Phasenverschiebung zwischen den beiden Wellen ist dagegen für die beiden Zeitabschnitte die gleiche, nämlich

$$\psi = \frac{2\pi}{\lambda} (s + t - r) + \psi_\rho.$$

Einige Sonderfälle gestatten eine anschauliche Deutung der Formeln:

a) Reflektor liege in Richtung eines Ausstrahlungsmaximums und damit auch in Richtung des Minimums des anderen Diagramms, z.B.:

$$\varphi_g = \varphi_3 - 180^\circ. \text{ Dann wird}$$

$$m_A = \rho \frac{r}{(s+t) \cos(\varphi_1 - \varphi_g)} \text{ und}$$

$$m_N = 0.$$

Damit erhält f_A einen bestimmten Wert, während $f_N = 0$ wird. Da der Sender während einer N-Zeit in Richtung zum Reflektor überhaupt nicht strahlt, muß in der N-Zeit natürlich fehlerfrei gepeilt werden. Der Reflektor kann nur die Peilung während der A-Zeit stören.

b) Nun liege der Empfänger in Richtung eines Diagramm-Maximums, z.B.:

$$\varphi_g + 90^\circ = \varphi_1 - 180^\circ. \text{ Damit erhält man}$$

$$m_A = \rho \frac{r}{s+t} \cdot \frac{\cos(\varphi_3 - \varphi_g)}{\cos 270^\circ} = \infty$$

$$f_A = \frac{1}{2} \text{arc tg} \frac{\sin 2\Delta\varphi}{\cos 2\Delta\varphi} = \Delta\varphi$$

$$P_A = \varphi_1 + f_A = \varphi_1 + \Delta\varphi$$

Da in der A-Zeit nur der Reflektor angepeilt

c) Kombination der beiden Reflektoren reflektiert ein Diagramm

also:

Damit wird

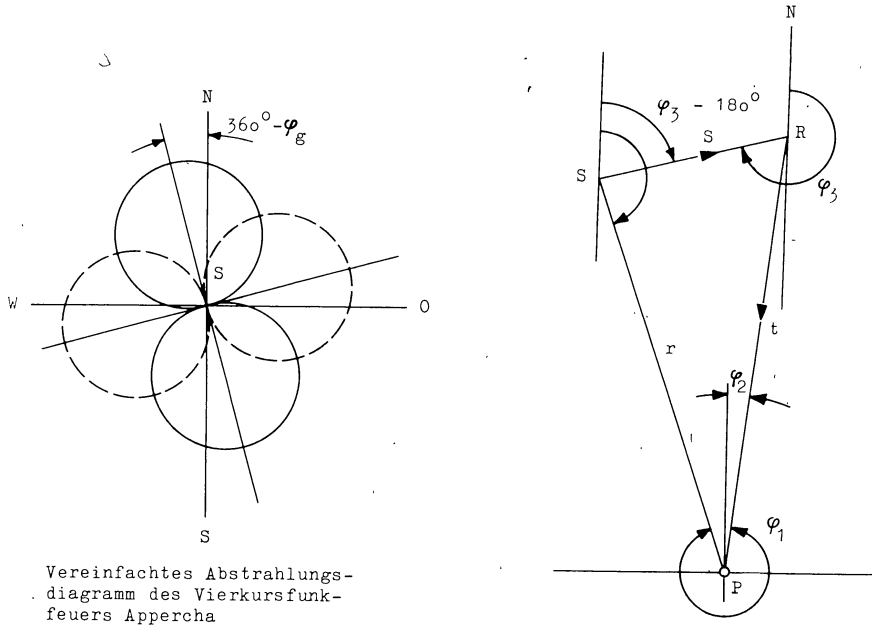
Der Peilsprung wird,

Die Peilanzeige sowohl förmig, da jeweils nur eine Meinung, daß strichfrei Peilung ergibt

d) Selbst wenn Empfänger m_A und m_N verschieden auf. Nur für den beschränkt sich auf einem oder womit der Peilsprung fehler vorhanden bleibt

Zählbeispiel (mit Faktoren soll angenommen)

Dann wird,



Vereinfachtes Abstrahlungsdiagramm des Vierkursfunkfeuers Appercha

P = Peilstelle in München-Riem
 S = Vierkursfunkfeuer Appercha bei Freising
 R = Angenommener Reflektor bei Freising

Abbildung 16
 Geographische Annahmen

Alle Peilwinkel rechtweisend gemessen
 (im Uhrzeigersinn)

r = S	P = 27,8 km	$\varphi_1 = 341^\circ$	$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = 26^\circ$ $\varphi_g =$ Goniometer-einstellung
s = S	R = 13,7 km	$\varphi_2 = 7^\circ$	
t = R	P = 30,0 km	$\varphi_3 = 256^\circ$	

Abbildung 16 zeigt ein System von Sender, Reflektor und Empfänger. Im Empfänger treffen zwei kohärente Strahlen ein mit dem Azimutunterschied $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$. Diese beiden Strahlen geben selbst bei Verwendung eines

fehlerfreien Adcocks
 $f = p - \varphi_1$ (wobei m
 Röhre bezeichnet wir
 tudenverhältnis m un
 Empfangsort ab. Nach

$$f = \frac{1}{2}$$

Der Vorgang der Refl
 Feldstärke proportio
 mit einer gewissen
 verändert vertikale

Es ergeben sich dann
 a) für A-Zeit:
 direkter Strahl:

reflektierter Str

$$\varphi_A = \varphi \frac{c \cdot k}{s+t}$$

$$= -\varphi \frac{c \cdot k}{s+t}$$

b) für N-Zeit:
 direkter Strahl:

reflektierter Str

$$\varphi_N = \varphi \frac{c \cdot k}{s+t}$$

$$= -\varphi \frac{c \cdot k}{s+t}$$

- [10] WILLIAMS, C. Low Frequency Radio-Wave Propagation by the Ionosphere, with particular reference to long-distance navigation. Proc.I.E.E. 98 (1951) Part 3, S. 81 - 89
- [11] BUSIGNIES, H. Evaluation of Night Errors in Aircraft Direction Finding, 150 - 1500 Kilocycles. Electrical Communication 23 (March 1946) Nr.1, S. 42 - 62
- [12] GABLER, H. und G. GRESKY Schirmbildanzeige bei Sichtfunkpeilungen kohärenter Wellen auf Schiffen. Deutsche Hydrographische Zeitschrift 2 (1956) Heft 3, S. 109 - 120
- [13] MILLINGTON, G. The Effect of the Earth's Magnetic Field on Short-Wave Communication by the Ionosphere. Proc.I.E.E. 98 (1951) Part 3, S. 81 - 89
- [14] BERNDORFER, F. Peilmißweisungen im Verwirrungsgebiet zweier Gleichwellensender. Mitteilungen aus dem Flugfunk-Forschungsinstitut Oberpfaffenhofen und der Drahtlos-telegraphischen und Luftpfelektrischen Versuchsstation Gräfelfing, Sonderband 1942, S. 39-45
- [15] PIETZNER, J. Untersuchung des Interferenzfeldes elektromagnetischer Wellen mit dem Sichtfunkpeiler. FZ 7 (1954) Heft 2, S. 80 - 84
- [16] PIERCE, G.W. Electrical Oscillations and Electrical Waves. S. 403 - 407 McGraw-Hill Book Company, 1920
- [17] MIRAM, P. Automatische Funkpeilverfahren mit Elektronenstrahl-Sichtgeräten. Ingenieur-Beilage zur Funkschau (1955) Heft 4 und 5, S. 25 - 30 und 36 - 39

Berechnungsbe

Die einzelnen Buchst.
Index A = Wert, bezog
getastet v
Index N = Wert, bezog
getastet v

- c = Goniometerkon
E = Feldstärke de
E' = Feldstärke de
k = Konstante
f = Peilfehler
 Δp = Peilsprung
p = Peilanzeige d
m = Amplitudenver
i = Antennenstrom
r = Abstand Sende
s = Abstand Sende
t = Abstand Refle
 φ_1 = Azimut von Se
 φ_2 = Azimut von Re
 φ_3 = Winkel NRS in
 φ_g = Goniometerein
 γ = Elevationswin
 ψ = Phasendiffere
 ρ = Reflexionsfak
 ψ_ρ = Phasenverschi
 λ = Wellenlänge i
 $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$

Peilung mittels Sichtfunkpeiler. Durch theoretische und experimentelle Untersuchungen wird nachgewiesen, daß das Springen der Peilanzeige im Rhythmus der Tastung des Vierkursfunkfeuers auf der Interferenz zweier am Beobachtungsort von verschiedenen Sendern gleicher oder nahezu gleicher Frequenz einfallender Wellen beruht. Der Empfang des Vierkursfunkfeuers wird von einem fernen Sender gestört.

Die Peilanzeige ist sowohl von dem jeweiligen Schwebungszustand der einfallenden Frequenzen wie auch von ihrem Amplitudenverhältnis abhängig. Bei ungetasteten Sendern führt dies zu einem unsymmetrischen langsamen Pendeln um die wahre Peilrichtung. Bei kurzzeitigen Amplitudenänderungen, wie z.B. bei der Tastung von Leitstrahlen oder Kennungen, kann die Änderung der Peilung sprunghaft vor sich gehen.

Die Untersuchung klärt eindeutig, daß weder Ausbreitungserscheinungen der Funkwellen noch Eigenschaften der Peilgeräte am Zustandekommen der Peilfehler beteiligt sind. Im Falle einer betriebsmäßigen Störung in der Funknavigation (Anzeigeschwankung eines Radiokompasses an Bord von Flugzeugen), die unter gewissen geographisch-räumlichen Voraussetzungen auftreten kann, besteht die einfache Möglichkeit, durch geringe Frequenzverschiebung eines der fraglichen Sender das Auftreten von Peilfehlern zu vermeiden.

Dr.-Ing. Hans Joachim ZETZMANN, Weßling
Dipl.-Ing. Robert August WENDLINGER, München
Dr.-Ing. Hermann ZAUSCHER, Steinebach/Wörthsee

[1] STANNER, W.

[2] WÄCHTLER, M.

[3] KÜMMICH, R.

[4]

[5] HEER, O.

[6] FEGER, Th. und
W. URBACH

[7]

[8] WÄCHTLER, M.

[9] PIETZNER, J.

in bezug auf die Phasenlage des Störers (hier Modau) verändert wird. Durch diese Phasenänderung ändert sich die resultierende Peilrichtung, die durch das gleichzeitige Einfallen der Strahlung zweier Sender gleicher Frequenz entsteht.

Nachdem nunmehr eine klare Deutung der Erscheinungen vorlag, lag es nahe, einen abschließenden Beweis durch eine laboratorielle Nachbildung des genannten Effekts zu erbringen. Hierzu wurde das Sichtpeilgerät mit Rahmenantenne im Laboratorium aufgebaut und in der Nähe ein mit einem Reservequarz vom Vierkursfunkfeuer Appercha arbeitender kleiner Sender von 1 W Leistung ohne Antenne betrieben.

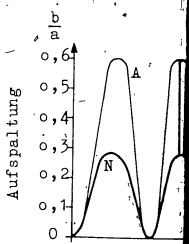
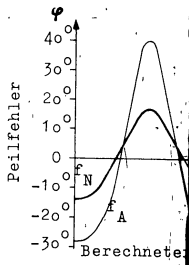
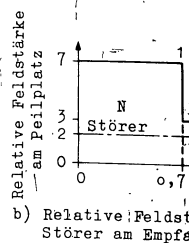
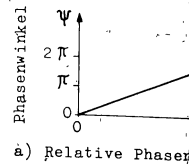
Nach Einstellen des Sichtpeilers auf die Frequenz von Appercha ¹⁰⁾ und Nachziehen des Oszillatorquarzes auf eine Differenzfrequenz von etwa 0,5 Hz ergaben sich die gleichen sprunghaften Peilanzeigen beim Tasten von Appercha, wie sie im Normalempfang beobachtet wurden. Diese laboratorielle Nachbildung der Erscheinungen wurde in einem Schmalfilm dokumentarisch festgehalten.

In den Abbildungen 15a bis d sind die wesentlichen Zusammenhänge für das Umspringen der Peilanzeige bei einem Vierkursfunkfeuer, das durch einen fernen Sender konstanter Amplitude gestört ist, wiedergegeben. In Abbildung 15c sind zwei Kurven aufgetragen, von denen die eine für die (errechnete) Peilung der A-Tastung, die andere für die der N-Tastung gilt. Infolge der bei der Tastung auftretenden Amplitudenänderungen springt der Peilwert jeweils von der einen auf die andere Kurve über. Die jeweilige Größe und der Sinn des Peilsprungs hängen von der jeweiligen Schwingungsphase und dem von ihr völlig unabhängigen Tastrhythmus ab. Diese Tatsache erklärt die scheinbare Unregelmäßigkeit des Auftretens. In Abbildung 15d sind ferner die zugehörigen Werte der Aufspaltung der (scheinbaren) Peilellipsen aufgetragen und zeigen ebenfalls durch die dick ausgezogene Linie das Springen der Aufspaltung im Rhythmus der Tastung.

IV. Zusammenfassung

Die Arbeit klärt die bisher physikalisch nicht deutbare Beobachtung des Springens der Peilanzeige eines Leitstrahl-Vierkursfunkfeuers bei der

¹⁰⁾ am Tage! Der Versuch wurde bei der geringsten Empfindlichkeit des Gerätes durchgeführt, um den Einfluß fremder Störer mit Sicherheit auszuschließen



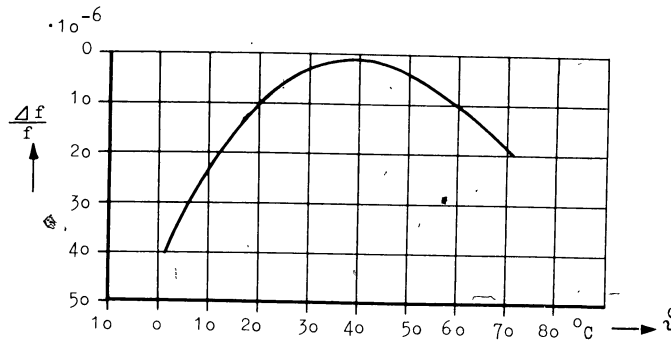


Abbildung 14
Verlauf der Frequenzänderung $\Delta f/f$ eines Sender-Quarzes
in Abhängigkeit von der Temperatur

Annahmen, nämlich den jeweiligen Amplituden, der Differenz der Azimuthwinkel und von der Phasendifferenz der beiden einfallenden Wellen abhängig ist!

Um allen praktischen Verhältnissen gerecht zu werden, wurden zwei unterschiedliche Annahmen gemacht. Bei der Berechnung gemäß Anhang 3 ist vorausgesetzt, daß sich zwei Sender im Synchronismus befinden und am Empfangsort nur Phasenabweichungen auftreten. Diese sollen senderseitig durch die oben geschilderten Verhältnisse bei der Quarzsteuerung bedingt sein. Dann haben wir den Fall, der dem Betrieb von Gleichwellensendern entspricht. Im Abstrahlungsfeld dieser Sender entsteht eine Zone, die Peilfehler verursacht und als Verwirrungsgebiet bezeichnet wird. Peilfehler in solchen Verwirrungszonen sind schon vor fast 20 Jahren im hiesigen Institut untersucht und berechnet worden [14]⁸⁾. Diese Möglichkeit des Synchronismus ferner Sender dürfte aber im vorliegenden Falle nur mit geringer Wahrscheinlichkeit, d.h. so selten auftreten, daß sie für das vorliegende Beobachtungsmaterial nicht allein verantwortlich gemacht werden konnte.

8) Diese Erkenntnis führte z.B. bei Ausbruch des zweiten Weltkrieges zu der Maßnahme, sämtliche deutschen Großrundfunksender auf Gleichwelle umzustellen, um ihre peilmaßige Ausnutzung für die Navigation durch Feindflugzeuge zu verhindern

Bei der weiteren Beobachtung, daß die beiden am Beobachtungsort mit fast gleichem Winkel einfallen, soll sehr klein, etwa 1 Grad, sein. Den tatsächlich beobachteten Werten, auch die Rechnung zu vergleichen. Als weiterer Beweis eines Störeffekts

Der Sichtpeiler erlaubte die Beobachtung des Trägers oder der Peilstrahländerungen, die bei der Beobachtung beider Seitenbänder festgestellt werden, daß die Beobachtung schalte einer Raumwellen- oder Schirmbilder bei Em

Die Zunahme des Sprunges, das zusätzliche Einstrahlungsstärke des empfangenen Signals. Mit der vorstehenden Beobachtung "Garmisch" vom 1. März 1941, die Zeit der Deutung wird erklärt werden. "Nach gemessenen Werten, daß ein rasches Verändern der Peilung die Verdrehung des

9) Oben beschriebene Funkfeuer beobachtet werden, bei diesen nur die Ausbreitungen vorhanden sind, die Ausbreitungen starker werden. Sämtliche NDB Nicosia befindliches ame

überlagerten sich zwei bis drei Tragerwellen und Seitenbänder dicht benachbarter Stationen, so daß eine Peilung vollkommen unmöglich wurde.

Die Beobachtungen der übrigen Vierkurs-Funkfeuer ergab während der ganzen Beobachtungszeit kein einziges Mal sprunghafte Peilungen (Beobachtung mit Adcock-Antenne).

Die häufig auftretende Aufspaltung des Peilstrichs zu einer Ellipse, die bei den meisten Aufnahmen, vergleiche z.B. die Registrier-Filmaufnahmen (Abbildungen 3 bis 6 und 13), zu beobachten war, ist in diesem Zusammenhang für fast alle Bilder ohne Bedeutung [12] 7).

III. Deutung der sprunghaften Peilanzeigen auf Grund weiterer Rechnungen und Nachbildung des Effekts im Laboratorium

Die Auswertung der vorgenannten Beobachtungen und Berechnungen ergab mit großer Sicherheit, daß kein Wellenausbreitungseffekt, wie etwa Großkreisauswanderung, Doppelbrechung oder Strahlaufspaltung wie bei Kurzwellen [13] und Reflexion an Sekundärstrahlern die Ursache zu dem Springen der Peilanzeige sein konnte. Vielmehr war zwingend der Schluß zu ziehen, daß zu ihrem Entstehen immer ein genau oder beinahe auf der gleichen Frequenz (Abweichungen bis zu einigen Hertz) arbeitender zweiter Sender der Anlaß sein mußte.

Im speziellen Falle der Funkfeuer Appercha und Modau arbeiten die Sender auf der gleichen Frequenz von 310 kHz. Da die heutigen Sender-Quarze im allgemeinen einen Frequenzgang in Abhängigkeit von der Temperatur besitzen, wie ihn Abbildung 14 zeigt, und in ihrer Frequenz durch Thermostaten in der Nähe des Umkehrpunktes der Kurve gehalten werden, können Raumtemperatur- und Spannungsschwankungen eine gewisse, wenn auch kleine Frequenzwanderung verursachen. Sind die Quarze zweier verschiedener Sender an sich auf die genau gleiche Frequenz geschliffen, so werden sie nach der Erfahrung trotzdem in unregelmäßigen Zeitabständen für beliebige

7) Der Vergleich der Abbildungen 12 und 13 zeigt Ellipsen, die trotz gleichen Aussehens verschiedene Ursachen haben! Auf dieser Tatsache beruhten die ursprünglichen Ausdeutungsschwierigkeiten, weil man die Konfiguration des Peilbildes als Ellipse gemäß den beim Sichtpeiler fast immer üblichen Peilanzeigen als aus ihrem kohärenten Strahlungseinfall stammend niemals in Zweifel zog

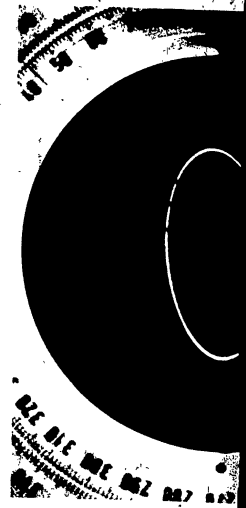
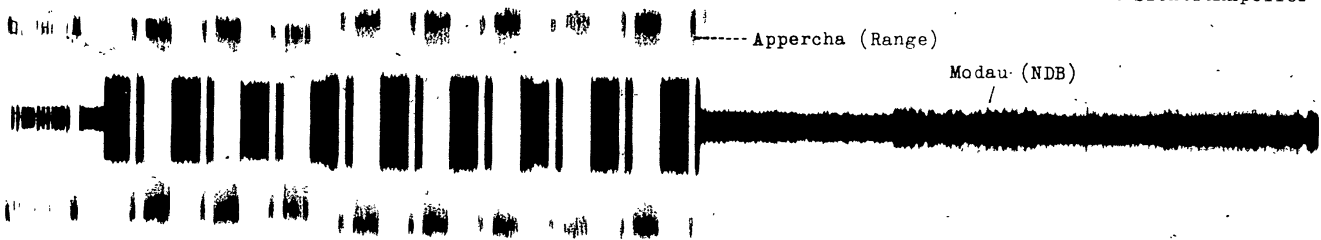


Abbildung
Peilellipse, durch Wellenzüge mit gegen differenz gebildet, Sekundärstrahlung oder Ionosphäre

Zeit um geringe Betrag noch an, daß die bei Impedanz etwas streckschiebungen erzeugungen gleicher Frequenz aus verschiedenen Anlässen eine sich aus dem Peilrichtung anzeigen Die weiteren unter ergaben, daß der Wesentlich ändern un

Aufnahme 20.12.55 17.00 Uhr

Adcockantenne mit Plath-chem Sichtfunkpeiler



Seite 14

Abbildung 10

- Registrierung während eines zufälligen Senderausfalles von VKFF Appercha 310 kHz.
In der rechten Hälfte des Bildes ist die Modulation des ungerichteten Funkfeuers Modau zu sehen



Zu den in II. ... vorgelegten Beobachtungsergebnissen ist an dieser Stelle folgendes zu ergänzen. In den Tastpausen, wenn z.B. das Funkfeuer Appercha den HF-Träger vollkommen abschaltet, wie es aus den Abbildungen 9 und 10, 11a und 11b zu ersehen ist, ließ sich immer eine zusätzliche auf dieser Frequenz sendende Station feststellen. Diese Feststellung sollte für die weiteren Untersuchungen wesentlich werden.

Die Tagesbeobachtungen ergaben ferner, daß bei der Tastung die kleinere Amplitude eine größere maximale Abweichung von der richtigen Peilung zeigt als die große Amplitude. Als Störer in diesem speziellen Falle ergab sich das ungerichtete Funkfeuer Modau, das auf der gleichen Frequenz von 310 kHz arbeitet. Bei einer kurzzeitigen Abschaltung von Modau, die die FS-Leitstelle München zu einer vereinbarten Zeit veranlassen konnte, war es möglich, noch zwei weitere Stationen, die auf der gleichen Frequenz arbeiteten, zu peilen, aber nicht mit Sicherheit zu identifizieren⁶⁾.

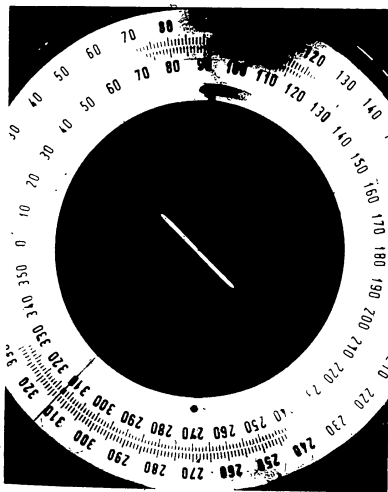


Abbildung 7
Zeichen N

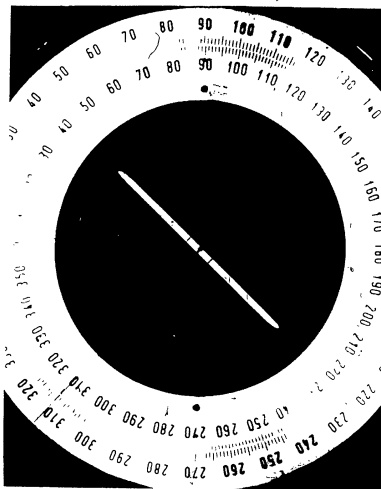


Abbildung 8
Zeichen A

6) Nach auf unseren Wunsch hin gemachten Peilungen der Funkkontrollstelle Socking der DBP, konnte ein ungerichtetes Funkfeuer bei Kottbus (310 kHz) festgestellt werden. Die zweite Station ist vermutlich ein Vierkursfunkfeuer bei Prag

Ungerichtet
Tastpaus

Abbildungen 7
Appercha in München
"Eichen". Sie
sowie die Stör-
(In der Betriebs-
Strich kein Maß

Diese beiden Stationen
Das Amplitudenverhältnis
Appercha und dem Stör-
Tage annähernd 7 : 3
und 11 hervorgeht (s
Bei Beginn der Dämmerung
eine allmähliche Ver-
Beim Morgengrauen geht
zurück. Die Nachtbedin-
und des Nachteffekts
einfachsten Falle auf
liebigen Polarisations

der normalen vertikal polarisierten Strahlung verursacht würden. Die durch diese Strahlung in der Empfangsantenne erzeugte EMK nimmt mit dem \cos^2 des Elevationswinkels ab. Da bei einer Höhe der reflektierenden E-Schicht von 80 bis 100 km (vgl. z.B. [10]) ein Elevationswinkel von 80 bis 82° vorliegt, wurde die Raumwelle nur maximal mit 2 bis 3 % des Betrages der Bodenwelle einfallen. In dieser Größe wäre die Raumwelle aber nicht imstande, das Peilerggebnis so merklich zu beeinflussen, wie es tatsächlich der Fall ist. Der horizontale Teil der Sendeantenne [5,6] besitzt dagegen eine nicht zu vernachlässigende Höhenabstrahlung. Mit einer Höhe von 17 m über Grund und einer Länge von 16 m erzeugt dieser (für sich allein betrachtet) ein annähernd kugelförmiges Abstrahlungsdiagramm. Bei Reflexion dieser Höhenstrahlung an der Ionosphäre können sich zusammen mit der Bodenwelle unter der Bedingung, daß mit Kreuzrahmenantenne empfangen wird, sprunghafte Peilrichtungsänderungen erklären lassen, wie die Berechnung (Anhang 2) zeigt.

Dieses rechnerische Ergebnis ist aber deswegen auch nicht befriedigend, weil es das Auftreten von Peilsprüngen bei Tage, wenn keine Raumwellen vorhanden sind, nicht erklären kann. Ebenso wenig sind hierdurch die beim Empfang mit einer Adcock-Antenne am Tage zu beobachtenden Peilsprünge deutbar, die nach obigen Voraussetzungen nur beim Empfang mit Rahmenantenne auftreten dürften.

Die beiden vorstehend kurz diskutierten Rechenergebnisse, deren Einzelheiten aus Anhang 1 und 2 hervorgehen, ließen für den weiteren Gang der Untersuchungen erkennen, daß aus der bisherigen Betrachtungsweise keine ausreichende Erklärung für die Erscheinungen zu erwarten sein dürfte. Daher wurde auch das Peilgerät selbst in die Untersuchung einbezogen und die Beobachtungsmethodik erweitert.

3. Praktische Untersuchungen

a) Am Sichtfunkpeilgerät selbst

Das Sichtfunkpeilgerät, das die Firma C. Plath für die Untersuchungen zur Verfügung gestellt hatte, war ein Entwicklungsmuster. Um Gewißheit zu bekommen, daß nicht Fehler im Gerät die Meßergebnisse falschen konnten, war es notwendig, das Gerät im Zuge der genannten allgemeinen Fehlereliminierung einer eingehenden Prüfung zu unterziehen.

Die Prüfung der beiden nicht übersteuert wurde Empfang von getastet sprunghafte Vorgetastet

Bei Einspeisung eines lichen Übersprechen Antennenverstärker: h Verbesserung der Abs

In das Entwicklungsm wurde, war in Abände anderer Seite eine E wies sich als Fehler Aufdrehen des Lautst erzeugte am Netzteil durch wurde der vorg und Phasenabgleich d rätefehler konnten z Funkfeuers München-R getäuscht werden. Na frei. Es mußte daher daß ein Teil unserer sondere aber die von

b) Weitere Peilmessu

Die Beobachtungen er Riem mit der eigens Adcock-Peilanlage 4). Einfluß des Nachteff lichkeit weitere von Funkfeuer beobachtet zeitige Messungen mi

- 4) Vgl. DVL-Bericht Langwellen-U-Adco
- 5) Der Empfang von C Feldstärken und r unseren Adcock-Be abgeleitet werden

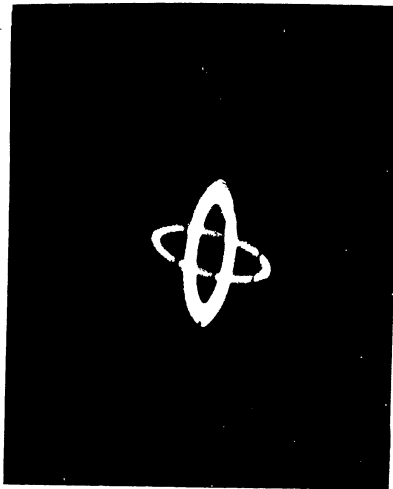


Abbildung 3

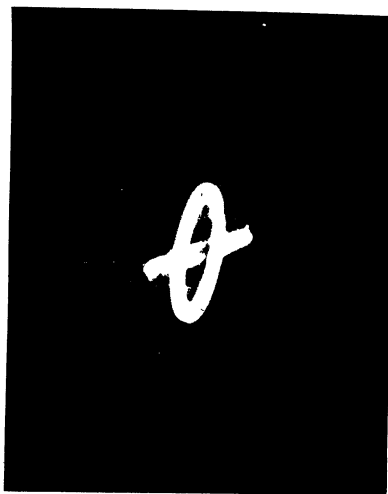


Abbildung 4

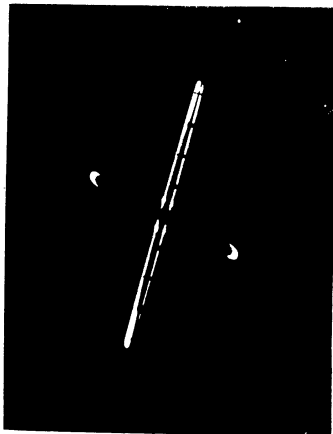


Abbildung 5

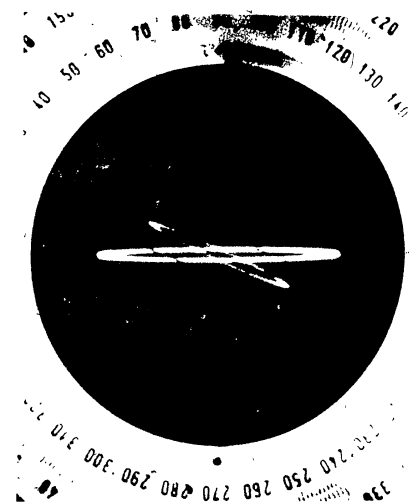


Abbildung 6

Die Abbildungen 3 bis 6 zeigen das Umspringen der Peilanlage mit der Tastung des Vierkursfunkfeuers Appercha unter verschiedenen Sprungwinkeln (Schmaifilm-Registrierer-Aufnahmen vom 20.1.66, 11.00 Uhr)

Obwohl, wie das Ende
nungen durch das Zus
der Strahlungen zu
nungen wiedergegeben
dafür sind, daß man
matische Eingrenzung
vielseitig erklärbar

2. Berechnungen

a) Annahme eines te

Unter der Voraussetz
lung vorhanden ist,
bei Leitstrahlsende
Senders (oder mehrer
früheren Erfahrungen
auch Hochspannungsl
Gebiet südlich des
nung unter der Anna
Peilfehler, der von

- a) dem Amplitudenv
- b) dem sendeseitigen
- c) dem Standort des
- d) den Reflexionen

Die Berechnung zeigt
stehen können, doch
stant bleiben (anal
zustellen sein. Die
ist, sondern daß di
lingt es nicht, mit
anzeige zu erklären

b) Annahme von Raum
(Empfang mit Rahmen

Bei den in München-
von vornherein unwe
gen Entfernung von

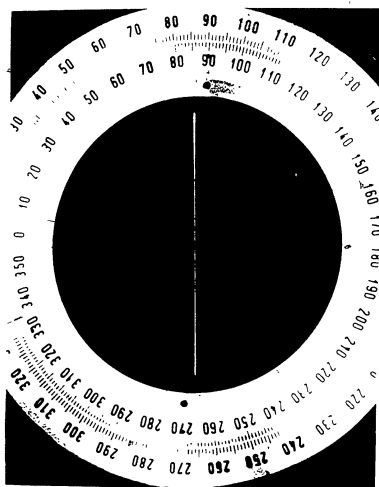


Abbildung 1
Einwandfreie, strichförmige Peilanzeige auf dem Sichtfunkpeiler (Plath) bei Peilung eines ungerichteten Funkfeuers

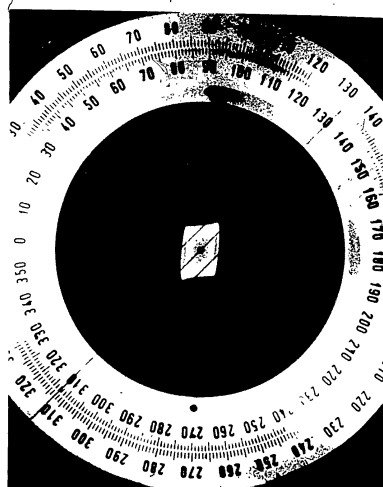


Abbildung 2
Peilfigur, die sich ergibt, wenn zwei Sender mit verschiedenen Azimut und annähernd gleicher Frequenz einfallen. $\Delta f \sim 25$ Hz

(Garmisch, München-Riem und Meßwageneinsatz) mit dem Zweikanal-Sichtfunkpeiler (Prinzip WATSON-WATT) mit üblichem Kreuzrahmen, an der anfänglich W. STANNER [1] beteiligt war, wurde festgestellt, daß die Peilung des gestasteten Funkfeuers sowohl am Tage wie auch nachts zeitweise ruckartig umspringt. Der Winkel des Peilsprungs kann bis zu 90° in beiden Richtungen betragen, wie es die Abbildungen 5/bis 6 zeigen, die aus Schmalfilm-Registrierungen des Instituts stammen. Das Umspringen erfolgt genau im Rhythmus der Antennen-Umstastung²⁾. Bei Tage sind die Azimutsprünge kleiner als bei Nacht, gleichzeitig sind jeweils Schwankungen der Amplitude wie bei Fading bemerkbar.

2) Bezüglich der Wirkungsweise der Vierkursfunkfeuer wird auf [5,6,7], bezüglich der des Sichtfunkpeilers auf [8] und [17] sowie die Abbildungen 1 und 2 des vorliegenden Berichtes und [17] verwiesen

Die Beobachtung bei Tage Amplitude eine größere und daß die Peilanzeige betrag pendeln.

Diese vorstehend beschriebenen von Messungen und filmmäßig über 1956 festgehalten und zusehen. Die durch die Abbildung deckt sich auch im allgemeinen mit der Vorstellung über das Verhalten der beiden Teilen, nicht aber in den Ausbreitungseigenschaften. Es ist es nicht, die Erscheinung des Vierkursfunkfeuers in der Antenne des Consol-Funkfeuers

Die Institutsarbeiten wurden durch die beobachtene Fehlerquellen erklärt wurde versucht, durch die Ausbreitungseinfluß durch die Ausbreitung qualitativ und quantitativ in den Anhängen der Arbeit

Die Voruntersuchungen wurden vorgenommen von sprunghafter Ausbreitung angenommen werden, des gleichen Senders anstelle einer Strahlung in den Richtungen Änderungen unterworfen. Es folgten daher auf Grund der Beobachtung die beiden am Empfangs

3) Der in [1] ohne Absicht gemachte Versuch zu stellen, war verfrüht, den Sichtfunkpeiler zu schaffen Begriff von falschen Voraussetzungen Effekte, wie Streus