

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 33 (1942)  
**Heft:** 23

**Artikel:** Peilgeräte im Flugsicherungsdienst  
**Autor:** Robert, C.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1056706>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 18.01.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Peilgeräte im Flugsicherungsdienst

Referat, gehalten an der 6. Hochfrequenztagung des SEV am 6. Juni 1942 in Bern,

von Ch. Robert, Bern

621.396.933.2

*Das Wesen der Peilung und Standortbestimmung von Flugzeugen mit drahtlosen Wellen und die möglichen Fehlerquellen werden erklärt. Die von der Hasler A.-G., Bern, für diese Zwecke entwickelten Geräte werden in ihrer Funktion kurz beschrieben.*

*Application de la radiogoniométrie à la navigation aérienne et possibilités d'erreurs. Fonctionnement de l'appareillage construit dans ce but par la S. A. Hasler, Berne.*

Wie beim Eisenbahn- und Automobilverkehr wird auch im modernen Flugdienst der Verkehr nach genau festgelegtem Flugplan abgewickelt. Die reibungslose Durchführung der ganzen Organisation bedingt in allererster Linie ein Fliegen bei jeder Witterung, d. h. im Blindfluge in den Wolken oder im Fluge über den Wolken ohne Erdsicht. Ebenso muss bei unsichtigem Wetter gestartet und gelandet werden.

Neben der Entwicklung im Flugzeugbau ist besonderes Gewicht auf die Vervollkommnung der Navigationsmethoden im Flugverkehr gelegt worden.

Ein wichtiges Glied in der modernen Navigationstechnik bildet die Navigation mit Hilfe der drahtlosen Wellen. Prinzipiell lässt sich die Navigationstechnik in zwei Gruppen unterteilen: In die Horizontalnavigation und die Vertikalnavigation.

Im folgenden wird ein kurzer Ueberblick aus einem Teilgebiet der Horizontalnavigation mittels drahtloser Wellen vermittelt. Es betrifft dies die Peilung und Standortbestimmung von Flugzeugen mit drahtlosen Wellen.

Bei der Funkpeilung ist die Aufgabe gestellt, mit Hilfe geeigneter Geräte die Herkunftsrichtung einer drahtlosen Welle festzustellen. Zum Verständnis des ganzen Problems muss man sich in erster Linie über die Ausbreitungsverhältnisse der elektromagnetischen Welle im Raume Rechenschaft ablegen. Die genaue Kenntnis der Ausbreitungsbedingungen bei der Peilung ist von grundlegender Bedeutung. Gerade die auftretenden Schwierigkeiten und gefährlichen Fehlerquellen lassen sich fast ausnahmslos auf anormale Ausbreitung zurückführen.

Um auf dem knappen zur Verfügung stehenden Raume zum Ziele zu gelangen, wird die ganze Ausbreitung der drahtlosen Wellen im Raume als bekannt vorausgesetzt. Auch werden normale Ausbreitungsverhältnisse angenommen, d. h. als Grundlage dient eine elektromagnetische Welle im Raume, deren elektrische Komponente bekanntlich senkrecht auf der magnetischen Komponente steht. Dabei ist das magnetische Feld horizontal polarisiert, der magnetische Feldvektor liegt parallel zum Erdboden. Im weiteren genügt es, die magnetische Komponente zu betrachten.

Bei den drahtlosen Navigationsmethoden werden zwei Möglichkeiten zum Senden und Empfang der Wellen benützt: entweder gerichtet zu senden oder gerichtet zu empfangen. Ich beschränke mich heute auf den gerichteten Empfang drahtloser Wellen, die von einem ungerichteten Sender ausgestrahlt

werden, d. h. der Methodik, die bei den Peilgeräten angewandt wird.

Grundlegendes Element bei den Peilgeräten ist stets die Antenne, deren Form und Aufbau. Als viel verwendete Antennenform wird im Flugfunkband, d. h. im Mittel- und Langwellengebiet, die bekannte Rahmenantenne gebraucht.

Bewegen wir einen im Wechselfelde stehenden Rahmen um seine Achse, so ist die Grösse des im Rahmen induzierten Stromes abhängig von der Rahmenstellung zur Fortpflanzungsrichtung des Feldes. Der im Rahmen induzierte Strom ist durch die einfache mathematische Beziehung gegeben:

$$i_{ind} = \text{konst.} \sin \alpha$$

Die Konstante ist festgelegt durch die geometrischen Abmessungen des Rahmens, durch die Frequenz und durch die am Empfangsort herrschende Feldstärke,  $\sin \alpha$  wird gebildet durch den Winkel zwischen Rahmen-Normale und Richtung der einfallenden Welle. In Fig. 1 ist die Empfangscharakteristik eines gewöhnlichen Rahmens in Polarkoordinaten dargestellt. Es ist dies die bekannte Figuracht-Richtkennlinie des Rahmens. Die gestrichelte Fläche stellt den Rahmen in der Projektion von oben dar. Aus der Figur ist ersichtlich, dass die Grösse des induzierten Stromes eine Funktion des Winkels zwischen Richtung der einfallenden Welle und induzierter Rahmenstrom sind um  $90^\circ$  in der Phase gegeneinander verschoben. Die Kurve weist zwei Minima und zwei Maxima auf, die jeweils um  $180^\circ$  verschoben sind.

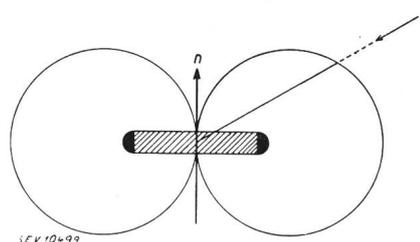


Fig. 1.  
Polardiagramm der  
Rahmenantenne  
 $n$  Normale auf die  
Rahmenfläche.  
 $s$  Einfallrichtung der  
Welle.

dinaten dargestellt. Es ist dies die bekannte Figuracht-Richtkennlinie des Rahmens. Die gestrichelte Fläche stellt den Rahmen in der Projektion von oben dar. Aus der Figur ist ersichtlich, dass die Grösse des induzierten Stromes eine Funktion des Winkels zwischen Richtung der einfallenden Welle und induzierter Rahmenstrom sind um  $90^\circ$  in der Phase gegeneinander verschoben. Die Kurve weist zwei Minima und zwei Maxima auf, die jeweils um  $180^\circ$  verschoben sind.

Gepeilt wird stets auf minimalen Empfang, weil bei einer kleinen Drehung des Rahmens aus dem Empfangsminimum eine grosse Stromänderung auftritt. Bei einer gleich grossen Drehung des Rahmens aus der Maximalstellung ist die Stromänderung viel geringer.

Leider treten auch bei ungestörtem Empfangsfeld Abweichungen von der idealen Figuracht-Kurve auf, die eine Verschlechterung der Peilung verursachen. Die Vermeidung dieser Effekte bildet eine der Hauptschwierigkeiten bei der Kon-

struktion der Peilgeräte. Ich möchte im folgenden nur kurz einige dieser Störeffekte andeuten.

In Fig. 2 ist ein mehrwindiger Rahmen dargestellt, dessen Windungen auseinandergezogen sind. Ueber die Windungskapazitäten der einzelnen Win-

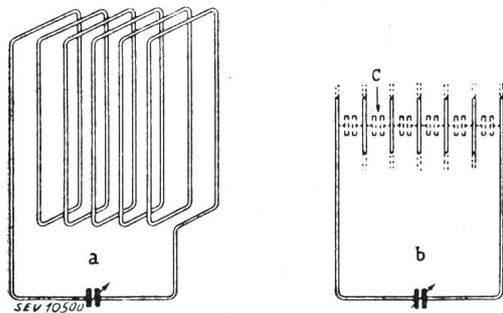


Fig. 2.

## Dielektrischer Effekt

a Rahmenantenne. b Fiktive Schleife, gebildet über die Windungskapazitäten. c Windungskapazitäten.

dungen (s. Fig. 3) wird eine fiktive Schleife gebildet, deren Ebene senkrecht auf der Rahmenfläche steht. Dieser störende Rahmen bewirkt, dass neben der gewünschten Figuracht-Kurve eine um 90° gedrehte Figuracht-Kurve ausgebildet wird, die eine bedeutende Verbreiterung des Minimums hervorruft. Dieser sog. dielektrische Effekt ist in Fig. 3 dargestellt.

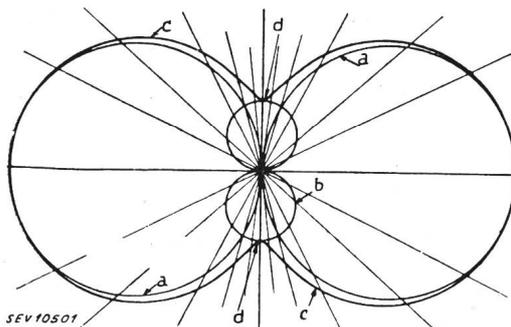


Fig. 3.

## Verzerrung der Rahmencharakteristik durch den dielektrischen Effekt

a Rahmencharakteristik. b Dielektrischer Effekt. c Resultierende Kurve. d Verbreitertes Minimum.

Ein anderer bekannter Effekt ist der sog. Antenneneffekt. Dieser kommt dadurch zustande, dass der Rahmen auch als gewöhnliche Vertikalantenne wirkt. Da diese richtungsunabhängig ist, ist ihr Polardiagramm ein Kreis. Magnetisches Feld und induzierter Strom sind in Phase. Dieser Effekt bedingt ebenfalls eine Verbreiterung des Minimums. Er kann z. B. dadurch behoben werden, dass man von einer Hilfsantenne über einen Differential-Kondensator ein Signal auf den Rahmen gibt von gleicher Amplitude wie der Störeffekt, aber entgegengesetzter Phasenlage, so dass dieser kompensiert wird.

Weitere Störungen treten auf, wenn ein Signal direkt in den Empfänger gelangt, oder durch falsche Erdung, unsymmetrischen Aufbau usw. Diese Störkomponenten bedingen oft nicht nur eine Verbreiterung, sondern auch eine Verschiebung der beiden Minima gegeneinander aus der 180°-Stellung

heraus. Der Fachmann bezeichnet dies als Schielen der Peiler.

In der Praxis treten meistens mehrere Störeffekte miteinander auf, so dass man Mühe hat, sie voneinander zu trennen. In Fig. 4 ist ein einfaches Beispiel dargestellt, bei dem ausser der normalen Figuracht-Kurve infolge der oben erwähnten Störeffekte zusätzlich noch die um 90° verschobene Figuracht-Kurve und das Kreisdiagramm ausgebildet werden. Während das eine Minimum der asymmetrisch resultierenden Kurve relativ gut ausgebildet ist, weist das andere eine kaum wahrnehmbare Einbuchtung auf.

Ausser diesen erwähnten Störungen und Fehlern, deren Quelle in der Apparatur selbst liegt, treten beim Peilen aber noch Fehler auf, die durch äussere Faktoren, wie anormale Ausbreitung des Feldes, bedingt sind. Eine der gefährlichsten Erscheinungen wird durch den Nachteffekt hervorgerufen. Beim Nacht- oder Dämmerungseffekt wird bekanntlich die indirekte Komponente der hochfrequenten Welle in den Kenelley-Heavyside-

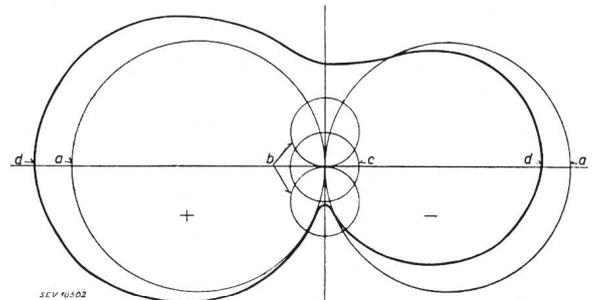


Fig. 4.

## Verzerrung der Rahmencharakteristik durch Dielektrischen- und Antennen-Effekt

a Rahmencharakteristik. b Dielektrischer Effekt. c Antennen-Effekt. d Resultierende Kurve.

Schichten auf die Erde zurückgebrochen oder reflektiert. Bei diesem Vorgang wird die ursprüngliche Polarisationsrichtung gedreht. Unter den anfangs erwähnten normalen Ausbreitungsbedingungen liegt in der Minimumstellung der magnetische Feldvektor in der Rahmenebene. Bei der aus der Ionosphäre zurückkehrenden, schräg einfallenden und nicht mehr horizontal polarisierten Welle tritt der Feldvektor in der Minimumstellung aus der Rahmenebene heraus. Um den Rahmenstrom wieder zum Verschwinden zu bringen, müssen wir also den Rahmen so lange drehen, bis der magnetische Feldvektor wieder in die Rahmenebene fällt. In dieser neuen Rahmenstellung aber weist die Rahmennormale nicht mehr auf den Sender hin. Diese Fehler sind von äusserst schwerwiegender Natur, da Falschpeilungen bis 90° abgelesen werden können. Seit Jahren werden von Industrie und Wissenschaft ausserordentliche Anstrengungen gemacht zur Schaffung von Apparaturen, die das Auftreten solcher Falschpeilungen infolge Nachteffektes vermeiden sollen.

Mit dem Rahmen allein sind wir in der Lage, die Standlinie festzulegen, auf der der gesuchte Sender liegt. Infolge der Symmetrie der beiden

Minima können wir jedoch nicht aussagen, auf welcher Seite in bezug auf die Rahmenfläche der Sender liegen muss.

Zur Eindeutigmachung der Peilung verwenden wir eine Kombination der gerichteten Rahmencharakteristik mit der ungerichteten Charakteristik einer zusätzlichen Vertikalantenne. Koppeln wir eine Vertikalantenne mit einer kreisförmigen Charakteristik an den Rahmenkreis, so passiert folgendes (Fig. 5): In den beiden Maxima-Stellungen des Rahmens, die sich in der Phasenlage

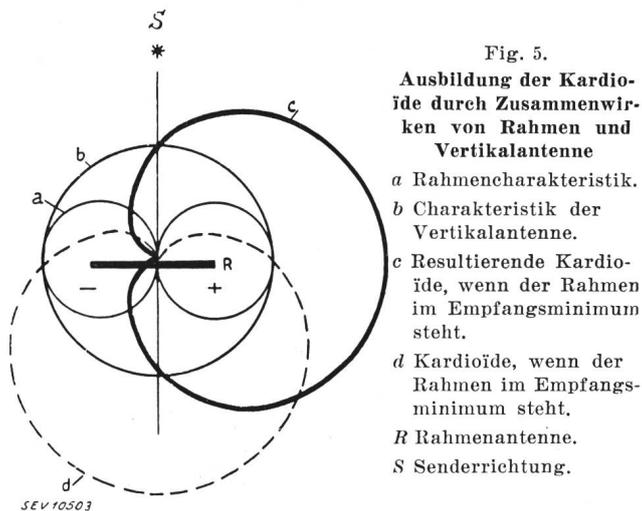


Fig. 5.  
Ausbildung der Kardioide durch Zusammenwirken von Rahmen und Vertikalantenne  
a Rahmencharakteristik.  
b Charakteristik der Vertikalantenne.  
c Resultierende Kardioide, wenn der Rahmen im Empfangsminimum steht.  
d Kardioide, wenn der Rahmen im Empfangsmaximum steht.  
R Rahmenantenne.  
S Senderrichtung.

um 180° unterscheiden, ist für die Gesamtspannung von Rahmen und Hilfsantenne in dem einen Falle die Summe, im andern Falle die Differenz der Teilspannung wirksam, insofern die beiden Komponenten in Phase oder Gegenphase stehen. Wenn wir nun mit Hilfe irgendeines phasenschiebenden Gliedes die Komponente der Hilfsspannung nach Amplitude und Phase auf die Rahmenspannung abgleichen, so erhalten wir beim Drehen des Rahmens um 360° eine Kardioide, die nur ein Minimum aufweist, das gegenüber dem Peilminimum eine Verdrehung von 90° ergibt. Drehen wir den Rahmen aus der Kardioiden-Minimumstellung um 180°, so müssen wir auch den Ankopplungssinn der Hilfsantenne wechseln, damit der Empfang wieder verschwindet. Wir sind in der Lage, aus dem Ankopplungssinn der Vertikalantenne festzulegen, welcher Rahmenseite der Sender zugekehrt ist.

Für die Seitenbestimmung müssen wir also nach durchgeführter Peilung den Rahmen aus der Minimumstellung in eine Maximumstellung drehen und mit Hilfe einer Vertikalantenne eine Kompensationsspannung in Phase oder Gegenphase an den Rahmen koppeln. Aus dem Kriterium laut/leise im Kopfhörer erhalten wir die Seite, auf der der Sender liegt. Die Geräte werden allgemein so eingestellt, dass der Sender auf der «empfangs-schwachen» Seite liegt.

Wenn wir mit einem Peilempfänger einen bekannten Rundfunksender anpeilen, dessen geographische Lage genau bekannt ist, so stellen wir fest, dass das Peilresultat mit dem Resultat an Hand der Karte nicht übereinstimmt. Oder befinden sich zwei Sender vom Peiler aus gesehen

in genau gleicher Richtung, aber verschiedener Distanz, so erhalten wir für die beiden Sender nicht dasselbe Azimut. Dieser Fehler, die sog. Fehlweisung, besteht aus zwei Teilen, der Wegablenkung und der Funkfehlweisung. Die Wegablenkung wird hervorgerufen durch die wechselnden Ausbreitungsbedingungen infolge des veränderlichen Peilortes oder Senderortes und durch Änderungen des gaskinetischen Zustandes der Atmosphäre. Die Wegablenkung kann im Gegensatz zur Funkfehlweisung nicht erfasst werden und bildet deshalb einen Unsicherheitsfaktor im Peilresultat. Die Funkfehlweisung ist zurückzuführen auf die nähere Umgebung der Peilstation. Hangars, Antennenmasten, Leitungen usw. wirken als Rückstrahler und bedingen eine Feldverzerrung. Die Funkfehlweisung ist ein systematischer Fehler und kann dadurch berücksichtigt werden, dass man rund um den Peiler eine sog. Funkbeschiebungskurve aufnimmt. Sie zeigt einen für jeden Peiler typischen, meist ziemlich regelmässigen Verlauf. In Fig. 6 ist eine solche Kurve aufgezeichnet. Um

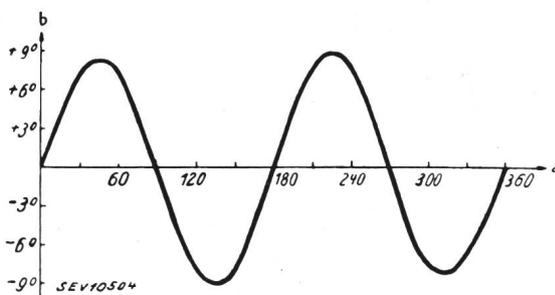


Fig. 6.  
Funkbeschiebungskurve

a Achse: rohes Funkazimut. b Achse: Beschiebungswert.

die wahre Peilung zu erhalten, muss zur rohen Funkpeilung der betr. Wert der Funkbeschiebung dazugezählt oder davon abgezählt werden. Zur schnellsten Ermittlung der wahren Peilung werden Peilantriebe entwickelt, die den zugehörigen Beschiebungswert jeweils auf mechanischem Wege (Leitkurvensystem u. a.) automatisch auf die rohe Peilung übertragen. Es hat sich gezeigt, dass gerade in der Schweiz mit dem hügeligen Gelände und den kleinen Plätzen die Funkbeschiebungskurven oft unregelmässige und spitze Formen aufweisen, so dass die Verfahren der automatischen Funkbeschiebung versagen. Es wurde deshalb ein Peilantrieb entwickelt, der speziell den schweizerischen Verhältnissen Rechnung trägt (Fig. 7). Auf der Verlängerung der Peilwelle sitzt die Rahmenantenne. Handrad, Peilwelle und Rahmenantenne sind miteinander starr verbunden. Jede Drehung des Rahmens mit Hilfe des Handrades wird über ein 1:1-Übersetzungsgetriebe auf den Peilzeiger übertragen. Der Rahmen ist derart montiert, dass der Peilzeiger auf der Null-Marke (senkrecht nach oben) der äusseren 360°-Einteilung steht, wenn die Rahmen-Normale auf geographisch Nord weist. Die äussere qte Skala dient zur Ablesung des rechtweisenden Azimutes, dem Winkel zwischen dem Meridian der Peilstation und der Verbindungs-

linie Peilstation-Flugzeug. Die innere qdm-Skala ist gegenüber der äusseren um  $180^\circ$  verdreht. Auf ihr kann die Zielpfeilung abgelesen werden. Bei der Zielpfeilung verlangt der Pilot den Kurs, den er einhalten muss, um vom momentanen Standort zum Flughafen zu gelangen. Die Zielpfeilung ist gegenüber dem rechtweisenden Azimut um  $180^\circ$  verschoben. In dem runden Kasten hinter den beiden Skalen ist ein automatischer Funkbeschicker zur Aufnahme regelmässiger Funkbeschickungs-

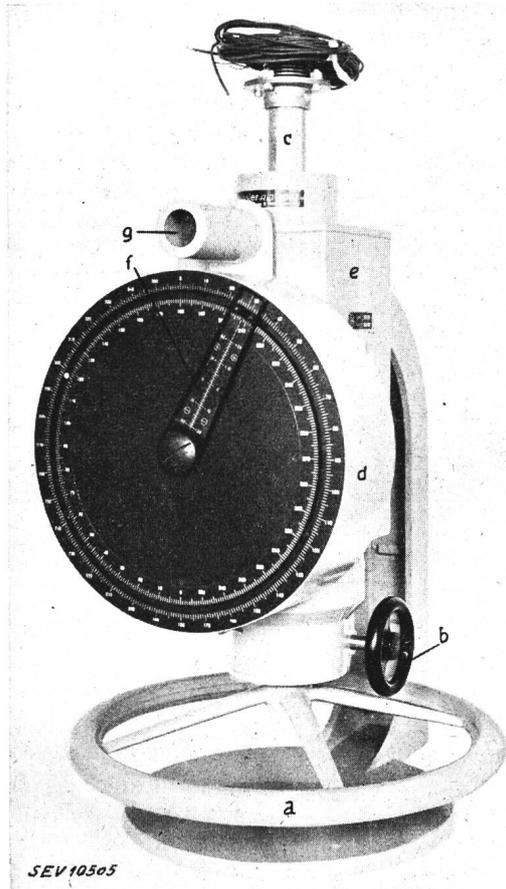


Fig. 7.

Peiltrieb mit Handrad zu Bodenpeilanlage  
*a* Handrad. *b* Bremse. *c* Peilwelle. *d* Peiltrieb mit automatischem Funkbeschicker. *e* Schleifringkasten. *f* Peilzeiger mit Skala zur Ablesung der Funkbeschickung. *g* Glimmlampe.

kurven eingebaut. Weist eine Funkbeschickungskurve hohe und unregelmässige Spitzen auf, so kann sie in Polarkoordinaten auf der Platte innerhalb der beiden  $360^\circ$ -Skalen aufgetragen werden. Auf dieser Platte können auch Beschickungskurven verschiedener Flughöhen oder Frequenzen aufgetragen werden. Zu dem rohen Funkazimut eines bestimmten Punktes kann der zugehörige Beschickungswert auf der Skala des Peilzeigers direkt abgelesen und zur Ermittlung des rechtweisenden Azimutes sofort berücksichtigt werden. Das kleine Rädchen über dem Handrad dient zur Fixierung des Rahmens bei Nichtgebrauch. Die Enden der Rahmenwindungen werden über Kabel durch die Peilwelle auf Schleifringe in dem viereckigen Kasten hinter dem Peiltrieb geführt und von dort

über Spezial-Hochfrequenz-Kontaktabnehmer auf den Peilempfänger geleitet. Eine Uebersteuerung des Empfängers wird von der Glimmlampe über dem Peiltrieb sofort angezeigt.

In der Peiltechnik unterscheidet man zwischen der Fremdpeilung und der Eigenpeilung. Bei der Fremdpeilung wird die Richtungs- und Standortbestimmung eines Flugzeuges vom Peilpersonal am Boden durchgeführt und mit Hilfe eines Nahzonen-senders dem Piloten oder Bordfunker mitgeteilt. Bei der Eigenpeilung können Pilot oder Funker an Hand von Rundfunkstationen oder Funkfeuern Flugrichtung und Standort jederzeit feststellen, unabhängig vom Bodenpersonal.

Die folgenden Bilder zeigen Anlagen und Geräte, die bei der Fremdpeilung benötigt werden.

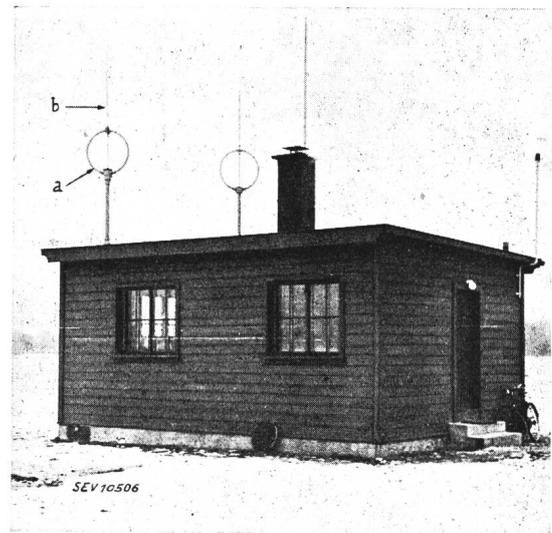


Fig. 8.

## Bodenpeilstation

*a* Rahmenantenne. *b* Aufgesetzte Vertikalantenne.

Fig. 8 zeigt die Gesamtansicht einer Bodenpeilstation. Auf dem Dache sind zwei drehbare Rahmenantennen sichtbar. Auf den Rahmenantennen sitzen zugleich die Vertikalantennen für die Minimumschärfung und Seitenbestimmung.

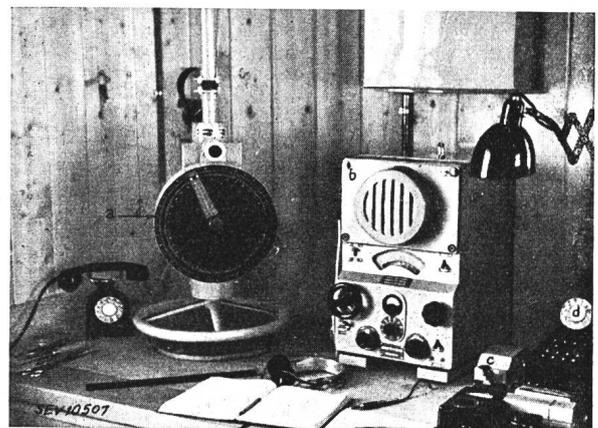


Fig. 9.

## Innenansicht eines Peilraumes

*a* Peiltrieb. *b* Peilempfänger. *c* Taste. *d* Steuereinheit zu Nahzonen-sender.

Fig. 9 vermittelt eine Innenansicht des Peilraumes<sup>1)</sup>. Man erkennt auf dem Bilde links den Peilantrieb mit dem Handrad zur Betätigung des Rahmens. In der Mitte steht der Peilempfänger, dessen Ausgang beliebig auf Kopfhörer oder Lautsprecher geschaltet werden kann. Neben den üblichen Bedienungsriffen wie Lautstärke, Abstimmung, Bereichumschalter, Bandbreiteregulierung und separater Ueberlagerer für den Empfang tonloser Sender enthält der Empfänger links unten den wichtigen Knopf, der das phasenschiebende Glied für die Minimumschärfung und Seitenbestimmung

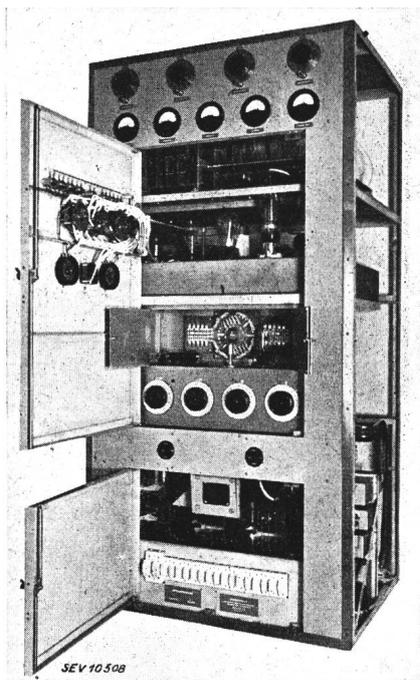


Fig. 10.  
Nahzonen-Sender für den Flugsicherungsdienst

betätigt. Neben dem Empfänger liegt die Taste. Im modernen Flugsicherungsdienst wird meistens im Telegraphieverkehr gearbeitet. Das Kommandogerät rechts neben der Taste dient zur Betätigung des ferngesteuerten Nahzonen senders. Der Steuermechanismus arbeitet äusserst rasch, so dass der Sender jederzeit sofort betriebsbereit ist. Für den gesamten Wahlvorgang wie Inbetriebsetzung des Senders, Wahl der Betriebsart und der Frequenz werden nur einige Sekunden benötigt. Der Sender selbst (Fig. 10) weist einen einfachen, kompakten Aufbau auf. Er enthält von unten nach oben die folgenden Stufen: Netzteil, Steuerstufe, Leistungsstufe und Antennenteil.

Die Figuren 11 bis 14 zeigen die Geräte, die bei der Fremdpeilung an Bord des Flugzeuges benötigt werden. Fig. 11 zeigt die Aufnahme eines Bord senders, montiert in einer schweiz. Verkehrsma schine. Der Sender wird fernbedient von dem Kommandogerät, s. Fig. 12. Mit dem Sender wird

<sup>1)</sup> Ich möchte nicht verfehlen, an dieser Stelle Hrn. Ing. Brechbühler meinen besten Dank für seine wertvollen Anregungen auszusprechen.

erstens der Verkehr zwischen Flugzeug und Boden getätigt und zweitens dient er zur Ausstrahlung der Peilzeichen, anhand derer die Bodenpeilstelle die Peilung durchführen kann. Mit dem kleinen Bord-

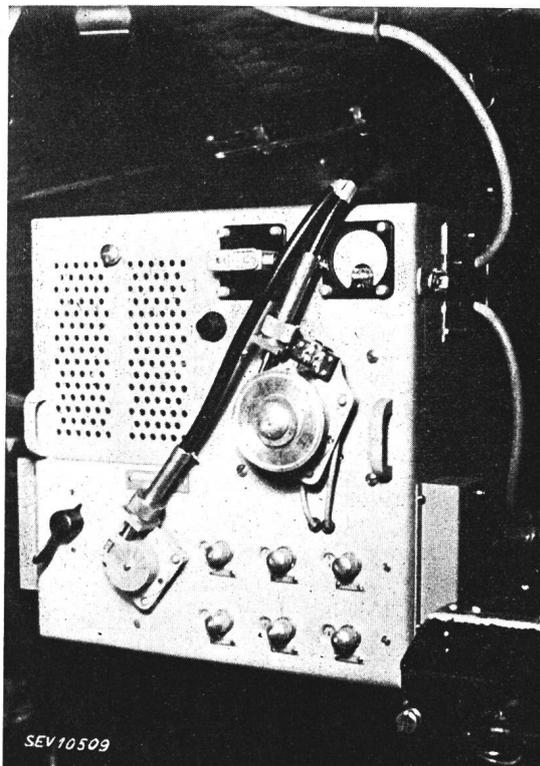


Fig. 11.  
Flugzeugsender eingebaut in einem grossen Verkehrsflugzeug

empfänger Fig. 13 werden die vom Bodenpeilpersonal über den Nahzonen sender vermittelten Peilresultate empfangen.

Wie anfangs erklärt wurde, muss für die Seitenbestimmung der Rahmen nach der Peilung aus der

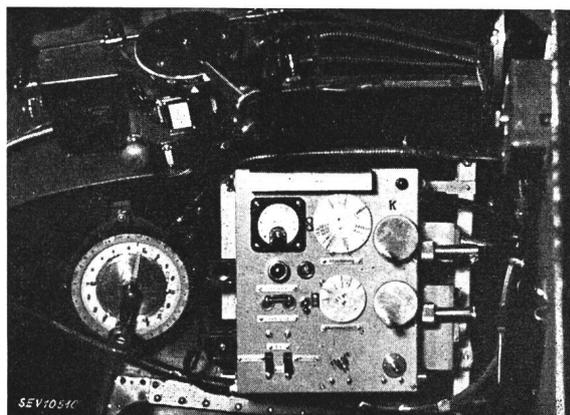


Fig. 12.  
Kommandogerät zu Flugzeugsender

Empfangs-Minimumstellung in die Maximumstellung gedreht werden. Diesen Vorgang kann man umgehen, wenn man senkrecht zu dem Drehrahmen einen weiteren Rahmen anordnet. Für die Seiten-

bestimmung muss dann der Rahmen nicht mehr gedreht werden, sondern der Empfänger wird einfach auf den bereits im Empfangsmaximum stehenden zweiten Rahmen umgeschaltet. In Fig. 14 ist ein Peilempfänger mit einem Kreuzdrehrahmen abgebildet.

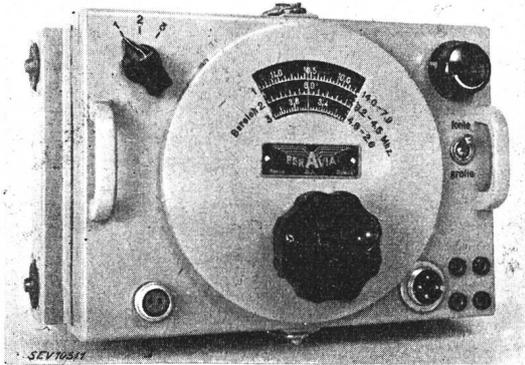


Fig. 13.  
Flugzeugempfänger

Bei dem immer dichter werdenden Flugverkehrsnetz ist das Bodenpeilpersonal ausserordentlich stark belastet. Deshalb werden mehr und mehr Maschinen mit Bordpeilempfängern ausgerüstet, mit denen die Mannschaft an Bord jederzeit und unabhängig von Bodenmannschaften Eigenpeilungen vornehmen kann. Erst kurz vor der Landung tritt das Flugzeugpersonal in Verbindung mit der Bodenmannschaft, die das Flugzeug dann sicher auf den Platz lotst.

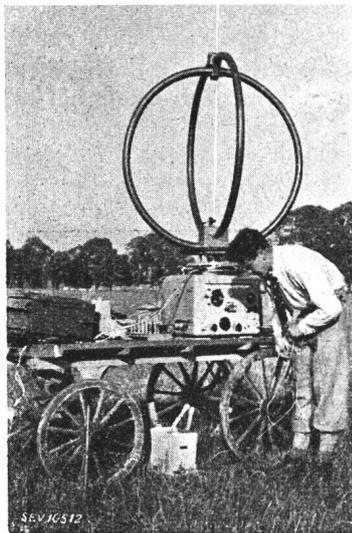


Fig. 14.  
Grossbereich-Peilempfänger mit Kreuzdrehrahmen

An die Bordpeilempfänger werden in elektrischer Hinsicht dieselben Bedingungen gestellt wie an Bodenpeilempfänger. Wie bei sämtlichen Bordgeräten wird von den Bordpeilempfängern aber weiter noch verlangt, dass die Abmessungen und das Gewicht äusserst reduziert werden; ferner werden an die Betriebssicherheit grösste Anforderungen gestellt.

In den modernen Bordpeilern ist oft ein sog. Zielfluggerät eingebaut, das dem Piloten anzeigt,

ob der eingeschlagene Kurs auf einen Sender zuhalten wird oder nicht. Das Gerät arbeitet folgendermassen: Beim Prinzip der Seitenbestimmung wurde erläutert, dass die Kardioide durch Ankoppeln der Vertikalantenne in Phasen- oder Gegenphasen-Lage spiegelbildlich vertauscht werden kann.

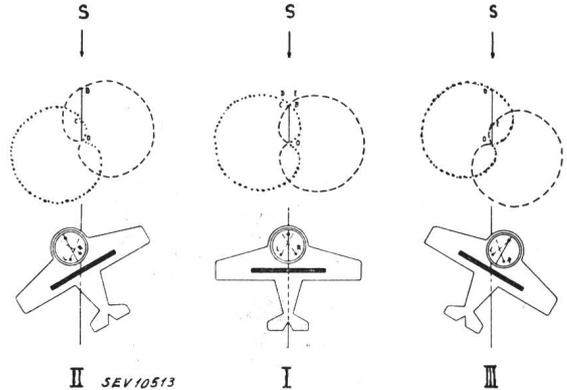


Fig. 15.  
Schematische Darstellung der Kardioidentastung beim Zielfluggerät  
s Richtung der einfallenden Welle.

Beim Zielfluggerät wird der Ankopplungssinn der Vertikalantenne an den Rahmenkreis mit Hilfe eines kleinen Motors rhythmisch geändert, und zwar so, dass die eine Kardioide während kurzer Dauer im Punktrhythmus, die andere Kardioide in den Punkt-Pausen, also im Strichrhythmus eingeschaltet ist.

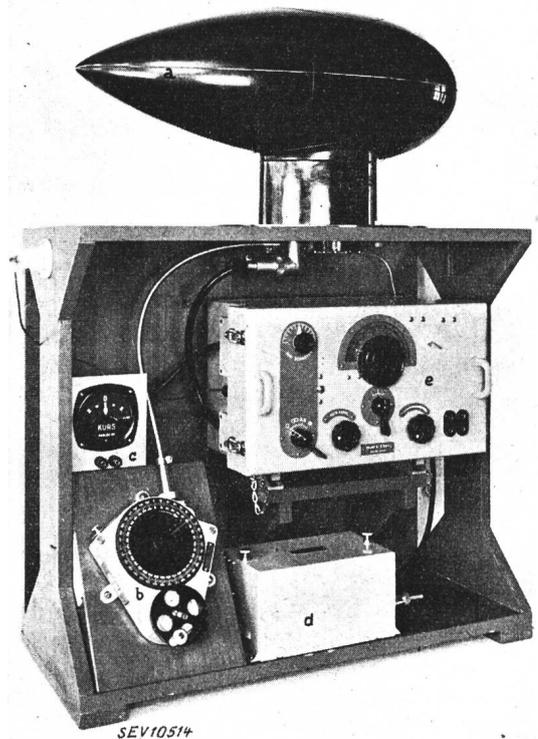


Fig. 16.  
Bordpeilanlage auf dem Prüfstande  
a Stromliniengehäuse mit Drehrahmen. b Peilantrieb. c Zielfluginstrument. d Speiseaggregat. e Peilempfänger.

Bei der mittleren Stellung I (Fig. 15) fliegt das Flugzeug direkt auf den Sender zu. Aus dem zugehörigen Diagramm ist ersichtlich, dass von der punktgetasteten Kardioide die Amplitude OC an den Empfänger-Eingang abgegeben wird. Die strichgetastete Kardioide liefert die Amplitude OB. Da  $OC = OB$  ist, ergänzen sich die beiden Kardioiden-Amplituden zu einem Dauerton im Kopfhörer. Bei der Stellung II weicht das Flugzeug links vom Kurs ab. Auf dem Diagramm ist die Amplitude OB der strichgetasteten Kardioide bedeutend grösser als die Amplitude OC der punktgetasteten Kardioide. Im Kopfhörer wird ein deutliches Strichzeichen wahrgenommen. Der Pilot weiss also, dass er links vom Kurs abgewichen ist und kann dementsprechend den Kurs korrigieren. Bei einer Rechtsabweichung vom Kurs, Stellung III, wird im Kopfhörer infolge der grösseren Amplitude OD (s. rechtes Diagramm) ein deutliches Punktzeichen gehört. Anstatt auf den Kopfhörer können die Zeichen nach geeigneter Gleichrichtung auch auf ein Instrument geführt werden. Als Instrument wird meistens ein Null-Instrument verwendet. Hält die Maschine Kurs, so bleibt der Zeiger in der mittleren Ruhelage. Weicht die Maschine links oder rechts vom Kurs ab, so schlägt auch das Instrument nach der linken oder rechten Seite aus. Der Pilot muss dann korrigieren, bis der Zeiger wieder in der mittleren Ruhelage steht.

Fig. 16 zeigt eine vollständige Bordpeilanlage auf dem Prüfstand. Aus aerodynamischen Gründen ist die Rahmenantenne in einem Stromlinien-Gehäuse eingeschlossen. Der Rahmen wird über eine flexible Welle vom Peiltrieb links unten angetrieben. Dieser enthält die beiden Skalen zur Ablesung des rechtweisenden Azimutes ( $q_{te}$ ) und der Zielpfeilung ( $q_{dm}$ ). Ueber dem Peiltrieb ist das Anzeigeinstrument des Zielfluggerätes befestigt. Neben dem Peiltrieb steht das Speisungsaggregat, und über diesem ist federnd der Peilempfänger aufgehängt. Als Vertikalantenne zur Schärfung des Minimums und zur Seitenbestimmung wird eine Fixantenne des Flugzeuges benützt.

Im Rahmen dieses orientierenden kurzen Referates ist es leider nicht möglich, auf konstruktive Einzelheiten einzugehen, doch bietet sich vielleicht an anderer Stelle Gelegenheit, dies nachzuholen.

### Diskussion

**Der Vorsitzende:** Ich danke Herrn Dr. Robert in Ihrer aller Namen herzlich für seinen interessanten Vortrag, hat er doch ein ausserordentlich wichtiges Thema angeschnitten, ein Thema, das einerseits von grosser praktischer Bedeutung ist, denn die Peilung bedeutet einen Lebensnerv der Fliegerei, andererseits aber auch technisch besonders interessante Probleme bietet.

Hier dürfte wieder ein Beispiel vorliegen, welches zeigt, wie vielseitig das Gebiet des Apparatebaues ist und wie dasselbe unserer Industrie liegen sollte, weil es gilt, hier mit grösster Gewissenhaftigkeit, Sachkenntnis und mit erfindischem Geist Schwierigkeiten zu meistern. In diesem Meistern von Schwierigkeiten liegt eine geistige Qualitätsarbeit, die man nicht hoch genug einschätzen kann. Das Flugwesen hat ja ohne Zweifel eine grosse Zukunft vor sich und schon

heute eine ausgedehnte Bedeutung. Daher dürfte es für uns in der Schweiz wichtig sein, den drahtlosen Aufgaben, welche die Fliegerei bringt, grösste Aufmerksamkeit zu schenken.

Herr A. Wertli, A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden: Gestatten Sie mir, im Anschluss an die sehr interessanten Ausführungen von Herrn Dr. Robert, auf eine vielleicht bis heute noch wenig angewandte andere Peilmöglichkeit hinzuweisen.

Wir haben dem Referat entnommen, wie ausserordentlich schwierig die Verhältnisse für eine wirklich brauchbare Peilung noch heute liegen, denn die gegenwärtigen Peilsysteme, sowohl was Standort-, als auch was Eigenpeilung anbelangt, sind auf die Verwendung von Langwellen angewiesen. Wir haben gesehen, dass wir dabei mit unangenehmen Erscheinungen zu rechnen haben, nämlich dem Dämmerungseffekt und den damit auftretenden Fehlpeilungen sowie im Sommer mit Trübungen des Peilminimums durch atmosphärische Störungen, alles Erscheinungen, die die Anwendung der Peilung limitieren, wenn nicht gar verunmöglichen.

Gelingt es, die Wellen in ein anderes Frequenzgebiet zu verlegen, so dass die Abmessungen der Empfang- und Sendantennen in die gleiche Grössenordnung wie die verwendeten Wellen selbst fallen, dann sollten Resultate möglich sein, die bezüglich dem Dämmerungseffekt bedeutend günstiger liegen. Versuche haben auch tatsächlich ergeben, dass die Verwendung von Ultrakurzwellen für die Flugzeugpeilung besonders vielversprechend ist, indem nicht nur der Dämmerungseffekt vollständig verschwindet, sondern auch im Sommer trotz starker atmosphärischer Störungen keine Trübung des Empfangsminimums mehr auftritt. Damit werden Peilungen selbst aus der Nahzone heraus, bis auf Distanzen von 200...300 km, möglich. Die geringen Abmessungen der Send- und Empfangsantennen gestatten zudem, die Strahlungscharakteristik so zu formen, dass man nicht mehr genötigt ist, mit Minimumpeilung zu arbeiten. Die bei Ultrakurzwellenbetrieb mögliche *Maximumpeilung* gestattet zudem, während des Peilvorganges mit dem anfliegenden Flugzeug radio-telephonisch auf ein und derselben Welle zu verkehren.

Ich möchte darauf hinweisen, dass auch im Ausland vor einiger Zeit erfolgreiche Versuche in dieser Richtung begonnen wurden. Man hat dabei gefunden, dass praktisch Peildistanzen von 200...300 km an der Tagesordnung sind und dass sich der Peilfehler auf jeden Fall innerhalb von 2° bewegt.

Die Verwendung der Langwellenpeilung im Militärflugdienst, wo beispielsweise nicht mit Fixantennen, wie in der Zivilluftfahrt, sondern mit den herkömmlichen Schleppantennen gearbeitet wird, ergibt dort noch andere Fehler, nämlich die Verzerrung des Antennenfeldes durch die variable Lage der Schleppantenne gegenüber dem Flugzeug. Auch dort würde die Einführung der Ultrakurzwellenpeilung mit dadurch möglichen Fixantennen ein für allemal die mannigfachen Fehlerquellen der Funkbeschiebung beseitigen.

**Der Vorsitzende:** Ich möchte Herrn Oblt. Wertli für seinen Diskussionsbeitrag danken. Er hat namentlich ange-regt, die Verwendbarkeit der verschiedenen Wellengebiete hinsichtlich ihrer Eignung für Peilzwecke einer Ueberprüfung zu unterziehen, bzw. Versuche mit Ultrakurzwellen zu machen. Zweifellos ist diese Anregung ausserordentlich wichtig.

Herr Dr. H. Wehrli, Hasler A.-G., Bern: Die Anregungen des Herrn Wertli sind sehr interessant. Ich möchte nur darauf hinweisen, dass auch in der Schweiz bereits seit Jahren auf dem Gebiet der Ultrakurzwellenpeilung gearbeitet wird. Die Ultrakurzwellenpeilung ist eine gute Ergänzung der Langwellenpeilung, hat aber die Ergebnisse der Langwellenpeilung noch nicht erreicht. Unsere Genauigkeit bei Langwellenpeilung beträgt ein halbes Grad.

Herr Dr. C. Robert, Referent: Zu den Ausführungen von Herrn Wertli möchte ich kurz beifügen, dass, wie aus der Literatur zu vernehmen ist, in Amerika Versuche im grossen durchgeführt werden über die Eignung der ultrakurzen Wellen für den Flugsicherungsdienst. Aehnliche Versuche werden bestimmt auch in Europa bei den kriegführenden Ländern unternommen. Ich glaube, es wird auch im Flugfunkgebiet so sein, dass bei der Entwicklung von Geräten für die

verschiedenen Zwecke die physikalischen Ueberlegungen für die Wahl des Frequenzgebietes bestimmend sein werden. Dabei wird je nach Eignung das lange, kurze oder ultrakurze Frequenzgebiet gewählt werden.

Die Ausführungen von Herrn Prof. Tank betr. Zusammenarbeit der verschiedenen Instanzen und Behörden möchte ich besonders unterstützen. Gerade in der Hochfrequenz treten infolge der gegenwärtigen Verhältnisse und der damit zwangsläufig bedingten behördlichen Verordnungen in bezug auf Entwicklungs- und Versuchsarbeiten Schwierigkeiten auf, die nur durch Zusammenarbeit von Industrie und Behörde gemeistert werden können.

**Der Vorsitzende:** Ich verdanke auch diesen Beitrag. Wir wollen uns recht gut merken, was hier gesagt wurde.

M. le Dr. Jean Lugeon, Directeur-Adjoint de l'Institut central météorologique, Zurich: M. le Dr. Nobile, ici présent, qui tiendra une conférence au cours de cette journée, a mis au point une méthode radio-électrique pour déterminer les azimuts. Nous avons trouvé qu'elle donne une précision d'un

dixième de degré. Cette précision est égale ou peut-être même supérieure aux mesures optiques, pour les sondages aérologiques. Nous avons fait quelques sondages avec notre procédé radio-téléométrique, qui donne également la distance et la position rigoureuse du ballon à  $\pm 50$  mètres près, entre 60 et 100 kilomètres de distance. Un exemple: Il y a huit jours, le Dr. Nobile et moi, nous avons lâché de Payerne une radio-sonde qui devait atterrir près du village bernois de Wattenwil. Le lendemain, on nous a téléphoné que la sonde était tombée dans ce village.

**Der Vorsitzende:** Ich danke für diesen Diskussionsbeitrag bestens. Es ist immer sehr wertvoll, von praktischen Erfahrungen zu hören; denn in der Technik ist immer wieder die Frage wesentlich: wie bewährt sich das praktisch, was geschaffen wurde.

Die Zeit ist derart vorgerückt, dass wir an die weitem Referenten denken müssen. Wenn Sie nichts dagegen haben, würden wir nun zum Vortrag von Herrn Dr. Lüdi von Brown Boveri in Baden übergehen.

## Entwicklungsarbeiten aus der Mikrowellentechnik

Referat, gehalten an der 6. Hochfrequenztagung des SEV vom 6. Juni 1942 in Bern

von F. Lüdi, Baden

621.396.029.6

*Eine vergleichende Betrachtung der verschiedenen Laufzeitgeneratoren zeigt, dass der Elektronenmechanismus in der Magnetfeldröhre ähnlich demjenigen im Klystron ist. Durch systematische Entwicklung ist es uns gelungen, unter Verwendung eines speziellen Hohlraumresonators einen stabilen, modulationsfähigen Generator für Wellenlängen von ca. 10 cm zu bauen. Auch für den Empfänger sind bestimmte Konstruktionen ausgeführt worden.*

*Une comparaison des différents générateurs à temps de transit montre que le mécanisme des électrons est à peu près le même dans le tube à champ magnétique que dans le clystron. A la suite d'un développement systématique, on est parvenu à construire, pour les ondes de l'ordre de 10 cm, un oscillateur stable, modulé, comportant un résonateur creux spécial. Des constructions appropriées ont été également mises au point pour la réception.*

Als Heinrich Hertz die Voraussage von Maxwell der Wesensgleichheit der Ausbreitung von elektromagnetischen Schwingungen und des Lichtes um die Jahrhundertwende experimentell bestätigte, baute er sich dazu den einfachen Löschkensender, der ihm gestattete, möglichst kurze «lichtähnliche» Wellen zu erzeugen ( $\sim 1$  dm), um damit die Gesetze der Beugung, der Brechung und der Reflexion nachzuweisen.

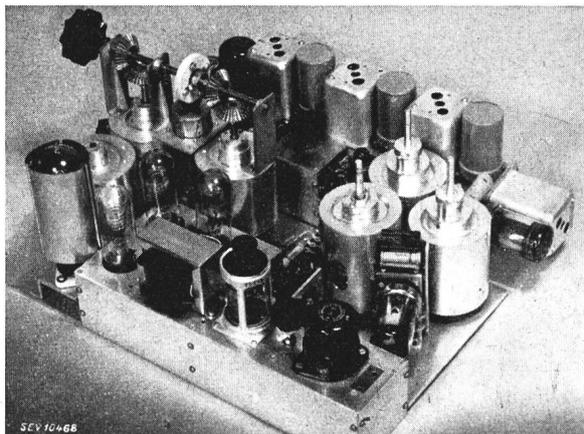


Fig. 1.

Sender und Empfänger für eine Wellenlänge zwischen 50 und 100 cm

Erst heute, nach dem Umweg über die langen Rundfunkwellen, gelingt es, ungedämpfte dm-Wellen in mehr oder weniger brauchbarer technischer Form zu erzeugen.

Was kann man mit diesen Wellen anfangen? Ihre Lichtähnlichkeit erlaubt, eine eigene Richttechnik durchzuführen, und zwar um so besser, je kürzer die Wellenlänge ist. Gegenüber dem Licht besteht der grosse Vorteil, dass praktisch keine Streu- oder Absorptionserscheinungen in der Atmosphäre auftreten, gegenüber den langen Wellen der Nachteil, dass sie nicht um die Ecke gehen. Dadurch werden ganz bestimmte Anwendungsgebiete aufgezeigt, die nur mit kurzen Wellen möglich sind. Einige wenige Beispiele seien aufgezählt:

1. Als einfachstes Beispiel: die gerichtete Nachrichtenübermittlung (Geheimhaltung). Verlangt einigermaßen modulierbaren Sender und zugehörigen Empfänger.
2. Tritt in die Verbindungslinie zwischen Sender und Empfänger ein Objekt von mindestens der Grösse einiger Wellenlängen, so wird dieses durch eine Intensitätsschwankung im Empfänger angezeigt. (Die gleichen einfachen Mittel wie vorher.)
3. Richtungs- und Entfernungsmessung (zwei bekannte Verfahren).
  - a) Mit Impulsverfahren. Vom Sender werden Impulse (Wellenzüge) ausgesendet; der Sender arbeitet in der Zwischenzeit als Superregenerativ-Empfänger. Mit einem Kathodenstrahloszillograph wird die Laufzeit des Signals auf das reflektierende Objekt und zurück gemessen. Die Ungenauigkeit in der Distanzmessung ist bedingt durch die Impulsintervalle. (Geringste Anforderungen an die Modulationsfähigkeit des Senders.)
  - b) Mit Frequenzzobelung. Die Frequenz des Senders wird zeitlich linear verändert (nach einer Sägezahnkurve). Der Empfänger erhält das direkte und das auf dem Umweg reflektierte Signal. Der entstehende Schwebegestrich ist um so höher, je grösser die Distanz des Objektes ist. (Hohe Anforderung an die Linearität der zeitlichen Frequenzänderung des Senders.)