

Hochfrequenztechnik in der Luftfahrt

Autor(en): **Gsell, Robert**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **103/104 (1934)**

Heft 14: **Sonderheft über Hochfrequenz-Technik**

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-83301>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

verwandelt zu werden. Da die Tonfrequenzsieve auch die Selektivität gegen die oben erwähnten Störspannungen erheblich verbessern, empfiehlt es sich, auch bei nur einem Fernmesswert das Zwischenfrequenzverfahren anzuwenden. Die Ausführung und Arbeitsweise solcher HF-Telegraphiekanäle für Fernmess- und Steuerzwecke stimmt weitgehend mit der oben beschriebenen der Telephonie überein und besonders durch die gemeinsame Ankopplung und Leitungsausrüstung verwachsen Fernmelde- und Sprechverbindung zu einem einheitlichen Hochfrequenzsystem.

Hochfrequenztechnik in der Luftfahrt.

Von Ing. ROBERT GSELL, Chef des Techn. Dienstes beim Eidg. Luftamt.

Jedes moderne Verkehrsmittel hat eigene Nachrichtenverbindungen zur Sicherung des Betriebes nötig. Die ein bewegliches Medium benützenden Verkehrsmittel — Schiffe und Luftfahrzeuge — sind auf derartige Verbindungen besonders angewiesen, weil der Einfluss der Witterung gross ist, also ein laufendes Sammeln und Uebermitteln von Wettermeldungen verlangt; dabei zwingt die Freizügigkeit des Fahrzeuges in der Wahl seines Weges, den drahtlosen Verkehr zu benützen.

In neuerer Zeit werden die Errungenschaften der Hochfrequenztechnik aber nicht nur zur Nachrichtenübermittlung, sondern auch zu Navigationszwecken verwendet; die Unabhängigkeit der elektrischen Wellen von den Sichtverhältnissen bietet der Navigation gerade dann unschätzbare Hilfsmittel, wenn die hergebrachten Methoden versagen. Nachstehend soll die mannigfaltige Verwendung der Hochfrequenztechnik in der europäischen Luftfahrt kurz beschrieben werden.

Der Nachrichtendienst des Luftverkehrs¹⁾ umfasst dreierlei: den Traffic-, den Meteo- und den Aeronefdienst.

Der „Trafficdienst“ dient der Beförderung von Start-, Lande- und Betriebsmeldungen, sowie den Platzbestellungen. Es steht ihm ein ausgedehntes Netz von Flugfunkstellen zur Verfügung, und die Organisation ist zwischenstaatlich so geregelt, dass trotz der Wellenknappheit einwandfrei gearbeitet werden kann.

Der „Meteodienst“ arbeitet für die Sammlung und Verbreitung der Flugwettermeldungen; auch dieser Dienst ist europäisch so organisiert, dass er das Minimum an Wellen erfordert. Jede halbe Stunde ist in sechs Abschnitte von fünf Minuten eingeteilt, sodass die drei Meteowellen von 280 kHz (1071 m), 284 kHz (1056 m) und 288 kHz (1042 m) den Betrieb von 18 Stationen ohne gegenseitige Störung gestatten. Da diese Zahl bei weitem nicht ausreicht, wird jedes „Wellen-Zeit-Intervall“ mehrfach besetzt, wobei die Verteilung so erfolgt, dass die grosse Entfernung der gleichzeitig auf derselben Welle arbeitenden Sender die gegenseitigen Störungen vermindert.

Damit nun an Personal für den Empfang des „Kartenwetters“ möglichst gespart werden kann — für die zweibis dreimal täglich gezeichnete Flugwetterkarte sind jedesmal bis 80 000 Codeziffern nötig — wird die vierte Meteowelle von 276 kHz/s (1087 m) für Kollektivemissionen benützt, die eine Zusammenfassung der von den Sammelstellen in West-, Mittel-, Ost- und Südeuropa abgehörten synoptischen Wettermeldungen darstellen. Für die Schweiz wird der Meteoempfang in Dübendorf konzentriert und durch Ferndrucker mit Maschinentastung den parallelgeschaltet angeschlossenen Flugplätzen mit Wetterkarte übermittelt.

Der „Aeronefdienst“ umfasst den Meldungs austausch zwischen Boden und Flugzeug. Er verwendet 333 kHz (900 m) als Anruf und Notrufwelle der Flugzeugsender und infolgedessen als ständig überwachte Hörwelle der Bodenstationen, während diese selbst mit 330 kHz (910 m) oder 336 kHz (893 m) senden; die Verteilung der letztgenannten Wellen erfolgt geographisch so, dass gegenseitige Störungen möglichst vermieden werden. Für Peilungen wird bei starkem Verkehr auf 325 kHz (924 m) für Meldungs-

austausch auf 336 kHz (893 m) ausgewichen. Das Wellenband von 346 bis 350 kHz (868 bis 858 m) ist für den Funkdienst der Privatflugzeuge reserviert, der sich meist auf Abhören des Wetterrundfunks der Bodenstationen beschränkt.

Es versteht sich, dass alle Meldungen (mit Ausnahme der Wettermeldungen an Flugzeuge, für die ein abgekürzter Klartext verwendet wird) in Codeform erfolgen, um den Zeitaufwand zu verkürzen und die sprachlichen Schwierigkeiten im internationalen Verkehr zu eliminieren; Telephonie darf nur noch in verkehrsarmen Gegenden verwendet werden, was leider zur Mitführung eines Bordfunkers oder zur Funkausbildung des Bordwartes zwingt.

Wichtiger noch als der Meldungs austausch ist die *Funkpeilung*, die in Europa als „Fremdpeilung“ organisiert ist:

Die Bodenstellen bestimmen mit einem richtungsempfindlichen Empfänger die Richtung, aus der die Trägerwelle des Flugzeuges ankommt. Damit sind sie in der Lage, dem Flugzeug den Kurs anzugeben, den es fliegen muss, um (bei Windstille) den Ort des Peilers — und damit des zugehörigen Flughafens — zu erreichen; bei Seitenwind kommt das Flugzeug zwar dennoch vom geraden Kurs ab, aber häufige Peilungen korrigieren den Kurs immer wieder, sodass das Flugzeug auf der „Hundekurve“ dennoch zum Ziele fliegt.

Die Entwicklungstendenz geht auf eine Erhöhung der Peilstationenzahl, nicht auf die Vergrösserung von deren Sendeenergie aus. Diese beträgt 1 bis 3 kW in der Antenne, wie bei den Traffic- und Meteo-Sendern. Solange so geringe Energien verwendet werden, ist eine Vermehrung der Peilstationen, die alle die selbe Welle benützen, möglich. In Gebieten, wo Peiler in genügender Zahl vorhanden sind, ist eine Standortpeilung statt der Kurspeilung möglich. Wenn nämlich zwei Peilstationen das selbe Flugzeug anpeilen können, ergibt sich dessen Standort aus dem Schnittpunkte der beiden Peilstrahlen, die für mässige Entfernungen als gerade angenommen werden können; bei drei Peilern lässt sich gleichzeitig die Fehlergrenze bestimmen.

Die Standortbestimmung durch Fremdpeilung ist einwandfrei international organisiert; für jeden möglichen Ort steht die verantwortliche Kontrollstation und die mitpeilende(n) Hilfsstation(en) fest, sodass eine Standortpeilung in ein bis anderthalb Minuten, einschliesslich Mitteilung des Ergebnisses an das Flugzeug, möglich ist. Je näher der Winkel zwischen den Peilstrahlen einem rechten kommt, desto genauer ist das Ergebnis; die erforderlichen Korrekturen sind in „Funkbeschickungstabellen“ festgelegt.

Schwierigkeiten bestehen noch bei Dämmerung und Nacht infolge der Schwankungen im Polarisationszustand des elektromagnetischen Feldes; diese Schwierigkeiten werden z. Z. durch Aufstellung neuartiger Peiler behoben. Bekanntlich stehen in der Welle, wie sie von einer vertikalen Sendeantenne ausgestrahlt wird, das elektrische und das magnetische Feld senkrecht auf der Fortpflanzungsrichtung, und zwar das magnetische in, das elektrische Feld senkrecht auf der leitenden Erdoberfläche. In diesem Falle verschwindet beim sog. Rahmenempfang die Empfangsintensität, wenn die Rahmenebene quer zur Fortpflanzungsrichtung steht. Sobald jedoch durch die besonderen Eigenschaften des Erdbodens oder noch mehr durch die Einwirkung der höheren ionisierten Atmosphärenschichten, das Feld verändert wird, und horizontale Komponenten der elektrischen Feldstärke entstehen, wird das genannte Minimum verwischt oder verschoben. Beim „Adcock“-System, das jetzt in Basel erprobt wird, kann durch Benützung eines Systemes von zwei Antennenpaaren der horizontale Anteil der elektrischen Feldstärke kompensiert werden, wodurch nur noch der vertikale Betrag für die Peilung massgebend ist und diese an Sicherheit erheblich gewinnt.²⁾

Ein Nachteil des Fremdpeilsystemes ist, dass es die gleichzeitige Peilung mehrerer Flugzeuge, die bei intensivem

¹⁾ Vergl. auch Flugplatz-Einrichtungen in Basel Bd. 91, S. 305*; Zürich-Dübendorf Bd. 102, S. 141*.

²⁾ Vgl. z. B. Marconi Review, Juni 1930, 1; H. Diamond, Proc. Inst. Radio Eng. 21, 808, 1933.

Verkehr verlangt werden kann, nicht gestattet. Hier wäre die „Eigenpeilung“ vorteilhafter; diese verlangt aber die dauernde Emission des Peilzeichens durch die Bodenstation und einen Peiler sowie Peilkarten im Flugzeuge. Derartige „Radiophares“ oder „Funkbaken“ sind in den U.S.A. statt der Fremdpeilung üblich; wenn sie mit gerichteter Emission (Richtstrahl, Doppeltast- und Doppelmodulationsverfahren) arbeiten, kann der Empfänger im Flugzeug einen Zeiger steuern, der dem Piloten direkt die Kurskorrektur angibt. Leider hat die Wellenknappheit, infolge intensiven und egozentrisch organisierten Rundfunks, diese Möglichkeiten für Europa gründlich beschränkt. Zur Abhilfe sind Bestrebungen im Gang, die Rundfunksender als Funkbaken zu verwenden; „Zielpeilgeräte“ gestatten heute, ungerichtete Sender anzufliiegen, wobei trotzdem der Pilot direkt die Kurskorrekturen erhält. Die Zielpeilgeräte stellen richtempfindliche Empfangssysteme dar, die entweder aus einer Kombination von Rahmenantenne und Linearantenne oder von zwei Rahmenantennen bestehen.⁸⁾ Eine weitere Möglichkeit bieten die ultrakurzen Wellen, die sich besonders gut scheinwerferartig richten lassen und daher das Arbeiten einer grossen Zahl von Funkbaken auf der selben Welle gestatten.

Die bisher geschilderte Funkorganisation erlaubt dem Verkehrsflugzeug, seinen Weg in Kenntnis der Wetterverhältnisse zurückzulegen und das Ziel auch im Blindfluge zu finden; sie ermöglicht aber nicht ohne weiteres, aus dem Fluge in oder über den Wolken die Landung ohne Kollisionsgefahr durchzuführen — der Blindstart dagegen ist möglich. Die erwähnte Organisation stellt infolgedessen eine regelmässige Befliegung des Streckennetzes in der ungünstigen Jahreszeit noch nicht einwandfrei sicher.

Einen Fortschritt bedeutet der Ausbau des „Leitstrahlverfahrens“. Obwohl schon seit längerer Zeit bekannt, hat es doch erst in der letzten Zeit seine eigentliche Entwicklung erfahren. Es werden zwei Richtstrahlenantennen benutzt, deren Strahlungsdiagramme (graphische Darstellung der Strahlungsintensität in Abhängigkeit vom Emissions-

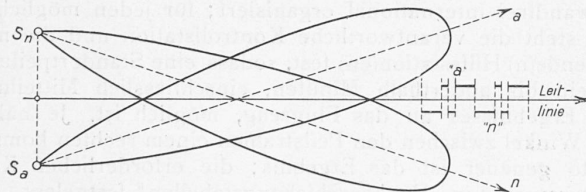


Abb. 1. Strahlungsdiagramm (Grundriss) des Leitstrahl-Verfahrens.

winkel) in Abb. 1 dargestellt sind. Auf der stark ausgezogenen Mittellinie, der sog. Leitlinie, herrscht die gleiche Empfangsintensität, sodass der den Buchstaben a (—) emittierende Sender S_a gleich laut gehört wird, wie der vom Sender S_n gesandte Buchstabe „n“ (—) sendet. Je nachdem der Beobachter zu viel nach der einen oder anderen Seite abweicht, tritt „a“ oder „n“ stärker hervor, während auf der Leitlinie bei richtiger Tastung im Sender ein kontinuierlicher Ton zu hören ist. Das Verfahren ist in mehreren Beziehungen verbessert worden, insbesondere dadurch, dass statt der Buchstaben „a“ und „n“ zwei verschiedene Tonfrequenzen zur Modulation der beiden Sender benutzt werden und dass der Intensitätsunterschied an einem Instrument objektiv ablesbar ist. Durch Organisation eines derartigen Peildienstes ist es möglich geworden, bei einer Wolkenhöhe von 100 bis 200 m, im Notfall mit einem gewissen Risiko auch 50 bis 100 m, auf der „Peilschneise“ zwischen den Hindernissen zur Bodensicht herunter gelotet zu werden.

Bei tieferem Wolkenplafond oder bei Bodennebel ist dieses Verfahren aber nicht verwendbar; hier hat nun die Hochfrequenztechnik in der allerletzten Zeit ihre grössten

⁸⁾ Vgl. z. B. H. Fassbender, „Hochfrequenztechnik in der Luftfahrt“, Berlin, Springer 1932, S. 525; F. Ranneits, Taschenbuch der Drahtlosen Telegraphie und Telephonie, Berlin, Springer 1927, S. 944.

Triumphe gefeiert. Diese verschiedenen „Blindlandverfahren“ zu schildern hiesse ein Buch schreiben; nachstehende Zeilen müssen sich deshalb auf das aussichtsreichste, und (teilweise auf Initiative des Verfassers) für Europa standardisierte, Verfahren beschränken.

Wir haben soeben erwähnt, dass eine Funkbake die Einhaltung des auf sie zuführenden Kurses nach einem Zeiger ermöglicht, der dem Piloten angibt „mehr links“, „richtig“, „mehr rechts“; grundsätzlich können hierzu Mittelwellen und Ultrakurzwellen verwendet werden. Wenn man nach einer Funkbake steuert, ist die genaue Einhaltung der Peilschneise gesichert, weil der Zeitverlust für die Peilung vom Boden aus und die Mitteilung der Korrektur des Kurses wegfällt. Im Flachlande gestattet daher eine solche Funkbake den Anflug des Flughafens, wenn die Wolkenhöhe nur ein Erkennen der Hindernisse an dessen Peripherie zulässt; die Peilschneise kann so gewählt werden, dass sie alle Höhenhindernisse vermeidet. Im Hügellande ist dies aber nicht möglich; zur sicheren Vermeidung aller Höhenhindernisse und für die Landung bei dichtem Bodennebel muss der Pilot auch ein Anzeigergerät für „höher gehen“, „richtig“, „tiefer gehen“ besitzen.

Die Ultrakurzwellen gestatten nun den Bau von Funkbaken, die sowohl Horizontalleitung wie Vertikalleitung ermöglichen: Für die Waagrechtleitung wird ein Feld ausgestrahlt, das im Kurs einen Dauerstrich, rechts davon eine Strichserie und links davon eine Punktserie angibt. Technisch wird dies dadurch erreicht, dass beidseitig von einer dauernd erregten Sendeantenne, die als sog. vertikaler Dipol ausgebildet ist, je ein Reflektordipol steht. Ein solcher empfängt seine Ströme nur indirekt durch Induktionswirkungen von der Sendeantenne her (Strahlungskopplung), übt aber einen starken Einfluss auf die Form des Strahlungsdiagrammes aus, sodass mit ein bzw. zwei Reflektordipolen das in Abb. 2 skizzierte horizontale Strahlungsdiagramm erhalten wird. Es ist daher auch eine Wechseltastung der beiden Reflektordipole in Punkt-Strich-Rhythmus (Abb. 3) möglich, sodass auf der Linie gleich

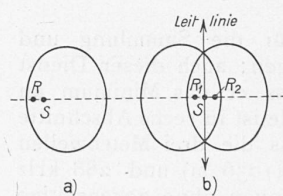


Abbildung 2.

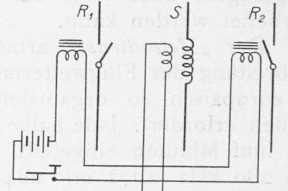


Abbildung 3.

starken Empfanges, der Leitlinie, ein „Dauerstrich“ entsteht. Der Kurs kann sowohl abgehört, als auch an einem Anzeigergerät abgelesen werden (Strichserie-Dauerstrich-Punktserie oder Zucken des Zeigers nach links, Mittelstellung des Zeigers, Zucken nach rechts).

Für die Senkrechtleitung wird eine relative Feldstärkenmessung benutzt; infolge der Einwirkung des Bodens auf die Strahlung des Antennenbildes ist die Linie der grössten Feldstärke geneigt. Abb. 4 stellt den durch den

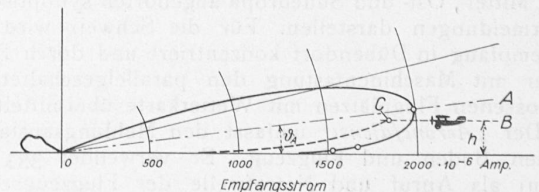


Abb. 4. Vertikalschnitt des Strahlungsdiagramms für Senkrechtleitung.

Leitstrahl geführten Vertikalschnitt des Strahlungsdiagrammes dar; eine Kurve konstanter Feldstärke ist darin gestrichelt eingezeichnet. Entsprechend der Steilheit des Gleitfluges verflacht sie sich mit Annäherung an den Flughafen und tangiert an der Funkbake den Boden. Ein auf einer Kurve gleicher Feldstärke herabgleitendes Flugzeug

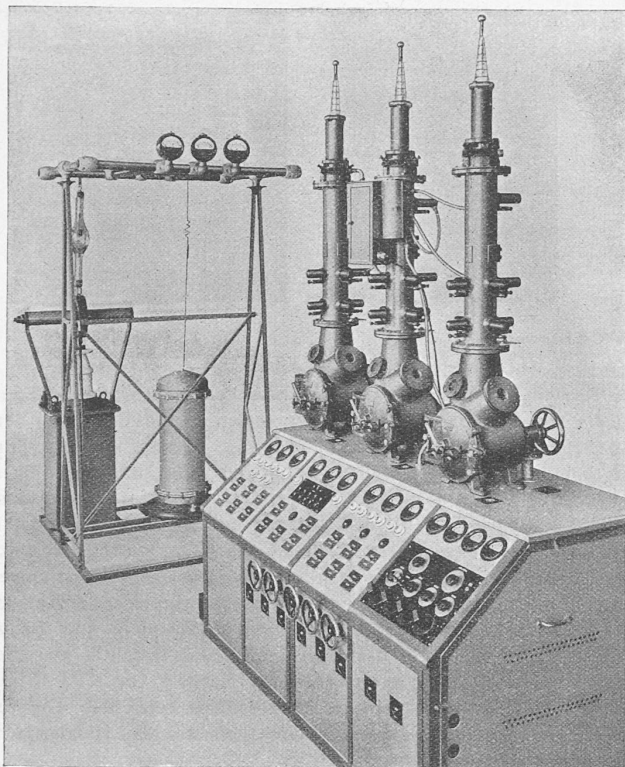


Abb. 1. Dreipoliger Kathodenstrahl-Oszillograph von Trüb, Täuber & Co., Zürich.

würde also automatisch vor der Bodenberührung in Landungsstellung gebracht, dagegen mit der Funkbake kollidieren. Die Kurven verlaufen aber in Bodennähe so flach, dass die Fahrgestellräder den Boden in 600 m Entfernung von der Bake berühren. Für die Blindlandung muss nun das Flugzeug auf die passende Feldstärkekurve gebracht werden. Dies geschieht dadurch, dass es in der vertikalen Leitstrahlebene nach dem Höhenmesser allmählich auf die passende Sollhöhe heruntergeht. Unter jener Stelle C, wo in der Sollhöhe die richtige Feldstärkekurve angefliegen wird, steht am Boden eine Vorsignalfunkbake, die senkrecht nach oben strahlt, dagegen waagrecht nur eine Reichweite von wenigen Metern in der Flugrichtung und etwa 200 m in der Querrichtung hat.

Beim Durchfliegen der Vorsignalwand, das akustisch und durch eine Glimmlampe angezeigt wird, stellt der Bordwart einen festen Index an seinem Feldstärkeanzeiger ein. Der Pilot bedient nun das Höhensteuer so, dass der Feldstärkeanzeiger dauernd auf diesen Index einspielt; das Flugzeug gleitet so auf der Kurve gleicher Feldstärke, d. h. der gewünschten Abstiegsbahn herunter, dass es sicher über die Höhenhindernisse hinwegkommt und mit flacher Bodenberührung landet. Ein zweites Signal gleicher Art wie das Vorsignal, gibt als „Hauptsignal“ das Passieren der Flugplatzgrenze an.⁴⁾

Eine derartige Blindlandeeinrichtung ist soeben in Dübendorf aufgestellt und vom Verfasser erprobt worden, nachdem die erste Anlage in Berlin-Tempelhof durch die Firma Lorenz und Telefunken zusammen mit dem Reichsamt für Flugsicherung entwickelt wurde. Es ist gelungen, die Wellenlängen (9 m für die Bake und 8,7 m für Vor- und Hauptsignal) für Europa zu normen, sodass überall, wo Senkrechtleitung (also Ultrakurzwellenverwendung) nötig ist, das selbe Empfangsgerät verwendet werden kann und das Anzeigegerät auch in Ländern benützbar ist, die nur die Waagrechtleitung brauchen und also Langwellen sowie den normalen Bordempfänger verwenden können. Diese Normung ist natürlich Voraussetzung für die allgemeine Einführung der Landebaken auf den Hauptflug-

⁴⁾ Vgl. auch H. Fassbender, Hochfrequenztechnik in der Luftfahrt, (Springer 1932, S. 395). E. Kramer, Proc. Inst. Radio Eng. 21, 1519, 1933.

häfen, die für den regelmässigen und sicheren Flugbetrieb in der ungünstigen Jahreszeit unerlässlich ist.

Das Blindlanden nach der Bake will natürlich gelernt sein, sodass nur mit einer schrittweisen Ausnützung der neuen Möglichkeiten gerechnet werden kann. Zuerst wird sie gestatten, bei wesentlich geringeren Wolkenhöhen als bisher sicher herabgepeilt zu werden. Später wird in Notfällen die Blindlandung durchgeführt, und schliesslich mit zunehmender Routine betriebsmässig benützt werden. Auch die Ausnützung der Blindflugeräte hat diese stufenweise Entwicklung hinter sich; nach dem kurzen Blindfluge zum Durchstossen von Wolkenchichten ist der dauernde Blindflug zuerst in Notfällen angewendet worden, um heute im Verkehr planmässig benützt zu werden. Nach am Steuer erworbener Erfahrung des Verfassers stellt die Blindlandung nicht höhere Anforderungen als der Blindflug.

Der Kathodenstrahl-Oszillograph.

Von Ing. G. INDUNI, Zürich.

Die elektrische Messtechnik verfügt heute über nur wenige und verhältnismässig komplizierte Instrumente zur Messung hochfrequenter Wechselströme. In den meisten Fällen wird die Messgrösse durch Umformung mit Röhrensaltungen oder Gleichrichtern in eine andere, leicht messbare Stromart übergeführt, die dann unter Berücksichtigung entsprechender Vorsichtsmassregeln mit normalen Instrumenten erfasst werden kann.

Ein Instrument, das, man darf wohl sagen für beliebige Frequenzen, eindeutige Resultate liefert, ist der Kathodenstrahl-Oszillograph¹⁾. Er besitzt als Messsystem den praktisch trägheitslosen Elektronenstrahl. Hervorgegangen aus der Braun'schen Röhre, hat ihn Dufour in Paris zu einer Vollkommenheit gebracht, die seiner praktischen Verwendung Eingang verschafft hat. Dufour hat allerdings von Anfang an seinen Apparat mit kalter Kathode und Hochspannung entwickelt, während bei andern Konstruktionen auch Glühkathoden verwendet werden.

Der Kathodenstrahl-Oszillograph mit kalter Kathode stellt das wohl vollkommenste Hochfrequenz-Messinstrument dar. Bei ihm wird der Kathodenstrahl mit hochgespanntem Gleichstrom erzeugt, der aus Wechselstrom normaler Frequenz durch Umformung mittels Gleichrichtern gewonnen wird. Der Strahl selbst ist äusserst fein und gibt getreu alle Variationen von elektrischen und magnetischen Feldern, die auf ihn einwirken, wieder. Die Spur des Strahles auf einem entsprechenden Fluoreszenzschirm kann direkt beobachtet, aber auch auf einer photographischen Platte aufgefangen und festgehalten werden. Die Diagramme erlauben eine genaue Auswertung bis zu Frequenzen von einigen 10 Millionen Hz bei einmaligen Vorgängen und bis über 100 Millionen bei periodisch sich wiederholenden Vorgängen.

Ausser der vertikalen Ablenkung durch die zu messende Grösse erfährt der Elektronenstrahl — zum Sichtbarmachen des zeitlichen Funktionsbildes — eine horizontale Ablenkung, die durch eine von Hand oder elektrisch (in 10^{-9} sec) ausgelöste Kondensator-entladung bewirkt wird und deren Geschwindigkeit reguliert werden kann.

Der Kathodenstrahl-Oszillograph ist mit Ausnahme der Durchführungsisolatoren, die vakuumdicht sein müssen, aus Metall hergestellt. Je nach der Anzahl Stromkreise, in denen gleichzeitig Messungen vorgenommen werden sollen, können zwei oder drei Apparate kombiniert werden. Abb. 1 zeigt einen dreipoligen, von der Firma Trüb, Täuber & Co. mehrfach ausgeführten Apparat, dessen Leistungsfähigkeit die in Abb. 2 (Seite 160) dargestellten Oszillogramme illustrieren; Abb. 2b gibt die selbe Schwingung (der Sekundärspannung eines Teslatransformators) wieder wie Abb. 2a, jedoch mit Hilfe grösserer Ablenkgeschwindigkeit auseinandergezogen. Die Kurven sind nur einmalig geschrieben und geben einen Begriff von der grossen Schreibgeschwindigkeit. Man sieht, dass das Öffnen des elektrischen Verschlusses (d. h. die Kondensator-entladung) praktisch mit dem Beginn der aufzunehmenden Schwingung zusammenfiel.

Neben dem grossen Oszillograph mit kalter Kathode bauen Trüb, Täuber & Co. auch einen Glühkathodenstrahl-Oszillographen.

¹⁾ Einen solchen hat K. Berger entwickelt und eingehend beschrieben in der SBZ, Bd. 93, Nr. 8, S. 91*.