

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 103/104 (1934)
Heft: 14: Sonderheft über Hochfrequenz-Technik

Artikel: Hochfrequenz-Telephonie über Starkstrom-Leitungen
Autor: Wolman, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-83300>

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: 06.02.2025

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

kann zu sehr unwillkommenen Störungen Anlass geben und muss sendeseitig durch geeigneten Antennenbau, empfangsseitig durch automatische Regelvorrichtungen bekämpft werden.

Bei sehr grossen Wegdifferenzen der interferierenden Komponenten („Bodenwelle“ und „Raumwelle“) ist ihre messtechnische Trennung möglich, indem ein kurzes Sendesignal beim Empfang mehrfach registriert wird und aus der zeitlichen Differenz der Ankunft auf den Unterschied in den Weglängen geschlossen werden kann. Das angegedeutete Verfahren, bei dem der Kathodenstrahlzillograph als Registrierinstrument eine wichtige Rolle spielt, ist heute bis in die Einzelheiten ausgebaut worden und hat wesentliches zur physikalischen Erforschung höherer und höchster Atmosphärenschichten beigetragen.¹²⁾ Wir wissen jetzt, dass die ungleichförmige Ionisation der oberen Atmosphärenschichten eine Krümmung der Strahlrichtung der elektromagnetischen Wellen zur Folge hat und dass diese in mehr oder weniger grossen Entfernungen wieder zur Erde niedersteigen.¹³⁾ Die ungefähren Beträge dieser Ionisation und ihre Abhängigkeit von der Tages- und Jahreszeit sind uns bekannt, ebenso der Einfluss des erdmagnetischen Feldes. Trotz ihres stark physikalischen Einschlages gehören diese Messungen durchaus dem Gebiete der Technik an. (Schluss folgt.)

Hochfrequenz-Telephonie über Starkstrom-Leitungen.

Von Dr. Ing. W. WOLMAN, Berlin-Siemensstadt.

Zwischen den einzelnen Kraft- und Umspannwerken eines Stromversorgungsbezirkes sind Nachrichtenkanäle für die verschiedensten Zwecke erforderlich. Man begnügt sich nicht mehr damit, wichtige Nachrichten wie Schalterstellungen, Kommandos oder Messwerte telephonisch zu übermitteln, sondern mechanisiert diese Nachrichtenübertragungen, indem man fernmisst, fernmeldet und fernsteuert. Hierdurch wird jedoch das Telefon nicht überflüssig, denn die mechanische

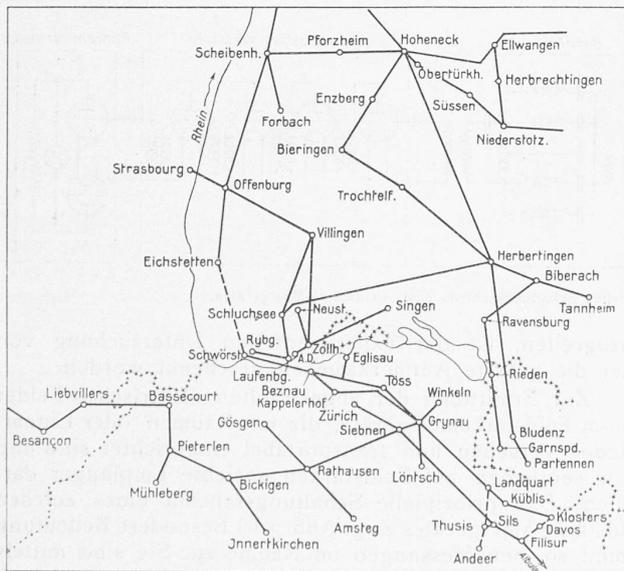


Abb. 1. BF-Telephonnetz Nordschweiz und Südwestdeutschland.

Übertragung wird nur die wichtigsten und regelmässigen Nachrichten umfassen, während für die übrigen, besonders in Störungsfällen, auch in Zukunft der Fernsprecher notwendig bleiben wird. Diese Übertragungen erfolgen nach Möglichkeit auf den vorhandenen Hochspannungs-Fernleitungen.

¹²⁾ Aus der sehr grossen Literatur sei nur beispielsweise erwähnt „Elektrophysik der hohen Atmosphäre“, E. N. T. 10, H. 2, 1933; Bartels: „Überblick über die Physik der hohen Atmosphäre“, E. N. T. Sonderheft 1933.

¹³⁾ Vgl. den voranstehenden Aufsatz von Prof. Zickendraht.

Als Beispiel, in welchem Umfang die Hochfrequenz-(HF)Telephonie im Elektrizitätswerk-(EW)Betrieb bereits eingeführt ist, zeigt Abb. 1 das HF-Netz der Nordschweiz und der angrenzenden Gebiete. Man erkennt, dass dieses Nachrichtennetz nicht nur die verschiedenen Versorgungsbezirke miteinander verbindet, sondern mit zunehmender Verflechtung der Elektrizitätswirtschaft auch vor den Landesgrenzen nicht haltmacht. Es handelt sich bei diesem Nachrichtennetz überwiegend um die Höchstspannungsleitungen, die bereits zu einem grossen Teil mit HF belegt sind. Die Ausrüstung der Mittelspannungsverteilungsleitungen ist dagegen noch eine Aufgabe der Zukunft. Aehnliche EW-Telephonie Netze sind in den letzten zehn Jahren in fast allen Ländern entstanden.

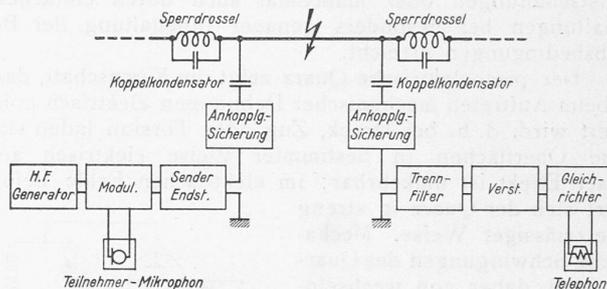


Abb. 2. Schema einer Hochfrequenz-Sprechverbindung.

Den grundsätzlichen Aufbau einer HF-Sprechverbindung zeigt Abb. 2, und zwar nur die eine Sprechrichtung. Ein Röhrengenerator erzeugt die HF; im Modulator wird sie mit den vom Teilnehmermikrofon kommenden Sprechströmen moduliert, dann wird die modulierte HF auf die erforderliche Sendeleistung verstärkt und über einen Ankopplungskreis auf die Starkstromleitung geführt. Die Isolation gegen die Hochspannung erfolgt durch einen Kondensator, der die HF durchlässt, den 50-periodigen Starkstrom dagegen praktisch sperrt. Mit den gleichen Mitteln ist am anderen Ende der Leitung der Empfänger angeschlossen. Damit die HF nicht in die weitergehende Leitung oder in die Sammelschienen der Station abfließt, ist die Leitung mit Drosseln abgeriegelt, die umgekehrt wie die Kondensatoren den 50 per. Starkstrom durchlassen, die HF dagegen sperren. Vor den Empfänger sind zum Schutz gegen Starkstromgefährdung Sicherungseinrichtungen angeordnet (Funkenstrecken, Spannungsableiter, Schmelzsicherungen usw.). Ausserdem liegt ein Trennfilter in Reihe, der nur die gewünschte HF-Welle durchlässt, alle übrigen dagegen sperrt. Die ankommenden HF-Ströme werden nach dem Passieren des Filters verstärkt, im Gleichrichter demoduliert, und die wiedergewonnenen Sprechströme werden dem Telefon des Teilnehmers zugeführt.

Die Bausteine einer EW-Telephonieverbindung decken sich bis auf die sogenannte Leitungsausrüstung mit denen der Rundfunktechnik und können daher als bekannt gelten. Auch die Gesamtverbindung ähnelt in ihrem Aufbau der einer Rundfunkübertragung vom Besprechungsmikrofon des Senders bis zum Kopfhörer des Rundfunkteilnehmers. Es tritt lediglich als Übertragungsmedium der Draht der Hochspannungsleitung anstelle des Aether-Raumes. Während aber die Rundfunkübertragung nur eine einseitige Verbindung herstellt, verlangt der Fernsprecherverkehr eine wechselseitige Übertragung in beiden Richtungen und damit einen zweiten Sender und Empfänger für die Gegenseprechrichtung. Dieser Gegenseprechkanal arbeitet im allgemeinen, um gegenseitige störende Beeinflussung zu vermeiden, mit einer anderen Trägerfrequenz.

Die Frequenzen oder Wellenlängen, die die EW-Telephonie verwendet, sind denen des Rundfunks benachbart. Der Frequenzbereich der EW-Telephonie beginnt bei 50 kHz, also dem 1000fachen der Starkstromfrequenz und erstreckt sich bis etwa 300 kHz oder in Wellenlängen von 1000 bis 6000 m, überlappt also zum Teil den Langwellenbereich des Rundfunks. Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass

die Probleme der EW-Telephonie denen des Rundfunks ausserordentlich ähneln. Störgeräusche — von den Rundfunkstörungen her nur zu bekannt — beeinflussen die Uebertragung; Wellenmangel zwingt, die zur Verfügung stehenden Wellen günstigst zu verteilen. Aus dem Wellenmangel folgt die Forderung nach Selektivität, d. h. der gewünschte Telephoniesender muss von anderen dicht benachbarten Sendern getrennt werden, und ausserdem darf der Empfänger nicht auf den zwar im Wellenbereich etwas entfernteren, aber dafür umso stärkeren eigenen Sender ansprechen. Auch zu den Fadings des Rundfunks fehlt nicht die Analogie in der EW-Telephonie, indem die ankommende HF-Energie je nach dem Schaltzustand der Starkstromleitung gewissen Schwankungen unterworfen ist, besonders aber bei Rauhref durch zusätzliche Verluste sehr stark zurückgehen kann. Dem Fadingausgleich des Rundfunkempfängers entspricht die bei den EW-Sprechgeräten erst kürzlich eingeführte Pegelregelung. Schliesslich ist als gemeinsames Problem die Vermeidung von Verzerrungen, durch Uebersteuerung des Senders wie des Empfängers, zu nennen. Hierzu kommen noch einige wichtige Aufgaben, die im Rundfunk nicht auftreten, das ist die Trennung der geringen HF-Energie von der gewaltig grossen Energie des Starkstromes und die Vereinigung der beiden HF-Kanäle der Hin- und Rückrichtung zu einer Gegensprechverbindung. Die Forderung, dass die einzelnen EW-Verbindungen zu Durchgangs-Verbindungen zusammengeschaltet werden müssen, stellt ähnliche Aufgaben, wie sie in den grossen Kabel- und Freileitungsnetzen des öffentlichen Fernsprech-Verkehrs auftreten.

Sender und Empfänger einer HF-Station sind gewöhnlich in einem Schrank untergebracht. Die einzelnen Bausteine: HF-Generator — Modulator — Verstärker und Gleichrichter, bestehen im wesentlichen aus Röhren. Abb. 3 zeigt einen solchen Schrank — rechts den Sendeteil, links den Empfangsteil. Als Röhren werden keine Rundfunkröhren verwendet, sondern sogenannte technische Röhren, die sich durch grössere Gleichmässigkeit und längere Lebensdauer auszeichnen. Auf hohe Lebensdauer kommt es hier an, denn der Empfänger muss dauernd brennen, um rufempfangsbereit zu sein. Eine grössere Röhre bildet die Sender-Endstufe. Sie liefert 10 W, eine bescheidene Leistung im

Vergleich auch mit dem schwächsten Rundfunksender. Die Sendeleistung ist in vielen Ländern durch behördliche Bestimmungen mit Rücksicht auf die drahtlosen Empfänger begrenzt; in einigen Ländern liegt der zugelassene Grenzwert noch unter 10 Watt. Wo keine einschränkenden Bestimmungen bestehen, besonders in Amerika, geht man mit der Sendeleistung im Störfall bis auf etwa 50 Watt.

Im oberen Teil des Schrankes ist der Filterteil des Gerätes angeordnet, der der Abstimmung des Rundfunkempfängers entspricht. Unter staubdichten Hauben sind die Relais untergebracht, die das Gerät zu Beginn des Gespräches automatisch in Betrieb setzen.

Das abgebildete Gerät wird vollständig aus dem Netz gespeist und nur für Netzausfall sind Notstrom-

quellen vorgesehen. Der Stromversorgungsteil mit Schaltern und Sicherungen befindet sich in dem unteren getrennt zugänglichen Teil des Schrankes.

Abb. 4 zeigt ein Beispiel für die Leitungsausrüstung, links ein Koppelkondensator in Freiluftausführung als Oelpapierkondensator für 110 kV; die obere stark isolierte Klemme liegt an der Hochspannung, die untere schwach isolierte führt zum Telephoniegerät. Neben Oelpapierkondensatoren werden auch solche aus Porzellan für Freiluftanlagen und aus Hartpapier für Innenräume benutzt; auch Kabelkondensatoren sind gebräuchlich. Neben den Koppelkondensatoren sind (auf dem Bilde nicht erkennbar) Sperr-

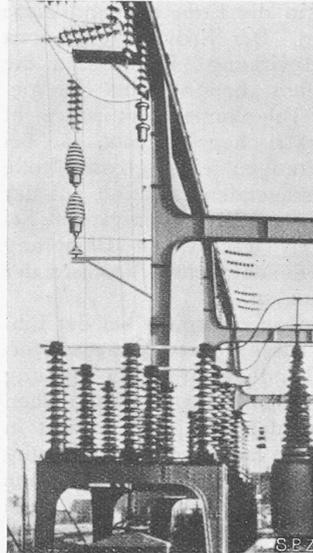


Abb. 4. Leitungsausrüstung.

drosseln nötig, die, wie gesagt, ein Abfliessen der HF in die weitergehende Leitung verhindern. Die Leitungsausrüstung macht einen erheblichen Teil des Gesamtaufwandes einer HF-Verbindung aus, denn die Koppelkondensatoren müssen für die volle Spannung, die Sperrdrosseln für den vollen Betriebsstrom und darüber hinaus mechanisch für den vollen Stosskurzschlussstrom bemessen sein. Um die Kapazitäts- bzw. Induktivitätswerte möglichst klein zu halten, stimmt man sie auf die benutzte HF ab, indem man zum Koppelkondensator eine Induktivität in Reihe schaltet, die Sperrdrossel dagegen durch einen Parallel-Kondensator zu einem Sperrkreis ergänzt.

Durch Hinzufügen weiterer Spulen und Kondensatoren gelingt es, die Abstimmung der Sperren sowie des Koppelkondensators für mehrere Trägerfrequenzen, zunächst aber für die beiden zur Hin- und Rückrichtung erforderlichen, wirksam zu machen. Die neueste Entwicklung geht sogar dahin, mittels eines „Koppelfilters“ alle an einem Orte ankommenden und abgehenden HF-Kanäle gemeinsam über den selben Kondensator anzukoppeln. Der Filter besteht aus Spulen mit Eisenkernen und hochwertigen Kondensatoren, die in einem Topf fest vergossen sind, sodass er im Freien am Mast dicht bei dem Koppelkondensator aufgehängt werden kann. Von hier wird dann die HF über Kabel zum Gerät geführt, was aus Raum- und Sicherheitsgründen der Freiluftzuführung vorzuziehen ist. Sind im Zuge der Leitung Schalter oder sonstige Unterbrechungsstellen vorhanden, so müssen diese für die HF überbrückt werden mit Mitteln, die grundsätzlich denen der Ankopplung ähnlich sind.

Verlassen wir damit die Ankopplung und nehmen wir an, die HF-Energie sei auf die Leitung gebracht. In welcher Art pflanzt sie sich dort fort? Grundsätzlich unterscheidet sich der HF-Energetransport über eine Doppelleitung nicht von der des Starkstromes. Man kann zwar mit Recht von einer Uebertragung längs der Leitung sprechen, denn die übertragene Energie ist im elektrischen und magnetischen Felde der Umgebung der Leitung enthalten. Aber das gilt ganz unabhängig von der Frequenz, also auch für Starkstromübertragungen. Auch bei diesen läuft die Energie im wesentlichen längs der Leitungen. Durch die drahtlose Technik ist lediglich die Betrachtung der Felder mehr in den Vordergrund gerückt und deshalb der Sprachgebrauch ein etwas anderer.

Zu den charakteristischen Eigenschaften, in denen die HF-Uebertragung von der des Starkstroms abweicht, gehören die hohen Leitungsverluste oder die grössere Dämpfung, wie der Fernmeldetechniker sagt. Der Spannungsabfall beträgt bei einem der Praxis entnommenen

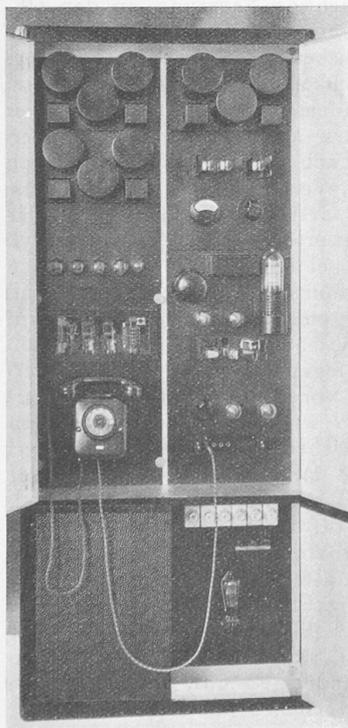


Abb. 3. Sender- und Empfängerschrank einer HF-Sprechstation, System Siemens.

Beispiel rd. 2% pro km. Am Ende einer 100 km langen Leitung kommt dann nur noch etwa $\frac{1}{7}$ der Anfangsspannung an, das entspricht einem Wirkungsgrad der HF-Uebertragung von ungefähr 2%.

Was ist nun die Ursache der verhältnismässig hohen Dämpfung? Einmal ist für HF der Drahtwiderstand bekanntlich infolge der Hautwirkung ein Vielfaches des Gleichstrom-Widerstandes. Je höher die Frequenz ist, umso weniger tief dringt der Strom in den Leiter ein. Während bei 50 Perioden die Leitschicht in Kupfer noch 1 cm dick ist, beträgt sie bei 100 kHz nur noch $\frac{1}{4}$ mm. Das ganze Innere des Seiles ist stromlos. Ein anderer Dämpfungsanteil kommt vom Erdeinfluss. Ein Teil des magnetischen Feldes der Doppelleitung dringt auch in die Erde ein, und diese Energie ist zur Hälfte verloren. Der Erdverlust ist etwa gleich gross wie der der Hautwirkung. Damit sind die beiden wesentlichen Verlustquellen genannt. Eine Energieabstrahlung findet bei der EW-Telephonie praktisch nicht statt. Die Ableitung und dielektrischen Verluste, die bei HF auf anderen Fernmeldeleitungen eine grosse Rolle spielen, sind dank der hervorragenden Isolation auf der Hochspannungsleitung vernachlässigbar, wenigstens bei normalem Wetter. Bei Raureif wächst die Dämpfung allerdings infolge der hohen dielektrischen Verluste der Eishülle unverhältnismässig stark an.

Anders liegen die Dämpfungsverhältnisse bei der Einfachleitung mit Erdrückleitung. Diese Uebertragungsart verlangt pro Ende nur einen Koppelkondensator zur Ankopplung und nur eine Sperre und wird deshalb aus wirtschaftlichen Gründen häufig bevorzugt. Von der Dämpfung kommt in diesem Falle zum Widerstand der metallischen Hinleitung der bei den Frequenzen der EW-Telephonie sehr hohe Erdwiderstand der Rückleitung hinzu. Auch in die Erde dringt der Hochfrequenzstrom nur wenig ein; bei 100 kHz ist die leitende Schicht etwa einen Meter dick gegenüber $\frac{1}{4}$ mm in Kupfer. Bei der schlechten Leitfähigkeit der Erde gibt dies einen Widerstand, der um ein Vielfaches höher liegt als der üblicher Kupferquerschnitte einschliesslich der Hautwirkung. Infolgedessen ist auch die Dämpfung bei Erdrückleitung beträchtlich höher als bei Drahrückleitung. So hohe Dämpfungen sind aber wirtschaftlich nicht mehr zu bewältigen. Trotzdem wird die einphasige Ankopplung gegen Erde mit Erfolg, in Europa sogar überwiegend, angewandt. Die Ursache dafür liegt darin, dass die übrigen nicht angekoppelten Phasen infolge der starken Verkopplung aller Leitungen untereinander und mit Erde bereits in geringer Entfernung vom Leitungsanfang die Stromrückleitung übernehmen. Die weitere Energieübertragung verläuft dann zwischen den Phasen und unterscheidet sich nicht mehr wesentlich von derjenigen bei Zwischenphasenkopplung. Als einziger Unterschied gegenüber der Zwischenphasenkopplung bleibt ein merklicher Zusatzverlust durch den Uebertritt des Rückstromes von der Erde in die übrigen Phasen an den beiden Leitungsenden. Wieviel Energie braucht denn nun ein Empfänger? Davon, könnte man meinen, gehe die Bemessung der ganzen Anlage aus. Leistung braucht der Empfänger praktisch überhaupt nicht, denn seine Empfindlichkeit lässt sich mit wenigen Röhren ausserordentlich steigern. Die Grenze der Reichweite ist vielmehr dadurch gegeben, dass die Nutz-HF-Spannung genau wie beim Rundfunk in der Störspannung untergeht; nur sind die Störspannungen auf einer Hochspannungsleitung natürlich höher als normalerweise an einer Rundfunk-Empfangsantenne. Sie entstehen durch Schaltvorgänge, Gewitter, bei feuchtem Wetter hauptsächlich durch Teilübergänge und Fehler an den Isolatoren. Wenn die Verständlichkeit des Gespräches nicht leiden soll, muss die Empfangsnutzspannung beträchtlich grösser sein als diese Störspannungen.

Bei der bisherigen Betrachtung war nur von zwei Stationen die Rede, die mit Hilfe von zwei Wellen für die Hin- und Herrichtung miteinander sprechen. Von diesen beiden Stationen kann man nun mit dem selben Apparat und den selben beiden Wellen auch nach weiteren Stationen

des gleichen Hochspannungsnetzes sprechen. Es kann aber in einem derartigen, durch ein Wellenpaar gekennzeichneten „Sprechbezirk“ immer nur ein Gespräch geführt werden, währenddessen die übrigen unbeteiligten Stationen gesperrt werden. Wird in einem grösseren Netz die Möglichkeit mehrerer unabhängiger Gespräche verlangt, so teilt man die Stationen dieses Netzes in verschiedene „Sprechbezirke“ auf, denen je ein Wellenpaar zugeordnet ist. Damit auch Stationen verschiedener Bezirke miteinander verkehren können, werden an der Stosstelle benachbarter Sprechbezirke zwei HF-Stationen am gleichen Ort aufgestellt, sogenannte Relaisstationen, die verschiedenen Bezirken angehören, und deren Sprechadern miteinander verbunden werden. Das gleiche Mittel der Relaisstation ermöglicht auch die Ueberbrückung grösserer Entfernungen, die mit einer Welle nicht mehr zu bewältigen sind. Für Weitsprechverbindungen im Zusammenhang mit Fernstromversorgung kommt es nicht selten vor, dass Gespräche über drei und mehr Relaisstationen laufen, wobei durch die Sprache nacheinander vier Trägerwellen aufmoduliert und wieder demoduliert werden. Dies stellt an die Güte der Apparate ausserordentlich hohe Anforderungen. Wenn eine Fernverbindung z. B. aus vier Abschnitten eine einwandfreie Verständigung ermöglichen soll, so muss jede Teilübertragung Anforderungen an Verzerrungsfreiheit erfüllen, die für sich betrachtet übertrieben erscheinen und die man überhaupt nicht mehr subjektiv, sondern nur noch durch Messungen beurteilen kann.¹⁾

Der Aufbau einer Fernverbindung aus mehreren Abschnitten sowie der Ruf einer bestimmten Station eines Sprechbezirkes geschieht mit Mitteln der Selbstanschluss-technik. Die Wahlimpulse werden dabei durch Tasten der Trägerfrequenz übertragen. Bei modernen Anlagen ist durch besondere Mittel dafür gesorgt, dass jede gewünschte Verbindung schnellstens und mit möglichst wenig Wahlziffern herzustellen ist und dass bevorzugte Stellen, wie z. B. der Lastverteiler eines Werkes, nötigenfalls auch in ein laufendes Gespräch eintreten können, während im übrigen das Mithören von Gesprächen durch Dritte verhindert ist. Weiter wird mit Mitteln der Automatik zu Beginn jeden Gespräches dafür gesorgt, dass dieses unabhängig von der überbrückten Entfernung, vom Schaltzustand des Netzes und von der Witterung die richtige Lautstärke liefert. Diese wichtige Neuerung an den HF-Geräten wird mit Pegelreglung bezeichnet.

Die Automatik neuzeitlicher HF-Sprechgeräte ermöglicht es sogar, den HF-Sprechkanal zur Fernsteuerung von Schaltern mitzubenutzen, indem der betreffende Schalter wie ein Fernsprechteilnehmer angewählt und nach den erforderlichen Prüfungen und automatischen Rückmeldungen betätigt wird. In ähnlicher Weise können in Gesprächspausen oder anstelle eines Gespräches auch andere der eingangs erwähnten mechanisierten Nachrichten übertragen werden, z. B. Messwerte, wobei wieder die verschiedenen Messinstrumente durch Anrufnummern gekennzeichnet und wählbar sind. Soll dagegen ein Messwert dauernd fernübertragen werden, so geschieht dies über einen besonderen HF-Kanal mit einer eigenen Welle. Die zu übertragenden Messwerte werden vor ihrer Uebertragung derart verwandelt, dass sie ebenso wie Fernsteuer-Signale den Charakter von Telegraphenzeichen haben. Ist nur ein Wert zu übertragen, so kann die HF direkt im Takte dieser Telegraphierimpulse unterbrochen werden; handelt es sich dagegen um mehrere Messwerte, so ordnet man jedem Messwert eine besondere hörbare Zwischenfrequenz zu, die im Telegraphier-Rhythmus getastet wird. Die verschiedenen Tonfrequenzströme werden gemeinsam (ähnlich wie die Sprechströme bei der HF-Telephonie) der hochfrequenten Trägerwelle aufmoduliert und am Empfangsort durch elektrische Siebe wieder voneinander getrennt, um schliesslich wieder in Zeigerausschläge verschiedener Messinstrumente

¹⁾ Hier kommen dem oben abgebildeten Siemens-System die grossen Erfahrungen zugute, die im niederfrequenten Weitsprechverkehr in den S- & H-Laboratorien gesammelt werden konnten.

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 Fremdpeilsystems 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*.

Red.

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