

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Telegraphen- und Telephonverwaltung = Bulletin technique / Administration des télégraphes et des téléphones suisses = Bollettino tecnico / Amministrazione dei telegrafi e dei telefoni svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Telegraphen- und Telephonverwaltung

Band: 10 (1932)

Heft: 4

Artikel: Der gegenwärtige Stand der Kurzwellentechnik = L'état actuel de la technique des ondes courtes

Autor: Wolf, Emil

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-873605>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 25.04.2026

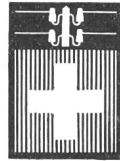
ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Technische Mitteilungen

Herausgegeben von der schweiz. Telegraphen- und Telephon-Verwaltung

Bulletin Technique

Publié par l'Administration des
Télégraphes et des Téléphones suisses



Bollettino Tecnico

Publicato dall'Amministrazione
dei Telegrafi e dei Telefoni svizzeri

Inhalt - Sommaire - Sommario: Der gegenwärtige Stand der Kurzwellentechnik. L'état actuel de la technique des ondes courtes. — Vom Mikrophon zur Sendeantenne. Du microphone à l'antenne. — La conduite d'un central téléphonique. — Verbindungsverkehr zwischen einem Hauptumschalter und einer Linienwähleranlage. — Les conférences internationales télégraphiques, téléphoniques, radiotélégraphiques et radiotéléphoniques. — Unterstellung eines Handwerkmeisters unter die obligatorische Unfallversicherung, wenn er als Ortshilfsarbeiter der Telegraphenverwaltung beschäftigt wird. — Verschiedenes. Divers: La Conférence des Réparations à Lausanne. — Ausdehnung des automatischen Telephonbetriebes. — Das Ergebnis der bernischen Schulfunkversuche. — Vom Brand des Verwaltungsgebäudes. — Transmission de la musique par fil téléphonique... en 1889! — A bâtons rompus. En 1886. — Fernamt. — Knigge am Telephon. — Jost Bürgi. — Personalnachrichten. Personnel. Personale. — Aus dem schweizerischen Patentwesen. Brevets d'invention suisses.

Der gegenwärtige Stand der Kurzwellentechnik.*)

Von Ing. Dr. techn. Emil Wolf, Wien.

Einleitung.

Seit einigen Jahren ist in der Technik der drahtlosen Nachrichtenübermittlung, insbesondere für die Uebertragung über grösste Distanzen, die kurze Welle zu ausserordentlicher Bedeutung gelangt. Es ist interessant darauf hinzuweisen, dass die drahtlose Technik mit der ultrakurzen Welle begonnen hat, denn Heinrich Hertz hat seine klassischen Laboratoriumsversuche im Jahre 1890 mit 60 cm und 6 m langen Wellen durchgeführt. Da das Schrifttum über diesen Zweig der Nachrichtentechnik, verstreut in technische und physikalische Zeitschriften, einen enormen Umfang angenommen hat, scheint es lohnend, nach einer kritischen Sichtung desselben den gegenwärtigen Stand der Technik darzustellen, wobei besonders darauf hinzuweisen sein wird, inwieweit in den einzelnen Belangen bereits offenkundig gesicherter Boden gewonnen wurde, bzw. wo Mängel und Unsicherheiten durch weitere Forschung behoben werden müssen.

Es ist ein unbestreitbares Verdienst der Sendeamateure, auf die Tauglichkeit der Kurzwellen für Verkehrszwecke hingewiesen und damit erst die Fachwelt auf dieses brachliegende Frequenzgebiet aufmerksam gemacht zu haben. Die Unmöglichkeit, auf ihren Wohnhäusern grössere Antennenanlagen zu errichten, der Kostenpunkt und behördliche Vorschriften haben die amerikanischen Sendeamateure genötigt, mit der Wellenlänge ihrer Versuchssender unter 200 m zu bleiben. Die Erfahrung lehrte sie Befremdliches. In kurzem Abstand vom Sender schon wurden die Zeichen unhörbar, um aber dann nach einer „toten Zone“ wieder mit guter Laut-

*) Aus der Zeitschrift E. u. M. mit gefl. Ermächtigung der Schriftleitung und des Verfassers.

L'état actuel de la technique des ondes courtes.

Par M. le Dr. Emil Wolf, Vienne.

Introduction.

Depuis quelques années, les ondes courtes jouent un rôle toujours plus important dans la correspondance télégraphique, notamment pour les communications à grande distance. Il est en tout cas intéressant de relever que la radio a précisément fait ses débuts par les ondes ultra-courtes. Nous savons en effet que le savant allemand Hertz fit ses premiers essais de laboratoire en 1890, en utilisant des ondes qui variaient entre 60 cm et 6 m. Etant donné que la littérature en la matière se trouve éparpillée dans de nombreux ouvrages techniques et physiques qui formeraient une collection très volumineuse, il est peut-être intéressant de décrire l'état actuel de la technique, après avoir étudié et analysé la matière de façon approfondie, sans oublier d'examiner dans quelle mesure les phénomènes sont éclaircis, afin de relever les points où règne encore de l'incertitude qu'il faudra faire disparaître en procédant à de nouvelles recherches.

En tout cas, le mérite revient incontestablement aux amateurs d'avoir reconnu que les ondes courtes sont utilisables pour des services publics et d'avoir attiré l'attention des professionnels sur ces fréquences qui étaient encore inutilisées. Les amateurs américains qui se virent dans l'impossibilité d'établir de grandes antennes sur leurs maisons, à cause des frais qui en seraient résultés et des prescriptions en vigueur, furent contraints d'exploiter leurs émetteurs d'essais sur des ondes inférieures à 200 m. Et, à leur grande surprise, ils constatèrent qu'à une courte distance de l'émetteur les signaux devenaient imperceptibles, pour réapparaître avec une bonne intensité au-delà d'une zone de silence¹⁾. C'est ainsi

¹⁾ Voir: Pfeuffer, E. u. M. 42 (1924) Die Radiotechnik, p. 3, 14, 315.

stärke vernehmlich zu sein¹⁾. So konnten sie sich den damals geradezu lächerlich scheinenden Versuchen zuwenden, eine Verbindung mit Europa herzustellen, und tatsächlich gelang es Ende 1923 dem Amerikaner Schnell in Hartford, Connecticut, mit einigen hundert Watt Antennenenergie erstmalig auf Welle 100 m eine gute transatlantische Verbindung mit Leon Déloy in Nizza herzustellen²⁾. Von diesem Zeitpunkte an beginnt die Kurzwelle einen ständig wachsenden Anteil des drahtlosen Verkehrs zu übernehmen, insbesondere deshalb, weil die Telegraphiergeschwindigkeit, also die spezifische Belastbarkeit der Funklinie, viel grösser ist als es im Langwellenverkehr je möglich wäre.

Die Fortpflanzung der Kurzwelle im Raum.

Bei den längeren Wellen, wie sie vor 1925 ausschliesslich in der drahtlosen Technik verwendet wurden, gilt die Vorstellung, dass die Hochfrequenzenergie, welche von der Sendeantenne ausgestrahlt wird, im wesentlichen am Grundwasser bzw. Meeresspiegel als leitender Schale geführt wird³⁾ — man spricht von Oberflächenwellen, Bodenwellen —, wobei infolge fortschreitender Verdünnung des Energiestromes mit seiner Ausbreitung um die Erdoberfläche und des Energieverlustes durch Absorption die Zeichenstärke immer mehr (und zwar nach einem exponentiellen Gesetz) abnimmt⁴⁾. Die Struktur dieses Gesetzes ist durch Rechnung und Experiment festgestellt, seine Anwendung aber auf die längeren Wellen beschränkt; im Kurzwellengebiet zwischen 100 und 10 m versagt es völlig. Insbesondere war der erwähnte Umstand, dass in diesem Gebiet nach ausgedehnten Schweigezonen die Zeichen wieder hörbar werden, ein Anlass dafür, neue Vorstellungen für den Energietransport in diesem Frequenzgebiet zu entwickeln. Es ergibt sich zwingend die Notwendigkeit der Annahme, dass ausser der „Oberflächenstrahlung“, die hier wegen der grossen Absorption der kurzen Wellen keine Rolle spielt, ein Teil der Antennenenergie von der Erdoberfläche weg in den Raum ausgestrahlt wird und unter dem Einfluss der elektrischen Beschaffenheit höherer Atmosphärenschichten zu einer Wanderung in diesen gezwungen und schliesslich zur Erdoberfläche zurückbefördert wird. Diese Arbeitshypothese ist, fussend auf Rechnungen von O. Heaviside und Kennelly, in den letzten Jahren besonders von Larmor, Pedersen und Lassen⁵⁾ entwickelt worden und kann vereinfacht in der folgenden Weise dargestellt werden:

Es ist bekannt, dass von der Sonne ausser dem sichtbaren auch ultraviolettes Licht zur Erde eingestrahlt wird; dieses hat die Fähigkeit, neutrale Gasatome der Erdatmosphäre zu spalten, zu ionisieren, so dass neben elektrisch neutralen Atomen

qu'à une époque où la chose paraissait encore impossible, ils essayèrent de réaliser des communications avec l'Europe et, vers la fin de 1923, l'amateur américain Schnell à Hartford, Connecticut, parvint, pour la première fois, à établir sur l'onde de 100 m une bonne communication transatlantique avec M. Léon Déloy à Nice, en utilisant un émetteur dont la puissance n'atteignait que quelques centaines de watts à l'antenne²⁾.

Dès lors, après une période de recherches de quelques années à peine, les ondes courtes arrivent toujours davantage à supplanter les ondes longues sur lesquelles elles ont l'avantage de se prêter à des vitesses de transmission beaucoup plus élevées. En d'autres termes, elles permettent d'utiliser une communication d'une façon beaucoup plus rationnelle.

La propagation des ondes courtes dans l'espace.

Pour les ondes longues, qui seules étaient utilisées avant 1925 sur les communications radioélectriques, on admet que l'énergie à haute fréquence diffusée par l'antenne émettrice suit soit le niveau des nappes souterraines, soit le niveau de la mer, qui forme une couche conductrice³⁾. Comme on le sait déjà, une antenne diffuse des ondes en hauteur et des ondes rasantes, dont l'intensité diminue du fait de la perte d'énergie par radiation et par absorption à mesure qu'elles se propagent sur la surface de la terre; cette énergie diminue suivant une loi exponentielle⁴⁾. Cette loi, qui a été déterminée empiriquement, n'est applicable qu'aux ondes longues et ne peut être utilisée pour les ondes comprises entre 100 et 10 m. Le fait déjà signalé que les ondes courtes sont de nouveau perceptibles au-delà d'une grande zone de silence, a fait surgir de nouvelles hypothèses au sujet du transport d'énergie électrique sur ces fréquences. Étant donné que les ondes courtes rasantes ne jouent aucun rôle en raison de la forte absorption qu'elles subissent, on est en effet forcé d'admettre qu'une partie de l'énergie émise par l'antenne est projetée vers les couches supérieures de l'atmosphère où elle effectue un long parcours pour être réfléchie vers la terre, en raison de l'état électrique de ces couches. Cette hypothèse est basée sur les calculs de O. Heaviside et de Kennelly. Dernièrement, elle a été développée par Larmor, Pedersen et Lassen⁵⁾ et peut s'expliquer de la façon suivante:

Il est connu que, outre les rayons visibles, le soleil projette aussi vers la terre des rayons ultraviolets qui ont la propriété de décomposer les atomes gazeux de l'atmosphère, c'est-à-dire de les ioniser, de sorte que, à côté des atomes neutres, nous trouvons également des ions (particules chargées électriquement) et des électrons décomposés qui caractérisent l'état de l'atmosphère. Comme on le saura déjà, on se représente un atome comme étant formé d'un noyau

¹⁾ Vgl. Pfeuffer, E. u. M. 42 (1924). Die Radiotechnik, S. 3, 14, 315.

²⁾ Vgl. A. Esau, E. u. M. 43 (1925). Die Radiotechnik, S. 13, 14 und 45 (1927) Die Radiotechnik, S. 125, 126.

³⁾ Vgl. a. J. Zenneck, E. u. M. 43 (1925) S. 593—598, und S. 612—616.

⁴⁾ Vgl. L. W. Austin, E. u. M. 33 (1915) S. 26; 35 (1917) S. 497; vgl. a. G. Stetter, E. u. M. 44 (1926) Die Radiotechnik, S. 33—39; A. Meissner, 105—107.

⁵⁾ Vgl. E. u. M. 42 (1924) Die Radiotechnik, S. 375; 44 (1926) Die Radiotechnik, S. 71; 45 (1927) Die Radiotechnik, S. 34; 46 (1928) Die Radiotechnik, S. 63; ferner 48 (1930), S. 439.

²⁾ Voir: A. Esau, E. u. M. 43 (1925) Die Radiotechnik, p. 13, 14 et 45 (1927) Die Radiotechnik, p. 125, 126.

³⁾ Voir: A. J. Zennek, E. u. M. 43 (1925), p. 593—598 et 612—616.

⁴⁾ Voir: L. W. Austin, E. u. M. 33 (1915), p. 26; 35 (1917), p. 497, v. a. G. Stetter, E. u. M. 44 (1926) Die Radiotechnik, p. 33 à 39; A. Meissner, 105—107.

⁵⁾ Voir: E. u. M. 42 (1924) Die Radiotechnik, p. 375; 44 (1926) Die Radiotechnik, p. 71; 45 (1927) Die Radiotechnik, p. 34; 46 (1928) Die Radiotechnik, p. 63; et 48 (1930), p. 439.

Ionen, das sind mit Masse behaftete Ladungsträger, und abgespaltene Elektronen den elektrischen Zustand der Atmosphäre bestimmen. (Man stellt sich bekanntlich vor, dass ein Atom aus einem mit Masse und Ladung behafteten Kern besteht, um den sich Elektronen in Bahnen bewegen, ähnlich denjenigen der Planeten um die Sonne; diese Aussenelektronen neutralisieren die Kernladung⁶). Wird durch ultraviolettes Licht ein Aussenelektron abgespalten und selbständig, so ist der Rest als positiver Ladungsträger nach aussen wirksam. Es ist klar, dass dieser Vorgang der Ionisation besonders von der Dichte des Gases abhängt, denn die sogenannte „freie Weglänge“ des abgespaltenen Elektrons, die für seine selbständige Lebensdauer bestimmend ist, wächst mit grösser werdender Gasverdünnung, weil die Wahrscheinlichkeit des Zusammenstosses mit Nachbarn und damit der Wiedervereinigung geringer wird. Sind auch die experimentellen Daten über die chemische Zusammensetzung der höheren Atmosphärenschichten und deren barometrische Eigenschaften spärlich, so kann doch als im Prinzip richtig die in Abb. 1 dargestellte Verteilung der Dichte der Ladungsträger als Funktion der Höhe über dem Erdboden angenommen werden.

Trifft das elektrische Wechselfeld des Senders auf Schichten mit solchen freien Ladungsträgern (Elektronen und Ionen), so werden diese zu Schwingungen im Takt der Sendefrequenz angeregt, was zweierlei zur Folge hat. Erstens bedeutet das Leitungsvermögen der Schicht eine Aenderung des Brechungs-exponenten, er wird kleiner, und somit tritt eine Brechung des Wellenstrahles gegen die Erdoberfläche zu ein. Zweitens werden die in Schwingung versetzten Ladungen beim Zusammenstoss mit anderen Ladungsträgern oder neutralen Molekeln ihre Energie ganz oder zum Teil an diese abgeben, was einen Entzug an Energie für die Welle bedeutet (Absorption). Da die Schwingungsamplitude der Ladungsträger proportional dem Quadrat der Wellenlänge ist, so sehen wir zunächst, dass für die längeren Wellen zwischen 50 und 100 m die Absorption der Wellenenergie in einer bestimmten Schicht grösser ist als für die kürzeren, weil die Wahrscheinlichkeit des Zusammenstosses mit dem Nachbarn natürlich bei grösserer Amplitude bei gegebener mittlerer freier Weglänge grösser ist. Da der errechnete Ionisationszustand der Atmosphäre, wie er durch Abb. 1 gekennzeichnet ist, keine sprunghafte Aenderung zeigt, so ändert sich auch der Brechungsindex für den traversierenden Wellenstrahl stetig, so dass keine merkliche Reflexion der Welle zu erwarten ist. Weiter ist zu entnehmen, dass die Atmosphäre erst ab 90 km merklich Einfluss auf den Wellenweg nehmen kann. Für den Grad der Ablenkung ist natürlich bei gegebener Wellenlänge der Gradient massgebend, der in einer kritischen Schale nahe an 110 km Null wird, um dann sein Vorzeichen zu ändern. Je kürzer die Wellenlänge, um so geringer ist die Beugung, weil der Brechungsindex mit steigender Frequenz sich immer weniger von 1 unterscheidet. Wellen, welche die kritische Schale erreichen, werden in den Raum zerstreut und nur

chargé électriquement, autour duquel gravitent les électrons, à l'exemple des planètes autour du soleil. Ce sont ces électrons libres qui neutralisent la charge du noyau⁶). Si un électron libre est séparé de l'atome par un rayon ultra-violet, il deviendra indépendant et la charge résiduelle se manifestera à l'extérieur comme charge positive. Il est clair que le phénomène de l'ionisation dépend beaucoup de la densité du gaz, car le chemin que parcourt l'électron libéré, et qui est déterminant pour son existence à l'état libre, augmente en même temps que la raréfaction du gaz, car, dans une atmosphère raréfiée, il a moins de chances de se combiner avec des électrons voisins que dans une atmosphère saturée. Bien que des données expérimentales sur la composition chimique des couches supérieures de l'atmosphère et sur leurs propriétés barométriques soient encore peu nombreuses, on peut admettre, en principe, que la densité de l'ionisation, en fonction de la hauteur au-dessus du sol, correspond aux courbes de la fig. 1.

Si le champ électrique créé par l'émetteur pénètre dans une couche ionisée, les ions et les électrons se mettent à osciller au rythme de la fréquence de l'émetteur, ce qui a pour effet:

1° de modifier la conductibilité de la couche et par là, de faire varier l'indice de réfraction qui diminuera, et qui courbera les rayons pour les renvoyer vers la terre;

2° de faire osciller les électrons qui, en heurtant d'autres électrons ou des molécules neutres, finissent par leur céder tout ou partie de leur énergie, ce qui fait diminuer l'énergie de l'onde (absorption). Comme l'amplitude d'oscillation des électrons est proportionnelle au carré de la longueur d'onde, nous voyons tout d'abord que les ondes comprises entre 50 et 100 m subissent, dans certaines couches, une plus grande absorption que les ondes plus courtes, vu que les possibilités de rencontre avec les électrons voisins sont plus grandes lorsque l'amplitude est plus élevée pour un même parcours. La variation de l'ionisation changeant graduellement comme nous le montre la fig. 1, l'indice de réfraction varie aussi graduellement pour le rayon qui pénètre dans la couche, de sorte que l'on ne peut guère parler d'une réflexion proprement dite. Remarquons également que l'atmosphère ne commence qu'à partir de 90 km à avoir une influence appréciable sur les rayons qui la sillonnent, et que pour une longueur d'onde donnée, la réflexion dépend du gradient dont la valeur passe par zéro à 110 km de hauteur pour changer de signe ensuite. Plus courte sera la longueur d'onde, plus faible sera la réflexion, car l'indice de réflexion se rapproche de l'unité à mesure que la fréquence augmente. Les ondes qui s'élèvent à cette hauteur seront projetées dans l'espace, et seules celles qui ont pu être réfléchies plus tôt pourront être captées sur terre. D'après cette hypothèse, il importe de relever que le faisceau d'ondes subit tout d'abord une déviation très accentuée, qui diminue à mesure qu'il se rapproche de la couche critique, mais d'autant moins vite que l'onde est plus courte. Il s'ensuit donc que, plus une onde est courte, plus elle parcourra

⁶) Theorie von N. Bohr, vgl. E. u. M. 36 (1928), S. 414.

⁶) Théorie de N. Bohr, voir: E. u. M. 36 (1918), p. 414.

solche, die vor Erreichen derselben bereits wieder gegen die Erde zurückgebeugt werden, kommen als Nachrichtenträger in Frage. Besonders wichtig ist, dass nach dieser Arbeitshypothese der eintreffende Wellenstrahl zuerst rasch, dann aber mit Annäherung an die kritische Schale immer langsamer abgebeugt wird, und zwar um so langsamer, je kürzer die Welle wird; somit vermag die Welle einen um so längeren Weg in der Heavisideschicht selbst zurückzulegen, um so längere Zeit also auf der Erdoberfläche praktisch unhörbar zu bleiben („tote Zone“), je kürzer sie ist, was die Erfahrung durchaus bestätigt. Damit wird gleichzeitig der tatsächlich überbrückte Weg grösser; dies geht natürlich nicht ohne Grenze, vielmehr wird schliesslich von einer unteren Grenzwellenlänge ab der Strahl nicht mehr zur Erde zurückgebeugt.

Diese „Grenzwellenlängen“ sind für Tag- und Nachtzonen des durchlaufenen Weges verschieden; denn da nachts die Ionisierungsursache, die Sonne, fehlt, tritt eine quantitative Aenderung in der Leitfähigkeit der Atmosphärensichten ein. Als natürliche Folge des Abbaues der Ladungsträger durch Wiedervereinigung müssen wir uns vorstellen, dass die Heavisideschicht im grossen und ganzen eine Verschiebung nach grösseren Höhen gegenüber Abb. 1 erfährt. Daher kann vorausgesagt werden, dass die toten Zonen für eine bestimmte Welle nachts grösser als bei Tag sind, was in guter Uebereinstimmung mit der Erfahrung steht. Ferner folgt daraus, dass dieselbe Welle, welche bei Tag eben noch zu uns zurückkehrt — Tagesgrenzwelle nahe 13 m — nachts unbrauchbar wird; die Grenze wird in das Gebiet von 21 m verschoben. Es ist weiter einleuchtend, dass der tatsächliche Weg der Welle vom Winkel abhängt, unter welchem er von der Sendeantenne abgestrahlt und somit in die Heavisideschicht eingestrahlt wird. Wir dürfen daher nicht erwarten, dass die tote Zone einer bestimmten Welle zu einer bestimmten Tageszeit scharf begrenzt ist, da die Sendeantennen im allgemeinen ein Strahlenbündel unter verschiedenen Winkeln zur Ausstrahlung bringen, und können verstehen, dass an einem bestimmten Empfangsort gleichzeitig Wellenstrahlen zur Einwirkung kommen, welche eine merklich verschiedene Laufzeit hinter sich haben, so dass durch Interferenz Lautstärke-schwankungen („Fading“) entstehen, dies insbesondere am Rand der toten Zone („Flackerzone“)⁷⁾. Eine weitere Ursache für das Fading, die schlimmste Betriebseigenschaft der kurzen Welle, ist dadurch gegeben, dass die Heavisideschicht, deren Querschnitt durch Abb. 1 beschrieben ist, keinen wohl definierten Zustand darstellt, vielmehr sich in ständiger Bewegung und Veränderung aus den verschiedensten Ursachen befindet. So ist aus Beobachtungen von J. Fuchs ein ursächlicher Zusammenhang mit dem Luftdruck in der durchlaufenen Strecke zu erkennen, in dem Sinne, dass niedriger Luftdruck die tote Zone vergrössert, hoher Druck sie verkleinert.

Aus einer grösseren Zahl von praktischen Messungen sind von Heising, Schelleng und Southworth sehr anschauliche, wenn auch einigermassen idealisierte

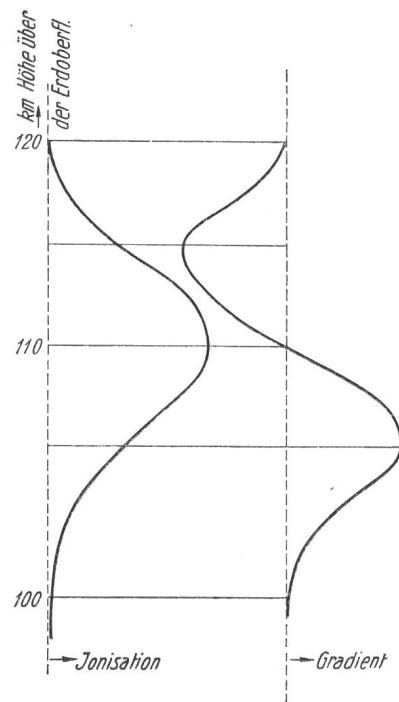


Fig. 1. Querschnitt der hypothetischen Heavisideschicht. Coupe de l'hypothétique couche de Heaviside.

un long chemin dans la couche Heaviside, et plus étendue par conséquent sera la zone de silence, ce qui a d'ailleurs été constaté en pratique. C'est aussi pour cette raison que les ondes courtes permettent de réaliser des portées beaucoup plus considérables. Leur portée a toutefois aussi une limite, car les ondes ultra-courtes ne sont plus réfléchies vers la terre.

Cette limite n'est pas la même le jour que la nuit, vu que, la nuit, l'ionisation est plus faible à cause des recombinaisons dues à l'absence du soleil qui modifie la conductibilité de l'atmosphère. Nous pouvons donc admettre que, la nuit, la couche Heaviside se trouve plus haut que l'indique la fig. 1. Il en résulte d'une part que, pour une onde donnée, les zones de silence sont plus étendues la nuit que le jour, ce qui est également confirmé par la pratique, et d'autre part que les ondes qui, de jour, sont encore réfléchies (onde limite de jour 13 m environ) ne reviennent plus sur terre la nuit; la limite se trouve déplacée vers 21 m. Comme le chemin parcouru par un rayon dépend de l'angle sous lequel l'antenne le projette dans la couche Heaviside, il ne faudra pas s'attendre à avoir une zone de silence bien marquée pour une longueur d'onde donnée à une heure déterminée, car on ne doit pas oublier qu'une antenne diffuse non seulement un seul rayon, mais tout un faisceau de rayons, qui tous suivent des chemins différents. On peut donc facilement se rendre compte que les rayons qui arrivent en un point donné et qui n'ont pas parcouru les mêmes espaces, seront quelque peu décalés les uns par rapport aux autres, et auront pour effet de produire des interférences qui feront varier l'intensité des signaux (fading). Ce phénomène est tout particulièrement appréciable à la limite de la zone de silence, soit à la zone de fading⁷⁾. Une autre

⁷⁾ Vgl. E. u. M. 44 (1926) Die Radiotechnik, S. 71; 48 (1930), S. 439.

⁷⁾ Voir: E. u. M. 44 (1926) Die Radiotechnik, p. 71; 48 (1930), p. 439.

sierte Darstellungen über die erreichten Feldstärken in Abhängigkeit von Entfernung, Tageszeit und Wellenlänge entwickelt worden (z. B. Abb. 2a, b), die kaum einer weiteren Erklärung bedürfen und eine sehr gute Vorstellung davon geben, welche Wellenlänge für eine bestimmte Verkehrsrelation zu wählen ist.

Wenn somit die vorher grob skizzierte Arbeitshypothese auch in allen wesentlichen Belangen durch die Erfahrung bestätigt wird, so muss doch darauf hingewiesen werden, dass sie in Zukunft erweitert und ergänzt werden muss, da eine Anzahl von Beob-

cause du fading, qui est le côté faible des ondes courtes, réside dans le fait que la couche Heaviside, représentée en coupe sur la figure 1, n'est pas stable, mais continuellement en mouvement pour des causes très diverses. D'après les observations de J. Fuchs, il existe une certaine relation entre la pression atmosphérique sur le parcours et l'état de la couche ionisée en ce sens que, sous une pression plus basse, la zone de silence se trouve plus étendue.

Les nombreuses mesures pratiques effectuées par Heising, Schelling et Southworth ont permis d'établir des graphiques qui, quoique rentrant un peu dans

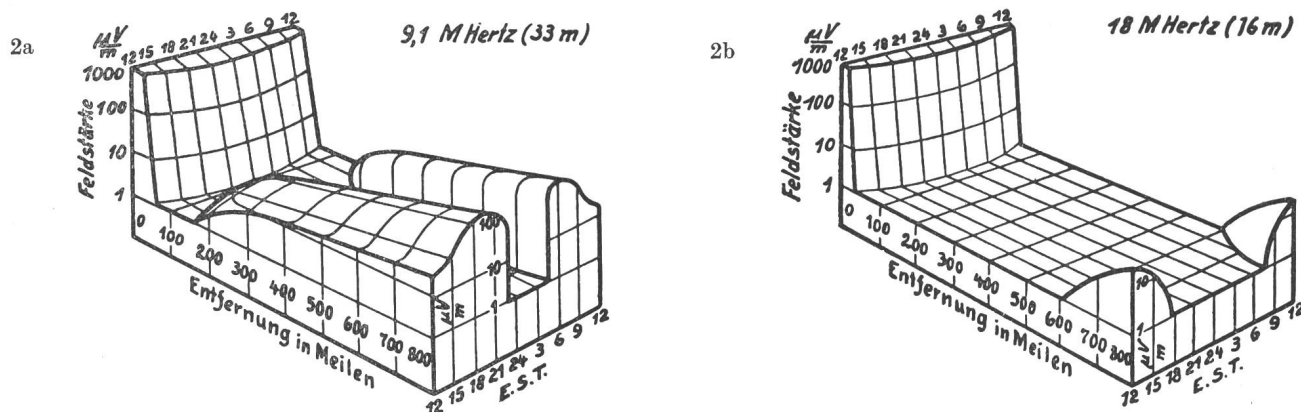


Fig. 2. Feldstärke in Abhängigkeit von Wellenlänge, Entfernung und Tageszeit.
Intensité du champ en fonction de la longueur d'onde, de la distance et de l'heure.

achtungen darin nicht unterzubringen ist. Zum Beispiel können nach dem gegenwärtigen Stand der Theorie der Heavisideschicht Tageswellen merklich unter 10 m nicht mehr zur Erde zurückgelangen; praktisch aber wurden mit Wellen von 3 m (Alexandersen) 3000 Meilen, allerdings nur in der Nordsüdrichtung und in nicht jederzeit reproduzierbarer Weise, überbrückt. Ferner sind in den letzten zwei Jahren wiederholt wahre „Echos“ (im Gegensatz zu den Mehrfachumlaufzeiten, von denen noch zu sprechen sein wird), beobachtet worden, und zwar erstmalig von Jörgen Hals und Störmer⁸⁾; kurze Punktzeichen, die vom Philipssender in Eindhoven auf 31,4 m ausgesendet wurden, ergaben nach dem ersten direkten Zeichen im Empfänger mehrfache Wiederholung desselben mit schwächer werdender Amplitude nach vielen Sekunden. Beobachtungen aus jüngster Zeit ergaben Laufzeiten der Echozeichen bis zu 4 Min. 20 Sek. Da die Laufzeit des Zeichens einmal um die Erde rund $\frac{1}{7}$ Sek. beträgt, müsste das Zeichen, wenn es die hypothetische Heavisideschicht nicht durchstossen hätte, etwa 1800mal die Erde umlaufen haben und dann erst in den Empfänger gekommen sein, was als ausgeschlossen gelten kann, weil die Wellenenergie längst durch Absorption verzehrt wäre. Die Versuche, diese langzeitigen Echos zu erklären, sind noch ziemlich hilflos. Pedersen und K. W. Wagner neigen zu der Annahme, dass das Zeichen nach Durchstossung der Heavisideschicht an kosmischen Ladungswolken in Distanzen von vielen 100,000 km reflektiert wird, zumindest, wenn die Echozeit 60 Sek. überschreitet. Für die Echo-

⁸⁾ Vgl. E. u. M. 45 (1927) Die Radiotechnik, S. 94; 46 (1928) Die Radiotechnik, S. 63; 48 (1930), S. 902.

le domaine de la fantaisie, n'en donnent pas moins des renseignements très précieux sur l'intensité du champ en fonction de la distance, de l'heure et de la longueur d'onde (v. fig. 2a, b). Grâce à ces graphiques, qui sont représentés d'une façon très expressive, on pourra facilement trouver l'onde la plus propice pour une communication donnée.

Bien que l'hypothèse émise plus haut soit confirmée par la pratique sur tous les points les plus importants, nous devons la généraliser davantage, vu qu'elle ne tient pas compte d'un certain nombre d'observations qui ont été faites. Alors que, d'après la théorie actuelle sur la couche Heaviside, les ondes quelque peu inférieures à 10 mètres ne sont plus réfléchies vers la terre, on est arrivé, en pratique, à réaliser des communications sur une distance de 3000 lieues avec une onde de 3 m (Alexandersen), mais seulement dans la direction Nord-Sud et seulement à certaines heures. Au cours de ces dernières années, on a également constaté de vrais effets d'échos, qu'il ne faut pas confondre avec les signaux arrivant après avoir fait plusieurs fois le tour de la terre, et dont nous reparlerons plus loin. Ces phénomènes ont été observés pour la première fois par MM. Jörgen Hals et Störmer⁸⁾. Le poste émetteur de Philips à Eindhoven émettait sur l'onde 31,4 m des points très courts qui, après réception du signal normal, produisaient au récepteur, après quelques secondes, plusieurs points successifs dont l'amplitude décroissait graduellement. Des observations plus récentes ont permis de constater des échos après 4 minutes et 20 secondes. Comme un signal fait le tour de la terre

⁸⁾ Voir: E. u. M. 45 (1927) Die Radiotechnik, p. 94; 46 (1928) Die Radiotechnik, p. 63; 48 (1930), p. 902.

zeiten bis 60 Sek. vermutet Störmer Reflexion an einer toroidischen Ringstromschicht (Birkeland), welche vermutlich in sehr grossem Abstand die Erde wulstförmig umgibt. Die Sonnenflecken strahlen nämlich Elektronen zur Erde ein, unter dem Einfluss des erdmagnetischen Feldes erfahren diese eine Orientierung, wie sie ein stromdurchflossener Leiter neben einem Stabmagneten erleidet; dieser windet sich, wie das bekannte Experiment zeigt, spiralg um die Magnetachse; bewegte Elektronen sind das Gegenstück zum stromdurchflossenen Draht und die Erde repräsentiert einen Stabmagneten. Wir müssen also annehmen, dass die von den Sonnenflecken zu uns beförderten Elektronen sich ebenfalls in weiten Spiralen um die Erde bewegen; in sehr grossen Höhen kreisen diese längere Zeit angenähert in Richtung der Breitgrade und bilden die erwähnte Ringstromschicht; in geringeren Höhen ist umgekehrt die Rotation verschwindend und es erfolgt eine Führung vornehmlich in Richtung der Meridiane und Häufung der Ladungen an den Polen. Das Polarlicht, welches stets zu Zeiten gesteigerter Tätigkeit der Sonnenflecken besonders gut sichtbar wird, und mit welchen auch immer „erdmagnetische Gewitter“ verbunden sind, mag auf diese Weise durch die Sonne erregt werden. Ferner sind von Böhm Mehrfachzeichen oszillographisch aufgenommen worden, bis zu sieben von demselben Morsepunkt von $\frac{1}{100}$ Sek. Länge, die etwa $\frac{1}{100}$ Sek. voneinander entfernt waren (Laufzeitunterschied), was je 3000 km durchlaufener Weglänge entspricht; hier wird angenommen, dass der Strahl nach mehrmaliger Reflexion zwischen einer in 1500 km vermuteten leitenden Schicht und der Erdoberfläche zur Einstrahlung in den Empfänger von Geltow gelangte (der Sender war in Nauen in etwa 40 km Entfernung aufgestellt und mit Welle 14,93 betrieben).

Abgesehen von den bisher erwähnten „wahren Echos“, für deren Entstehung Reflexionen verantwortlich zu machen sind und die dem Verkehr kaum eine merkliche Störung bringen, treten Mehrfachumlaufzeichen im Betrieb auf, die zeitweilig den Verkehr einer Funklinie sehr stören können. Bei der grossen Reichweite der Kurzwellen, welche beträchtliche Wege in der Heavisideschicht selbst zurückzulegen vermögen, ist es leicht zu verstehen, dass ein Zeichen, das zum Beispiel „von Nauen nach Rio de Janeiro gesendet“⁹⁾ wird, einerseits auf dem kürzesten Wege eingestrahlt wird — direktes „Vorwärtszeichen“ —, andererseits aber nach Umlauf um die Erde in der entgegengesetzten Richtung gleichfalls in Rio zur Aufnahme kommt — „Rückwärtszeichen“ —, und zwar nach einer längeren Laufzeit, also merklich verspätet. Weitere Zeichen kommen nach mehrmaligem Umlauf um die Erde in beiden Richtungen zur Einstrahlung in den Empfänger; es tritt dann der Fall ein, dass ein solches verspätetes Signal in der Pause zwischen zwei Morsezeichen einläuft, und es ist klar, dass eine Nachricht durch solche Mehrfachumlaufzeichen infolge völliger oder teilweiser Ausfüllung der Pausen zwischen den direkten Zeichen durch die verspätete Zeichenwiederholung völlig unlesbar verstümmelt werden

⁹⁾ Vgl. E. u. M. 48 (1930) S. 831.

en $\frac{1}{7}$ de seconde, il devrait, s'il n'était pas sorti de l'hypothétique couche d'Heaviside, avoir fait 1800 fois le tour de la terre avant d'arriver au récepteur, ce qui est tout à fait exclu, car l'énergie aurait déjà été absorbée plus tôt. La cause de ces échos est encore peu connue. Pedersen et K. W. Wagner émettent l'hypothèse, surtout pour les échos de 60 secondes et plus, que les signaux qui sont arrivés à traverser la couche Heaviside continuent leur marche pendant des 100,000 kilomètres, jusqu'à ce qu'ils arrivent dans les espaces cosmiques d'où ils sont réfléchis. Quant aux échos se produisant avant 60 secondes, Störmer croit que les signaux sont réfléchis par une couche de forme toroïde entourant la terre (Birkeland) et qui doit se trouver à une grande distance de celle-ci. Il est notoire que les taches solaires envoient vers la terre des électrons qui, sous l'influence du magnétisme terrestre, s'orientent comme un circuit parcouru par un courant électrique dans le voisinage d'un aimant. Ce circuit, comme l'expérience bien connue le montre, s'enroule en forme de spirale autour de l'axe de l'aimant. Les essais d'électrons peuvent être comparés au fil parcouru par le courant, et la terre à l'aimant. Nous devons donc admettre que les électrons qui nous arrivent du soleil se meuvent également, en décrivant de grandes spirales autour de la terre; à une grande altitude, ils paraissent se mouvoir pendant longtemps suivant le sens des degrés de latitude et forment la couche toroïde dont nous avons déjà parlé, alors qu'à une faible hauteur la rotation disparaissant, ils se trouvent en quelque sorte canalisés dans la direction des méridiens, ce qui produit une augmentation de l'ionisation aux pôles. Il est donc probable que l'aurore boréale, qui est surtout visible lorsque les taches solaires sont en activité et qui est toujours accompagnée d'orages magnétiques, soit due à l'influence du soleil, conformément à cette hypothèse. Böhm a en outre réussi à enregistrer 7 répétitions d'un même point Morse de $\frac{1}{100}$ de seconde. Les répétitions se produisaient à des intervalles de $\frac{1}{100}$ de seconde, ce qui correspond à 3000 km de chemin parcouru. Dans ce cas, on admet que le rayon est arrivé au récepteur de Geltow après avoir été réfléchi plusieurs fois entre la couche hypothétique et la terre. L'émetteur se trouvait à Nauen, soit à 40 km du récepteur et était syntonisé sur l'onde de 14 m 93.

Abstraction faite des échos réels dont il a été question et qui, dus au phénomène de la réflexion, n'entraveront guère la correspondance radiotélégraphique, on a, en radiotélégraphie, les signaux arrivant de directions différentes, qui peuvent fortement affecter la correspondance. Considérant la grande portée des ondes courtes, qui parcourent des espaces immenses dans la couche Heaviside, il est clair que les signaux diffusés dans toutes les directions par le poste de Nauen, par exemple, arriveront à Rio de Janeiro les uns par le plus court chemin et les autres après avoir contourné la terre⁹⁾, c'est-à-dire avec un certain retard. Comme d'autres signaux n'arriveront à l'appareil qu'après avoir fait plusieurs fois le tour du globe, le cas peut se produire qu'un de ces signaux décalés apparaisse entre

⁹⁾ Voir: E. u. M. 48 (1930), p. 831.

kann. Dagegen ist eine sehr wirksame Abhilfe durch die Bündelantennen gefunden worden.

Kurzwellenantennen.

Die einfachste Antenne, der vertikale Draht von $\frac{\lambda}{4}$ Länge, der sogenannte Halbdipol mit Erde oder Gegengewicht, ergibt auch bei kurzen Wellen einen guten Strahler. Da aber die Bodenwelle hier zwecklos ist, wurde sehr früh der horizontale Dipol zur Anwendung gebracht; zwei horizontale Leiter von je $\frac{\lambda}{4}$ Länge, möglichst hoch zwischen Masten gespannt, werden in der Mitte durch eine „Energieleitung“ vom Sender gespeist; die Stromzufuhr erfolgt also in einem Strombauch, man bezeichnet dies als „Stromspeisung“; natürlich ist die Antenne auch durch „Spannungsspeisung“ erregbar. Halbdipol bzw. Dipol sind die Bauelemente aller Bündelantennen, von welchen nunmehr gesprochen wird.

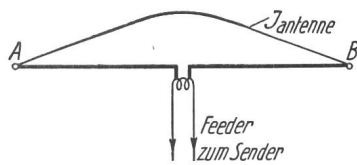


Fig. 3a. Der horizontale Dipol. Dipôle horizontal.

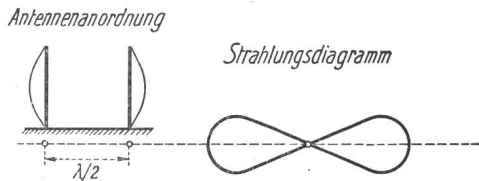


Fig. 3b. Zwei vertikale Dipole $\lambda/2$ entfernt, gegenphasig gespeist. Deux dipôles verticaux, distants de $\lambda/2$ et alimentés en opposition de phase.

Schon der einfache Dipol hat eine Richtwirkung; seine Strahlung (Abb. 3a) in der Richtung AB ist verschwindend, die Ausstrahlung ist vielmehr konzentriert in der Richtung senkrecht zu AB. Denken wir uns zwei vertikale Dipole gegenphasig gespeist, so ist klar, dass ihre Felder einander in jedem Augenblick entgegengesetzt sind und sich auslöschen; ein solches System strahlt also nach aussen nicht.

Entfernt man diese beiden Antennen um $\frac{\lambda}{2}$, so ergibt sich ein Strahlungsdiagramm entsprechend Abb. 3b. Die Ausstrahlung erfolgt nach beiden Seiten in der Richtung, welche durch die „Antennenebene“ gegeben ist; senkrecht zur Antennenebene ist die Strahlung Null. Die Oeffnung des Strahlenbündels, welche für die Richtschärfe massgebend ist, kann verringert werden, wenn eine grössere Zahl von Halbdipolen in der Antennenebene angeordnet wird, wobei die benachbarten Elemente stets gegenphasig zu speisen und örtlich um eine halbe Wellenlänge voneinander zu entfernen sind. Doch ist auch mit einer grossen Zahl von Halbdipolen keine gute

deux signaux morse. Les télégrammes reçus dans de telles conditions seraient tout à fait inintelligibles, les intervalles étant tous remplis par des signes étrangers. Le moyen le plus efficace de combattre ces effets consiste à utiliser des antennes dirigées avec réflecteur.

Antennes pour ondes courtes.

L'antenne la plus simple, le fil vertical de $\lambda/4$ de longueur, appelée aussi demi-dipôle, que l'on utilise avec la conduite de terre ou un contrepoids, constitue également une bonne antenne pour les ondes courtes. L'onde de sol étant tout à fait inutile ici, on pensa de suite à employer le dipôle horizontal, constitué de 2 conducteurs longs de $\frac{1}{4}$ d'onde chacun, tendus aussi haut que possible et excités à leur point de jonction par une ligne d'alimentation reliée à l'émetteur; l'antenne est attaquée à un ventre de courant, et on obtient ce qu'on appelle l'alimentation par couplage inductif. Il est clair que l'antenne peut aussi être couplée au moyen de capacités.

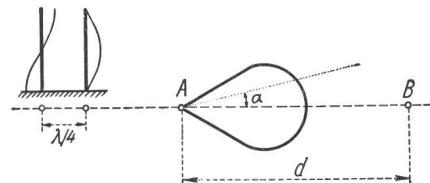


Fig. 3c. Strahlungsdiagramm des Reflektors. Diagramme de radiation du réflecteur.

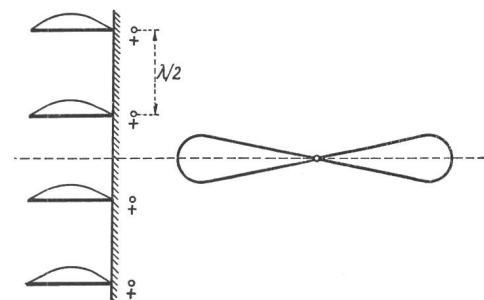


Fig. 3d. Gleichphasig erregtes Dipolbündel, Elemententfernung $\lambda/2$. Série de dipôles alimentés en phase et distants de $\lambda/2$.

Les demi-dipôles et les dipôles sont d'ailleurs les éléments constitutifs de toutes les antennes dirigées, dont nous parlerons par la suite.

Comme on le sait, le dipôle simple a déjà un effet directif; sa radiation (v. fig. 3a) est presque nulle dans la direction AB, alors qu'elle se concentre suivant le sens perpendiculaire à cette direction. Supposons que nous ayons deux dipôles verticaux à proximité immédiate l'un de l'autre et dont les courants d'alimentation sont en opposition de phase. Il est clair qu'un tel système ne radiera aucune énergie, vu que les champs créés sont à chaque instant en opposition et qu'ils s'annulent mutuellement.

Si l'on éloigne les deux dipôles d'une $\frac{1}{2}$ longueur d'onde, on obtient le diagramme de radiation représenté par la fig. 3b. La radiation se fait des deux côtés dans la direction du plan formé par les deux dipôles; dans la direction perpendiculaire à ce plan,

Richtschärfe zu erzielen, weshalb diese Anordnung praktisch nicht angewendet wird.

Speist man zwei Dipole, die $\lambda/4$ voneinander entfernt sind, mit um 90° phasenverschobenen Strömen (Anordnung von Blondel), so erhält man eine einseitige Strahlung in der Richtung der Antennenebene; dies ist leicht zu verstehen (Abb. 3c). Betrachten wir einen Empfangsort B in der Richtung der Antennenebene in Abstand d vom Sendeort A, wobei $d \gg \lambda$, so trifft die Welle der Antenne II um $\lambda/4$ später ein als die von Antenne I; da aber die Erregung der Antenne II in der Phase um 90° , also $\lambda/4$ voreilt, so ist in B zwischen den Feldvektoren von I und II der Phasenunterschied $\lambda/4 - \lambda/4 = \text{Null}$. Die Vektoren addieren sich somit; in der entgegengesetzten Richtung ist aber der Phasenunterschied örtlich $\lambda/4$ und elektrisch $\lambda/4$, somit insgesamt $\lambda/2$. Die Feldvektoren sind in jedem Augenblick einander entgegengesetzt gleich, das Summenfeld ist daher Null. Alle Strahlwerferanlagen machen davon Gebrauch, indem im Abstand $\lambda/4$ von der Antennenebene die im Aufbau identische Reflektorebene angeordnet wird, zu dem Zweck die Ausstrahlung im „Rücken“, bzw. bei der Empfangsanlage die Einstrahlung aus dem Rücken der Antenne zu vermeiden. Es ist sofort verständlich, dass bei Verwendung von Strahlwerfern (Bündelantennen mit Reflektor)¹⁰⁾ bei Sender und Empfänger die im vorigen Kapitel erwähnten Störungen durch die Mehrfachumlaufzeichen, ausgenommen mehrfache Vorwärtszeichen, vermieden sind.

Speist man zwei oder mehrere um je $\lambda/2$ voneinander entfernte Dipole, die wieder in einer vertikalen Ebene orientiert seien, gleichphasig, so erhält man ein Strahlungsdiagramm gemäss Abb. 3d. Die Strahlung ist jetzt konzentriert in der Richtung senkrecht zur Antennenebene; bezüglich des Zustandekommens des Diagramms ist sinngemäss dieselbe Ueberlegung wie oben bei der Reflektoranordnung von Blondel anzuwenden. Hier ist mit 8 bis 10 Elementen bereits eine grosse Richtschärfe zu erzielen, das heisst der Oeffnungswinkel des ausgestrahlten Bündels sinkt rasch auf 5 bis 10° . Das

¹⁰⁾ Vgl. E. u. M. 47 (1929), S. 39.

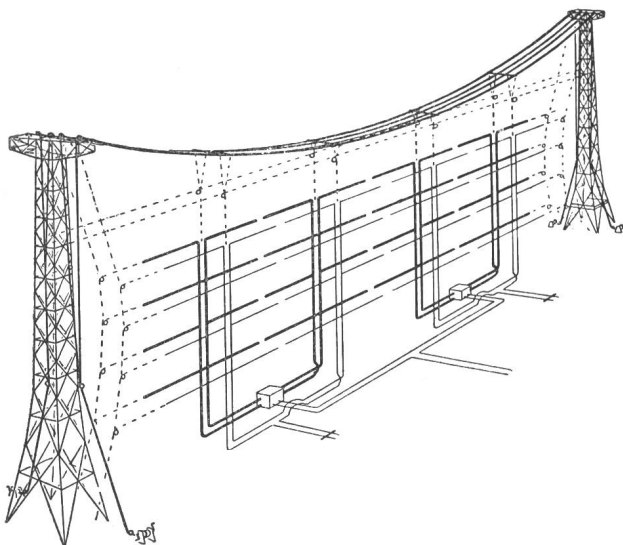


Fig. 4. Strahlwerfer von Telefunken.
Reflektor Telefunken.

la radiation est nulle. On peut diminuer l'angle d'ouverture du faisceau dont dépend l'effet directif en insérant plusieurs demi-dipôles dans le plan de l'antenne et en alimentant, toujours en opposition de phase, deux éléments voisins et en les plaçant à la distance d'une $\frac{1}{2} \lambda$ l'un de l'autre. Bien qu'on ordonne un grand nombre de dipôles sur un même plan, cette disposition ne permet pas d'obtenir un effet directif suffisant et n'est pas utilisée en pratique.

Si l'on alimente avec un décalage de phase de 90° deux dipôles placés à $\frac{1}{4} \lambda$ l'un de l'autre (système Blondel), on obtient une radiation d'un seul côté dans la direction du plan de l'antenne, ce qui ressort de la fig. 3 c. Si nous considérons la réception en un point B distant de d de l'émetteur A et situé dans la direction du plan de l'antenne, et que nous prenons $d \gg \lambda$, nous verrons que l'onde de l'antenne II arrive en B $\frac{1}{4} \lambda$ plus tard que l'onde de l'antenne I. Toutefois, comme l'antenne II est excitée avec une avance de phase de 90° soit $\frac{1}{4} \lambda$, le décalage de phase des vecteurs de champ des antennes I et II au point B sera nul, $\frac{1}{4} - \frac{1}{4} = 0$; ainsi, les vecteurs s'additionnent. Dans la direction opposée, par contre, le décalage de phase est égal à 2 fois $\frac{1}{4} \lambda$, soit $\frac{1}{2} \lambda$. Les vecteurs de champ sont à chaque instant en opposition et le champ résultant est nul. Dans toutes les installations à ondes dirigées, on recourt à ce principe. On place à une distance de $\lambda/4$ de l'antenne un écran qui lui est identique et qui l'empêche de radier dans la direction opposée à celle où l'on veut diriger le faisceau. On évite, par là, les perturbations qui pourraient être occasionnées par les signaux qui atteindraient l'antenne réceptrice par l'arrière. On voit qu'en utilisant des antennes dirigées avec réflecteurs à l'émetteur et au récepteur, on arrive à supprimer les perturbations, dont nous avons déjà causé au précédent chapitre, et qui sont produites par des répétitions de signaux, à l'exception, bien entendu, de celles qui sont dues aux signaux arrivant après avoir fait plusieurs fois le tour de la terre suivant la direction émetteur-récepteur.

Si l'on alimente en phase 2 ou plusieurs dipôles distants de $\frac{1}{2} \lambda$ et situés dans un même plan vertical, on obtient le diagramme de la figure 3d. Dans ce cas, la radiation se concentre dans la direction perpendiculaire au plan de l'antenne. Pour comprendre ce diagramme, il faut faire le même raisonnement que pour le réflecteur de Blondel. Cet arrangement donne un effet directif très marqué déjà avec 8 ou 10 éléments, c'est-à-dire que l'angle du faisceau formé descend rapidement à 5 ou 10° . Le principe de cet arrangement, préconisé par Franklin, est employé dans les réflecteurs de la compagnie Marconi¹¹⁾.

Les établissements Telefunken ont mis au point une antenne dirigée spéciale, appelée „Antenne sapin“, dont l'élément fondamental est le dipôle horizontal. Des pylônes métalliques, hauts de 75 m, sont réunis par un câble supportant deux plans d'antennes identiques, distants de $\frac{1}{4} \lambda$ de longueur d'onde l'un de l'autre (fig. 4); l'un de ces plans d'antennes agit comme réflecteur. Chaque plan d'antenne comprend 4 groupes de 8 dipôles, soit 64 dipôles hori-

¹⁰⁾ Voir: E. u. M. 47 (1929), p. 39.

¹¹⁾ Voir: E. u. M. 42 (1924) Die Radiotechnik, p. 314; 44 (1926) Die Radiotechnik, p. 26; 45 (1927) Die Radiotechnik, p. 17.

Prinzip dieser Anordnung von Franklin wird praktisch bei den Strahlwerfern der englischen Marconi-Gesellschaft angewendet.¹¹⁾

Von Telefunken ist eine Bündelantenne, die „Tannenbaumantenne“ entwickelt worden, deren Bauelement der horizontale Dipol ist. Freitragende, 75 m hohe Eisenmaste tragen, an Dachseilen aufgehängt, zwei gleiche Antennenebenen (Abb. 4), die $\lambda/4$ voneinander entfernt sind, von welchen eine als Reflektor verwendet wird. In jeder Ebene sind vier Gruppen von je 8, insgesamt also 64, horizontalen Dipolen angewendet, wobei die phasenrichtige Speisung durch ein System von Lecherdrähten, auf dem stehende Wellen entstehen, besorgt wird; das Lechersystem selbst wird durch eine Energieleitung mit dem Sendehaus verbunden. Die Kupplung

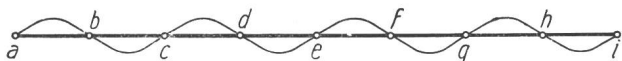


Fig. 5a. Stehende Wellen auf einem geraden Leiter.
Ondes stationnaires sur un conducteur rectiligne.

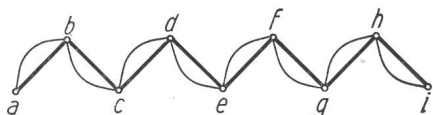


Fig. 5b. Bauelement der SFR-Strahlenwerfer.
Elément constitutif des réflecteurs SFR.

(Transformator) zwischen dem vertikalen Lechersystem, welches als Phasenordner für die Spannungspeisung der Dipole dient und der Energieleitung zum Sendehaus, auf der stehende Wellen vermieden werden, erfolgt auf dem in der Abbildung ersichtlichen Kasten am Fuss der Antennenebene. Da die vier übereinanderliegenden Dipole einer Reihe $\lambda/2$ voneinander entfernt sind, müssen sie, damit sie gleichphasig erregt sind, gekreuzt an das speisende Lechersystem angeschlossen werden, zum Beispiel der erste und dritte an den einen, der zweite und vierte Dipol an den gegenüberliegenden Lecherdraht. Das Reflektorsystem wird bei den meisten Strahlwerfern nicht von einem eigenen Sender, sondern durch „Strahlungskopplung“ mit der Antennenebene erregt; wie in der Abbildung zu erkennen, wird das die Reflektorebene bildende Dipolmosaik — in der Abbildung dünn gezeichnet — durch eine Kurzschlussbrücke in einem Spannungsknoten des zugehörigen Lechersystems abgestimmt.

Betrachten wir in Abb. 5a die Stromverteilung eines spannungserregt angenommenen linearen Leiters, dessen Länge einer ganzen Anzahl von Halbwellenlängen der erregenden Welle entspricht. Wird dieser Leiter in den Punkten b, c, d usw. in einer Vertikalebene so geknickt, dass die Dipole ab, bc, cd usw. aufeinander senkrecht stehen (Abb. 5b), so haben wir das Grundelement der von Chireix-Mesny entworfenen Bündelantenne der SFR (société française radioélectrique)¹²⁾. Es repräsentieren die Gruppen ab, cd, ef bzw. bc, de, fg usw. je ein System von gleichphasigen und $\lambda/2$ voneinander entfernten

horizontalen in tout, dont l'alimentation en phase se fait par un système de fils de Lecher dans lequel naissent des ondes stationnaires; le système de fils de Lecher est relié au bâtiment de l'émetteur par une ligne d'alimentation.

Entre le système de Lecher, qui est vertical et qui sert de régulateur de phase pour l'alimentation des dipôles, et la ligne d'alimentation, qui ne doit pas être le siège d'ondes stationnaires, le couplage se fait dans la boîte que l'on voit au pied de l'antenne.

Comme les quatre dipôles superposés faisant partie d'un groupe sont distants les uns des autres de $\frac{1}{2} \lambda$, il faut, pour les exciter en phase, les relier en croix au système Lecher; par exemple, le premier et le 3^e dipôle d'un côté à l'un des 2^e et 4^e dipôles du fil Lecher opposé. La plupart des réflecteurs

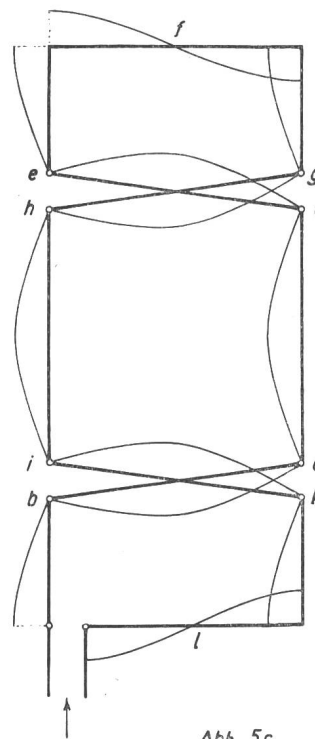


Abb. 5c.

Fig. 5c. Bauelement des amerikanischen Strahlwerfers.
Elément constitutif du réflecteur américain.

ne sont pas excités par un émetteur, mais plutôt par couplage magnétique avec le rideau d'antenne. Comme on peut le voir sur la figure, la mosaïque des dipôles constituant le plan du réflecteur (traits fins), est syntonisée par un court-circuit dans un nœud de tension du système Lecher correspondant.

Voyons sur la fig. 5a la répartition du courant sur un conducteur supposé rectiligne et dont la longueur équivaut à plusieurs fois la $\frac{1}{2}$ de l'onde excitatrice. Si aux points b, c, d, etc., on brise ce conducteur suivant un plan vertical de telle façon que les différents dipôles ab, bc, cd, etc. forment entre eux des angles droits, fig. 5b, on aura réalisé l'élément fondamental de l'antenne dirigée Chireix-Mesny, de la Société française radioélectrique¹²⁾. Les groupes ab, cd, ef d'une part, et bc, de, fg, etc., d'autre part, représentent chacun un système de

¹¹⁾ Vgl. E. u. M. 42 (1924) Die Radiotechnik, S. 314; 44 (1926) Die Radiotechnik, S. 26; 45 (1927) Die Radiotechnik, S. 17.
¹²⁾ Vgl. E. u. M. 47 (1929), S. 146; 48 (1930), S. 374.

¹²⁾ Voir: E. u. M. 47 (1929), p. 146; 48 (1930), p. 374.

Dipolen, von dem wir aus dem Vorhergehenden wissen, dass wir damit eine vorzüglich konzentrierte Strahlung in der Richtung senkrecht zur Ebene des geknickten Leiters erhalten. Die vektorielle Zusammensetzung der Felder der beiden in Phasenopposition schwingenden und um 90° gekreuzten Dipolgruppen liefert ein gemeinsames Feld, das $\sqrt{2}$ grösser ist. Aus diesem Bauelement entsteht unter Bedachtnahme auf richtige Erregung der Elemente und Verwendung der gleichartigen $\lambda/4$ entfernten Reflektorebene die in Abb. 6 dargestellte Strahlwerferanlage der SFR-Sender. In der Abbildung ist auch zu erkennen, dass auf denselben Masten zwei Strahlwerfer von verschiedener Dipollänge aufgehängt sind, also für zwei Wellenlängen (Tag- und Nachtverkehr), da für die meisten Funklinien damit das Auslangen für einen durchlaufenden Dienst gefunden werden kann.

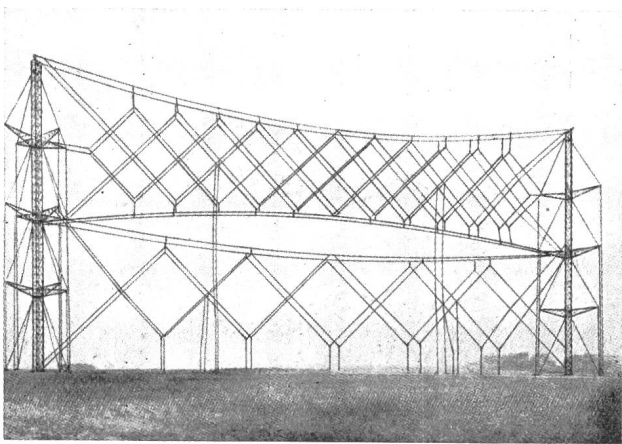


Fig. 6. Strahlwerfer von Chireix-Mesny der SFR.
Réflecteur Chireix-Mesny de la SFR.

Auch die SFR verwendet, wie Telefunken und die Marconi-Gesellschaft, dieselbe Strahlwerfertypen für Sendung und Empfang und verbindet sie über ein kurzes Lechersystem durch Energieleitungen — auch Speiser oder „Feeder“ genannt — mit dem Sende- bzw. Empfangshaus.

Aus der Abb. 5a können wir schliesslich auch das Bauelement der amerikanischen Kurzwellengrosssendeanlagen (American Telephone and Telegraph Company, Standard Electric) ableiten. Denken wir uns den eine ganze Anzahl von Halbwellen langen Leiter wieder in einer vertikalen Ebene, jedoch zu einer geschlossenen Schleife geknickt, derart, dass das teils aus Dipolen, teils aus Halbdipolen aufgebaute System der Abb. 5c entsteht, so sieht man, dass die vertikalen $\lambda/2$ von einander entfernten Elemente alle gleichphasig schwingen, somit eine gut gebündelte Strahlung senkrecht zur Antennenebene ergeben. Während die horizontalen, eng benachbarten Leiter gegenphasig schwingen und daher nicht strahlen. Mehrere solche „Vorhänge“ (curtain) durch die bekannten Mittel phasenrichtig erregt, bilden zusammen mit einem entsprechenden Reflektorvorhang, welcher wieder $\lambda/4$ dahinter angeordnet ist, den Strahlwerfer der „Standard Electric“¹³⁾.

¹³⁾ Vgl. auch E. Wollner, E. u. M. 48 (1930), S. 764—770.

dipôles en phase, distants de $\frac{1}{2} \lambda$ les uns des autres. Or, nous savons par ce qui vient d'être dit que cette disposition permet d'obtenir une radiation très concentrée dans la direction perpendiculaire au plan de la ligne brisée. La composition vectorielle des champs des deux groupes de dipôles en opposition de phase et croisés à 90° fournit un champ résultant $\sqrt{2}$ fois plus intense. Le système d'antenne dirigée des émetteurs de la S. F. R., représenté sur la fig. 6, se compose précisément des éléments de la fig. 5b, à la condition que chacun d'eux soit excité correctement et que l'on emploie un rideau réflecteur identique à l'antenne dont il est distant de $\frac{1}{2} \lambda$.

On voit également sur la figure que les pylônes supportent 2 antennes dirigées dont les dipôles accusent des longueurs différentes, c'est-à-dire des antennes pour deux longueurs d'onde (onde de jour et onde de nuit), qui sont indispensables pour maintenir un service ininterrompu sur la plupart des liaisons radiotélégraphiques.

La S. F. R., comme les Sociétés Telefunken et Marconi, utilise le même type d'antenne dirigée pour la réception et la transmission et le relie aux bâtiments de transmission ou de réception à travers un court système de Lecher, par l'intermédiaire de lignes d'énergie appelées aussi „feeders“.

En se reportant à la fig. 5a, on peut également déduire le principe de l'antenne américaine pour les postes sur ondes courtes à grande puissance (American Telephone and Telegraph Company, „Standard Electric“). Représentons-nous un grand nombre de conducteurs longs de $\frac{1}{2} \lambda$ et situés dans un plan vertical, formant toutefois une boucle fermée de façon à obtenir le système de la fig. 5c, composé en partie de dipôles, en partie de demi-dipôles. On voit alors que les éléments constitutifs verticaux, qui sont distants de $\frac{1}{2} \lambda$, oscillent en phase et fournissent une forte radiation, perpendiculairement au plan de l'antenne, tandis que les conducteurs horizontaux voisins oscillent en opposition de phase et neradient pas. Plusieurs de ces rideaux excités en phase d'après les moyens bien connus et combinés avec un rideau réflecteur placé à l'arrière à $\lambda/4$ de longueur d'onde, constituent l'antenne dirigée de la „Standard Electric“, qui est caractérisée par le fait que le système forme un conducteur fermé¹³⁾. Cette disposition permet de chauffer l'antenne au moyen du courant alternatif du réseau pour la débarrasser du givre qui aurait pu y adhérer et cela sans interrompre le service. Pour cela, il faut naturellement insérer des dispositifs destinés à séparer les courants de haute et de basse fréquence.

Il est notoire que, à l'heure actuelle, la réception dirigée est le seul moyen de réduire les perturbations atmosphériques, du fait qu'elle permet d'améliorer le rapport entre l'intensité des signaux et l'intensité des perturbations, cela dans une mesure d'autant plus forte que l'angle de réception est plus aigu; à remarquer que cet angle diminue avec l'augmentation du nombre des éléments constituant l'antenne. Un autre avantage de ce système réside dans le fait que, comme on le sait depuis quelques années, une antenne très étendue est moins affectée du fading

¹³⁾ Voir: E. Wollner, E. u. M. 48 (1930), p. 764—770.

Er ist durch eine hervorragende Betriebseigenschaft gekennzeichnet, die sich daraus ergibt, dass das System einen geschlossenen, zusammenhängenden Leiter bildet. Es ist nämlich sehr einfach, bei Rauhreifbehang die Antennen, und zwar ohne Betriebsunterbrechung, durch Ausheizung mit Netzwechselstrom von der Eislast zu befreien, wobei natürlich durch entsprechende Sperrglieder Hochfrequenz und Netzfrequenz an den Anschlußstellen zu trennen sind.

Bekanntlich ist der gerichtete Empfang bis heute das einzige wirklich wirksame Kampfmittel gegen die atmosphärischen Störungen. Es wird das Verhältnis von Zeichenstärke zur Störstärke — und auf dies kommt es an — um so besser, je spitzer der „Hörwinkel“ des Antennensystems ist, und diese Richtschärfe wächst mit der Zahl der Antennenelemente, das heisst der räumlichen Ausdehnung des Strahlwerfers. Ferner ist seit einiger Zeit bekannt, dass eine räumlich ausgedehnte Antenne auch der wirksamste Schutz gegen das Fading ist, weil dies im Bereich der Ausdehnung der Antennenebenen nicht mehr alle Leiter gleichzeitig betrifft, so dass die Zeichen nicht so leicht bis auf einen unbrauchbaren Betrag herabsinken können. Zu diesen zwei wichtigsten Vorteilen der Bündelantenne auf der Empfangsseite kommt der auch auf der Sendeseite massgebliche der gerichteten Energiekonzentration hinzu. Mit den Strahlwerfern der heute üblichen Ausdehnung, mit Schutz vor Rückenstrahlung durch Reflektor auf Sende- und Empfangsseite, ist der 15 kW-Sender etwa äquivalent einem 1000 kW-Sender, wenn dieser einen einfachen vertikalen Halbdipol speist.

Der Feeder, der den Strahlwerfer mit dem Sendehaus bzw. Empfangshaus verbindet und von dem verlangt wird, dass er selbst nicht strahle und möglichst geringe Eigenverluste habe, wird heute nach zwei Systemen ausgeführt. Entweder führt man zwei Drähte, in 8 bis 10 cm Abstand voneinander durch Isolierstücke distanziert, ähnlich wie beim Lechersystem, und besorgt durch Transformator am Sender die Anpassung des Senders an den Wellenwiderstand des Feeders, und ebenso am Antennenende durch einen Uebertrager die Angleichung an den Wellenwiderstand des Lechersystems, das gewöhnlich für die phasenrichtige Bespeisung des Antennenbündels dient; es muss dieser Wellenwiderstand „gesehen“ durch den Uebertrager gleich dem Wellenwiderstand des Feeders sein, damit keine Reflexionen entstehen, die Anlass zu stehenden Wellen geben würden. Dann, und nur dann ist man nämlich auch frei in der Wahl der Länge des Feeders; denn prinzipiell kann man auch ein Lechersystem vom Sender bis zur Antenne führen, da dieses aber stehende Wellen haben muss, ist man mit seiner Längenausdehnung nicht so freizügig, da eine ganze Anzahl von Halbwellen oder Viertelwellen, je nach der Erregungsart des Antennenbündels, untergebracht werden muss; auch sind die Verluste grösser. Das zweite Feedersystem verwendet konzentrische Kupferrohre¹⁴⁾, wobei das äussere geerdet wird; es hat besonders auf der Empfangsseite gewisse Vorteile, aber den Nachteil, dass bei

qu'une antenne de petite dimension, vu que ses différents éléments ne sont pas soumis en même temps à ce phénomène, de sorte que le signal ne descend plus au-dessous d'une valeur déterminée, nécessaire à l'audition. A ces avantages de l'antenne réceptrice dirigée, vient s'ajouter celui de la concentration de l'énergie dans la direction voulue du fait de l'antenne dirigée à l'émetteur. Grâce aux antennes dirigées de grandes dimensions utilisées actuellement et aux réflecteurs employés à l'émetteur comme au récepteur, on arrive, avec des postes de 15 kW, à obtenir les mêmes résultats qu'avec des postes de 1000 kW alimentant des antennes ordinaires.

La ligne d'énergie qui relie l'antenne dirigée au bâtiment de l'émetteur ou à celui du récepteur et qui ne doit pas radier mais dissiper le moins d'énergie possible, se construit suivant 2 différents systèmes. L'un d'eux consiste à placer deux fils maintenus à une distance de 8 à 10 cm par des pièces isolantes, comme pour les fils de Lecher. Un transformateur, installé du côté de l'émetteur, sert à adapter celui-ci à l'impédance caractéristique de la ligne d'alimentation; on en fait de même à l'extrémité de l'antenne pour l'adapter à la résistance caractéristique du système Lecher, qui sert à l'alimentation en phase de l'antenne dirigée. Cette résistance, y compris celle vue à travers le transformateur, doit être égale à l'impédance de la ligne d'alimentation, afin qu'il ne se produise pas de réflexions pouvant donner naissance à des ondes stationnaires. Alors, et alors seulement, on pourra prendre une ligne d'énergie d'une longueur quelconque; si l'on évite les transformateurs, la longueur de la ligne d'alimentation ne peut plus être choisie à volonté; il faut au contraire lever le long de cette ligne un nombre entier de $\lambda/4$. Mais, dans ce cas, on ne peut tout de même pas lui donner une trop grande longueur, à cause des pertes.

L'autre système utilise des tuyaux de cuivre concentriques¹⁴⁾, dont celui qui se trouve à l'extérieur est relié à la terre, ce qui présente certains avantages du côté récepteur, mais aussi des inconvénients du fait que, pour des lignes de grandes longueurs, il faut prendre des dispositions pour éviter la dilatation thermique et cela sans employer de contacts à frottement qui causent des bruits de friture au poste récepteur. Les lignes d'énergie peuvent atteindre une longueur de 1 km.

L'émetteur à ondes courtes.

Sur les ondes courtes, seul le poste à lampes peut entrer en considération, et même doit-on lui vouer un soin tout particulier en ce qui concerne la stabilité de la fréquence. Comme on le sait déjà, on fait usage à la réception de la méthode des battements. Si l'on reçoit une onde de 20 m soit 15×10^6 c/s, on règle le récepteur de manière que la lampe détectrice ou une hétérodyne séparée produise une fréquence de $15 \times 10^6 + 10^3$ c/s. La lecture au son des télégrammes se fait alors à la fréquence des battements de 1000 p. p. s. Si la fréquence des battements ne doit pas varier de plus de 100 cycles, il faut que la constance de la fréquence de transmission soit de 0,006 ‰. Ce résultat est difficile à obtenir, du moins durant une longue période, avec les émetteurs à

¹⁴⁾ Vgl. E. u. M. 47 (1929), S. 39.

¹⁴⁾ Voir: E. u. M. 47 (1929), p. 39.

grösseren Längen Vorrichtungen für die thermische Dehnung getroffen werden müssen, und zwar ohne Einführung von irgendwelchen Gleitkontakten, die Anlass zu Störgeräuschen im Empfänger geben. Die Feeder erreichen Längen bis zu 1 km.

Der Kurzwellensender.

Hiefür kommt ausschliesslich der Röhrensender in Frage, wobei aber die Anforderungen hinsichtlich der Frequenzkonstanz viel höher als bei den längeren Wellen sind. Bekanntlich benutzt man für den Telegraphieempfang das Ueberlagerungsprinzip. Ist die Sendewelle 20 m, also 15×10^6 Hz, so wird im Empfänger durch ein Schwingaudio oder einen getrennten Ueberlagerer eine Frequenz von zum Beispiel $15 \times 10^6 \pm 10^3$ Hz eingestellt, um das Telegramm mit dem Schwebungston 1000 abzuhören. Soll dieser Schwebungston um nicht mehr als 100 Hz schwanken, so setzt dies eine Konstanz der Sendefrequenz von etwa 0,006 vT voraus. Dies ist mit dem eigen-erregten Sender, dessen Frequenz mit Spannungsschwankungen der Energiequellen, Bewegung der Antenne im Wind und anderen Einflüssen veränderlich ist, schwer zu erreichen, insbesondere nicht über längere Betriebszeiten.

Zwei Wege stehen zur Lösung des Problems der Frequenzstabilisierung offen, die wir unterscheidend als statische und dynamische Frequenzregelung bezeichnen wollen. Bei der statischen Frequenzregelung wird der Generator durch ein Frequenznormale, das ist der Quarzkristall, fremderregt¹⁵⁾; dieser kann nur ein Rohr von wenigen Watt direkt steuern, durch mehrstufige Hochfrequenzleistungsverstärkung gelangt man in einem reichlich komplizierten Aggregat schliesslich auf die Leistung der Endstufe, welche die Antenne speist. Bei der dynamischen Frequenzregelung wird eine automatische Korrektur der Frequenzschwankungen des selbsterregten Generators durch einen Schnellregler besorgt, und zwar gleichfalls unter Stützung auf eine Normalfrequenzbasis, also einen kleinen quarzgesteuerten Taktsender. Diese Methode ist bisher mit Erfolg nur von der SFR nach dem Entwurf von Chireix ausgeführt worden; der Sender wird trotz hoher Betriebssicherheit sehr vereinfacht und somit auch verbilligt und ist eigentlich die Lösung für alle jene Zwecke, wo ein rascher und häufigerer Wellenwechsel notwendig werden kann; denn in diesem Belange sind die vieltstufigen Sender der ersten Type mit ihren vielen Abstimmkreisen naturgemäss etwas unbeholfener.

Betrachten wir vorerst die statische Frequenzregelung, die von allen übrigen Grossfirmen der Sendertechnik ausschliesslich benutzt wird. Das elektrische Ersatzschaltbild des mechanisch schwingenden Quarzkristalls ist durch die Impedanzkombination, Abb. 7a, gekennzeichnet. Darin repräsentiert die Seriengruppe den Kristall, der Parallelkondensator C^1 seine Kapazität im Halter. Für eine Quarzplatte von $25 \times 25 \times 2,5$ mm zum Beispiel betragen nach van Dyke bei einer Eigenfrequenz von 1100 kHz: $L = 0,33$ H, $C = 0,065 \mu\mu\text{F}$, $R = 5500 \Omega$, $C^1 = 1,0 \mu\mu\text{F}$. Aus diesen Zahlen verstehen wir die ausserordentliche Resonanzschärfe der Quarz-

auto-excitation, dont la fréquence dépend des variations de la source d'énergie, des déplacements de l'antenne sous la poussée du vent, etc.

Deux méthodes nous permettent de stabiliser la fréquence; nous les appellerons la méthode statique et la méthode dynamique. La première consiste à exciter indirectement le générateur à l'aide d'un cristal de quartz¹⁵⁾. Comme celui-ci ne peut commander qu'une lampe de quelques watts, il faut recourir à des amplificateurs de puissance compliqués pour amplifier le courant obtenu à la valeur nécessaire pour exciter l'antenne. L'autre méthode emploie un régulateur rapide qui corrige automatiquement les écarts du générateur à auto-excitation d'après la fréquence d'un oscillateur au quartz. Jusqu'ici, seule la S. F. R. a réussi à utiliser avec succès des émetteurs de ce genre, établis d'après les plans de M. Chireix. Ces émetteurs, bien que très simples et partant peu coûteux, fonctionnent très bien et sont à recommander là où la longueur d'onde doit souvent être changée, car les émetteurs de la première catégorie avec leurs nombreux circuits d'accord sont moins pratiques de ce côté.

Examinons d'abord la première méthode, qui est employée par la plupart des autres maisons de quelque importance. Le dispositif du quartz est remplacé sur la fig. 7a par une combinaison d'impédance. Le groupe d'éléments en série représente le cristal et le condensateur C^1 , branché en parallèle, sa capacité lorsqu'il est dans le support. D'après van Dyke, un cristal de $25 \times 25 \times 2,5$ mm accuse, pour une fréquence propre de 1100 kc/s, les valeurs ci-après:

$$L = 0,33 \text{ H}, C = 0,065 \mu\mu\text{F}, R = 5500 \Omega, C_1 = 1,0 \mu\mu\text{F}.$$

Ces chiffres nous donnent une idée de la courbe de résonance accentuée d'un tel circuit. Il est impossible à l'heure actuelle de produire par d'autres moyens des oscillations ayant un décrétement d'amortissement aussi faible. En règle générale, le quartz sert à exciter une lampe branchée suivant le principe Huth-Kühn, où il constitue le circuit de grille, le courant continu de la grille étant dévié par une bobine d'inductance branchée en parallèle sur le quartz. La fréquence obtenue se trouve légèrement influencée par les capacités du support du cristal et des fils de montage ainsi que par les variations de température qui, pour 1°C ., produisent des variations de 25 c/s par 10^6 c/s. Pour cette raison, les quartz de générateurs d'oscillations sont, en général, logés dans des thermostats. Comme les cristaux de quartz pour ondes de 40 à 14 mètres auraient des dimensions excessivement petites ne permettant pas de les tailler convenablement et leur enlevant toute résistance mécanique, on est obligé de prendre des harmoniques de la fréquence produite par un cristal de plus grandes dimensions¹⁶⁾. On obtient alors le schéma de la fig. 7b (Telefunken) représentant les doublages de fréquences, où I constitue le dispositif à quartz. Le même principe est employé dans tous les émetteurs à réglage statique. Fait exception à cette règle la pratique américaine qui, aujourd'hui déjà, utilise des lampes à écran de

¹⁵⁾ Vgl. Meissner, E. u. M. 45 (1927) Die Radiotechnik, S. 1.

¹⁵⁾ Voir: Meissner, E. u. M. 45 (1927) Die Radiotechnik, p. 1.

¹⁶⁾ Voir: E. u. M. 48 (1930), p. 767.

schwingung; es ist gegenwärtig ausgeschlossen, stabile elektrische Schwingungskreise von so geringem Dämpfungsdekrement herzustellen, wie es diesen mechanischen Oszillator kennzeichnet. Der Quarz erregt gewöhnlich in Huth-Kühn-Schaltung ein Verstärkerrohr, wobei er den Gitterschwingkreis darstellt; der Gittergleichstrom wird über eine dem Quarz parallelgeschaltete Drosselspule abgeführt. Die entstehende Frequenz ist in geringem Masse von den Kapazitäten des Kristallhalters des Rohres und der Leitungsführung abhängig, ferner in geringem Masse von der Raumtemperatur, und zwar ändert sich die Frequenz etwa um 25 Hz für 10^6 Hz je $^{\circ}\text{C}$. Daher werden die Erregerquarze der Generatoren in der Regel in Thermostate eingebaut. Da Quarze für die hauptsächlich angewendeten Wellenlängen zwischen 40 und 14 m nur mehr Splitter sind, die schwer genau geschliffen werden können und von geringer mechanischer Festigkeit sind, ist die Frequenzvervielfachung¹⁶⁾ gebräuchlich. Man erhält dann ein Schema der Frequenz- und Leistungsvervielfachung, wie es in Abb. 7b (Telefunken) dargestellt ist; dort bedeutet I die Quarzstufe. Prinzipiell die gleiche Anordnung wird bei allen statisch geregelten Kurzwellensendern angewendet. Eine Ausnahme bildet die amerikanische Praxis, welche heute bereits weitgehend vom Schirmgitter bis zu den Leistungen der Wasserkühlrohre (20 bis 50 kW) Gebrauch macht. Während die Anordnung gemäss Abb. 7b zur Voraussetzung hat, dass aufeinanderfolgende Stufen gleicher Frequenz sorgfältig neutralisiert sind, um zu vermeiden, dass durch die inneren Elektrodenkapazitäten der Senderohre eine für die Eigenenerregung ausreichende Rückkopplung eintritt, entfällt diese Schwierigkeit beim Schirmgittersenderrohr vollkommen. Nach kann das Verhältnis der Leistung aufeinanderfolgender Stufen unbedenklich auf 1 : 20 getrieben werden, wodurch sich die Stufenzahl entsprechend vermindert; dann ist natürlich auch die Umstellung des Senders auf eine andere Wellenlänge einfacher. Auf die Einzelheiten der Schaltung der mehrstufigen Generatoren kann hier nicht näher eingegangen werden. Die Tastung der Sender geschieht häufig noch mit Absorbern, das heisst, es wird dafür Sorge getragen, dass bei offener Taste, also Stromlosigkeit in der Antenne, die der Tastung entsprechende Gleichstromleistung in einer Gruppe von Absorberrohren als Wärme im Anodenkühlwasser dieser Rohre abgeführt wird, so dass der Gleichrichter dauernd voll belastet ist, ein eigentlich recht unwirtschaftliches Verfahren, welches aus Gründen der Schonung der Gleichrichterrohre notwendig ist und wohl auch solange nicht zu vermeiden sein wird, als die Hochspannungsspeisung der Senderohre durch Hochvakuumgleichrichter erfolgt, welche auf die stossenden Belastungsänderungen der Voll-Leer-Tastung mit starken Spannungssprüngen reagieren. Ohne den Absorber würde daher der von der vorhergehenden Tastepause entlastete Gleichrichter im Augenblick des Tastens den Sender mit höherer Spannung speisen als knapp vor Oeffnung der Taste, der Antennenstrom wäre also während der Dauer eines Zeichens nicht konstant, sondern fallend, was

grille jusqu'aux étages refroidis à l'eau (20—50 kW). Alors que la disposition de la fig. 7b exige une neutralisation parfaite de deux étages voisins pour éviter des réactions parasites dues aux capacités entre électrodes, les lampes à écran de grille rendent superflue cette précaution. Ces lampes permettent aussi de porter à 1:20 le rapport de puissance de deux étages voisins, ce qui a pour effet de réduire le nombre d'étages nécessaires. De ce fait, le passage d'une onde à l'autre se trouve beaucoup simplifié. Il ne rentre pas dans le cadre de cet article de décrire en détail les générateurs à étages multiples.

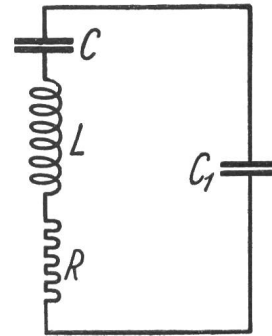


Fig. 7a. Elektrisches Ersatzschema des schwingenden Quarzkristalls.
Schéma simplifié de l'oscillateur au quartz.

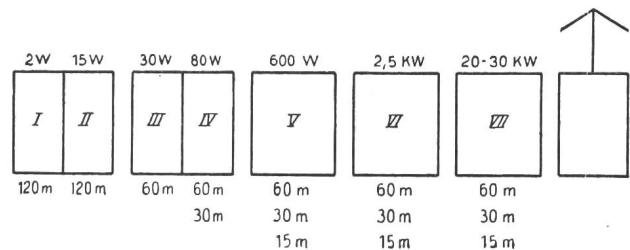


Fig. 7b. Stufenschema für statisch stabilisierte Kurzwellen-Grosssender (Telefunken).
Schéma des émetteurs d'ondes courtes à grande puissance, type Telefunken, à stabilisation statique.

La manipulation des émetteurs se fait souvent à l'aide d'un circuit d'absorption comprenant plusieurs lampes à circulation d'eau, et qui, au repos, absorbent l'énergie envoyée à l'antenne sur la position de travail, pour la dissiper en chaleur. De cette façon, le redresseur a une charge uniforme. Bien que cette méthode ne soit pas très économique, mais nécessaire pour ménager quelque peu les lampes du redresseur, elle ne pourra guère être améliorée aussi longtemps que les lampes émettrices seront alimentées par du courant anodique fourni par des redresseurs à vide, qui réagissent fortement par saccades sous les variations successives de la charge provoquée par la manipulation. Sans circuit d'absorption, le redresseur fournirait, au moment de la fermeture du circuit, une puissance plus élevée qu'à l'ouverture; ainsi le courant anodique ne serait pas constant pendant la durée d'un même signe, mais irait en décroissant, ce qui se manifesterait sous forme de fading au récepteur et rendrait impossible la réception aux appareils imprimeurs. Pour éviter ces inconvénients, on recourt depuis quelque temps aux dynamos à haute tension, aux redresseurs

¹⁶⁾ Vgl. E. u. M. 48 (1930), S. 767.

zu einer Art Pseudofading beim Empfänger führt und insbesondere beim Schreibempfang unzulässig ist. Um diesen Uebelstand zu vermeiden, wird neuerdings an Stelle des Hochvakuum-Anodenstromgleichrichters die Hochspannungs-Gleichstrommaschine, der Quecksilberdampf-Eisengleichrichter und der gasgefüllte Glühkathodengleichrichter eingeführt, so dass wegen des geringen inneren Widerstandes dieser Stromquellen der Spannungsabfall bei Belastung keine Rolle spielt.

Ein anderes nicht gerne angewendetes Mittel zum gleichen Zweck, den speisenden Gleichrichter ruhig zu belasten, ist die Verstimmungstastung, der Sender schwingt dann dauernd durch und wird bei gedrückter Taste um einige 1000 Hz verstimmt; der Empfänger muss dann so abgestimmt werden, dass man die Pausenwelle nicht hört. Beim statisch stabilisierten Generator ist dieses Verfahren natürlich nicht ohne weiteres anwendbar, wohl aber zum Beispiel in einfachster Weise bei den selbsterregten und dynamisch stabilisierten Sendern der Chireix-Type. Es ist früher bereits erwähnt worden, dass das Fading, die schlimmste Betriebsgefahr der kurzen Welle, verhältnismässig benachbarte Leiter nicht mehr gleichzeitig trifft, so dass die Bündelantenne beim Empfang wegen ihrer grossen räumlichen Ausdehnung ein wirksames Mittel zur Bekämpfung der Feldschwankungen darstellt. Man weiss aber auch seit einiger Zeit, dass das Fading in hohem Masse frequenzselektiv ist, so dass unmittelbar benachbarte Wellenlängen, zum Beispiel die Seitenbänder der Telephonie, nicht gleichzeitig geschwächt werden; dies ist besonders schlimm für die interurbanen transatlantischen Telephonielinien, weil das Ausbleiben der Trägerwelle durch die Interferenz der allein übrigbleibenden Seitenbänder zu „harmonischer Verzerrung“ führt, der Grundton bleibt aus und es werden nur die Oktaven der Komponenten der Sprachlaute übertragen, was diese unverständlich macht, wenn die Fadingperiode der Trägerfrequenz eine langsame ist. Aus dieser Tatsache hat man für die Telegraphie ein Abwehrmittel abgeleitet, das „Taumeln“. Bei der Taumelendung wird die Senderfrequenz um geringe Beträge, einige 100 Hz, man nennt dies die Taumelfrequenz, periodisch geändert, natürlich in kurzer Zeit, die man als Taumelhub bezeichnet. Der Quarz im „master oscillator“ muss dann in besonderer Weise geschaltet werden oder ein motorisch getriebener kleiner Drehkondensator, der zur Schwingkreis Kapazität parallelgeschaltet ist und dessen Drehzahl den Taumelhub bestimmt, verändert ununterbrochen die ausgesendete Welle. Der Empfang der Taumelendung ist dann weitgehend vor den Störungen durch selektives Fading gesichert. Ein anderes Mittel zu demselben Zwecke (für Telegraphie) ist die heute sehr häufig angewendete Amplitudenmodulation; der Sender wird mit einem konstanten Ton beaufschlagt, zum Beispiel durch absichtlich mangelhafte Siebung des gleichgerichteten Anodenstromes. Die ausgesendete „tönende Welle“ hat dann eine gewisse Bandbreite, was gleichfalls die Wirkung des selektiven Fadings auf den Empfang vermindert.

Schliesslich wollen wir noch kurz die zweite Gruppe von Kurzwellengeneratoren mit dynamischer Fre-

à vapeur de mercure et aux redresseurs à cathode incandescente à gaz. Toutes ces sources de courant n'ayant qu'une faible résistance intérieure, la chute de tension en charge est insignifiante.

Un autre moyen qui permet aussi de maintenir constante la charge du redresseur, mais que l'on n'emploie pas volontiers, consiste à recourir à la désintonisation. L'émetteur oscille en permanence et la fermeture de la clé introduit une désintonisation de quelques 1000 cycles. Le récepteur doit alors être réglé de façon à ne pas percevoir l'onde de repos. Cette méthode ne peut naturellement pas être appliquée sans autre dans les générateurs à stabilisation statique, mais alors, de façon très simple, dans les générateurs à auto-excitation stabilisés par couplage magnétique, comme ceux du type Chireix. Nous avons déjà dit plus haut que le fading, le pire ennemi des ondes courtes, ne se faisait pas sentir au même instant sur deux conducteurs placés à une certaine distance l'un de l'autre, de sorte que l'antenne dirigée constitue un moyen efficace de compenser les variations d'intensité du champ, cela à cause de ses grandes dimensions. On a aussi constaté depuis quelque temps que le fading a une sélectivité très marquée, si bien que les ondes très voisines les unes des autres, par exemple les bandes latérales, ne sont pas affectées au même instant. Ce phénomène est surtout défavorable pour les liaisons téléphoniques transatlantiques, vu que la disparition de l'onde porteuse donne lieu à des interférences entre les bandes latérales restantes et produit des distorsions harmoniques. Le son fondamental disparaît et seules les octaves des composantes des syllabes arrivent au récepteur, ce qui rend la parole inintelligible lorsque la période de fading varie lentement. En télégraphie, on a trouvé des moyens qui permettent de combattre quelque peu ces effets; l'un d'eux consiste à faire varier périodiquement de quelques 100 cycles et avec une grande rapidité la fréquence d'émission. Il faut pour cela brancher de façon spéciale le quartz du maître-oscillateur ou relier en parallèle sur la capacité d'accord une petite capacité, que l'on fait varier à l'aide d'un moteur et qui, par là, modifie constamment la fréquence émise. La réception de telles émissions est ainsi beaucoup moins influencée par le fading sélectif. Un autre moyen, qui est très courant aujourd'hui et qui recourt à la modulation par variation d'amplitude, superpose des fréquences audibles à celles des oscillations à haute fréquence. Ce résultat peut être obtenu en ne filtrant qu'imparfaitement le courant anodique. L'onde musicale ainsi émise accuse une certaine largeur de bande et a pour effet d'atténuer l'effet sélectif du fading.

Pour terminer ce chapitre, nous voulons encore dire quelques mots des générateurs à réglage par couplage inductif, type Chireix de la S. F. R., équipés de régulateurs rapides, dont le principe est le suivant: le circuit oscillant de la lampe à circulation d'eau, qui travaille en auto-excitation(!), comprend une bobine à noyau de fer faisant partie de sa self; cette bobine est reliée en shunt et comporte un enroulement pour le courant de magnétisation du noyau. La construction d'une telle bobine qui, comme on le sait, doit baigner dans l'huile et ne pas brûler

quenzregelung besprechen, das ist die Chireixtype der SFR, welche mit einem Frequenzschnellregler ausgerüstet ist. Das Prinzip dieses Reglers ist folgendes. Der Schwingkreis des Wasserkühlrohres, das in Selbsterregungsschaltung arbeitet(!), enthält als Teil seiner Selbstinduktion, und zwar in einem Nebenschluss eine eisenhaltige Spule, welche überdies eine Gleichstromwicklung zur Vormagnetisierung des Kernes enthält. Die Konstruktion dieser eisenhaltigen Regeldrossel, die natürlich in fließendem Öl gekühlt ist und bei 20×10^6 Hz nicht verbrennen darf, ist eine ausserordentlich schwierige; denn die Verluste, die etwa 1 kW betragen, entstehen in einem Eisenvolumen (Speziallegierung) von höchstens einigen Dekagramm. Die Selbstinduktion einer solchen Drossel ist von der Gleichstromvormagnetisierung des Kernes abhängig, so dass mit dieser die Schwingkreiselbstinduktion und damit die Wellenlänge des Senders geregelt werden kann. Das wird dazu benutzt, diese Welle konstant zu halten. Die Schwabungen zwischen der Frequenz eines kleinen Taktsenders und der Frequenz des Hauptsenders hinter einem Detektor werden einem Niederfrequenzverstärker zugeführt, der so entworfen ist, dass er im Gegensatz zum Rundfunkverstärker nicht etwa das akustische Frequenzgebiet gleichmässig verstärkt, vielmehr im Gegenteil mit sich ändernder Eingangsfrequenz eine sich stark ändernde Lautstärke am Ausgang ergibt. Der niederfrequente Ausgang dieses Verstärkers wird gleichgerichtet und dieser Gleichstrom der Vormagnetisierungswicklung der Regeldrossel zugeführt. Dann arbeitet der Schnellregler in folgender Weise: Tritt aus welcher Ursache immer beim Sender zum Beispiel die Tendenz zum Ansteigen der Frequenz ein, so vermindert sich der Schwebungston mit dem Taktgeber und somit der Gleichstrom am Ausgang des oben erwähnten Verstärkers; die Vormagnetisierung der Regeldrossel wird vermindert, was bei richtiger Bemessung der Einzelteile ihre Selbstinduktion gerade um jenen Betrag vergrößert, der notwendig ist, um die davon abhängige Frequenz des Hauptschwingkreises auf ihren Normalwert herabzudrücken. Natürlich wird jeder Regelvorgang erst angeregt durch eine tatsächliche, wenn auch äusserst geringe Wellenlängenänderung, die aber sozusagen im Keime erstickt wird.

Trotzdem kann ein solcher dynamisch geregelter Generator nicht die hohe Frequenzsteifheit der vielstufigen fremderregten Generatoren erreichen. Da man aber heute, wie die Anwendung der Taumelendung zeigt, zumindest für Telegraphie nicht so sehr an einem steifen Träger interessiert ist, vielmehr die Welle absichtlich kontinuierlich ändert, kann darin kaum ein Nachteil des Systems erblickt werden.

Mit diesem Schnellregler arbeitet zum Ausgleich langsamer Wellenschwankungen ein zweites automatisches Organ parallel, ein aus zwei Kreisplatten bestehender Kondensator, der ebenfalls in einen Nebenschluss zum Schwingkreis geschaltet ist. Der Abstand der Platten und damit die Kapazität wird in der Weise geändert, dass der einen festen Platte eine zweite gegenübergestellt ist, welche durch die Wirkung eines Solenoids auf einen Eisenkern genähert und entfernt werden kann; das Solenoid

unter des courants de 20×10^6 c/s, est très difficile à réaliser, étant donné que les pertes, qui s'élèvent à 1 kw, se font dans un volume de fer (tôles spéciales) de quelques décagrammes au maximum. La self-induction d'une telle bobine dépend de la magnétisation du noyau par le courant continu. Il s'en suit donc qu'elle modifie la self-induction du circuit dont elle fait partie, et par là la longueur d'onde du poste. Ce phénomène est utilisé par la S. F. R. pour régler la fréquence de ses émetteurs. Les battements, décelés à l'aide d'un détecteur, entre la fréquence d'un petit émetteur pilote et celle de l'émetteur principal, sont amenés à un amplificateur à basse fréquence qui, contrairement aux amplificateurs radiophoniques, n'amplifie pas de façon régulière les fréquences acoustiques, mais, au contraire, favorise certaines fréquences. Le courant de sortie, qui est de basse fréquence, est ensuite redressé et envoyé dans les enroulements de magnétisation de la self de réglage. Le régulateur travaille de la façon suivante: si, pour une cause ou pour une autre, la fréquence de l'émetteur tend à augmenter, ce qui est presque toujours le cas, le son des battements produit par interférence avec le poste pilote diminue et, partant, le courant à la sortie de l'amplificateur, dont il a été question. La magnétisation de la self de réglage subit une diminution. Si les différentes parties sont bien proportionnées, cette diminution a pour effet d'augmenter la self juste dans la mesure voulue pour ramener la fréquence qui en dépend à la valeur normale. Il est clair que chaque correction est précédée d'une variation de fréquence très minime et qui ne peut pas se manifester.

Malgré les corrections rapides, ce système de générateurs ne permet pas d'obtenir la stabilité des générateurs à excitation séparée. Toutefois, comme on ne cherche plus aujourd'hui, à cause du fading sélectif, à réaliser des ondes porteuses absolument rigides, surtout en télégraphie où on les fait varier intentionnellement, le système est tout de même très intéressant.

Outre le régulateur rapide, cet émetteur comporte encore un autre régulateur automatique qui sert à compenser les variations lentes et qui, branché en parallèle sur le circuit oscillant, se compose d'un condensateur à deux plaques. La distance entre les plaques du condensateur et partant sa capacité est réglée par un solénoïde auquel est reliée la plaque mobile. Sous l'influence du courant de magnétisation de la self de réglage, ce solénoïde se rapproche ou s'éloigne d'un noyau de fer. Toutefois, la constante de temps de ce condensateur est augmentée de telle façon qu'il n'annule pas le travail de la self, mais qu'il le favorise. La manipulation de ces émetteurs se fait par la méthode de la désintonisation, agissant sur le régulateur de fréquence. Chaque poste émetteur de ce type comporte deux générateurs, c'est-à-dire que chacun d'eux est équipé pour le service simultané avec deux antennes et deux longueurs d'ondes différentes. Deux de ces émetteurs sont installés à St-Assise et deux à Pontoise près de Paris, d'autres à Beyrouth, Saïgon, Shanghai, Tomioka, Téhéran, etc. Le rendement obtenu est équivalent à celui des émetteurs à excitation séparée, sur lesquels ils présentent le grand avantage de permettre un change-

wird vom selben Strom gespeist wie die Vormagnetisierungswicklung der Regeldrossel, doch ist durch eine geeignete Schaltung die Zeitkonstante dieses Regelkondensators derart vergrößert, dass er die Arbeit der Regeldrossel nicht stört, sondern unterstützt. Die Tastung dieser Sender erfolgt durch Verstimmung und naheliegenderweise durch Einfluss auf den Frequenzregler. Jeder Sender dieser Type wird als Doppelsender ausgeführt, also für den Simultanbetrieb auf zwei Antennen mit zwei verschiedenen Wellenlängen, und sind deren je zwei in St. Assise und Pontoise (nahe Paris), ferner zum Beispiel in Beyrouth, Saigon, Shanghai, Tomioka, Teheran usw. in Betrieb. Die erzielten Verkehrsleistungen sind die gleichen wie mit den statisch geregelten Stufengeneratoren, was besonders bemerkenswert ist. Der für manche Zwecke schwerwiegende Vorteil dieser Type ist die grosse Wellenbeweglichkeit und der verblüffend einfache Aufbau. Es ist eben nur ein leistungsführender Schwingkreis, der die Antenne speist, und ein mit kleinen Verstärkerrohren ausgerüsteter Regelverstärker vorhanden.

Der Kurzwellenempfänger.

Der Empfänger muss dem zu leistenden Dienst angepasst sein. Die Kurzwelle, welche heute ausser für die im vorhergehenden hauptsächlich berücksichtigten kommerziellen Zwecke auf langen zwischenstaatlichen Funklinien auch weitgehend Anwendung gefunden hat für Polizei, Heer und Marine, arbeitet in diesem Falle in der Regel mit kleinen Sendeleistungen und ohne Strahlwerfer. Dann kommt nur Hörempfang in Frage, der mit einem Suchempfänger besorgt wird. Dieser enthält hinter einem Rückkopplungsaudion und eventuell getrenntem Ueberlagerer — der geeicht ist und das Aufsuchen einer bestimmten Station nach ihrer Wellenlänge sehr vereinfacht — zwei Stufen Niederfrequenz. Schreibempfang mit solchen Einrichtungen ist unsicher und erfordert zumindest ständige Kontrolle am Empfänger. Für die kommerziellen Funklinien, wo tunlichst ohne jede Nachregelung am Empfänger viele Stunden unbeaufsichtigt gearbeitet werden soll, überdies nur mit zwei, höchstens drei verschiedenen Wellenlängen, ist ein wesentlich komplizierterer Aufbau des Empfängers unvermeidlich, aber wegen des seltenen Wellenwechsels auch unbedenklich. Der deutsche Telefunken-Großstationsempfänger verstärkt das aus dem Strahlwerfer scharf gerichtet empfangene Zeichen zunächst in vier neutralisierten Hochfrequenzstufen etwa 1000fach; dann wird das Zeichen durch einen Ueberlagerer auf eine Zwischenfrequenzwelle von 800 m transponiert und in einem Siebverstärker von 6000 Hz Lochbreite in 4 Stufen neuerlich etwa 10,000fach verstärkt. Nach der Gleichrichtung betätigt das Zeichen das „Tastgerät“, eine Röhrenschaltung, welche den Rekorder (Schreibgerät) — weitgehend unabhängig von der momentanen Amplitude des Zeichens — immer mit dem gleichen Zeichen- und Trennstrom von 5 MA versorgt. Bei Telephonieempfang entfällt natürlich das Tastgerät.

Der SFR-Telegraphieempfänger arbeitet mit zweifacher Zwischenfrequenzverstärkung. Nach einer Stufe Hochfrequenz auf der ankommenden Welle

ment rapide de la longueur d'onde et d'être de construction très simple. Ils ne comportent en effet qu'un seul circuit oscillant de grande puissance, alimentant l'antenne, et un petit amplificateur de réglage équipé de petites lampes amplificatrices.

Le récepteur à ondes courtes.

Le récepteur doit répondre aux exigences du service. Les ondes courtes qui, aujourd'hui, sont utilisées non seulement dans les services exploitant des liaisons internationales à grande distance, mais également dans les services de la police, de l'armée, de la marine, etc., travaillent en général avec de faibles puissances et sans réflecteur. Dans ces conditions, seule la réception auditive entre en considération. Celle-ci se fait à l'aide de récepteurs à détectrice à réaction, suivie de 1 ou 2 étages d'amplification à basse fréquence. Dans certains cas, ce récepteur est couplé à un hétérodyne étalonné, permettant une recherche plus facile des postes émetteurs. La réception sur appareils imprimeurs serait très délicate avec une telle installation. Pour les services commerciaux, où les postes récepteurs sont souvent sans surveillance continue et où il faut se borner à utiliser deux ou trois longueurs d'onde au maximum, on doit recourir à des récepteurs plus compliqués, qui ne présentent pas de gros inconvénients du fait que les changements d'onde sont rares. Le poste récepteur Telefunken pour grandes stations amplifie tout d'abord 1000 fois les signaux dirigés, reçus dans un amplificateur neutrodyné à 4 étages. Les signaux sont ensuite hétérodynés sur l'onde de 800 m et amplifiés 10,000 fois dans un filtre à bande de 6000 cycles de largeur. Après redressement, les signaux actionnent un relais qui commande l'appareil imprimeur; celui-ci reçoit alors des impulsions de repos et de travail de 5 MA et se trouve de ce fait soustrait aux variations d'amplitude des signaux. Pour la réception téléphonique, ces appareils sont naturellement superflus. Les appareils récepteurs de la S. F. R. comportent deux amplificateurs de moyenne fréquence. Après un étage d'amplification en haute fréquence, les signaux sont hétérodynés une première fois, puis transposés sur l'onde de 600 m, où ils sont amplifiés dans deux étages, puis hétérodynés une seconde fois sur une onde de 12,000 mètres, et amplifiés encore une fois dans deux étages. Après détection, ils alimentent le circuit de sortie. L'installation réceptrice comporte en outre, surtout lorsqu'elle est raccordée à une ligne téléphonique, un régulateur d'amplitude automatique appelé régulateur anti-fading¹⁷⁾, qui travaille suivant le principe d'après lequel le degré d'amplification est rendu dépendant de l'intensité de l'onde porteuse. Si celle-ci baisse sous l'effet du fading, le courant moyen d'un des détecteurs subit une variation qui, à son tour, modifie la valeur de la tension de grille d'un étage amplificateur précédent, de façon à augmenter l'amplification pour compenser la diminution momentanée de l'intensité de champ, due au fading. Pour obtenir ce résultat, il faut que l'appareil soit assez puissant pour fournir le supplément d'amplification au moment voulu. Cet équipe-

¹⁷⁾ Voir: E. u. M. 48 (1930), p. 768.

erfolgt die erste Uebersiedlung des Zeichens auf Welle 600, dann zwei Verstärkerstufen auf dieser Welle, dann eine zweite Transponierung auf eine Welle von 12 km und neuerliche Zweifachverstärkung; die anschliessende Gleichrichtung speist den Ausgang. Der Empfänger besitzt überdies, wie die meisten Geräte dieser Art, insbesondere wenn sie in interurbane Telephonlinien speisen müssen, einen automatischen Amplitudenregler, „Antifadingregler“ genannt¹⁷⁾. Prinzipiell arbeitet ein solches Gerät in der Weise, dass es zum Beispiel bei Telephonieempfang die Gesamtverstärkung vom Trägereingang abhängig macht; sinkt dieser infolge Fading ab, so ändert sich der mittlere Gleichstrom im Ausgang eines der Detektoren; von dieser Aenderung wird dann die entsprechende Aenderung der Gittervorspannung einer der vorhergehenden Verstärkergruppen abgeleitet in dem Sinne, dass die Verstärkung dieser Gruppe so weit ansteigt, um das augenblickliche Manko an Feldstärke auszugleichen. Voraussetzung hierfür ist natürlich ein grosser Verstärkungsüberschuss des Gerätes, um das Regelspiel dieser Automatik darin unterbringen zu können. Wirksam ist bei Empfang modulierter Sendungen diese Regelung nur bei Fading über die ganze Seitenbandbreite, bzw. wenn der Träger nicht völlig ausbleibt, weil die harmonische Verzerrung der Sprache in dem Falle durch den Antifadingregler natürlich nicht verhindert werden kann. Sehr aussichtsreich sind in dieser Hinsicht neue von Telefunken entwickelte Empfänger, bei welchen nach Empfang der modulierten Sendung in einer Zwischenfrequenzverstärkerstufe der Träger und ein Seitenband durch Filter völlig beseitigt werden, so dass nur ein Seitenband übrig bleibt; der Träger wird dann im Empfänger selbst neu hinzugefügt (auf der betreffenden Zwischenfrequenz). Dadurch ist die harmonische Verzerrung vermieden, weil der Träger nunmehr eine konstante Amplitude hat. Unter kurzzeitigem selektivem Fading im Bereich des einen Seitenbandes leidet erfahrungsgemäss die Sprachübertragung nicht merklich. Der naheliegende Gedanke, schon bei der Ausstrahlung den Träger und ein Seitenband vor der Ausstrahlung zu unterdrücken, was schon aus Gründen der Energieersparnis wünschenswert wäre und bei der Langwellentelephonie auch durchgeführt wird¹⁸⁾, stösst auf sehr grosse Schwierigkeiten, ist aber neuerdings mit Erfolg von der Standard electric versucht worden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass durch die im vorhergehenden besprochenen Massnahmen am Sender und Empfänger, insbesondere durch Einführung der Strahlwerfer, die Unsicherheit, welche der dazwischenliegende Leitungsweg bei der Kurzwellenübertragung mit sich bringt (und auf diesen wird wohl auch in Zukunft kaum in irgendwelcher Weise Einfluss genommen werden können), so weitgehend bekämpft ist, dass die kurze Welle ein technisch hochwertiges Nachrichtentransportmittel geworden ist. Nur zu Zeiten starker „magnetischer Gewitter“, von welchen auch die transatlantischen Kabel gestört werden, treten Betriebsunterbrechungen von einigen Stunden (selten zwei

ment ne permet de compenser que le fading affectant uniformément l'onde elle-même et les bandes latérales, car le régulateur ne pourra pas favoriser les fréquences qui seraient affectées isolément; dans ce cas, les productions seraient déformées.

Les nouveaux appareils mis au point par la maison Siemens sont très efficaces de ce côté, étant donné que, après réception, l'onde modulée y traverse un étage de moyenne fréquence, couplé à un filtre qui ne laisse passer qu'une bande de fréquence. L'onde porteuse correspondant à cette moyenne fréquence est ensuite reconstituée au récepteur, ce qui a pour effet d'empêcher la déformation harmonique du fait que l'onde porteuse est toujours constante, et qu'un fading momentané sur une seule bande ne dénature que très peu la parole. Aussi a-t-on de suite pensé à supprimer déjà à l'émetteur une des bandes latérales et l'onde porteuse, ce qui est d'ailleurs au point de vue économique un avantage que l'on a mis à profit dans la téléphonie à onde longue¹⁸⁾. Les difficultés rencontrées sur les ondes courtes semblent être surmontées d'après les dernières expériences de la „Standard Electric“.

Disons pour résumer que les mesures préconisées pour le poste récepteur et pour le poste émetteur, et tout particulièrement l'emploi d'antennes dirigées, permettent d'éliminer un bon nombre d'obstacles à la propagation des ondes courtes et à faire de ces dernières un moyen de communication de premier ordre. Ce ne sera que durant les forts orages magnétiques, qui ne se manifestent que rarement, mais qui affectent également les câbles transatlantiques, qu'elles seront inutilisables et qu'il faudra acheminer la correspondance sur les liaisons à ondes longues, à peine sensibles à ce phénomène.

Ondes ultra-courtes.

Sont considérées comme telles, suivant les décisions prises à la conférence de la Haye au mois de septembre 1929 (C. C. I. R.), les ondes au-dessous de 10 m, c'est-à-dire les fréquences supérieures à 30×10^6 cycles, l'autre limite de la bande n'étant pas fixée, bien qu'elle ait une grande importance au point de vue juridique. Glagelowa Arkadiewa est en effet arrivé à produire des oscillations amorties de 0,082 mm de longueur d'onde, oscillations qui rentrent déjà dans la catégorie des longs rayons caloriques. En recourant au générateur de Meissner, on peut obtenir des ondes de 1 m avec des lampes ordinaires, et avec des montages spéciaux (Barkhausen¹⁹⁾, ondes courtes), qui ne travaillent pas d'après le principe de la réaction, des ondes de quelques cm de longueur, mais seulement avec des puissances très faibles. Ces fréquences excessivement élevées, qui promettent de rendre de grands services dans la médecine et la biologie²⁰⁾, ne sont, pour le moment du moins, d'aucune utilité pratique pour les radiocommunications. M. A. Esau et la maison Lorenz à Berlin ont fait des essais sur des ondes de 3 et 5 m qui sont susceptibles de rendre de grands services sur de courtes distances, étant donné qu'elles ne sont affectées ni par le fading ni

¹⁷⁾ Vgl. E. u. M. 48 (1930), S. 768.

¹⁸⁾ Vgl. E. u. M. 45 (1927) Die Radiotechnik, S. 65.

¹⁸⁾ Voir: E. u. M. 45 (1927) Die Radiotechnik, p. 65.

¹⁹⁾ Voir: E. u. M. 48 (1930), p. 91, 134, 704.

²⁰⁾ Voir: E. u. M. 48 (1930), p. 830.

bis drei Tagen) auf, gegen die es gegenwärtig keine andere Abhilfe gibt, als die Umleitung des Verkehrs auf die bestehenden Langwellenlinien, welche von diesen magnetischen Störungen kaum betroffen werden.

Ultrakurzwellen.

Als solche werden im Sinne der Beschlüsse der Haager Konferenz vom September 1929 (C. C. I. R.) die Wellen unter 10 m, also die Frequenzen über 30×10^6 Hz bezeichnet; das andere Ende dieses Bandes ist nicht festgesetzt, obwohl die Frage von rechtlicher Bedeutung ist. Tatsächlich sind von Glagelowa Arkadiewa mit dem sogenannten „Massenstrahler“ gedämpfte Schwingungen von 0,082 mm Wellenlänge erzeugt worden, die also bereits im Gebiet der langen Wärmestrahlen liegen. In der normalen Dreipunktschaltung (Meissner) können mit Röhren Wellen von etwa 1 m und mit Spezialschaltungen (Barkhausen-Kurz, Bremsfeldschaltung)¹⁹⁾, die nicht nach dem Rückkopplungsprinzip arbeiten, Wellen von einigen cm Länge, dann aber nur mit geringer Energie erzeugt werden. Diese ausserordentlich hohen Frequenzen, welche in der Medizin und Biologie manchen Nutzen versprechen²⁰⁾, sind für Verkehrszwecke gegenwärtig bedeutungslos. Mit Wellenlängen von 3 und 5 m sind von A. Esau und der Firma Lorenz, Berlin, Versuche durchgeführt worden, die erwarten lassen, dass in diesem Band guter und völlig störungsfreier Nahverkehr möglich sein wird — es gibt kein Fading und keine atmosphärischen Störungen²¹⁾; die Sendeleistung betrug einige Watt, der Empfänger arbeitete nach der Superregenerativschaltung.

Während viele Forscher, namentlich in Deutschland, der Ansicht sind, dass die Fortpflanzung konform der des Lichtes, also sozusagen nur „auf Sicht“ erfolge, zeigen die früher erwähnten Versuche in Amerika mit 3 m, dass auch ein Empfang über einige 1000 km möglich, wenn auch unsicher, ist²²⁾. Jedenfalls ist dieses Wellengebiet gegenwärtig Gegenstand physikalischer Forschung, für die Technik der Nachrichtenübermittlung aber noch ohne wesentliche praktische Bedeutung.

¹⁹⁾ Vgl. E. u. M. 48 (1930), S. 91, 134, 704.

²⁰⁾ Vgl. E. u. M. 48 (1930), S. 830.

²¹⁾ Vgl. E. u. M. 45 (1927) Die Radiotechnik, S. 125.

²²⁾ Vgl. E. u. M. 46 (1928) Die Radiotechnik, S. 81; 48 (1930), S. 134.

par les brouillages atmosphériques²¹⁾. Pour ces essais, on a travaillé avec une puissance de quelques watts à l'émetteur et avec un récepteur à superréaction.

Bien que beaucoup de chercheurs, tout particulièrement en Allemagne, soient d'avis que la propagation de ces ondes ne se fait qu'en ligne droite, c'est-à-dire entre deux points en vue, les expériences faites précédemment en Amérique sur des ondes de 3 m, montrent qu'il est tout de même possible de correspondre à des distances de plusieurs 1000 km. Il faut cependant reconnaître que ces liaisons ne présentent pas toujours la sécurité voulue²²⁾.

En tout état de cause, les ondes ultra-courtes sont aujourd'hui l'objet de recherches scientifiques très intenses, mais ne présentent encore aucun intérêt pratique.

²¹⁾ Voir: E. u. M. 45 (1927) Die Radiotechnik, p. 125.

²²⁾ Voir: E. u. M. 46 (1928) Die Radiotechnik, p. 81, 48 (1930), p. 134.

Literaturauszug. — Bibliographie.

H. Lassen: „Ueber die Ionisation der Atmosphäre und ihren Einfluss auf die Ausbreitung der kurzen elektrischen Wellen der drahtlosen Telegraphie“. Jahrb. drahtl. Tel. 28 (1926), S. 109 ff.

Dr. A. Sacklowsky: „Die Ausbreitung der elektrischen Wellen“. Bd. II der Einzeldarstellungen aus der elektrischen Nachrichtentechnik, Weidmannsche Buchhandlung, Berlin.

Pedersen: „Wireless echoes of long delay“. Proceedings of the Institute of Radio Engineers. Bd. 17, Oktober 1929.

C. Störmer: „Sur un écho d'ondes électromagnétiques courtes arrivant plusieurs secondes après le signal émis et son explication d'après la théorie des aurores boréales“. L'Onde Electrique, décembre 1928.

O. Böhm: „Mehrfachwege und Dopplereffekt bei der Ausbreitung der kurzen Wellen“. Telefunken-Ztg. 10 (1929), H. 53, S. 6.

O. Böhm: „Die Bündelung der Energie kurzer Wellen“. Telefunken-Ztg. 10 (1929), H. 52, S. 26.

R. Mesny: „Emissions dirigées par rideaux d'antennes“. L'Onde Electrique 6 (1927), S. 181.

J. C. Schelleng: „Some problems in short wave telephone transmissions“. Proceedings of the Institute of Radio Engineers, Bd. 18, Juni 1930.

Ralph Bown: „Transoceanic Telephone service: Short Wave Transmissions“. Bell Syst. Techn. J. IX.

Earle M. Terry: „The dependance of Frequency of Quartz piezoelectric Oscillators upon Circuit constants“. Proceedings of the Institute of Radio Engineers, Bd. 16, November 1928.

H. Chireix: „Transmission en ondes courtes“. L'Onde Electrique, juin 1926.

W. Runge: „Ein Kurzwellenempfänger für transoceanischen Schreibetrieb“. Telefunken-Ztg. 10 (1929), H. 52, S. 43.

Vom Mikrophon zur Sendeantenne.

Von E. Metzler, Bern.

Die wichtigsten Uebertragungsglieder.

Zur Beurteilung der Uebertragungseigenschaften einer Rundspruchanlage ist es notwendig, die Eigenschaften aller an der Uebertragung beteiligten Glieder vom Mikrophon bis zur Sendeantenne zu kennen. Die Uebertragungsgüte ist im wesentlichen begrenzt durch die Eigenschaften des vom Standpunkt der Uebertragung aus schlechtesten Gliedes der Kette. Dieser Satz ist, wie wir bemerken, nicht streng richtig, da es möglich ist, die verzerrenden

Du microphone à l'antenne.

Les principaux éléments de transmission.

Par E. Metzler, Berne.

Pour juger des qualités d'une installation radio-émettrice, il faut connaître les particularités de chacun des éléments qui sont employés entre le microphone et l'antenne. La valeur d'une transmission dépend en grande partie de la qualité de l'élément qui, compris dans cette chaîne, est le moins bon sous le rapport de la reproduction des sons. Cette remarque n'est toutefois pas intangible, car il est possible de compenser jusqu'à un certain point la distorsion causée par certains