Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe

Band: 48 (1970)

Heft: 6

Artikel: Eine Versuchs-Steilstrahlanlage für die Mittelwelle 1562 kHz

Autor: Fritz, Werner

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-876060

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: 15.07.2025

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

Eine Versuchs-Steilstrahlanlage für die Mittelwelle 1562 kHz

Werner FRITZ, Bern

621.396.677:621.396.97.029.53

Zusammenfassung. *Es wird eine Steilstrahl-Versuchsanlage für die Mittelwelle 1562 kHz beschrieben, die zur Überprüfung der theoretisch ermittelten Werte gebaut wurde. Die Auswertung der Empfangsbeobachtungen und der Registrierungen ergaben eine gute Übereinstimmung mit der Theorie. Damit konnte der praktische Wert der Methode im Hinblick auf eine bessere Ausnutzung von Gleichkanalfrequenzen bewiesen werden.*

Une installation d'essai à rayonnement à incidence verticale pour l'onde moyenne de 1562 hHz

Résumé. *On décrit ici une installation d'essai à rayonnement à incidence verticale pour l'onde moyenne de 1562 kHz, établie pour permettre de contrôler les valeurs déterminées théoriquement. L'analyse des observations de la réception et des enregistrements a révélé une bonne concordance avec la théorie. On a pu ainsi prouver la valeur pratique de la méthode en vue d'une meilleure utilisation des fréquences sur le même canal.*

Un impianto sperimentale ad irradiazione verticale per onde medie a 1562 kHz

Riassunto. *Si descrive un impianto di antenna sperimentale ad irradiazione verticale per onde medie a 1562 kHz, costruito per accertare i valori determinati teoricamente. Dall'elaborazione delle osservazioni di ricezione e delle registrazioni risultò una buona concordanza con la teoria. Con ciò è stata dimostrata l'attendibilità del metodo in vista di un migliore sfruttamento di canali sulla stessa frequenza.*

1. Einleitung

Im vorangehenden Beitrag über Mittelwellen-Steilstrahlung [1] wurde theoretisch untersucht, wie der nächtliche Bedienungsradius von Gleichkanalsendern ohne Verminderung der Störabstände bei den Gleichkanalpartnern erweitert werden kann. Im besonderen betrifft dies die Verhältnisse für die Frequenz 1562 kHz, die im Plan von Kopenhagen zum Betrieb synchronisierter Sendernetze Portugal, Schweden und der Schweiz zugeteilt worden ist. Der Schweiz wurde eine Gesamtsenderleistung von höchstens 5 kW zugestanden. Konzentriert man diese Leistung auf eine Station und strahlt sie nach konventioneller Art mit einer 0,625-λ-Vertikalantenne ab, dann kann unter der Annahme einer Nutzfeldstärke von 57 dBμ mit einem Versorgungsradius von ungefähr 45 km gerechnet werden. In [1] wird jedoch vorgeschlagen, statt der konventionellen horizontalen Energieabstrahlung den Hauptanteil der Energie senkrecht nach oben, Richtung Ionosphäre abzustrahlen. Hält man dabei den horizontalen Strahlungsanteil gering, kann die Sendeleistung beträchtlich erhöht werden, ohne die Gleichkanalpartner zusätzlich zu stören. Es wird rechnerisch

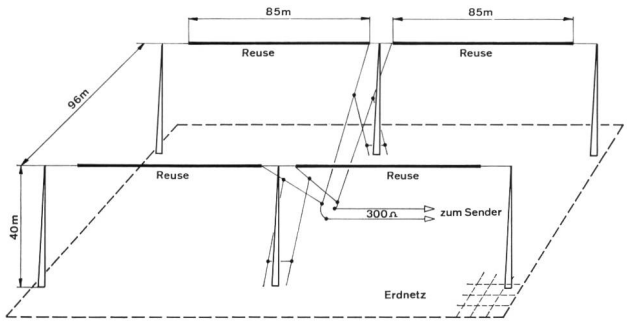

Fig. 1
Anordnung der Steilstrahlantenne

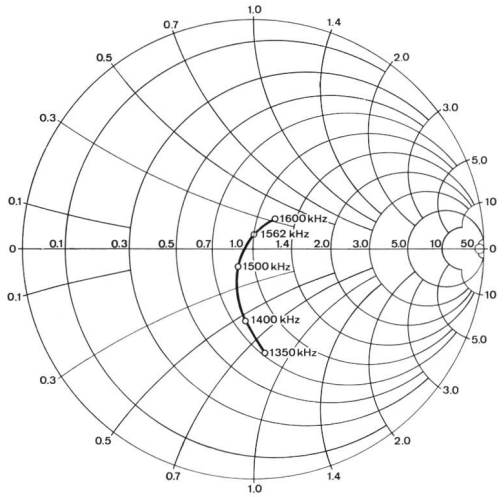

Fig. 2
Admittanzverlauf eines Dipols

nachgewiesen, dass, bei Verwendung der in *Figur 1* dargestellten Dipolgruppe, die der Antenne zugeführte Leistung P_o maximal 1200 kW betragen darf. Nimmt man wieder eine minimale Nutzfeldstärke von 57 dBμ an, so kann nachts mit einer Ausdehnung des Bedienungsbereiches auf über 600 km gerechnet werden. Mit $P_o = 145$ kW liegt der Bedienungsradius je nach Antennenazimut immer noch zwischen 450 und 570 km, also etwa zehnmal über dem mit der konventionellen Methode erreichbaren Wert.

Aufgrund dieser Ergebnisse entschlossen sich die schweizerischen Fernmeldebetriebe, in Beromünster eine Versuchs-Steilstrahlanlage für die Frequenz 1562 kHz zu bauen und die theoretisch errechneten Werte zu überprüfen. Zur Zeit steht für diese Versuche ein Sender von 150 kW Trägerleistung zur Verfügung. Es ist beabsichtigt, diese Leistung später auf 300 kW zu erhöhen.

2. Aufbau und elektrische Werte der Steilstrahlantenne

Die Anordnung der Antennenanlage ist aus Figur 1 ersichtlich. Es handelt sich um zwei nebeneinander angeordnete Ganzwellendipole mit einem Abstand von $\lambda/2$ oder 96 m. Die Antenne wurde für den Betrieb mit einer Trägerleistung von 300 kW dimensioniert. Die als Drahtreusen aufgebauten Dipole bestehen aus vier Bronceseilen 7×1,7 mm mit einem gegenseitigen Seilabstand von 575 mm. Jede der vier Reusen ist 85 m lang. Bei 40 m Masthöhe und einem Reusendurchhang von etwa 4 m bei 20 °C ergibt sich eine mittlere Reusenhöhe von 38 m, entsprechend 0,2 λ über Boden. In *Figur 2* ist die an einem Dipol gemessene Admittanz eingetragen. Während der Messung war der andere Dipoleingang offen. Für die Betriebsfrequenz 1562 kHz haben die Dipole einen praktisch reellen Eingangswiderstand von 1600 Ω.

Als Reflektorebene ist ein Erdnetz mit den Massen 220 × 140 m aus kreuzweise verlegtem feuerverzinktem Bandeisen 25 × 2 mm vorgesehen. Die Maschenweite beträgt 10 m. Aus landwirtschaftlichen Gründen kann das Erdnetz erst später endgültig verlegt werden. Für die Messungen wurde das Netz provisorisch auf den Erdboden ausgelegt und hernach wieder entfernt. Auf die Antenneninpedanz hat es einen vernachlässigbaren Einfluss. Die Strahlungsleistung dagegen nahm mit dem Erdnetz in der Senkrechten um rund 2 dB zu.

3. Impedanzanpassung

Die Impedanzanpassung erfolgt mit der klassischen Methode der Leitungstransformation. In *Figur 3* ist die gewählte Anordnung dargestellt. Auf den Strecken A-B wird die Dipolimpedanz von 1600 Ω auf 600 Ω herabgesetzt. Punkt B ist mit einer kapazitiven Blindkomponente behaftet,

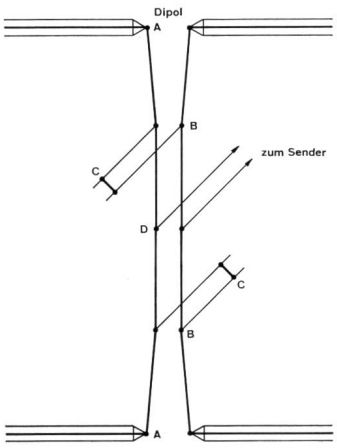

Fig. 3
Disposition der Dipolspeisung und Anpassung

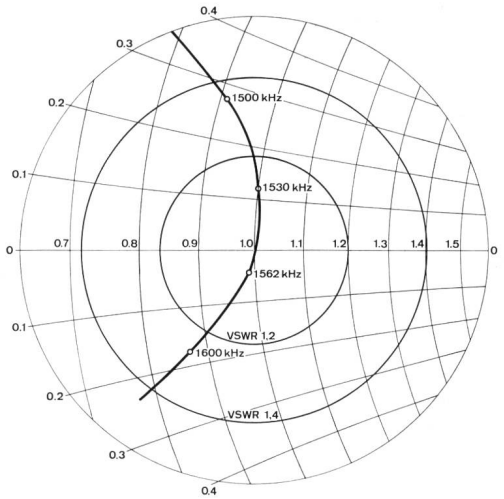

Fig. 4
Admittanzverlauf der zusammengeschalteten Dipole am 300-Ω-Speisepunkt

die mit dem am Ende kurzgeschlossenen induktiven Leitungsstück B-C kompensiert wird. Die Strecken B-D bestehen aus normalen 600-Ω-Zweidraht-Feederleitungen. Durch die Parallelschaltung im Punkt D wird die Speiseimpedanz auf 300 Ω reduziert. Die Kurzschlüsse in den Punkten C sind geerdet. Dadurch ist die Antennenanlage an zwei Punkten statisch an Erde gelegt. Zur Erhaltung eines symmetrischen Strahlungsdiagrammes ist der Aufbau der Speise- und Transformationsleitungen ebenfalls symmetrisch auszuführen. Die *Figur 4* zeigt den Admittanzverlauf der zusammengeschalteten Dipole am 300-Ω-Speisepunkt (D in Fig. 3). Das Spannungs-Stehwellenverhältnis liegt für die Trägerfrequenz bei 1,04. Dieser Wert ändert sich für die Seitenbänder nur unwesentlich.

Die Antenne ist ungefähr 400 m vom Sendegebäude entfernt. Eine offene 300 Ω-Zweidraht-Feederleitung dient dem Transport der Energie.

4. Modulationsaufbereitung

Neben der minimalen Nutzfeldstärke am Empfangsort wird der mögliche Bedienungsbereich bei gegebenem Störpegel stark vom mittleren Modulationsgrad des Senders beeinflusst. Ohne besondere Massnahmen liegt der mittlere Modulationsgrad von AM-Sendern meist unter 30%. Gelingt es, durch besondere Massnahmen diesen Wert auf 60% zu erhöhen, so erhält man am Empfangsort eine Verbesserung des Nutz-Störspannungsabstandes um 6 dB. Wollte man diese Verbesserung durch eine Leistungserhöhung des Senders erreichen, müsste eine viermal höhere Trägerleistung abgestrahlt werden, wobei dies mit entsprechend höheren Kapital- und Betriebskosten verbunden ist.

Deshalb lohnt es sich, die Modulation so aufzubereiten, dass in dem von einem normalen AM-Empfänger verarbeiteten NF-Frequenzband von ~ 150...3500 Hz eine möglichst hohe mittlere Seitenbandleistung zur Verfügung steht. Massnahmen dieser Art sind jedoch nur auf Kosten einer reduzierten Programmdynamik zu verwirklichen. Wie später noch gezeigt wird, eignet sich die Raumwellenübertragung von Natur aus nicht für qualitativ anspruchsvolle Programmarten. Es ist deshalb unerlässlich, bereits bei der Programmwahl diesem Umstand Rechnung zu tragen und Darbietungen zu vermeiden, die durch eine drastische Reduktion der Dynamik und der Schwunderscheinungen bis zur Ungeniessbarkeit verändert werden. Die Aufbereitung soll möglichst klirrarm erfolgen, da nichtlineare Verzerrungen subjektiv bedeutend unangenehmer empfunden werden als lineare Amplitudenkompression. Aus diesem Grunde scheidet das Klippen der Amplitude beziehungsweise die Trapezmodulation aus, sie kann höchstens in geringem Umfang (2...3 dB) als Teilmassnahme in Erwägung gezogen werden. Für den vorliegenden Versuchsbetrieb ist eine Methode mit mehreren sich folgenden Teilmassnahmen gewählt worden. Zu diesem Zweck wurden folgende Einzelgeräte in Serie geschaltet:

- Eingangs- und Trennverstärker mit Pegelinstrument
- Bandpassfilter 100...4000 Hz mit Abfall gegen die tiefen Frequenzen hin
- Programmregelverstärker mit programmgesteuerter Zeitkonstante und Integrationsglied zur Korrektur von Aussteuerungsfehlern
- Kompressionsverstärker mit Geräuschtor (Geräuschunterdrückung in den Programmpausen) für die Dynamikkompression
- Begrenzerverstärker als Grobschutz des Senders gegen Übermodulation
- Diodenbegrenzer als trägheitsloser Feinschutz gegen Übermodulation

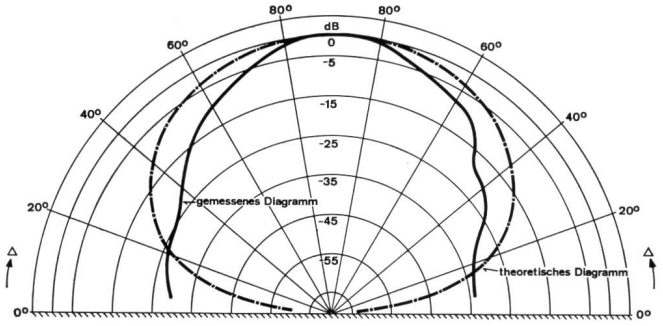

Fig. 5
Theoretisches und gemessenes Vertikaldiagramm der Steilstrahlantenne in Richtung der Dipolachse ($\varphi = 0°, 180°$)

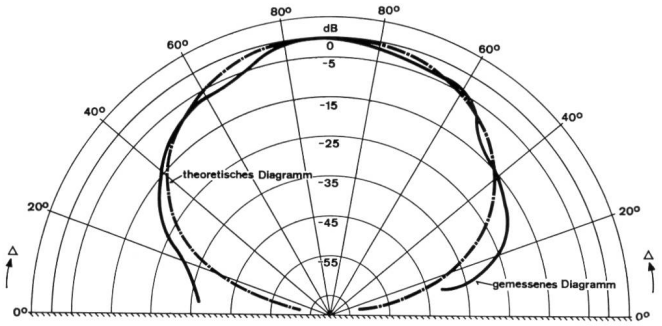

Fig. 6
Theoretisches und gemessenes Vertikaldiagramm der Steilstrahlantenne quer zur Dipolachse ($\varphi = 90°, 270°$)

- Tiefpassfilter mit 4,5 kHz Grenzfrequenz und 40 dB Abfall
- Ausgangsverstärker mit Pegelinstrument

Durch Ändern der einzelnen Geräteparameter wurde eine optimale Wirkung gesucht. Es kann sich jedoch immer nur um Kompromisslösungen handeln, da sich gewisse Bedingungen je nach Programmart diametral gegenüberstehen. Besonders grosse Unterschiede bestehen zwischen Sprache und Musik. Hier wird ein Sprache-Musikschalter mit hoher Erkennungswahrscheinlichkeit noch einige Verbesserungen ermöglichen. Entsprechende Entwicklungen sind im Gang.

Trotzdem sind die bis jetzt erreichten Resultate als gut zu bezeichnen und der ermittelte Gewinn liegt je nach Programmart zwischen 3 und 9 dB.

5. Messungen und Empfangsbeobachtungen

Das Antennendiagramm ist mit einem Helikopter ausgeflogen worden. Als Messantenne diente eine auf die Sendefrequenz abgestimmte, richtungsunabhängige Ferritstabantenne, deren Spannung im Rohde und Schwarz-Messempfänger HFH definiert verstärkt und von einem Registriergerät aufgezeichnet wurde. In mehreren Horizontalflügen verschiedener Richtungen, mit Distanzen zwischen 6 und 8 km und konstanter Höhe, wurde das Antennenzentrum angeflogen. Die der Antenne zugeführte Leistung betrug 145 kW; das Erdnetz war nicht ausgelegt. Die Resultate sind in den *Figuren 5 und 6* eingezeichnet und dem theoretisch gerechneten Diagramm gegenübergestellt. Im Strahlungsmaximum beträgt die Feldstärke im Mittel 5 V/m, bezogen auf 1 km Abstand. Bei einem Elevationswinkel von 30° sinkt der Mittelwert aus sechs Richtungen auf 0,4 V/m, bezogen auf 1 km Abstand. Die Messunsicherheit ist mit ± 2,5 dB einzusetzen. Unterhalb 30° werden die gemessenen Werte stark von der Art der Mastabspannungen und dem Gelände beeinflusst, sie können dann erheblich über den theoretischen Werten liegen. Diese Einflüsse sind beim Aufstellen

der Antenne zu berücksichtigen, damit die Störfeldstärke bei den Gleichkanalpartnern minimal gehalten werden kann.

Der Antennengewinn beträgt 7,6 dB bezogen auf einen Kugelstrahler, und im Vergleich mit einem Halbwellendipol 5,4 dB. Um den Einfluss des Erdnetzes zu untersuchen, sind im Abstand von neun Tagen unter gleichen Bedingungen Messflüge mit und ohne Erdnetz durchgeführt worden. Mit Erdnetz ergaben diese im Mittel eine Erhöhung der senkrechten Strahlungsleistung um etwa 2 dB. Damit wird der vorerwähnte Antennengewinn auf 9,6 dB beziehungsweise 7,4 dB ansteigen. Die vorgesehene Leistungserhöhung auf 300 kW und das endgültige Erdnetz werden gegenüber den heutigen Verhältnissen zusammen eine Verbesserung der Nutzfeldstärke um 5 dB bringen.

Die Empfangsfeldstärke wird an drei Orten im Abstand von 200, 110 und 60 km vom Sender registriert. Als Empfangsantennen werden kurze (kapazitive) Vertikalantennen verwendet. Der Messempfänger gibt das definiert aufbereitete Signal als feldstärkeproportionalen Gleichstromwert parallel auf einen Schreiber und einen automatischen Pegelanalysator mit 20 Pegelstufen. Die statistisch klassierten Werte werden automatisch jede Stunde photographisch festgehalten und können später für die Auswertung vom Film abgelesen werden. Wie erwartet, ergab die Auswertung starke zeitliche Schwankungen. Besonders interessant sind die jahreszeitlichen Schwankungen, die jedoch wegen der verhältnismässig kurzen Beobachtungszeit von nur knapp zwei Jahren noch nicht aussagekräftig sind. Immerhin kann schon jetzt festgestellt werden, dass die monatlichen Zentralwerte der Nachtfeldstärke in Funktion der Jahreszeit Schwankungen von 10...15 dB, in Extremfällen bis zu 20 dB unterworfen sind. Die zentralen Medianwerte der drei Messstationen über die bisherige Beobachtungsperiode sind mit 68, 69 und 70 dBμ für die Zeit von 2200 bis 2300 Uhr ermittelt worden, was einen mittleren Wert von 69 dBμ ergibt. Theoretisch ist ohne Berücksichtigung der Reflexionsdämpfung ein Medianwert von 76 dBμ ermittelt worden. Rechnet man für die Reflexionsdämpfung einen mittleren Wert von 6 dB, darf die Übereinstimmung mit den praktisch gemessenen Werten als gut bezeichnet werden. Mit den Feldstärkeregistrierungen wird zum bessern Erfassen der jahreszeitlichen Schwankungen über einen längeren Zeitraum fortgefahren.

Von den Gleichkanalpartnern sind bis heute keine unzulässigen Störpegelüberschreitungen gemeldet worden.

Aus Empfangsbeobachtungen und Hörerzuschriften kann geschlossen werden, dass die nächtliche Versorgungsgrenze in einer Entfernung von $\sim$ 500...600 km vom Sendezentrum liegt. Innerhalb der Schweiz ist der Empfang von Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang ausnahmslos gut bis sehr gut. Die Empfangsqualität wird nur durch die dem Raumwellenempfang eigenen Signalverzerrungen sporadisch verschlechtert. Diese Beeinträchtigung der Empfangsqualität [2] entsteht bekanntlich dadurch, dass das ausgesendete Signal bei ionosphärischer Ausbreitung durch Reflexion in verschiedenen ionisierten Regionen (E und F) auf mehreren Wegen zum Empfangsort gelangt und dass dort die einzelnen Empfangssignale miteinander interferieren. Ausserdem machen sich nichtlineare Einflüsse innerhalb der Ionosphäre bemerkbar. Durch diese Vorgänge werden die Phasen- und Amplitudenbeziehungen innerhalb des AM-Signals verändert. Die heute übliche Hüllkurven-Gleichrichtung durch eine Diode in den Rundfunkempfängern kann jedoch nur dann verzerrungsfrei als Demodulator arbeiten, wenn das aus einem Träger und zwei symmetrisch zu diesem liegenden Seitenbändern bestehende Signalspektrum in derselben Form angeboten wird, in der es vom Sender erzeugt und ausgestrahlt wird. Diese Voraussetzung ist jedoch nicht erfüllt, wenn der Übertragungsfaktor infolge Mehrwege-Interferenzen frequenzabhängig ist, besonders wenn diskrete Frequenzen völlig ausgelöscht werden (selektiver Schwund). Dadurch entstehen im klassischen Empfangsgleichrichter Demodulationsverzerrungen in der Form von subjektiv lästigem Klirrfaktor und nichtharmonischen Kombinationstönen. Leider lassen sich diese Nachteile des Raumwellenempfanges mit der heute gebräuchlichen Technik nicht ändern. Dagegen ist für die Zukunft eine Verbesserung denkbar, indem das niederfrequente Signal im Empfänger, unter Ausnutzung nur eines Seitenbandes mit Trägerzusatz und Produkt-Demodulator, wiedergewonnen wird.

Die praktisch erreichten Resultate stimmen gut mit der Theorie überein. Die Steilstrahlmethode im Gleichkanalbetrieb erlaubt für jeden Partner eine bedeutend bessere Kanalausnutzung. Nimmt man bei der Programmgestaltung auf die der Raumwellenübertragung eigene Qualitätseinbusse Rücksicht, so lassen sich für Information und Unterhaltung grossflächige Versorgungsprobleme während der Nachtzeit wirtschaftlich lösen.

Bibliographie

[1] *Ebert W.* Mittelwellen-Steilstrahlung unter besonderer Berücksichtigung der Frequenz 1562 kHz. Techn. Mitt. PTT 48 (1970) Nr. 6, S. 237...257.

[2] *v. Rautenfeld F.* Die Qualität des Raumwellen-Empfangs. Rundfunktechn. Mitt. 13 (1969) Nr. 1, S. 15...28.