

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = 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 Telegrafienbetriebe

Band: 26 (1948)

Heft: 1

Artikel: Rundspruchversuche mit frequenzmodulierten Ultrakurzwellen

Autor: Klein, W. / Dufour, J.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-874019>

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: 24.01.2026

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

TECHNISCHE MITTEILUNGEN

HERAUSGEGEBEN VON DER SCHWEIZERISCHEN POST-, TELEGRAPHEN- UND TELEPHONVERWALTUNG

BULLETIN TECHNIQUE/BOLLETTINO TECNICO

PUBLIÉ PAR L'ADMINISTRATION DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES SUISSES

PUBBLICATO DALL'AMMINISTRAZIONE DELLE POSTE, DEI TELEGRAFI E DEI TELEFONI SVIZZERI

Rundspruchversuche mit frequenzmodulierten Ultrakurzwellen

Von W. Klein und J. Dufour, Bern

621.396.97.029.6 : 621.396.619.018.4

Die Entwicklung beinahe der gesamten drahtlosen Nachrichtentechnik war von Anfang an auf die Erfassung stets kürzerer Wellen gerichtet. Dies war bedingt, einmal durch die technischen Möglichkeiten und die fortlaufende Entdeckung neuer Anwendungsgebiete, zum andern durch die ständig wachsenden praktischen Bedürfnisse und die dadurch erforderliche Ausdehnung des verfügbaren Frequenzspektrums.

Diese Entwicklung macht sich in letzter Zeit auch in gewissen Gebieten des Rundspruchs immer stärker bemerkbar.

Die Frage der Programmverbreitung mittels ultrakurzer Wellen ist heute zwar vielfach noch umstritten. Tatsache aber ist, dass die Frequenzmodulation auf diesem Gebiete bahnbrechend wirkte, so dass heute der Ultrakurzwellen-Rundspruch in den Vereinigten Staaten von Amerika bereits eine beachtliche Ausbreitung gefunden hat, trotz der keineswegs fehlenden Gegnerschaft. Die Gründe für das wachsende Interesse, das diesen Problemen heute auch in verschiedenen europäischen Ländern geschenkt wird, sind bekannt. Das Mittelwellenband ist überfüllt und bietet in bezug auf die verfügbaren Frequenzen längst keine Erweiterungsmöglichkeiten mehr. Zu kleine Senderabstände, Interferenzen mit weit entfernten Stationen über die Ionosphäre, Nahschwund und atmosphärische Störungen beeinträchtigen manchenorts die Qualität selbst der landeseigenen Sender in erheblichem Masse. Hier bieten nun die Ultrakurzwellen gewisse Möglichkeiten zur Lösung der Frage des regionalen Rundspruches, gleichzeitig verbunden mit einer nicht unerheblichen Verbesserung der Qualität.

Gerade in letzter Beziehung bietet die Frequenzmodulation, wie übrigens alle typischen Breitband-Modulationssysteme, gewisse Vorzüge. Die Anwendung einer wirksamen Amplitudenbegrenzung gestat-

tet, im Zusammenhange mit den übrigen System-eigenschaften, eine bestimmte Mindestqualität des Empfanges bezüglich Störgeräusche grundsätzlich auf eine grössere Entfernung auszudehnen, als dies mit der früher üblichen Amplitudenmodulation der Fall war. Allerdings weiss man heute, dass sich Impulsstörungen — jedoch nur solche — durch zusätzliche Massnahmen auf der Empfängerseite auch bei Amplitudenmodulation sehr wirksam unterdrücken lassen. Die Mindestqualität an der Reichweitengrenze (Empfangsschwelle) ist hierbei wesentlich eine Angelegenheit des maximalen Hubes, bzw. der Bandbreite, und entspricht mit dem üblichen Hubverhältnis von 5 praktisch einem Signal-zu-Geräusch-Verhältnis von rund 60 db für rauschartige Störungen. Dies erlaubt unter anderem auch eine entsprechend grosse Dynamik.

Verschiedene günstige Eigenschaften der frequenzmodulierten Ultrakurzwellen sind indessen auch Allgemeingut dieses Wellenbereiches überhaupt, womit bereits angetönt ist, dass dieser nicht unbedingt das Privileg einer bestimmten Modulationsart zu sein braucht.

Die Möglichkeit, von einem gut gewählten Standort aus gleichzeitig mehrere Programme über dieselbe Antenne auszustrahlen, scheint geeignet, weiteres Interesse zu wecken, indem dadurch der Nachteil der beschränkten Senderauswahl mindestens teilweise kompensiert werden kann. Zahlreiche weitere triftige Gründe, wie die der Wellenausbreitung, sprechen für eine solche Lösung, wobei zunächst die Frage der Modulationsart noch offen steht.

Aufgabe und Mittel

Der Zweck der vorliegenden Untersuchung, die in der Zeit vom Herbst 1945 bis zum Sommer 1946 durchgeführt wurde, war, zuverlässige Anhalts-

punkte für die Beurteilung der Uebertragungsverhältnisse mit frequenzmodulierten Ultrakurzwellen in unserem Lande zu gewinnen, um damit eine solide Grundlage für gegebenenfalls weitergehende Untersuchungen in dieser Richtung zu gewinnen (Systemfragen usw.). Die Untersuchung bezog sich daher insbesondere auf ein weiteres Studium der Wellenausbreitung, über die hier schon früher gewisse Vorarbeiten geleistet worden waren, ferner auf die Störpegelverhältnisse, die optimale Polarisierung der Wellen, eventuelle Schwund- und Ausbreitungsverzerrungen und die Beobachtung von störenden Interferenzen über die Ionosphäre.



Fig. 1. Ansicht der Versuchsstation PTT auf dem Chasseral (1610 m ü. M.) im Sommer

Die ausgeprägte vertikale Gliederung unseres Geländes liess in mancher Beziehung auch besondere Uebertragungsverhältnisse erwarten. Die starke Schattenbildung in Gebirgsgegenden scheint zunächst für die Ausbreitung der Ultrakurzwellen wenig günstig zu sein. Die Schweiz ist aber andererseits das klassische Land der Höhenstationen. Eine grosse Zahl stark erhöhter und leicht zugänglicher Standorte steht zur Verfügung, so dass interessante Möglichkeiten für einen Ultrakurzwellen-Rundpruch im vorneherein gegeben sind.

Als Versuchsbasis wurden im wesentlichen die damals in den Vereinigten Staaten gültigen Empfehlungen der Federal Communications Commission (FCC) gewählt. Die wichtigsten Daten waren folgende:

1. Uebertragungssystem

Frequenzmodulation	
Zenterfrequenz	50,0 MHz (± 2 kHz)
Uebertragener Frequenz-	
umfang	15 kHz
Maximaler Hub	± 75 kHz
Frequenzanhebung (Pre-Emphasis) entsprechend	
einer Zeitkonstanten von 100 Mikrosekunden	
Polarisation wahlweise horizontal oder vertikal.	

2. Sender

Antennenleistung ungefähr 50 Watt

Uebliche Reaktanzröhrenmodulation

Antennen: Vertikaldipol (17,5 m über Grathöhe auf Mastspitze montiert) oder

Horizontaldipol (10 m über Grathöhe).

Die Speisung der Antennen erfolgte asymmetrisch (70 Ohm); zur Verhinderung der Mantelwellen war antennenseitig je ein Sperrtopf angebracht. Der Horizontaldipol musste jeweils in die entsprechende Messrichtung gedreht werden. Im Verlaufe der Untersuchung wurde der Sender mit einer automatischen Schaltvorrichtung ausgerüstet, die die Vornahme aller gewünschten Schaltmanipulationen durch Fernsteuerung über das normale Telefonnetz gestattete.

3. Empfänger

Normale Rundspruchausführung.

Eigenrauschen — 60 db für 25 μ V Eingangsspannung an 70 Ohm

Empfindlichkeit: Durch Eigenrauschen gesteuert

Abstimmbereich: 40...50 MHz

Vorselektion: 3 abgestimmte Kreise

Antenne: Halbwellendipol 70 Ohm, mit Sperrtopf für asymmetrische Speisung.

Es waren fünf dieser Empfänger verfügbar, wovon einer besonders für Messzwecke eingerichtet und regelmässig nachgeieicht wurde.

Die Mittel waren somit recht bescheiden. So war es zum Beispiel infolge der kleinen Senderleistung nicht möglich, die Empfangsverhältnisse in manchen Schattenzonen und vor allem im eigentlichen Alpengebiet so weit abzuklären, wie dies wünschbar gewesen wäre.

Mit Rücksicht auf sporadische Interferenzen über die Ionosphäre ist das FM-Band in den Vereinigten Staaten bereits vor einiger Zeit in den Bereich von 88...108 MHz verlegt worden. Grundsätzlich dürfte eine solche Verlegung an den mit 50 MHz gewonnenen Resultaten nichts ändern, abgesehen von einer gewissen, wahrscheinlich aber nicht zu bedeutenden Vertiefung der Schattenzonen.

Es sei in diesem Zusammenhange auch darauf hingewiesen, dass gerade für schweizerische Verhältnisse ein gewisses Interesse besteht, nicht beliebig kurze Wellen zu verwenden, weil infolge der stark gebirgigen Struktur des Geländes auch im Mittelland stets gewisse Gebiete der direkten Sicht eines Senders entzogen sein werden und durch Beugung erfasst werden müssen.

Die neue Festlegung der Zeitkonstanten für die Frequenzbandanhebung auf 75 Mikrosekunden (statt 100) ist für diese Untersuchung kaum von Bedeutung.

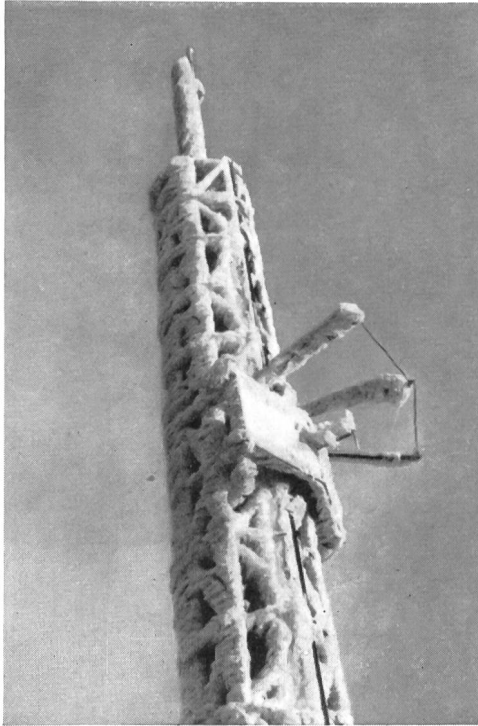


Fig. 2. Antennenmast im Winter

Standort des Senders

Für die Aufstellung des Senders bot die neu errichtete Versuchsstation der PTT-Verwaltung auf dem Chasseral, 1610 m ü. M., eine günstige Gelegenheit. Die Versuchsstation, die im Jahre 1944 erstellt wurde, liegt nahe dem Gipfel und beherrscht mit einem nur 15 m hohen Antennenmast praktisch das ganze Panorama.

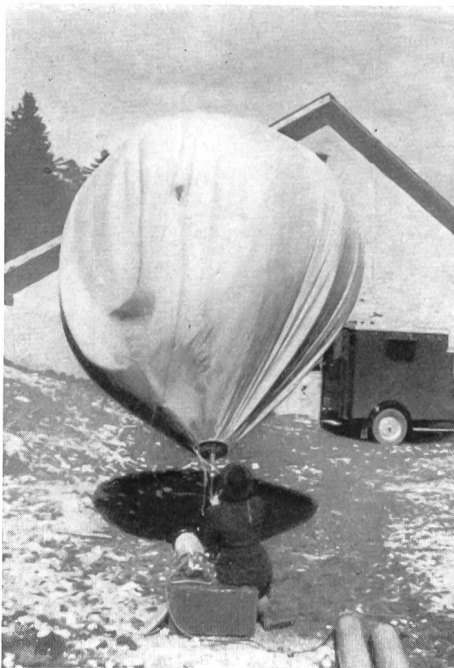


Fig. 3. Feldstärkemessungen mit Hilfe einer Ballonsonde. Der Ballon auf dem Chasseral kurz vor dem Aufstieg

Diese ausgezeichnete Lage der Station wurde seinerzeit mit Rücksicht auf die ausserordentlich mannigfaltigen drahtlosen Verbindungsmöglichkeiten nach dem In- und Ausland gewählt (Richtstrahlverbindungen für Mehrkanaltelephonie, Fernsehen usw.). Dieser Juraberg beherrscht das ganze Mittelland, von den Erhebungen nördlich des Genfersees bis in den Kanton Aargau, und einen grossen Teil der gegenüberliegenden Alpenkette mit ihren nördlichen und westlichen Randbergen. Damit war auch für die Durchführung der Rundspruchversuche ein genügend interessanter Rahmen gegeben. Die in klimatischer Hinsicht sehr rauen Bedingungen des Chasseral (Wind, Rauheif, Vereisung) boten Gelegenheit, die Arbeitsbedingungen unter ungünstigen Verhältnissen zu studieren und in mancher Beziehung nützliche Erfahrungen zu sammeln.

I. Abschnitt

Die Abstrahlungsverhältnisse auf dem Chasseral

Für die Beurteilung der Versuchsergebnisse, insbesondere auch mit Rücksicht auf die optimale Polarisierung, war es notwendig, die örtlichen Abstrahlungsverhältnisse auf dem Chasseral eingehender zu untersuchen.

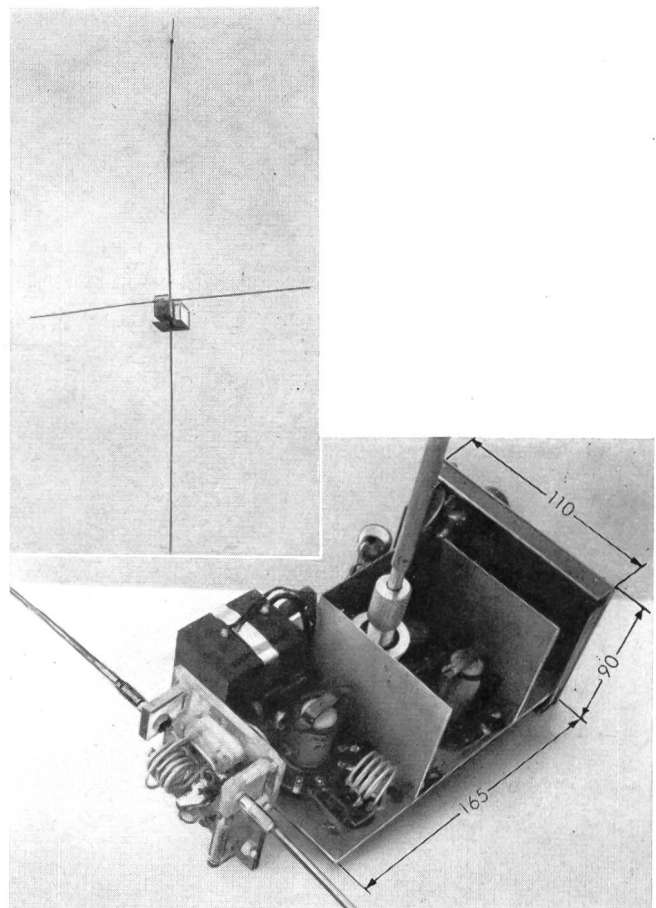


Fig. 3a. Ansicht der Feldstärkesonde, links oben in fertig montiertem Zustande, rechts unten mit entferntem Gehäusedeckel und ohne Batterien. Der längere Antennenstab, im Bild vertikal, ist der Empfangsdipol für das zu untersuchende Feld, der kürzere der Sendedipol für die Uebermittlung der Messimpulse zum Bodenempfänger

Unbekannt war zunächst einmal der Einfluss der lokalen Bodenreflexion, der bei Höhenstationen stets zu berücksichtigen ist, sofern nicht eine genügende Bündelung in der vertikalen Ebene deren Einfluss vernachlässigen lässt.

Bei stark unregelmässigem Gelände ist eine Berechnung praktisch ausgeschlossen, so dass man auf die Messung angewiesen bleibt. Diese wurde durchgeführt mit Hilfe eines kleinen Fesselballons (Fig. 3) von ungefähr 12 m³ Fassungsvermögen und einer Feldstärke-sonde, welche zu diesem Zwecke besonders angefertigt wurde (Fig. 3a). Der Aufbau dieser Messapparatur ist im Anhang I. kurz beschrieben.

Die Durchführung von Ballonmessungen, besonders an derart exponierten Punkten, ist stark abhängig von den lokalen Windverhältnissen, was einen erheblichen Nachteil darstellt. Die Erfahrung hat gezeigt, dass es annähernd windstill sein muss.

Auch ist man praktisch an eine maximale Messhöhe gebunden. Andererseits hat der Ballon gegenüber dem Flugzeug den nicht zu unterschätzenden Vorteil, keine merkliche Feldstörung in der Umgebung der Sonde zu verursachen. Der Aufwand für eine Messung ist, abgesehen von der erwähnten Witterungsabhängigkeit, verhältnismässig gering.

Einige Ergebnisse dieser Messungen, die in Abständen von 200...500 m vom Antennenmast in verschiedenen Richtungen durchgeführt wurden, sind aus den nachstehenden Figuren ersichtlich.

Es muss vorausgeschickt werden, dass der horizontale Dipol jeweils in die entsprechende Messrichtung gedreht wurde, da er nicht als Rundstrahler ausgeführt war. Ein einzelnes horizontales Rundstrahlerelement, zum Beispiel ein gekreuzter Dipol mit 90° Phasenverschiebung, würde natürlich gegenüber dem einfachen vertikalen Dipol einen Feld-

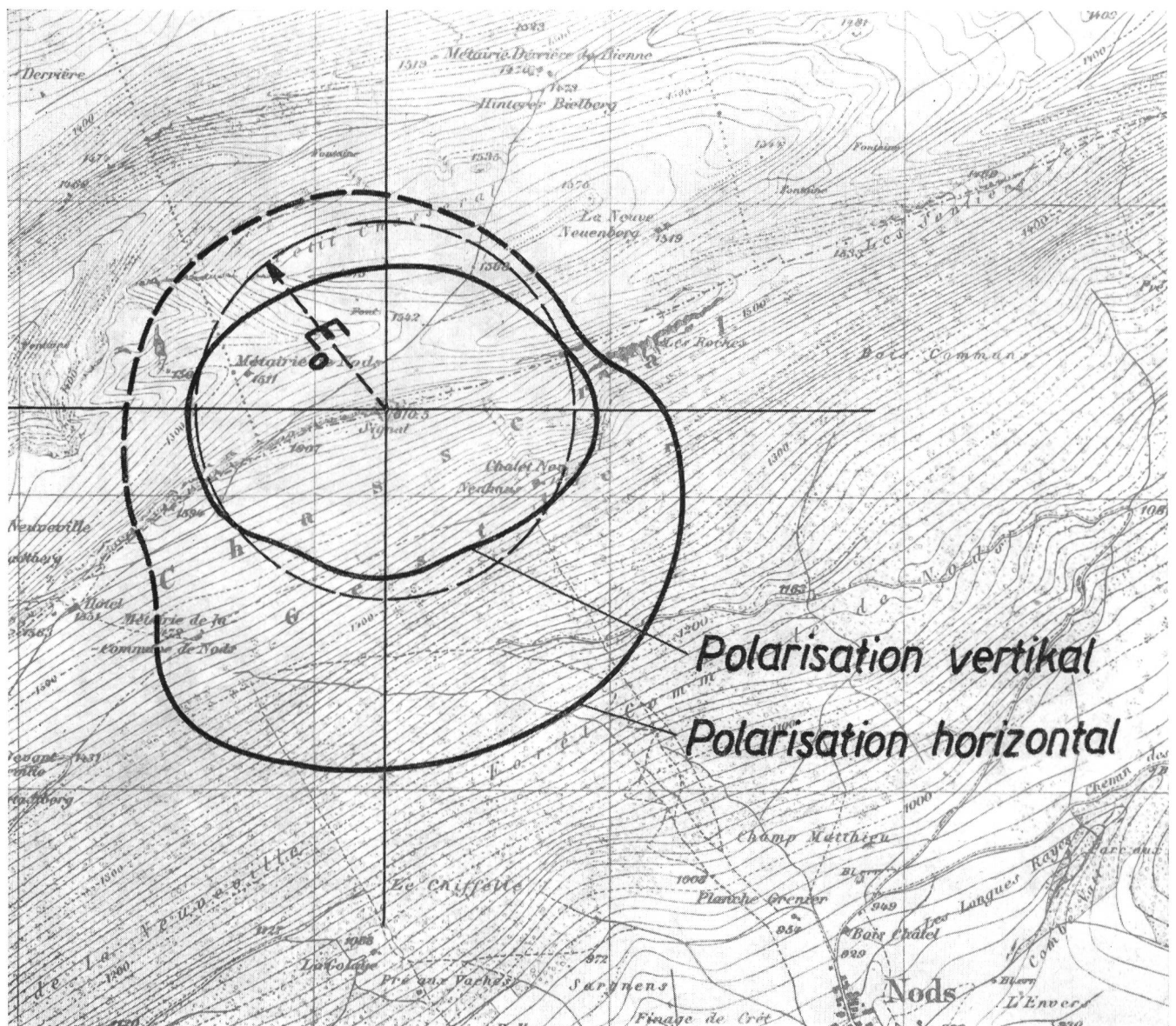


Fig. 4. Einfluss der lokalen Bodenreflexion auf die Abstrahlung in der horizontalen Ebene mit beiden Polarisationsrichtungen (Chasseral). Siehe Text. E_0 = freie Feldstärke bei vertikalem Dipol

verlust von $\frac{1}{\sqrt{2}}$ ergeben. Die Praxis ist nun aber doch eher so, dass gleich hohe Antennengebilde miteinander vergleichbar sind. Mit horizontaler Polarisation ergibt sich dann für gleiche Antennenhöhe ein Strahlerelement mehr, so dass der Verlust wieder ausgeglichen wird und somit das Rundstrahl-diagramm auch für diesen Fall seine Gültigkeit behält.

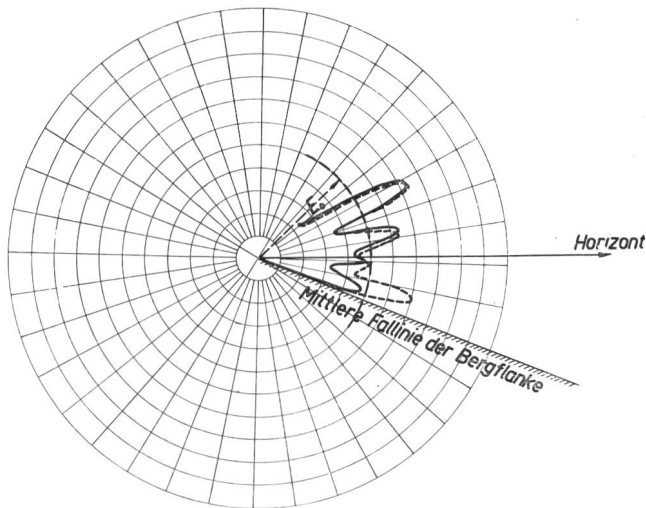


Fig. 5. Feldstärkeverlauf in der vertikalen Ebene in Hangrichtung gegen Mittelland und Alpen. Polarisation vertikal

———— gemessen
 ----- unter vereinfachenden Annahmen berechnet

Auffallend ist zunächst, dass das Rundstrahl-diagramm in der horizontalen Ebene für vertikale und horizontale Polarisation gänzlich verschieden ist (Fig. 4).

Die Strahlungsintensität des Vertikaldipols zeigt eine auffallend geringe Richtungsabhängigkeit und ist annähernd gleich der ungestörten Feldstärke E_0 . Dies rührt von daher, dass alle wirksam reflektierenden Flächen Neigungen gegen die horizontale Ebene aufweisen, welche in der Nähe des Brewsterschen Winkels liegen (ca. 17°), unter welchem der grösste Teil der eingestrahnten Energie vom Boden absorbiert wird. Horizontal tritt bekanntlich kein solches Reflexionsminimum auf, so dass hier der Geländeeinfluss bedeutend stärker, so dass hier der Erscheinung tritt. Dieser äussert sich in einer in den Hangrichtungen bedeutend erhöhten Feldstärke, indem die Antennenhöhe absichtlich so gewählt wurde, dass sich in der horizontalen Ebene angenähert eine maximale Strahlungsintensität ergab.

Abgesehen vom Ausnahmefall des Brewster'schen Winkels, dessen Lage zum Horizont durch die Geländeneigung bereits gegeben ist, hängt natürlich der Feldstärkeverlauf in der vertikalen Ebene bei beiden Polarisationsrichtungen wesentlich von der Antennenhöhe ab. Fig. 5 und 6 zeigen den gemessenen Feldstärkeverlauf in der vertikalen Ebene, Richtung Mittelland, für vertikale und horizontale Polarisation. Die mittlere Geländeneigung beträgt

hier 22° . Wenn wir uns eine hypothetische Ebene mit dieser Neigung fortgesetzt denken bis zum Antennenmast, so lässt sich das Feld in dieser Richtung berechnen nach der bekannten Gleichung

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 \left[1 + R \cdot e^{j(\theta_R - 2\pi \frac{\Delta d}{\lambda})} \right]$$

wobei R und θ_R Amplitude und Phase der an der Ebene reflektierten Komponente darstellen, Δd die Weglängendifferenz zwischen direktem und reflektiertem Strahl. R und θ_R sind vom Einfallswinkel und von den Bodenkonstanten ϵ und σ abhängig*).

Für grosse Entfernungen wird dann $\frac{E}{E_0}$ nur noch eine

Funktion des Elevations-Winkels α . Die Antennenhöhen über dieser geeigneten Ebene betrugen 13 m für den Vertikaldipol und 6 m für den Horizontaldipol. Unter diesen Voraussetzungen und für die Bodenkonstanten $\epsilon = 10$ und $\sigma \leq 10^8$ E.S.E. wurden die Strahlungsdiagramme berechnet und ebenfalls in die Figuren mit dem gemessenen Verlauf eingetragen.

Mit Rücksicht auf die tatsächlich vorliegenden Verhältnisse ist die Uebereinstimmung recht gut, was darauf hinweist, dass das optisch sehr unregelmässige Gelände im Bereich der ultrakurzen Wellen noch mehr oder weniger als eben anzusehen ist. Die Amplitudenabweichung im untersten Maximumlappen bei vertikaler Polarisation lässt sich teilweise erklären aus der für flache Abstrahlungswinkel etwas kurzen Messdistanz und aus der Tatsache, dass der von der Messung erfasste Geländeabschnitt etwas konkav geformt ist.

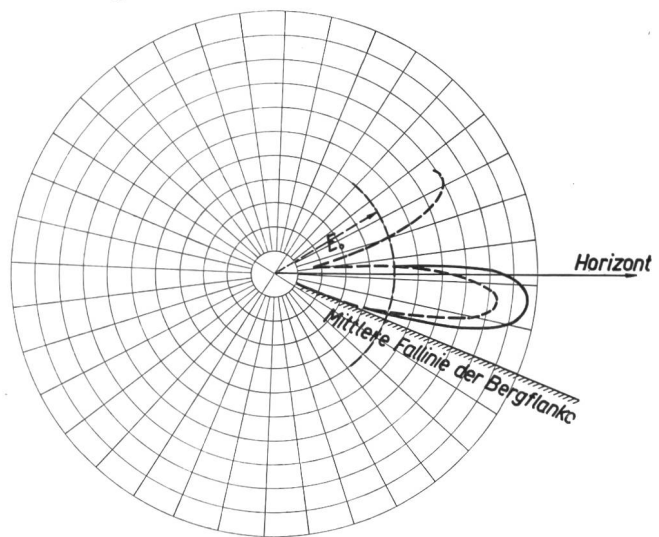


Fig. 6. Feldstärkeverlauf in der vertikalen Ebene in Hangrichtung gegen Mittelland und Alpen. Polarisation horizontal

———— gemessen
 ----- unter vereinfachenden Annahmen berechnet

Bei der Messung mit horizontaler Polarisation sind die Diagrammlappen viel breiter und weiter auseinanderliegend, was auf die geringere Höhe des Horizontaldipols zurückzuführen ist. Die gemessene

*) Siehe Bibliographie unter 3 bis 5.

Feldstärke ist hier deutlich grösser als die berechnete, was auf den Einfluss des eisernen Antennenmastes, etwa $\lambda/4$ hinter dem Dipol, zurückgeführt werden muss.

Fig. 7 zeigt den Feldstärkeverlauf in der senkrechten Ebene, parallel zur nordöstlichen Gratrichtung. Der Grat ist hier ziemlich schmal und der Einfluss der Bodenreflexion erwartungsgemäss gering.

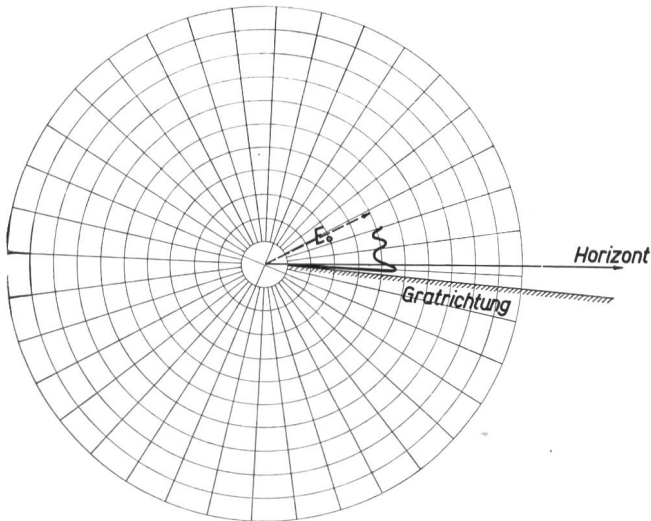


Fig. 7. Gemessener Feldstärkeverlauf in der vertikalen Ebene in der Gratrichtung gegen den Weissenstein (Balsthal). Polarisation vertikal

Die Feldstärke nimmt vom Boden weg rasch zu und pendelt etwas um den ungestörten Wert $|E_0|$. Ähnlich verhält es sich in nordwestlicher Richtung, weil hier die Bergflanke in eine Mulde ausläuft und wieder zu dem 500 m entfernten gegenüberliegenden Grat emporsteigt, so dass sich keine wirksame Bodenreflexion in horizontaler Richtung ausbilden kann.

In der uns hauptsächlich interessierenden Richtung Mittelland und Alpen ergibt sich somit mit horizontaler Polarisation rund die doppelte freie Feldstärke, was bei allen folgenden Messergebnissen entsprechend berücksichtigt werden muss.

Diese Verhältnisse gelten annähernd auch für einen horizontalen Rundstrahler, der aus 2 übereinander angeordneten Elementen in $\lambda/2$ Abstand besteht. Bei Verwendung von wirksameren, das heisst höheren Richtantennen wird man jedoch die Antennenlage oft nicht mehr optimal bezüglich der Phase der Bodenreflexion wählen können. Zudem nimmt der Bodeneinfluss mit wachsender Bündelung ab, so dass die Strahlungsdiagramme bei stark abfallendem Gelände schliesslich nur noch durch die Eigenschaften der Antennen bestimmt werden.

Ähnliche Verhältnisse wie auf dem Chasseral dürften sich auf Höhenstationen in den Voralpen und im Jura fast überall ergeben, da Geländeneigungen im Bereich von 10° ... 25° häufig vorkommen.

Eine weitere Frage, welche im Zusammenhange mit den Abstrahlungsverhältnissen interessiert, ist

der Einfluss der Witterung (Rauhreif usw.) auf die Antennen selbst. Mittels einer Abtastleitung mit angepasstem Wellenwiderstand konnte der Reflexionsfaktor auf den Speisekabeln dauernd überwacht werden. Die Antennen waren so abgestimmt, dass sich normalerweise ein Reflexionsfaktor von 5% bzw. 12% für den horizontalen und vertikalen Dipol ergab. Bei starker Rauhreifbildung trat eine merkliche Verstimmung auf, insbesondere beim Vertikal-Dipol, bei welchem die Abstimmung des Sperrtopfes, der in diesem Falle gleichzeitig die untere Strahlerhälfte darstellt, ziemlich kritisch ist. Bei geeigneter Ankopplung an die Senderendstufe war indessen die Aenderung der abgestrahlten Leistung unbedeutend, so dass hier keine Korrektur nötig war.

Abschnitt II

Der Feldstärkeplan

Um den guten Empfang eines frequenzmodulierten UKW-Senders sicherzustellen, genügt nach amerikanischen Normen, die sich auf experimentelle Ergebnisse stützen, für städtische Verhältnisse eine mittlere Feldstärke von $1000 \mu\text{V/m}$, für typisch ländliche Verhältnisse eine solche von $50 \mu\text{V/m}$, bezogen auf eine Antennenhöhe von rund 10 m über Boden.

In gewissen Fällen ist es möglich, die Senderfeldstärke zu berechnen, unter der Voraussetzung, dass die Bodenkonstanten eindeutig bekannt sind und der Geländeverlauf einfach ist. In der Schweiz sind



Fig. 8. Feldstärke-Messwagen mit Rundempfangsantenne für horizontal polarisierte Wellen. $f = 50 \text{ MHz}$

diese Voraussetzungen im allgemeinen nicht erfüllt. Zwischen den trockenen und felsigen Hängen des Juras und der sumpfigen Ebene des Seelandes bestehen wesentliche Unterschiede in den Bodenkonstanten. Ausserdem ergibt das stark coupierte

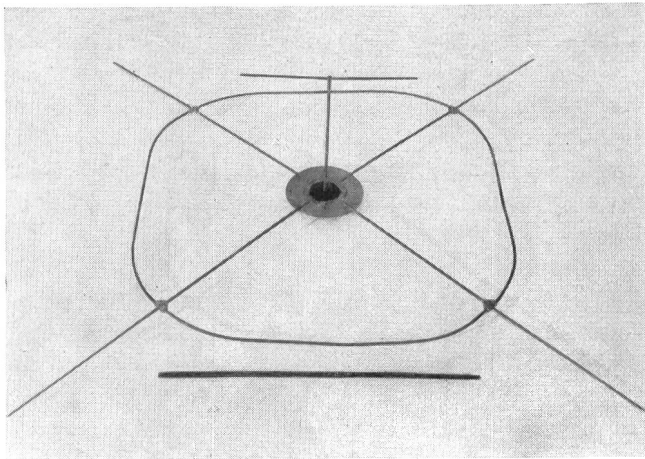


Fig. 9. Empfangs-T-Antenne für vertikal polarisierte Wellen mit abgestimmtem Gegengewicht zwecks Mantelwellenschutz
 $f = 50 \text{ MHz}$

Gelände zahlreiche Reflexionen, welche man unmöglich in der Berechnung gebührend berücksichtigen kann.

Aus diesem Grunde ist man gezwungen, den Feldstärkeplan eines Senders experimentell aufzunehmen.

Der Empfänger, mit dem diese Feldstärkemessungen durchgeführt wurden, war in einem besonderen Messwagen montiert (Fig. 8) und wurde bereits in einem früheren Artikel beschrieben*). Dessen Empfindlichkeit gestattet die Messung von Feldstärken im Bereich von $1 \mu\text{V/m}$ bis 100 mV/m in 12 Messbereichen. Die Speisung erfolgt mittels eines Akkumulators von 6 Volt, so dass das Gerät völlig unabhängig vom Netz betrieben werden kann.

Im Falle der vertikalen Polarisation wurde eine einfache T-Antenne mit einer Höhe von 50 cm über einem Gegengewicht, welches direkt auf dem Wagendach montiert war (Fig. 9), benützt. Dieses Gegengewicht bestand aus 4 Strahlen zu 137 cm Länge, jeder mit einem Kreissegment verbunden. Auf diese Art konnten die Abmessungen etwas reduziert werden. Mit dieser Antenne ergab sich ein Rundstrahldiagramm, dessen Werte nicht über 5% von einem Kreisdiagramm abwichen.

Für horizontale Polarisation wurde eine Antenne nach Kandoian benützt**). Sie besteht im wesentlichen aus n Dipolen, welche auf einem Kreisumfang geschlossen aneinandergesetzt sind und deren Speisung durch die hohlwandig ausgeführten Dipolelemente erfolgt (Fig. 10).

Wählen wir die Zahl der Dipolelemente $n = 4$, so ergibt sich ein Rundstrahldiagramm, dessen Werte nicht über 6% von einem Kreisdiagramm abweichen. Um die Abmessungen dieser Antenne zu verringern, wurden zwischen den Dipolenden Belastungskapazitäten angebracht. Diese waren veränderlich ausgeführt und erlaubten eine genaue Abstimmung. Damit ergab sich ein Antennendurchmesser von

160 cm, bei einer Belastungskapazität von je ungefähr 100 pF zwischen den Dipolenden.

Ein wesentlicher Vorteil dieser Antenne besteht im Wegfall irgendwelcher mechanisch beanspruchter Isolatoren. Die Befestigung auf dem Wagendach gestaltet sich sehr einfach. Fig. 8 gibt eine Ansicht des Messwagens, ausgerüstet mit dieser Antenne.

Die Handempfindlichkeit der Messeinrichtung war sowohl mit der vertikalen als mit der horizontalen Antenne vernachlässigbar klein.

Die Eichung der Empfindlichkeit erfolgte nach der Substitutionsmethode. In einem möglichst freien Gelände wurde ein genügend kräftiger Sender aufgestellt und mit einem abgestimmten Messrahmen, dessen effektive Höhe und Verlustwiderstand genau bekannt waren, die Empfangsfeldstärke bestimmt, indem mittels eines Thermokreuzes der im Rahmen vorhandene Strom gemessen wurde. Infolge der kleinen Abmessungen dieses Rahmens konnte angenommen werden, dass das Feld im Messpunkt wenig oder gar nicht verändert wurde. Nachdem die Feldstärke an bestimmten Punkten nun bekannt war, wurde der Messwagen, bzw. die Messwagenantenne dort aufgestellt und die Anzeige des Feldstärkemessgerätes notiert.

Auf dem empfindlichsten Messbereich ergab sich eine maximale Ablenkung des Anzeigeinstrumentes für eine Feldstärke von $24 \mu\text{V/m}$ mit der vertikalen Antenne und $28 \mu\text{V/m}$ mit der horizontalen Antenne.

Das Grundgeräusch des Empfängers, welches bei Registrierungen während der Fahrt noch durch die Zündstörungen des Motors, die nicht gänzlich unterdrückt werden konnten, erhöht wurde, ergab einen Pegel entsprechend einer Feldstärke von $9...10 \mu\text{V/m}$ mit der vertikalen Antenne und $6 \mu\text{V/m}$ mit der horizontalen Antenne. Unter Berücksichtigung einer entsprechenden Korrektur war es so möglich, Feldstärken in der Größenordnung von $2...5 \mu\text{V/m}$ noch abzuschätzen.

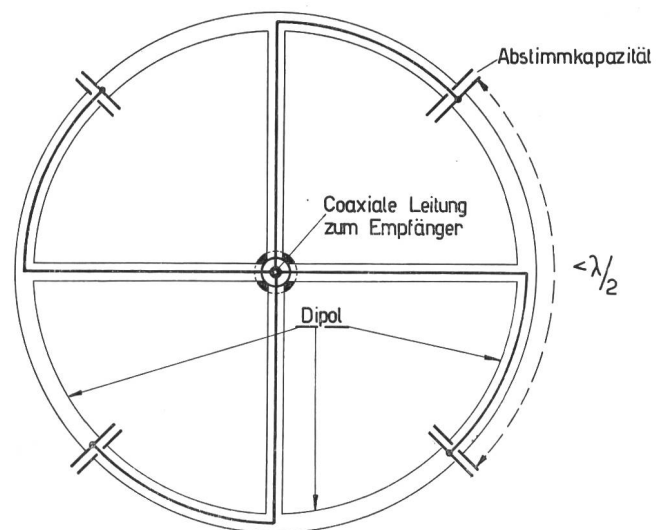


Fig. 10. Prinzipschema der Empfangsantenne für horizontal polarisierte Wellen mit Rundstrahldiagramm (siehe auch Fig. 8)

*) Siehe Bibliographie unter 1.

**) Siehe Bibliographie unter 7.

Die Durchführung der Messungen

Infolge stehender Wellen ergeben sich manchmal Feldstärkeschwankungen von 1 : 10 auf Entfernungen von weniger als 2 m, sehr häufig solche von 1 : 3. Es ist klar, dass unter diesen Verhältnissen punktweise Messungen nur ein ungenügendes Bild der mittleren Feldstärke ergeben würden. Das Empfangsfeld wurde daher während der Fahrt mittels eines Gerätes Easterline-Angus Typ AW. registriert, das einen Messbereich von 5 mA bei einem Widerstand von 500 Ohm aufweist. Die Papierbewegung erfolgte mit Hilfe eines flexiblen Kabels, das mit der Radachse gekuppelt war. Durch eine veränderliche Uebersetzung war es möglich, eine Papiergeschwindigkeit von 1 mm/m oder 60 mm/km zu wählen, je nachdem, ob die örtlichen Feldschwankungen erfasst werden sollten oder bloss der Mittelwert des Feldes. Im letzteren Falle wurde das Anzeigementrument noch zusätzlich mit einer Parallelkapazität von 4000 μ F gedämpft, um nur mittlere Feldschwankungen zu erfassen. (Zeitkonstante 2 Sekunden.)

Mit dieser Einrichtung wurde die Empfangsfeldstärke des Chasseral senders (50 Watt) über eine Gesamtstrecke von ungefähr 2500 km registriert, etwa in dem Raume Genf-Bex-Montbovon-Lauterbrunn-Langnau-Olten-Ajoie-Jura. Für die Messungen mit horizontaler Polarisierung wurde die Richtung des Sendedipols wieder entsprechend der mittleren Messrichtung gewählt, so dass der Winkel zwischen Empfangsrichtung und Strahlungsmaximum des Sendedipols nie grösser als 45° war. Der hieraus resultierende Fehler war infolgedessen kleiner als 30%.

Für die Auswertung der Registrierungen wurde die durchlaufene Strecke in Teilstücke von 0,5...3 km, im allgemeinen meistens 1 km, zerlegt, und der Mittelwert über diese Strecke entsprechend der Definition der F.C.C. bestimmt, das heisst derjenige Feldstärkewert, der auf die Hälfte des betrachteten Abschnittes überschritten wurde. Diese Mittelwerte wurden dann auf der Landkarte an der entsprechenden Stelle eingetragen.

Die Ausbreitung der Ultrakurzwellen nähert sich bekanntlich bereits etwas den Ausbreitungseigenschaften des Lichtes, das heisst, die Beugung durch Hindernisse, Wälder, Hügel, Berge, deren Dimensionen wesentlich grösser als die Wellenlänge sind, ist verhältnismässig schwach. Die Feldstärke schwankt daher beträchtlich und rasch von einem Ort zum andern, je nachdem, ob direkte Sicht zum Sender besteht oder nicht, ob man sich vor oder hinter einem Hügel befindet, auf einem Gipfel oder in einem Tale.

Diese Tatsache gestattet nicht, den Verlauf des Empfangsfeldes in einem Feldstärkeplan in den Einzelheiten genau wiederzugeben. Wenn auch die Registrierstreifen, obwohl bereits hier nur die Grobstruktur des Feldes aufgezeichnet wurde, im einzel-

nen eine wesentlich bessere Feldauflösung ergeben, so haben wir uns doch damit begnügt, für den allgemeinen Ueberblick nur die Umgrenzungslinien anzugeben, in denen die mittlere Feldstärke den Wert von 10, 100 und 1000 μ V/m übersteigt.

Diese Feldverteilung wurde für horizontale bzw. vertikale Polarisierung in den Fig. 11 und 12 dargestellt.

Bei der Wahl der Meßstrecken wurde hauptsächlich darauf geachtet, die starkbevölkerten Gebiete zu erfassen, das heisst praktisch die Hauptstrassen. Die Darstellung bezieht sich somit vorwiegend auf die Talfeldstärken, nicht auf die wesentlich günstigeren Werte im Bereich der Höhenzüge. Die Messantenne befand sich in einer Höhe von 3 m über Boden und die Senderleistung betrug 50 Watt.

Es ist allgemein üblich, die Feldstärke auf eine Höhe von 30 Fuss, das heisst ungefähr 10 m über Boden zu beziehen. Eine Registrier-Messung in dieser Höhe ist aus praktischen Gründen kaum durchführbar. Eine Zurückführung der Messwerte durch Berechnung von 3 auf 10 m ist bei unsern Geländeverhältnissen etwas unsicher. Eine grössere Zahl von Messungen an verschiedenen Punkten zeigte, dass der Verlauf der Feldstärke mit der Höhe sehr verschieden ist, weshalb die Messwerte für die tatsächliche Antennenhöhe von 3 m über Boden angegeben wurden. Nach Anhang II wäre für eine Antennenhöhe von 10 m über flachem Boden angenähert mit einer mittleren Erhöhung der Feldstärke um etwa das 2,2fache für vertikale Polarisierung, bzw. das 3,3fache für horizontale Polarisierung zu rechnen.

Bei der Betrachtung der Fig. 11 und 12 fällt zunächst auf, dass die allgemeine Form der Feldlinien auf der Achse Südwest-Nordwest stark auseinandergezogen erscheint, was aus den topographischen Verhältnissen ohne weiteres erklärlich ist. Es ist dies die Achse des schweizerischen Mittellandes mit seinen verhältnismässig schwach ausgeprägten Tälern und Hügelzügen, wobei der grösste Teil des Gebietes im Sichtfeld des Senders liegt. Im Gegensatz dazu stösst man in der Achse senkrecht zum Mittelland ziemlich bald auf die Voralpen, wo die Täler und Gebirgszüge viel stärker ausgeprägt sind, so dass in dieser Richtung die Feldstärke (Talfeldstärke) sich rasch vermindert. Die Gipfelfeldstärken in dieser Richtung wären natürlich sogar wesentlich grösser als in der Mittellandachse.

Weiter ist auffällig, dass die Feldstärke am Fusse des Juras, längs des Bieler- und Neuenburgersees, einen sehr kleinen Mittelwert aufweist (bei vertikaler Polarisierung weniger als 30 μ V/m), obschon die Entfernung bis zum Chasseral 20 km nicht übersteigt. Im Gegensatz dazu findet man in anderen, viel weiter entfernten Gebieten, wie zum Beispiel am Nordufer des Thunersees gegen Interlaken (Entfernung über 70 km) mittlere Feldstärken von 30...100 μ V/m. Beide der genannten Gebiete liegen nicht im Sicht-

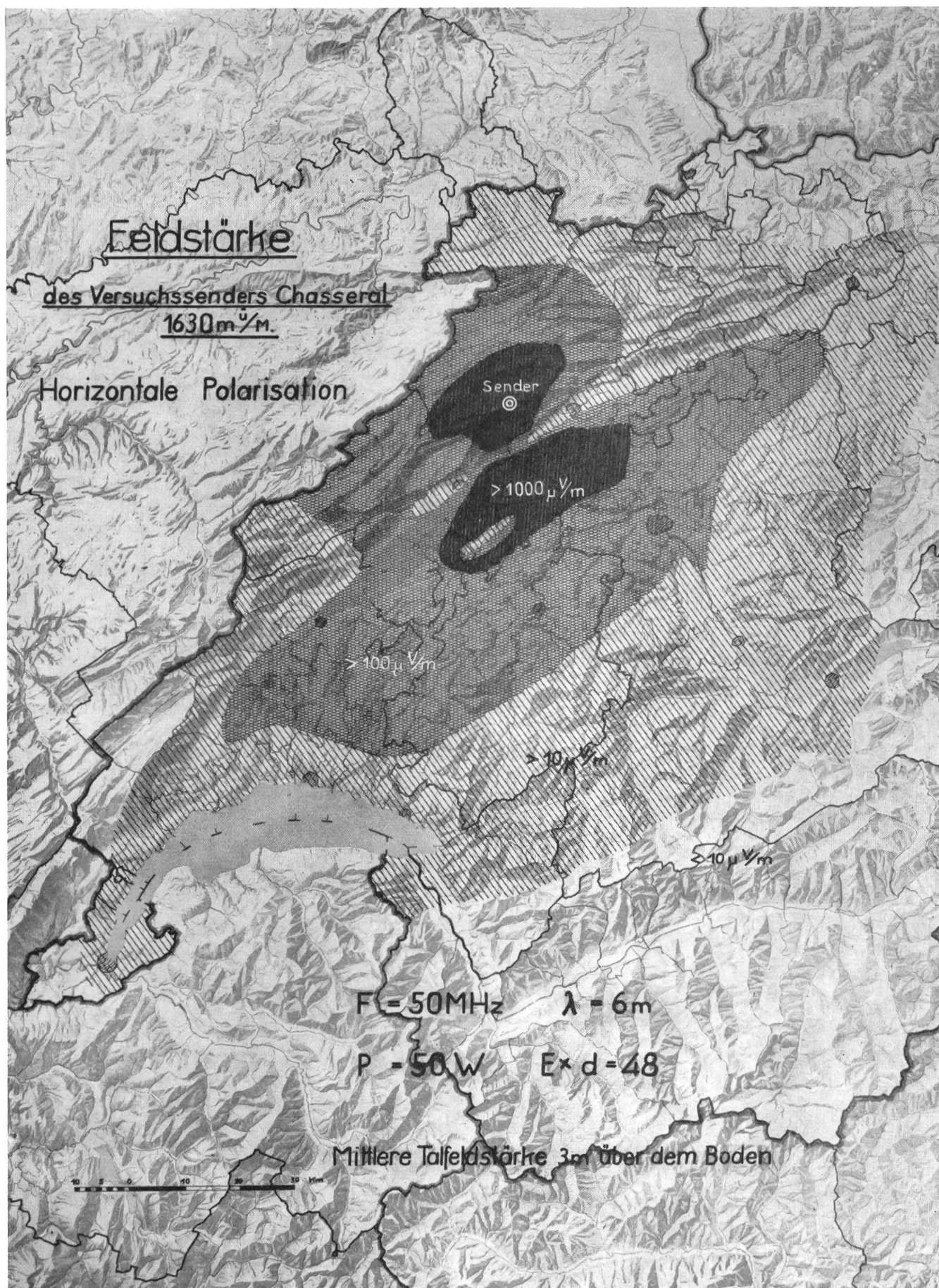


Fig. 11

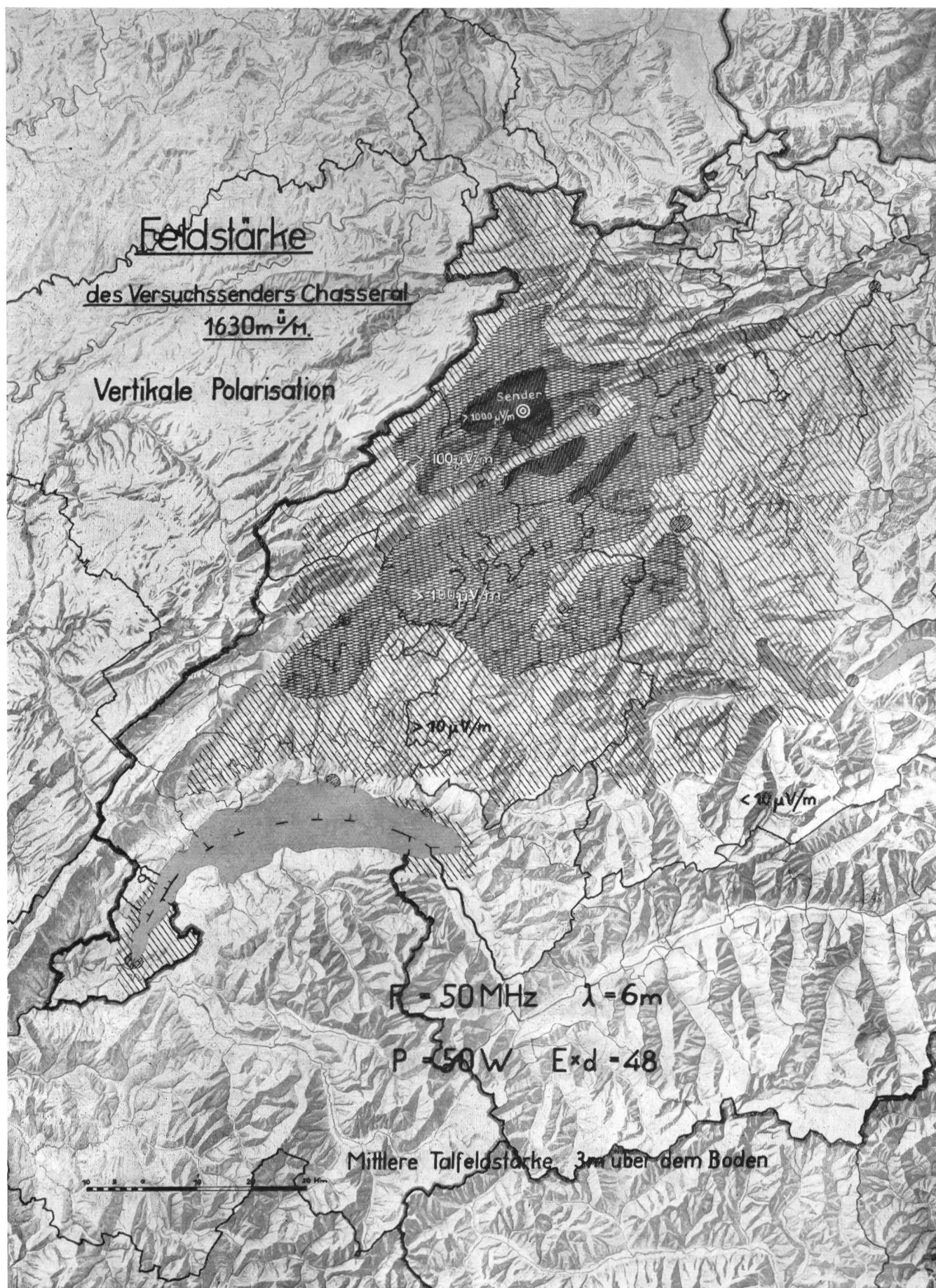


Fig. 12

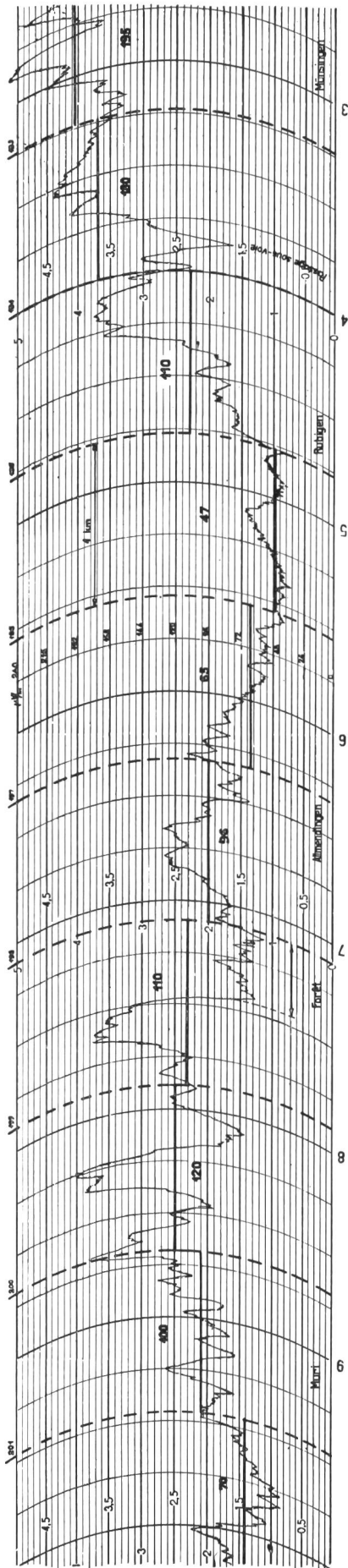


Fig. 13. Normalregistrierung der Feldstärke auf einer Landstrecke in leicht hügeligem Gelände. (Die punktierten Bogen zeigen die Distanz in km, die horizontalen dicken Striche die mittlere Feldstärke in $\mu\text{V/m an}$)

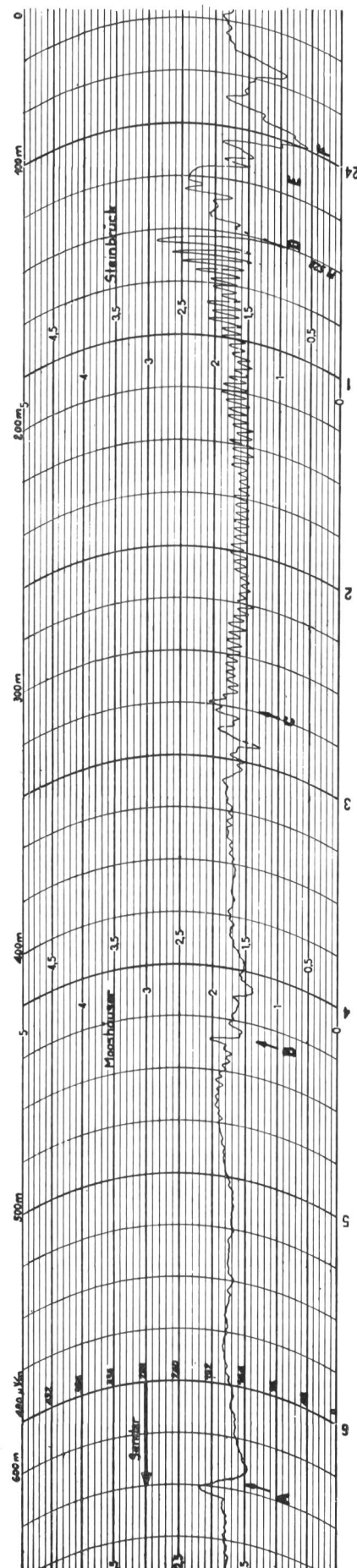


Fig. 14. Feinregistrierung der Feldstärke: links, in ganz freiem Gelände; rechts, mit einer einzigen Reflexionsquelle (zwei Häuser zwischen D und E)

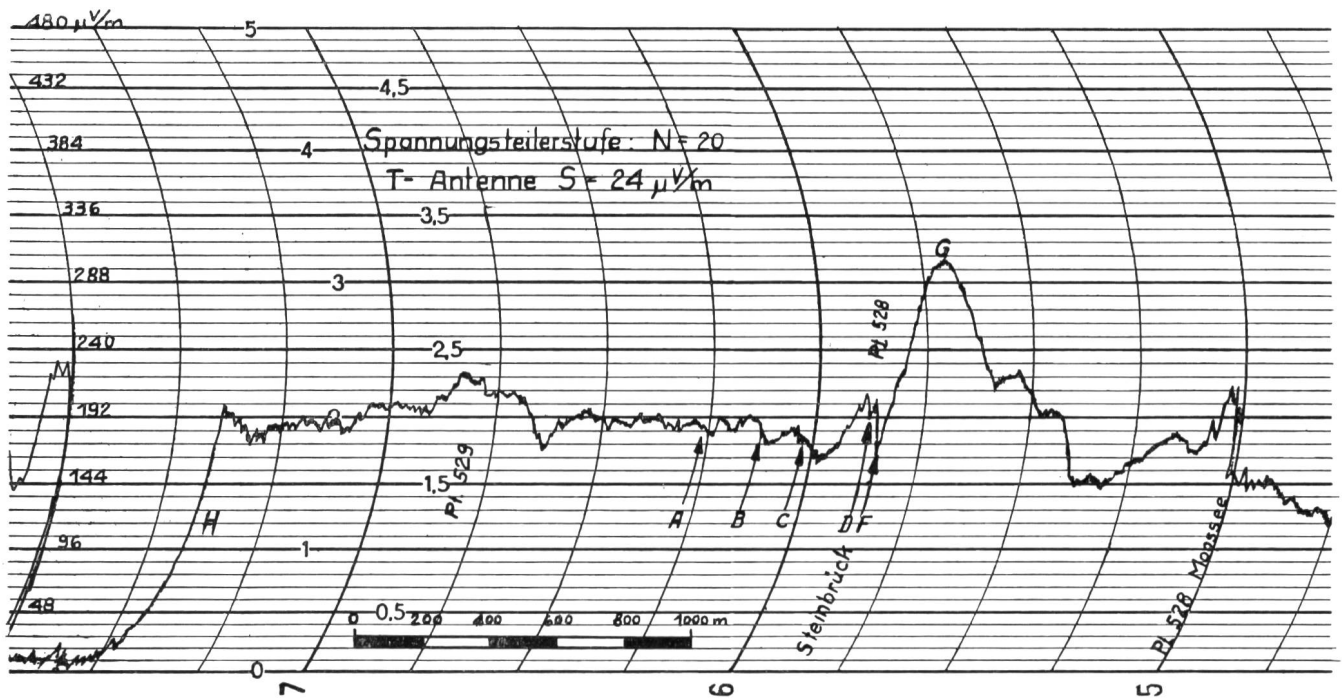


Fig. 15. Normale Registrierung der Feldstärke im freien Gelände (die Buchstaben A—F bezeichnen dieselben Messorte wie in Fig. 14)

bereich des Senders. Die verhältnismässig grosse Feldstärke im letzterwähnten Falle lässt sich nicht mehr durch blosse Beugung erklären, sondern ist vielmehr auf die Streustrahlung der am Thunerseebecken vorhandenen Gebirge zurückzuführen, wie sich bei der Untersuchung der Ausbreitungsverzerrungen (Abschnitt III) zeigte. Die gleiche Erscheinung findet sich am Genferseeufer zwischen Cully und Vevey, auf eine Entfernung von 75 km. Obschon hier der Hang Richtung Chasseral sehr schroff ansteigt, ergibt sich noch eine ganz beträchtliche Feldstärke ($10 \dots 20 \mu\text{V/m}$), zurückzuführen in erster Linie auf die Streustrahlung der Savoyer Alpen. Das örtliche Feld schwankt in dieser Gegend oft zwischen 0 und $30 \mu\text{V/m}$ für Entfernungsunterschiede von weniger als 2 m. Die Lage der Maxima und Minima ist örtlich genau bestimmbar und irgend-

welche Feldstärkeschwankungen waren nicht zu beobachten. Zum Vergleich mag dienen, dass sich in der Umgebung von Genf, bei teilweise direkter Sicht mit dem Chasseral auf eine Entfernung von ungefähr 125 km, noch Feldstärken von $10 \dots 15 \mu\text{V/m}$ ergeben.

In nordwestlicher Richtung, quer zur Juraachse, fällt die Feldstärke beträchtlich rascher ab als in Richtung Voralpen, was aus dem topographischen Bild leicht erklärlich ist.

Ein Vergleich zwischen den Ergebnissen mit horizontaler und vertikaler Polarisation ergibt einen merklichen Vorteil zugunsten der horizontalen Polarisation, auch wenn die besondern Abstrahlungsverhältnisse berücksichtigt werden. Eine eingehendere Untersuchung der Messergebnisse zeigt, dass das Feldstärkeverhältnis sich um so mehr zugunsten

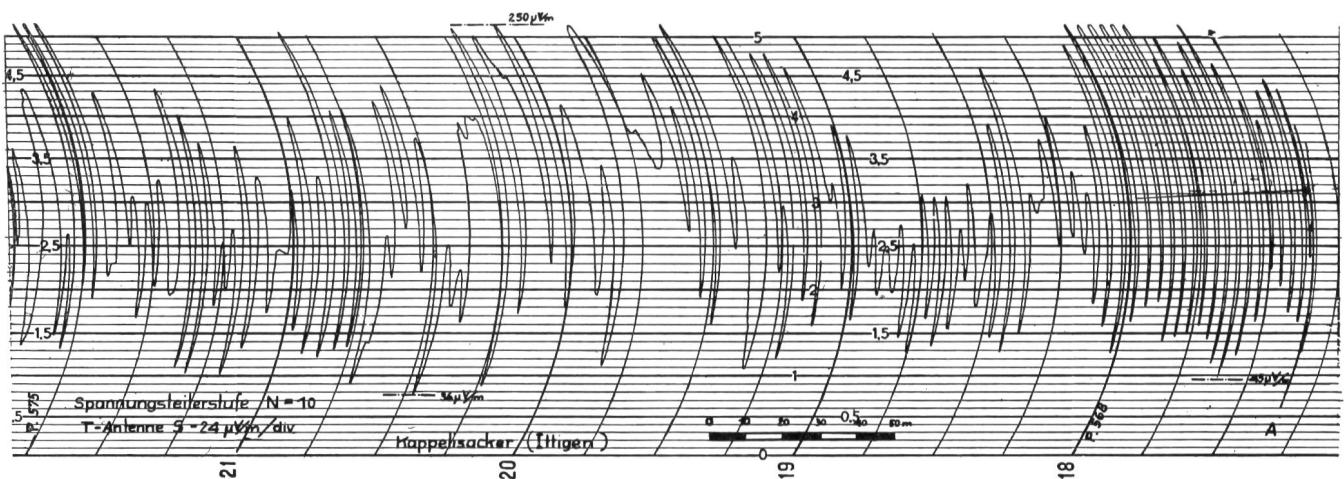


Fig. 16. Feinregistrierung der Feldstärke in gebrochenem Gelände mit starken Reflexionen

der horizontalen Polarisierung verschiebt, je näher man dem Senderstandort kommt. Die Begünstigung ist um so ausgeprägter, wenn direkte Sicht mit dem Sender besteht. Wie später gezeigt wird, nimmt zudem die Feldstärke im Mittel bei horizontaler Polarisierung mit grösserer Antennenhöhe stärker zu.

Ein Beispiel für die Auswertung der Registrierstreifen gibt Fig. 13, welche den Verlauf der Feldstärke mit kleiner Registriergeschwindigkeit zwischen Münsingen und Muri darstellt. Die verschiedenen Messabschnitte mit den ausgemittelten Werten sind deutlich sichtbar. Die maximale Auslenkung beträgt $240 \mu\text{V/m}$.

Einen Eindruck von der Feinstruktur des Feldes vermitteln einige Messbeispiele, welche mit einer Papiergeschwindigkeit von 1 mm/m und ohne zusätzlichen Dämpfungskondensator durchgeführt wurden.

In völlig freiem Gelände sind die örtlichen Feldstärkeschwankungen kaum grösser als einige Prozent

(Fig. 14). Im Punkt A sieht man die Wirkung eines einzelstehenden grossen Baumes am Strassenrand. Senderseitig ergibt sich eine Feldverstärkung um ungefähr 22%, auf der dem Sender abgewendeten Seite eine Verminderung um ungefähr 19%. Die Störung ist merklich etwa 10 m vor und nach dem Baume; in grösserer Entfernung ist das Feld wieder normal. Eine ähnliche Erscheinung liegt im Punkte B vor.

Zwischen D und E befindet sich auf beiden Seiten der Strasse je ein grösseres Haus. Die Reflexion gegen die Hauswände ergibt sehr stark ausgeprägte Interferenzen im Punkte D, welche mit grösserer Entfernung abklingen, jedoch ungefähr 200 m weit weg im Punkte C noch deutlich wahrnehmbar sind. Die Entfernung zwischen zwei Interferenzmaxima beträgt 3 m, oder genau eine halbe Wellenlänge. Im Punkte C wird der Verlauf zusätzlich gestört durch einige weiter abstehende Bäume. Zwischen den Häusern selbst ergeben sich starke Feldschwankungen ganz unregelmässiger Art, während auf der dem Sender

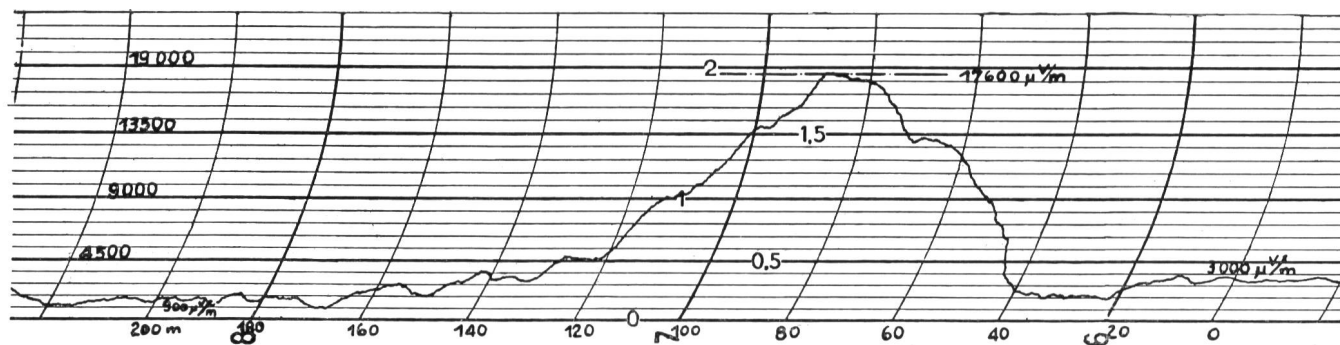
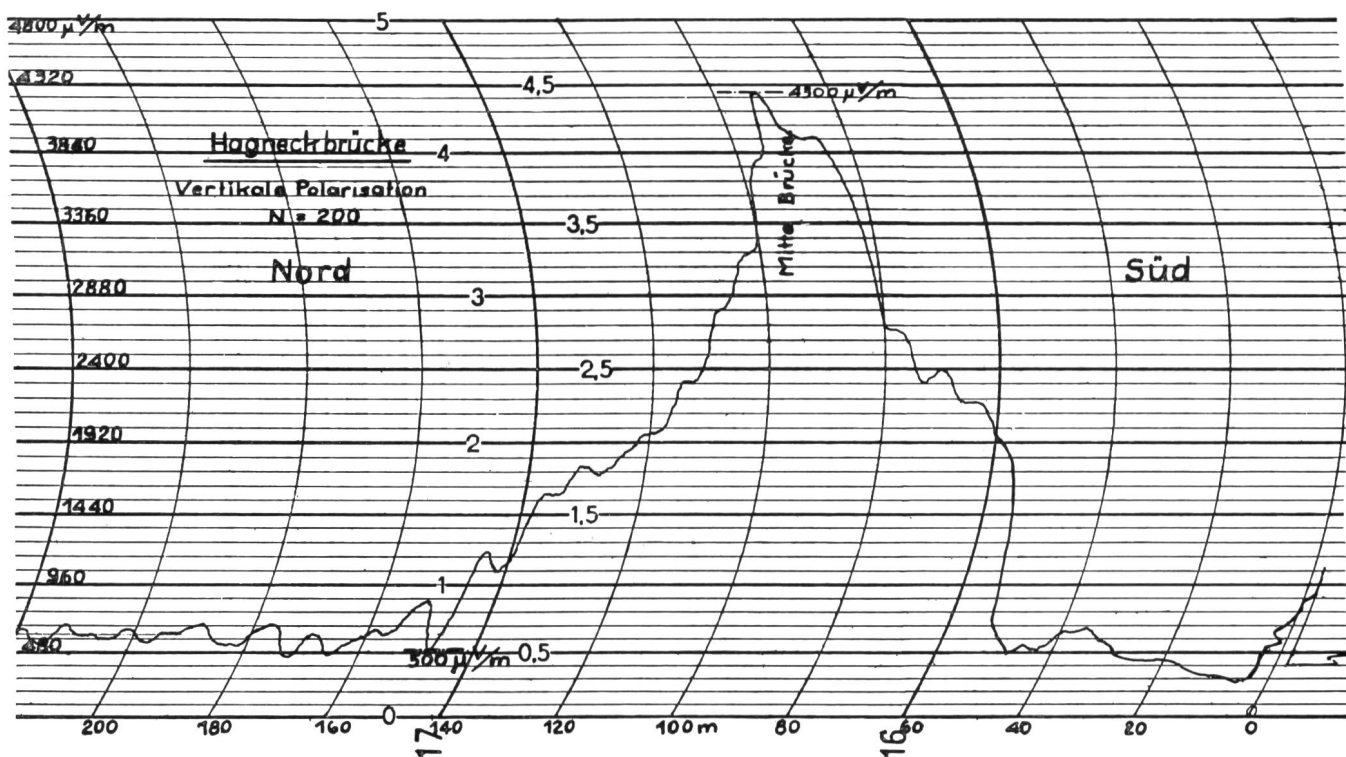


Fig. 17 und 18. Grosse örtliche Feldstärkeänderung beim Ueberfahren der Aare bei Hagneck.

Fig. 17 = Vertikale Polarisation

Fig. 18 = Horizontale Polarisation

abgewendeten Seite bald wieder der normale ungestörte Wert sich einstellt.

Mit normaler Registriergeschwindigkeit ist diese Feinstruktur des Feldes nicht sichtbar, wie ein Vergleich mit Fig. 15 zeigt. Die Störung durch die beiden Häuser auf der Strecke D—F ist kaum wahrnehmbar und noch weniger die beiden einzelstehenden Bäume im Punkte A und B. Hingegen sieht man im Punkte G eine deutlich ausgeprägte Spitze, welche auf die Reflexion eines Hügels zurückzuführen ist, der ungefähr 50 m über das ebene Gelände hinausragt (Grossägerten 578 m) und sich einige Hektometer entfernt auf der dem Sender abgewendeten Strassenseite befindet.

Nebenbei sei bemerkt, dass in der gleichen Figur, links vom Punkte H, der Empfänger absichtlich verstimmt wurde. Das verbleibende Signal ist auf das Grundgeräusch des Empfängers und die Zündstörungen des Motors zurückzuführen und beträgt bei dieser Empfindlichkeitsstufe ungefähr 2% des maximalen Ausschlages, entsprechend einer Feldstärke von ungefähr $10 \mu\text{V/m}$. Solche Kontrollen wurden im Verlaufe der Registrierungen gelegentlich wiederholt, um die Richtigkeit der Messungen zu überprüfen.

Ein Beispiel des Feldstärkeverlaufes in stark gestörtem Gelände zeigt Fig. 16, welche unter gleichen Bedingungen wie Fig. 14 aufgenommen wurde. Zahlreiche benachbarte Häuser und Bäume sowie ein Hügel (Mannenbergr 691 m) ergeben hier stark ausgeprägte Interferenzen mit Feldstärkeunterschieden zwischen Maxima und Minima in der Grössenordnung von 1 : 7.

Die Fig. 17 und 18 schliesslich zeigen den Einfluss eines Hügels in der Sichtlinie zwischen Sender und Empfänger. Auf der Strasse, am Fuss der Hügelszüge, welche die Sicht zum Chasseralgipfel verdecken, ist das Feld ziemlich schwach. Wenn man die Aare über die Hagneckbrücke überquert, gelangt man plötzlich in den Sichtbereich des Senders, der sich hier in einer Entfernung von nur 13 km befindet. Auf eine Länge von 50 m steigt das Feld bei vertikaler Polarisation von 500 auf $4300 \mu\text{V/m}$ und bei horizontaler Polarisation von 900 auf $17\,600 \mu\text{V/m}$. Jenseits der Brücke gelangt man wieder in den Schatten, und das Feld nimmt hier ebenfalls wieder ungefähr den früheren Wert an.

Bemerkenswert ist hier noch der beträchtliche Unterschied im Feldstärkeverhältnis zwischen horizontaler und vertikaler Polarisation im Sichtbereich und in der Schattenzone. Im Sichtbereich ist das horizontale Feld 4,1mal stärker, in der Schattenzone nur 1,8mal. Diese Erscheinung ist typisch, obwohl in diesem Falle der Unterschied besonders stark ausgeprägt war. Die beiden letzten Figuren geben auch eine Vorstellung davon, wie gross in extremen Fällen die örtlichen Feldstärkeschwankungen sein können und wie daher die Mittelwerte der beiden Figuren 11 und 12 aufzufassen sind.

Abschnitt III

Die Anforderungen an die Nutzfeldstärke mit Rücksicht auf den äusseren Störpegel

Die Frequenzmodulation hat ihren raschen Aufschwung, neben den allgemeinen Besonderheiten der Ultrakurzwellen, vor allem einer sehr wirksamen Unterdrückung von Störsignalen aller Art zu verdanken. Diese Unterdrückung ist aber an die Bedingung gebunden, dass der Schwellwert des Empfängers nicht unterschritten wird (Nutzamplitude \geq Störampplitude am Begrenzer des Empfängers). Bei Unterschreitung der Schwelle fällt die Empfangsqualität ziemlich rasch ab.

Hierbei zeigen rauschartige und impulsartige Störungen ein grundsätzlich anderes Verhalten, indem der Empfang bei impulsartigen Störungen nicht sofort gänzlich unbrauchbar wird. Für eine Qualitätsübertragung, wie sie der Rundspruch verlangt, bestimmt aber der Schwellwert in jedem Falle den maximalen Nutzbereich eines Senders.

Das Signal-zu-Geräusch-Verhältnis, bei dem der Schwellwert erreicht wird, ist für beide Störungsarten proportional dem maximalen Frequenzhub. Für eine bestimmte Mindestqualität in dem erwähnten Sinne lässt sich daher ein optimales Hubverhältnis ableiten, welches einen maximalen Nutzbereich ergibt.

Für das heute übliche Hubverhältnis von 5 und eine Frequenzbandanhebung entsprechend $100 \mu\text{sek}$. liegt die Schwelle (nach Crosby) für Rauschen bei -53 db (auf den Effektivwert bezogen), für Impulse bei -48 db (auf den Amplitudenwert bezogen). Dabei war ein Verhältnis zwischen Störspitze und Signalspitze von -4 db am Begrenzer in Rechnung gesetzt und eine Reduktion des mittleren Programmpiegels infolge Anhebung der hohen Frequenzen von $2,5 \text{ db}$ berücksichtigt. Nach den heutigen Ergebnissen müsste diese Reduktion grösser sein, wodurch die angegebenen Werte etwas kleiner würden.

Die Unvollkommenheit des Empfängers, nicht-ideale Begrenzerkurve und Abfall der Signalamplitude an den Bandgrenzen bei grosser Modulationstiefe, führen aber andererseits dazu, diese Werte eher noch zu erhöhen, so dass der Schwellwert für rauschartige Störungen praktisch in die Gegend von etwa -60 db zu liegen kommt, für Impulse bei -55 db . Der niedrigere Wert mit Impulsen kommt etwas der Tatsache entgegen, dass derartige Störungen im allgemeinen weniger lästig empfunden werden.

Die Messmethode

Für die vorliegenden Messungen wurden die Anforderungen an die Mindestfeldstärke des Empfangsfeldes generell so festgelegt, dass sich am Empfängeranfang mit einem Störmessgerät nach C.I.S.P.R. eine Geräuschkämpfung von -60 db ergab, gemessen bei unmoduliertem Träger und bezogen auf

einen Modulationsgrad von 100%. Die Einhaltung dieser Bedingung bedeutet praktisch störungsfreien Empfang.

Da die Zulässigkeit dieser Methode auch für Impulsstörungen vielleicht nicht ohne weiteres ersichtlich ist, wurde das Verhalten des Messempfängers in dieser Beziehung etwas näher untersucht und das Ergebnis im Anhang III dargestellt.

Der grundsätzliche Aufbau der Störpegelmess-einrichtung selbst ist aus Fig. 19 ersichtlich.

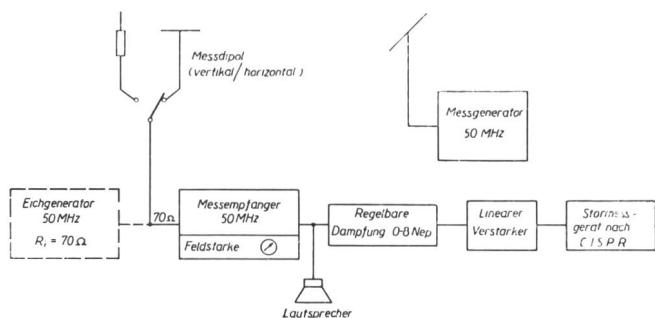


Fig. 19. Störpegelmessung, grundsätzliche Schaltungsanordnung (siehe Text)

Um die Mindestfeldstärke für störungsfreien Empfang an einem gegebenen Empfängerstandort zu bestimmen, wurde der Empfänger auf das Signal eines unmodulierten Messgenerators im Bereich von 50 MHz abgestimmt, der Störpegel während einer bestimmten Zeitspanne (z. B. 5 Minuten) beobachtet und die für die Ueberwindung der hierbei auftretenden Störspitze (Quasi-Maximum) nötige Feldstärke durch Nachregeln des Generatorpegels gemessen. Nach einiger Übung konnten zuverlässige Resultate erzielt werden. Infolge der meist rasch veränderlichen Störgrösse muss indessen eine gewisse Toleranz der Instrumentenablesung in Rechnung gesetzt werden, die auf etwa -2 db geschätzt wurde.

Diese Messungen wurden in grosser Zahl, hauptsächlich mit Dachantenne, teilweise auch mit Innenantenne, systematisch durchgeführt und erstreckten sich insgesamt auf eine Zeitspanne von $2\frac{1}{2}$...3 Monaten. Parallel dazu wurden jeweils Feldstärke und Empfangsqualität der Chasseral-Emissionen unter verschiedenen Bedingungen beobachtet. Die für diese Hörbeurteilung verwendete Abstufung ist aus Fig. 20 ersichtlich.

Diese Figur stellt auch den Zusammenhang zwischen Hörbeurteilung und Anzeige des Messinstrumentes nach C.I.S.P.R. unter praktisch vorkommenden Störverhältnissen an verschiedenen Empfängerstandorten dar. (Je ungefähr 300 gleichzeitig, aber unabhängig voneinander gemachte Beobachtungen.)

Die Störpegelfrage ist nun hauptsächlich ein statistisches Problem. Die verwendete Messmethode erscheint daher zweifellos etwas zeitraubend und umständlich, gestattet aber andererseits, sich gleich-

zeitig ein Bild über Natur und Häufigkeit verschiedener Störgruppen zu verschaffen und die tatsächliche Störwirkung über den Empfänger auf das Ohr festzustellen. Inbezug auf die Erfassung des zeitlichen Verlaufs der Störgrösse allein wäre natürlich eine Registrierung bedeutend eleganter, andererseits ergaben sich hier zum vornherein gewisse Schwierigkeiten bezüglich der Messmethode (Amplitudenumfang, Bandbreite, praktische Auswirkung am FM-Empfänger usw.), so dass davon abgesehen wurde.

Die statistische Störverteilung

Die statistische Auswertung der verschiedenen Messungen und Beobachtungen ergab im allgemeinen eine gute Annäherung an eine Gauss'sche Verteilung, trotzdem die sehr verschiedenartige Natur der Störursachen dieses nicht ohne weiteres erwarten lässt. Dies war hauptsächlich der Fall in städtischen Verhältnissen. Auf ein Wahrscheinlichkeitsnetz gezeichnet, entspricht dies einem geradlinigen Verlauf der Kurvenpunkte (Fig. 23), was die Uebersicht beträchtlich erleichtert. Bei der Kurve für die vertikale Dachantenne sind beispielsweise die Messwerte eingetragen (Mittelwerte der Untergruppen mit einem Feldstärkebereich von 3 db), so dass man sich ein Bild über die getroffene Näherung machen kann.

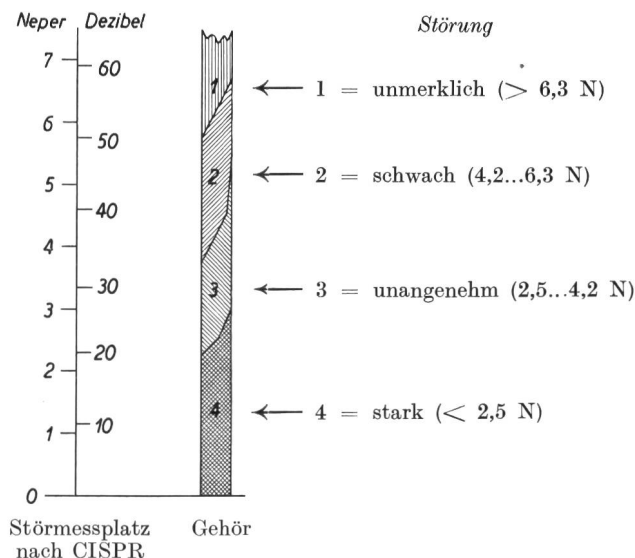


Fig. 20. Vergleich zwischen Hörbeurteilung und Geräuschdämpfung mit dem Störmessplatz nach C.I.S.P.R. unter praktisch vorkommenden Störverhältnissen. Die Hörbeurteilung bezieht sich auf eine Ausgangsleistung von 200 mW an den Lautsprecherklemmen bei maximaler Modulationstiefe in einem normal ruhigen Zimmer, ungefähr 1 m vom Lautsprecher entfernt

In den Fällen, in denen beträchtliche Abweichungen von der Gauss'schen Verteilung auftraten, wurde die Kurve entsprechend dem Verlauf der Messpunkte gezogen. So ergab sich in typisch ländlichen Verhältnissen meist ein ausgesprochener Knick bei höheren Feldstärken, verursacht durch eine verhältnismässig selten auftretende Störgruppe (insbesondere Autozündstörungen) mit bedeutend höherem mittlerem Störniveau als die übrigen Störer (Fig. 22).

Die Störursachen

Es wurde versucht, die Störursachen auf Grund der Beobachtung des Störgeräusches und der Umgebung des Empfangsortes zu identifizieren. Abgesehen von Motorfahrzeugen und Schaltapparaten (reine Impuls-Störungen) sowie Diathermiegeräten, die aus dem Störcharakter leicht erkennbar sind, war dies natürlich nur in sehr beschränktem Umfange möglich. Unter der Gruppe elektrische Apparate finden sich daher neben bekannten Ursachen (Kollektormotoren, Klingelanlagen u. a.) zum grossen Teil unbekannte Störer (Fig. 21). Es muss auch berücksichtigt werden, dass es sich um die Beobachtung der Störmaxima handelt, wodurch in erster Linie die jeweils prävalierenden Ursachen erfasst werden.

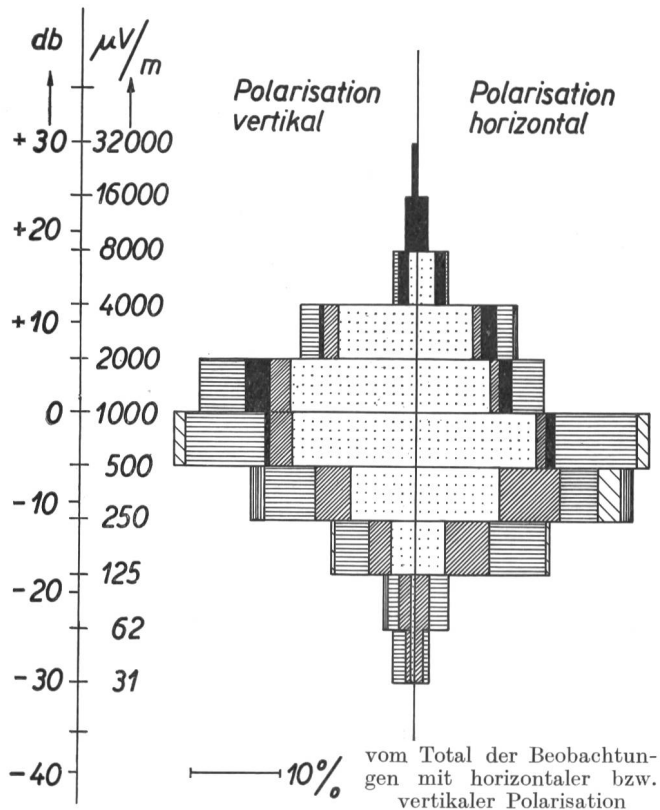


Fig. 21. Störhäufigkeit und Störpegel in der Stadt Bern, bezogen auf die Beobachtung des jeweils kräftigsten Störers innerhalb eines Zeitintervalles von 5 Minuten. Die Ordinaten bezeichnen die dazugehörige Mindestfeldstärke für störungsfreien Empfang ($\sigma_A = 60$ db)

- a = Motorfahrzeuge
- b = Vereinzelte Knacke (Schalter)
- c = { Elektrische Apparate (Motoren, Klingelanlagen usw.), nicht näher identifiziert
- d = { Elektrische Apparate (Rechenmaschinen usw.) in der näheren Umgebung der Empfangsantenne festgestellt
- e = Glimmerscheinungen
- f = Elektrische Bahnen

Den Hauptanteil der Störer stellen an den meisten Orten die *Motorfahrzeuge*, und dies nicht bloss in städtischen Verhältnissen. Grössere Ortschaften sind meist an wichtigen Strassen gelegen, die einen nicht unbeträchtlichen Verkehr aufweisen. In der Zeit, in der diese Untersuchungen durchgeführt wurden, war zudem der Autoverkehr infolge des Krieges noch künstlich gedrosselt. Typisch ländliche Verhältnisse, für welche im Sinne der Normen der F.C.C. eine Feldstärke von $50 \mu\text{V/m}$ als genügend betrachtet werden kann, dürften sich bei dem dichten schweizerischen Strassennetz selten ergeben. Fig. 22 stellt ein Messbeispiel in einer kleinen abgelegenen Ortschaft dar. Vereinzelt Beobachtungen an entstörten Wagen zeigten, dass die üblichen Entstörungsmassnahmen (Dämpfungswiderstände in den Zündleitungen) auch im Ultrakurzwellen-Bereich sehr wirksam sind.

In städtischen Verhältnissen liegt der Zentralwert der Zündstörungen wenig höher als das Gesamtmittel.

Eine zweite Störgruppe umfasst die *Schalterstörungen*, welche sich in Form von Einzelknacken äussern und akustisch verhältnismässig wenig wirksam sind. Hauptursache war das Ein- oder Ausschalten elektrischer Geräte im betreffenden Hause oder in der unmittelbaren Nachbarschaft. Diese Störungen sind verhältnismässig harmlos.

In der Stadt Bern konnten *Strassenbahnstörungen* nur selten mit Sicherheit beobachtet werden; es waren denn meistens Geräusche, welche mit der Betätigung des Fahrkontrollers eines vorbeifahrenden Motorwagens in Verbindung gebracht wurden. Der Pegel der Autozündstörungen lag aber merklich höher. Auch wenn der Empfangsdipol direkt unter die Fahrleitung gebracht wurde, überwogen in der Regel noch die Zündstörungen. In Neuenburg dagegen war auf gewissen Strassenbahnstrecken (Lyra-Stromabnehmer) die Störung in geringer Entfernung vom Fahrdrabt schon bei Annäherung eines Motorwagens ganz beträchtlich und überstieg im Vorbeifahren gelegentlich sogar den Autozündstörpegel.

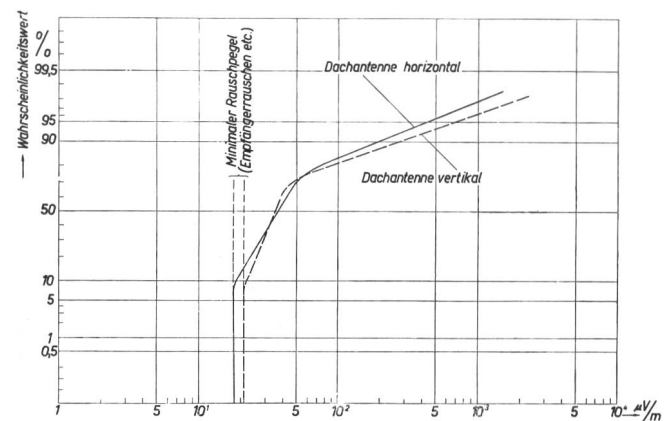


Fig. 22. Mindestfeldstärke für störungsfreien Empfang ($\sigma_A = 60$ db), bezogen auf die Messung der Quasi-Maxima innert 5 Minuten. Typisches Beispiel für ländliche Verhältnisse mit wenig lokalem Autoverkehr (12% Zündstörungen)

Auf Strecken mit moderneren Wagen war dagegen nur wenig festzustellen. An manchen *Vollbahnstrecken* waren vorbeifahrende Züge im übrigen Störpegel schon auf kurze Entfernung nur mehr gelegentlich feststellbar, dann aber meist durch knallartige Geräusche, ähnlich wie sie bei Betätigung der Schalthüpfen beobachtet werden. In andern Fällen waren auch Kratzgeräusche feststellbar (vermutlich Stromabnehmer) und Störpegel, die auf ungefähr 100 m Entfernung beim Vorüberfahren eines Zuges nicht sehr viel unter dem mittleren Zündstörpegel lagen. Von den in Fig. 21 und Tabelle I (siehe Seite 20) für die Darstellung benützten 30 verschiedenen Empfängerstandorten lagen nur drei im Bereich einer durchgehenden Bahnstrecke, auch konnten natürlich unter der Rubrik Bahnstörungen nur Beobachtungen vermerkt werden, die eindeutig als solche erkennbar waren, so dass hier keine genügende Mittelwertbildung vorliegen kann. Das Gesamtbild zeigt aber doch, dass die Bahnstörungen im Ultrakurzwellen-Bereich an Bedeutung weit hinter den Motorfahrzeugstörungen zurückliegen.

Glimmstörungen wurden gelegentlich auch festgestellt, zum Beispiel an der Gürbetalbahn; mit Rücksicht auf die geringe Störintensität sind diese aber bei Ultrakurzwellen nur von untergeordneter Bedeutung. Die Messwerte der Kategorie e in Fig. 21 beziehen sich hauptsächlich auf eine Empfangslage direkt neben der Bahnlinie.

Elektrische Buchhaltungs-, Rechenmaschinen und ähnliche Apparate können lokal sehr hohe Störpegel erzeugen. Die meisten unter Kategorie d in Fig. 21 festgestellten Störer hatten solche Ursachen. Der Grund liegt möglicherweise darin, dass diese Geräte verhältnismässig kurze Leitungstücke enthalten, die durch elektrischen Stoss angeregt werden, ähnlich wie bei Motorfahrzeugen.

Allen Ultrakurzwellen-Störungen gemeinsam ist die Eigenschaft, dass ihre Ausbreitung zur Hauptsache durch direkte Strahlung erfolgt, während die Dämpfung längs Leitungen schon infolge der Strahlungsverluste sehr gross ist. Entstörungsmassnahmen, die in die Zuleitung zum störenden Gerät eingebaut sind, wie man sie gelegentlich in Form von «entstörten» Apparatesteckern antrifft, sind daher für Ultrakurzwellen wenig oder überhaupt nicht wirksam.

Störungen durch Wählergeräusche von *Telephonanlagen* (automatische Zentralen, Teilnehmerstationen) scheinen praktisch bedeutungslos zu sein. Der Empfangsdipol (Innenantenne) wurde zum Beispiel in einer neueren vollautomatischen Zentrale in Bern an verschiedenen Punkten aufgestellt, wobei es in keinem Fall möglich war, im allgemeinen Störpegel mit Sicherheit eine Zentralenstörung zu erkennen. Ein typischer Fall einer kleinen Landzentrale mit Freileitungsnetz (Gümmenen) wurde etwas näher untersucht, wobei sich zeigte, dass am gleichen Standort der Empfang der beiden Landes-

sender durch die Zentralengeräusche völlig verdorben wurde, während im Ultrakurzwellen-Empfangsbereich, trotz zeitweilig sehr niedrigem allgemeinem Störpegel, gar nichts festzustellen war.

Störungen durch *atmosphärische Entladungen* waren erwartungsgemäss praktisch unhörbar. Es konnte eine einzige positive Beobachtung gemacht werden. Während eines selten heftigen, lokalen Gewitters direkt über Bern, das vergleichsweise den Empfang von Sottens und Beromünster völlig ungeniessbar machte, war die Störung beim Empfang des kleinen Versuchs-Senders Chasseral gerade noch hier und da feststellbar, ohne aber die Empfangsqualität überhaupt zu beeinträchtigen.

Völlig verschieden in Natur und Auswirkung sind die Störungen durch *Diathermiegeräte*, die in städtischen Verhältnissen sehr häufig, in ländlichen selten anzutreffen sind. Die bisher betrachteten Störungen hatten, wenigstens soweit praktisch von Bedeutung, vorwiegend Impulscharakter. Diathermie-Störungen sind aber vor allem deshalb sehr lästig, weil sie Dauereigenschaften haben (Wechselstrombrumm) und durch Interferenzbildung mit dem gewünschten Signal hörbare Verzerrungen verursachen. In Bern konnten etwa gleichzeitig bis zu 15 störende Geräte festgestellt werden, mit Frequenzen von 40...50 MHz, teilweise bis 100 MHz. Die durch ein Gerät gestörte Bandbreite lag etwa zwischen 0,3...1 MHz. Da sich selektive Störer in bezug auf die wahrscheinliche Verteilung anders verhalten als nicht-selektive, wurden sie zunächst bei den Störpegelmessungen nicht berücksichtigt. Die Auswertung der Empfangsbeobachtungen der Chasseral-Emissionen in der Stadt Bern, nach der Hörskala Fig. 20, ergibt zwar, dass die Wahrscheinlichkeitskurve für die Mindestfeldstärke sich durch Berücksichtigung der Diathermie-Störer nicht stark nach höheren Werten hin verlagern würde (Kurve H_1 bzw. H_1' in Fig. 26). Doch ist die Zahl der Beobachtungen und Standorte wegen der grossen Streuung im Auftreten dieser Störung (Frequenz, Zeit, Ort) vielleicht ungenügend.

Die Tragweite der Diathermiestörungen liegt aber vor allem darin, dass der Empfang in der Gegend des Schwellwertes bereits völlig unbrauchbar wird, was für impulsartige Störspitzen nicht der Fall ist. Eine annehmbare Lösung dieses Störproblems durch Frequenzbandbeschränkung der Diathermie-Geräte dürfte möglich sein.

Die Mindestfeldstärke

Ausschlaggebend sind vornehmlich die städtischen Verhältnisse, wozu in diesem Zusammenhange auch grössere Ortschaften mit industriellen Betrieben gerechnet werden müssen, so dass hier eine etwas eingehendere Betrachtung gerechtfertigt erscheint. Figur 23 zeigt die wahrscheinliche Mindestfeldstärke in der Stadt Bern, bei Verwendung von Dach- oder Innenantennen in verschiedenen Stockwerken,

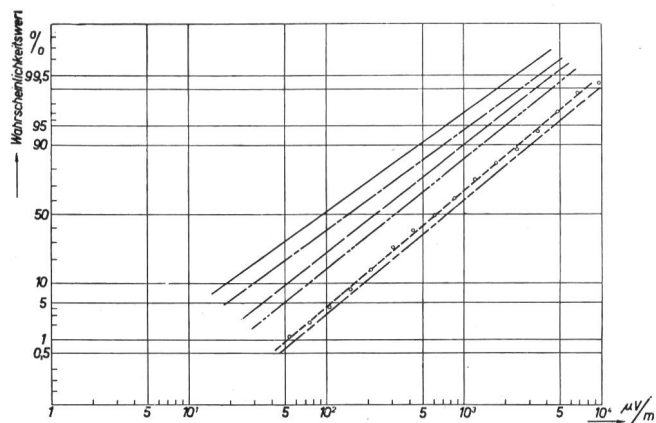


Fig. 23. Mindestfeldstärke für störungsfreien Empfang ($\sigma_A = 60$ db) in städtischen Verhältnissen (Bern), bezogen auf die Messung des Quasi-Maximums innerhalb 5 Minuten

— · — · —	Zimmer-Dipol, Parterre	} je ungefähr 100 Messungen, 15 Standorte
— — — — —	» » 1. Stock	
— · — · —	» » 2. Stock	
— — — — —	» » 3. u. 4. Stock	
- - - - -	Dachantenne, horizontal	} je ungefähr 500 Messungen, 25 Standorte
- - - - -	Dachantenne, vertikal	

so, wie sie sich aus der Störpegelmessung ergab (Diathermiestörer ausgenommen). Die Kurven laufen angenähert parallel, das heisst die Streuung ist in allen Fällen etwa dieselbe.

Bei den Dachmessungen ergibt sich für horizontale Polarisation eine um etwa 1,5 db geringere Mindestfeldstärke als für vertikale Polarisation, was aber nicht sehr ins Gewicht fällt (Zentralwerte 630 und 750 $\mu\text{V/m}$). Bei den Innenmessungen wurde diese Unterscheidung fallen gelassen, da hier die Polarisationslage in bezug auf die Störer ohnehin nicht mehr eindeutig ist und praktisch kaum noch einen merklichen Einfluss erwarten lässt.

Der Störpegel nimmt zunächst vom Dach nach unten ab, um im Parterre nochmals auf einen höheren Wert zu steigen. Dies erklärt sich aus der Tatsache, dass die Störspitzen, wie Fig. 21 zeigt, zum grössten Teil von Autozündstörungen herrühren. Die gelegentlich direkt am Hause vorbeipassierenden Autos erzeugen im Parterre begreiflicherweise einen höheren Pegel als in den oberen Stockwerken. Weiter vom Hause entfernte Autos haben im allgemeinen wieder günstigere Ausbreitungsbedingungen in bezug auf höher gelegene Stockwerke. Auch ist in den oberen Stockwerken das Einzugsgebiet der Störungen bedeutend grösser, so dass auch die Häufigkeit ansteigt.

Ein besserer Ueberblick über die Verhältnisse mit Innenantennen ergibt sich aber erst, wenn gleichzeitig der Feldstärke-Abfall im Hausinnern gegenüber dem Hausdach bekannt ist. Die Erfassung der Feldverteilung im Innern von Häusern ist in sehr weitgehendem Masse ein statistisches Problem, indem bei dem ruhenden Senderfeld lokale Interferenzen durch alle möglichen Sekundärstrahler, neben den allgemeinen, sehr unterschiedlichen Anstrahlungsbedingungen, die sich aus Lage und Konstruktion der Gebäude ergeben, den Feldverlauf

massgebend beeinflussen. Die durchgeführten Messungen können nicht als ausreichende statistische Grundlage gelten, ermöglichen aber doch eine Abschätzung.

Im Hausinnern wurde als Empfangsantenne ein verkürzter und an den Enden kapazitiv belasteter Dipol verwendet, und die Messungen wurden, aus rein praktischen Rücksichten, grösstenteils in den Treppenhäusern und Gängen der Gebäude durchgeführt. In einem komplizierten Interferenzfeld lassen sich am ehesten die Bereiche maximaler Feldstärke miteinander vergleichen. Die Interferenzminima sind lokal sehr scharf begrenzt und stark von Gegenständen und Personen abhängig, die sich in der Umgebung bewegen; im Feldmaximum trifft das Gegenteil zu, was auch theoretisch leicht erklärlich ist. Die Messung wurde daher stets im Bereiche eines Feldmaximums durchgeführt und der Messdipol zudem in die optimale Polarisationsrichtung gedreht. Dabei zeigte sich, dass die Drehung der Polarisationssebene im Bereich der Interferenzmaxima im allgemeinen gering war, während nahe

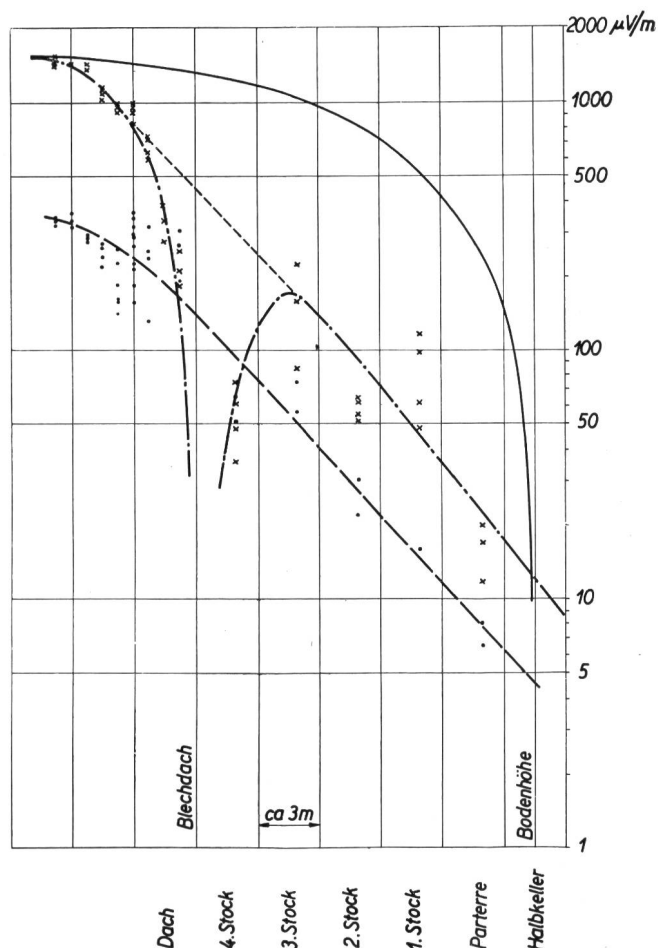


Fig. 24. Typischer Feldstärkeverlauf in einem grösseren Wohnhaus in Bern (Gegend Südbahnhof) bei optimaler Antennenanlage

— · — · —	Messung mit vertikaler Polarisation
- - - · × - -	Messung mit horizontaler Polarisation
— — — — —	Idealer Verlauf der Höhenfunktion im Freien, bei ebenem Gelände und horizontaler Polarisation

an den Interferenzminima eher abweichende Lagen auftraten.

Ein typisches Beispiel für ein in der Gegend Südbahnhof gelegenes grösseres Haus zeigt Fig. 24. Die Verhältnisse gestatteten es, auch auf dem Dach eine grössere Anzahl Messpunkte aufzunehmen. Im Hausinnern streuen die Messwerte beträchtlich, doch ergibt sich im Mittel fast ein exponentieller Feldstärkeabfall mit der Höhenverminderung. Dabei ist der Unterschied zwischen den beiden Polarisationsrichtungen wenig ausgeprägt, abgesehen natürlich vom Einfluss des Blechdaches, welches den horizontalen elektrischen Feldvektor zu Null werden lässt, was sich in der Messung sehr deutlich ausprägt. Der wesentlich höhere Absolutwert der horizontalen Polarisation ist eine allgemeine Erscheinung, die bereits erwähnt wurde. Interessant ist, dass hier in 7...8 m Höhe über Dach ein deutliches Feldmaximum mit horizontaler Polarisation festzustellen ist, offenbar ein erstes Interferenzmaximum mit der Bodenreflexion. Bestimmend für die Höhe dieses Maximums ist bei freiem Anlauf die mittlere Neigung des Geländes in der Umgebung der Empfangsantenne in Richtung Chasseral. Eine Berechnung unter idealisierenden Annahmen zeigt, dass, bei einer Geländeneigung von ungefähr 2° gegen den Chasseral zu, ein erstes Maximum in 23 m Höhe zu erwarten ist

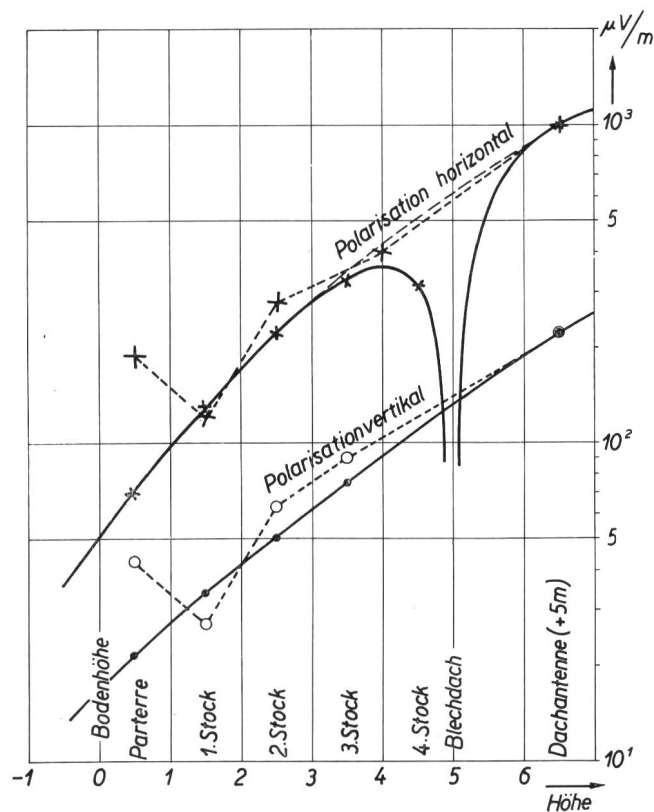


Fig. 25. Statistische Mittelwerte für den Feldstärkeverlauf in Gebäuden bei optimaler Antennenlage in Bern. Messung vorwiegend im Treppenhaus. Senderleistung Chasseral 50 W, Abstrahlungsverhältnis horizontale zu vertikale Polarisation ≈ 2

---x--- { auf Grund der Störpegelmessung ermittelte Zentralwerte für gleiches Signal zu Geräuschverhältnis wie mit Dachantenne
---o--- {

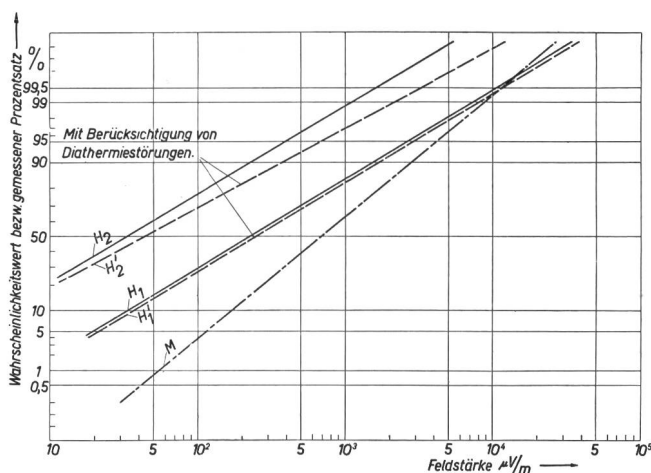


Fig. 26. Mindestfeldstärke für störungsfreien Empfang in der Stadt Bern, mit Dachantenne. Vergleich zwischen der Störpegelmessung (Quasi-Maxima innert 5 Minuten) und der Gehörbeobachtung der Chasseral-Emission (Maxima innert 10...15 Sek.) an identischen Standorten. Polarisation nicht berücksichtigt

Legende:

M = Störpegelmessung mit dem Störmessplatz nach CISPR, Mittel aus beiden Polarisationsrichtungen (≈ 1500 Messungen, 25 Standorte)

H₁, H₂ = Gehörbeurteilung 1 bzw. 2, nach Skala Fig. 20, für beide Polarisationsrichtungen (≈ 1500 Beobachtungen, 25 Standorte). Störungen durch Diathermiegeräte wurden nicht berücksichtigt

H'₁, H'₂ = wie H₁ und H₂, jedoch unter Berücksichtigung der Störungen durch Diathermiegeräte

(mit 0° wäre dies erst etwa in doppelter Höhe der Fall). Eine solche Geländeneigung liegt ganz im Bereich der tatsächlichen Verhältnisse.

Fig. 25 stellt eine Mittelwertskurve des Feldstärkeverlaufes in 12 Gebäuden in verschiedener Lage in Bern dar. Die angegebenen Messpunkte stellen die Zentralwerte aller Messungen in den betreffenden Stockwerken bzw. auf den Hausdächern dar. Der Grossteil der Häuser wies Blechdächer auf. Die gestrichelte Kurve gibt die relativen Feldstärkeverhältnisse an, welche auf Grund der Störpegelmessung (Fig. 21) die gleiche Geräuschdämpfung im Innern wie mit der Dachantenne ergeben würden. Der Vergleich zeigt, dass, abgesehen vom Parterre, die Störverhältnisse mit Innenantenne unter günstigsten Bedingungen nicht wesentlich schlechter sind, natürlich nur solange das Eigenrauschen des Empfängers vernachlässigbar ist und solange starke lokale Störer im eigenen Haus eliminiert werden.

Praktisch kann aber sicher meistens die Lage einer Innenantenne weder mit Rücksicht auf das räumliche Interferenzbild noch die Polarisationsrichtung optimal gewählt werden, so dass eine beträchtliche Verschlechterung der Störpegelverhältnisse gegenüber der Aussenantenne in den meisten Fällen zu erwarten ist. Eine genügende zahlenmässige Unterlage hierfür bieten die durchgeführten Versuche nicht. Man kann höchstens schätzen, dass der Verschlechterungsfaktor im Mittel kaum weniger als 3...4 betragen wird.

Bei der Beurteilung der Mindestfeldstärke ist nun die Eigenart der Messmethode in Rechnung zu

setzen. Wenn wir einen bestimmten Störungsverlauf beobachten und innerhalb eines bestimmten Zeitintervalles stets nur die Störspitze (Quasi-Maximum) registrieren, so ist anzunehmen, dass der zeitliche Mittelwert niedriger liegt. Wird das Zeitintervall kürzer gewählt, so werden mehr kleine Werte erfasst und der Zentralwert kommt entsprechend tiefer zu liegen. Ist aber die Gesamtbeobachtungsdauer in beiden Fällen dieselbe, so muss der beobachtete grösste Wert P_{\max} derselbe sein. Eine Vergrößerung oder Verkleinerung des Beobachtungsintervalls bedeutet somit eine Drehung der Wahrscheinlichkeits-Geraden um diesen Punkt im Sinne einer Verringerung bzw. Erhöhung der Streuung (siehe Fig. 26). In dieser Beziehung wäre also eher ein kürzeres Beobachtungsintervall vorzuziehen, da die Annäherung an den zeitlichen Störungsverlauf immer besser wird. Der Fehler liegt bei der längeren Beobachtungsdauer aber jedenfalls auf der sicheren Seite, und wird um so kleiner, je näher der betrachtete Wahrscheinlichkeitswert dem beobachteten Maximalwert liegt.

Die Ergebnisse aus je ungefähr 1500 Gehörbeobachtungen der Chasseral-Emissionen mit Dachantenne an verschiedenen Empfängerstandorten in Bern sind in den Kurven H_1 und H_2 der Fig. 26 dargestellt. Die Beobachtungsspanne betrug hier nur 10...15 Sekunden, der Abstand zwischen zwei Beobachtungen 5 Minuten. Die Unterscheidung zwischen horizontaler und verti-

kaler Polarisation musste wegfallen, indem die am selben Standort beobachteten Feldstärken horizontal und vertikal merklich voneinander abwichen. Wie das Ergebnis der Störpegelmessung mit dem Messplatz nach C.I.S.P.R. zeigt, ist der Unterschied übrigens kaum von Bedeutung.

Diese Kurve dürfte bereits eine ziemlich gute Näherung an die zeitliche Störverteilung darstellen. Der Vergleich mit der entsprechenden Störpegelmessung (Beobachtungszeit 5 Min.) nach Kurve M ergibt tatsächlich eine wesentlich grössere Streuung. Der beobachtete Maximalwert betrug ungefähr 20 mV/m, die Kurve H_1 überschneidet sich mit der Störpegelmessung bei ungefähr 15 mV/m.

Wenn wir annehmen, dass ein Vergleich zwischen beiden Messgruppen zulässig ist, so ergibt sich aus dem Pegelunterschied die Folgerung, dass der wirkliche Maximalwert gegenüber dem bei der Messung mit dem Messplatz nach C.I.S.P.R. erfassten Quasi-Maximum um ungefähr 3 db höher liegt, was durchaus verständlich erscheint.

Die Grenzen der Gehörbeurteilung 1 und 2 liegen nach Fig. 20 um ungefähr 18 db auseinander, die beiden entsprechenden Kurven in Fig. 26 weisen eine Parallelverschiebung von knapp 17 db auf. Dies bedeutet: der Schwellwert tritt bei den beobachteten Störungen praktisch gar nicht in Erscheinung, was wiederum den Schluss erlaubt, dass der Impulscharakter weit- aus vorwiegt.

TABELLE I

Störpegelbeobachtungen in der Stadt Bern, nach Störkategorien differenziert, bei Berücksichtigung der Quasi-Maxima innerhalb einer bestimmten Beobachtungszeit t_1

	Prozentualer Anteil am Total der Beobachtungen (beide Polarisationsrichtungen)				
	Diathermiegeräte nicht berücksichtigt		Diathermiegeräte berücksichtigt		
	t ₁ = 5 Min.	t ₁ = 10 ÷ 15 Sekunden (Abstand 5 Min.)			
a) Reine Impuls-Störungen (Zündstörungen, Schalterknacke)	60 %	40 %	32 %		
b) Nicht näher identifizierte elektr.Apparate (Motoren, Klingelanlagen usw.)	35 %	52 %	41 %		
c) Elektrische Bahnen	4 %	6 %	4,5 %		
d) Glimmerscheinungen	1 %	2 %	1,5 %		
e) Diathermiegeräte	—	—	21 %		
	Total Beobachtungen	ca. 1000	ca. 800	ca. 1000	
	Geräuschbeurteilung nach Gehör (Skala siehe Fig. 20)	Polarisation horiz. vert.		Polarisation horiz. vert.	
	1	70 %	40 %	64 %	36 %
	2	25 %	40 %	26 %	36 %
	3	5 %	13 %	6 %	19 %
4	—	1 %	4 %	9 %	

Anmerkung: Die Senderfeldstärken für die kurzzeitigen Gehörbeobachtungen lagen mit horizontaler Polarisation zwischen 120...4000 $\mu\text{V/m}$, mit vertikaler zwischen 30...1000 $\mu\text{V/m}$.

Wie ein Vergleich nach vorstehender Tabelle I zeigt, war der prozentuale Anteil an Motorfahrzeugstörungen bei kürzerer Beobachtungszeit geringer. Eine Vermehrung des Autoverkehrs, wie sie unter den heutigen «normalen» Verhältnissen vorliegt, müsste diesen Unterschied verringern, bzw. Kurve H_1 in Fig. 26 mehr in Kurve M hineindrehen.

Wenn wir dies berücksichtigen, ergibt sich bei dem amerikanischen Standardwert von 1 mV/m für städtische Verhältnisse, dass die Störungen in ungefähr 75...80% der Fälle unhörbar wären, bezogen auf kurze Beobachtungszeit, oder in ungefähr 65% der Fälle, bezogen auf längere Beobachtungszeit (5 Minuten).

Die Grenzkurve für die Gehörbeurteilung 2 (H_2 bzw. H_2') gilt nur bei unmoduliertem Träger, da die Empfangsschwelle hier unterschritten ist. Für impulsartige Störungen heisst dies praktisch, dass die Störung im modulierten Zustande trotz des Verdeckungseffektes bereits unangenehm empfunden wird (Gehörbeurteilung 3); zu dieser Kategorie gehört der grösste Teil der Störer. Für andere Störungen (insbesondere Diathermie-Brummen) wird der Empfang schon früher völlig unbrauchbar.

Ein Wert von 1 mV/m , bezogen auf Dachhöhe, erscheint daher etwas niedrig, um so mehr, als in unserem stark coupierten Gelände die Abweichungen vom gemittelten Feldstärkewert, und um solche handelt es sich bei der Aufstellung eines Feldstärkeplanes, oft ganz erheblich sind. Eine Festlegung der Mindestfeldstärke auf $2...4 \text{ mV/m}$ für städtische Verhältnisse dürfte vorsichtiger sein.

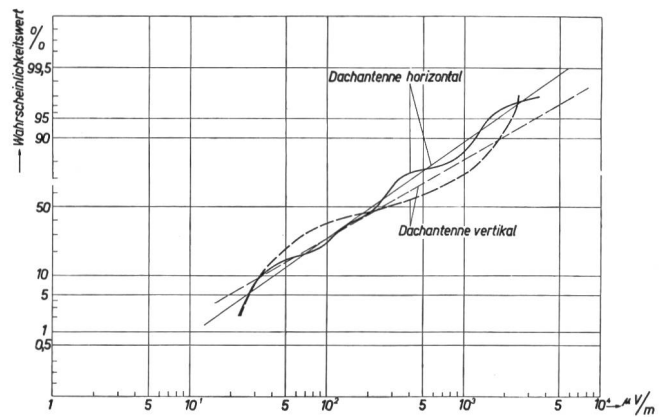


Fig. 27. Mindestfeldstärke für störungsfreien Empfang $\sigma_A = 60 \text{ db}$, bezogen auf die Messung der Quasi-Maxima innert 5 Minuten. Ländliche Verhältnisse mit durchgehendem Autoverkehr (40% Zündstörungen). (Die dick gezogene Kurve entspricht dem effektiven Verlauf der Messpunkte)

Aehnliche Ueberlegungen führen für typisch ländliche Verhältnisse mit wenig lokalem Autoverkehr (Fig. 22) auf ungefähr $100 \mu\text{V/m}$, für Ortschaften mit durchgehendem Autoverkehr (Fig. 27) auf ungefähr 1 mV/m .

Das letzte Wort müsste natürlich der praktischen Erfahrung überlassen bleiben (Hörerstatistik).

Eine allgemeine Entstörungsmassnahme an Motorfahrzeugen durch Einbau von Dämpfungswiderständen in den Zündleitungen würde bereits eine sehr wesentliche Verbesserung der Situation herbeiführen. (Fortsetzung folgt.)

Postes d'altitude et liaisons par câbles hertziens

Par W. Gerber, Berne, et F. Tank, Zurich*

621.396.721.029.6

La configuration montagneuse de notre pays offre des possibilités de transmissions radio-électriques spécifiquement adaptées à la technique des ondes métriques, décimétriques et centimétriques. Les liaisons par faisceaux dirigés sont en particulier fort intéressantes. Parmi celles-ci, nous trouvons en tout premier lieu les liaisons à une voie avec des stations de montagne retirées. Comme on le sait, on en utilise déjà en Suisse depuis des années, mais elles peuvent encore être améliorées. Ensuite se pose le problème de la téléphonie multivoie: rôle, système, réseau. Enfin, la télévision n'est pas la partie la moins importante de ce domaine. La radiodiffusion pose quant à elle d'autres problèmes. Il est connu que le système actuel à ondes moyennes et courtes présente, de par sa nature même, certains inconvénients; ceux-ci pourraient cependant être en grande partie atténués par l'application de solutions nouvelles, bien conçues techniquement. Par exemple, les centres de populations seraient desservis par des postes d'altitude rayonnant sur ondes ultra-courtes un programme multiple combiné à la télévision, en sorte que le particulier n'aurait besoin que d'une unique installation de réception pour ondes ultra-courtes. On pourrait en outre coordonner les programmes multiples transmis par fil ou par ondes ainsi

que, le cas échéant, la transmission publique de fac-similés. Les émetteurs actuels à ondes moyennes seraient remplacés un jour par un émetteur national à ondes longues qui pourrait desservir certaines régions retirées où la réception est actuellement insuffisante. Au domaine d'activité des postes d'altitude s'ajoutent les services dits «mobiles», où l'on peut distinguer en principe les besoins du trafic au sol d'une part et ceux du trafic aérien d'autre part. Citons pour le premier cas les liaisons avec véhicules sur routes, rails ou voies d'eau et, pour le second, les questions de sécurité de vol et de liaisons entre les gros avions commerciaux et notre réseau téléphonique.

La topographie montagneuse de la Suisse n'est pas favorable, comme on le sait, au système actuel de notre radiodiffusion. Le relief de notre sol cause une dispersion de l'énergie, d'où résulte un affaiblissement relativement important de l'onde directe, inconvénient renforcé par la formation de zones d'ombre et l'aggravation des phénomènes d'évanouissement. De là l'idée que notre pays est prédestiné, par sa topographie, à l'emploi d'ondes les plus longues possibles, c'est-à-dire de l'ordre de grandeur, au moins, de nos montagnes.

* Le texte original de cette étude a paru en allemand dans le Bulletin technique PTT n° 5 du 1^{er} octobre 1947, sous le titre «Höhenstationen und Höhenverbindungen».