**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:** 35 (1957)

**Heft:** 10

**Artikel:** Über den Einfluss der Mehrwegausbreitung auf das trägerfrequente Spektrum des Fernsehsignals

**Autor:** Bernath, K. / Brand, H.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-875092

**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:** 09.12.2025

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

Nº 10 - BERN, 1. X. 1957 - JAHRGANG - ANNÉE - ANNO XXXV

TECHNISCHE MITTEILUNGEN

BULLETIN TECHNIQUE

PTT

BOLLETTINO TECNICO

Herausgegeben von der Schweizerischen Post-, Telegraphen- und Telephonverwaltung. Publié par l'administration des postes, télégraphes et téléphones suisses. Pubblicato dall'amministrazione delle poste, dei telegrafi e dei telefoni svizzeri

# Über den Einfluss der Mehrwegeausbreitung auf das trägerfrequente Spektrum des Fernsehsignals*

Von *K. Bernath* und *H. Brand*, Bern

621.397.8:621.372.553

**Zusammenfassung.** *Der erste Teil der vorliegenden Arbeit umfasst eine theoretische Untersuchung über den Einfluss des idealen Zweiwegeempfangs auf das trägerfrequente Spektrum eines Fernsehsignals. Die Ergebnisse werden in bezug auf wichtige Einflussfaktoren diskutiert. Nach kurzem Eintreten auf den praktischen Fall des Mehrwegeempfangs bei nichtidealen Reflexionsbedingungen werden für einige Fälle ausgesprochener Zweiwegeausbreitung Messwerte und theoretische Näherungswerte miteinander verglichen. Es wird ferner gezeigt, dass kritische Laufzeitunterschiede im besonderen auch in überbauten Gebieten in Erscheinung treten.*

*Im zweiten Teil wird über statistische Spektrumsuntersuchungen an den Antennenklemmen von Heim-Fernsehempfängern in den Städten Bern und Biel berichtet.*

*Der abschliessende dritte Teil bringt die Ergebnisse des ersten und zweiten Teils mit Fragen des künftigen Farbfernsehens in Beziehung.*

**Résumé.** *La première partie du présent article traite de la recherche théorique de l'influence de la réception idéale par double trajet sur le spectre de la fréquence porteuse d'un signal de télévision. Les résultats sont discutés par rapport à d'importants facteurs d'influence. Après un bref aperçu du cas pratique de la réception par plusieurs trajets avec conditions de réflexion non idéales, l'auteur compare dans quelques cas de propagation par plusieurs trajets les valeurs mesurées et les valeurs théoriques approximatives. Il montre que les différences critiques de temps de propagation apparaissent en particulier dans les zones bâties.*

*La deuxième partie traite d'examens statistiques sur le spectre de fréquences aux bornes d'antenne de récepteurs de télévision dans les villes de Berne et de Bienne.*

*La troisième partie contient les résultats des essais mentionnés dans les deux parties précédentes et traite de questions en rapport avec la future télévision en couleurs.*

## 1. Analysis des idealen Zweiwegeempfangs[1]

Für das direkte und reflektierte Signal gelten, unter den vereinfachenden Annahmen, dass ideale Reflexion vorliegt und $\triangle x$ sehr viel kleiner als x ist, die folgenden Beziehungen:

$$\mathfrak{E} = \hat{E} \sin \left[ 2 \pi f \left( t - \frac{x}{c} \right) + \varphi_o \right] \qquad (1)$$

$$\mathfrak{E}' = - \hat{E} \sin \left[ 2 \pi f \left( t - \frac{x + \triangle x}{c} \right) + \varphi_o \right] \qquad (2)$$

Für das zusammengesetzte Signal $\mathfrak{E}_{tot} = \mathfrak{E} + \mathfrak{E}'$ folgt nach einfacher Umformung

$$\mathfrak{E}_{tot} = 2 \hat{E} \sin \frac{\pi f \triangle x}{c} \cos \left\{ 2 \pi f \left[ t - \frac{x}{c} \left( 1 + \frac{\triangle x}{2 x} \right) \right] + \varphi_o \right\} \qquad (3)$$

---

* Vortrag, gehalten am Internationalen Symposium über physikalische Probleme des Farbfernsehens in Paris, am 5. Juli 1957.

[1] Verwendete Symbole:

- $\mathfrak{E}$ = Feldstärke des direkten Signals bei Empfangsantenne
- $\mathfrak{E}'$ = Feldstärke des reflektierten Signals bei Empfangsantenne
- $\hat{E}$, $\hat{E}'$ = Spitzenwerte der Feldstärke
- f = Frequenz der modulierten Komponente des Fernsehsignals
- $\varphi$ = Phase
- t = Zeit
- x = Weglänge des direkten Signals zwischen Sende- und Empfangsantenne
- $x + \triangle x$ = Weglänge des reflektierten Signals zwischen Sende- und Empfangsantenne
- h = Höhe der Sendeantenne über Reflexionsebene
- a = Höhe der Empfangsantenne über Reflexionsebene
- d = Abstand der Fusspunkte der Sende- und Empfangsantenne in Reflexionsebene
- c = Geschwindigkeit der Wellenausbreitung (Lichtgeschwindigkeit)
- $\mathfrak{r}$ = Reflexionskoeffizient
- $\tau$ = System-Anstiegszeit für Videosignale (Bildpunktdauer)
- k = Kanalkonstante (vgl. Text)

Indices:

- tot = Resultierendes Signal
- o = beliebiger Wert
- p = Bildträger
- s = Tonträger

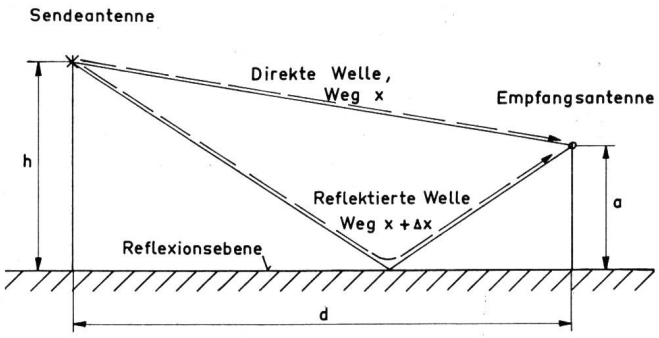



Fig. 1. Schematische Darstellung des Zweiwege-Empfangs

Das Spektrum, das heisst der trägerfrequente Amplitudengang, ist durch den Betrag des obigen Vektors gegeben

$$E_{tot} = 2\,\hat{E}\left|\sin\frac{\pi f \triangle x}{c}\right| \qquad (4)$$

Bei flachem Einfall des reflektierten Signals in die Reflexionsebene $[(h+a) \ll d,\ x \approx d]$ ergibt sich für die Wegdifferenz $\triangle x$ die einfache Beziehung

$$\triangle x \approx \frac{2\,ha}{d} \qquad (5)$$

Der trägerfrequente Amplitudengang kann unter dieser einschränkenden Bedingung mithin auch unmittelbar als Funktion der Ausgangsgrössen h, a und d dargestellt werden

$$E_{tot} = 2\,\hat{E}\left|\sin\frac{2\pi f\,ha}{cd}\right| \qquad (6)$$

Die Wegdifferenz $\triangle x$ und die Zeitdifferenz $\triangle t$ sind durch die folgende einfache Beziehung miteinander verknüpft

$$\frac{\triangle x}{c} = \triangle t \qquad (7)$$

Gleichung (6) in (4) eingesetzt, ergibt für den trägerfrequenten Amplitudengang als Funktion der Zeitdifferenz $\triangle t$

$$E_{tot} = 2\,\hat{E}\,|\sin \pi f \triangle t| \qquad (8)$$

Im besonderen gilt, bei Beschränkung auf das Frequenzintervall $\triangle f$,

$$\text{mit } \triangle\varphi = \pi \triangle f \triangle t = n\pi, \qquad (9)$$
$$n = \triangle f \triangle t$$

Zwischen der Zeitdifferenz $\triangle t$ und der Anzahl halber Sinuskurven n im Frequenzintervall $\triangle f$ besteht mithin ein einfacher Zusammenhang.

## Diskussion

### *Kanalbreite und Trägerfrequenz*

Für das Spektrum des trägerfrequenten Fernsehsignals gilt gemäss (8):

$$E_{tot} = 2\,\hat{E}\,|\sin\varphi|, \qquad \varphi = \pi f \triangle t,$$

wobei f die Frequenz der modulierten Signalkomponente darstellt. Bildträger $f_p$ und Tonträger $f_s$ sind charakteristische Frequenzen in einem Fernsehkanal; ihre Differenz

$$\triangle f = f_s - f_p$$

ist eine Systemkonstante. Bei gegebenen Ausbreitungsbedingungen ($\triangle t$ konstant) ist die Differenz ihrer Argumente proportional zu $\triangle f$

$$\triangle\varphi = \varphi_s - \varphi_p = \pi \triangle f \triangle t;$$

die Amplitudengangschwankungen sind demnach um so ausgeprägter, je grösser $\triangle f$, das heisst je breiter das modulierte Fernsehband ist. Der Bildträger $f_p$ tritt in der Gleichung für $\triangle\varphi$ nicht auf. Daraus folgt, dass die Spektrumsverzerrungen bei gleichen Ausbreitungsbedingungen nur von der Bandbreite $\triangle f$, nicht aber vom Bildträger $f_p$ selber abhängen. Ein Erhöhen der Bildträgerfrequenz $f_p$ von $f_{p1}$ auf $f_{p2}$ bedeutet lediglich ein Verschieben des Argumentes $\varphi_p$ von $\varphi_{p1}$ nach $\varphi_{p2}$. Der relativen Bandbreite $\triangle f/f$ – einer wichtigen Grösse der apparativen Technik – kommt somit bei idealer Zweiwegeausbreitung keine direkte Bedeutung zu. Die Ausbreitungsbedingungen an sich sind naturgemäss frequenzabhängig; ausser-

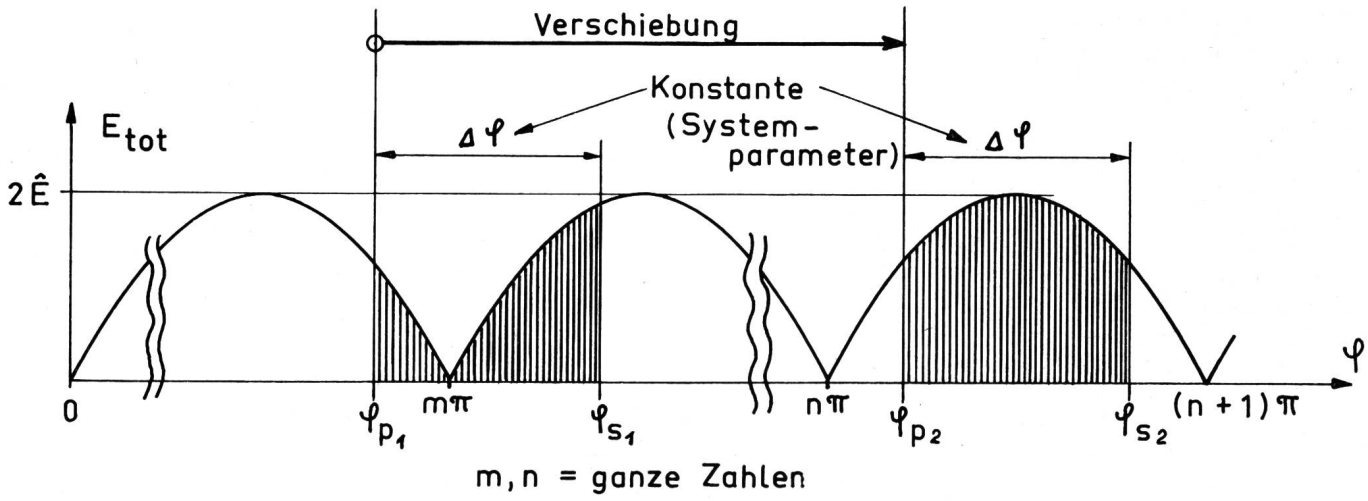



Fig. 2. Einfluss der Bandbreite und der Trägerfrequenz

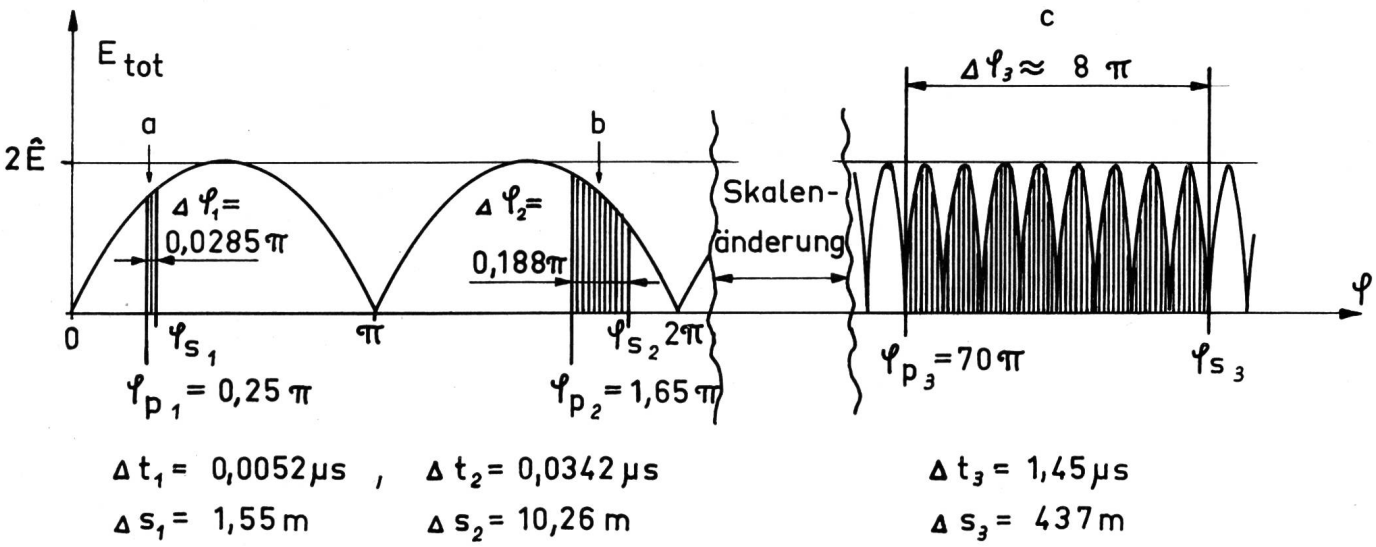



Fig. 3. Einfluss der Laufzeitdifferenz

dem ist bei Antennenproblemen sowohl die Trägerfrequenz als auch die relative Bandbreite von Bedeutung. Eine Diskussion der damit zusammenhängenden Fragen würde den Rahmen der vorliegenden Arbeit sprengen.

*Zeitdifferenz zwischen direktem und reflektiertem Signal*

Eine Zunahme der Zeitdifferenz $\triangle t$ zwischen direktem und reflektiertem Signal bedeutet für gegebene Übertragungsparameter $f_p$ und $\triangle f = f_s - f_p = kf_p$ (k = Kanalkonstante) ein proportionales Ansteigen von $\varphi_p$ und $\triangle\varphi = k\,\varphi_p$, das heisst eine Verschiebung *und* eine Vergrösserung von $\triangle\varphi$. Dieser Fall ist von Bedeutung bei Ausbreitungsuntersuchungen im Empfangsbereich von Sendern, denen auf Grund der Wellenplanung ein bestimmter Kanal zugewiesen ist.

Bezüglich $\triangle\varphi$ lassen sich gemäss Figur 3 drei Fälle unterscheiden:

*Fall a:* $\triangle\varphi \leq 0{,}1\,\pi$

Flacher Amplitudengang, praktisch unabhängig von $\triangle t$, mit Ausnahme eines schmalen Bereichs um $\varphi_p = n\pi$, n = ganze Zahl;

*Fall b:* $0{,}2\,\pi < \triangle\varphi < 0{,}5\,\pi$

Starke Abhängigkeit der Verzerrungen von $\triangle t$. Flachster Amplitudengang um $\varphi_p = \frac{2n-1}{2}\,\pi$, ungünstigster um $\varphi_p = m\,\pi$; m, n = ganze Zahl;

*Fall c:* $\triangle\varphi \geq \pi$

Sehr schlechter Amplitudengang bei allen $\triangle t$-Werten.

*Numerisches Beispiel*

Kanal 2, CCIR-625 Zeilen-Norm (Sender Bantiger)

$f_p = 48{,}25$ MHz
$f_s = 53{,}75$ MHz
$\triangle f = 5{,}5$ MHz
$k = 0{,}114$
$\tau = 0{,}1\ \mu s$

Für die kritischen Zeit- bzw. Wegdifferenzen ergeben sich nach Gleichung (8) folgende Werte:

*Fall a:* $\triangle t \leq 0{,}018\ \mu s$
$\triangle x \leq 5{,}4$ m

*Fall b:* $0{,}036\ \mu s < \triangle t < 0{,}091\ \mu s$
$10{,}8$ m $< \triangle x < 27$ m

*Fall c:* $\triangle t \geq 0{,}18\ \mu s$
$\triangle x \geq 54$ m

Die praktischen Werte in Figur 3 sind auf dieses Beispiel bezogen.

Es ist zu beachten, dass Zeitdifferenzen, die noch wesentlich kürzer als die Systemanstiegszeit sind, bereits starke Amplitudenschwankungen hervorrufen können. Das störende Signal wird daher auf dem Schirm des Empfängers durchaus nicht immer als Echo («Geisterbild») wahrgenommen.

Solchen relativ kleinen Zeitunterschieden kommt grosse praktische Bedeutung zu.

Bei Mehrwege-Ausbreitungsuntersuchungen kann grundsätzlich sowohl die Frequenz, als auch die Zeit als unabhängige Variable gewählt werden. Für Zeitdifferenzen bis hinauf zur Grössenordnung der Systemanstiegszeit dürfte, bei gleichem Aufwand, die Frequenzbasismethode normalerweise genauere und leichter zu interpretierende Resultate ergeben. Umgekehrt ist wohl im allgemeinen bei Laufzeitunterschieden, die grösser als die Systemanstiegszeit sind, die Zeitbasismethode vorzuziehen. Der Informationsgehalt letzterer ist naturgemäss grundsätzlich stets grösser als jener der Spektrumsmessung; eine erschöpfende Untersuchung verlangt daher nach einer Synthese beider Messmethoden.

*Nichtideale Reflexionsbedingungen*

Die bisherigen Ausführungen basierten auf der Annahme idealer Reflexion

$$\mathfrak{r} = r\,e^{j\psi} = -1 \qquad (r = 1, \qquad \psi = \pi).$$

Diese Voraussetzung ist in der Praxis naturgemäss nur in Ausnahmefällen erfüllt. Während das Argu-

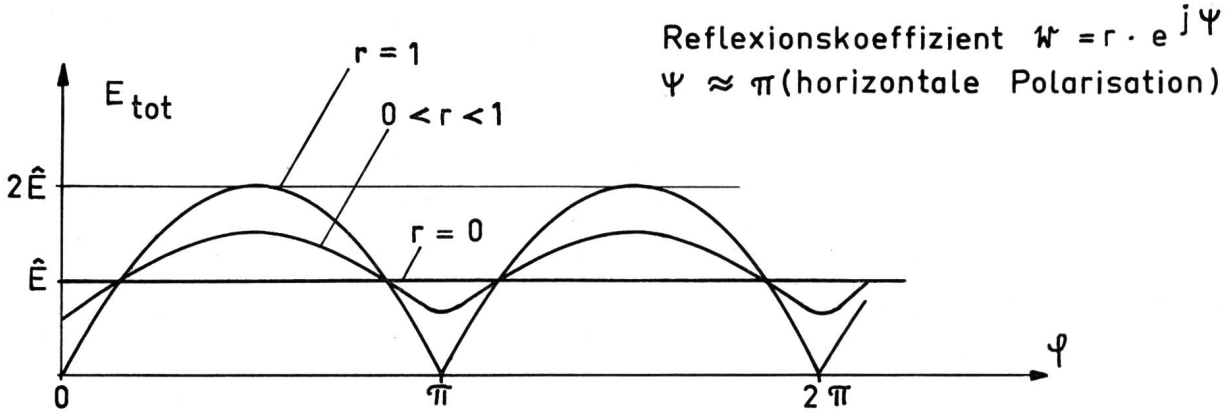



Fig. 4. Einfluss nichtidealer Reflexion

ment des Reflexionskoeffizienten bei horizontaler Polarisation in der Regel nur wenig von $\pi$ abweicht, kann der Betrag r Werte annehmen, die bedeutend kleiner als 1 sind. Figur 4 zeigt den grundsätzlichen Verlauf des zusammengesetzten Signals für diesen Fall. Mit sinkendem r werden die Spektrumsschwankungen kleiner.

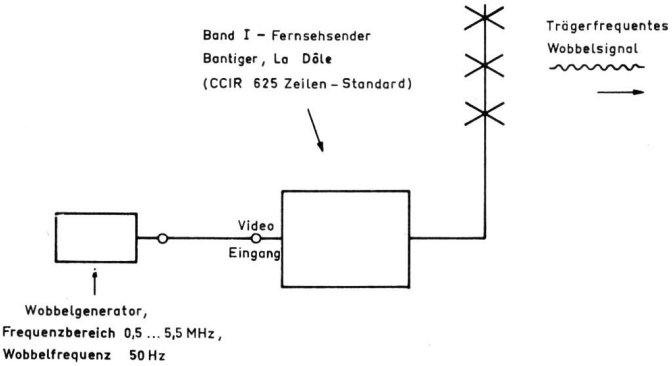



Fig. 5. Spektrums-Messanordnung auf der Sendeseite

*Mehrwegeempfang*

Die Analysis des Zweiwegeempfangs lässt sich leicht auf Mehrwegeempfang erweitern. Das Resultat kann als Überlagerung charakteristischer Zweiwegeempfangsspektren aufgefasst werden. Streng genommen müsste man bei fast allen nachfolgenden Beispielen von Mehrwegeempfang sprechen, da, ausser der interessierenden Reflexionsebene, meist eine zweite solche in unmittelbarer Empfangsnähe vorhanden ist. Man kann aber leicht zeigen, dass letztere normalerweise nur einen geringen Einfluss auf den trägerfrequenten Amplitudengang ausübt (vgl. Fig. 8).

## 2. Vergleich theoretischer und praktischer Ergebnisse

Zur Überprüfung der theoretischen Ergebnisse wurden an einigen ausgewählten Punkten im Versorgungsbereich der Fernsehsender Bantiger und La Dôle Spektrumsmessungen durchgeführt. Die Untersuchungen mussten sich auf übersichtliche Profile mit typischer Zweiwegeausbreitung beschränken, doch kommt diesem Sonderfall in hügeligem und gebirgigem Gelände grundsätzliche Bedeutung zu.

*Messausrüstung*

Die Messanordnung geht aus den Figuren 5 und 6 hervor. Auf der Sendeseite fand ein Video-Wobbelgenerator mit konstanter Ausgangsamplitude Verwendung (Frequenzbereich 0,5...5,5 MHz). Die Wobbelfrequenz betrug 50 Hz. Die Empfangsantenne bestand aus einem einfachen Faltdipol. Als Empfänger diente ein Spektrumanalysator mit sehr langsamer Wobbelfrequenz (etwa 1 Hz). Der Gesamtamplitudengang lag beim Sender Bantiger innerhalb etwa 1,5 db, beim Sender La Dôle innerhalb etwa 3 db.

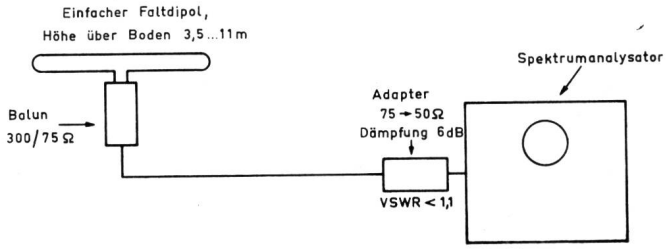



Fig. 6. Mobile Empfangsausrüstung für Spektrumsmessungen im Gelände

Das kontinuierliche Sendespektrum des Wobbelgenerators wurde, als Folge der endlichen Abtastzeit des Spektrumanalysators, auf der Empfangsseite in etwa 40 diskrete «Spektrallinien» aufgespalten. Da die senderseitige Wobbelperiode mehrere Grössenordnungen über den in die Untersuchung einbezoge-

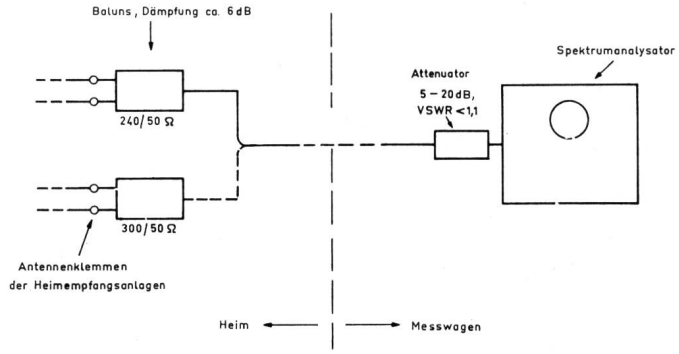
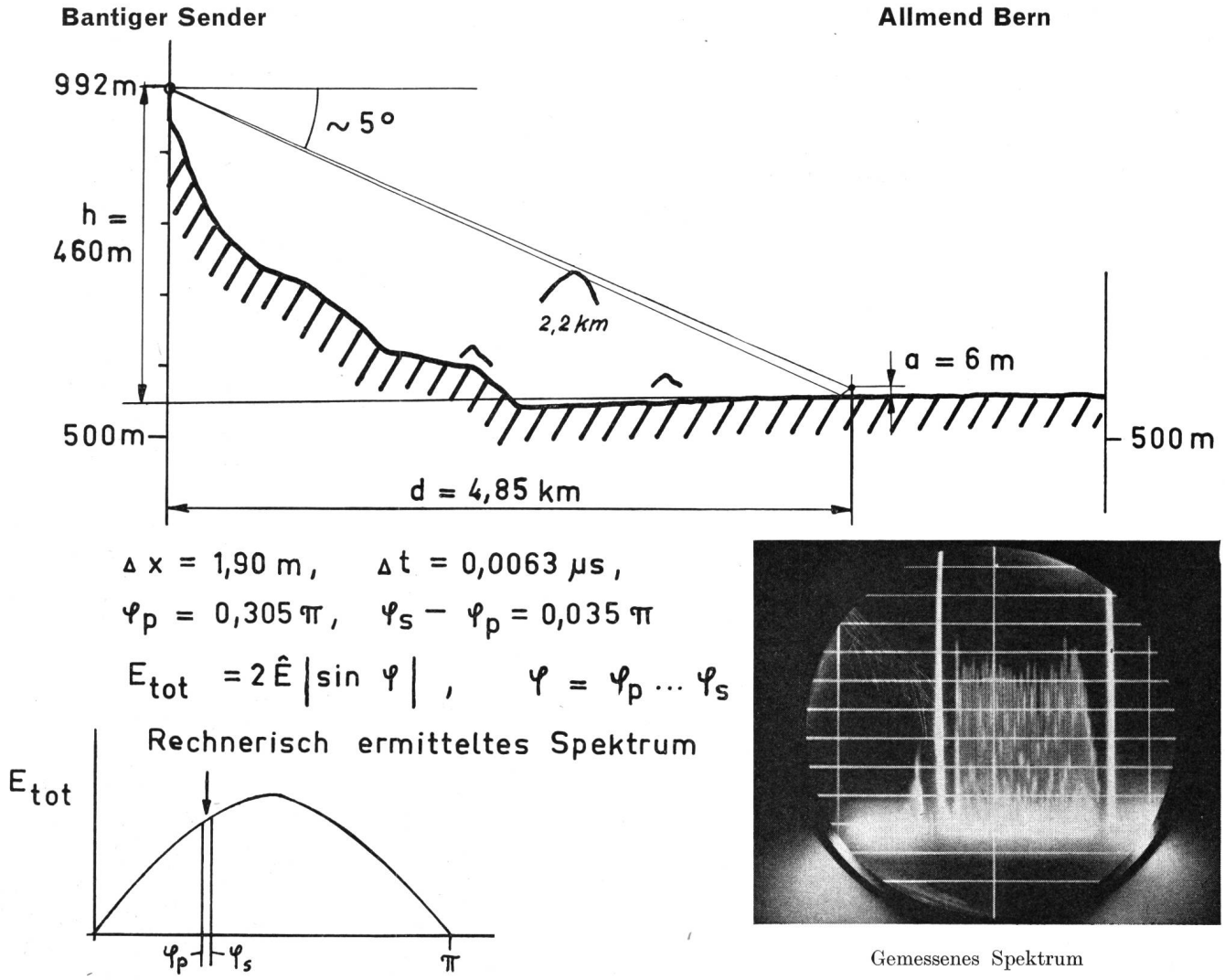



Fig. 7. Mobile Empfangsausrüstung für Spektrumsmessungen an Heimempfangsanlagen




Gemessenes Spektrum

Fig. 8. Vergleich rechnerisch ermittelter und gemessener Spektren

nen Zeitdifferenzen zwischen direktem und reflektiertem Signal lag, kann bezüglich Mehrwegeausbreitung von stationären Signalen gesprochen werden. Der Tonträger diente bei den Messungen als Frequenzmarke.

*Diskussion der Ergebnisse*

Die Oszillogramme weisen zwei ausgeprägte «Spektrallinien» auf; die linke stellt den Bildträger, die rechte den Tonträger dar. Trotz den stark vereinfachenden Annahmen, die der Rechnung zugrunde gelegt wurden, zeigen die Beispiele der Figuren 8...11 eine bemerkenswert gute Übereinstimmung zwischen rechnerisch ermittelten und gemessenen Amplitudengängen.

Es ist interessant festzustellen, dass bei relativ grosser Sende- *und* Empfangsantennenhöhe beträchtliche Amplitudengangfehler auftreten können. Diesem Umstand sollte bei der Sendernetzplanung, besonders beim Einsatz von Umsetzern in hügeligem und gebirgigem Gelände, Rechnung getragen werden. Da der Winkel zwischen direktem und reflektiertem Signal meist nur wenige Grade beträgt, dürfte eine Ausblendung des störenden reflektierten Signals durch Empfangsantennen extrem hoher Richtwirkung in den Bändern I und III auf technisch-ökonomische Schwierigkeiten stossen. In den Bändern IV und V liegen die Verhältnisse, der kleineren relativen Bandbreite und der bescheideneren Antennenabmessungen wegen, günstiger.

Von Interesse ist auch das in Figur 9 dargestellte Beispiel, das zeigt, dass unter Umständen auch Reflexionen von sendernahem Gelände erhebliche Amplitudengangfehler verursachen können. Da die effektive Empfangsantennenhöhe in diesem Fall grosse Werte annehmen kann, ist die Störung innerhalb eines beträchtlichen Gebietes nur wenig von Ort und Lage der Empfangsantenne abhängig; man kann also von eigentlichen «verseuchten» Zonen sprechen. Das Oszillogramm zeigt hier ausnahmsweise nicht das trägerfrequente, sondern das videofrequente Spektrum, wie es am Ausgang eines *Nyquist*-messdemodulators auftritt. Im Bereich der Zweiseitenbandübertragung, das heisst in Bildträgernähe, ist es annähernd flach, da sich die Fehler des oberen und unteren Seitenbandes teilweise kompensieren. (Die Signalunterbrüche deuten die Trägernullinie an.)

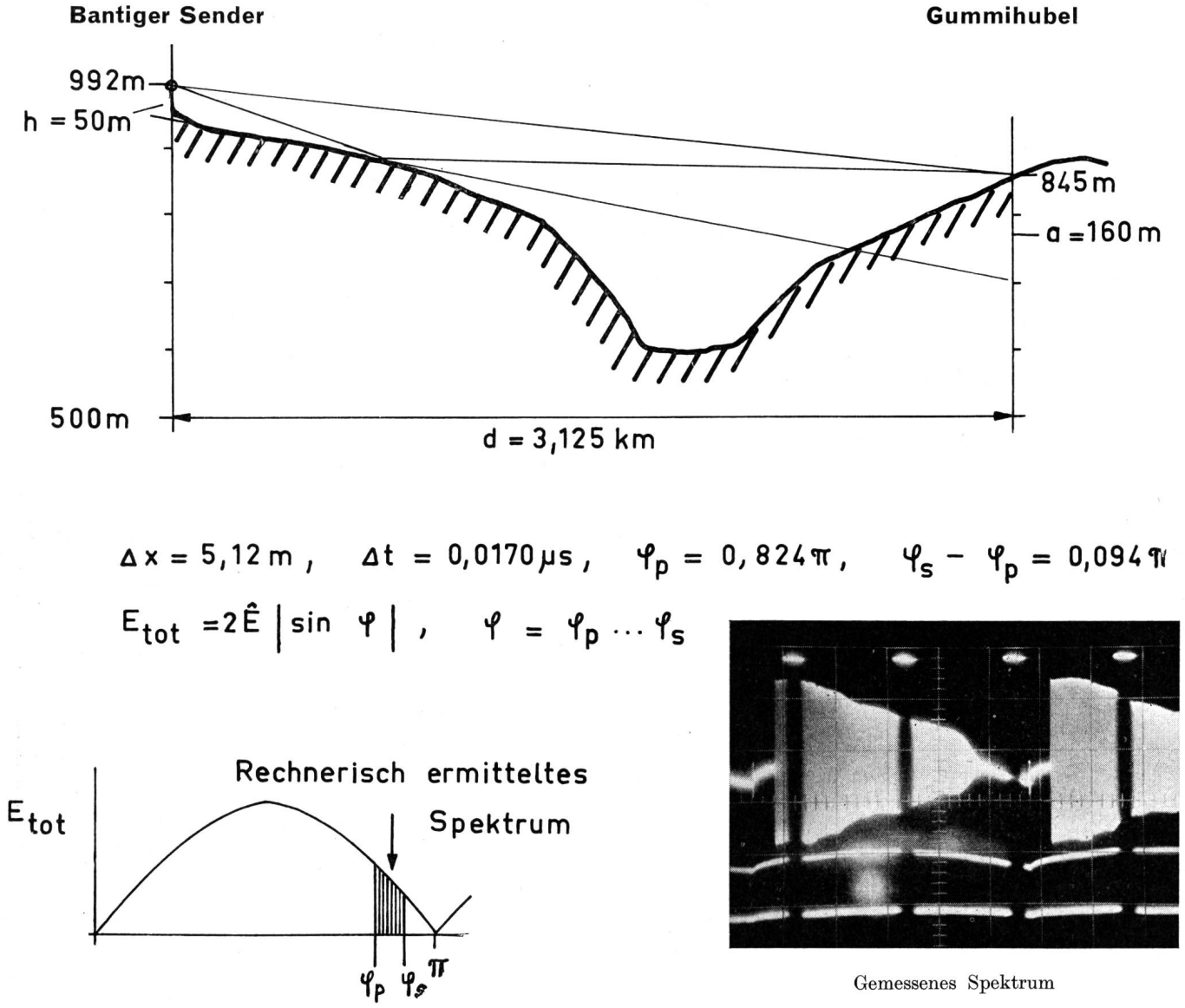



Fig. 9. Vergleich rechnerisch ermittelter und gemessener Spektren

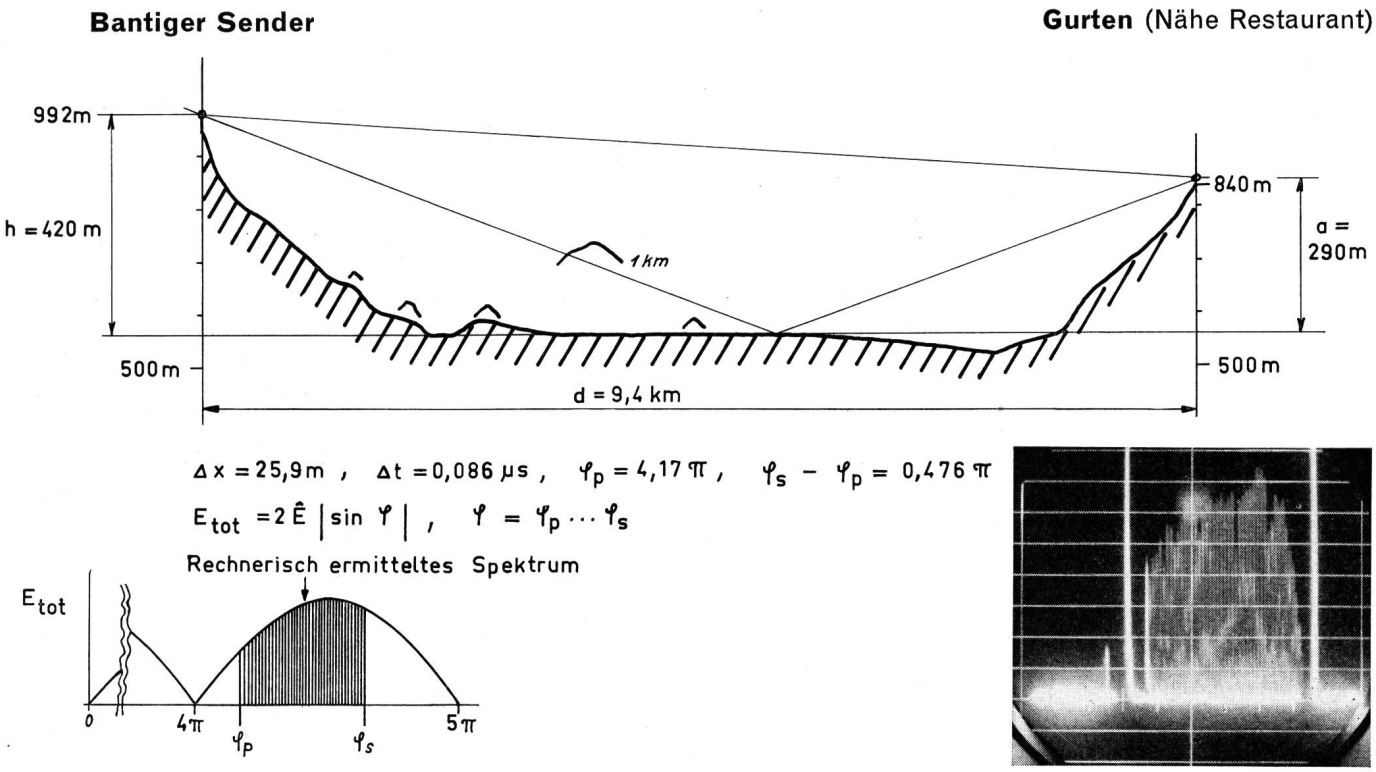
Figur 12 ist ein Beispiel für relativ grosse Zeitdifferenzen; es ist charakteristisch für stark gebirgiges Gelände. Eine zuverlässige Interpretation des Messergebnisses ist des beschränkten Auflösungsvermögens der Messanordnung wegen nicht mehr möglich. In solchen Fällen drängt sich naturgemäss die Zeitbasismethode auf.

### 3. Messergebnisse in überbauten Gebieten

Aus den früheren Beispielen ist ersichtlich, dass schon wenige Meter Wegdifferenz zwischen direktem und indirektem Signal beträchtliche Amplitudengangschwankungen verursachen können. Wegdifferenzen dieser Grössenordnung sind in überbauten Gebieten besonders häufig anzutreffen. Sie sind in der Regel auf verhältnismässig empfangsantennennahe Reflexionsstellen zurückzuführen. Mehrwege-Ausbreitungsprobleme dieser Art sind sehr komplex; sie entziehen sich normalerweise als Einzelfall einer rechnerischen Behandlung.

Figur 13 zeigt den Einfluss eines alleinstehenden Hauses auf freiem Feld. Die Empfangsantenne befand sich zwischen Sender und Haus. Der störende Einfluss des Gebäudes war auf eine Entfernung von rund 200 m festzustellen; in 40 m Entfernung traten Amplitudengangschwankungen von etwa 3 db auf.

In Figur 14 sind einige charakteristische Spektren für ungünstige Empfangslagen in stark besiedelten Gebieten wiedergegeben (Altstadt Bern, Nähe Aareufer). Auffallend ist hier die starke Abhängigkeit des spektralen Verlaufs vom Antennenstandort. Es ist zu beachten, dass alle Messungen empfangsseitig mit einem einfachen Faltdipol durchgeführt wurden. Da, im Gegensatz zu den ersten Beispielen, in überbauten Gebieten zwischen dem direkten Signal und den reflektierten Signalen im Mittel relativ grosse Winkel auftreten, kann hier eine Antenne mit mässiger Richtwirkung den Empfang bereits wesentlich verbessern.




Gemessenes Spektrum

Fig. 10. Vergleich rechnerisch ermittelter und gemessener Spektren

## II.

Im folgenden wird über statistische Spektruntersuchungen an den Antennenklemmen von Heim-Empfängern berichtet. Die Messungen erstreckten sich auf die Städte Bern und Biel, die beide im Versorgungsbereich des Fernsehsenders Bantiger liegen. Sie wurden im Frühsommer 1957 durchgeführt. Die Versuchsanordnung war im wesentlichen dieselbe wie bei den früheren Messungen (siehe Fig. 5 und 7).

*Allgemeine Angaben*

Die Auswahl der Empfangsstellen geschah auf statistischer Grundlage. Während in Biel aus apparativen Gründen nur signalstarke, nach dem Bantiger orientierte Aussenantennen in Frage kamen, konnte die Auswahl in Bern, der grossen Sendernähe wegen, ohne Rücksicht auf den Antennentyp vorgenommen werden. Die für den Empfang des Bantigersenders benutzten Antennenarten waren hier wie folgt vertreten:

| | |
|---|---|
| Antennen für Kanal 2, Bantiger-Orientierung | 53 % |
| Antennen für Kanal 4, La Dôle-Orientierung | 15 % |
| Antennen für Kanal 8, Feldberg-Orientierung | 10 % |
| Kombinierte Antennen, verstellbare Innenantennen | 5 % |
| Unbekannte Antennentypen, (meist Estrichantennen) | 17 % |
| Total | 100 % |

Rund ein Drittel der spezifischen Bantigerantennen in Bern wiesen ein Dämpfungsnetzwerk auf. Die Zahl der Meßstellen betrug in Bern 78, in Biel 20. Es wurden bei jeder Meßstelle in kurzer zeitlicher Folge zwei photographische Aufnahmen gemacht und später beide ausgewertet. Auf diese Weise war es möglich, nicht interessierende Störungen, zum Beispiel Zündstörungen von Motorfahrzeugen, weitgehend von den durch Mehrwegeausbreitung bedingten Spektrumsschwankungen zu trennen.

*Darstellung der Ergebnisse*

Symbole:

A = Amplitudenwert im Oszillogramm (willkürliche Einheit);
f* = f—fp = Videofrequenz, die mit der trägerfrequenten Komponente des oberen Seitenbandes korrespondiert.

Die Auswertung der Spektrumaufnahmen musste sich aus praktischen Gründen auf das obere Seitenband beschränken. Es wurden folgende statistisch erfassbare Schwankungswerte ermittelt:

a) Maximale trägerfrequente Amplitudengangschwankung innerhalb eines bestimmten Frequenzbereichs, $V = 20 \log \frac{A_{max}}{A_{min}}$ (db);

b) Anzahl ausgeprägter Sinushalbwellen-Maxima und -Minima Z innerhalb eines bestimmten Frequenzbereichs (einzeln gezählt, Schwankung $\geq$ 2 db).

Die Ordinate in den Diagrammen gibt den Prozentsatz der Meßstellen mit Schwankungen $\leq$ V bzw. Z an. Man entnimmt also beispielsweise dem Diagramm der Figur 15, dass die Schwankungen V im korrespondierenden Videofrequenzintervall f* = 0,5 bis 4,5 MHz bei 50 % aller Meßstellen mit spezifischer Bantigerantenne innerhalb 6,6 db lagen.

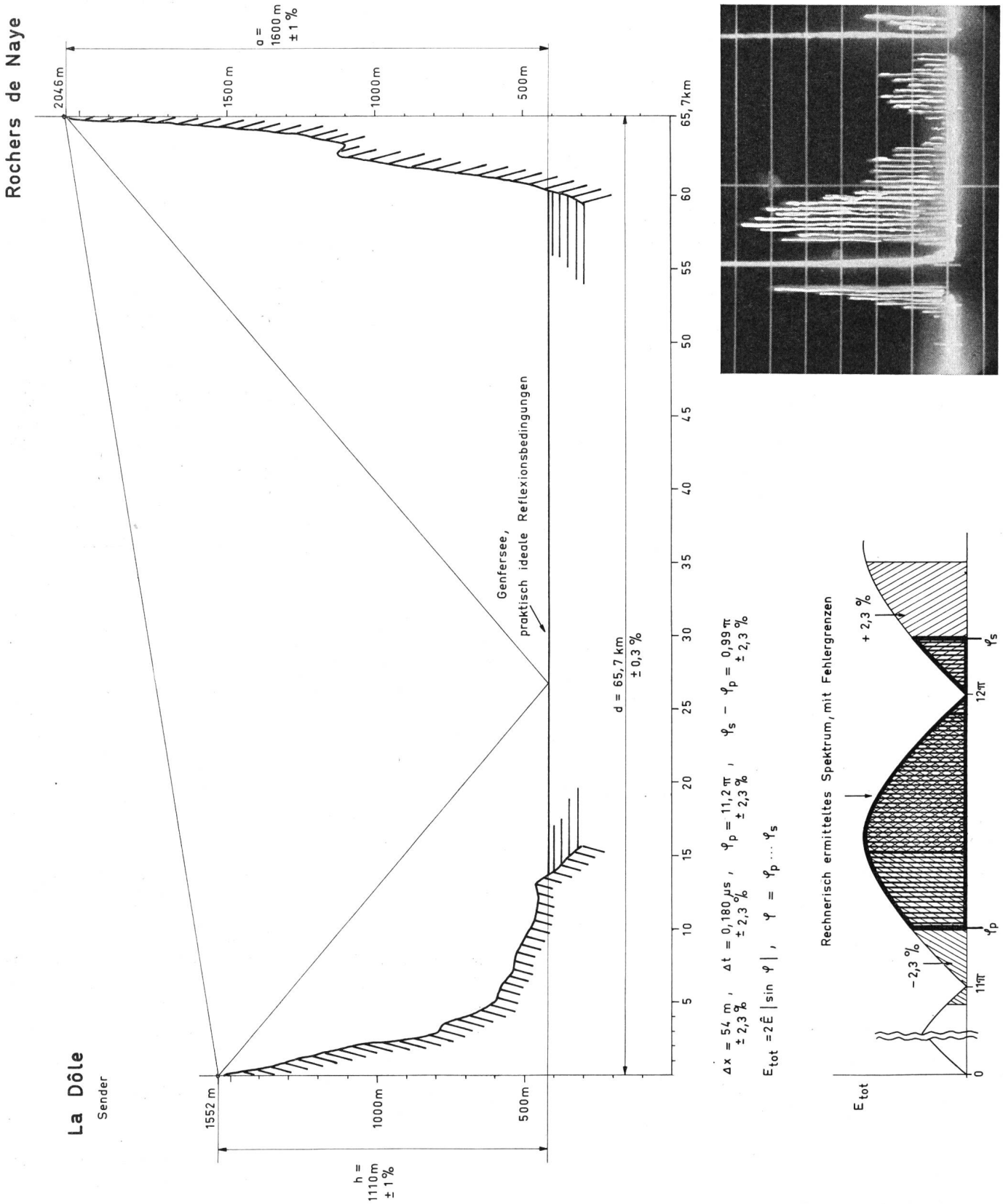
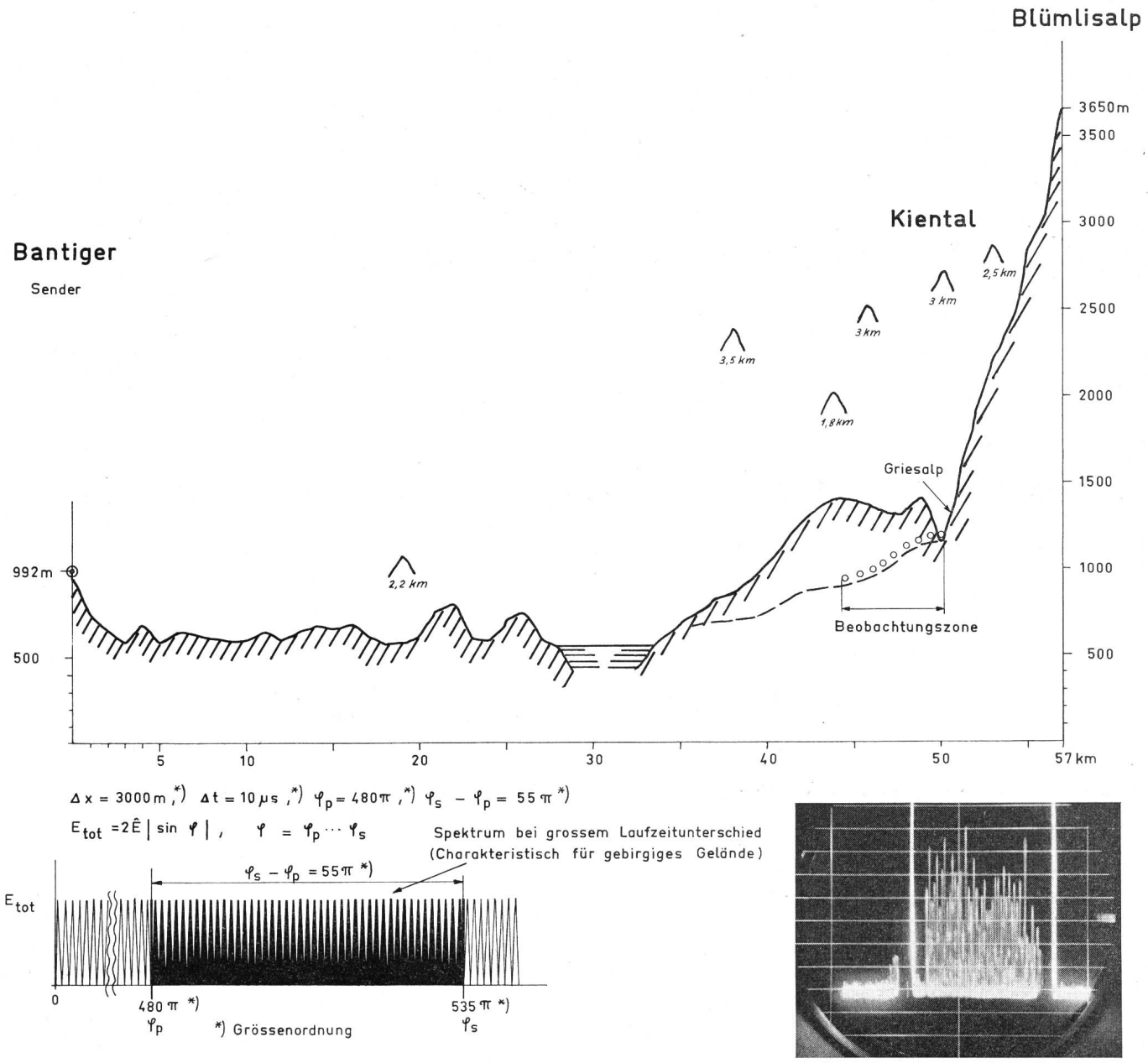



Fig. 11. Vergleich rechnerisch ermittelter und gemessener Spektren

*Diskussion*

Die Diagramme der Figuren 15 und 16 weisen auf relativ grosse Amplitudengangschwankungen hin, die mit steigender Bandbreite stark zunehmen. Ein Vergleich der ausgezogenen und gestrichelten Kurven in Figur 16 zeigt, dass der Empfangsantennentyp das Messergebnis im Mittel nur wenig beeinflusst; auch bei «korrekten» Antennen ergaben sich verhältnismässig schlechte Spektren. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass etwa 20 % der letzteren einfache Zimmerantennen waren, die von empfangsnahen Reflexionsherden besonders stark beeinflusst werden.




Typisches Messergebnis (s. Text)

Fig. 12. Beispiel für grosse Laufzeitunterschiede zwischen direktem Signal und reflektierten Signalen

Aus den Figuren 17 und 18 ist ersichtlich, dass die Amplitudengangschwankungen in den verschiedenen Spektralbereichen nur wenig differieren.

Die Diagramme der Figuren 19 und 20 zeigen, dass die Zahl der ausgeprägten Sinushalbwellen-Maxima und -Minima ungefähr proportional zur Bandbreite ansteigt.

*Empfänger-Eingangsimpedanz*

Während die verwendete Messausrüstung für das Antennenkabel einen annähernd idealen Abschlusswiderstand darstellte, sind bei Heimempfängern oft bedeutende Fehlanpassungen zwischen Antennenzuleitung und Empfängereingang festzustellen. So ergaben sich beispielsweise bei einigen im Labor ausgemessenen Empfängern bei Kanal 2 Spannungs-Stehwellenverhältnisse zwischen 1,5 und 6. Es ist mithin mit beträchtlichen zusätzlichen Spektrumschwankungen zu rechnen. Diese dürfen aber nicht ohne weiteres im Sinne einer weiteren Signalverschlechterung gedeutet werden; es ist im Gegenteil durchaus denkbar, dass bei der empirischen Wahl des günstigsten Antennenstandortes in einzelnen Fällen Anpassungsfehler durch Ausbreitungsfehler teilweise kompensiert werden. Die quantitative Erfassung solcher Faktoren stösst auf erhebliche praktische Schwierigkeiten.

## III.

*Spektrumverzerrungen und Farbfernsehen*

Die Ergebnisse der Untersuchungen lassen erwarten, dass dem hochfrequenten Übertragungsweg beim Farbfernsehen in besonders hohem Masse die Rolle eines schwachen Gliedes in der Übertragungskette zukommt. Während bei den technischen Einrichtungen, wie Richtstrahlanlagen, Sendern usw., eine

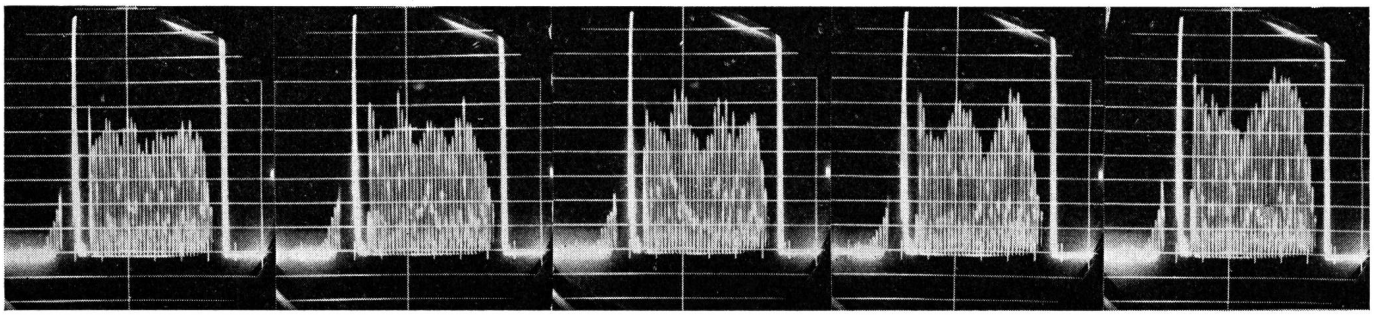


Fig. 13. Einfluss eines alleinstehenden Hauses in freiem Feld. Die Empfangsantenne (einfacher Faltdipol) befand sich zwischen Sender und Haus. Die Distanzen zwischen Empfangsantenne und Haus betrugen, von links nach rechts, rund 200 m, 140 m, 100 m, 65 m und 40 m

Verbesserung der Übertragungseigenschaften kaum auf grundsätzliche Schwierigkeiten stossen dürfte, entzieht sich der hochfrequente Übertragungsweg teilweise der äusseren Kontrolle. Dieser Umstand ist bei der Systemwahl zu berücksichtigen. In der nachfolgenden Zusammenfassung wird auf die wichtigsten Punkte noch im einzelnen eingegangen.

1. Beim Heimfernsehen ist für durchschnittliche Empfangsverhältnisse, als Folge des Mehrwege-Empfangs, mit verhältnismässig grossen Amplitudengangfehlern zu rechnen. Die Störungen werden dabei oft durch Reflexionsherde verursacht, die, vom Sender aus gesehen, relativ nahe bei der Empfangsantenne liegen. Diese Amplitudengangfehler haben grundsätzlich die Form überlagerter Sinushalbwellen. Es ist anzunehmen, dass sie die Qualität des Farbbildes stärker beeinträchtigen als jene des Schwarz-Weiss-Bildes.
2. Die Amplitudengangfehler wachsen im Mittel mit steigender Breite des trägerfrequenten Übertragungskanals stark an. Für Systeme grosser Bandbreite können sich daraus erhebliche praktische Schwierigkeiten ergeben. Es stellt sich die Frage, wie weit die im praktischen Fall der drahtlosen Übertragung erzielbare mittlere Bildqualität von der inhärenten Systemqualität abweicht.
3. Bei gleichen Ausbreitungs- und Empfangsbedingungen können weder die Bildträgerfrequenz noch die relative Bandbreite des trägerfrequenten Signals als charakteristische Mehrwege-Empfangsgrössen betrachtet werden. Massgebend für das Ausmass der Verzerrungen ist in diesem Fall die absolute Bandbreite und die Zeitdifferenz zwischen direktem und reflektiertem Signal.
4. In überbauten Gebieten tragen hochgelegene Empfangsantennen mit ausgeprägter Richtwirkung wesentlich zur Verminderung der Spektrumschwankungen bei.
5. Das Amplitudenverhältnis der den verschiedenen Trägern aufmodulierten Farbsignale (auch das Helligkeitssignal ist im weitesten Sinne ein Teil der Farbinformation) kann, als Folge des Mehrwegeempfangs, starken Schwankungen unterworfen sein. Dies erfordert beim Empfänger entsprechende Korrekturmöglichkeiten.
6. Farbfernsehsysteme mit verschwindender Farbhilfsträgerinformation bei Weiss und neutralem Grau (z. B. NTSC-System) dürften bei normalen Bildinhalten, das heisst bei schwach gesättigten Farben, bezüglich Mehrwegeempfang andern Systemen überlegen sein.
7. Bei der Wahl des Standortes von Fernsehsendern und Umsetzern ist darauf zu achten, dass allfällige, durch sendeantennenahe Bodenreflexionen bedingte Zonen mit Spektrumverzerrungen nicht in stark besiedelte Gebiete fallen.
8. Bei der Wahl des Standortes von Umsetzern sollten bei kleineren Übertragungsdistanzen zwischen Muttersender und Tochtersender grosse effektive Sende- *und* Empfangsantennenhöhen nach Möglichkeit vermieden werden.

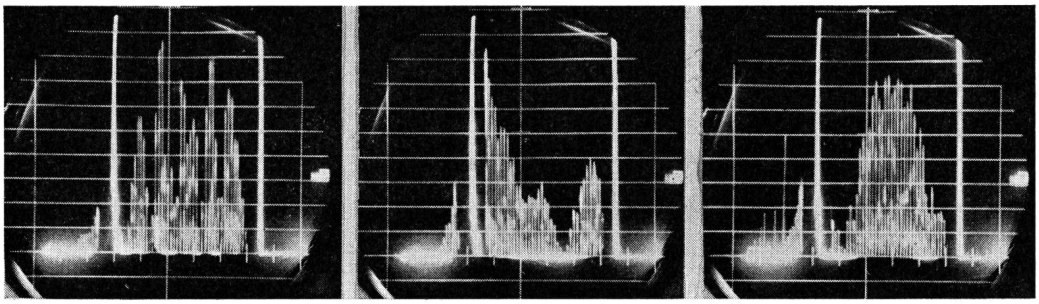


Fig. 14. Typische Spektren für ungünstige Empfangslagen in stark besiedelten Gebieten. Zwischen der mittleren Aufnahme und der Aufnahme rechts aussen wurde die Empfangsantenne nur 1 m verschoben

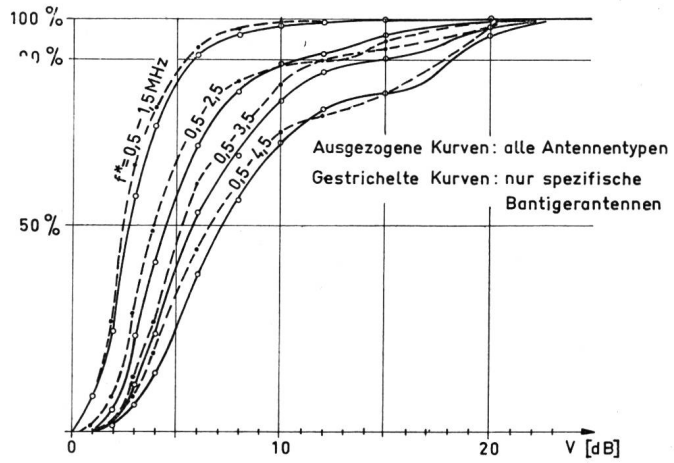



Fig. 15. Maximale trägerfrequente Amplitudengangschwankung V bei verschiedenen Bandbreiten; Messort Bern

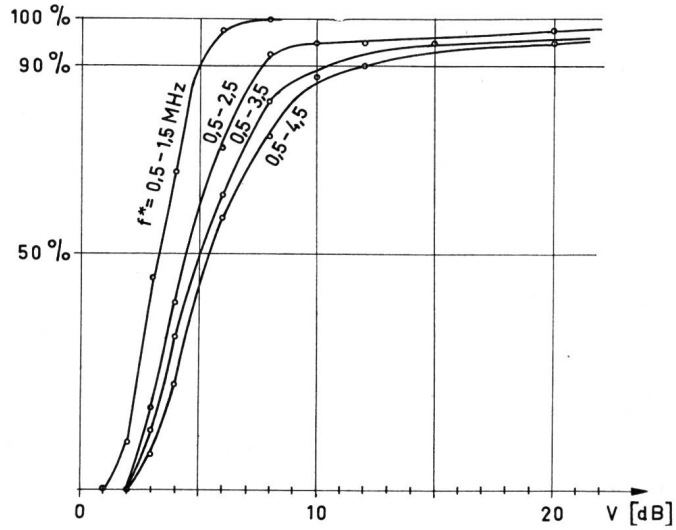



Fig. 16. Maximale trägerfrequente Amplitudengangschwankung V bei verschiedenen Bandbreiten; Messort Biel

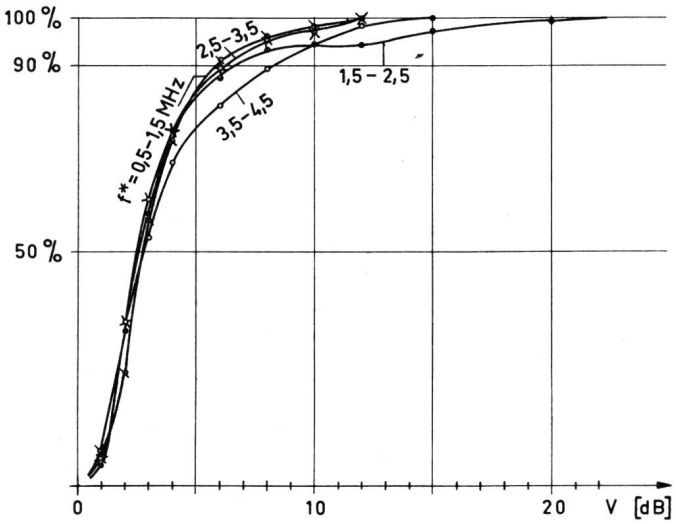



Fig. 17. Maximale trägerfrequente Amplitudengangschwankung V in verschiedenen Spektralbereichen gleicher Bandbreite; Messort Bern

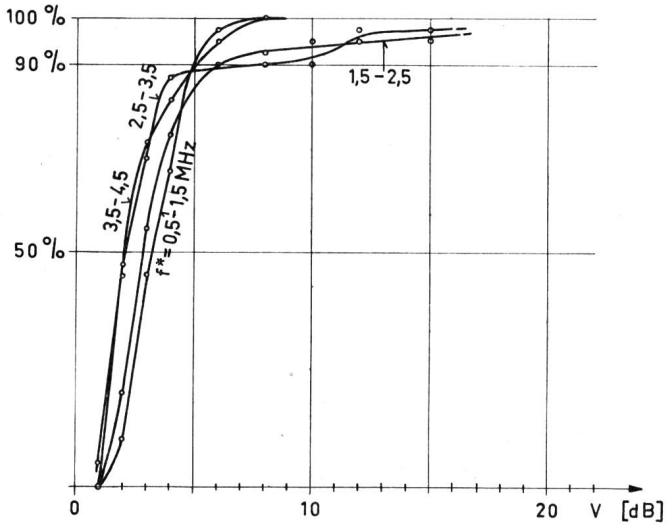



Fig. 18. Maximale trägerfrequente Amplitudengangschwankung V in verschiedenen Spektralbereichen gleicher Bandbreite; Messort Biel

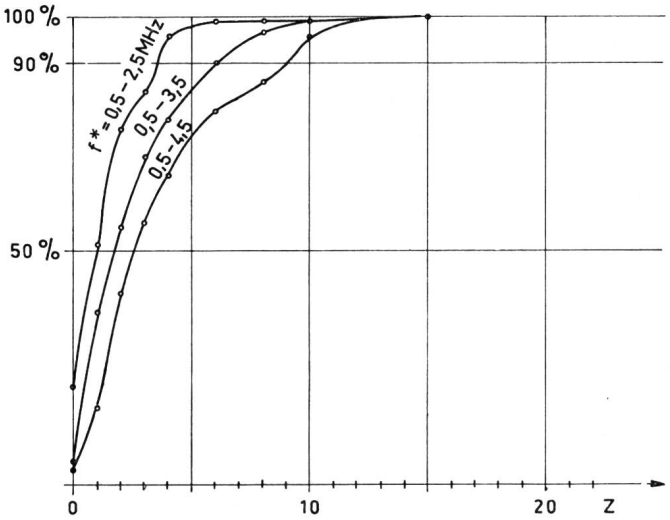



Fig. 19. Zahl der ausgeprägten Sinushalbwellen-Maxima und -Minima Z; Messort Bern

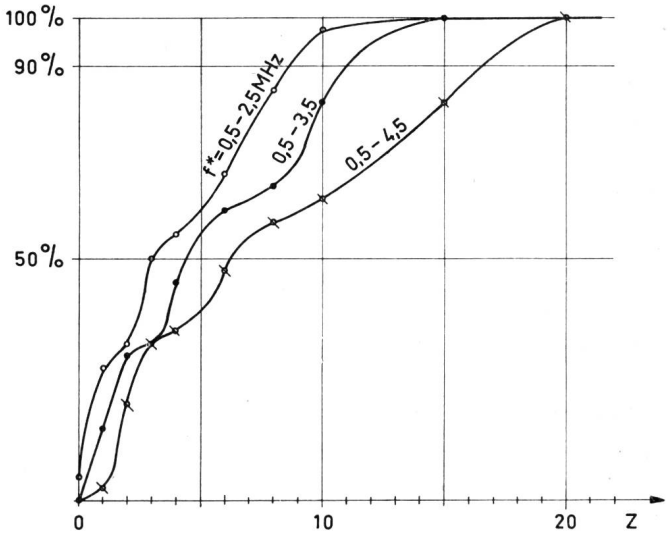



Fig. 20. Zahl der ausgeprägten Sinushalbwellen-Maxima und -Minima Z; Messort Biel

**Bibliographie**

1. *W. Gerber* und *F. Tank.* Über die Ausbreitung der Ultrakurzwellen in der Schweiz. In: Probleme des Fernsehens. Vorträge und Diskussionsberichte. I. Internationale Fernseh-Tagung in Zürich, 19. bis 21. September 1938, veranstaltet von der Physikalischen Gesellschaft Zürich. Sonderheft Schweiz. Arch. f. angew. Wissensch. u. Techn. Solothurn 1938.
2. *W. Klein* und *J. Dufour.* Rundspruchversuche mit frequenzmodulierten Ultrakurzwellen. Techn. Mitt." PTT 1948, Nr. 1, S. 1...21; Nr. 2, S. 61...83.
3. *S. Goldman.* Frequency Analysis, Modulation and Noise. New York 1948.
4. *A. B. Crawford* and *W. C. Jakes, Jr.* Selective Fading of Microwaves. Bell Syst. Techn. J. **31** (1952), 68.
5. *V. K. Zworykin* and *G. A. Morton.* Television. 2nd Edition. New York 1954.
6. *H. Meinke* und *F. W. Gundlach.* Taschenbuch der Hochfrequenztechnik. Berlin 1956.

# Untersuchungen über das Startvermögen und die Lebensdauer von Automobil-Akkumulatoren

Von *Th. Gerber*, Bern

621.355

**Zusammenfassung.** *Einleitend werden kurz die Massnahmen besprochen, durch die es den Akkumulatorenherstellern in den letzten Jahren gelang, die Qualität der sogenannten Starterbatterien wesentlich zu verbessern. Anschliessend folgt die Beschreibung mehrerer Laboratoriumsversuche, deren Ergebnisse zeigen, dass dank diesen Fortschritten die Startleistungen bei normalen, ganz besonders aber bei tiefen Temperaturen wesentlich erhöht und die Lebensdauer der Batterien selbst bei ungünstigen Betriebsverhältnissen verlängert worden sind. Für verschiedene, sich im Aufbau unterscheidende Batterietypen werden für die drei Kriterien Warmstartvermögen, Kaltstartvermögen und Lebensdauer Zahlenwerte angegeben, die die vergleichende quantitative Beurteilung der einzelnen Typen ermöglichen.*

## EINLEITUNG

In der Fabrikation von Automobilakkumulatoren, auch Starterbatterien genannt, sind seit Beginn dieses Jahrzehnts wesentliche Fortschritte erzielt worden. Wohl sind die erreichten Verbesserungen zum Teil in Firmenschriften usw. beschrieben, da aber eine eigentliche Fachliteratur auf diesem Gebiet des Akkumulatorenbaus fehlt, ist es für den Aussenstehenden schwierig, sich ein konkretes Bild über das Erreichte zu machen. Aus dieser Erwägung heraus ist die vorliegende Veröffentlichung entstanden; sie bezweckt, die Fortschritte bekanntzugeben und auf Grund von Laboratoriumsuntersuchungen die quantitativen Auswirkungen der von den Akkumulatorenfabriken erreichten Verbesserungen aufzuzeigen. In die letzten Fabrikationsgeheimnisse kann dabei natürlich nicht eingedrungen werden.

Die ersten hier durchgeführten Untersuchungen reichen etwa in das Jahr 1950 zurück. Dies war der Zeitpunkt, in dem sowohl Batterien alter als auch neuer Konstruktion zur Verfügung standen, was den Vergleich verschiedener Batterietypen wesentlich erleichterte.

Wenn bis jetzt und auch weiterhin stets nur von Batterie-*Typen* die Rede ist, so soll damit festgehalten werden, dass es dabei nicht etwa um den Vergleich oder sogar um die Beurteilung von Batterie-*Fabrikaten* geht. Es handelt sich hier einzig und allein darum, Einflüsse des Materials, des Aufbaus, der

# Essais sur la puissance de démarrage et la longévité d'accumulateurs d'automobiles

Par *Th. Gerber*, Berne

**Résumé.** *L'auteur décrit brièvement, pour commencer, les moyens grâce auxquels les fabricants d'accumulateurs sont parvenus, ces dernières années, à améliorer considérablement les batteries de démarrage. Il décrit ensuite des essais faits en laboratoire, dont les résultats montrent l'augmentation des puissances de démarrage, particulièrement aux basses températures, et la prolongation de la vie des batteries même dans les conditions d'exploitation les plus défavorables. Pour divers types de batteries sont indiquées, d'après les trois critères puissance de démarrage à chaud, puissance de démarrage à froid et longévité, des valeurs permettant de comparer quantitativement entre eux les différents types d'accumulateurs.*

## INTRODUCTION

Au cours de cette dernière décennie, des progrès considérables ont été réalisés dans la fabrication des accumulateurs d'automobiles, dits batteries de démarrage. Une partie de ces améliorations sont décrites dans les revues publiées par les fabricants, mais comme il n'existe pas de littérature spécialisée dans le domaine de la construction des accumulateurs, le profane a quelque peine à se faire une idée des résultats obtenus. C'est pourquoi cet article a été écrit; son but est de faire connaître les progrès auxquels on est arrivé et, d'après des essais faits en laboratoire, les résultats quantitatifs des améliorations apportées par les fabricants. Il n'est évidemment pas possible de pénétrer dans les derniers secrets de fabrication.

Les premiers essais remontent à 1950. On disposait alors de batteries d'ancienne et de nouvelle construction, ce qui facilita la comparaison entre les divers types.

S'il n'est question dans le présent article que de *types* de batteries, il convient de préciser qu'il ne s'agit pas de comparer entre elles des batteries de différentes *marques*, ni d'émettre une appréciation quelconque à leur sujet. Il s'agit simplement de montrer l'influence exercée par le matériel employé, la construction, etc., c'est-à-dire les différences entre les types. Pour apprécier correctement les essais et leurs résultats, quelques renseignements sur la cons-