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

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe

Band: 48 (1970)

Heft: 8

Artikel: Statistische Messungen der Feldstärkeverteilung bei Fahrzeug-Telephonanlagen

Autor: Grüssi, Otto

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-876068

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

Statistische Messungen der Feldstärkeverteilung bei Fahrzeug-Telephonanlagen

Otto GRÜSSI, Bern

621.317.328.023:621.396.931

Zusammenfassung. *Feldstärkeregistrierungen und -auswertungen erfordern einen verhältnismässig grossen Arbeitsaufwand. Es wird gezeigt, wie diese Arbeiten mit Hilfe eines automatischen Statistik-Druckers wesentlich schneller ausgeführt werden können. Dieser druckt während der Fahrt die prozentuale Feldverteilung je Kilometer Fahrstrecke auf einen Papierstreifen. Das Messprinzip und die Funktionsweise eines solchen Gerätes werden beschrieben. Abschliessend folgt eine Diskussion der Messergebnisse.*

Résumé. *Les enregistrements et les analyses de l'intensité de champ exigent un travail relativement considérable. L'auteur montre une manière d'exécuter ces travaux plus rapidement à l'aide d'un imprimeur automatique de statistique, qui, pendant la course, enregistre sur une bande de papier la répartition proportionnelle du champ par kilomètre. Il décrit le principe de la mesure et le fonctionnement de l'appareil. L'article se termine par la discussion des résultats des mesures.*

Misurazioni statistiche della distribuzione dell'intensità di campo per gli impianti telefonici su veicoli

Riassunto. *Le registrazioni dell'intensità di campo e la valutazione dei valori ottenuti richiedono relativamente molto lavoro. Si dimostra come questi lavori possono essere eseguiti con maggiore rapidità se si utilizza a tale scopo un registratore automatico di statistica. Questo stampa durante il viaggio su una striscia di carta la distribuzione percentuale del campo per ogni chilometro di strada percorso. Si illustra quindi il principio della misurazione e del funzionamento di un simile apparecchio. Per concludere segue una relazione sui risultati delle misurazioni.*

1. Einleitung

Bei der Planung von Autotelephonnetzen müssen immer wieder die Ausbreitungsverhältnisse untersucht werden. Dazu sind umfangreiche Feldstärkemessungen erforderlich.

Da der mobile Teilnehmer seinen Standort ständig wechselt, ändert sich auch die HF-Übertragungsdämpfung fortwährend. Diese Tatsache lässt sich messtechnisch nachweisen, indem die Feldstärke im Fahrzeug registriert wird. Ihr typischer Verlauf entlang eines Strassenstückes von 1 km ist aus *Figur 1* ersichtlich. Der Papiervorschub dieser Registrierung wird von der Radachse mit Hilfe einer flexiblen Welle gesteuert. Somit ist die Aufzeichnung proportional zur zurückgelegten Wegstrecke. Soll der Schreiber imstande sein, dem tatsächlichen UKW-Feldstärkeverlauf zu folgen, muss die Fahrgeschwindigkeit weit unter 10 km/h liegen. Eine derartige Messung erfordert aber sehr viel Zeit und stört unter Umständen den Verkehr. Dagegen lässt sich die Grobstruktur noch bei verhältnismässig hohen Geschwindigkeiten aufzeichnen, wenn mit einer Zeitkonstante von etwa 1s registriert wird. Diese Schwankungen werden durch die dämpfende Wirkung der Geländeunebenheiten, wie Häuser, Hügel, Wälder usw., verursacht. Hindernisse dieser Grösse bewirken bei mittleren Geschwindigkeiten auf dem Registrierstreifen noch deutlich feststellbare Amplitudenschwankungen. Die schnellen regelmässigen Einbrüche, die durch Bodenreflexionen entstehen und die Feinstruktur des Feldes bilden, werden nicht mehr aufgezeichnet. Trotzdem ist es möglich, zwischen dem tatsächlichen Feldstärkeverlauf und der Grobstruktur eine Beziehung zu finden, wenn man stichprobeweise einige genügend lange Teilstrecken getrennt untersucht hinsichtlich ihrer Grob- und Feinstruktur. Es zeigt sich dabei, dass im UKW-Bereich beide Strukturen logarithmisch normal verteilt sind. Bei nur gelegentlichen Untersuchungen ist diese Messmethode durchaus vertretbar, bei häufig wiederkehrenden Untersuchungen aber ist der Zeitaufwand zu gross.

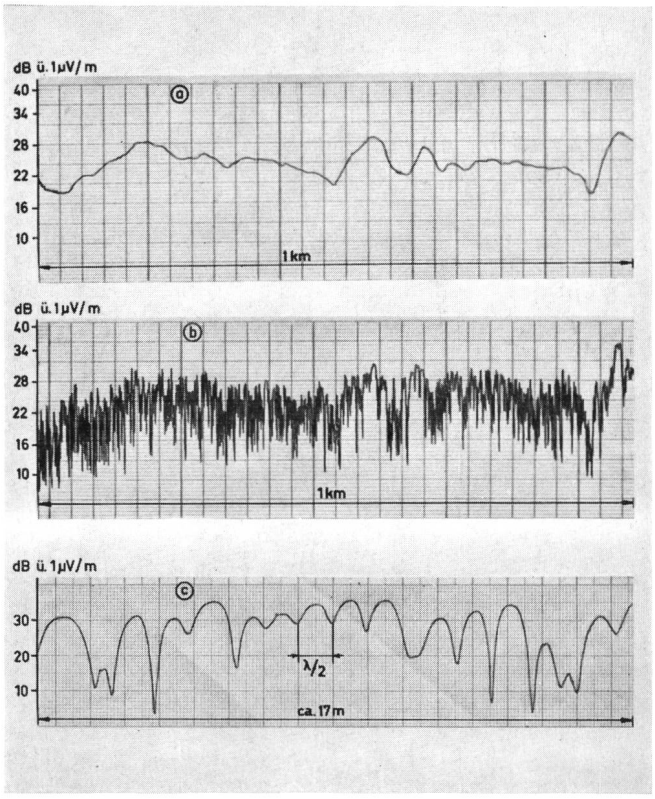


Fig. 1
Feldstärkeschwankungen auf einem Strassenstück von 1 km Länge
Variations du champ le long d'un tronçon de route de 1 km

a) Grobstruktur bei einer Fahrgeschwindigkeit von ~40 km/h, Schreiberzeitkonstante ~1 s – Structure grossière, vitesse du véhicule environ 40 km/h, constante de temps de l'enregistreur ~1 s
b) Grobstruktur und unvollständig wiedergegebene Feinstruktur. Fahrgeschwindigkeit ~40 km/h, Schreiberzeitkonstante ~0,25 s – Structure grossière et structure fine reproduite partiellement. Vitesse du véhicule 40 km/h, constante de temps de l'enregistreur ~0,25 s
c) Grob- und Feinstruktur – Structure grossière et fine

Fig. 2
Automatischer Statistikdrucker
Dispositif imprimeur automatique de statistique

Um in Zukunft diese Arbeiten rationeller ausführen zu können, wurde der anschliessend beschriebene Feldstärkemesser mit automatischem Statistik-Drucker entwickelt *(Fig. 2)*.

2. Wahl des Messprinzips und der Dimensionierungsgrössen

Der Verlauf einer kontinuierlichen Schwingung lässt sich durch periodisches Abtasten bestimmen, wenn man in regelmässigen Zeitabständen den augenblicklichen Amplitudenwert misst. Gemäss dem Abtasttheorem muss dabei die Abtastfrequenz mindestens zweimal grösser sein als die obere spektrale Grenze des kontinuierlichen Signals.

Betrachtet man den Schwingungsverlauf der Feinstruktur in Figur 1, so müsste im 160-MHz-Band mindestens alle $\lambda/4$-Wellenlängen, oder nach ungefähr 50 cm, eine Abtastung erfolgen. Zum Erfassen der Grobstruktur genügt es jedoch, wenn die Abtastungen bei konstanter Fahrgeschwindigkeit in regelmässigen Abständen von 10 m vorgenommen werden. Da man nicht den genauen Schwingungsverlauf, sondern nur die statistische Amplitudenverteilung kennen möchte, genügt eine weniger präzise Abtastung. Man weiss nämlich von der mathematischen Statistik, dass eine Normalverteilung durch den Medianwert und die Streuung (mittlere quadratische Abweichung) eindeutig festgelegt ist. Wenn man also der Grundgesamtheit eine Stichprobe entnimmt, kann man mit einer voraussehbaren Wahrscheinlichkeit den Mittelwert und die Streuung bestimmen. In diesem Falle entspricht die Streuung der Grundgesamtheit der Summenstreuung aus der Grob- und Feinstruktur, weil die Abtastzeit wesentlich kleiner ist, als man zum Durchfahren eines $\lambda/4$-Wegstückes benötigt. Zu beachten ist ferner, dass der Stichprobenumfang von der gewünschten Sicherheit abhängt, mit der der Mittelwert und die Streuung erfasst werden sollen.

Zum Bestimmen des Feldstärkemittelwertes ist eine Messgenauigkeit $\Delta \bar{x}$ von etwa $\pm$ 1 dB erwünscht. Von früheren Messungen ist bekannt, dass in unserem Gelände die Feldstärkestreuung σ auf einem Strassenstück von 1 km innerhalb von 5...8 dB liegt. Mit Hilfe der statistischen Wahrscheinlichkeitstheorie kann daraus die erforderliche Anzahl Messpunkte n ermittelt werden, um die Messtoleranz mit s-prozentiger Sicherheit einzuhalten. Hierfür gilt

$$\Delta \bar{x} = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot k_s$$

Die Grösse des Faktors k_s ist von der gewünschten Aussagesicherheit abhängig. Zum Erreichen einer 90%igen Sicherheit beträgt $k_s \approx 1{,}6$; für eine 95%ige ≈ 2 und für eine 99%ige $\approx 2{,}6$. Daraus ergibt sich, dass man etwa 65...170 Messpunkte benötigt, vorausgesetzt, dass der Mittelwert mit 90%iger Sicherheit auf $\pm$ 1 dB Genauigkeit bestimmt werden soll. Aus Zweckmässigkeit sei eine Messstrecke von 1 km gewählt mit 100 regelmässig verteilten Messpunkten. Man erhält so direkt eine Anzeige in Prozenten.

Bei Bedarf soll es möglich sein, die Messwerte graphisch als Summenhäufigkeitskurve darzustellen. Ihr Verlauf sollte auf dem Wahrscheinlichkeitspapier durch mindestens drei Punkte fixiert sein. In diesem Fall müssen die Messwerte auf drei Klassen verteilt sein.

Die Klassenbreite ΔK lässt sich wiederum mit Hilfe der statistischen Wahrscheinlichkeitstheorie bestimmen. Es gilt nämlich

$$3 \Delta K \leq 2 \sigma k_s$$

Fordert man, dass im Maximum 99% der Messwerte innerhalb $3 \Delta K$ liegen, so muss man eine Klassenbreite ΔK von $\approx$ 10 dB wählen. Eine feinere Abstufung erübrigt sich, da erfahrungsgemäss die Streuung nie unter 4...5 dB sinkt. Die Klassen werden im Messgerät durch eine stufenweise Veränderung der Empfänger-Ansprechempfindlichkeit gebildet.

Die Anzahl Überschreitungen jeder Stufenansprechgrenze wird laufend in getrennten Zählwerken summiert. Nach 100 Abtastungen, das heisst nach 1 km Fahrt wird die Zähleranzeige direkt als prozentuale Summenhäufigkeit auf einen Papierstreifen ausgedruckt.

Innerhalb des Versorgungsbereiches eines Autotelephonsenders ändert der Feldstärkemedianwert auf einer 1 km langen Fahrstrecke bis zu etwa 60 dB. Das erfordert bei einer Klassenbreite von 10 dB insgesamt 7 Dämpfungsstufen zur Steuerung der Empfänger-Ansprechempfindlich-

keit, wobei die direkte Durchschaltung auch mit einbezogen ist. Alle 10 m werden die Dämpfungsglieder der Reihe nach zwischen die Antenne und den Empfängereingang geschaltet. Zum An- und Abschalten einer Dämpfungsstufe steht demnach folgende Zeit zur Verfügung

$$\Delta T = \frac{10\ m}{7 \cdot v}$$

v bezeichnet die Fahrgeschwindigkeit in m/s.

Eine maximale Fahrgeschwindigkeit von 90 km/h darf während des Messens als ausreichend angenommen werden. Somit erhält man für $\Delta T = 57$ ms.

Soll die Auswertung Auskunft über die Gesamtstruktur der Feldverteilung liefern, muss die Abtastzeit Δt klein sein gegenüber der benötigten Zeit zum Durchfahren eines $\lambda/2$ langen Wegstückes, das heisst

$$\Delta t < \frac{\lambda}{2\,v}$$

Im 160-MHz-Band erhält man damit bei einer Geschwindigkeit von 90 km/h eine Abtastzeit $\Delta t < 40$ ms.

Die Länge des NF-Ausgangsimpulses entspricht der Abtastzeit. Um Falschanzeigen möglichst zu vermeiden, muss auf eine wirksame Fremdstör- und Geräuschunterdrückung geachtet werden. Deshalb schickt man das Signal durch ein NF-Bandpassfilter. Die Filtereinschwingzeit darf nicht länger sein als die Impulslänge Δt. Diese Bedingung ist erfüllt, wenn die Filterbandbreite Δf folgenden Wert nicht unterschreitet

$$\Delta f \geq \frac{1}{\Delta t}$$

3. Aufbau und Wirkungsweise des Gerätes

Der funktionelle Aufbau des Gerätes ist im Blockschema der *Figur 3* dargestellt.

Aus Stabilitäts- und Selektivitätsgründen wird mit Vorteil ein normales Fahrzeugsprechfunkgerät als Messempfänger verwendet. Als Messgrösse dient nicht die sonst übliche Regelspannung, sondern das NF-Ausgangssignal. Deshalb muss im Gegensatz zu den herkömmlichen Feldstärkemessungen das Sendesignal dauernd moduliert sein; beispielsweise mit einem Sinuston von 1000 Hz, wobei auf eine möglichst grosse Aussteuerung zu achten ist. Es kann sowohl Frequenz- als auch Amplitudenmodulation verwendet werden. Die Messung des NF-Signals geschieht selektiv. Das hat zur Folge, dass man auch bei grossem äusseren HF-Störpegel (zum Beispiel Autozündstörungen) noch zuverlässig messen kann. Gleichzeitig resultiert dank der schmalen NF-Bandbreite eine grössere Messempfindlichkeit. Hinter dem NF-Bandfilter wird das Signal gleichgerichtet und einem stabilen Schwellwertschalter zugeführt. Seine Ansprechschwelle wird dabei unter die übliche HF-Empfindlichkeitsgrenze des Sprechfunkempfängers gelegt, dort wo das NF-Signal stark abfällt. Da dieser Arbeitspunkt des Empfängers äusserst stabil ist, erhält man auf diese Weise eine eindeutige Ansprechschwelle. Mit dieser Anordnung können Empfänger-Eingangsspannungen von 0,1... 0,3 μV noch richtig gemessen werden.

Am Empfängereingang wird das HF-Signal mit Hilfe eines steuerbaren Attenuators in 10-dB-Stufen von 60...0 dB gedämpft. Dadurch wird, wie in *Figur 4* dargestellt ist, die HF-Ansprechschwelle von beispielsweise 0,3 μV bei 0 dB

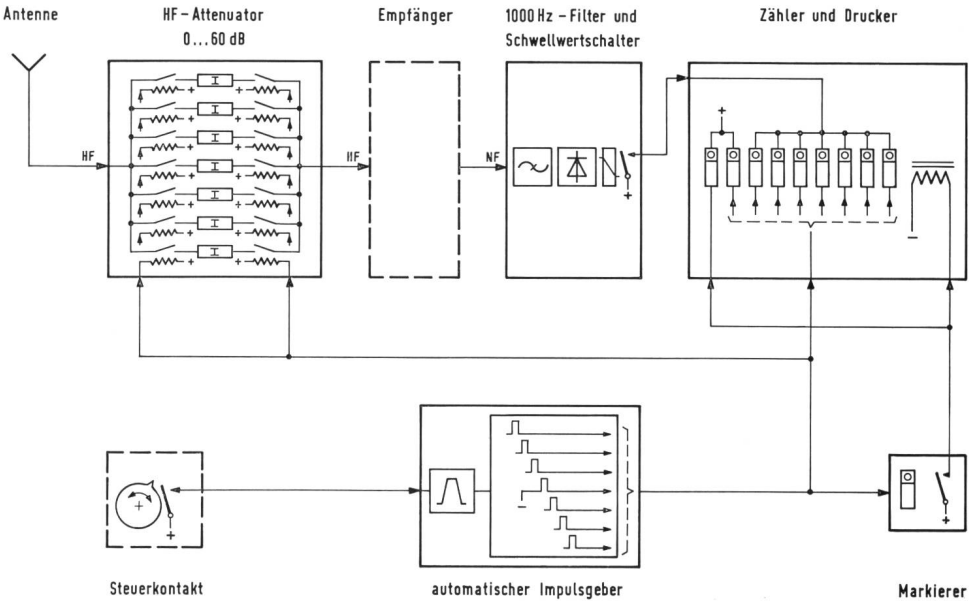


Fig. 3
Blockschema des automatischen Statistikdruckers
Schéma de l'imprimeur automatique de statistique

Antenne – Antenne
HF-Attenuator – Atténuateur HF
Empfänger – Récepteur
Filter und Schwellwertschalter – Filtre et contact du détecteur de seuil
Zähler und Drucker – Compteur et imprimeur
Steuerkontakt – Contact de commande
Automatischer Impulsgeber – Générateur automatique d'impulsions
Markierer – Marqueur

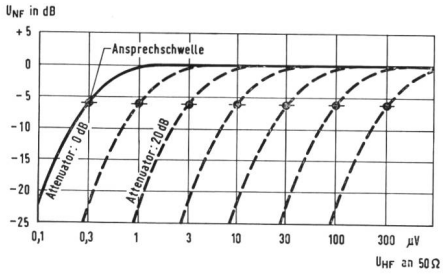


Fig. 4

Verschiebung derH F-Ansprechschwelle in Funktion der eingefügten HF-Dämpfung

Décalage du seuil de fonctionnement HF suivant l'atténuation HF insérée

Ansprechschwelle – Seuil de fonctionnement

Dämpfung schrittweise bis auf 0,3 mV bei 60 dB Dämpfung verschoben.

Im gleichen Rhythmus werden mit den Empfindlichkeitsstufen die zugeordneten Zähler gesteuert; diese können jedoch nur zählen, wenn der Schwellwertschalter angesprochen hat. Schalten alle Zähler um eine Einheit weiter, dann liegt das Eingangssignal mindestens 60 dB über der Ansprechempfindlichkeit von beispielsweise 0,3 µV. Spricht jedoch nur der Zähler der 0-dB-Stufe an, liegt die HF-Eingangsspannung zwischen 0,3...1 µV. Die Abtastung geht, wie bereits erwähnt, in regelmässigen Abständen von 10 Metern vor sich und wird durch einen Kontakt von der Wagenradachse ausgelöst. Nach dem Durchfahren eines Strassenstückes von 1 km sind 100 Abtastungen erfolgt, die Zähleranzeige entspricht deshalb der prozentualen Summenhäufigkeit. Diese Anzeige wird automatisch auf einen Papierstreifen gedruckt. Anschliessend drehen die Zähler in ihre Null-Lage zurück, womit das Gerät zur Auswertung des nächsten Kilometers bereit ist. Eine Verriegelung verhindert, dass während des etwa 1,5 s dauernden Druck- und Rückstellvorgangs Impulse der nächsten Abtastserie auf die Zähler gelangen. Der neue Messzyklus startet immer erst nachdem die Verriegelung wiederum gelöst ist. Zu Kontrollzwecken sind noch zwei weitere Zähler einge-

km-Numerierung	Messungen je km	Prozentuale Ueberschreitungshäufigkeit der Feldstärke (Feldstärke in dB über 1 uV/m)						
		60 dB	50 dB	40 dB	30 dB	20 dB	10 dB	0 dB
278	100	00	00	00	16	77	99	99
277	100	00	00	16	62	92	98	00
276	100	01	00	20	84	97	99	00
275	100	00	01	24	82	00	00	00
274	100	09	60	39	96	99	99	00
273	100	21	73	92	99	99	99	00
272	100	07	57	91	00	00	00	00
271	100	09	53	98	00	00	00	00
270	100	06	38	85	99	99	99	00
269	100	02	21	84	99	99	99	00
268	100	22	61	92	00	00	00	00
267	100	13	55	94	99	99	99	00
266	100	06	54	91	98	00	00	00
265	100	03	20	80	97	00	00	00
264	100	00	01	41	94	00	00	00
263	100	00	00	23	83	98	00	00
262	100	00	00	28	86	00	00	00

Fig. 5

Statistische Verteilung der Feldstärke auf 1 km langen Strassenstücken. Der jeweilige Feldstärkemittelwert ist in jener Stufe zu finden, deren Zahlen eingerahmt sind

Répartition statistique du champ le long de tronçons de route de 1 km. La valeur du champ médian de chaque tronçon se trouve dans le domaine contenant un chiffre encadré

km-Numerierung – Numérotation des km
Messungen je km – Nombre de mesures par km
Prozentuale Überschreitungshäufigkeit der Feldstärke (Feldstärke in dB über 1 µV/m) – Fréquence des dépassements des niveaux de champ en % (en dB au-dessus de 1 µV/m)

baut: Der eine dient als Totalisator, der andere zählt fortlaufend die Druckvorgänge, er kann damit als km-Anzeige dienen. Im Gegensatz zu den übrigen kehrt er nicht in die Null-Lage zurück. Nach Durchfahren der Gesamtmessstrecke liegt ein umfangreiches statistisches Datenmaterial vor. Es ist weitgehend ausgewertet.

Der ungefähre Feldstärkemittelwert lässt sich leicht aus dem Druckstreifen ablesen. Beim Betrachten des Streifens stellt man fest, dass die gedruckten Zählerstände von links nach rechts zunehmen. Wie aus *Figur 5* ersichtlich ist, muss deshalb der Mittelwert in jener Klasse liegen, die erstmals einen Wert von $\geq$ 50 anzeigt.

In *Figur 6* wird noch gezeigt, wie man den genauen Mittelwert und die Streuung durch Auftragen der Summenhäufigkeit auf einem Wahrscheinlichkeitspapier ermittelt. Die Ansprechschwelle des automatischen Statistik-Druckers lässt sich mit Hilfe der eingebauten Eichtaste und eines Messsenders nachkontrollieren. Der Druck- und Rückstellvorgang kann durch eine Taste ausgelöst werden, ohne den automatischen Zyklus von 100 Abtastungen abzuwarten. Zur Speisung des Gerätes dient ein 12-V-Akkumulator. Die Leistungsaufnahme beträgt $\approx$ 12 W, während des Zählens, Druckens und Nullrückstellens kann sie impulsweise auf 60 W ansteigen. Mit Ausnahme des Steuerkontaktes und des Messempfängers sind alle übrigen Elemente in einem normalisierten Blechgehäuse von 50 cm Breite, 40 cm Tiefe und 20 cm Höhe eingebaut. Des Gewicht des Gerätes beträgt $\approx$ 22 kg.

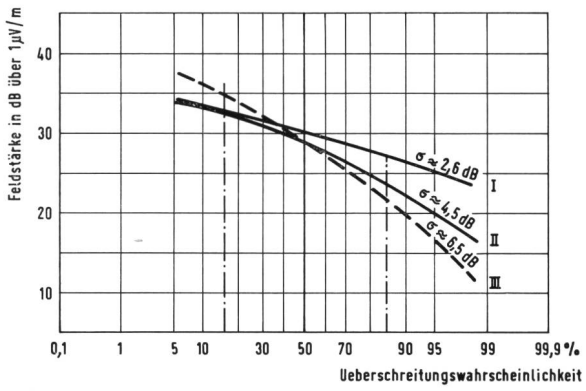


Fig. 6
Verteilung der Feldstärke auf einem Strassenstück von 1 km Länge
Répartition statistique du champ le long d'un tronçon de 1 km

Kurve/courbe

I: Feldstärkeverteilung mit RCA-Feldstärkemesser, Registriergerät und Kurvenabtastgerät ermittelt. Zeitkonstante des Registriergerätes ~1 s, Fahrgeschwindigkeit ~40 km/h – Répartition mesurée avec un champ-mètre RCA, enregistreur et analyseur de courbe. Constante de temps de l'enregistreur ~1 s, vitesse du véhicule ~40 km/h

II: Feldstärkeverteilung mit RCA-Feldstärkemesser, Registriergerät und Kurvenabtastgerät ermittelt. Zeitkonstante des Registriergerätes ~0,25 s, Fahrgeschwindigkeit ~6 km/h – Répartition mesurée avec un champ-mètre RCA, enregistreur et analyseur de courbe, constante de temps de l'enregistreur ~0,25 s, vitesse du véhicule ~6 km/h

III: Feldstärkeverteilung mit automatischem Statistikdrucker ermittelt. Fahrgeschwindigkeit ~40 km/h – Répartition obtenue au moyen de l'imprimeur automatique de statistique, vitesse du véhicule ~40 km/h

Feldstärke in dB über 1 µV/m – Champ en dB au-dessus de 1 µV/m
Überschreitungswahrscheinlichkeit – Probabilité de dépassement

3.1 Automatische Steuereinheit

Die Steuereinheit setzt sich aus einem externen Steuerschalter und einem automatischen Impulsgeber zusammen.

Der Steuerschalter wird von der Antriebssaite des Geschwindigkeitsmessers über ein mit zwei Flügelmuttern befestigtes Verteil- und Reduziergetriebe betätigt, indem ein kleiner Dauermagnet in Streckenintervallen von 10 m kurzzeitig einen Reedkontakt schliesst. Die steckbare elektrische Verbindung mit dem nachfolgenden Impulsgeber ist durch ein abgeschirmtes zweiadriges Kabel hergestellt.

Der Impulsgeber ist charakterisiert durch einen Steuereingang, einen Impulsformer und sieben getrennte und zeitlich gestaffelte Ausgänge. Ein Startimpuls durch den externen Steuerschalter löst nacheinander in einem Rhythmus von 55 ms an sämtlichen Ausgängen einen Rechteckimpuls von 40 ms Dauer aus. Mit Hilfe dieser Impulse werden im gleichen Rhythmus 7 HF-Dämpfungsglieder zu 60, 50, 40, 30, 20, 10 und 0 dB zwischen die Antenne und den Empfängereingang geschaltet, die dazu gehörigen Zählerstromkreise vorbereitet und der Schwellwertschalter angesteuert.

Die Form und Länge der Impulse sowie die dazwischenliegenden Pausen werden durch handelsübliche monostabile Multivibratoren in integrierter Bauform erzeugt und lassen sich in ihrer Länge durch einen Widerstand und Kondensator innerhalb von etwa 100 ns bis 1 s einstellen. Um eine genügende Steuerleistung zu erzielen, wird den Multivibratoren eine transistorisierte Verstärkerstufe nachgeschaltet. Die ganze Einheit ist als steckbare, gedruckte Schaltung ausgeführt.

3.2 HF-Attenuator

Der HF-Attenuator ist elektrisch steuerbar. Er gestattet, schrittweise Dämpfungen zu 60, 50, 40, 30, 20, 10 und 0 dB zwischen Antenne und Empfänger zu schalten. Der ganze Schaltzyklus wird durch den Steuerschalter ausgelöst und dauert 370 ms. Um einen befriedigenden Impedanzverlauf zu erzielen, wurde auf eine möglichst gute koaxiale Anordnung sämtlicher Elemente geachtet. Als Schaltelemente dienen kapazitätsarme Miniatur-Reedrelais. Die volle Einsatzfähigkeit des Attenuators liegt bei Frequenzen von 0...200 MHz. Innerhalb dieses Bereiches bleibt das Stehwellenverhältnis $\leq$ 1,3. Bei höheren Frequenzen als etwa 200 MHz machen sich bereits die Kapazitäten der Reedrelais störend bemerkbar, so dass nur noch die Stufen 0...40 dB verwendet werden können.

Der HF-Attenuator ist in einem etwa 11 cm langen runden Metallzylinder von 3,2 cm Durchmesser eingebaut. Die HF- und Steueranschlüsse sind als Steckverbindungen ausgeführt.

3.3 NF-Signalauswerter und Schwellwertüberschreitungsschalter

Beim Empfänger ist die NF-Amplitude unterhalb des NF-Begrenzereinsatzes von der Grösse des HF-Signales abhängig. Damit das Modulationssignal zur Bestimmung des HF-Eingangspegels benützt werden kann, muss die vorgesehene Ansprechschwelle unterhalb des NF-Begrenzereinsatzes liegen.

Zuerst wird das Empfänger-Nutzsignal durch ein 1000-Hz-Bandpassfilter vom Empfängerrauschen sowie allfälligen Störsignalen getrennt und anschliessend mit einer Diode gleichgerichtet. Diese Gleichspannung dient zur Steuerung des Schwellwertschalters. Sein Betriebszustand ändert sich schlagartig zwischen leitendem und nichtleitendem Zustand, sobald der Steuerpegel von 1 V über- oder unterschritten wird. Ein Reedrelais schliesst beziehungsweise öffnet dabei den Stromkreis des zugeordneten Zählers.

Die HF-Ansprechgrenze der Messeinrichtung lässt sich durch ein Potentiometer einstellen. Die Ansprechzeit des Schwellwertschalters beträgt $\leq$ 20 ms.

Beim langsamen Durchfahren von Reflexionsstellen besteht die Gefahr, dass während einer Zählung der Schwellwertschalter mehrmals kurzzeitig abfällt und dadurch eine Mehrfachzählung verursacht. Dieser Vorgang wurde verunmöglicht durch den Einbau eines Reedrelais. Nach dem erstmaligen Aufziehen bewirkt es während der ganzen restlichen Zähldauer, dass der Schwellwertschalter selbsthaltend wird.

Der Signalauswerter, einschliesslich des Schwellwertschalters, ist steckbar und in gedruckter Schaltung ausgeführt.

3.4 Zähl- und Druckeinheit

Als Zähl- und Druckeinheit dient der druckende Impulszähler «Sodeco-décaprint». Er umfasst 20 voneinander unabhängige Eindekaden-Zählelemente mit je einem Anzeige- und Druckzählwerk. Einzelne Elemente lassen sich durch Zusammenschalten zu mehrstufigen Zählern erweitern. Die Funktionen Impulszählung, Druck, Nullrückstellung und Papiervorschub werden durch Elektromagnete ausgelöst. Die maximale Zählgeschwindigkeit beträgt nach Angaben des Herstellers 20 Impulse/s. Das Gerät ist in die Frontplatte des Statistik-Druckergehäuses eingebaut.

Jeder Attenuatorstufe sind zwei Zähldekaden zugeordnet. Die Anzeige für 1...99%ige Stufenüberschreitung erfolgt korrekt. Statt 100% wird die Zahl 00 gedruckt. Verwechslungen mit der Zahl 00 für 0% sind praktisch ausgeschlossen. Diese kleine Unzulänglichkeit wird in Kauf genommen, weil dadurch 6 Dekaden für zwei weitere wichtige Funktionen, die km-Numerierung und die Messpunkt-Totalisierung, frei werden. Somit gliedert sich die 20stellige Zahlenfront in 9 voneinander unabhängige Zählergruppen.

Die Zählmagnete werden durch Rechteckimpulse von 40 ms betätigt. Ausgedehnte Versuche haben gezeigt, dass die Zählung bei Geschwindigkeiten von 80 km/h noch einwandfrei arbeitet, vorausgesetzt, dass die Speisespannung 12 V und die Raumtemperatur 15° C nicht unterschreiten. Das Drucken wird nach 100 Messpunkten automatisch durch einen Markierer (Vorwahlzähler) eingeleitet. Der Schaltimpuls dauert 150 ms und wird wegen der grossen Schaltleistung von rund 50 W über einen Leistungstransistor auf die Druckmagnete übertragen. Etwa 100 ms nach dem Druckvorgang beginnt das gleichzeitige Nullrückstellen von 17 Zahlenrollen, indem den Zählmagneten über zugeordnete Nullrückstellkontakte eine Serie von 10 Impulsen zugeführt werden. Sobald die Stellung Null erreicht ist, öffnen sich die betreffenden Kontakte und die Zahlenrollen bleiben stehen. Dieser Vorgang dauert etwa 1,2 s und erfordert ebenfalls eine beträchtliche Schaltleistung (etwa 60 W). Deshalb geschieht auch hier die Impulsgabe kontaktlos über einen transistorisierten Leistungsverstärker.

Sämtliche Steuerkreise sind in gedruckter Schaltung auf zwei Platten von je 175 × 230 mm aufgebaut.

4. Überprüfung der Messergebnisse

Um zu zeigen, dass die Messergebnisse des automatischen Statistik-Druckers mit den Resultaten der herkömmlichen Feldstärkemessungen übereinstimmen, wurden mehrere Vergleichsmessungen durchgeführt. Zu diesem Zweck wurde das Feld eines mit 1000 Hz modulierten Versuchssenders auf verschiedenen Strassenstücken von 1 km Länge gleichzeitig mit dem Statistik-Drucker sowie einem RCA-Feldstärkemessgerät mit Registriervorrichtung gemessen. Sie sind an die gemeinsame Wagenantenne über ein impedanzmässig angepasstes T-Kopplungsglied angeschlossen worden.

Am besten lassen sich die Ergebnisse auf dem Wahrscheinlichkeitspapier an Hand der Feldverteilungskurven beurteilen. Die Zählerstände des Statistik-Druckers können direkt als Klassenüberschreitungen eingetragen werden. Der Registrierstreifen des «RCA» muss vorerst mit einem Kurvenabtastgerät* statistisch ausgewertet werden, dann kann die Eintragung auf gleiche Weise erfolgen. Beim Ver-

* Siehe Techn. Mitteilungen PTT 1954, Nr. 3, S. 87...94.

Durch Versehen, das unsere Leser bitte entschuldigen wollen, ist diese Seite der vorliegenden Nummer nur einfarbig gedruckt worden. Dadurch fehlt der Figur 7 die Aussage. Mit dieser Farbbeilage kann der unvollständige Feldstärkeplan überklebt werden.
Die Redaktion

A la suite d'une erreur, que nous prions nos lecteurs d'excuser, cette page du présent numéro n'a été imprimée qu'en noir et blanc. La figure 7 perd ainsi toute signification. Cette annexe en couleurs peut être collée sur le plan incomplet des intensités de champ.
La rédaction

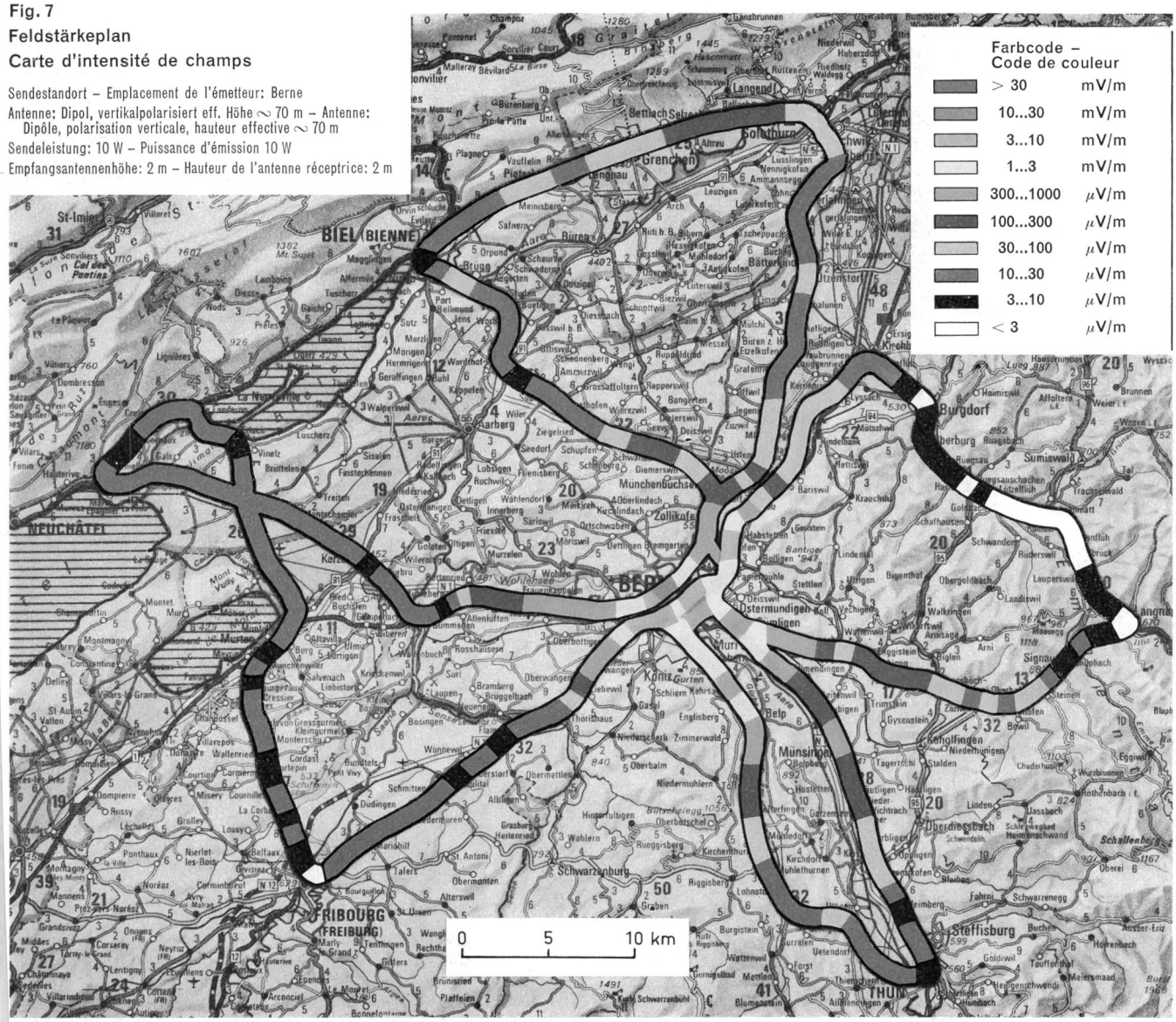
gleichen der graphischen Darstellung zeigt sich, dass mit beiden Messmethoden der gleiche Feldstärkemittelwert erzielt wird (Übereinstimmung $\pm$ 0,5 dB). Dagegen sind die Streuungen unterschiedlich, weil die Feldstärke mit einer Schreiberzeitkonstante von $\approx$ 1s nur den Grobstrukturverlauf mit einer entsprechend kleinen Streuung aufzeichnet. Der Statistik-Drucker gibt dagegen die Gesamtstreuung der Grob- und Feinstruktur wieder. Für ein beliebig gewähltes Teilstück sind die entsprechenden Kurven in Figur 6 einander gegenübergestellt. Es wird ferner gezeigt, wie durch das Verkleinern der Schreiberzeitkonstante auf $\approx$ 0,25 s bei gleichzeitiger Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit auf 6 km/h der Einfluss der Feinstruktur bereits ins Gewicht fällt, so dass sich die Streuung deutlich der Kurve des Statistik-Druckers nähert. Der Mittelwert bleibt praktisch erhalten.

5. Übertragung der Feldstärke auf eine topographische Karte

Zur Gewinnung eines besseren Überblickes über die örtliche Feldstärkeverteilung trägt man die «1-km-Mittelwerte»

Fig. 7
Feldstärkeplan
Carte d'intensité de champs

Sendestandort – Emplacement de l'émetteur: Berne
Antenne: Dipol, vertikalpolarisiert eff. Höhe ∾ 70 m – Antenne: Dipôle, polarisation verticale, hauteur effective ∾ 70 m
Sendeleistung: 10 W – Puissance d'émission 10 W
Empfangsantennenhöhe: 2 m – Hauteur de l'antenne réceptrice: 2 m



mit Vorteil in eine topographische Karte ein. Man wählt dazu zweckmässigerweise einen leicht erkennbaren Farbcode, zum Beispiel:

weiss	< 3	µV/m
schwarz	3... 10	µV/m
dunkelblau	10... 30	µV/m
hellblau	30...100	µV/m
dunkelgrün	100...300	µV/m
hellgrün	0,3... 1	mV/m
gelb	1... 3	mV/m
ocker	3... 10	mV/m
orange	> 10	mV/m

Die *Figur 7* zeigt einen auf diese Weise angefertigten Feldstärkeplan. Von einem Hochhaus der Stadt Bern wurde im 160-MHz-Band durch eine vertikal polarisierte Rundstrahlantenne eine Leistung von 10 W abgestrahlt. Die Feldstärkemittelwerte je km wurden vom Stadtzentrum ausgehend auf einem strahlenförmig ausgewählten Strassennetz mit Hilfe des automatischen Statistik-Druckers aufgenommen. Dabei entstand als erstes Messergebnis ein Druckstreifen gemäss Figur 5. Anschliessend wurden die nach Abschnitt 3 ermittelten Mittelwerte unter Verwendung des Farbcodes direkt auf die topographische Karte übertragen. Diese Feldstärkedarstellung ermöglicht eine rasche Orientierung über den Versorgungs- und Störbereich eines Funksenders.

Mesures statistiques de la répartition du champ dans les installations de radiotéléphones pour automobiles

1. Introduction

La planification des réseaux de radiotéléphones pour automobiles exige de connaître les conditions de propagation existantes. Cela nécessite des mesures de champ répétées. L'abonné mobile se déplaçant constamment, l'affaiblissement de transmission à haute fréquence varie aussi continuellement, comme le prouvent les enregistrements du champ effectués dans un véhicule. La *figure 1** reproduit l'allure typique du champ le long d'un parcours de 1 kilomètre. Pour que l'enregistreur de mesure puisse suivre les variations effectives du champ en ondes ultracourtes, il est indispensable que la vitesse du véhicule soit nettement inférieure à 10 km/h. De telles mesures exigent donc énormément de temps et perturbent éventuellement le trafic.

Pour pouvoir à l'avenir exécuter plus rationnellement ces travaux, on a mis au point le mesureur de champ avec imprimeur automatique de statistique *(fig. 2)*, décrit ci-dessous.

2. Construction et fonctionnement de l'appareil

Le schéma de principe de la *figure 3* représente la construction fonctionnelle de l'appareil. Comme on ne tient pas à connaître la courbe exacte du champ, mais uniquement la répartition statistique de son amplitude, il suffit de procéder à un sondage périodique. Un échantillon prélevé sur un ensemble de base permet de déterminer la valeur moyenne et la dispersion de cet ensemble avec une probabilité prévisible. Pour des raisons de commodité, on a choisi un parcours de 1 km, avec 100 points de mesure, répartis régulièrement. On obtient ainsi directement une indication en pourcent.

Le dispositif d'entraînement du tachymètre actionne un contact de commande par l'intermédiaire d'un engrenage réducteur; un petit aimant permanent ferme pendant une courte durée un contact «reed» à intervalles de 10 mètres. L'impulsion initiale provoquée par le contact de commande externe déclenche un train d'impulsions de 40 ms décalées de 55 ms qui apparaissent successivement aux diverses sorties d'un générateur approprié.

Ces impulsions connectent des atténuateurs entre l'antenne et l'entrée du récepteur.

Il est avantageux d'employer un radiotéléphone de voiture ordinaire comme récepteur de mesure. Comme critère de mesure on se sert du signal de sortie à basse fréquence au lieu de la tension de réglage utilisée ordinairement. Il faut donc, contrairement à la pratique courante, moduler le signal d'émission, par exemple avec un son sinusoïdal continu de 1000 Hz. On peut aussi bien employer la modulation de fréquence que la modulation d'amplitude. Le signal à basse fréquence est mesuré d'une manière sélective, de façon à obtenir des résultats corrects, même en présence d'un niveau perturbateur extérieur élevé, comme celui dû aux parasites d'allumage des moteurs d'automobiles. La sensibilité de mesure est aussi accrue grâce à la faible largeur de bande à basse fréquence. Le signal est

* Pour les figures voir l'article allemand