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: 56 (1978)

Heft: 2

Artikel: Fehlerortmessung an Koaxialkabel- und Hohlleiteranlagen bei Frequenzen oberhalb 1 GHz

Autor: Bolinger, Walter

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-875193

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: 02.07.2025

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

Fehlerortmessung an Koaxialkabel- und Hohlleiteranlagen bei Frequenzen oberhalb 1 GHz

Walter BOLINGER, Bern

621.315.212:621.317.333.4.029.6:621.372.8

Zusammenfassung. *Nach einer Einführung in die Technik der Fehlerortmessung für Leitungen oberhalb 1 GHz wird ein neuer Fehlerortmessplatz beschrieben. Er erlaubt Messungen an allen Koaxialkabeln und Hohlleitern, die zurzeit und in naher Zukunft in PTT-Richtstrahlanlagen eingesetzt werden.*

Mesures de localisation des défauts affectant les installations de câbles coaxiaux et de guides d'ondes aux fréquences supérieures à 1 GHz

Résumé. *Après une introduction à la technique de mesure de la localisation des défauts affectant les lignes exploitées aux fréquences supérieures à 1 GHz, l'auteur décrit une nouvelle place de mesure de localisation des défauts, permettant de mesurer tous les câbles coaxiaux et guides d'ondes qui sont actuellement ou seront dans un proche avenir utilisés dans des installations à faisceaux hertziens des PTT.*

Misurazioni per localizzare i guasti negli impianti di cavi coassiali e di guide d'onda in caso di frequenze superiori a 1 GHz

Riassunto. *Dopo un'introduzione nella tecnica di misurazione per localizzare i guasti nei circuiti con frequenze superiori a 1 GHz, vengono presentati i nuovi apparecchi per la localizzazione dei suddetti guasti. Con tali apparecchi si possono effettuare misurazioni su tutti i cavi coassiali e guide d'onda che sono impiegati attualmente e in un prossimo futuro nei ponti radio delle PTT.*

1 Allgemeines

Antennenspeiseleitungen für Richtstrahlanlagen bestehen aus Hohlleitern oder Koaxialkabeln. Bei Frequenzen oberhalb etwa 3 GHz werden (aus Dämpfungs- und Reflexionsgründen) für Leitungslängen grösser als ungefähr 3 m ausschliesslich Hohlleiter verwendet *(Fig. 1)*.

Die zum Bau von Energieleitungen verwendeten Komponenten, wie Stecker, Bogen, Druckfenster, Flanschverbindungen usw., weisen Eigenreflexionen auf, die den Geräuschbeitrag im Basisband beeinflussen *(Fig. 2)* [1, 2, 3].

Das verzögerte Echosignal erzeugt ein Basisbandgeräusch, das abhängig ist

- von der Grösse und Phasenlage der einzelnen Reflexionen ($\bar{r}_1$ und $\bar{r}_2$),
- vom Laufzeitunterschied des Echosignals gegenüber dem Hauptsignal und damit dem geometrischen Abstand zwischen zwei Einzelreflexionen,
- von der Dämpfung des Leiters zwischen den beiden Einzelreflexionen und
- vom Übertragungssystem (Basisbandbreite, Hub)

Die zulässigen Reflexionsfaktoren der einzelnen Komponenten sind so spezifiziert, dass bei richtiger Planung

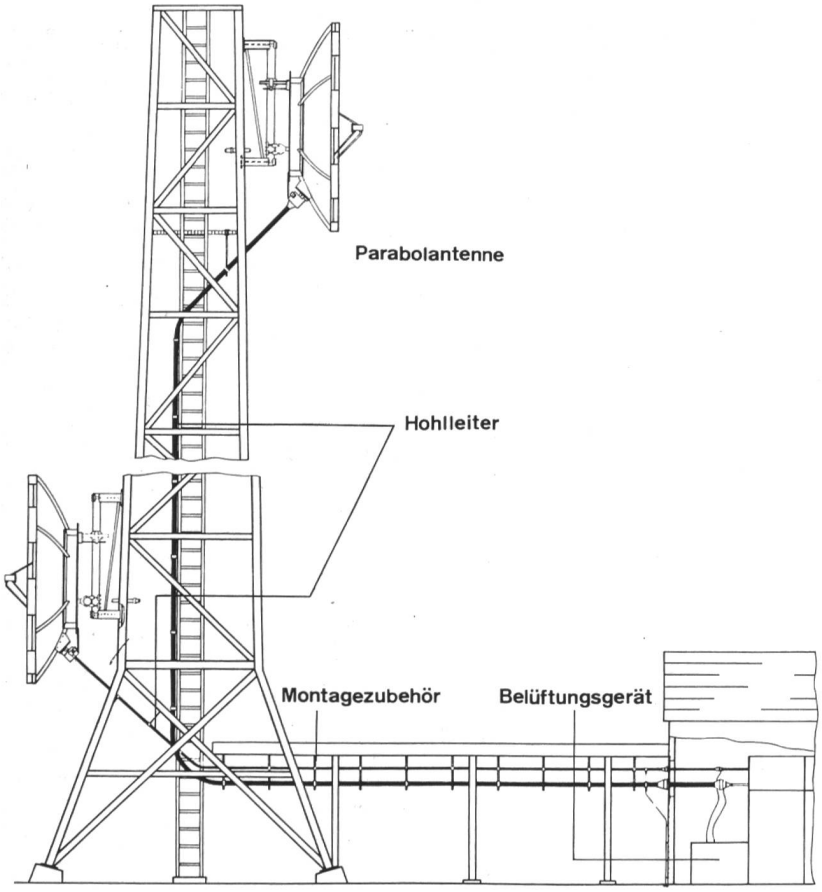

Fig. 1
Beispiel einer Montage von Antennenleitungen für Richtstrahlanlagen

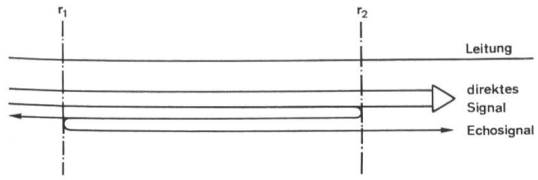

Fig. 2
Entstehung des Echosignals in einer Leitung

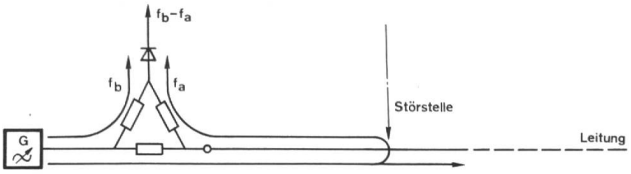

Fig. 4a
Messschaltung des Frequenzmodulation-Dopplerprinzips

und sorgfältiger Montage die Gesamtreflexion unter einem bestimmten Maximalwert liegt.

Die Reflexionsprüfung von Antennenleitungen wird in der Praxis als Gesamtreflexionsmessung durchgeführt (vektorielle Summe aller Einzelreflexionen am Anfang der Leitung gemessen). Diese Messung kann bei Hohlleitern und Koaxialkabeln mit den heutigen Geräten leicht und mit genügender Genauigkeit durchgeführt werden. Die Gesamtreflexion — als Wobbelmessung über den gewünschten Frequenzbereich — gibt aber nur sehr bedingt Auskunft über Art und Verteilung der einzelnen Reflexionsstellen im Leiterzug.

Die zu erwartende maximale Gesamtreflexion wird durch die spezifizierten Reflexionsfaktoren der einzelnen Komponenten bestimmt und kann durch richtige Planung (Wahl des geeigneten Leitertyps) und sorgfältige Montage unterhalb des zulässigen Gesamtreflexionsfaktors [3, 4] gehalten werden. Übersteigt die Gesamtreflexion den in den Vorschriften [4] angeführten Maximalwert, müssen die fehlerhaften Komponenten oder Montagestellen lokalisiert und ihre zu grosse Reflexion behoben werden.

Diese Aufgabe übernimmt die Fehlerortmesseinrichtung, die die Verteilung der Reflexionsstellen längs der zu messenden Leitung zeigt. Geeignete Hilfsmittel ermöglichen sowohl eine Orts- als auch eine Grössenbestimmung der einzelnen Reflexionen, so dass zu grosse Störstellen rasch eliminiert werden können.

11 Problemstellung

Da das Angebot an Fehlerortmessgeräten nicht befriedigt, wurde bei der Abteilung Forschung und Entwicklung PTT ein Gerät entwickelt, das im Frequenzgebiet von 1...18 GHz Störstellen in Energieleitern mit genügender Auflösung und Empfindlichkeit erfasst. Für eine sichere Fehlerortung genügt in den meisten Fällen eine Unterscheidung zweier ungefähr gleich grosser Störstellen in einem Abstand von 1 m. Die Empfindlichkeit muss mindestens so gross sein, dass ein reflektiertes Signal, das zum hingehenden um 45 dB gedämpft erscheint, noch erfasst werden kann. Damit können Störstellen mit einem Reflexionsfaktor von $r > 0{,}6$ % am Anfang der Leitung — oder solche mit $r > 1{,}1$ % an deren Ende bei 3 dB Leitungsdämpfung — eindeutig erfasst werden.

12 Fehlerortung in Breitbandkabelanlagen unterhalb 1 GHz

Diese Aufgabe kann bei breitbandigen Kabelanlagen mit einem Impulsreflektometer (Time Domain Reflektometer) gelöst werden. *Figur 3* zeigt das Prinzip dieser Messart [5]. Sie ist für hohe Frequenzen (oberhalb etwa 1 GHz) nur bedingt anwendbar, denn ein Impuls mit einer Anstiegszeit $t_r = 40$ ps (heute verwirklichbare, sehr kurze Anstiegszeit des Impulsgenerators einschliesslich Messsystem), einer Impulsdauer von 20 µs und einer Repetitionsfrequenz von 20 kHz (übliche Werte) weist ein Frequenzspektrum auf, dessen Leistungshüllkurve bereits bei einer Frequenz $f = 1$ GHz um etwa 25 dB gegenüber dem Anfangswert gefallen ist. Hohlleiter können wegen ihres Hochpasscharakters nicht mit einem solchen System gemessen werden.

2 Prinzip der Fehlerortmessung oberhalb 1 GHz

Zur Ortung von Störstellen in Leitungen wird — analog der Radartechnik — entweder der Dopplereffekt oder die Laufzeit von getasteten Hochfrequenzschwingungspaketen (HF-Burst) ausgenützt.

21 Frequenzmodulation-Dopplerprinzip

Der Sweeposzillator erzeugt ein HF-Signal, dessen Momentanfrequenz mit einem NF-Modulationstakt (~100 Hz) zwischen zwei Frequenzgrenzen stetig und periodisch ändert. Über einen Leistungsteiler gelangt ein Teil der HF-Energie direkt zur Diode, der andere läuft in die zu messende Leitung *(Fig. 4a)*. Bei jeder in der Leitung auftretenden Störstelle wird nun ein kleiner Teil der Energie reflektiert und gelangt ebenfalls über den Lei-

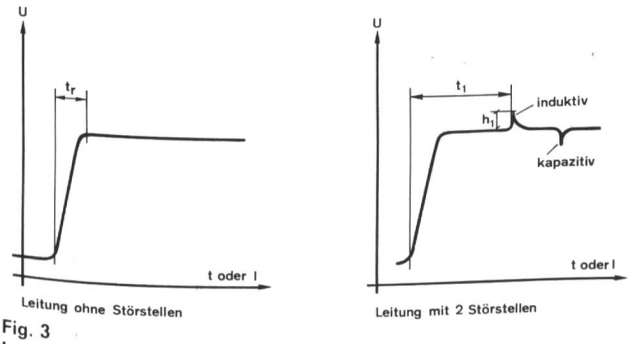

Fig. 3
Impulsreflektometermessung für breitbandige Kabelanlagen

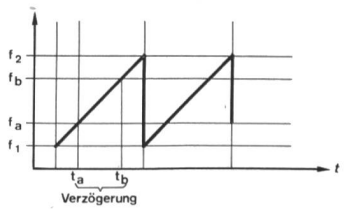

Fig. 4b
Wirkungsweise des Frequenzmodulation-Dopplerprinzips

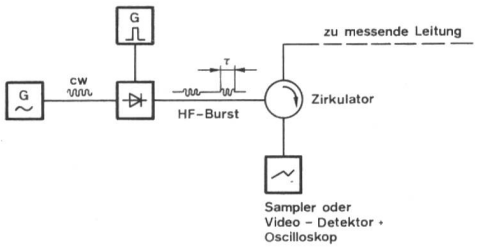

Fig. 5
Prinzip des geträgerten Impulsreflektometers

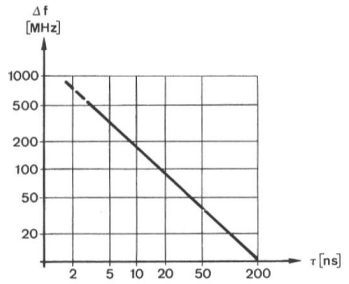

Fig. 7
Zusammenhang zwischen Burstlänge und Spektrumbreite

stungsteiler zur Diode. Wegen der Laufzeit in der Leitung treffen die reflektierten Signale bei der Diode auf eine neue, vom Wobbler direkt zugeführte Momentanfrequenz *(Fig. 4b)*. Die Diode arbeitet nun als Mischer, wobei die Differenzfrequenz ($f_b - f_a$) des Mischprodukts proportional zur Sweep-Steilheit (GHz/s) und proportional zur Distanz der Reflexionsstelle ist. Die Pegel der Differenzfrequenz des Mischers werden mit einer geeigneten Vorrichtung gemessen und dargestellt. Die Frequenzachse stellt ein Mass für die geometrische Länge der Leitung dar.

22 Praktische Anwendungen des FM-Dopplerprinzips

221 Fehlerortmessplatz

Auf dem Markt ist ein Fehlerortmessplatz mit Anwendung des FM-Dopplerprinzips erhältlich, dessen Frequenzbereich, in einzelne Bänder aufgeteilt, den Bereich 1,7...11,7 GHz überdeckt. Er besteht aus einem frequenzmodulierten, einstellbaren Generator und einem Auswertungssystem in einem Gerät, wobei die Messdaten Distanz und Reflexion angezeigt werden. Die automatische Längenabtastung erlaubt mit dem dazugehörigen XY-Schreiber eine schnelle und bequeme Messung. Es wird die Rückflussdämpfung (Reflexionsfaktor) in Funktion der geometrischen Länge der Leitung aufgezeichnet. Die Längenauflösung beträgt bei zwei ungefähr gleich grossen Störstellen 1,5 m, wird aber bei einem Reflexionsfaktorverhältnis von ungefähr 2 : 1 rasch schlechter. Eine sichere Orts- und Grössenbestimmung ist nicht möglich, da wegen Überlagerungs- und Drifteffekten die Aufzeichnung der einzelnen Störstellen stark von der Grösse und Lage der Nachbarreflexionen abhängig ist. Wird der Messplatz ausschliesslich zur Fehlerortung, das heisst zur qualitativen Erfassung einzelner zu grosser Störstellen eingesetzt, arbeitet er zufriedenstellend. Der Preis scheint jedoch hoch.

222 Dopplermessplatz mit NF-Spektrumanalysator

Ein Niederfrequenz-Spektrumanalysator misst die am Mischer (Diode) entstehende Differenzfrequenz ($f_b - f_a$), wobei als FM-Quelle ein Wobbelgenerator dient. Die Frequenzachse des Analysators stellt die geometrische Länge der Leitung dar. Da aber der Differenzfrequenzgang der Diode nicht linear ist, kann die Grössenbestimmung der Reflexionen nur ungenau durchgeführt werden. Zudem ist die an der Diode vorhandene reflektierte Leistung vielfach zu klein, so dass diese eher primitive Messanordnung nicht empfohlen werden kann [5, 6].

23 Fehlerortung mit HF-Impulsen *(Fig. 5)*

Der HF-Generator liefert ein unmoduliertes Signal mit der Betriebsfrequenz f_0. Dieses wird einem schnellen Modulator zugeführt, der daraus kurze HF-Bursts mit der Länge τ bildet. Der Sendeburst durchläuft die zu messende Leitung, und an jeder Störstelle wird ein Teil seiner Energie reflektiert und mit einem Zirkulator (oder isoliertem Leistungsteiler) dem Detektorsystem zugeführt. Die Amplitude der reflektierten Impulse ist ein Mass für die Grösse der einzelnen Reflexionen. Die Zeitachse ergibt bei Kenntnis der Ausbreitungsgeschwindigkeit im Leitersystem den geometrischen Längenmassstab der Leitung. Zurzeit gibt es auf dem Markt kein Gerät mehr, das eine Fehlerortmessung mit HF-Burst bei Mikrowellenfrequenzen erlaubt. Die nachfolgend beschriebene Eigenentwicklung ist als Prototyp erprobt.

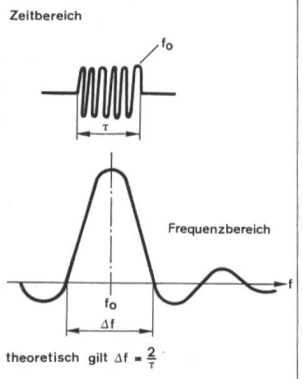

Fig. 6a
HF-Burst im Zeit- und Frequenzbereich

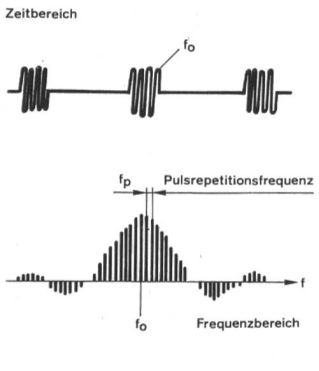

Fig. 6b
Spektrum einer pulsmodulierten HF-Schwingung

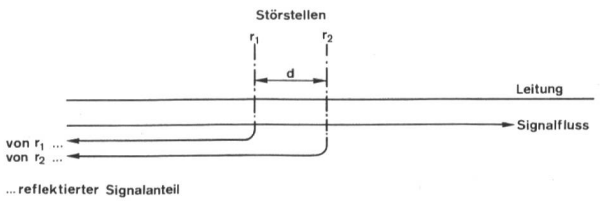

Fig. 8
Die Auflösung d ist die Distanz zweier noch voneinander unterscheidbarer Störstellen

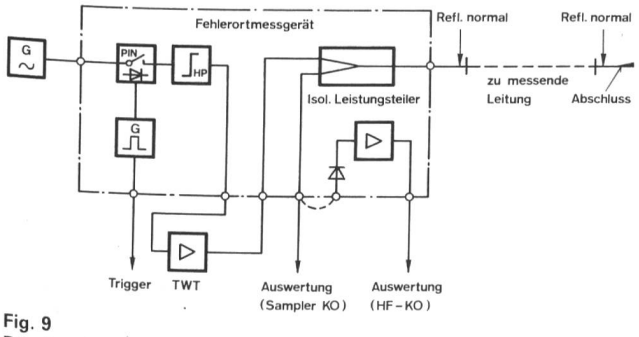

Fig. 9
Prinzipschaltbild des Fehlerortmessplatzes

3 Entwicklung eines getasteten HF-Impulsreflektometers

31 Grundlagen

Für die Dimensionierung eines solchen Messsystems ist es wichtig, das Frequenzspektrum eines HF-Burst zu kennen, damit die erforderlichen «Paketlängen» bestimmt werden können. Die *Figur 6a* zeigt einen HF-Burst im Zeit- und im Frequenzbereich, der eine $\frac{\sin x}{x}$-Funktion darstellt. *Figur 6b* zeigt das Spektrum einer pulsmodulierten HF-Schwingung. Da für die vorliegende Anwendung die Pulsfolge relativ zur Trägerfrequenz sehr klein ist, kann zur Bestimmung des Frequenzbandes ein einzelner HF-Burst betrachtet werden. Die Spektrumbreite in Funktion der Burstlänge kann dem Diagramm in *Figur 7* entnommen werden. Theoretisch sind längere Bursts (>50 ns) für schmalbandige Messungen geeignet, während eine gewünschte Bandbreite von mehreren 100 MHz Burstlängen von einigen Nanosekunden erfordert.

Als Auflösung d bezeichnet man die Entfernung zweier gleichgrosser Störstellen, die in der Auswertung noch voneinander unterschieden werden *(Fig. 8)*.

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit v_g der HF-Bursts beträgt im Hohlleiter je nach Dispersion [7] 0,2...0,25 m/ns und in Koaxialkabeln, die für Antennenleitungen verwendet werden, etwas unter 0,3 m/ns.

Eine eindeutige Unterscheidung der beiden Reflexionsstellen r_1 und r_2 (Fig. 8) ist möglich, wenn die Laufzeitdifferenz der an r_1 und r_2 reflektierten Signalanteile grösser als die Länge τ des HF-Burst ist. Daraus folgt:

$$\tau < \frac{2d}{v_g}$$

Um im Hohlleiter eine Auflösung d von 1 m zu erhalten, muss der Sendeburst etwa 10 ns lang sein. Ein solches Schwingungspaket besteht bei einer Messfrequenz von f = 10 GHz aus 100 Perioden dieser HF-Schwingung.

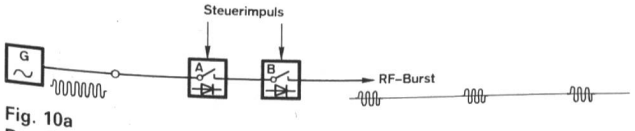

Fig. 10a
Durch Serieschaltung zweier PIN-Diodenschalter können HF-Bursts beliebiger Dauer erzeugt werden

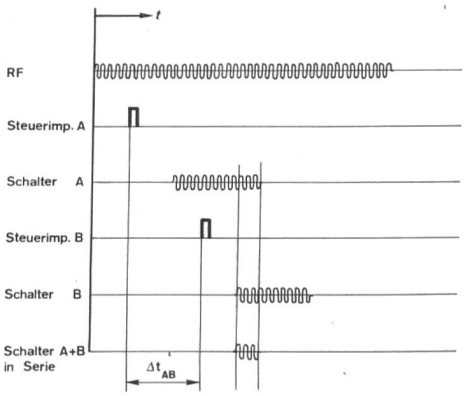

Fig. 10b
Zeitdiagramm der Ansteuerung der PIN-Diodenschalter

32 Blockschema und Arbeitsweise des getasteten HF-Impulsreflektometers (Fehlerortmessgerät PTT-VD23)

Das Fehlerortmessgerät ist so aufgebaut, dass der Messplatz mit gebräuchlichen und in vielen Richtstrahlstationen oder Labors vorhandenen Messgeräten betrieben werden kann.

Das Gerät kann im Frequenzbereich zwischen 1 und 18 GHz eingesetzt werden (in diesem Frequenzbereich befinden sich alle heute und in nächster Zukunft eingesetzten Mikrowellenübertragungssysteme der PTT). Als Zusatzgeräte sind ein Mikrowellengenerator und ein 1-W-Wanderfeldröhrenverstärker (entsprechend den gewünschten Frequenzbändern) nötig. Die Auswertung findet entweder mit einem Samplingoszilloskop [8] oder, nach Videodetektion, mit einem Hochfrequenzoszilloskop statt. Zur Grössen- und Ortsbestimmung der Störstellen werden zwei variable Reflexionsnormale (je einmal mit und ohne Abschlusslast) verwendet *(Fig. 9)*.

Das vom Generator gelieferte, unmodulierte Signal wird im PIN-Diodenschalter, dessen Treiber von einem Impulsgenerator gesteuert wird, getastet. Der Diodenschalter erzeugt im Einschaltmoment Eigenschwingungen mit einem Frequenzschwerpunkt von etwa 100 MHz, deren Amplituden so gross sind, dass sie sich nach einer Detektion des HF-Bursts störend auswirken würden. Durch den Einsatz eines Hochpassfilters werden die Eigenschwingungen unterdrückt [10]. Der anschliessend vom Wanderfeldröhrenverstärker (TWT) verstärkte Sendeburst gelangt durch den Leistungsteiler in die zu messende Leitung. Die Isolation des Leistungsteilers verhindert, dass ein zu grosses Signal direkt dem Samplingkopf zugeführt wird und dass nicht die grosse Sendesignalamplitude die Analyse der verzögerten reflektierten Signale erschwert.

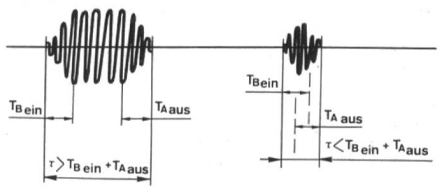

Fig. 11
Einfluss der Diodenschaltzeiten auf den Burst

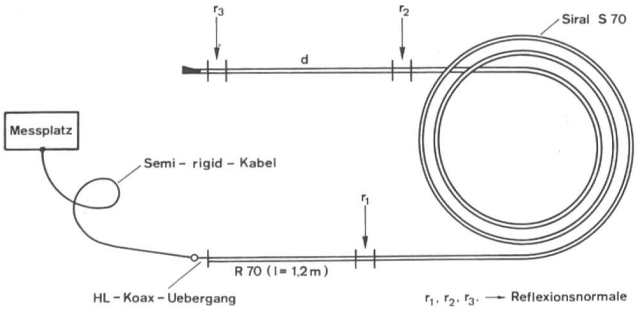

Fig. 12a
Versuchsmessungen mit einer fiktiven Antennenleitung

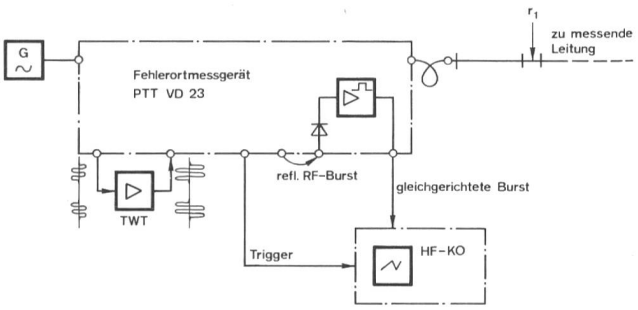

Fig. 13
Messschaltung mit Sampling-Oszilloskop

33 Der HF-Burst

Die verwendeten PIN-Diodenschalter haben eine Einschaltzeit von maximal 5 ns und eine Ausschaltzeit von maximal 8 ns. Damit wäre es theoretisch möglich, HF-Bursts mit einer Dauer von etwa 10 ns zu verwirklichen. Durch Schaltverzögerungen in der Treiberstufe lassen sich aber Ein- und Ausschaltfunktion nicht direkt aneinanderhängen. Der kürzeste HF-Burst mit einem einfachen PIN-Diodenschalter des verwendeten Modells beträgt je nach Schalter 40...50 ns.

Figur 10 zeigt, wie mit der Serieschaltung zweier PIN-Diodenschalter HF-Bursts beliebiger Dauer erzeugt werden können.

Die Zeitdifferenz Δt_{AB} der beiden Steuerimpulse bestimmt die Burstlänge, die im Minimum der Summe der Einschaltzeit der Diode B und der Ausschaltzeit der Diode A entspricht. Wird die Burstdauer τ kleiner als $T_{B_{ein}} + T_{A_{aus}}$ gewählt, reduziert sich die Amplitude der Hüllkurve des Bursts *(Fig. 11)*.

Ein interner TTL-Impulsgenerator steuert die Treiberstufe der PIN-Dioden. Die Verzögerung des zweiten TTL-Impulses kann mit einem Potentiometer so gewählt werden, dass die gewünschte Burstlänge erscheint. Da einzelne PIN-Diodenschalter kürzere Schaltzeiten als spezifiziert aufweisen, wird die minimale Burstlänge bei jedem Gerät individuell eingestellt. Sie beträgt normalerweise zwischen 5 und 10 ns.

Der TTL-Puls des Impulsgenerators dient zusätzlich zur Triggerung des Oszilloskops. Die Impulsfolgefrequenz kann von etwa 50 kHz bis 1 MHz variiert werden. Samplingoszillographen müssen mit hohen Impulsraten synchronisiert werden, wogegen für normale HF-Oszilloskop eine langsamere Triggerung vorteilhafter sein kann. Eine Impulsrate von 1 MHz erlaubt, Leitungszüge, mit einer Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 0,2 m/ns, bis zu einer Länge von 100 m zu messen. Derart grosse Leitungslängen kommen im GHz-Bereich nur selten vor.

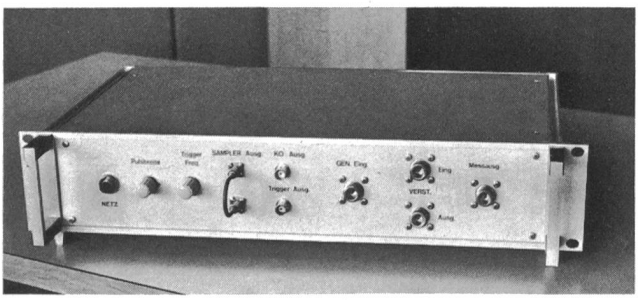

Fig. 12b
Das Fehlerortmessgerät PTT-VD23

Betrieb des Fehlerortmessplatzes PTT-VD23

Ein reflexionsarmer Hohlleiter vom Typ Siral S70 (entspricht IEC R70, 5,4...8,2 GHz) mit einer Länge von etwa 26 m diente als Versuchsleitung *(Fig. 12a* und *12b)*. Die Dämpfung dieses Hohlleiters beträgt bei $f_0 = 7$ GHz ungefähr 2 dB. Am Anfang und am Ende wurden Reflexionsnormale angebracht, wobei mit der Länge der eingesetzten Zwischenhohlleiter die Auflösung bestimmt wurde.

331 Auswertung mit Samplingoszilloskop

Die Messschaltung nach *Figur 13* arbeitet ohne Detektion des HF-Bursts.

Die reflektierten Bursts werden direkt im Samplerkopf ausgewertet; auf dem Bildschirm erscheinen zeitlich voneinander verschobene Reflexionspakete. Der erste Burst stellt das durch die Leistungsteilerisolation gedämpfte Sendepaket dar, dessen Amplitude zusätzlich von der Fehlanpassung des Leistungsteilers an das Verbindungskabel zu der zu messenden Leitung abhängig ist *(Fig. 14)*.

Die zeitliche Verschiebung des reflektierten HF-Bursts entspricht der doppelten Laufzeit des Sendesignals vom Leitungsanfang bis zur Störstelle. Die Laufzeit kann am Oszilloskop abgelesen werden und gibt somit bei bekannter Wellenausbreitungsgeschwindigkeit den geo-

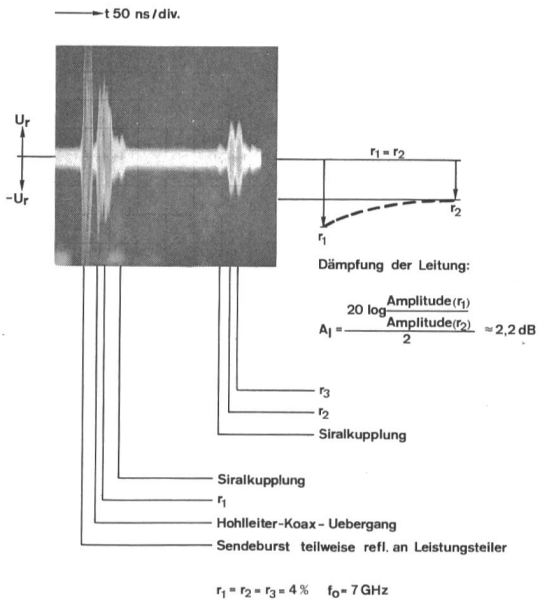

Fig. 14
Auswertung der Messung auf dem Bildschirm des Sampling-Oszilloskops

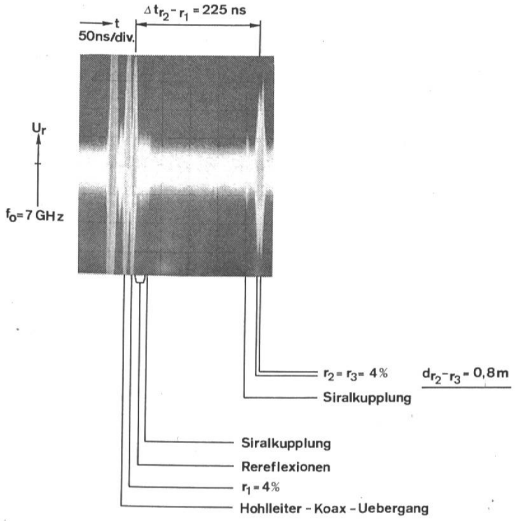

Fig. 15
Reflexionsverlauf des Testhohlleiters; Bestimmung der Leitungslänge

metrischen Ort der Reflexionsstelle an. Die Amplitude des reflektierten HF-Bursts ist ein Mass für die Grösse der Reflexion, wobei diese durch die doppelte Dämpfung der Distanz zum Leitungsanfang maskiert wird.

Einfacher wird die Auswertung beim Einsatz der Reflexionsnormale, die sowohl als Orts- als auch als Amplitudeneichung dienen. Besonders bei kürzeren Leitungszügen ($l < 20$ m) ist eine Fehlerortbestimmung am einfachsten, wenn der geometrische Abstand der beiden Bursts der Reflexionsnormale am Anfang und am Ende der Leitung auf dem Bildschirm gemessen und als Massstab der effektiven Leitungslänge gleichgesetzt wird.

Figur 15 zeigt den Reflexionsverlauf des Testhohlleiters bei einer Frequenz von 7 GHz.

Zeitachse: 50 ns/div.: $\Delta t_{r_2 - r_1} = 225$ ns
Hohlleiter R70 bei 7 GHz: $v_g = 0{,}236$ m/ns

Leitungslänge $r_2 - r_1 = \frac{\Delta t_{r_2 - r_1} \cdot v_g}{2} = 26{,}55$ m

Die elektrisch gemessene Länge entspricht somit auf etwa 2 % der mechanischen Messung.

Bei der Auswertung einzelner Reflexionen empfiehlt es sich, nur den interessierenden Leitungsteil zu betrachten. *Figur 16* zeigt, dass bei einem Störstellenabstand von 1,2 m stark voneinander abweichende Reflexionen ohne weiteres zu unterscheiden sind.

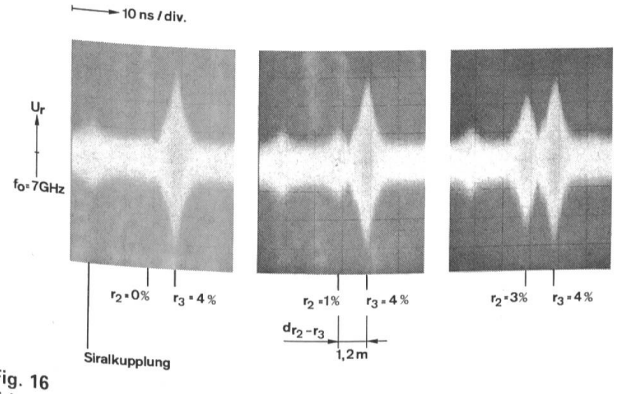

Fig. 16
Erkennbarkeit der Störstellen bei einem Abstand von 1,2 m

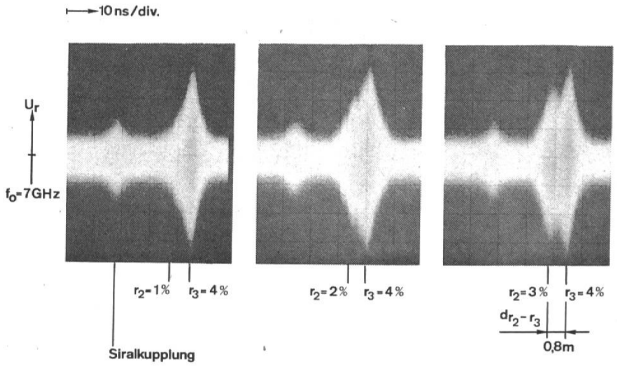

Fig. 17
Erkennbarkeit der Störstellen bei einem Abstand von 0,8 m

In *Figur 17* beträgt d = 0,8 m, die beiden Reflexionsstellen sind bei dieser Entfernung nur dann zu unterscheiden, wenn sie ungefähr gleich gross $(0{,}5 < \frac{r_{1\,(2)}}{r_{2\,(1)}} < 2)$ sind.

332 Auswertung mit Videodetektion

In der Messschaltung *(Fig. 18)* wird ein Hochfrequenzoszilloskop ($f > 200$ MHz) benützt.

Der handelsübliche Videodetektor verschlechtert wegen seiner Ausgangskapazität die Auflösung und Empfindlichkeit. Eine Schaltung mit Impulsverstärker und HF-Oszilloskop würde, bei Verwendung einer speziell für diese Anwendung entwickelten Diodenschaltung, eine Distanzauflösung erlauben, deren Grenze ebenfalls durch den PIN-Diodenschalter gegeben ist.

Die *Figuren 19a* und *b* zeigen die Bildschirmdarstellung der Reflexionsnormale r_2 und r_3, wobei r_2 in Stufen geändert wurde.

4 Schlussbemerkungen

Das neue Gerät erlaubt Fehlerortmessungen in sämtlichen heute und in naher Zukunft von den PTT verwendeten Richtstrahlfrequenzbändern. Die Auflösung und Empfindlichkeit genügt nicht nur, um eigentliche Fehlerortungen durchzuführen, sondern erlaubt ebenfalls, die hohen Anforderungen zu prüfen, die an die Antennenleitungen für Vielkanalsysteme gestellt werden.

Dass zum Betrieb des Fehlerortmessgerätes zusätzlich ein Generator, ein HF-Verstärker und ein HF-Oszilloskop benötigt werden, dürfte als Nachteil kaum ins Ge-

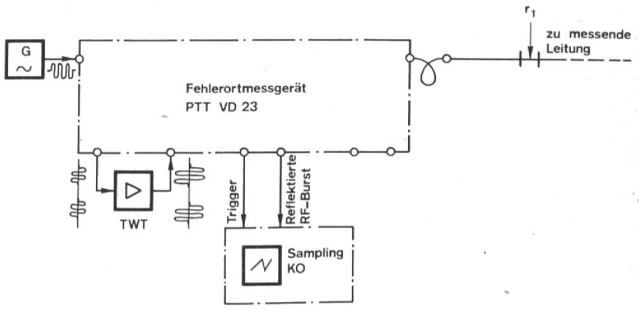

Fig. 18
Messschaltung mit Videodetektion und HF-Oszilloskop

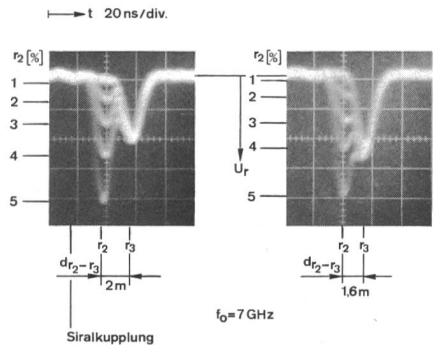

Fig. 19
Erkennbarkeit von Störstellen bei gegebenem Abstand

wicht fallen, da diese Geräte bereits im Messpark der in Frage kommenden Benützer vorhanden sind.

Der Preis bei Herstellung einer Kleinserie wird je Einzelgerät etwa einen Fünftel jenes herkömmlicher Apparate (221) betragen.

Bibliographie

[1] *Medhurst R. G.* Echo Distorsion in Frequency-Modulation. Electronic and Radio Engineer. Juli 1959.

[2] *Kienlin U.* und *Kürzl A.* Auswirkungen mehrerer Reflexionsstellen in Antennenleitungen bei Richtfunkanlagen mit Frequenzmodulation Frequenz. 1962, Bd. 16.

[3] Reflexionen in Mikrowellenenergieleitungen von FM-Systemen und ihr Einfluss auf das Geräusch im Basisband. Bericht GD PTT VD 23.040A, 1975.

[4] Empfehlungen für die Spezifikation von Feederleitungen von Richtstrahlanlagen. Bericht GD PTT VD 23.046A, 1976.

[5] Time Domain Reflectometry. Hewlett Packard Application Note 62. 1964.

[6] Frequency selective fault location. Hewlett Packard Technical Data 15. November 1971.

[7] Mikrowellen-Fehlerortmessung mit Hilfe des FM-Dopplerprinzips. Bericht GD PTT VD 23.034A, 1974.

[8] *Ramo S.* und *Winnery J. R.* Felder und Wellen in der modernen Funktechnik. Berlin, 1960.

[9] The sampling oscilloscope in theory and practice (Philips-Publikation).

[10] *Studer Ch.* Entwicklung eines koaxialen Hochpassfilters im Hinblick auf seinen Einsatz in einem geträgerten Impulsreflektometer. Diplomarbeit Ingenieurschule Burgdorf, 1977.

Die nächste Nummer bringt unter anderem
Vous pourrez lire dans le prochain numéro

K. E. Wuhrmann	Grundsätze und Hilfsmittel für Bedienung und Unterhalt des Integrierten PCM-Fernmeldesystems IFS Principes et moyens auxiliaires relatifs à la desserte et à l'entretien du système de télécommunications MIC intégré IFS
P. Bühler	Ausrüstungen für den neuen TV-Komplex Lugano-Comano L'equipaggiamento tecnico del nuovo complesso televisivo di Lugano-Comano
H. Meyer	TT-Lager und PTT-Garage der Kreistelefondirektion Basel in Arlesheim