Die Quetschleitung, ein einfaches und universelles Messgerät im Bereich der Zentimeterwellen

Autor(en): **Severin, Hans**

Objekttyp: **Article**

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**

Band (Jahr): **33 (1955)**

Heft 3

PDF erstellt am: **20.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-874223

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Gestell herausgezogen und im rechten Winkel gedreht werden können. Damit sind alle Teile des Relais (Federsatz, Spule, Lötstifte und Verdrahtung) von der Vorderseite des Gestelles zugänglich, was den Unterhalt- und Störungsdienst vereinfacht.

Bei der Ausführung der Gestelle für Wandmontage ist ferner der ganze Relaisrahmen ausdrehbar. Auf der rückwärtigen Gestellabdeckung befinden sich die Lötösenstreifen für die verschiedenen Kabel.

Das neue System eignet sich natürlich nicht nur für Hauszentralen jeglicher Grösse, sondern erlaubt auch den Bau von *Amtszentralen* mit beliebigen Anschlusszahlen. Entsprechend der jeweiligen Grösse der Anlage wird, wie Fig. 17 zeigt, eine andere Gruppierung der Kreuzwähler vorgenommen.

Das neue Zentralensystem Trachsel-Gfeller, dessen Kreuzwähler eine lange Entwicklungszeit hinter sich haben und sich in Fernsteueranlagen und Leitungsdurchschaltern seit längerer Zeit bestens bewährten, wird nun in einigen Anlagen der schweizerischen PTT-Verwaltung im praktischen Betrieb erprobt.

partie antérieure du bâti, ce qui simplifie le service d'entretien et de réparation des dérangements.

Dans les bâtis pour le montage mural, tout le cadre des relais est pivotant. Les réglettes d'œillets de soudure pour les câbles se trouvent sur la plaque postérieure du couvercle du bâti.

Le nouveau système ne se prête pas uniquement à la construction de centraux domestiques de n'importe quelle grandeur, mais aussi à celle de *centraux officiels* d'un nombre quelconque de raccordements. Suivant la grandeur de l'installation, on adopte un autre groupement des sélecteurs crossbars, comme le montre la figure 17.

Le système de centraux Trachsel-Gfeller, dont les sélecteurs crossbars ont été mis au point au terme d'une longue période de développement et sont utilisés depuis plusieurs années dans des installations de télécommande et des connecteurs automatiques de lignes, est essayé actuellement en service pratique dans quelques installations de l'administration suisse des PTT.

Die Quetschleitung, ein einfaches und universelles Messgerät im Bereich der Zentimeterwellen[1]

Von *Hans Severin*, Göttingen

621.317.029.64

Zusammenfassung. *Bei der Impedanzmessung mit dieser Hohlrohrmessleitung bleibt die mechanische Länge zwischen dem Messling und der fest angeordneten Sonde unverändert. Durch Zusammendrücken des Hohlleiters wird die Phasengeschwindigkeit in ihm und damit die «elektrische Länge» der Leitung geändert. Ein derartiges Gerät kann im Bereich der Zentimeterwellen als Messleitung und als Phasenschieber hoher Präzision verwendet werden, wenn man den Zusammenhang zwischen mechanischer Deformation und Änderung der elektrischen Länge ermittelt hat.*

Das universellste Messinstrument bei sehr hohen Frequenzen ist die Messleitung. Längs eines homogenen, praktisch verlustfreien Leitungsstückes (koaxialer Leiter bei dm-Wellen, Hohlleiter bei cm-Wellen) wird die Feldverteilung mittels einer Sonde aufgenommen. Schon bei Messgenauigkeitsansprüchen von 1 % verlangt die Herstellung einer Messleitung hohe mechanische Präzision. Insbesondere muss das Abtastorgan bei seiner Verschiebung längs der Leitung sich stets zentral durch den dafür vorgesehenen Schlitz bewegen und dabei überall gleich tief in die Leitung eintauchen. Die Verwirklichung dieser Forderung führt mit wachsender Frequenz auf erhebliche konstruktive Schwierigkeiten und damit auf ein kostspieliges Instrument. Daher wäre ein Verfahren erwünscht, bei dem die Sonde fest angeordnet ist und die Leitungslänge zwischen ihr und dem Messling geändert wird. Beim Hohlleiter ermöglicht die Abhängigkeit der Phasengeschwindigkeit von den Querschnittsdimensionen den Bau einer einfachen, billigen und robusten Leitung veränderlicher «elektrischer Länge»: Durch Zusammendrücken des Hohlleiters ändert man die Rohrwellenlänge und damit auch die Zahl der Wellenlängen längs des deformierten Leitungsstückes.

Die Zentimeterwellentechnik benutzt heute praktisch nur Hohlleiter von rechteckigem Querschnitt, die eine TE_{10}-Welle führen. Ein Hohlleiter veränderlicher Breite lässt sich dann so verwirklichen, dass man in der Mitte seiner beiden Breitseiten je einen langen, schmalen Schlitz und bei der halben Schlitzlänge eine Klemmvorrichtung (z. B. eine Schraubzwinge) anbringt, mit der der Hohlleiter etwas zusammengedrückt werden kann (Fig. 1). Auf dieses Gerät wurde schon verschiedentlich hingewiesen, allerdings auch einschränkend bemerkt, dass der Zusammenhang zwischen Quetschung und resultierender Änderung der elektrischen Länge nicht bekannt und nur annähernd linear sei.

Dieser Zusammenhang wurde nach einem Störungsverfahren in erster und zweiter Näherung berechnet. Das Ergebnis ist also von der Form

$$\frac{\Delta l}{l} = C_1 \frac{d}{a} + C_2 \left(\frac{d}{a}\right)^2, \quad \frac{d}{a} \ll 1 \qquad (1)$$

wobei a die Breite des nicht deformierten Hohlleiters, d die an der Quetschvorrichtung gemessene Zusam-

[1]) Referat über drei Arbeiten des Autors zum gleichen Thema: Quetschleitung für 4000 MHz. GD PTT, Bericht V 35.52.07 vom 12. Juni 1952.

Die Quetschleitung, ein einfaches und universelles Messgerät im Bereich der Zentimeterwellen. Nachrichten der Akademie der Wissenschaften, Göttingen. Mathematisch-Physikalische Klasse. Jahrgang 1954, Nr. 1.

Eine verbesserte Quetschleitung mit streckenweise konstanter Breite. Zeitschrift für angewandte Physik **6**, 262 (1954).

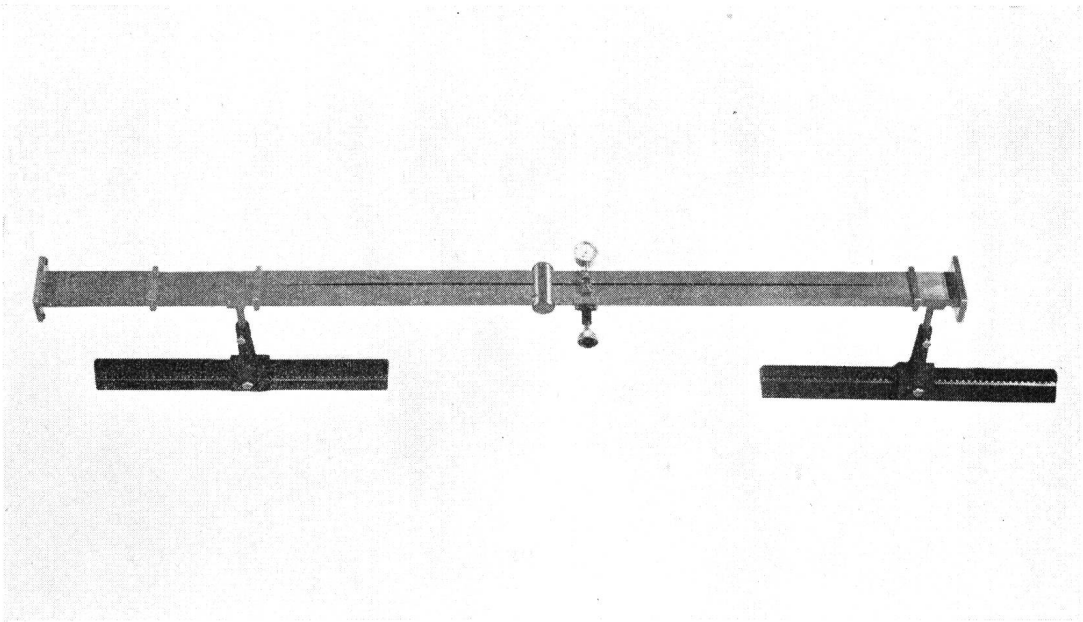

Fig. 1. Quetschleitung für 4000 MHz

mendrückung und $\frac{\Delta l}{l}$ die dabei erzielte relative Änderung der elektrischen Länge bedeuten. Kennt man die Konstanten C_1 und C_2, die noch von a und der Betriebswellenlänge λ abhängen, so kann man die Quetschleitung unter folgenden Voraussetzungen zur Messung von Scheinwiderständen verwenden: Die Leitungslänge muss hinreichend gross sein, so dass Glieder $\frac{d}{a}$ von höherer Ordnung als der zweiten keinen Beitrag zu $\frac{\Delta l}{l}$ liefern. Ferner muss die durch die Quetschung an der inhomogenen Leitung verursachte Störreflexion unter der messbaren Grenze bleiben. Die Rechnung ergibt, dass eine solche Störung mindestens von der Ordnung $\left(\frac{d}{a}\right)^3$ ist, damit im Gültigkeitsbereich von (1) also keinen Einfluss ausübt. Schliesslich darf keine Abstrahlung durch die beiden Längsschlitze der Leitung erfolgen; eine genauere Abschätzung dieses Vorgangs zeigt, dass die damit verbundenen Energieverluste vernachlässigbar klein sind. Der Grund für diesen günstigen Befund ist der, dass die Lage der Schlitze auch beim Zusammendrücken der Leitung für jeden Querschnitt zentral bleibt.

In einer ersten Überschlagsrechnung können die elektrischen Daten einer Quetschleitung ermittelt werden durch die Annahme, dass sie über die Länge des Schlitzes einem Hohlleiter äquivalent ist, dessen Breite gleich dem arithmetischen Mittel der tatsächlichen Breiten in der Mitte und am Ende des Schlitzes ist. Ausgehend von der Formel für die Rohrwellenlänge einer TE_{10}-Welle im rechteckigen Hohlleiter

$$\lambda_R = \frac{\lambda}{\sqrt{1-\left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2}}$$

erhält man für die Änderung der Rohrwellenlänge bei einer kleinen Breitenänderung

$$\Delta \lambda_R = -\frac{1}{4}\left(\frac{\lambda_R}{a}\right)^3 \Delta a$$

Mit $\Delta a = -\frac{d}{2}$ folgt daraus für die beim Zusammendrücken der Leitung auftretende Vergrösserung der Rohrwellenlänge

$$\frac{\Delta \lambda_R}{\lambda_R} = \frac{d}{2a}\left(\frac{\lambda_R}{2a}\right)^2 \qquad (2)$$

Die ungefähre Länge einer Quetschleitung ergibt sich nun aus der Überlegung, dass man zur Messung der Welligkeit wenigstens ein Minimum und ein Maximum der stehenden Welle erfassen muss; das ist der Fall, wenn sich die elektrische Länge der Quetschleitung bei maximaler Zusammendrückung (d_{max} = Schlitzbreite) um $\frac{\lambda_R}{2}$ ändert. Daraus folgt für die Länge l der Quetschleitung in Rohrwellenlängen

$$\frac{l}{\lambda_R} = \frac{\frac{\lambda_R}{2}}{\Delta \lambda_R} = \frac{a}{d_{max}}\left(\frac{2a}{\lambda_R}\right)^2$$

Im Betriebsfall ist der Wert von $\frac{2a}{\lambda_R} \approx 1$. Da durch die Quetschung selbst keine den Messvorgang störende Reflexion hervorgerufen werden soll, ist $\frac{d_{max}}{a}$ möglichst klein zu halten, also etwa $\frac{d_{max}}{a} \simeq 0{,}1$. Da-

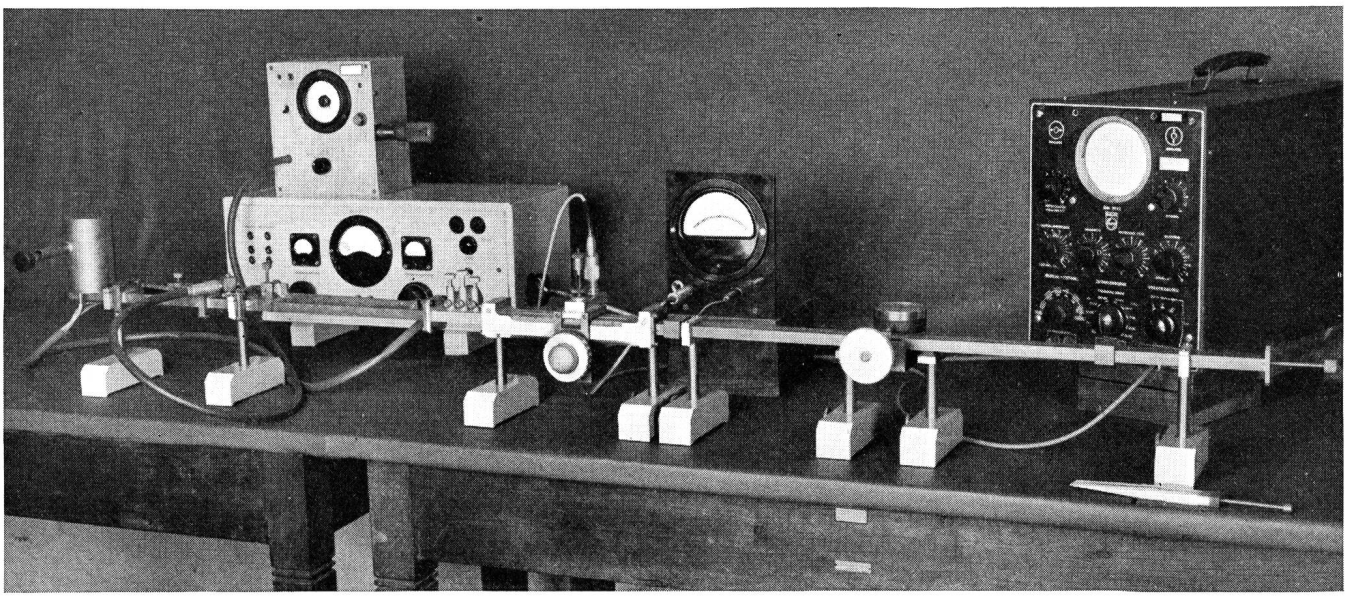

Fig. 2. Quetschleitung und Messplatz für 10000 MHZ ($\lambda = 3$ cm). Klystron 2K25, Abschwächer, Wellenmesser, Abschwächer, Anpassungstransformator, Messleitung, Quetschleitung, reflexionsfreier Abschluss

mit ergibt sich für l eine Länge von rund 10 Rohrwellenlängen.

Die strenge Rechnung führt in erster Näherung zum selben Ergebnis (2) für die Änderung der elektrischen Länge, so dass also in (1)

$$C_1 = \frac{1}{2}\left(\frac{\lambda_R}{2a}\right)^2 \tag{3}$$

zu setzen ist. Messungen an einer Quetschleitung mit einer Schlitzlänge von 1 m[2]) ergaben bei 13,3 cm Rohrwellenlänge für kleine Werte von d, bei denen nur das lineare Glied in (1) wirksam ist, gute Übereinstimmung mit der Rechnung. Es zeigte sich ferner, dass im Frequenzbereich von 4000 MHz für eine Quetschleitung von noch erträglicher Länge die Mitnahme des Gliedes mit $\left(\frac{d}{a}\right)^2$ in (1) erforderlich ist.

Die Berechnung der ersten und zweiten Näherung von $\frac{\Delta l}{l}$ erfolgte nach einem Störungsverfahren, wie es für Hohlraumresonatoren mit *kleinen* Abweichungen von der idealen Form üblich ist. Dabei waren vorweg zwei prinzipielle Fragen zu klären:

1. Darf die Quetschleitung zur Berechnung ihrer elektrischen Länge als Hohlraumresonator angesehen werden? Das ist offenbar möglich, weil die bei beliebigem Abschlusswiderstand gemessene Schwankung des Sondenstromes allein durch die stehende Welle bedingt ist. Man kann daher die Änderung der Resonanzwellenlänge durch Querschnittsdeformation bestimmen und bei konstanter Betriebsfrequenz durch eine entsprechende Änderung der Länge des Resonators ausgleichen.

2. Eine kleine Störung bedeutet physikalisch, dass die angeregte TE_{10n}-Schwingung erhalten bleiben soll, das heisst, sämtliche Deformationen müssen klein gegen die Rohrwellenlänge λ_R sein. Andererseits verlangt aber die Ausführung einer Messung mit der Quetschleitung eine Mindeständerung der elektrischen Länge um $\frac{\lambda_R}{2}$. Es ist also nicht möglich, die gesuchte Längenänderung nach einem Störungsverfahren in *einem* Schritt zu berechnen. Man wird daher das Verfahren so anlegen, dass man zunächst die zu einer infinitesimalen Quetschung gehörende infinitesimale Längenänderung des Resonators bestimmt. Durch Integration vieler derartiger Schritte erhält man den gesuchten Zusammenhang zwischen totaler Quetschung d und Längenänderung Δl.

Ausgangspunkt für die Störungsrechnung bildet eine Eigenwertdarstellung, die aus der Gleichheit der Energieanteile des elektrischen und magnetischen Feldes folgt:

$$\Omega^2 \varepsilon_0 \mu_0 = K^2 = \frac{\int_V \frac{1}{\mu} \operatorname{rot} \mathfrak{E} \overline{\operatorname{rot} \mathfrak{E}} \, dv}{\int_V \varepsilon \, \mathfrak{E} \overline{\mathfrak{E}} \, dv}$$

wobei die Integrale über das Volumen V des Hohlraumresonators zu erstrecken sind und $\overline{\mathfrak{E}}$ das konjugiert Komplexe von $\mathfrak{E}$ bedeutet. Für eine einfache Eigenschwingung ist die Eigenwertänderung, die durch geringfügige Deformationen des Volumens bewirkt wird, gegeben durch

$$-\frac{\Delta K}{K} = \frac{1}{2} \frac{\int_{\Delta V} \left(\mu Z_0^2 \mathfrak{H} \overline{\mathfrak{H}} - \varepsilon \mathfrak{E} \overline{\mathfrak{E}}\right) dv}{\int_V \varepsilon \, \mathfrak{E} \overline{\mathfrak{E}} \, dv} \tag{4}$$

wobei Z_0 den Wellenwiderstand des leeren Raumes bedeutet

[2]) Ausgeführt im Hochfrequenzlaboratorium der Forschungs- und Versuchsanstalt der Generaldirektion PTT in Bern.

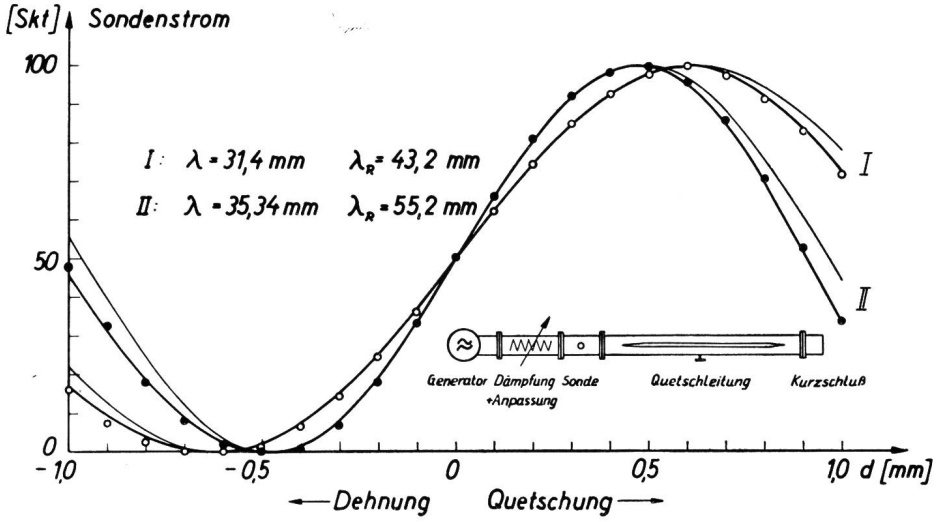

Fig. 3. Sondenstrom in Abhängigkeit von der Quetschung bzw. Dehnung eines Hohlleiters von der Breite a = 22,9 mm und der Länge 450 mm
——— 1. Näherung
——— 2. Näherung
o o Messpunkte bei λ_R = 43,2 bzw. 55,2 mm

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} = 377\ [\Omega]$$

Danach kann bei Zunahme des Hohlraumvolumens die Eigenfrequenz grösser oder kleiner werden, je nachdem, ob die Volumenzunahme in einem Bereich erfolgt, in dem die Energie des elektrischen oder die des magnetischen Feldes überwiegt. Dieser Befund ist im Hinblick auf unser spezielles Problem wichtig, da die Phase der stehenden Wellen durch den jeweiligen Messling bestimmt wird. Die Rechnung zeigt, dass der Einfluss der Lage des elektromagnetischen Feldes zur Quetschleitung nur von der Ordnung $\left(\frac{d}{a}\right)^4$ ist und sich daher auf das Ergebnis (1) nicht auswirkt.

Die mit einer Volumenverkleinerung verbundene relative Eigenwertänderung erster Näherung gewinnt man aus (4) mit den ungestörten Feldern. Zur Auswertung der Integrale benötigt man noch den Verlauf der Biegelinie; sie erweist sich für die hier interessierenden kleinen Werte von d identisch mit der aus der Statik bekannten Biegelinie für einen elastischen Flachkantstab, der an den Enden eingespannt ist und in der Mitte belastet wird. Das Ergebnis der Rechnung wurde in (3) vorweggenommen; es gilt für alle Biegelinien, die punktsymmetrisch zu den Punkten bei ¼ und ¾ der Schlitzlänge verlaufen.

Zur Bestimmung der Eigenwertänderung zweiter Näherung benötigt man die Felder erster Näherung im deformierten Hohlleiter. Für die Berechnung dieses Feldes $\mathfrak{E}$, $\mathfrak{H}$ in der Quetschleitung überlegt man sich zunächst, dass bei einer reinen Breitenänderung des eine TE_{10}-Welle führenden Rechteckhohlleiters keine neuen Feldkomponenten entstehen. Als ersten Schritt zur Lösung des daher ebenen Problems führt man krummlinige orthogonale Koordinaten ein, die den Rändern der Aufgabe angepasst sind. Physikalisch gesehen, sind diese neuen Koordinatenlinien Äquipotential- und Feldlinien des elektrostatischen Feldes, das bei Anlegen einer Gleichspannung an die Hohlleiterschmalseiten entstehen würde. Durch konforme Abbildung eines Längsschnittes des deformierten Hohlleiters auf einem geradlinig begrenzten Streifen kann sodann das ursprüngliche Problem einer TE_{10}-Welle im Rechteckhohlleiter mit krummen Schmalseiten zurückgeführt werden auf die Lösung der Feldgleichungen für einen Hohlleiter konstanten Querschnitts, der ein isotropes ortsveränderliches Dielektrikum enthält. Das ist die physikalische Deutung eines rein mathematischen Vorgangs, bei dem man die komplizierten Randbedingungen des tatsächlichen Hohlleiters durch kompliziertes Verhalten eines fiktiven Mediums ersetzt und dafür die einfachen Randbedingungen des «Hilfshohlleiters» eintauscht. Die Anwendung des skizzierten Verfahrens setzt voraus, dass man die Ortsabhängigkeit der Dielektrizitätskonstanten kennt. Im Falle der Quetschleitung ist dieser Verlauf durch die Störungsrechnung erster Näherung bekannt, und die Lösung der Wellengleichung kann nach der WKB-Methode erfolgen. Mit den so ermittelten Feldstärken erster Näherung kann sodann die elektrische Länge der Quetschleitung in zweiter Näherung berechnet werden. Man findet für den Koeffizienten C_2 in (1)

$$C_2 = \frac{13}{35}\left(\frac{\lambda_R}{2a}\right)^2\left(1 + \frac{1}{2}\left(\frac{\lambda_R}{2a}\right)^2\right) \tag{5}$$

und damit als Gesamtergebnis (6)

$$\boxed{\frac{\Delta l}{l} = \left(\frac{\lambda_R}{2a}\right)^2\left\{\frac{d}{2a} + \left(\frac{d}{2a}\right)^2\frac{52}{35}\left(1 + \frac{1}{2}\left(\frac{\lambda_R}{2a}\right)^2\right)\right\}}$$

Der Vergleich mit dem Experiment geschieht zweckmässig bei einer möglichst kleinen Wellenlänge. Zur Verfügung stand ein Generator für λ = 3,2 cm. Die Quetschleitung wurde aus dem bei dieser Wellenlänge üblichen Rechteckhohlleiter durch Anbringen je eines Längsschlitzes in der Mitte der beiden Hohlleiterbreitseiten angefertigt. Die bei der halben Schlitzlänge punktförmig erfolgende Quetschung oder Dehnung konnte an einer Zeißschen Messuhr bis auf $5 \cdot 10^{-3}$ mm abgelesen werden. In einer Messanordnung

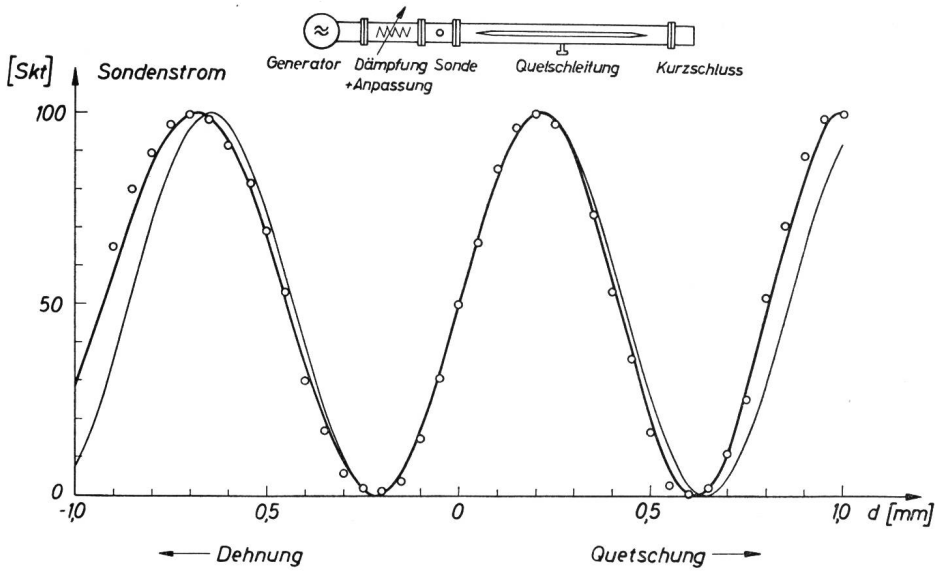

Fig. 4. Sendestrom in Abhängigkeit von der Quetschung bzw. Dehnung eines Hohlleiters (Breite a = 2,29 cm, Gesamtlänge 100 cm, Länge des Mittelstückes konstanter Breite 22 cm; $\frac{\lambda_R}{2a} = 1$)
——— 1. Näherung
——— 2. Näherung
∘ Messpunkte

nach Figur 2 wurde für die am Ende kurzgeschlossene Leitung bei fester Sonde der Diodenstrom in Abhängigkeit von der Quetschung gemessen (Fig. 3).

Bei einem weiteren Ausbau der bisher erzielten Ergebnisse wird man danach trachten, durch geeignete Formgebung der Biegelinie die mit einer bestimmten Deformation d verbundene Änderung der elektrischen Länge Δl möglichst gross zu machen. Man kann dann die Länge l der Quetschleitung entsprechend reduzieren oder bei noch erträglichem l in dem messtechnisch angenehmeren linearen Bereich arbeiten. Eine obere Grenze für die erreichbare Änderung der elektrischen Länge erhält man, wenn sich die Hohlleiterbreite a auf der ganzen Länge l um den konstanten Betrag d ändert. In diesem Falle ist $\frac{\Delta l}{l}$ in erster und zweiter Näherung

$$\frac{\Delta l}{l} = \left(\frac{\lambda_R}{2a}\right)^2 \left\{\frac{d}{a} + \left(\frac{d}{a}\right)^2 \frac{3}{2}\left(1 + \left(\frac{\lambda_R}{2a}\right)^2\right)\right\} \qquad (7)$$

Der Vergleich mit (6) lehrt, dass $\frac{\Delta l}{l}$ mindestens doppelt so gross ist wie bisher. Der Koeffizient von $\left(\frac{d}{2a}\right)^2$ in (7) ist bei $\frac{\lambda_R}{2a} = 1$ sogar 5,3mal grösser als in (6).

Nach diesen Überlegungen ist es naheliegend, für die Biegelinie einen Verlauf zu wählen, bei dem das Mittelstück des deformierten Hohlleiters auf einer Länge l_1 konstante Breite hat. Die beiderseits anschliessenden Randstücke der Länge $\frac{l_2}{2}$ verlaufen nach der ursprünglichen Biegelinie, wodurch die stetige und langsame Änderung des Hohlleiterquerschnitts gewährleistet bleibt. Die Änderung der elektrischen Länge lässt sich quantitativ durch Kombination von (6) und (7) angeben:

$$\Delta l_{total} = l_1 \left(\frac{\Delta l}{l}\right)_{(7)} + l_2 \left(\frac{\Delta l}{l}\right)_{(6)} \qquad (8)$$

In erster Näherung liefert also eine Quetschleitung mit streckenweise konstanter Breite schon bei einer Länge $l = l_1 + l_2$ denselben Wert für Δl wie die übliche Quetschleitung der Länge $l = 2l_1 + l_2$. Figur 4 zeigt die wieder bei $\lambda = 3{,}2$ cm ausgeführten Messungen an einer Quetschleitung mit einer Schlitzlänge von 1 m und einem 22 cm langen Mittelstück konstanter Breite. Wie man sieht, arbeitet die Leitung im Bereich $d = \pm 0{,}25$ mm – das entspricht bei $\frac{\lambda_R}{2a} = 1$ einer Änderung der elektrischen Länge von etwas mehr als $\frac{\lambda_R}{4}$ – praktisch linear. Ordnet man die Sonde verschiebbar an, so dass sie sich bei Beginn jeder Messung in ein Maximum oder Minimum der stehenden Welle bringen lässt, dann kann man bei jedem beliebigen Scheinwiderstand in diesem linearen Bereich bleiben.

Legt man andererseits auf ein möglichst kurzes, handliches Gerät Wert, so muss man das quadratische Glied im Ausdruck für die Änderung der elektrischen Länge mitnehmen. Die Bestimmung von $\frac{\Delta l}{l}$ aus der an der Messuhr ablesbaren Quetschung d geschieht dann zweckmässig mit Hilfe eines Diagramms, das für die jeweiligen Betriebsbedingungen (a, l, λ) den Verlauf von $\frac{\Delta l}{l} = f(d)$ nach (6) oder (8) darstellt. Für eine oder mehrere feste Wellenlängen könnte man natürlich auch die Millimeterteilung der Ablesevorrichtung durch eine unmittelbar die Phasenänderung anzeigende Teilung ersetzen.

Um Wirk- und Blindanteil eines Abschlusswiderstandes $\mathfrak{R}$ mit der Quetschleitung zu bestimmen, misst man wie bei der Messleitung die Welligkeit Γ des Feldes und seine Phase φ gegen eine Bezugsebene. Nach Ermittlung von Γ und φ lässt sich jede der interessierenden Grössen $\mathfrak{R}$, X, Y, R, Θ – erklärt durch

$\mathfrak{R} = X + iY = Re^{i\theta}$ – mit Hilfe derselben Nomogramme angeben, wie sie bei der Messleitung zur Auswertung der Messergebnisse seit langem mit Erfolg angewendet werden.

Ausser zur Messung von Scheinwiderständen kann die Quetschleitung auch als Phasenschieber hoher Präzision benutzt werden. Eine Eichung erübrigt sich, nachdem der Zusammenhang zwischen Phasenänderung und Quetschung durch die Rechnung bekannt ist. Ein abschliessendes Zahlenbeispiel bezieht sich auf eine Quetschleitung, die bei $\lambda = 3{,}2$ cm benutzt wird und 10 λ_R lang ist. Bei einer Quetschung um $d = 5 \cdot 10^{-3}$ mm beträgt die Phasenänderung 0,4°.

Adresse des Verfassers: Privatdozent Dr. *Hans Severin*, III. Physikalisches Institut der Universität Göttingen, (20b) Göttingen, Bürgerstrasse 42.

Verschiedenes - Divers - Notizie varie

Bestand der Radio- und Drahtrundspruchhörer sowie der Fernsehteilnehmer Ende Dezember 1954

Effectif des auditeurs de radiodiffusion et de diffusion par fil ainsi que des téléspectateurs fin décembre 1954

Telephondirektionen Directions des téléphones	Radiohörer Auditeurs de radio	Drahtrundspruch Diffusion par fil		Total	Zu- oder Abnahme im Dezember Augmentation ou diminution en décembre	Fernsehteilnehmer Téléspectateurs	
		am Telephon au téléphone	Rediffusion			Bestand Effectif	+ / — im Dez. en déc.
Basel	68 769	24 720	10 322	103 811	+ 329	296	+ 19
Bellinzona	33 635	5 169	—	38 804	+ 59	707	+ 76
Bern	64 894	24 759	5 655	95 308	+ 249	93	+ 3
Biel	59 522	9 647	5 159	74 328	+ 186	218	+ 10
Chur	22 926	9 687	—	32 613	+ 116	11	—
Fribourg	26 946	1 585	—	28 531	+ 78	24	—
Genève	59 505	10 083	—	69 588	— 32	104	+ 12
Lausanne	77 799	14 775	6 537	99 111	+ 554	39	— 1
Luzern	63 215	10 799	—	74 014	+ 164	271	+ 19
Neuchâtel	38 294	7 315	—	45 609	+ 337	86	+ 9
Olten	67 607	5 071	—	72 678	+ 45	336	+ 24
Rapperswil	33 791	3 689	—	37 480	+ 97	167	+ 19
St. Gallen	80 412	13 362	3 861	97 635	+ 307	317	+ 25
Sion	18 393	3 098	—	21 491	+ 48	9	+ 1
Thun	27 379	6 159	—	33 538	+ 125	8	—
Winterthur	52 404	6 207	—	58 611	+ 289	278	+ 13
Zürich	157 530	38 909	19 168	215 607	+1361	1493	+ 97
Total	953 021	195 034[1])	50 702[1])	1 198 757[2])	+4312	4457	+ 326
Zu- oder Abnahme im Dezember Augmentation ou diminution en décembre	+ 2 315	+1 799	+ 198	+4 312	—	+326	—
Zu- oder Abnahme seit 1. Januar 1954 Augmentation ou diminution depuis le 1er janv. 54	+21 275	+20 247	— 838	+40 684	—	+3537	—

[1]) In diesen Zahlen sind die Hörer inbegriffen, welche die Rundspruchdarbietungen sowohl per Draht als auch drahtlos empfangen.
Dans ces chiffres sont compris les auditeurs qui ont la possibilité de recevoir par radio et par fil.

[2]) nicht inbegriffen / non compris 3649 Gratiskonzessionen / concessions gratuites