Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Telegraphen- und Telephonverwaltung = Bulletin technique / Administration des télégraphes et des téléphones suisses = Bollettino tecnico / Amministrazione dei telegrafi e dei telefoni svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Telegraphen- und Telephonverwaltung

Band: 20 (1942)

Heft: 1

Artikel: Ueber die Stabilität von verstärkten Leitungen

Autor: Weber, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-873249

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

BERN, 1. II. 1942 № 1 JAHRGANG - ANNÉE - ANNO XX

TECHNISCHE MITTEILUNGEN

HERAUSGEGEBEN VON DER SCHWEIZ. TELEGRAPHEN- UND TELEPHON-VERWALTUNG

BULLETIN TECHNIQUE

PUBLIÉ PAR L'ADMINISTRATION DES TÉLÉGRAPHES ET DES TÉLÉPHONES SUISSES

BOLLETTINO TECNICO

PUBBLICATO DALL'AMMINISTRAZIONE DEI TELEGRAFI E DEI TELEFONI SVIZZERI

Inhalt — Sommaire — Sommario: Ueber die Stabilität von verstärkten Leitungen. — Ein Generator für den musikalischen Stimmton. Un générateur du nouveau „la" normal. — Neue Verstärker für Aussenübertragungen. — La rete telefonica del Vaticano. — Betrachtungen über die Wechselwirkungen zwischen Fahrdraht und Stromabnehmern verschiedener Bauart. — L'emploi frauduleux des automates, notamment celui des automates téléphoniques à prépaiement, considéré au point de vue de l'ancien droit et du nouveau Code pénal suisse. — Ein schweizerischer Kopiertelegraph aus der Zeit um 1850. — Zur deutschen Rechtschreibung. — Verschiedenes. Divers: Portraits des grands hommes de la Télécommunication. — Ein Rücktritt. — Erziehung der Stimme zum Telephonieren. — Ein Telephon meldet „von sich aus" einen Brandausbruch. — Kinder schreiben über das Telephon. — Come nacque la radio. — Von Anno dazumal. — Feenhände. — Fachliteratur. Littérature professionnelle: Lehrkurs über Telephonie. — Bau von Fernmeldeanlagen. — Neuerwerbungen der Bibliothek der Telegraphenverwaltung. Nouvelles acquisitions de la bibliothèque de l'administration des télégraphes. Nuovi acquisti della biblioteca dell'amministrazione dei telegrafi. — Berichtigung. — Personalnachrichten. Personnel. Personale.

Ueber die Stabilität von verstärkten Leitungen.

H. Weber. 621.395.645.1

1. Definitionen.

Wir betrachten hier nur Leitungen mit eingeschalteten Zweidrahtverstärkern.

Die Begriffe sind in Fig. 1 eingetragen und bedeuten:

$\mathfrak{R}_1$, $\mathfrak{R}_2$ Abschlussimpedanzen der Fernleitung.
$\mathfrak{R}_1'$, $\mathfrak{R}_2'$ Leitungsimpedanzen von B aus gemessen.
$\mathfrak{Z}_1$, $\mathfrak{Z}_2$ Wellenwiderstände der Fernleitungen von B aus gemessen (bei $\mathfrak{R}_1 = \mathfrak{Z}_1$, $\mathfrak{R}_2 = \mathfrak{Z}_2$).
$\mathfrak{N}_1$, $\mathfrak{N}_2$ Impedanzen der Nachbildungen.
$\mathfrak{g}_1$, $\mathfrak{g}_2$ Uebertragungsmaße der Leitungen $\mathfrak{g}_1 = \gamma_1 l_1$.
$\mathfrak{v}_1$, $\mathfrak{v}_2$ Verstärkungsgrade der beiden Richtungen.
$\mathfrak{s}_1$, $\mathfrak{s}_2$ Fehlerdämpfung (Echodämpfung) der Gabelschaltungen.

Es wird definiert:

$$e^{\mathfrak{s}_1} = \frac{\mathfrak{N}_1 + \mathfrak{R}_1'}{\mathfrak{N}_1 - \mathfrak{R}_1'} \qquad (1)$$

Anderseits ist dies gerade die Dämpfung des Energieanteils, der infolge der unvollkommenen Nachbildung von der Ausgangsseite des Verstärkers V_2 auf die Eingangsseite des Verstärkers V_1 gelangt. Der Zweidrahtverstärker pfeift, wenn

$$\mathfrak{v}_1 + \mathfrak{v}_2 \geqslant \mathfrak{s}_1 + \mathfrak{s}_2 \text{ wird.}$$

Alle genannten Grössen sind in Betrag und Phase frequenzabhängig.

Die Pfeifsicherheit $\mathfrak{p}$ (auch Stabilität genannt) wird definiert als gleichmässige Verstärkungserhöhung in beiden Richtungen, bis obige Ungleichheit erfüllt ist. Deshalb wird man danach trachten, die Fehlerdämpfungen $\mathfrak{s}_1$ und $\mathfrak{s}_2$ möglichst gross zu machen. Es gilt bei der Pfeifgrenze

$$\mathfrak{v}_1 + \mathfrak{v}_2 + 2\,\mathfrak{p} = \mathfrak{s}_1 + \mathfrak{s}_2$$

Stabilität: $$\mathfrak{p} = \tfrac{1}{2}\,[\mathfrak{s}_1 + \mathfrak{s}_2 - (\mathfrak{v}_1 + \mathfrak{v}_2)] \qquad (2)$$

2. Berechnung der Fehlerdämpfung $\mathfrak{s}_1$ und $\mathfrak{s}_2$.

Diese hangen je von zwei Faktoren ab, nämlich von der Abschlussimpedanz der Leitung an den Orten A resp. C und dem Nachbildfehler der Leitung, wenn diese am fernen Ende reflexionsfrei, d. h. mit der Wellenimpedanz abgeschlossen ist. Die Fehlerdämpfung im letztern Fall kann wirtschaftlich nicht beliebig gross gemacht werden, da der Wellenwiderstand jeder Leitung in Abhängigkeit von der Frequenz unregelmässige Schwankungen aufweist, die auf den mehr oder weniger guten Aufbau der Fernleitung zurückzuführen sind, wie z. B. die ungleichmässige Verteilung der Betriebskapazität längs der

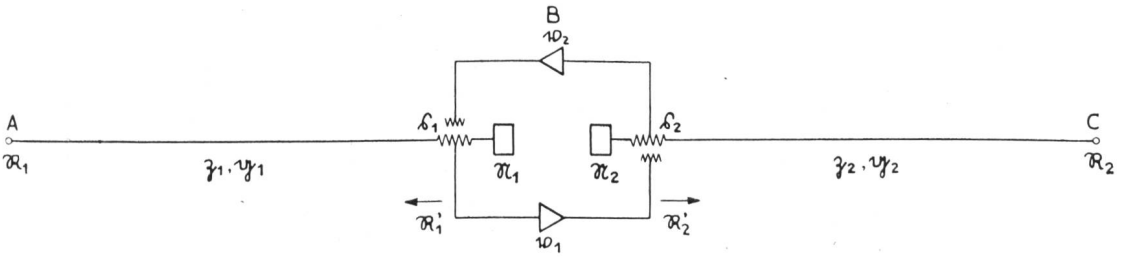

Abb. 1. Bezeichnungen.

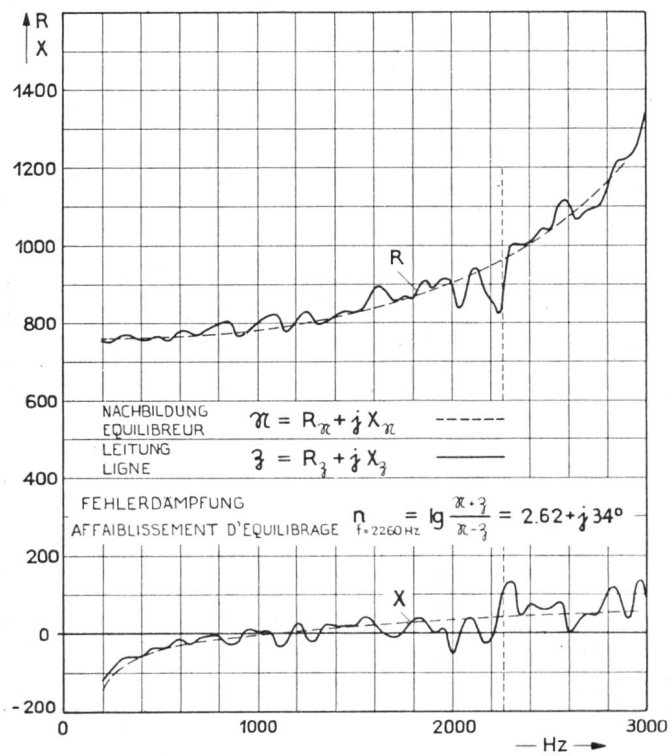

Abb. 2. Scheinwiderstand einer Viererleitung H—177—63, 1,4 mm Durchmesser, und der zugehörigen Nachbildung.

Leitung. Die Nachbildung weist dagegen immer eine glatte Frequenzcharakteristik auf. Ihr Impedanzverlauf entspricht dem Verlauf des mittlern Wellenwiderstandes der Leitung (Fig. 2). Jedes Kabel erhält für seine verschiedenen Leitungstypen Bewertungsgrössen, nämlich die kleinste Fehlerdämpfung $\mathfrak{n}$ im Frequenzband 300—2200 Hz bei bestgewählter Nachbildung. Diese Fehlerdämpfungen $\mathfrak{n}$ qualifizieren die Leitungen für den Verstärkerbetrieb. Leitungen mit grosser Fehlerdämpfung $\mathfrak{n}$ werden angestrebt und erheischen deshalb bei der Kabelfabrikation und beim Aufbau besondere Beachtung.

$\mathfrak{n}$ ist definiert zu

$$e^{\mathfrak{n}} = \frac{\mathfrak{N} + \mathfrak{Z}}{\mathfrak{N} - \mathfrak{Z}} \qquad (3)$$

oder gleichbedeutend

$$\frac{\mathfrak{Z}}{\mathfrak{N}} = \mathfrak{Tg}\left(\frac{\mathfrak{n}}{2}\right) \text{ [Tangenshyperbol.]} \qquad (3)'$$

Der erstgenannte Faktor, nämlich der Abschluss am fernen Ende, hat die Auswirkung, dass wir in B nicht mehr mit $\mathfrak{Z}_1$ und $\mathfrak{Z}_2$ rechnen dürfen, sondern mit veränderten Eingangsimpedanzen $\mathfrak{R}_1'$ und $\mathfrak{R}_2'$.

Die Fehlerdämpfung $\mathfrak{s}_1$ ist dann

$$e^{\mathfrak{s}_1} = \frac{\mathfrak{N}_1 + \mathfrak{R}_1'}{\mathfrak{N}_1 - \mathfrak{R}_1'} \quad (1) \quad \text{oder} \quad \mathfrak{Tg}\left(\frac{\mathfrak{s}_1}{2}\right) = \frac{\mathfrak{R}_1'}{\mathfrak{N}_1} \quad (1)'$$

$\mathfrak{R}_1'$ wird in Abhängigkeit vom Abschluss und den Leitungseigenschaften $\mathfrak{Z}_1$ und $\mathfrak{g}_1$ wie folgt berechnet: Vierpolgleichung für die Leitung B—A.

Spannung in B am Leitungsanfang

$$\mathfrak{V}_B = \mathfrak{V}_A \operatorname{Cos} \mathfrak{g}_1 + \mathfrak{J}_A \mathfrak{Z}_1 \operatorname{Sin} \mathfrak{g}_1 \qquad (4)$$

Strom

$$\mathfrak{J}_B = \frac{\mathfrak{V}_A}{\mathfrak{Z}_1} \operatorname{Sin} \mathfrak{g}_1 + \mathfrak{J}_A \operatorname{Cos} \mathfrak{g}_1 \qquad (4)'$$

$\mathfrak{V}_A$, $\mathfrak{J}_A$ Spannung und Strom am Ende der Leitung in A.

$\mathfrak{R}_1' = \frac{\mathfrak{V}_B}{\mathfrak{J}_B}$, $\mathfrak{R}_1 = \frac{\mathfrak{V}_A}{\mathfrak{J}_A}$ oder $\mathfrak{V}_A = \mathfrak{R}_1 \mathfrak{J}_A$ oben eingesetzt und (4) durch (4)′ dividiert und umgeformt

$$\frac{\mathfrak{R}_1'}{\mathfrak{Z}_1} = \frac{\frac{\mathfrak{R}_1}{\mathfrak{Z}_1} + \mathfrak{Tg}\, \mathfrak{g}_1}{1 + \frac{\mathfrak{R}_1}{\mathfrak{Z}_1} \mathfrak{Tg}\, \mathfrak{g}_1} \qquad (5)$$

Setzen wir $\frac{\mathfrak{R}_1}{\mathfrak{Z}_1} = \mathfrak{Tg} \frac{\mathfrak{d}_1}{2}$ oder $e^{\mathfrak{d}_1} = \frac{\mathfrak{Z}_1 + \mathfrak{R}_1}{\mathfrak{Z}_1 - \mathfrak{R}_1}$ (6)

so erhalten wir $\frac{\mathfrak{R}_1'}{\mathfrak{Z}_1} = \mathfrak{Tg}\left(\mathfrak{g}_1 + \frac{\mathfrak{d}_1}{2}\right)$ (7)

Setzen wir nun $\mathfrak{R}_1'$ aus (7) in (1)′ ein und berücksichtigen die Festsetzung in (3)′, so gilt für die Fehlerdämpfung $\mathfrak{s}_1$

$$\mathfrak{Tg} \frac{\mathfrak{s}_1}{2} = \mathfrak{Tg}\left(\frac{\mathfrak{n}_1}{2}\right) \cdot \mathfrak{Tg}\left(\mathfrak{g}_1 + \frac{\mathfrak{d}_1}{2}\right) \qquad (8)$$

umgerechnet in Form von Exponentialausdrücken ergibt sich

$$e^{-\mathfrak{s}_1} = \frac{e^{-\mathfrak{n}_1} + e^{-(2\mathfrak{g}_1 + \mathfrak{d}_1)}}{1 + e^{-\mathfrak{n}_1 - 2\mathfrak{g} - \mathfrak{d}_1}} \qquad (8)'$$

(8)′ ist ebenfalls genau. Der Nenner ist praktisch immer 1, da $e^{-(\mathfrak{n}_1 + 2\mathfrak{g}_1 + \mathfrak{d}_1)} \ll 1$ ist. Für Stabilitätsberechnungen genügt die sehr gute Annäherung

$$\boxed{e^{-\mathfrak{s}_1} = e^{-\mathfrak{n}_1} + e^{-2\mathfrak{g}_1 - \mathfrak{d}_1}} \qquad (9)$$

Analog gilt für die Leitung B—C

$$e^{-\mathfrak{s}_2} = e^{-\mathfrak{n}_2} + e^{-2\mathfrak{g}_2 - \mathfrak{d}_2}$$

Alle Exponenten auf der rechten Seite können gemessen werden. Sie sind in der obigen Form komplex und zur Berechnung mühsam. Da die Phase von $\mathfrak{g}$ mit der Frequenz bei stark pupinisierten Leitungen rasch ändert, wird bei der Rechnung der ungünstigste Fall angenommen, wo die minimalen Fehlerdämpfungen $\mathfrak{n}_1$ und $2\mathfrak{g}_1 + \mathfrak{d}_1$ bei gleicher Frequenz und gleichphasig auftreten, so dass nur mit den Realteilen gerechnet werden muss.

$$e^{-s_1} = e^{-n_1} + e^{-2b_1 - d_1} \qquad (9)'$$

wobei $e^{s_1} = \left| \frac{\mathfrak{N}_1 + \mathfrak{R}_1'}{\mathfrak{N}_1 - \mathfrak{R}_1} \right|$ | | bedeutet Absolutbetrag

$$e^{n_1} = \left| \frac{\mathfrak{N}_1 + \mathfrak{Z}_1}{\mathfrak{N}_1 - \mathfrak{Z}_1} \right|$$

$$e^{d_1} = \left| \frac{\mathfrak{Z}_1 + \mathfrak{R}_1}{\mathfrak{Z}_1 - \mathfrak{R}_1} \right|$$

ebenso $e^{-s_2} = e^{-n_2} + e^{-b_2 - d_2}$ (9)″

3. Berechnung der Stabilität.

Diese ist in (2) definiert. $\mathfrak{s}_1$ und $\mathfrak{s}_2$ werden nach dem vorigen Paragraphen berechnet. Die Verstärkungen $\mathfrak{v}_1$ und $\mathfrak{v}_2$ sind durch die gewünschten Betriebsdämpfungen bei angepassten Abschlussimpedanzen von A nach C oder umgekehrt und durch das Uebertragungsmass $\mathfrak{g}$ der Leitungen bestimmt:

$$\mathfrak{b}_{AC} = \mathfrak{g}_1 + \mathfrak{g}_2 - \mathfrak{v}_1 \qquad b_{AC} = b_1 + b_2 - v_1$$
$$\mathfrak{b}_{CA} = \mathfrak{g}_1 + \mathfrak{g}_2 - \mathfrak{v}_2 \qquad b_{CA} = b_2 + b_2 - v_2$$

$$v_1 = b_1 + b_2 - b_{AC}$$
$$v_2 = b_1 + b_2 - b_{CA}$$

Auch bei der Stabilitätsberechnung wird der Einfachheit halber nur mit den Realteilen gerechnet, da ohnehin nicht alle Einflüsse genau berücksichtigt werden können. (2) wird somit zu

$$p = \tfrac{1}{2}\,(s_1 + s_2 - 2\,(b_1 + b_2) + b_{AC} + b_{CA}) \qquad (10)$$

Im allgemeinen wird $b_{AC} = b_{CA} = 1.0$ Neper gesetzt; dann wird

$$p = 1 + \frac{s_1 + s_2}{2} - (b_1 + b_2) \qquad (10)'$$

Aus den Formeln 9 und 10 kann die oft vertretene Meinung, man könne die Stabilität einer Leitung, deren Verstärker einem Ende nahe liegt, ohne Vermehrung der Restdämpfung dadurch verbessern, dass man die kurze Leitungsseite verlängert, widerlegt werden.

(9)′ lässt sich schreiben

$e^{-s_1} = e^{-(2b_1 + d_1)}\,(1 + e^{2b_1 + d_1 - n_1})$ logarithmiert

$s_1 = 2b_1 + d_1 - \lg\,(1 + e^{2b_1 + d_1 - n_1})$ in Formel 10 eingesetzt, ergibt

$$p = \tfrac{1}{2}\,[s_2 - 2b_2 + d_1 - \lg\,(1 + e^{2b_1 + d_1 - n_1}) + b_{AC} + b_{CA}] \qquad (11)$$

Wenn $2b_1 + d_1 < n_1$, was meist der Fall ist, dann kann für $\lg\,(1 + e^{2b_1 + d_1 - n_1})$ das erste Glied der Reihenentwicklung gesetzt werden $= e^{2b_1 + d_1 - n_1}$

$$p = \tfrac{1}{2}\,[s_2 - 2b_2 + d_1 - e^{2b_1 + d_1 - n_1} + b_{AC} + b_{CA}]$$

Einer Verlängerung der Leitung entspricht eine Vergrösserung von b_1; damit wird $e^{+2b_1 + d_1 - n_1}$ ebenfalls grösser und *die Stabilität* p *wird kleiner* bei gleichbleibenden Restdämpfungen b_{AC} und b_{CA}, w. z. b. w.

In (11) kann s_2 auf die gleiche Art wie s_1 ersetzt werden, so dass wir schliesslich die Form erhalten

$$p = \tfrac{1}{2}\,[d_1 + d_2 - \lg\,(1 + e^{2b_1 + d_1 - n_1}) - \lg\,(1 + e^{2b_2 + d_2 - n_2}) + b_{AC} + b_{CA}] \qquad (12)$$

die sich für die Rechnung von Leitungen mit einem Verstärker gut eignet.

d_1 und d_2 sind abhängig von der Anpassung der Abschlussimpedanzen in A und C. Je besser diese ist, um so grösser werden d_1 und d_2 und damit p. Sind die Leitungen in A und C offen oder kurzgeschlossen, so sind d_1 und $d_2 = 0$, die Stabilität ein Minimum. Bei sehr guten Nachbildungen (n_1 und n_2 gross) ist sie im letztern Fall angenähert dem arithmetischen Mittel der gewünschten Restdämpfungen

$$\underset{\substack{d_1 = d_2 = 0 \\ n_1,\, n_2 \gg 2b_1,\, 2b_2}}{p} \approx \tfrac{1}{2}\,(b_{AC} + b_{CA})$$

Bei sehr guten Abschlüssen (d_1 und d_2 gross), hängt die Stabilität nur noch von den Fehlerdämpfungen der Nachbildungen und dem Verstärkungsgrad in beiden Richtungen ab

$$p \approx \tfrac{1}{2}\,(n_1 + n_2 - v_1 - v_2)$$
$$\approx \tfrac{1}{2}\,(n_1 + n_2 - 2\,(b_1 + b_2) + b_{AC} + b_{CA})$$

4. Beispiel.

$n_1 = 3{,}2$, $n_2 = 2{,}8$ aus Fehlerdämpfungsmessungen bestimmt

$b_1 = 1{,}4$ $\quad b_{AC} = b_{CA} = 1$ Neper

$b_2 = 0{,}8$

1. Fall, in A und C offen, also $d_1 = d_2 = 0$.

$$p = \tfrac{1}{2}\,(0 + 0 - \lg\,(1 + e^{(2{,}8 + 0 - 3{,}2)}) - \lg\,(1 + e^{1{,}6 + 0 - 2{,}8}) + 2)$$
$$= \tfrac{1}{2}\,(2 - \lg 1{,}67 - \lg 1{,}30) = 0{,}61$$

2. Fall, in A und C ideal abgeschlossen, also d_1 und d_2 grösser als n_1 und n_2. Dann wird in (9)′ $s_1 = n_1$, in (9)″ $s_2 = n_2$ und in (10)′

$$p = 1 + \frac{n_1 + n_2}{2} - (b_1 + b_2)$$
$$= 1 + 3 - 2{,}2 = 1{,}8 \text{ Neper.}$$

5. Stabilität einer Leitung mit mehreren Verstärkern.

Die genaue Gleichung (8) lässt sich für diese Betrachtung erweitern, wie weiter unten kurz gezeigt wird. Sie ist aber unübersichtlich und schwerfällig im Gebrauch. Was wir anstreben, berechnen zu können, ist nur ein möglicher Mindestwert der Stabilität. Deshalb besitzen die feinern Korrekturen durch die genaue Formel nur bedingten Wert. Wir benützen daher Gleichung (9) für die weitere Betrachtung und beschränken uns auf die Berücksichtigung des Realteils der Uebertragungsmaße und Fehlerdämpfungen.

$$e^{-s} = e^{-n} + e^{-(2g + d)} \qquad \overline{(9)}$$

Diese Gleichung kann auch so interpretiert werden: Die totale, zum Eingang des Verstärkers reflektierte Spannung setzt sich aus zwei Teilen zusammen: Aus einer Reflexion am Anfang der Leitung (e^{-n}) und einer Reflexion am fernen Ende der Leitung ($e^{-(2g+d)}$). Ist am Ende der Leitung ein Verstärker angeschlossen, so treten neue Reflexionen auf, wie dies in Fig. 3 dargestellt ist, die sich zu den bisherigen in analoger Weise addieren:

$$e^{-s_0} = e^{-n_0} + e^{-(2b_1 + d_1)} + e^{-(2b_1 - v_1 + n_1 - v_1')} + e^{-(2b_1 + 2b_2 + d_2 - v_1 - v_1')}$$

Beim dritten und vierten Glied spielt die Verstärkung v_1 und v_2 in beiden Richtungen eine wich-

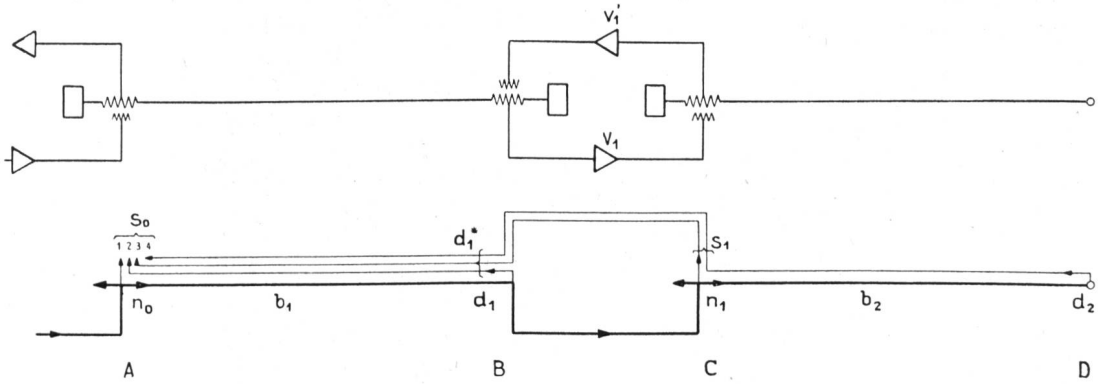

Abb. 3. Wege der an verschiedenen Stellen reflektierten Energie.

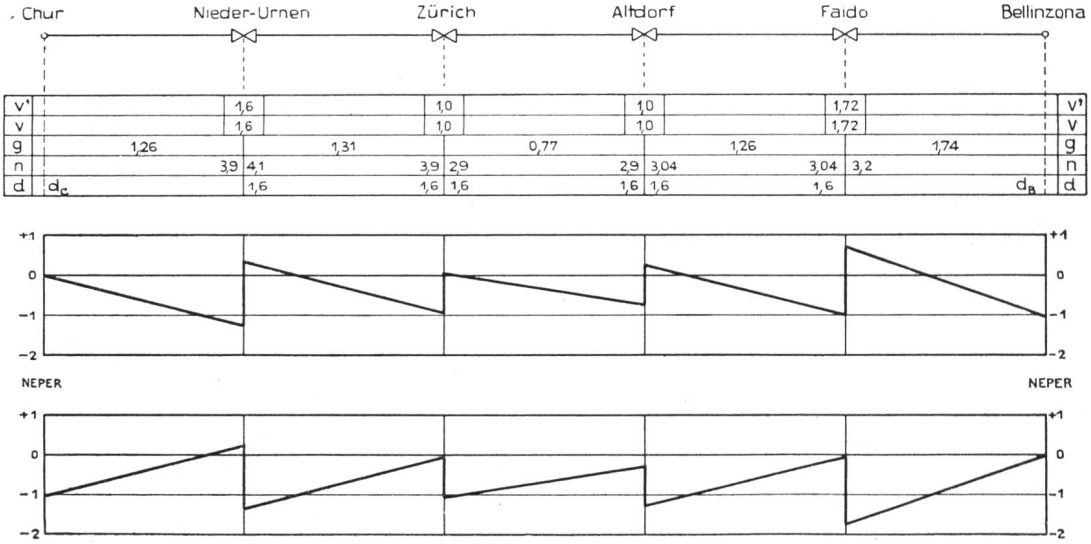

Abb. 4. Zweidrahtleitung Chur—Bellinzona.

tige Rolle; das dritte Glied ist meist gleicher Grössenordnung wie das erste; dafür kann das zweite oft vernachlässigt werden, da d_1 im Frequenzband von 300 bis 2300 Hz grösser als 1,62 Neper sein muss (nach Empfehlungen des CCIF.) Allgemein kann obige Formel geschrieben werden zu

$$e^{-s} = \sum_0^m e^{-n_\nu - 2\sum_0^\nu b_k + \sum_0^\nu (v_k + v'_k)} + \sum_0^m e^{-d_\nu - 2\sum_0^\nu b_k + \sum_0^{\nu-1} (v_k + v'_k)} \qquad (13)$$

m ist die Anzahl Verstärker, die rechts vom Ort A liegen, $v_k + v'_k$ ist die Summe der Verstärkung in beiden Richtungen des k^{ten} Verstärkers.

Zur genauen Berechnung wird die Formel 8 oder 8′ fortschreitend von rechts nach links bis zu dem gewünschten Punkte angewandt. Es ist die effektive Fehlerdämpfung $\mathfrak{s}_1$ im Punkte C bestimmt durch

$$e^{-\mathfrak{s}_1} = \frac{e^{-\mathfrak{n}_1} + e^{-2\mathfrak{g}_2 - \mathfrak{d}_2}}{1 + e^{-\mathfrak{n}_1 - 2\mathfrak{g}_2 - \mathfrak{d}_2}} \qquad \text{I}$$

$$\text{Analog } e^{-\mathfrak{d}_1 *} = \frac{e^{-\mathfrak{d}_1} + e^{-\mathfrak{s}_1 + \mathfrak{v}_1 + \mathfrak{v}_2}}{1 + e^{-\mathfrak{d}_1 - \mathfrak{s}_1 + \mathfrak{v}_1 + \mathfrak{v}_2}} \qquad \text{II} \qquad (14)$$

$$\text{Endlich } e^{-\mathfrak{s}_0} = \frac{e^{-\mathfrak{n}_0} + e^{-2\mathfrak{g}_1 - \mathfrak{d}_1 *}}{1 + e^{-\mathfrak{n}_0 - 2\mathfrak{g}_1 - \mathfrak{d}_1 *}} \qquad \text{III}$$

Bei Berücksichtigung der Phasen können die Absolutwerte der Nenner kleiner als 1 werden. Man kann daher nicht ohne weiteres nur mit den Realteilen rechnen.

In III wird $e^{-\mathfrak{d}_1 *}$ durch den Ausdruck II und dann $e^{-\mathfrak{s}_1}$ durch den Ausdruck I ersetzt. Werden die zweiten Glieder im Nenner der Ausdrücke I, II und III als klein gegen 1 vernachlässigt und zudem wird nur mit den Realteilen gerechnet, so erhält man die durch Extrapolation gewonnene Berechnungsformel 13, die in der Praxis allgemein angewandt wird.

Bei einer gegebenen Leitung müssen mit der beschriebenen Methode die Fehlerdämpfungen an jeder Gabel jedes Verstärkers berechnet werden. Für jeden Verstärker erhält man dann einen Stabilitätswert

$$p = \tfrac{1}{2}\,(s_{ost} + s_{west} - v_{ost} - v_{west})$$

s = Totale Fehlerdämpfungen auf beiden Seiten.
v = Verstärkung.

Der kleinste so berechnete Wert von p ist ein Minimalwert, der nur erreicht würde, wenn die eingesetzten minimalen Fehlerdämpfungen bei der gleichen Frequenz und in gleicher Phase sich auswirkten, was praktisch nie der Fall sein wird.

Beispiel: Chur—Bellinzona mit 4 Verstärkern, nämlich in Niederurnen, Zürich, Altdorf und Faido. Die Leitung wird in beiden Richtungen mit Restdämpfung + 1 Neper betrieben. Die Minimalwerte der Fehlerdämpfungen (Kabel gegen Nachbildung, Verstärkereingang gegen Kabel), die Dämpfungen der einzelnen Leitungsabschnitte und die Verstärkungsgrade der Verstärker sind in Fig. 4 eingetragen, ebenso die Pegeldiagramme der Leitung.

Wir berechnen zunächst die totalen Fehlerdämpfungen an allen Gabeln nach Formel 13, wobei die Werte von d in Bellinzona d_B und Chur d_C vorläufig nicht eingesetzt werden.

A. Seite Bellinzona.

Faido	e^{-s_F}	$= e^{-3,2} + e^{-3,48 - d_B}$	$= 0,0407 + 0,0308\, e^{-d_B}$
Altdorf	e^{-s_A}	$= e^{-3,04} + e^{-2,52 - 1,6} + e^{-s_F - 2,52 + 3,44}$	$= 0,166 + 0,0773\, e^{-d_B}$
Zürich	e^{-s_Z}	$= e^{-2,9} + e^{-1,54 - 1,6} + e^{-s_A - 1,54 + 2}$	$= 0,351 + 0,123\, e^{-d_B}$
Niederurnen	e^{-s_N}	$= e^{-4,1} + e^{-2,62 - 1,6} + e^{-s_Z - 2,62 + 2}$	$= 0,220 + 0,0658\, e^{-d_B}$

B. Seite Chur.

Niederurnen	$e^{-s'_N}$	$= e^{-3,9} + e^{-2,52 - d_C}$	$= 0,0203 + 0,0807\, e^{-d_C}$
Zürich	$e^{-s'_Z}$	$= e^{-3,9} + e^{-2,62 - 1,6} + e^{-s'_N - 2,62 + 3,2}$	$= 0,0713 + 0,1443\, e^{-d_C}$
Altdorf	$e^{-s'_A}$	$= e^{-2,9} + e^{-1,54 - 1,6} + e^{-s'_Z - 1,54 + 2,0}$	$= 0,211 + 0,229\, e^{-d_C}$
Faido	$e^{-s'_F}$	$= e^{-3,04} + e^{-2,52 - 1,6} + e^{-s'_A - 2,52 + 2,0}$	$= 0,190 + 0,136\, e^{-d_C}$

Wird die Leitung beidseitig nicht abgeschlossen (unbelegter Zustand), so sind d_B und $d_C = 0$. Es sind dann die Fehlerdämpfungen und somit die Stabilitätswerte für die einzelnen Verstärker:

Ort	Fehlerdämpfung s		Summe d. Verstärkg. in beid. Richtungen	Stabilität
	Seite Chur	Bellinzona		
Faido	1,12	2,64	3,44	+ 0,16
Altdorf	0,82	1,42	2,0	+ *0,12*
Zürich	1,54	0,75	2,0	+ 0,145
Niederurnen	2,29	1,25	3,2	+ 0,17

Die kleinste mögliche Stabilität ergibt sich für den Verstärker in Altdorf, ist aber immer noch positiv; die Leitung pfeift nicht, sofern sie richtig eingestellt ist. In der folgenden Tabelle sind die Werte berechnet für den Betriebszustand, d. h. es sind in Chur und Bellinzona Teilnehmerstationen angeschlossen über kurze Abonnentenleitungen. Die Fehlerdämpfungen der Abschlüsse d_B und d_C sind in diesem Fall zu 0,5 N anzunehmen (aus Messungen als ungünstigster Fall ermittelt).

Ort	Fehlerdämpfung s		Summe d. Verstärkg. in beid. Richtungen	Stabilität
	Seite Chur	Bellinzona		
Faido	1,30	2,82	3,44	+ 0,34
Altdorf	1,05	1,55	2,0	+ *0,30*
Zürich	1,84	0,85	2,0	+ 0,345
Niederurnen	2,66	1,35	3,2	+ 0,405

Als Norm wird im belegten Zustand eine Stabilität von 0,4 N gefordert. Der obige Wert von + 0,30 ist für den ungünstigsten Fall berechnet, der in der Praxis nie auftreten wird. Die gemessene Stabilität ist bedeutend besser. Deshalb werden im allgemeinen die Reflexionen an den Stellen Kabel-Verstärker bei derartigen Berechnungen vernachlässigt, d. h. man setzt $d = \infty$ an Stelle von $d = 1{,}6$.

In der Formel 13 wird aus der zweiten Summe nur ein Glied berücksichtigt, nämlich dasjenige, das vom Leitungsende herrührt; die übrigen werden zu Null.

Bei offenen Leitungsenden erhält man dann folgende Werte:

Ort	Fehlerdämpfung s		Summe d. Verstärkg. in beid. Richtungen	Stabilität
	Seite Chur	Bellinzona		
Faido	1,31	2,64	3,44	0,255
Altdorf	0,98	1,48	2,0	*0,23*
Zürich	1,6	0,88	2,0	0,24
Niederurnen	2,29	1,43	3,2	0,26

Die so gewonnenen Werte sind etwas grösser, liegen aber immer noch wesentlich unter dem in Praxis vorkommenden Wert (im Beispiel + 0,58), was auch verständlich ist, da wir die Minimalwerte der Fehlerdämpfungen bei gleicher Frequenz und in der Auswirkung gleichphasig angenommen haben. Immerhin sind die so berechneten Werte der Stabilität für eine projektierte Leitung von Nutzen, da sie zeigen, ob ein stabiler Betrieb möglich sein wird oder nicht.

Ein Generator für den musikalischen Stimmton.

W. Furrer, Bern und *O. Grob*, Uster.

534.321.7.08

Eine internationale Konferenz, welche im Jahre 1885 in Wien stattfand, legte für den Kammerton a' die Frequenz 435 Hz fest. Im Laufe der folgenden Jahrzehnte hat sich dann der tatsächliche Stimmton der Musikinstrumente und damit auch der Orchester allmählich nach oben verschoben, und heute ist die Lage so, dass weder die Instrumentenbauer noch die Orchesterleiter genau wissen, an welche Stimmung sie sich eigentlich halten sollen. Es ist daher nicht erstaunlich, dass dieser Umstand zu zahlreichen Schwierigkeiten führte, so dass eine grundsätzliche Lösung des ganzen Fragenkomplexes immer dringlicher wurde. Statistische Messungen, welche erstmals W. Lottermoser im Jahre 1938 veröffentlichte[1]), ergaben für Radioorchester eine mittlere Stimmung von 442,6 Hz; für die Schweiz wurde ein Mittelwert von 442,0 Hz gefunden. Auch in Amerika wurden ähnliche Messungen durchgeführt, die beispielsweise für Symphonieorchester einen Mittelwert von 441,8 Hertz (Mittel aus 207 Messungen) ergaben[2]).

Das im Jahre 1937 gegründete Komitee „Akustik" der ISA (Internationale Föderation der Nationalen Normen-Vereinigungen) hat mit dem Studium dieser Frage sofort begonnen und kurz vor Kriegsaus-

[1]) W. Lottermoser, Akust. Zeitschrift. 3 (1938) S. 60.
[2]) O. J. Murphy, Bell Lab. Rec. (1941) S. 143.

Un générateur du nouveau „la" normal.

W. Furrer, Berne et *O. Grob*, Uster.

534.321.7.08

La conférence internationale qui siégea à Vienne en 1885 avait fixé le diapason à une fréquence de 435 Hz. Mais, au cours des années, le „la" véritable des instruments de musique et en même temps le „la" des orchestres monta peu à peu, de sorte qu'aujourd'hui, la situation est telle que ni les fabricants d'instruments ni les chefs d'orchestres ne savent à quel ton s'en tenir. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que cet état de choses ait provoqué à la longue de sérieuses difficultés et à ce qu'une solution de principe de toute la question soit devenue une urgente nécessité. Des mesures statistiques, dont les résultats furent publiés par W. Lottermoser en 1938[1]), donnèrent pour les orchestres radio un „la" moyen de 442,6 Hz et pour la Suisse une moyenne de 442,0 Hz. Des mesures analogues exécutées en Amérique donnèrent pour un orchestre symphonique, par exemple, une valeur moyenne de 441,8 Hz (moyenne de 207 mesures).[2])

Le comité d'acoustique de l'ISA (Fédération internationale des associations nationales de normalisation), fondé en 1937, commença immédiatement l'étude de cette question et, peu avant le début de la guerre, en mai 1939, une conférence réunie à

[1]) W. Lottermoser, Akust. Zeitschr. 3 (1938), page 60.
[2]) O. J. Murphy, Bell Lab. Rec. 19 (1941), page 143.