

Zusammenstellung
von
Forschungsarbeiten des Herrn Dr.-Ing. H. Jungfer

1. Die Absorption elektromagnetischer Wellen durch eine homogene Schicht im dm- und cm-Wellengebiet.
2. Messung der Magnetkonstanten ϵ , μ , $tg\delta$ und tg bei dm- und cm-Wellen
3. Entwicklung von Messern zur Prüfung von Empfängern bis zu cm-Wellen.
4. Messung der Eigenschaften von Empfängern.
5. Empfangsverfahren für Magnetfeldröhren.
6. Störbeseitigung im Empfänger nach der Prinzip der Störungsaustattung.
7. Rhombus-Antennen für dm-Wellen.
8. Der Einfluss eines Längsschlitzes auf den Wellenwiderstand einer konzentrischen Leitung.
9. Entwicklung eines Stimmgabel-Generators für 100 Hz mit möglichst hoher Frequenzkonstanz.
10. Reflexion elektromagnetischer Wellen an Dipole und günstigste Bemessung der Dipole.

Berlin-Charlottenburg,
den 5. Dezember 1947.

BESEITIGUNG VON STÖRUNGEN IN EMPFÄNGERN DURCH STÖRUNGS- AUSTAUSTUNG

(Vertrag, gehalten am 10. Dezember 1947 von Dr. H. Jungfer)

I. Aufgabenstellung

1. Art der Störungen, die beseitigt werden können
2. Aussehen der Störungen nach Durchlaufen mehrerer Stufen
3. Die bisher bekannte Schaltung von LAMB

II. Arbeitsweise bei Telegraficempfang

1. Nachteile der LAMB-chen Schaltung und ihre Beseitigung
 - a) Lücke im Signal. Beseitigung durch nachfolgenden Schwingkreis
 - b) Regelgleichspannung. Ersatz durch Regelimpuls.
 - c) Zuspätkommen der Regelspannung. Abhilfe durch Verzögerung des Signals
 - d) Störung durch Anodenstromänderung. Abhilfe durch Dressel
2. Beseitigung von Störungen, die kleiner sind als das Signal
3. Bemessung der Schaltelemente
4. Zusätzlicher Aufwand
5. Grenzen des Verfahrens
6. Messergebnisse

III. Arbeitsweise beim Telefonieempfang

1. Empfangsunterbrechung durch die Modulation selbst
2. Verschlechterung bei kleinen Störungen
3. Messergebnisse

Kurhaus Sand, den 13.12.1947 Ju/MS

H. Jungfer

DIE ABSORPTION ELEKTROMAGNETISCHER WELLEN DURCH EINE HOMOGENE SCHICHT

(Vertrag gehalten am 10.12.1947 von Dr. H. Jungfer)

I. Aufgabenstellung

Möglichst vollständige Absorption in einem grossen Frequenzbereich

II. Lösungsmöglichkeit

1. Vergleich mit reflektionsfreiem Abschluss einer Leitung
2. Notwendigkeit von elektrischem und magnetischen Verlusten
3. Verwirklichung derartiger Stoffe

III. Abgleichbedingungen

IV. Messergebnisse

Kurhaus Sand, den 13.12.1947
Ju/MS

Heinrich Jungfer

Die Abtragung ab. m. Mellen wird eine
poröse Masse.

Aufgabenstellung

~~Abtragung~~ Abtragung in einem großen Freiganglauf.

Lösungsmöglichkeit

Verfahren mit reflektierendem Stoff einer Leinwand

~~Verfahren zur Papierherstellung~~

Nachbehandlung von abgetragenen und magentischen
Mitteln

Verwendung von abgetragenen Stoffen

Verfahren zur Herstellung

Verfahren zur Herstellung

Verfertigung von Nöringen im Gußstange

der Nöringherstellung.

Aufgabenstellung

I. Art der Nöringen, die hergestellt werden können, sind Form der Nöringen.

II. Die bisher bekannte Befestigung von Laub.

Arbeitsweise bei Telegraphenempfang.

III. Nachteile dieser Befestigung sind ihre Unfertigkeit.

a). Nicht im Signal;

wird Unfertigkeit durch unvollständigen Kontakt zwischen Nöring und

b). Regelstimmigkeit;

wird durch die Regelstimmigkeit

c). Zeitverlust durch die Regelstimmigkeit

wird verursacht durch Verzögerung des Signals

d). Nöring durch Anodenkontakt

wird verursacht durch Wackeln des Nörings

IV. Verfertigung von Nöringen, die kleiner sind als das Signal.

V. Vergleich mit anderen Nöringarten und Vorzügen

VI. Beschreibung der Befestigung, zeitlichster Aufpunkt.

VII. Grenzen des Vorzuges

VIII. Messergebnisse.

Arbeitsweise bei Telephonempfang.

IX. ^{Empfang} ~~Verfertigung~~ der Nöringherstellung durch die Modulation selbst.

X. Verfertigung bei kleinen Nöringen

XI. Messergebnisse.

BESEITIGUNG VON STÖRUNGEN IN EMPFÄNGERN DURCH STÖRUNGSAUSTASTUNG

(Vortrag gehalten am 10. Dezember 1947 von Dr. H. Jungfer)

I. Aufgabenstellung

1. Art der Störungen, die beseitigt werden können.
2. Aussehen der Störungen nach Durchlaufen mehrerer Stufen
3. Die bisher bekannte Schaltung von LAMB

II. Arbeitsweise bei Telegrafieempfang

1. Nachteile der LAMB-schen Schaltung und ihre Beseitigung
 - a) Regelgleichspannung. Ersatz durch Regelimpuls
 - b) Zuspätkommen der Regelspannung. Abhilfe durch Verzögerung des Signals
 - c) Störung durch Anodenstromänderung. Abhilfe durch Drosselankopplung.
 - d) Lücke im Signal. Beseitigung durch nachfolgenden Schwingkreis.
2. Beseitigung von Störungen, die kleiner sind als das Signal
3. Bemessung der Schaltelemente
4. Zusätzlicher Aufwand
5. Grenzen des Verfahrens
6. Messergebnisse

III. Arbeitsweise bei Telefonieempfang

1. Empfangsunterbrechung durch die Modulation selbst
2. Verschlechterung bei kleinen Störungen
3. Messergebnisse.

Die nachstehend beschriebenen Massnahmen dienen dazu, kurzzeitige Einzelstörungen in Empfängern und Verstärkern durch Störungsaustastung zu beseitigen, d. h. dadurch, dass die Verstärkung während der Dauer der Störung auf Null herabgesetzt wird. Die Tatsache, dass das Verfahren nur für kurzzeitige Einzelstörungen wirksam ist, bedeutet, für die Praxis keine Einschränkung, da auch die sogenannten Dauerstörungen aus einer Folge von Einzelstörungen bestehen. Um dies zu erkennen und um die Anforderungen an die Störungsbeseitigungseinrichtung festzulegen, sei zunächst das Aussehen der Störungen im Empfänger betrachtet.

Ändert sich die Eingangsspannung eines Empfängers plötzlich, so ergibt sich am 1. Schwingkreis ein Spannungsverlauf, wie er in Abbildung 1 a dargestellt ist. Am zweiten Kreis sieht die Störung aus wie in Abbildung 1 b, am dritten und den weiteren Kreisen hat sie etwa das Aussehen der Abbildung 1 c; nach einem etwas steileren Anstieg klingt die Störung exponentiell entsprechend der Dämpfung der Schwingkreise ab. Die grösste Amplitude hängt von der Höhe der Eingangsstörung, bzw. von der Geschwindigkeit, mit der die Eingangsspannung sich geändert hatte, ab. Auch bei Dauerstörungen ergibt jede Eingangsspannungsänderung nach dem Durchlaufen des Hochfrequenzteiles Ausgleichsvorgänge, die, wenn sie nicht allzu schnell aufeinander folgen, in einzelne Störschwingungszüge der beschriebenen Art aufgelöst sind. Die Dauer der Impulse ist umgekehrt proportional der Bandbreite des Empfängers und beträgt bei den üblichen Bandbreiten etwa $1/100$ bis $1/2000$ Sekunde.

Das Prinzip, Störungen durch Austastung zu beseitigen, ist schon seit langem bekannt; eine hierfür oft benutzte Schaltung ist von LAMB angegeben worden. Das Grundsätzliche dieser Schaltung ist in Abbildung 2 wiedergegeben. In dem Verstärkungsweg liegt eine Regelröhre 2, der ausser der Signalspannung noch eine über die Röhre 3 und den Gleichrichter G erzeugte Regelspannung zugeführt wird, so dass bei Störungen, die das Signal um einen bestimmten Betrag überschreiten, der Verstärkungsweg völlig gesperrt wird.

Beim praktischen Arbeiten mit dieser Schaltung zeigt sich jedoch, dass sie die Anforderungen, die an eine Störungsbeseitigungseinrichtung zu stellen sind, nur sehr unvollkommen erfüllt. Es sollen deshalb die Massnahmen beschrieben werden, die erforderlich waren, um ein einwandfreies Arbeiten zu erhalten. Dabei sollen die Betrachtungen zunächst nur für reinen Telegrafieempfang (A_1) durchgeführt werden; der Empfang von modulierter Telegrafie (A_2)¹ und Telefonie (A_3) wird anschliessend behandelt.

Ein grundsätzlicher Fehler der LAMB-chen Schaltung besteht darin, die Regelspannung als Gleichspannung an das Gitter der Regelröhre zu übertragen. Hierdurch kann die Regelröhre durch das Signal selbst oder durch einen benachbarten Dauerstrich - oder Telegrafiesender heruntergeregelt oder sogar gesperrt werden. Wie oben gezeigt wurde, genügt selbst bei Dauerstörungen eine kurzzeitige Empfangsunterbrechung, um die Störung zu beseitigen. Es ist daher zweckmässig, die Regelspannung nicht unmittelbar der Regelröhre zuzuführen, sondern über eine R-C-Kombination, die so bemessen ist, dass der hierdurch entstehende Regelspannungsimpuls etwa dem Verlauf des Störachwingungsimpulses entspricht. (I in Abb. 3).

Ein zweiter grundsätzlicher Fehler der LAMB-chen Schaltung ist das Zuspätkommen der Regelspannung am Gitter der Regelröhre. Dadurch, dass sich die Regelspannung erst aufbauen muss, hat schon ein Teil der Störung die Röhre passiert, ehe sie heruntergeregelt wird. Es ist daher nötig, die Störung im eigentlichen Verstärkungsweg solange zurückzuhalten, bis die Regelröhre durch die Regelspannung völlig gesperrt ist. Die nötige Verzögerung kann durch passend bemessene Schwingkreise, die vor die Regelröhre geschaltet werden, erreicht werden (II in Abb. 3).

Durch die beschriebenen Änderungen wird bereits eine wesentliche Verbesserung erreicht. Trotz völliger und rechtzeitiger Sperrung des Verstärkungsweges beobachtet man jedoch am Empfängerenausgang noch eine ziemlich beträchtliche Reststörung. Diese wird durch den Regelimpuls selbst hervorgerufen, dadurch, dass das Herunterregeln des Anodenstromes der Regelröhre von seinem Normalwert auf Null in dem auf die Röhre folgenden Kreis eine ähnliche Störschwingung verursacht wird, wie die ursprüngliche Störung in den ersten Kreisen des Empfängers. Diese grundsätzliche Schwierigkeit lässt sich jedoch dadurch beseitigen, dass die auf die Regelröhre folgende Stufe zur Empfangsgleichrichtung dient und an die Regelröhre nicht, wie üblich, über eine Kondensator-Widerstandskopplung, sondern über eine Kondensatordrosselkopplung, die die niederfrequente Komponente kurz schliesst, angekoppelt wird. (III in Abb. 3)

Durch diese 3 Massnahmen erhält man am Ausgang des Hochfrequenzteiles anstatt des ursprünglichen Spannungsverlaufes (Abb. 4 a) einen solchen nach Abbildung 4 b. An den Stellen an denen vorher die Störung allein vorhanden war, ist die Störung vollständig verschwunden. Dort, wo die Störung mit dem Signal zusammen auftrat, ist in dem Signal eine Lücke entstanden. Diese Lücke ist ausserordentlich schmal und stört im allgemeinen nicht. Sie kann trotzdem noch leicht dadurch beseitigt werden, dass man hinter der Regelröhre einen schwach gedämpften Schwingkreis anordnet, der nicht sofort abklingt. Die Stelle der Störungsaustastung sieht dann nicht mehr aus wie in Abbildung 4 c, sondern wie in Abbildung

3 b. Mit Hilfe dieser Verbesserungsmaßnahme erhält man also eine fast vollkommene Störungsbeseitigung.

Das beschriebene Störungsbeseitigungsverfahren gestattet aber im Gegensatz zu anderen bekannten Verfahren bei passender Einstellung auch noch die Beseitigung von Störungen die kleiner sind als das Signal. Allerdings wird in diesem Falle das Signal von der Störungsbeseitigungseinrichtung zunächst selbst als Störung behandelt, d.h. beim Einsetzen des Signals wird zunächst eine Regelimpuls erzeugt, der von dem Anfang des Signals ein kleines Stück abschneidet. Die hierdurch hervorgerufene Verkürzung des Signals tritt in den meisten Fällen überhaupt nicht störend in Erscheinung. Dagegen wird die Tatsache, dass in den Empfangspausen keine Störungen auftreten, die die Aufmerksamkeit des Abhörenden abstumpfen, sehr angenehm empfunden.

Damit die Störungsbeseitigungseinrichtung zufriedenstellend arbeitet, ist es wichtig, die Einzelteile richtig zu bemessen. Offensichtlich ist es vorteilhaft, die Dauer der Empfangsunterbrechung möglichst kurz zu halten. Eine einmal entstandene Störschwingung muss daher so schnell wie möglich abklingen können. Da die Abklingzeit umgekehrt proportional der Bandbreite ist, wird man die Bandbreite so gross, wie es mit Rücksicht auf die Trennschärfe zulässig ist, wählen. Während man bisher für Störungsverminderung die Bandbreite möglichst schmal wählte, ist hier das Gegenteil der Fall. Um dies noch besser zu erläutern, sind die Verhältnisse in Abbildung 5 noch einmal schematisch für 2 verschiedene Bandbreiten, die sich wie 1 zu 2 verhalten, dargestellt. Man erkennt, dass die Störung nur wenig grösser als das Signal werden darf, wenn durch Verkeimern der Bandbreite eine Verbesserung erreicht werden soll. Bei grösseren Störintensitäten ist die Zeit, während der die Störung grösser ist als das Signal, bei schmalen Bandbreiten viel länger als bei grossen, obgleich die Anfangsamplitude bei schmalen Bandbreiten kleiner ist.

Der zusätzliche Aufwand für die Störungsbeseitigungseinrichtung beträgt im allgemeinen 2 Röhren und kann manehmal auf 1 Röhre verringert werden. Er ist in den meisten Fällen tragbar.

Die Grenzen des Verfahrens sind offensichtlich dadurch gegeben, dass die Häufigkeit der Störungen ein gewisses Mass nicht überschreiten darf. Versuche haben gezeigt, dass die Dauer des Restsignals etwa 2 bis 2,5 mal so gross sein muss wie die Unterbrechungszeit, damit das Signal noch mit Sicherheit richtig aufgenommen wird. Je nach der Telegrafiegeschwindigkeit dürfen also 50 bis 500 Störungen in der Sekunde auftreten. Man sieht hieraus, dass durch dieses Verfahren praktisch alle vorkommenden Störungen beseitigt werden können.

Der Gewinn, den man erreicht, ist sehr erheblich. So braucht man z. B. bei starken Störungen mit der Störungsbeseitigungseinrichtung nur $1/10$ bis $1/20$ der Eingangsspannung, die man ohne die Einrichtung benötigen würde, um einwandfreien Empfang zu erhalten. Das bedeutet, dass man in den Fällen, in denen der Empfang durch Störungen begrenzt ist, mit einem Sender von 1 Watt anstatt von 100 bzw. 400 Watt arbeiten kann.

Bei Telefonieempfang ergeben sich für die Anwendung dieses Verfahrens gewisse Schwierigkeiten. Die Störungsbeseitigungseinrichtung empfindet nämlich die Änderungen des Trägers infolge der Modulation als Störung und unterbricht daher den Empfang, wenn hohe Modulationsspitzen auftreten.

Es hat sich gezeigt, dass Sprache und Musik trotzdem verständlich bleiben, wenn auch natürlich die Qualität leidet.

In gewissen Fällen allerdings ergibt sich ^{bei Telefonie} eine Verschlechterung gegenüber dem Empfang ohne Störungsbeseitigungseinrichtung. Durch diese Einrichtung wird nämlich eine Lücke im Träger hervorgerufen, die man als 100 %ige Modulation auffassen kann. Waren nun die ursprünglichen Störungen kleiner als der Träger, so erscheint die Störung stärker als vorher. Abgesehen von diesem seltenen Fall bringt aber die Störungsbeseitigungseinrichtung auch bei Telefonie noch einen merklichen Gewinn. Um Verständlichkeit zu erreichen braucht man mit der Einrichtung nur etwa ein Drittel bis ein Viertel der sonst notwendigen Eingangsspannung.

Heinrich Jungfer

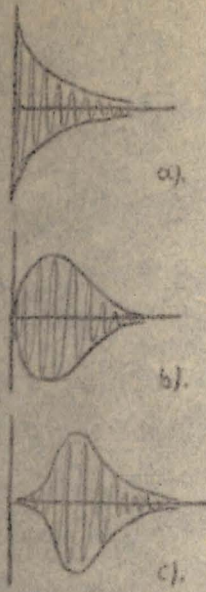


Abb. 1

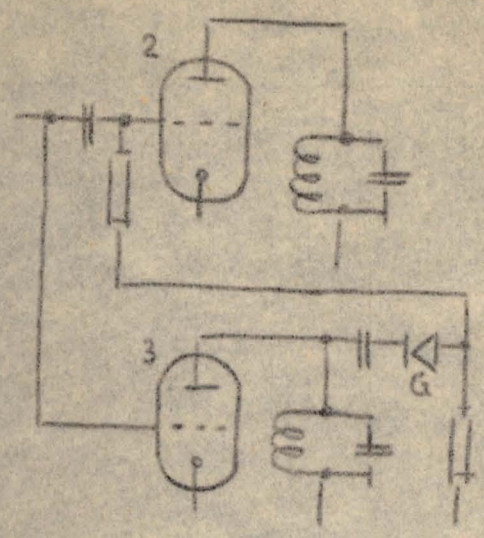


Abb. 2

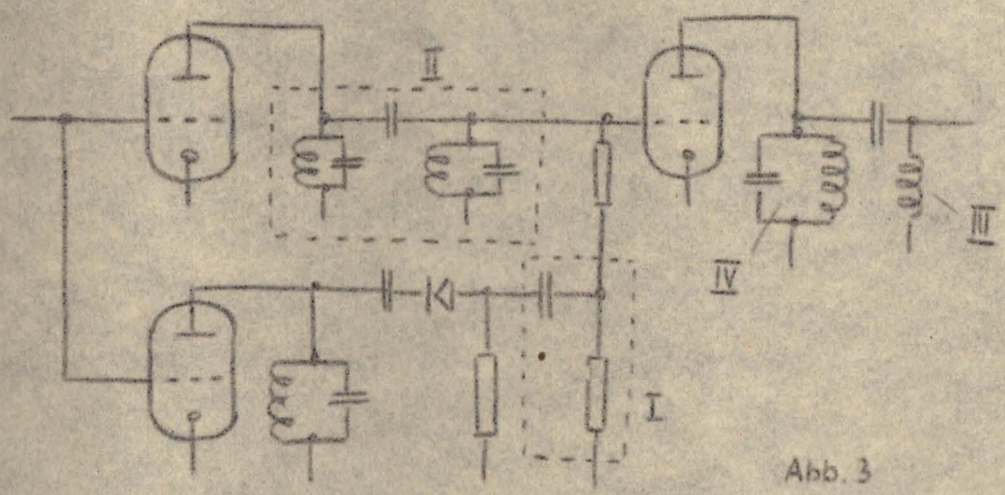


Abb. 3

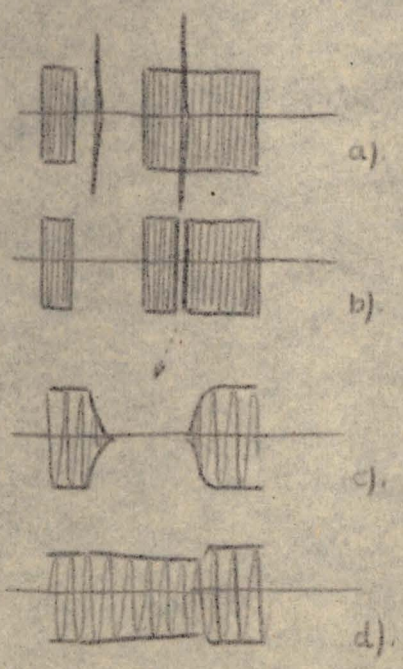


Abb. 4

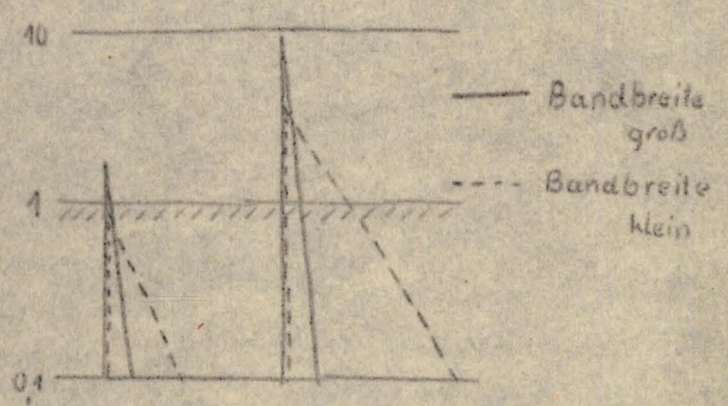


Abb. 5

DIE ABSORPTION ELEKTROMAGNETISCHER WELLEN DURCH EINE HOMOGENE SCHICHT

(Vortrag gehalten am 10.12.1947 von Dr. H. Jungfer)

I. Aufgabenstellung

Möglichst vollständige Absorption in einem grossen Frequenzbereich

II. Lösungsmöglichkeit

1. Vergleich mit reflexionsfreiem Abschluss einer Leitung
2. Notwendigkeit vor elektrischen und magnetischen Verlusten
3. Verwirklichung derartiger Stoffe

III. Abgleichbedingungen

IV. Messergebnisse

Trifft eine im freien Raum sich ausbreitende Welle senkrecht auf eine Wand, so ergibt sich nur dann keine Reflexion, wenn der Eingangswiderstand gleich dem Wellenwiderstand des freien Raumes ist. Für die Absorption einer Welle einer einzigen Frequenz sind verschiedene Lösungen bekannt. Die meisten Lösungen versagen jedoch, wenn Reflexionsfreiheit in einem grösseren Frequenzbereich verlangt wird. Ein Verfahren das hierzu grundsätzlich geeignet ist, besteht darin, die Welle auf eine homogene Schicht aufzutreffen zu lassen, deren Wellenwiderstand gleich dem Wellenwiderstand des freien Raumes gewählt wird. Um das Verfahren zu erläutern, seien zum Vergleich die Verhältnisse beim reflexionsfreien Abschluss einer Leitung herangezogen (vergl. Abb. 1). Der freie Raum ist dabei durch eine verlustfreie Leitung mit dem Wellenwiderstand Z_0 , die absorbierende Schicht durch eine gedämpfte Leitung mit dem Wellenwiderstand

$$Z = \sqrt{\frac{R' + j\omega L'}{G' + j\omega C'}} \quad (1)$$

zu ersetzen. Im freien Raum entspricht L' die Permeabilität $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$, C' die Dielektrizitätskonstante $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$ der Schicht. Hätte die Schicht keine Verluste, so wäre der Wellenwiderstand

$$Z = \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_0}} \cdot \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} = 120\pi \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \quad [\Omega] \quad (4)$$

rein reell, und die Abgleichbedingung wäre

$$\mu_r = \epsilon_r \quad (5)$$

Eine derartige Schicht ist jedoch praktisch uninteressant, da die eintretende Welle nicht absorbiert wird und daher der Eingangswiderstand von der Dicke der Schicht und vom Abschluss abhängt. Versucht man die Schicht etwa dadurch zu dämpfen, dass man statt eines reinen Dielektrikums einen Halbleiter verwendet, so erhält man

$$Z = \sqrt{\frac{j\omega\mu}{k + j\omega\epsilon}} \quad (6)$$

worin k die Leitfähigkeit des Materials bedeutet. Bei einem bestimmte k erreicht man zwar ein Maximum an Absorption; da Z jedoch bei Vorhandensein von k stets komplex ist, erkennt man, dass eine vollständige Reflexionsfreiheit nicht zu erreichen ist. Rein formell gesehen kommt dies dadurch, dass in der Beziehung für den Wellenwiderstand eines Mat als kein dem R' der Leitung entsprechendes Glied auftritt. Leider hat die Natur derartige Stoffe nicht gegeben. Man findet jedoch einen Hinweis darauf, wie ein solcher Stoff verwirklicht werden kann, wenn man Gleichung (1) etwas umformt.

$$Z = \sqrt{\frac{L'}{C'}} \cdot \sqrt{\frac{1 - j \frac{R'}{\omega L'}}{1 - j \frac{G'}{\omega C'}}} = \sqrt{\frac{L'}{C'}} \cdot \sqrt{\frac{1 - j \Delta \gamma}{1 - j \Delta \delta}} \quad (7)$$

Das Glied $\frac{G}{\omega C}$ stellt dabei den Verlustfaktor γ_0 des Kondensators dar, ist also ein Mass für die Verluste, die durch das elektrische Feld hervorgerufen werden. Entsprechend haben wir uns unter dem Glied $\frac{R}{\omega L}$ Verluste vorzustellen, die durch das magnetische Feld verursacht werden. Es ist zur Abkürzung mit γ_1 bezeichnet worden. Es ist nun zu fragen, wie eine solche rein magnetische Dämpfung hergestellt werden kann. Hierzu wollen wir uns das Ende einer kurzgeschlossenen Doppelleitung vorstellen (Abbildung 2), an dem lediglich magnetisches Feld vorhanden ist. Zwischen die Leiter bringen wir eine Schleife aus Widerstandsdraht, wir erhalten dann durch die in der Schleife kreisenden Ströme die gewünschten magnetischen Verluste. Hierdurch ist es möglich, ein Material zu schaffen, dessen Wellenwiderstand reell und gleich dem des freien Raumes wird und das gleichzeitig eine genügend hohe Dämpfung aufweist.

Um Anpassung herzustellen ergeben sich nun mehrere Möglichkeiten. Es ist

$$\gamma = \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}} \cdot \sqrt{\frac{1 - \gamma_1 \gamma_0}{1 - \gamma_1^2 \gamma_0^2}} \quad (8)$$

1) Bei sehr kleinen Verlusten ($\gamma_1 \gamma_0 = \gamma_0 \ll 1$) muss sein $\mu_r = \epsilon_r$. Dieser Fall ist wie schon erwähnt praktisch uninteressant. Denn erstens ist die Dämpfung zu klein und zweitens ist ein Stoff mit $\mu_r = \epsilon_r$ bei hohen Frequenzen nur äusserst schwer herstellbar.

2) Bei mittleren Verlusten muss sein $\mu_r = \epsilon_r$ und $\gamma_1 \gamma_0 = \gamma_0$. In diesem Falle wäre zwar die Dämpfung grösser, die Herstellung der Stoffe aber noch schwieriger als bei 1), da ausser der Gleichheit von μ_r und ϵ_r auch noch die Gleichheit der Verluste gefordert werden muss.

3) Bei grossen Verlusten ($\gamma_1 \gamma_0 = \gamma_0 \gg 1$) muss sein $\frac{\mu_r}{\epsilon_r} \cdot \frac{\gamma_1 \gamma_0}{\gamma_0} = 1$. Dieser Fall ist erstrebenswert. Denn erstens kann hier die kaum erfüllbare Forderung $\mu_r = \epsilon_r$ umgangen werden und zweitens wird die Ausbreitungskonstante hier nahezu reell, d.h. in der absorbierenden Schicht findet gar keine Wellenausbreitung im eigentlichen Sinne mehr statt, sondern die eintretende Welle klingt ausserordentlich schnell ab. Die Schicht kann daher sehr dünn gemacht werden.

Beim praktischen Aufbau wird man die magnetische Bedämpfung nicht durch Drahtschleifen aus Widerstandsmaterial, sondern durch Röhrrchen, deren Achse in der Richtung des magnetischen Feldes liegt, herstellen. Will man beliebig polarisierte Wellen erfassen, so nimmt man zweckmässig kleine Kügelchen, deren Oberfläche die Widerstandsschicht trägt. Die Kügelchen können aus Isolierstoff bestehen, jedoch noch besser aus Hochfrequenzweisen, das schon von sich aus einen magnetischen Verlustfaktor aufweist, hergestellt sein. Wenn man grosse magnetische Verlustfaktoren erreichen will, darf die magnetische Streuung der Widerstandsschleife nur sehr klein sein, wiewohl sich leicht durch eine einfache Rechnung überzeugen kann. Hierin dürfte die Hauptschwierigkeit beim Aufbau dieser Schichten liegen.

Orientierende Messungen, die im Wellenbereich von 10-30 cm durchgeführt wurden, ergaben, dass schon bei den ersten Versuchen $\gamma_1 \gamma_0$ - Werte von 0,5 bis 0,8 leicht erreicht wurden. Die γ_0 - Werte konnten hiervon unabhängig variiert werden. Bei eisenhaltigen Stoffen lag das Verhältnis $\epsilon_r : \mu_r$ im günstigsten Falle bei 1,5, in der Regel bei 2 bis 2,5. Die Versuche konnten leider nicht zu Ende geführt werden.

Die Messungen wurden in der Messleitung an scheibenförmigen Proben durchgeführt. Aus den gemessenen Eingangswiderständen $R_{in} = Z_0 \cdot \gamma_1 \gamma_0$ und $R_{out} = Z_0 \cdot \gamma_1 \gamma_0$ bei kurzgeschlossener, bzw. leerlaufender Probe lassen sich $\mu_r = \epsilon_r \cdot \gamma_1 \gamma_0$ und γ_0 bestimmen.

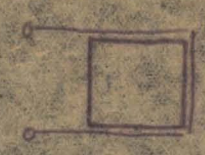
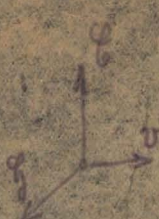


Abb. 2

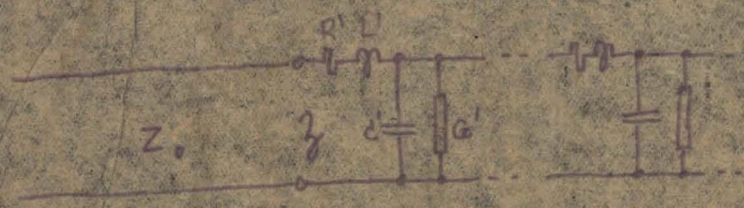


Abb. 1

Die Ausbreitungskonstante ist

$$\gamma = \sqrt{(R' + j\omega L')(G' + j\omega C')} = \alpha + j\beta \quad (2)$$

bei genügender Leitungslänge l oder, genauer gesagt, bei genügender Dämpfung αl wird der Eingangswiderstand der gedämpften Leitung unabhängig von ihrem Abschluss gleich Z_0 .

Die Reflektion für eine an ihre Eingangsklemmen gelangende Welle verschwindet, wenn

$$\gamma = Z_0 \quad (3)$$

gemacht wird.

Heinrich Jungfer