

HEINRICH-HERTZ-INSTITUT FÜR SCHWINGUNGSFORSCHUNG  
BERLIN-CHARLOTTENBURG

# Technischer Bericht Nr. 111

Ein Wellentypfilter zur Trennung der  $H_{02}$ -Welle  
von der  $H_{01}$ -Welle

von

cand. Ing. Gerd Großkopf

Berlin

1 9 6 9

Ein Wellentypfilter zur Trennung der  $H_{02}$  - Welle von der  $H_{01}$  - Welle .

In der vorliegenden Arbeit wird ein Filter beschrieben, das den  $H_{01}$ -Wellentyp von dem  $H_{02}$ -Wellentyp trennt.

Zunächst werden die Funktionsweise und der Filteraufbau erläutert. Auf die Auswirkungen einer Wellentypkopplung innerhalb des Filters wird hingewiesen. Anschließend wird die Meßapparatur erklärt und die Berechnung der Filtermatrixelemente durchgeführt. Zum Abschluß werden Messungen an einem Experimentierfilter beschrieben, bei denen die Abmessungen des Wellenleiters und des Absorbers, sowie die Frequenz verändert worden sind.

Heinrich - Hertz - Institut für Schwingungsforschung

Der Bearbeiter

*Gerd Großkopf*  
(card. ing. Gerd Großkopf)

Der Abteilungsleiter

*F. W. Gundlach*  
(Prof. Dr. -Ing. F. W. Gundlach)

Der Institutsdirektor

*L. Cremer*  
(Prof. Dr. -Ing. L. Cremer)

Berlin-Charlottenburg, den 12. 11. 1969



## 1.) Einleitung

Bei der Verwendung des  $H_{01}$ -Wellentyps in einem Hohlleiter, in dem sich mehrere Wellentypen fortpflanzen können, ist eine Unterdrückung der parasitären Wellentypen notwendig. Störwellentypen, deren Wandströme longitudinale Komponenten besitzen, lassen sich durch geeignete Wandstrukturen unterdrücken. Dieses Verfahren läßt sich bei der Trennung rotationssymmetrischer  $H_{on}$ -Wellentypen nicht anwenden, da deren Wandstromkomponenten nur in transversaler Richtung verlaufen. Es sind bisher einige Filter bekannt geworden, die eine Trennung des  $H_{01}$ - und  $H_{02}$ -Wellentyps ermöglichen. Man vergleiche dazu (1), (2), (3) und (4). In der vorliegenden Arbeit wird eine Filteranordnung beschrieben, die eine Abwandlung des in (5) behandelten Aufbaus darstellt. Sie ist für einen Hohlleiterdurchmesser von 14,5 mm bestimmt und soll im 5 mm-Wellenlängenbereich Anwendung finden.

## 2.) Beschreibung und Aufbau des Filters.

### 2.1.) Funktionsweise:

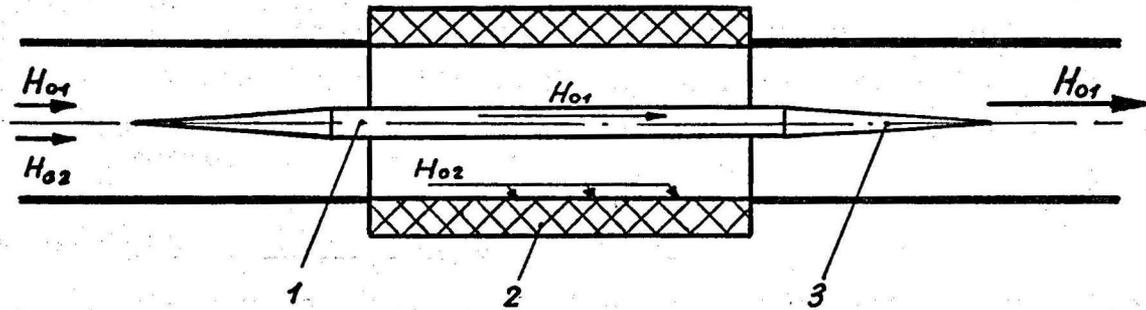


Abb. 1 Modenfilter nach Meriakri

In (5) wird ein Modenfilter beschrieben, bei dem die Hohlleiterwellen in Oberflächenwellen entlang eines dielektrischen Stabes 1 umgewandelt werden. Koaxial um diesen Wellenleiter befindet sich in einem Abstand ein Absorber 2. Durch geeignete Wahl der Maße des Absorbers und des dielektrischen Stabes ist es möglich, daß am Stabende vorwiegend die  $H_{01}$ -Welle existiert, während die Moden, für die der Wellenleiterdurchmesser unterhalb des kritischen Querschnitts liegt, gedämpft werden. In einem Übergangsstück 3 erfolgt die Rückumwandlung der Oberflächenwelle in eine  $H_{01}$ -Hohlleiterwelle.

### 2.2.) Beschreibung der einzelnen Filterteile.

#### 2.2.1.) Der dielektrische Wellenleiter

Für den Hohlleiter mit 14,5 mm Durchmesser hat sich, abweichend von der von Meriakri vorgeschlagenen Form des Wellenleiters, das dielektrische Rohr als günstigere Form erwiesen. Massive Wellenleiter zeigten eine zu starke Modenverkopplung, vgl. (7). Das dielektrische Rohr ist für seine Dimensionierung in verschiedene Abschnitte einzuteilen.

#### a.) Dielektrisches Rohr im Absorber

Nach der Theorie für dielektrische Wellenleiter (6) gibt es für einen bestimmten Leiterquerschnitt für  $H_{0n}$ -Wellen eine untere Grenzfrequenz, von der ab die Feldverteilung außerhalb des Rohres exponentiell abfällt. Unterhalb dieser Frequenz erfolgt eine Energieabstrahlung in radialer Richtung, so daß entlang des Wellenleiters ein Abklingen des Feldes zu beobachten ist. Für das Filter werden Innen- und Außendurchmesser des Rohres so gewählt, daß die Anordnung für den  $H_{01}$ -Wellentyp oberhalb und für den  $H_{02}$ -Typ unterhalb der kritischen Frequenz betrieben wird.

Dadurch erreicht man beim Einspeisen eines  $H_{01}$ - $H_{02}$ -Wellentypengemisches, daß das Feld der  $H_{01}$ -Welle im Außenraum exponentiell abklingt, so daß sich der größte Teil der  $H_{01}$ -Energie im dielektrischen Rohr bzw. dicht über seiner Oberfläche im Außenraum befindet. Die  $H_{02}$ -Energie wird dagegen in den Außenraum abgestrahlt und dort vom Absorber aufgenommen.

b.) Anpassungsteile im Kreishohlleiter

Der im Hohlleiter befindliche Teil des dielektrischen Wellenleiters verkleinert den Wellenwiderstand in diesem Abschnitt der Filteranordnung. Um einen breitbandigen Übergang vom leeren Hohlleiter zum Dielektrikum zu erhalten, ist eine allmähliche Wellenwiderstandsänderung durch konische Anpassungsteile notwendig. Beim zylindrischen Vollstab ist damit eine Verkopplung der  $H_{0n}$ -Wellentypen verbunden, deren Auswirkung auf die Filtereigenschaften in der folgenden Tabelle zusammengestellt ist.

Eingangswellentyp	Verkopplung am Stabanfang	Verkopplung am Stabende
$H_{01}$	Anregung eines $H_{02}$ -Störwellenanteils, der absorbiert wird.	Anregung einer $H_{02}$ -Störwelle.
$H_{02}$	Anregung einer $H_{01}$ -Oberflächenwelle, die die Filteranordnung durchläuft und als $H_{01}$ -Störwelle am Filterausgang erscheint.	Anregung einer $H_{02}$ -Störwelle, die von der am Stabanfang angeregten $H_{01}$ -Welle erzeugt wird.

Man erkennt, daß die Verkopplung die Eigenschaften des Filters durch Störmodenanregung und Dämpfung der  $H_{01}$ -Welle stark beeinträchtigt. Beim zylindrischen Vollstab läßt sich die Verkopplung in gewissen Grenzen nach Gleichung 8 in (5) durch günstige Wahl der Form der Anpassungsteile verändern, aber nicht vollständig unterdrücken, vgl. (7). Deshalb ist untersucht worden, wie sich die Filtereigenschaften durch Ausbohren des Wellenleiters beeinflussen lassen, wenn der Durchmesser seiner Anpassungsteile mit dem Minimum des  $H_{02}$ -Typs zusammenfällt.

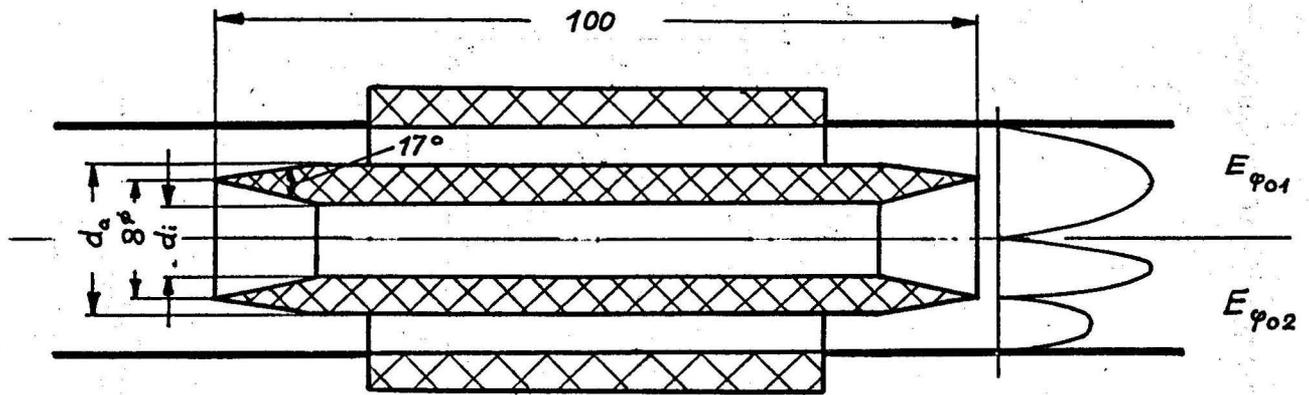


Bild 2 Dielektrischer Wellenleiter und die Beträge der  $\varphi$ -Komponenten der elektrischen Feldstärken des  $H_{01}$ - und  $H_{02}$ -Typs

Eine grundlegende Arbeit über dielektrische Röhre als Wellenleiter befindet sich in (6).

### 2.2.2.) Der Absorber

Der Absorber nimmt die Energie der Moden auf, die nicht vom dielektrischen Wellenleiter geführt werden. Auf Grund des exponentiellen Feldabfalls außerhalb des Rohres gelangt auch ein gewisser Teil der  $H_{01}$ -Energie in das Dämpfungsmaterial.

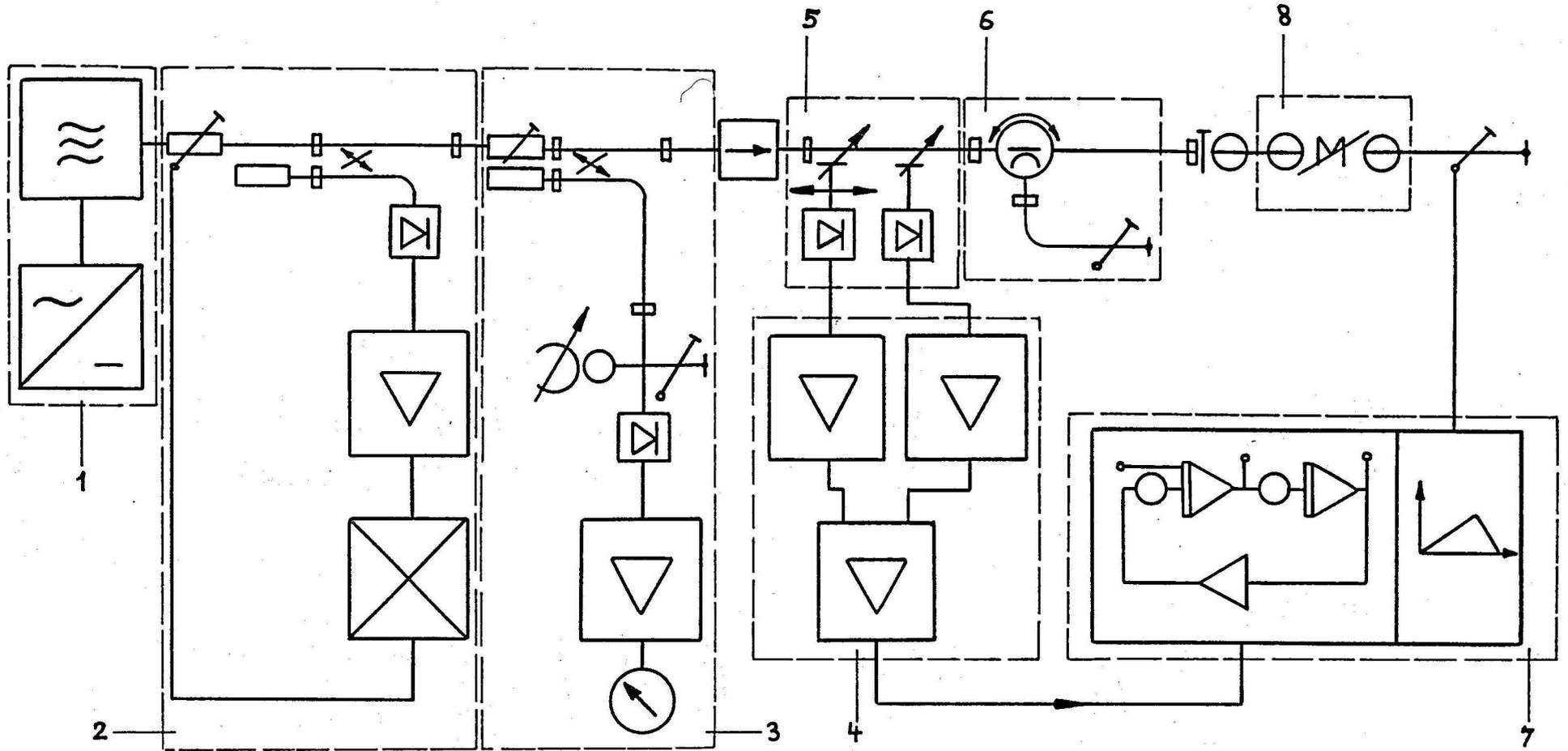
Der Absorber ist aus Syntane mit einem Innendurchmesser von  $D_i = 14,5$  mm hergestellt worden. Die Energieanteile der Moden, die in den Absorber gelangt sind, werden nach einmaligem Durchlaufen des Dämpfungsmaterials in radialer Richtung an der Filteraußenwand reflektiert. Der Außendurchmesser des Absorbers ist daher so groß zu wählen, daß keine Energie wieder zum dielektrischen Stab zurückgelangt. Beim Experimentierfilter ist  $D_a = 25$  mm. Die Länge des Absorbers ist im Bereich von 47 mm bis 77 mm veränderlich.

## 3.) Theorie zur Auswertung.

### 3.1.) Das Meßverfahren.

Das Filter wird mit der in (8) beschriebenen Apparatur ausgemessen. Um die Matrixelemente des Filters für den  $H_{01}$ - und  $H_{02}$ -Typ bestimmen zu können, muß es getrennt mit beiden Moden jeweils in möglichst reiner Form betrieben werden. In Abbildung 3 ist der Meßaufbau dargestellt. Das Filter ist mit seinem Eingang an einen der Wellentypwandler ( $H_{10}$ - $H_{01}$  oder  $H_{10}$ - $H_{02}$ ) angeschlossen. Ausgangsseitig ist es mit dem Kurzschlußschieber verbunden. In einem Diagramm wird der Realteil des eingangssei-

Abb. 3 Meßaufbau



- 1 Netzteil und Rückwärtswellenoszillator
- 2 Vorrichtung zur Stabilisierung der Eingangsleistung
- 3 Frequenzmesser
- 4 Meß- und Differenzverstärker
- 5 Zweisondenmeßleitung mit Diodenhalterungen
- 6 Hohlleiterschalter mit Eichkurzschluß
- 7 Analogrechner mit Suchkreisschaltung und Steuerung des veränderlichen Kurzschlusses
- 8 Meßobjekt

f = 63 GHz

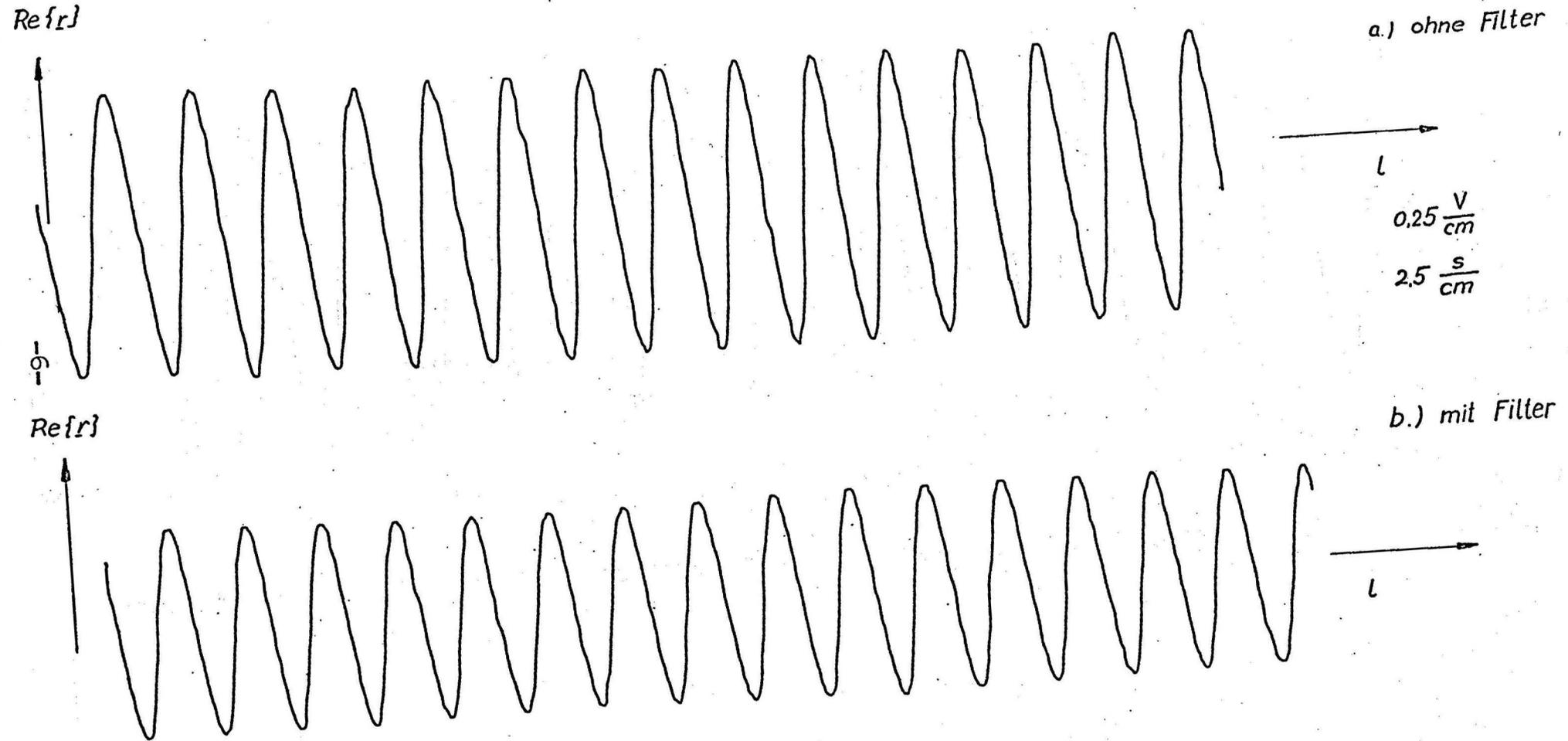


Abb. 4a Realteil des Reflexionsfaktors als Funktion der Kurzschlußschieberstellung  $l$

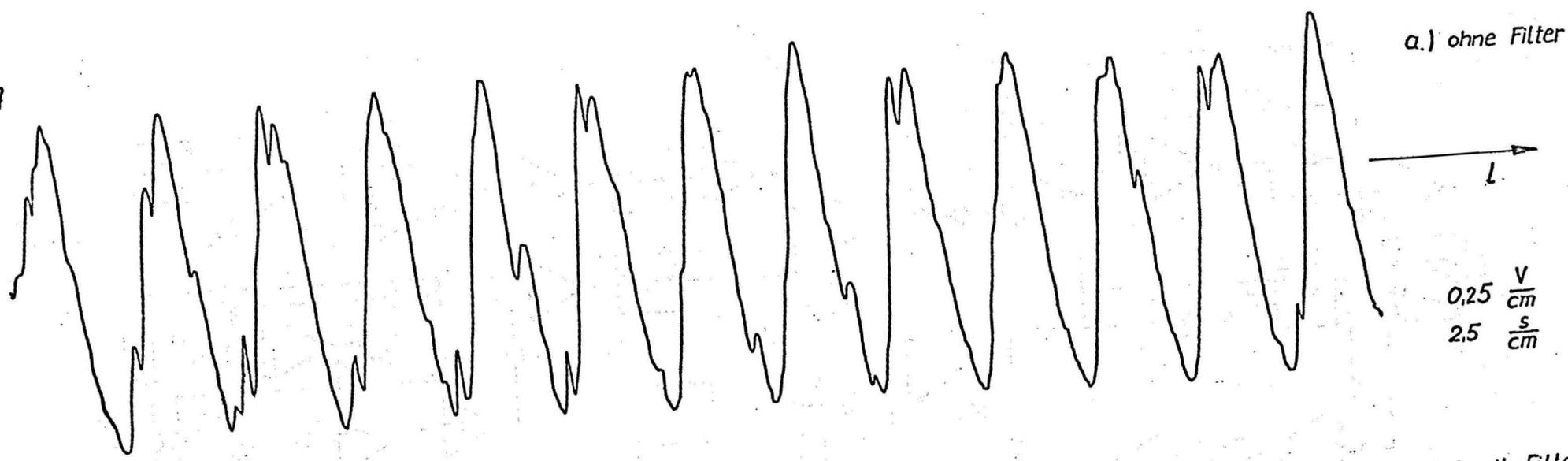
- a.) Wellentypwandler  $H_{10} - H_{01}$
- b.) Wellentypwandler  $H_{10} - H_{01}$  und Filter

$f = 63\text{GHz}$

a.) ohne Filter

$\text{Re}\{\Gamma\}$

$-L$



$0,25 \frac{\text{V}}{\text{cm}}$   
 $2,5 \frac{\text{s}}{\text{cm}}$

b.) mit Filter

$\text{Re}\{\Gamma\}$

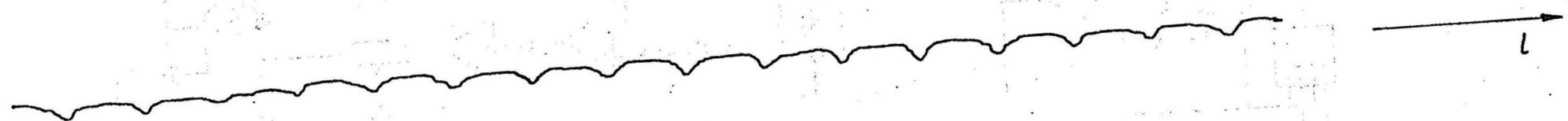


Abb. 4b Realteil des Reflexionsfaktors als Funktion der Kurzschlußschieberstellung  $l$   
a.) Wellentypwandler  $H_{10}-H_{02}$   
b.) Wellentypwandler  $H_{10}-H_{02}$  und Modenfilter

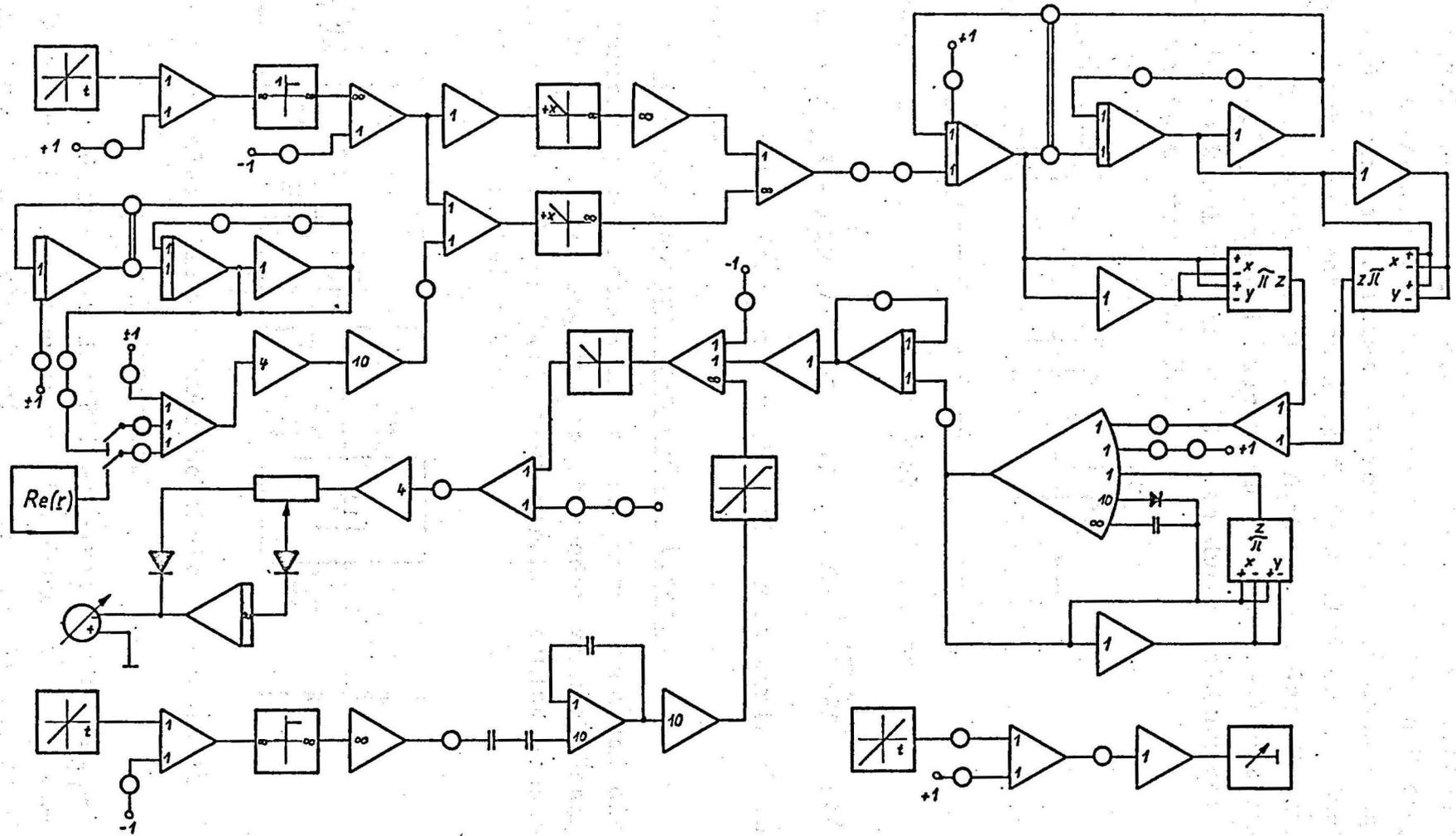


Bild 5b . Analogrechnerschaltung zur Spektralanalyse

tigen Reflexionsfaktors der Anordnung Wandler-Filter-Kurzschluß in Abhängigkeit von der Kurzschlußschieberstellung  $l$  aufgetragen, vgl. Abb. 4a und 4b. Aus diesen Meßkurven lassen sich mit Hilfe eines Analogrechners die Spektralanteile in Betrag und Phase bestimmen. Er übernimmt gleichzeitig die Steuerung des veränderlichen Kurzschlusses im Kreishohlleiter. Die Suchkreisschaltung des Rechners Abb. 5a ermittelt aus der Eingangsfunktion  $\text{Re}\{\underline{r}\} = f(l)$  innerhalb der Rechenzeit  $\tau$  die Funktionen  $x_1$  und  $x_2$ . Die Spektralanteile erhält man durch Bildung der geometrischen Summe von  $x_1$  und  $x_2$ .

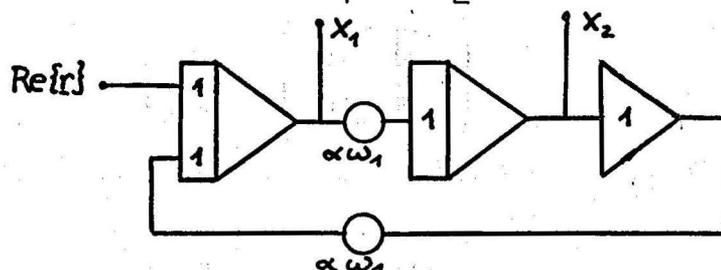


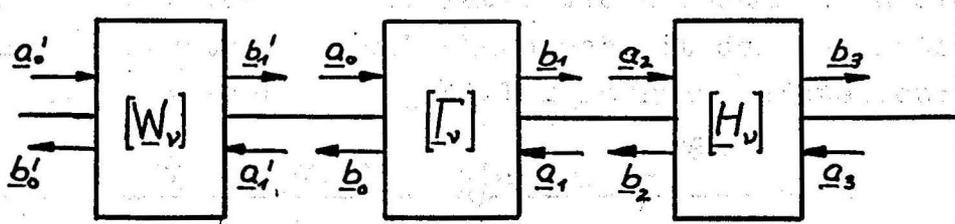
Abb. 5a Suchkreisschaltung für die Spektralanalyse

$$x_1 = \int_0^{\tau} g(t) \cos \omega_1 t dt, \quad x_2 = \int_0^{\tau} g(t) \sin \omega_1 t dt \quad (1) \quad A = \frac{1}{\tau} \sqrt{x_1^2 + x_2^2} \quad (2)$$

Das gesamte Rechenprogramm, das in (8) erläutert wird, ist in Abb. 5b dargestellt.

### 3.2.) Berechnung der Matrixelemente des Filters.

Zur Vereinfachung des Rechenganges wird angenommen, daß die in den Wellentypwandlern angeregten Störmoden vernachlässigbar sind. Für die Anordnung Wandler-Filter-Kurzschluß erhält man folgendes Ersatzschaltbild:



Wellentypwandler Filter Kreishohlleiter Kurzschluß

Abb. 6 Ersatzschaltung des Meßaufbaues

Der Index soll andeuten, daß das Filter einmal an den  $H_{01}$ -Wandler ( $v=1$ ) und zum zweiten an den  $H_{02}$ -Wandler ( $v=2$ ) angeschlossen wird. Die Wandler besitzen folgende Matrizen:

Matrix des  $H_{01}$ -Wandlers:

$$[\underline{W}_1] = \begin{pmatrix} \underline{W}_{00} & \underline{W}_{01} \\ \underline{W}_{01} & \underline{W}_{11} \end{pmatrix}$$

Matrix des  $H_{02}$ -Wandlers:

$$[\underline{W}_2] = \begin{pmatrix} \underline{W}_{22} & \underline{W}_{23} \\ \underline{W}_{23} & \underline{W}_{33} \end{pmatrix}$$

Matrix des Filters beim Einspeisen der  $H_{01}$ -Welle:

$$[\underline{\Gamma}_1] = \begin{pmatrix} \underline{\Gamma}_{00} & \underline{\Gamma}_{01} \\ \underline{\Gamma}_{01} & \underline{\Gamma}_{11} \end{pmatrix}$$

Matrix des Filters beim Einspeisen der  $H_{02}$ -Welle:

$$[\underline{\Gamma}_2] = \begin{pmatrix} \underline{\Gamma}'_{00} & \underline{\Gamma}'_{02} \\ \underline{\Gamma}'_{02} & \underline{\Gamma}'_{22} \end{pmatrix}$$

Matrix des Kreishohlleiters:

$$[\underline{H}_\nu] = \begin{pmatrix} 0 & e^{-j\beta_\nu l} \\ e^{j\beta_\nu l} & 0 \end{pmatrix} \quad \nu=1,2$$

Die zu- und ablaufenden Wellengrößen werden mit  $\underline{a}_\nu$  und  $\underline{b}_\nu$  bezeichnet. Es sind die auf die Wurzel des Wellenwiderstandes normierten Wellenamplituden.

Im folgenden wird die Rechnung für die Anordnung  $H_{01}$ -Wandler-Filter-Kurzschluß durchgeführt. Wird das Filter mit dem  $H_{02}$ -Wandler betrieben, so verläuft die Rechnung in analoger Weise. Für das Ersatzschaltbild kann man mit den genannten Voraussetzungen folgendes Signalflußdiagramm aufstellen:

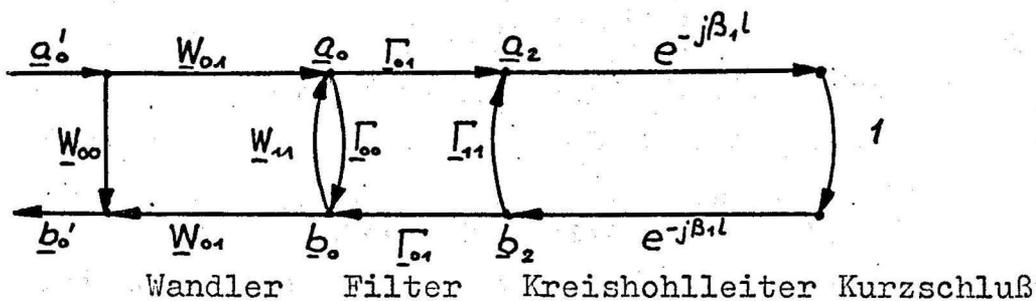


Abb.7 Signalflußdiagramm der Meßanordnung nach Abb.6

Werden im Filter Störmoden angeregt, so ist das Filter als Wellentypwandler nach (9) zu behandeln. Im vorliegenden Fall

tritt jedoch keine Modenverkopplung auf, so daß sich die Bestimmung der Filtermatrixelemente weitgehend vereinfacht, da folgende Annahmen zulässig sind:

- a) Aus der Messung der Wandlergrößen ist bekannt, daß der Spektralanteil der zweiten Harmonischen sehr gering ist, d.h. daß die Werte für  $\underline{W}_{11}$  und  $\underline{W}_{33}$  vernachlässigbar klein sind.

$$|\underline{W}_{11}|, |\underline{W}_{33}| \ll 1 \quad (3)$$

- b) Das gleiche gilt auch für die zweite Harmonische bei der Ausmessung des Filters, so daß  $\underline{\Gamma}_{11}$  und  $\underline{\Gamma}_{22}'$  nicht mehr in der Rechnung erscheinen:

$$|\underline{\Gamma}_{11}|, |\underline{\Gamma}_{22}'| \ll 1 \quad (4)$$

Unter diesen Bedingungen ergibt sich folgendes vereinfachtes Signalflußdiagramm:

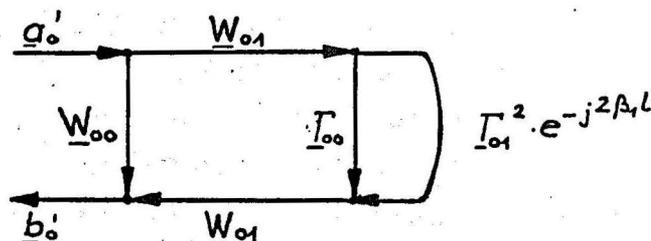


Abb.8 vereinfachtes Signalflußdiagramm der Meßanordnung

Damit erhält man den eingangsseitigen Reflexionsfaktor der Gesamtanordnung:

$$\underline{r} = \frac{\underline{b}'_0}{\underline{a}'_0} = \underline{W}_{00} + \underline{W}_{01}^2 \cdot (\underline{\Gamma}_{01}^2 \cdot e^{-2j\beta_1 L} + \underline{\Gamma}_{00}) \quad (5)$$

Mit Hilfe des Analogrechners wird der Koeffizient  $\underline{c}_{011}$  der ersten Harmonischen des Wellentyps 1 ermittelt. Man erhält ihn, wenn man in Gleichung 5 das Glied mit  $e^{-j^2\beta_1 L}$  betrachtet. Aus der Messung mit der Anordnung  $H_{01}$ -Wandler-Filter-Kurzschluß ergibt sich folgender  $H_{01}$ -Spektralanteil:

$$|\underline{c}_{011}| = |\underline{W}_{01}^2 \cdot \underline{\Gamma}_{01}^2| \quad (6)$$

Wird das Filter dagegen mit der  $H_{02}$ -Welle gespeist, so erhält man für den eingangsseitigen Reflexionsfaktor:

$$\underline{r} = \underline{W}_{22} + \underline{W}_{23}^2 \cdot (\underline{\Gamma}_{02}^2 \cdot e^{-2j\beta_2 L} + \underline{\Gamma}_{00}') \quad (7)$$

In gleicher Weise wie im ersten Fall wird hier der Koeffizient  $\underline{c}'_{021}$  der ersten Harmonischen des Wellentyps 2 ermittelt. Mit den genannten Voraussetzungen gewinnt man aus der Messung mit der Anordnung  $H_{02}$ -Wandler-Filter-Kurzschluß den  $H_{02}$ -Spektralanteil:

$$|C'_{021}| = |W_{23}^2 \cdot \Gamma_{02}'|^2 \quad (8)$$

Aus den Gleichungen 6 und 8 kann man auf einfache Art die Transmissionsfaktoren des Filters bestimmen, wenn die der Wandler bekannt sind.

#### 4.) Messungen am Filter

##### 4.1.) Allgemeines

Zur Messung wird das in Abb. 13 dargestellte Experimentierfilter benutzt. Mit Hilfe von Distanzringen (Nr. 7), die über den Hohlleiter (Nr. 1) geschoben werden, und mit Verstellerschrauben (Nr. 6) kann man den Absorber, der aus einzelnen Syntanescheiben besteht, in seiner Länge im Bereich von 47+77 mm verändern. Das Teil Nr. 8 gewährleistet, daß die Achsen der Hohlleiter Nr. 1 und Nr. 2 mit der des Absorbers zusammenfallen. Als Materialien sind für den dielektrischen Wellenleiter Trolitul und für seine Halterung im Absorber Styropor verwendet worden.

In den ersten beiden Meßreihen sollen die günstigsten Durchmesser  $d_i$  und  $d_a$  des Rohres ermittelt werden.

##### 4.2.a.) Die Abhängigkeit der Transmissionsfaktoren vom Innendurchmesser des dielektrischen Wellenleiters.

Als erstes wird bei einem konstanten Außendurchmesser des Rohres von 10 mm der Innendurchmesser von 0 auf 7 mm vergrößert. Der Kurvenverlauf ist in Abb. 9 dargestellt.  $|\Gamma_{01}| = f(d_i)$  zeigt für größere Werte von  $d_i$  erwartungsgemäß einen Abfall, da sich mit zunehmendem Innendurchmesser der Grenzdurchmesser des Wellenleiters immer mehr dem Absorber nähert. Das gleiche gilt auch für die  $H_{02}$ -Welle, nur daß hier die Dämpfung, wegen des größeren Grenzdurchmessers für die  $H_{02}$ -Welle, größere Werte annimmt.

##### 4.2.b.) Die Abhängigkeit der Transmissionsfaktoren vom Außendurchmesser des dielektrischen Wellenleiters.

Wird dagegen der Innendurchmesser mit  $d_i = 5$  mm konstant gehalten und der Außendurchmesser des Rohres von 8 auf 11 mm erweitert, so zeigt Abb. 10, daß die  $H_{01}$ -Welle kaum von der Änderung des Außendurchmessers in diesem Bereich beeinflusst wird. Im Gegensatz dazu sinkt die  $H_{02}$ -Modendämpfung, auf Grund der wachsenden Entfernung Grenzdurchmesser-Absorber, sehr stark mit zunehmendem Außendurchmesser ab. In den Fällen  $d_a = 8$  mm

und  $d_a = 9 \text{ mm}$  ist die  $H_{02}$ -Welle am Filterausgang nicht mehr feststellbar.

In beiden Meßreihen läßt sich für alle Trolitulrohre keine Störmodenanregung messen.

#### 4.2.c.) Die Abhängigkeit der Transmissionsfaktoren von der Absorberlänge.

In dieser Meßreihe wird untersucht, ob sich durch Verkürzen der Absorberlänge die Dämpfung der  $H_{01}$ -Welle für den Stab mit  $d_a = 8 \text{ mm}$  und  $d_i = 5 \text{ mm}$  weiter senken läßt. Der Absorber soll aber nur soweit verkürzt werden, daß die  $H_{02}$ -Welle gerade noch nicht übertragen wird. Aus den in Abb. 11 dargestellten Ergebnissen entnimmt man eine minimale Absorberlänge von  $69,5 \text{ mm}$ . Die Dämpfung der  $H_{01}$ -Welle verändert sich dagegen im Bereich von  $l_a = 47-77 \text{ mm}$  nur sehr wenig.

#### 4.3.) Messung der Eingangsreflexionsfaktoren.

Wegen der großen Querschnitte der dielektrischen Rohre wird untersucht, ob die noch vorhandene Dämpfung für die  $H_{01}$ -Welle und die großen Verluste der  $H_{02}$ -Welle auf Reflexionen am Filtereingang zurückzuführen sind. Die Messung erfolgt nach dem in (8) beschriebenen Verfahren, wobei das Filter mit einem Absorber abgeschlossen wird. Ein zwischen Filter und Wandler geschalteter längenveränderlicher Hohlleiter wird in seiner Länge so eingestellt, daß die Phasendifferenz zwischen dem Reflexionsfaktor des Wandlers und dem des Filters verschwindet. Aus dem Meßwert kann bei bekanntem Transmissionsfaktor des Wandlers der Eingangsreflexionsfaktor des Filters berechnet werden.

Es ergibt sich ein  $|\Gamma_{in}|$  von  $0,0005+0,03$  d.h., daß für dielektrische Rohre als Wellenleiter der Eingangsreflexionsfaktor sehr klein ist.

Für die  $H_{02}$ -Welle ist der Eingangsreflexionsfaktor ebenfalls gering. Selbst für die Rohre, bei denen keine  $H_{02}$ -Welle am Filterausgang festgestellt werden konnte, und vermutet wurde, daß der größte Teil der  $H_{02}$ -Welle am Filtereingang reflektiert worden sei.

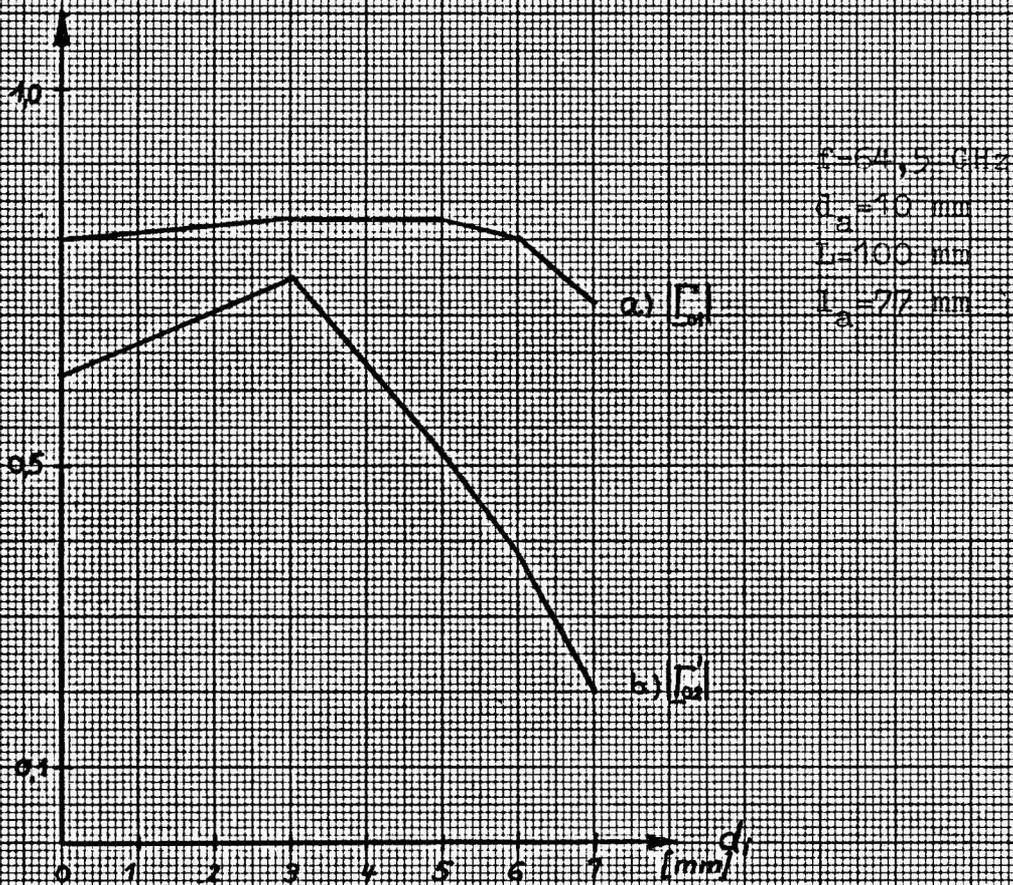


Abb. 9 Beträge der Transmissionsfaktoren als Funktion des Rohriendurchmessers, a) beim Einspeisen der  $H_{01}$ -Welle b) beim Einspeisen der  $H_{02}$ -Welle



Abb. 10 Beträge der Transmissionsfaktoren als Funktion des Rohraußendurchmessers, a) beim Einspeisen der  $H_{01}$ -Welle b) beim Einspeisen der  $H_{02}$ -Welle

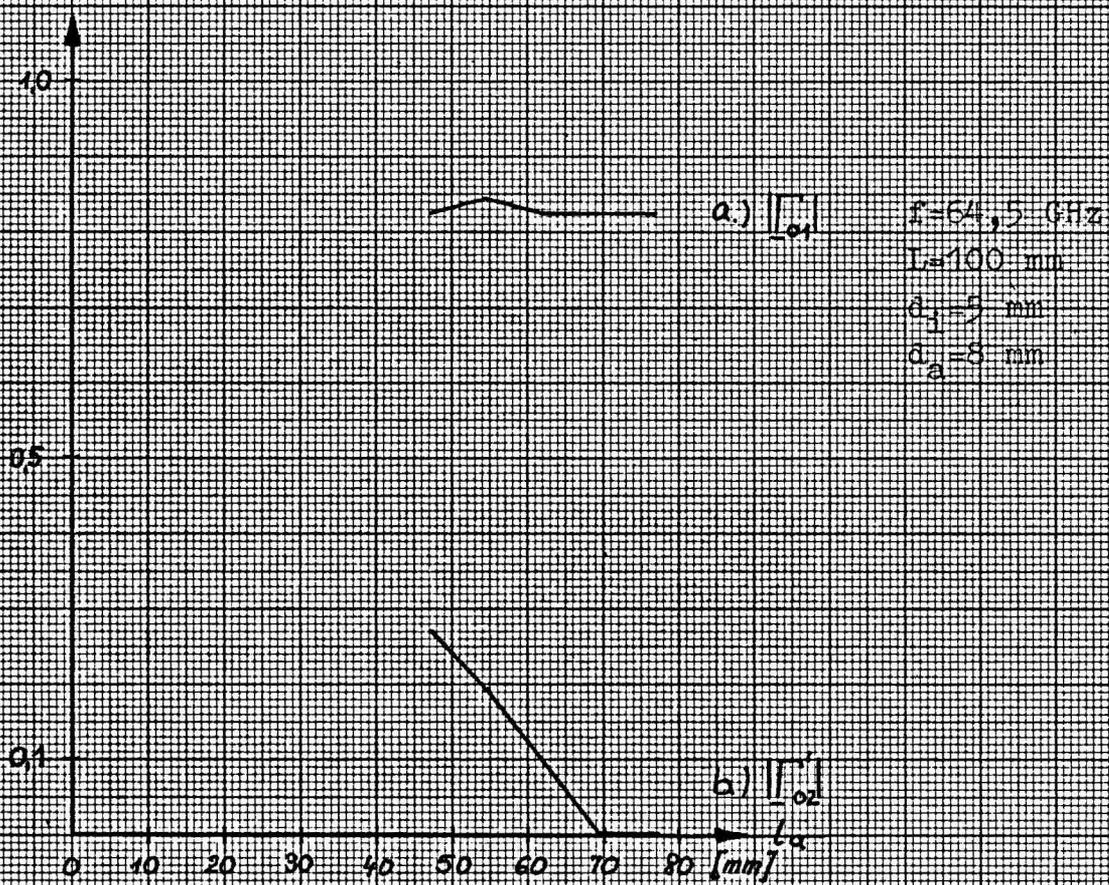


Abb. 11 Beträge der Transmissionsfaktoren als Funktion der Absorberlänge, a) beim Einspeisen der  $H_{01}$ -Welle b) beim Einspeisen der  $H_{02}$ -Welle

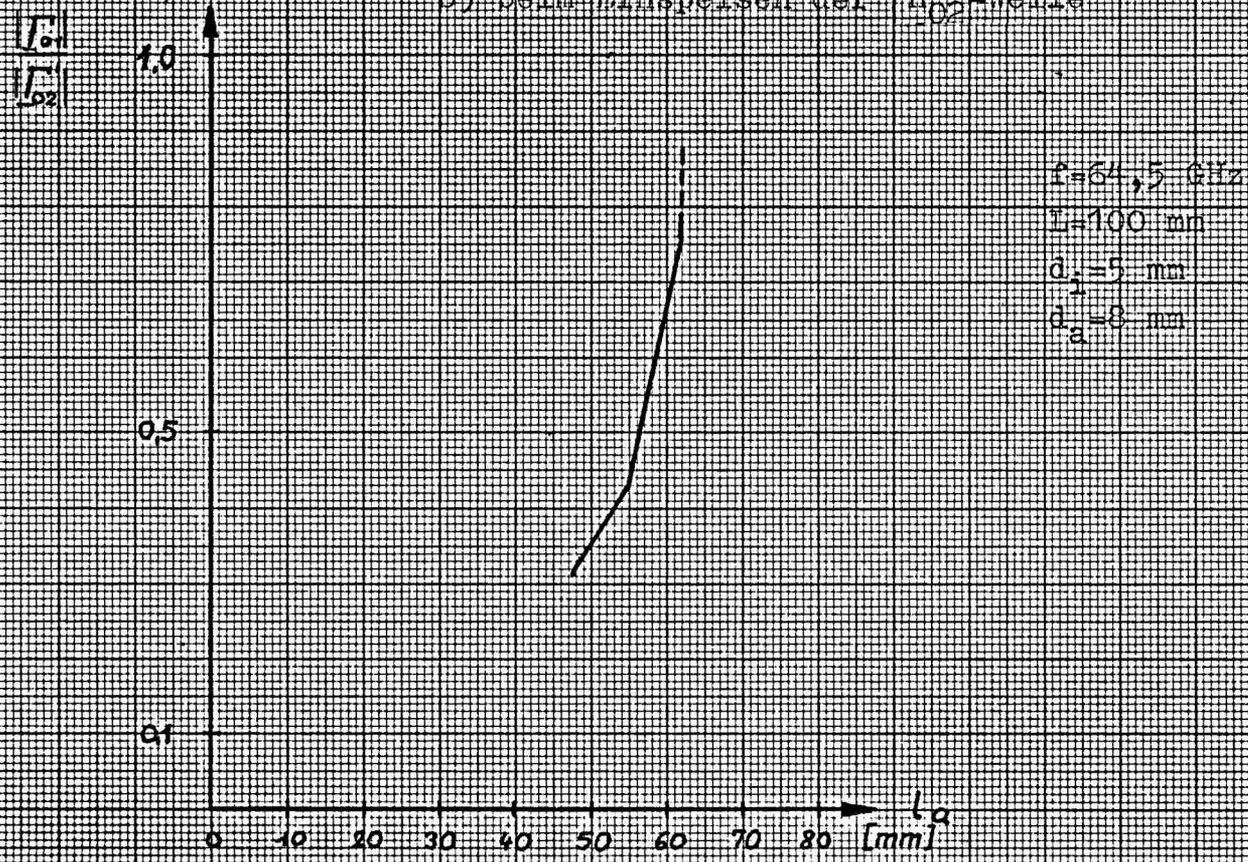


Abb. 12 Quotient der Beträge der Transmissionsfaktoren als Funktion der Absorberlänge

## 5.) Abschluss

Das von Meriakri beschriebene Filter wurde in veränderter Form für einen 14,5 mm-Hohlleiter gebaut und ausgemessen. Als günstigste Form des Wellenleiters erwiesen sich dielektrische Rohre. Die Dämpfungswerte von einigen Zehnteln dB für die  $H_{01}$ -Welle, wie sie bei dem Filter nach Meriakri für einen 60 mm-Hohlleiter erzielt wurden, konnten nicht erreicht werden. Dagegen wurden für die Dämpfung der  $H_{02}$ -Welle teilweise größere Werte erzielt. Bei drei Rohrformen ließ sich am Filterausgang keine  $H_{02}$ -Welle feststellen. Für sie wurden folgende Transmissions- und Reflexionswerte ermittelt:

Nr.	Rohrdurchmesser		$ \Gamma_{01} $	$ \Gamma_{00} $	$ \Gamma_{02} $
	$d_a$ mm	$d_i$ mm			
1	9	7	0,67	0,014	}
2	9	5	0,83	0,017	
3	8	5	0,825	0,03	

Die Wirksamkeit des Filters mit dem Rohr Nr.3 wird in den Abbildungen 4a und 4b besonders deutlich. Man erkennt die noch vorhandene Dämpfung für die  $H_{01}$ -Welle und die große Dämpfung, die die  $H_{02}$ -Welle erleidet. An der periodischen Schwankung des Realteils des Reflexionsfaktors in Abb.4b zeigt sich die Verunreinigung der in das Filter eingespeisten  $H_{02}$ -Welle.

Abschließend ist das Filter mit dem Wellenleiter Nr.3 bei zwei weiteren Frequenzen ausgemessen worden. Es zeigt bei  $f=63,15$  GHz und  $f=70$  GHz die gleichen Eigenschaften wie bei  $f=64,5$  GHz.

Erklärung der verwendeten Formelzeichen:

- $\left. \begin{array}{l} \underline{a}_v \\ \underline{b}_v \end{array} \right\}$  auf die Wurzel des Wellenwiderstandes normierte Wellenamplituden  
 $|\underline{\rho}_{01}|$  Betrag des Spektralanteils des Eingangsreflexionsfaktors der Anordnung  $H_{01}$ -Wandler-Filter-Kurzschluß  
 $|\underline{\rho}'_{02}|$  Betrag des Spektralanteils des Eingangsreflexionsfaktors der Anordnung  $H_{02}$ -Wandler-Filter-Kurzschluß  
 $d_a$  Außendurchmesser des dielektrischen Wellenleiters  
 $d_i$  Innendurchmesser des dielektrischen Wellenleiters  
 $f$  Frequenz des Rückwärtswellenoszillators  
 $f_s$  Frequenz des Suchkreises  
 $l$  Kurzschlußschieberstellung  
 $l_a$  Absorberlänge  
 $L$  Länge des dielektrischen Wellenleiters  
 $\underline{r}$  Reflexionsfaktor der Anordnung Wandler-Filter-Kurzschluß  
 $\tau$  Rechenzeit  
 $\beta_v$  Phasenkonstante des Wellentyps  $v$

Matrizelemente:

- $[\underline{W}_1]$  Matrix des  $H_{01}$ -Wandlers  
 $[\underline{W}_2]$  Matrix des  $H_{02}$ -Wandlers  
 $[\underline{\Gamma}_1]$  Matrix des Filters beim Einspeisen der  $H_{01}$ -Welle  
 $[\underline{\Gamma}_2]$  Matrix des Filters beim Einspeisen der  $H_{02}$ -Welle  
 $[\underline{H}_v]$  Matrix des Kreishohlleiters

	Transmissionsfaktor		Reflexionsfaktor				
			Eingang			Ausgang	
	$H_{01}$ -Welle	$H_{02}$ -Welle	$H_{10}$	$H_{01}$	$H_{02}$	$H_{01}$ -Welle	$H_{02}$ -Welle
$H_{01}$ -Wandler	$\underline{W}_{01}$	-	$\underline{W}_{00}$	-	-	$\underline{W}_{11}$	-
$H_{02}$ -Wandler	-	$\underline{W}_{02}$	$\underline{W}_{22}$	-	-	-	$\underline{W}_{33}$
Filter beim Einspeisen der $H_{01}$ -Welle	$\underline{\Gamma}_{01}$	-	-	$\underline{\Gamma}_{00}$	-	$\underline{\Gamma}_{11}$	-
Filter beim Einspeisen der $H_{02}$ -Welle	-	$\underline{\Gamma}'_{02}$	-	-	$\underline{\Gamma}'_{00}$	-	$\underline{\Gamma}'_{22}$

## Literaturverzeichnis

- 1.) Persikov: Filter for the  $H_{02}$ -wave in a circular waveguide.  
Radio Engineering and Electr. Phys., 1961, Vol. 6  
Nr. 3, S. 152
- 2.) Kumagai, Kurazono, Nakahara, Kurauchi:  
 $TE_{on}$ -mode filters for the  $TE_{01}$ -mode waveguide.  
Denki-tsushin-gakkai-zasshi, Vol. 47, Nr. 3, 1964, S. 57
- 3.) Sedlmair: Ein breitbandiges Dämpfungsglied zur gleichzeitigen  
Dämpfung höherer  $H_{on}$ -Wellen.  
Frequenz Nr. 22, 1968 Heft 4, S. 118
- 4.) W.K. Kahn: A  $TE_{02}$ -mode suppressor for the  $TE_{01}$ -mode circular  
waveguide.  
Microwave Res. Inst. of Brooklyn, Jan. 1959
- 5.) Meriakri: Filter for parasitic waves in a circular cross  
section waveguide.  
Radio Engineering and Electron. Phys., 1962 Vol. 7,  
Nr. 6, S. 977
- 6.) Unger: Dielektrische Rohre als Wellenleiter.  
AEÜ 1954, Nr. 8, Heft 6, S. 241
- 7.) Großkopf: Studienarbeit Nr. 447 am Lehrstuhl für Hochfrequenz-  
technik, TU Berlin.
- 8.) Strebel, Kollbach, Panke:  
Das Übertragungsverhalten von Kreishohlleiter-  
spiegeln für die  $H_{01}$ -Welle.  
Techn. Bericht Nr. 100, Heinrich-Hertz-Institut 1969
- 9.) Strebel: Resonanzverfahren zur Wellentypanalyse im Kreis-  
hohlleiter. Diss. Nr. 83, TU Berlin 1966

### Einzelteile des Filters:

In Abb. 13 ist das Experimentierfilter mit einem dielektrischen Wellenleiter mit  $d_a = 10$  mm und  $d_i = 5$  mm dargestellt.

Nr.	Teil	Material
1	Kreishohlleiter	Messing
2	"	"
3	dielektrischer Wellenleiter	Trolitul
4	Absorber	Syntane
5	Halterung des Wellenleiters	Styropor
6	Stellschrauben (6xM3)	Messing
7	Distanzring	"
8	Paßring	"
9	Anschluß-Überwurfmutter	"

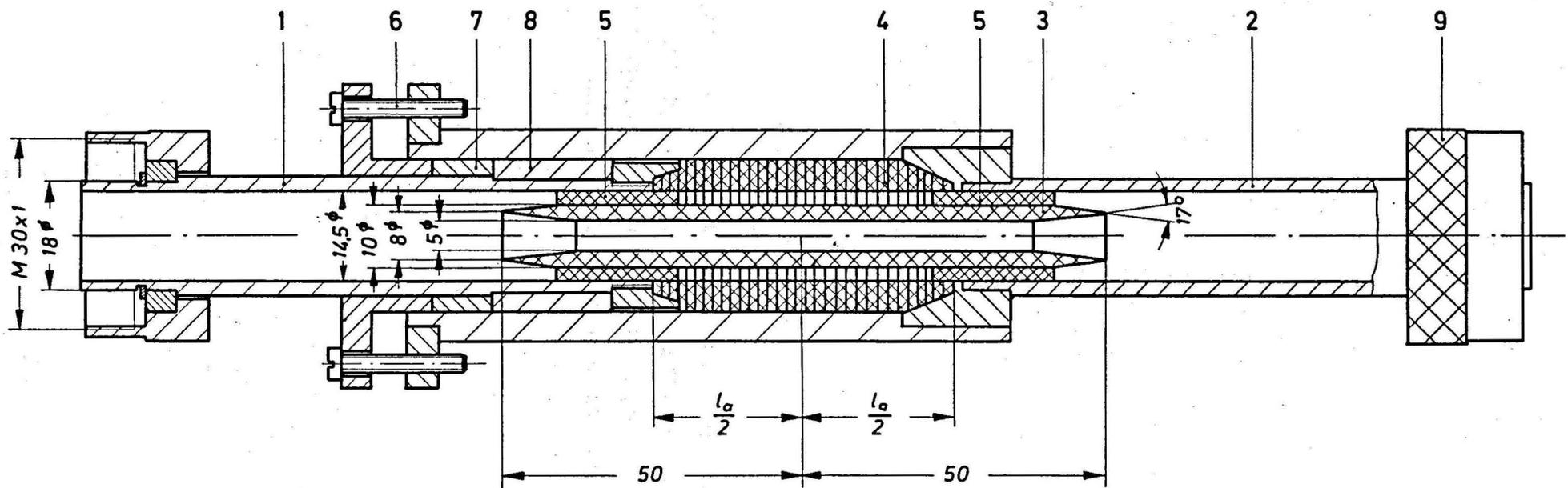


Abb. 13 Wellentypfilter

M 1:1

Diese Arbeit stellt einen Auszug aus einer Studienarbeit dar. Herrn Dr. Strebel danke ich für die Unterstützung sowie für die Anregungen bei der Durchführung der Arbeit.

