

# HOCHFREQUENZTECHNIK UND ELEKTROAKUSTIK

Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie

## INHALT

	Seite		Seite
W. Dällenbach: Über die Erstauführung Type HB 14 eines Resotanks (Mit 2 Abb. im Text) . . . . .	161	Physikalisch-technische Reichsanstalt: Normalfrequenz-Aussendung über den Deutschlandsender April 1943 . . . . .	189
F. Below: Eine Röhrenanordnung zur Tastung oder Modulation von Sendern mit großem Gitterstrom (Mit 5 Abb. im Text) . . . . .	164	Patentschau: H. Lux: Patentschau (Mit 22 Abb. im Text) . . . . .	190
W. Dällenbach: Darf man vom Wellenwiderstand einer ebenen Welle oder einer Rohrleitung sprechen? (Mit 3 Abb. im Text) . . . . .	167	Buchbesprechungen: E. Petzold (J. Zenneck): Fernsprechapparate und ihre Schaltungen . . . . .	194
H. Jungfer: Ein Empfangsverfahren mit in Umlaufresonanz betriebenen Magnetfeldröhren (Mit 35 Abb. im Text) . . . . .	172	F. Grimm (J. Zenneck): Wähltechnische Einzelfragen . . . . .	194

Manuskripte, möglichst mit klischerfähigen Figuren versehen, sind an Herrn Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. J. Zenneck, München 13 Georgenstraße 9, zu senden. Die Herren Autoren werden gebeten, eine kurze Zusammenfassung des wesentlichen Inhalts ihrer Arbeit jedem Manuskript beizufügen. — Abonnements und alle Anfragen betr. Inserate sind zu richten an die Akademische Verlagsgesellschaft Becker & Erler Kom.-Ges., Leipzig

## Über die Erstaufführung Type HB 14 eines Resotanks.

(Mitteilung aus dem Versuchslaboratorium der Julius Pintsch KG., Berlin)

Von W. Dällenbach.

Am 7. Juli 1937 anlässlich eines Internationalen Kongresses für Kurzwellen in Wien habe ich zum ersten Male über die Eigenschaften und Vorteile eines neuartigen Generators für Mikrowellen (Resotank) vorgetragen und an einigen Exemplaren einer im Frühjahr 1937 bis zur Serienherstellung entwickelten Erstaufführung das wesentliche Verhalten dieses Generators in Experimenten gezeigt. Über die Konstruktion des für eine Wellenlänge von  $\lambda = 14$  cm gebauten Generators wurde damals nur folgendes gesagt:

Als *frequenzbestimmender Resonator* dient ein *geschlossener metallischer Hohlraum*, der keine Streustrahlung aufweist. Dieser geschlossene metallische Hohlraum ist derart ausgebildet, daß sein Dämpfungswiderstand im Verhältnis zu seinem Schwungradwiderstand möglichst klein ist bei Innehaltung eines möglichst kleinen Elektrodenabstandes für die anfachende *Elektronenströmung*, die in den geschlossenen metallischen Hohlraum organisch eingebaut ist. An diesen Hohlraum ist über eine vorzugsweise konzentrische Energieleitung die *Belastung* insbesondere *optimal gekoppelt*. Die anfachende Elektronenströmung ist eine Bremsfeldanordnung. Äußerlich erscheint der Generator als ein zylindrisches Metallrohr von 50 mm Durchmesser und 210 mm Länge, dem am einen Ende über einen hochfrequenzfreien Stecker die Gleichspannungen und der Heizstrom zugeführt werden, während am anderen Ende die Ultrahochfrequenzleistung quer zu einer keramischen Platte nach außen übertragen wird [1]<sup>1)</sup>.

Offensichtlich hat es sich — wofür auch das Interesse spricht, welches der Vortragsgegenstand im Jahre 1937 fand — um das erste öffentliche Erscheinen einer sog. „Hohlraumröhre“ gehandelt, die durch den organischen Zusammenbau einer anfachenden Elektronenströmung mit mindestens einem Hohlraumresonator charakteri-

siert ist. Da solche „Hohlraumröhren“ eine einschneidende Änderung im Bau von Elektronenröhren darstellen und seit 1937 eine Entwicklung eingesetzt hat, die heute erkennen läßt, daß die „Hohlraumröhren“ für die Technik der dm- und cm-Wellen von grundlegender Bedeutung bleiben werden, mag es von Interesse sein, heute zu dem Vortrag von 1937 eine Beschreibung des Innenaufbaues des damals vorgeführten Resotanks HB 14 nachzutragen, um so mehr, als die Konstruktion in sich eine Reihe von Vorteilen vereinigt, die nicht von allen Vorschlägen erwartet werden können, an denen zur Zeit gearbeitet wird.

Die Abb. 1 zeigt die Ansicht eines Schnittmodells des Resotanks Type HB 14.

(1) ist ein zylindrisches, aus neun axial angeordneten Wolframdrähten bestehendes Gitter, in dessen Achse eine als Haarnadel ausgebildete Wolframkathode sich befindet. Das Gitter wird koaxial umgeben von einer kreiszylindrischen Bremsselektrode (2). Erteilt man dem Gitter eine positive, der Bremsselektrode eine negative Gleichspannung zur Kathode, so treten durch die Lücken zwischen den Gitterstäben Elektronen mit einer im wesentlichen radialen Geschwindigkeit aus, werden im Bremsfeld zwischen Gitter und Bremsselektrode gebremst, um in einer zum Gitter koaxialen Kreiszyklinderfläche umzukehren und wieder in radialer Richtung zum Gitter zurückzuflogen [2, 3]. Bei geeigneter Wahl dieser Gleichspannungen z. B. +250 V am Gitter, —150 V an der Bremsselektrode und für eine Frequenz entsprechend einer Wellenlänge  $\lambda = 14$  cm stellt die aus dem Gitter in das Bremsfeld austretende Elektronenfontäne einen negativen Widerstand dar, der geeignet ist, einen die Zylinderkapazität zwischen Gitter und Bremsselektrode enthaltenden Schwingungskreis zu entdämpfen bzw. zu Schwingungen anzufachen [2, 4].

Dieser Schwingungskreis, ein Hohlraumresonator, ist folgendermaßen gebaut: Das Gitter ist in den Innen-

<sup>1)</sup> Vergl. bei Zahlen in eckigen Klammern [...] die Zusammenstellung des Schrifttums am Schluß des Aufsatzes.

leiter (3) einer konzentrischen Energieleitung mit dem Außenleiter (4) eingelötet. Am unteren Ende sind Innenleiter und Außenleiter durch eine federnd verschraubte Abschlußplatte (5) galvanisch kurzgeschlossen. Am oberen Ende erweitert sich der Innenleiter zu einer in axialer Richtung  $\lambda/4$ -langen, metallisch leitenden Trommel (6), die mit Rücksicht auf die Wärmeausdehnung des Innenleiters durch eine Anzahl von Rollen (7) aus

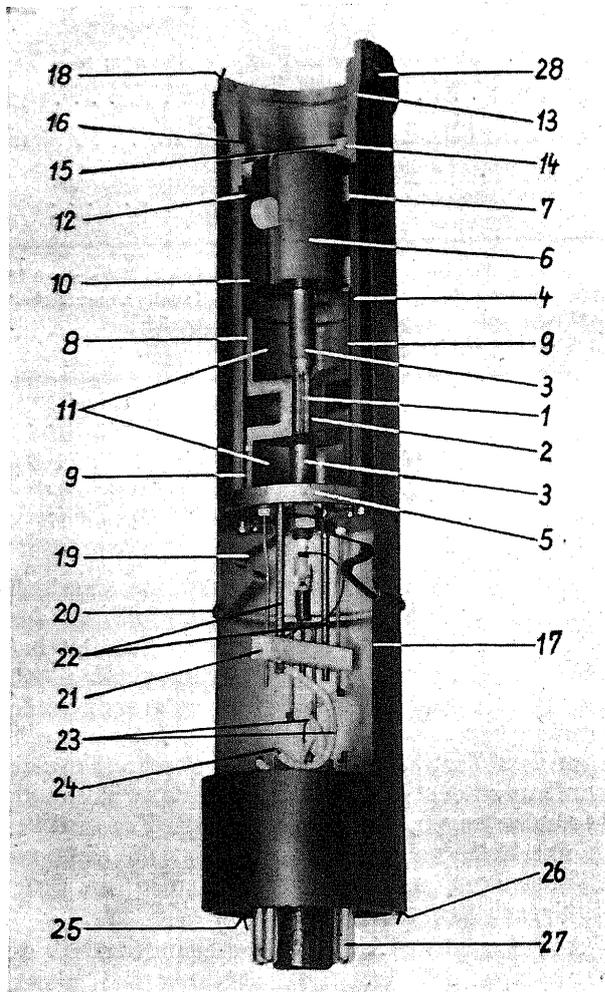


Abb. 1. Ansicht eines Schnittmodells des Resotanks Type HB 14.

Keramik axial verschiebbar im Außenleiter (4) gelagert ist. Die koaxial zum Gitter (1) angeordnete Brems- elektrode (2) entsteht durch eine ebenfalls koaxial zum Gitter angeordnete Bohrung im sog. Bremskörper (8). Der Bremskörper, der vom Außenleiter (4) der konzentrischen Energieleitung vollständig umschlossen wird [5], ist durch Stücke aus Keramik im Außenleiter (4) isoliert gelagert. Die isolierte Lagerung erlaubt, ihm eine vom Gitter verschiedene Gleichspannung zu erteilen. Die Teile (2) bis (6) und (8) sind aus Kupfer und haben mit Rücksicht auf die Stromverluste infolge Skin-Effekt hochwertig bearbeitete Oberflächen. Der zu den übrigen Abständen enge Spalt (9) zwischen Bremskörper (8) und Außenleiter (4) bildet für Schwingungen entsprechend einer Wellenlänge von  $\lambda = 14$  cm eine Kurzschlußkapazität. Zum leichteren Verständnis, wie die ultrahochfrequenten Schwingungen im Innern des Hohlraums sich ausbilden, kann also angenommen werden, der Spalt (9) sei nicht vorhanden und der Bremskörper (8) bilde mit dem Außenleiter (4) ein massives Stück. Setzt

man ferner voraus, der  $\lambda/4$ -lange Ringspalt zwischen Trommel (6) und Außenleiter (4) sei an der Stelle (10) kurzgeschlossen, so entsteht damit in der zur Achse senkrechten Ebene an der Stelle (10) ein analoger Kurzschluß zwischen Innenleiter (3) und Außenleiter (4), wie ihn die Platte (5) darstellt. Die Zylinderkapazität zwischen (1) und (2) erscheint nun an ihrem oberen, wie an ihrem unteren Ende durch torusartige Hohlräume (11)

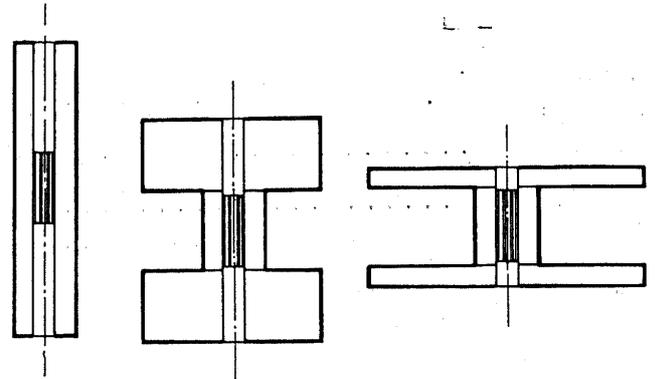


Abb. 2a. Rohrformiger Hohlraum. Abb. 2b. Zwischenform mit kleinsten Stromverlusten. Abb. 2c. Dosenförmiger Hohlraum.

abgeschlossen, in denen der in Meridianebenen fließende Schwingstrom magnetische, die Achse umschlingende Wirbelfelder erzeugt, so daß die Hohlräume (11) in der Hauptsache als Induktivitäten wirken. Form und Abmessungen der Hohlräume (11) sind nun derart bestimmt, daß der Hohlraumresonator, welchen sie zusammen mit der Zylinderkapazität zwischen (1) und (2) bilden, am Orte dieser Zylinderkapazität einen Spannungsbauch, in der Nähe der Kurzschlußstellen (5) und (10) je einen Spannungsknoten aufweisen und daß die Stromverluste bei festgehaltener Wellenlänge  $\lambda = 14$  cm und bei festgehaltener Wechselspannung einen kleinsten Wert annehmen. Diese Bedingung führt zu Hohlraumformen wie Abb. 2b, während die Formen Abb. 2a und 2c bei gleicher Wechselspannung an der Zylinderkapazität große Eigenverluste haben. Praktisch wird der Kurzschluß an der Stelle (10) durch den  $\lambda/4$ -langen Ringspalt zwischen (4) und (6), also eine sehr große dynamische Zylinderkapazität hervorgerufen. Dieser Ringspalt und das am offenen Ende der Kapazität im Spannungsbauch bei (12) austretende elektrische Feld dienen zur Übertragung der Energie auf eine an Atmosphäre befindliche und nach dem Verbraucher führende konzentrische Energieleitung. Der Außenleiter (4) steht nämlich in guter galvanischer Verbindung mit einem Ring (13) aus einer Einschmelzlegierung beispielsweise Nickeleisen oder Chromeisen. In diesen Ring (13) ist durch einen Glasfluß (14) eine Platte (15) aus verlustarmer Keramik eingeschmolzen, welche — für die Ultrahochfrequenz durchlässig — die Grenze zwischen Vakuum und Atmosphäre bildet. Der Ring (13) trägt ferner auf Seite der Atmosphäre eine Schulter (16), gegen die der Außenleiter der konzentrischen Energieleitung nach dem Verbraucher zur Sicherstellung eines einwandfreien galvanischen Kontaktes federnd gepreßt wird. Der Innenleiter aber der konzentrischen Energieleitung nach dem Verbraucher legt sich federnd gegen die keramische Platte (15) und koppelt vermöge des bei (12) austretenden elektrischen Feldes kapazitiv mit der Trommel (6). Die keramische Platte (15), also die Grenze zwischen Vakuum und Atmosphäre, vom eigentlichen frequenzbestimmen-

den Schwingungskreis weg zu verlegen und erst hinter dem als Transformationsstück der Länge  $\lambda/4$  wirkenden Ringspalt zwischen (4) und (6) anzuordnen, hat den Vorteil, daß der frequenzbestimmende Schwingungskreis dadurch wesentlich dämpfungsrmer gebaut werden kann, ein Punkt, der unten im Zusammenhang mit der Frage der Vermeidung schädlicher Dämpfungen noch einmal erwähnt werden wird. Schließt man die konzentrische Energieleitung nach dem Verbraucher nicht direkt, sondern über einen zusätzlichen an Atmosphäre befindlichen und abstimmbaren Hohlraumresonator an den Resotank an, so kann die Wellenlänge des Generators in den Grenzen  $14 \pm 0,35$  cm verändert werden. Damit sind die hauptsächlichsten hochfrequenztechnischen Gesichtspunkte aufgezählt, welche die Konstruktion beeinflußt haben. Weitere wichtige Rücksichten verlangte die Vakuumtechnik und die Möglichkeit der vakuumtechnisch einwandfreien Montage. Als Vakuumhülle dient ein Eisenrohr (17), in welches der Ring (13) mit bereits eingeschmolzener keramischer Platte (15) von oben eingesetzt und bei (18) hochvakuumdicht verschweißt ist. Alle anderen Teile wurden anfänglich von unten eingesetzt, wobei starke Blattfedern (19), die sich gegen die Sicke (20) stützen, das System der gesamten hochfrequenzführenden Kupferteile an den unteren Rand des Ringes (13) preßten, um an dieser Stelle einwandfrei galvanischen Kontakt zu geben. An dieser Kontaktstelle traten Störungen auf, die dazu führten, den Außenleiter (4) vor dem Legen der Schweißnaht (18) mit dem Ring (13) hart zu verlöten und (4) und (13) gemeinsam von oben — alle anderen Teile nach wie vor von unten — einzusetzen. Die Halterung einmal der durch eine Zugfeder gespannten Haarnadelkathode und dann der Stromleiter für Heizung und Gleichspannungen geschieht an einer Brücke (21) aus Keramik, die durch zwei Stehbolzen (22) gegen die Abschlußplatte (5) befestigt ist. Von den Klemmen an dieser Brücke (21) aus Keramik führen mit Keramikperlen isolierte Litzen (23) nach den Stiften (24) einer vierpoligen Stiftdurchführung in der Metallkappe (25). Diese Litzen erlauben die Metallkappe (25) als letztes Teil einzusetzen und am Rand (26) mit der Vakuumhülle (17) zu verschweißen. In der Mitte des Bodens der Metallkappe (25), umgeben von den 4 Stiftdurchführungen, befindet sich der Pumpstengel. Nach dem Pumpen wird das Rohr abgeschmolzen und ein auf der Innenseite der Vakuumhülle (17) gegenüber dem Außenleiter (4) angebrachtes Gitter durch Erhitzen von außen abgeschossen. Zum Schluß wird die Metallkappe (25) mit einem kräftigen vierpoligen Stecker (27) armiert, der den Heizstrom für die Kathode und die Gleichspannungen für Gitter und Bremsselektrode zuzuführen erlaubt. Zugleich schützt er den Pumpstengel gegen Bruch. Am oberen Ende bei (28) trägt die Vakuumhülle ein Gewinde, welches den Resotank mit einer an der konzentrischen Energieleitung nach dem Verbraucher befindlichen Überwurfmutter zu verschrauben erlaubt.

Nach dieser kurzen Beschreibung der Erstaussführung eines Resotanks soll nun noch auf drei hochfrequenztechnische Forderungen hingewiesen werden, die bei der Konstruktion berücksichtigt worden sind.

Die Benutzung einer Elektronenströmung im Bremsfeld als Anfachmechanismus verlangte, um relativ gute Wirkungsgrade zu erzielen, eine verhältnismäßig hohe Wechselfspannung im Hohlraumresonator, also eine möglichst dämpfungsarme Ausföhrung des Resonators [6]. Dazu sind die folgenden Maßnahmen ergriffen worden

1. Ultrahochfrequenzführende Oberflächen aus Kupfer sind mit dem Diamanten bearbeitet.

2. Die in der Hauptsache als Induktivitäten wirkenden Räume (11) können bei festgehaltener Wellenlänge rohrförmig, d. h. von kleinem Außenradius und lang, wie in Abb. 2a oder dosenförmig, d. h. von großem Außenradius und kurz, wie in Abb. 2c, gewählt werden. Diese Formen zeichnen sich durch größte Frequenzstabilität, aber auch größte Stromverluste aus, während die tatsächlich gewählte Zwischenform wie in Abb. 2b, bei welcher der Außenradius und die axiale Länge ungefähr miteinander übereinstimmen, noch gute Frequenzstabilität und die kleinsten Stromverluste ergibt.

3. Die Großflächendurchführung für die Ultrahochfrequenz benutzt verlustarme Keramik und ist durch ein Transformationsstück für die Nutzleistung vom frequenzbestimmenden Schwingungskreis wegverlegt an eine Stelle, wo die ultrahochfrequenten Ströme und Spannungen niedrig sind.

4. Die Ultrahochfrequenz führende Oberfläche der Einschnmelzlegierung wird vor dem Einschmelzvorgang verchromt.

5. Der Raum zwischen Kathode und Gitter ist, um ein Mitschwingen der Kathode gegenüber dem Gitter zu verhindern, als ein gegenüber der Wellenlänge  $\lambda = 14$  cm hochverstimmter Hohlraum ausgebildet [7].

6. Der Raum zwischen Abschlußplatte (5) und Metallkappe (25) ist gegen die Wellenlänge  $\lambda = 14$  cm ebenfalls verstimmt. Dadurch wird vermieden, daß Ultrahochfrequenzenergie über die Zuföhrungen für den Heizstrom und die Gleichspannungen nach dem Steckerabwandert.

Ein weiterer Punkt betraf die Wahl des Radius der Bremsselektrode. Versuche ergaben, daß bei festgehaltenem Gitterradius und Ändern des Bremsselektrodenradius ein Optimum der Leistung existiert. Wählt man den Bremsselektrodenradius kleiner, so tritt eine Behinderung der Elektronenströmung ein, wählt man ihn größer als dieses Optimum, so wird die Ankopplung des Anfachmechanismus an den frequenzbestimmenden Hohlraum zu lose.

Ein letzter Punkt endlich betrifft die Anpassung des Verbrauchers an den Generator. Dies geschah durch geeignete Wahl der Weite des Ringspaltcs zwischen (4) und (6), und zwar derart, daß beim Ankoppeln einer mit dem Wellenwiderstand abschließenden konzentrischen Energieleitung nach dem Verbraucher, im frequenzbestimmenden Schwingungskreis eine Wechselfspannung sich einstellte, bei der die anfachende Elektronenströmung das Leistungsmaximum lieferte.

Zum Schlusse kann den seiner Zeit angegebenen Eigenschaften [2] als eine weitere wertvolle Eigenschaft hinzugefügt werden, daß sich der Generator im Leistungsmaximum aber leistungslos in der Frequenz modulieren läßt, und zwar mit einer Steilheit von 90 kHz/Volt.

#### Schrifttum.

1. A. Allerdin, W. Dällenbach, W. Kleinstauber, Der Resotank, ein neuer Generator für Mikrowellen, Hochfrequenztechn. u. Elektroak. 51 (1938) 96-99. — 2. DRP. 706889, angemeldet am 13. 10. 1933. — 3. F. W. Gundlach u. W. Kleinstauber, Über den Elektronenmechanismus bei der Bremsfeldröhre. Z. techn. Phys. 22 (1941) 57-65. — 4. H. Barkhausen u. K. Kurz, Die kürzesten mit Vakuumröhren herstellbaren Wellen. Physik. Z. 21 (1920) 1. — 5. DRP. 728534, angemeldet am 11. 10. 1934. — 6. W. Kleinstauber, Die Bremsfeldanfachung bei großen Wechselfspannungen. Hochfrequenztechn. u. Elektroak. 57 (1941) 1-10. — 7. DRP. 707178, angemeldet am 13. 10. 1933.

(Eingegangen am 18. Januar 1943.)