

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 33 (1942)
Heft: 23

Artikel: Entwicklungsarbeiten aus der Mikrowellentechnik
Autor: Lüdi, F.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1056707>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 24.12.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

verschiedenen Zwecke die physikalischen Ueberlegungen für die Wahl des Frequenzgebietes bestimmend sein werden. Dabei wird je nach Eignung das lange, kurze oder ultrakurze Frequenzgebiet gewählt werden.

Die Ausführungen von Herrn Prof. Tank betr. Zusammenarbeit der verschiedenen Instanzen und Behörden möchte ich besonders unterstützen. Gerade in der Hochfrequenz treten infolge der gegenwärtigen Verhältnisse und der damit zwangsläufig bedingten behördlichen Verordnungen in bezug auf Entwicklungs- und Versuchsarbeiten Schwierigkeiten auf, die nur durch Zusammenarbeit von Industrie und Behörde gemeistert werden können.

Der Vorsitzende: Ich verdanke auch diesen Beitrag. Wir wollen uns recht gut merken, was hier gesagt wurde.

M. le Dr. Jean Lugeon, Directeur-Adjoint de l'Institut central météorologique, Zurich: M. le Dr. Nobile, ici présent, qui tiendra une conférence au cours de cette journée, a mis au point une méthode radio-électrique pour déterminer les azimuts. Nous avons trouvé qu'elle donne une précision d'un

dixième de degré. Cette précision est égale ou peut-être même supérieure aux mesures optiques, pour les sondages aérologiques. Nous avons fait quelques sondages avec notre procédé radio-téléométrique, qui donne également la distance et la position rigoureuse du ballon à ± 50 mètres près, entre 60 et 100 kilomètres de distance. Un exemple: Il y a huit jours, le Dr. Nobile et moi, nous avons lâché de Payerne une radio-sonde qui devait atterrir près du village bernois de Wattenwil Le lendemain, on nous a téléphoné que la sonde était tombée dans ce village.

Der Vorsitzende: Ich danke für diesen Diskussionsbeitrag bestens. Es ist immer sehr wertvoll, von praktischen Erfahrungen zu hören; denn in der Technik ist immer wieder die Frage wesentlich: wie bewährt sich das praktisch, was geschaffen wurde.

Die Zeit ist derart vorgerückt, dass wir an die weitem Referenten denken müssen. Wenn Sie nichts dagegen haben, würden wir nun zum Vortrag von Herrn Dr. Lüdi von Brown Boveri in Baden übergehen.

Entwicklungsarbeiten aus der Mikrowellentechnik

Referat, gehalten an der 6. Hochfrequenztagung des SEV vom 6. Juni 1942 in Bern

von F. Lüdi, Baden

621.396.029.6

Eine vergleichende Betrachtung der verschiedenen Laufzeitgeneratoren zeigt, dass der Elektronenmechanismus in der Magnetfeldröhre ähnlich demjenigen im Klystron ist. Durch systematische Entwicklung ist es uns gelungen, unter Verwendung eines speziellen Hohlraumresonators einen stabilen, modulationsfähigen Generator für Wellenlängen von ca. 10 cm zu bauen. Auch für den Empfänger sind bestimmte Konstruktionen ausgeführt worden.

Une comparaison des différents générateurs à temps de transit montre que le mécanisme des électrons est à peu près le même dans le tube à champ magnétique que dans le clystron. A la suite d'un développement systématique, on est parvenu à construire, pour les ondes de l'ordre de 10 cm, un oscillateur stable, modulé, comportant un résonateur creux spécial. Des constructions appropriées ont été également mises au point pour la réception.

Als Heinrich Hertz die Voraussage von Maxwell der Wesensgleichheit der Ausbreitung von elektromagnetischen Schwingungen und des Lichtes um die Jahrhundertwende experimentell bestätigte, baute er sich dazu den einfachen Löschkensender, der ihm gestattete, möglichst kurze «lichtähnliche» Wellen zu erzeugen (~ 1 dm), um damit die Gesetze der Beugung, der Brechung und der Reflexion nachzuweisen.

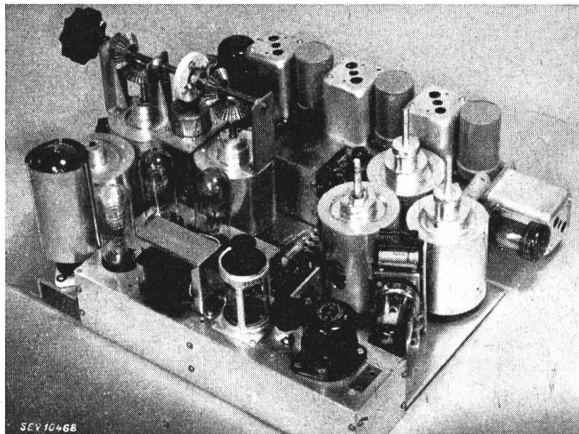


Fig. 1.

Sender und Empfänger für eine Wellenlänge zwischen 50 und 100 cm

Erst heute, nach dem Umweg über die langen Rundfunkwellen, gelingt es, ungedämpfte dm-Wellen in mehr oder weniger brauchbarer technischer Form zu erzeugen.

Was kann man mit diesen Wellen anfangen? Ihre Lichtähnlichkeit erlaubt, eine eigene Richttechnik durchzuführen, und zwar um so besser, je kürzer die Wellenlänge ist. Gegenüber dem Licht besteht der grosse Vorteil, dass praktisch keine Streu- oder Absorptionserscheinungen in der Atmosphäre auftreten, gegenüber den langen Wellen der Nachteil, dass sie nicht um die Ecke gehen. Dadurch werden ganz bestimmte Anwendungsgebiete aufgezeigt, die nur mit kurzen Wellen möglich sind. Einige wenige Beispiele seien aufgezählt:

1. Als einfachstes Beispiel: die gerichtete Nachrichtenübermittlung (Geheimhaltung). Verlangt einigermaßen modulierbaren Sender und zugehörigen Empfänger.
2. Tritt in die Verbindungslinie zwischen Sender und Empfänger ein Objekt von mindestens der Grösse einiger Wellenlängen, so wird dieses durch eine Intensitätsschwankung im Empfänger angezeigt. (Die gleichen einfachen Mittel wie vorher.)
3. Richtungs- und Entfernungsmessung (zwei bekannte Verfahren).
 - a) Mit Impulsverfahren. Vom Sender werden Impulse (Wellenzüge) ausgesendet; der Sender arbeitet in der Zwischenzeit als Superregenerativ-Empfänger. Mit einem Kathodenstrahloszillograph wird die Laufzeit des Signals auf das reflektierende Objekt und zurück gemessen. Die Ungenauigkeit in der Distanzmessung ist bedingt durch die Impulsintervalle. (Geringste Anforderungen an die Modulationsfähigkeit des Senders.)
 - b) Mit Frequenzwobbelung. Die Frequenz des Senders wird zeitlich linear verändert (nach einer Sägezahnkurve). Der Empfänger erhält das direkte und das auf dem Umweg reflektierte Signal. Der entstehende Schwebungston ist um so höher, je grösser die Distanz des Objektes ist. (Hohe Anforderung an die Linearität der zeitlichen Frequenzänderung des Senders.)

4. Drahtlose Mehrkanalübertragung (Ersatz des Hochfrequenzkabels). Die Frequenz erlaubt die gleichzeitige Uebermittlung von vielen Nachrichten auf derselben Trägerwelle auf einem relativ kleinen Frequenzband. (Sie kann im Prinzip mit Amplituden- oder mit Frequenzmodulation durchgeführt werden, wobei allerdings die höchsten Anforderungen an die Linearität der Modulationscharakteristik gestellt werden.)

Diese Beispiele zeigen, dass ein Entwicklungsbereich von grosser technischer Bedeutung und grossem Umfang vor uns liegt.

Um den Sprung von den Meterwellen in die Zentimeterwellen zu verkleinern, wurden in unsern Entwicklungslaboratorien Sender und Empfänger mit Richtantenne für Wellenlängen zwischen 50 und 100 cm gebaut (Fig. 2). Sie arbeiten nach dem

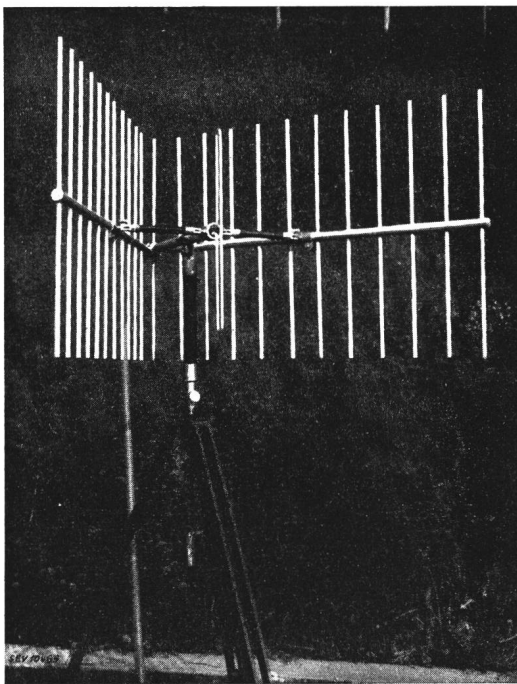


Fig. 2.

Richtantenne für Sender und Empfänger nach Fig. 1

normalen Stromsteuerprinzip; als Senderröhren werden spezielle, im Handel erhältliche Trioden benützt. Neu ist die Verwendung von Hohlraumresonatoren zur Frequenzstabilisierung (Prof. Tank, ETH). Benützt wird die Frequenzmodulation.

Für die eigentlichen Mikrowellen (Grössenordnung 1 dm) ist eine eigene Messtechnik zu entwickeln, womit Dämpfungs- und Q-Faktor-Messungen durchgeführt werden können. Das im Handel erhältliche Q-Meter genügt hier nicht mehr. Es müssen solche aus nichtquasistationären Schwingkreisen gebaut werden, die noch von Fall zu Fall verschiedene Dimensionen haben müssen (Fig. 3).

Warum hat die Realisierung der Mikrowellen so lange auf sich warten lassen? Die folgenden Darlegungen sollen dies kurz erläutern und zugleich den Rahmen bilden, indem sich unsere eigene Entwicklung befindet.

Die Stromsteuerung an einer Triode versagt bei hohen Frequenzen, weil die Elektronen vom Gitter

zur Anode, wenn auch eine sehr kleine, so doch endliche Zeit benötigen. Bei Frequenzen von ca. einer Milliarde Hertz (Wellenlänge 30 cm), wird die Periodendauer mit der Laufzeit Gitter-Anode bei einigen Zehntelmillimeter Abstand und etwa 300 V Anodenspannung vergleichbar; dies hat zur

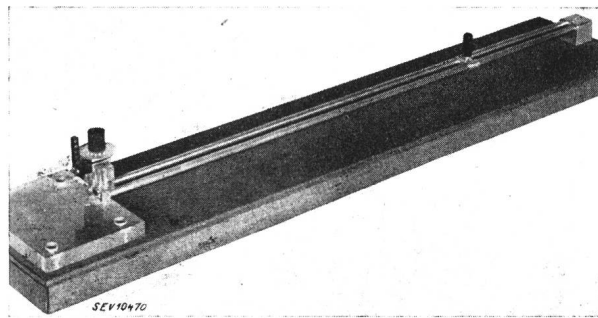


Fig. 3.

Lechersystem mit einstellbarer Kapazität am einen Ende (Q-Meter für dm-Wellen.)

Folge, dass zwischen Gitter und Anode sich zugleich eine Stromverdichtung und eine Stromverdünnung befinden, die sich in ihrer Wirkung auf den Schwingkreis aufheben.

Es muss ein neues Prinzip zur Schwingungserzeugung verwendet werden. Aus dem physikalischen Experimentalunterricht ist bekannt, dass eine bewegte Ladung zwischen zwei Kondensatorplatten in einem angeschlossenen Stromkreis einen Strom influenziert (Fig. 4), wobei die entstehende Kondensatorspannung die Bewegung der Ladung abbrems (Energieübertragung). Wenn die Durch-

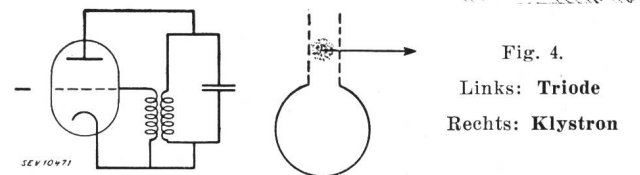


Fig. 4.

Links: Triode
Rechts: Klystron

trittszeit der Ladung im Kondensator gleich einer halben Periode des angeschlossenen Schwingkreises ist, so wird diese während des ganzen Durchganges gebremst. Damit ist die Elektronenlaufzeit in eine bestimmte Beziehung mit der Eigenperiode des Schwingkreises gebracht und es wird verständlich, dass gerade unter Ausnützung der Laufzeit die erzeugten Frequenzen um Grössenordnungen heraufgesetzt werden können.

Der Physiker muss also darauf bedacht sein, solche Elektronenverdichtungen zu bilden. Dies kann er mit der Kenntnis der Bewegungsgesetze der Elektronen; die Hochvakuumelektronenphysik ist im Gegensatz zu der Gasentladungsphysik eine saubere Physik, die sich auf einige wenige fundamentale Gesetze aufbaut. Man kennt neben der Massenträgheit zwei wirkende Kräfte: Das elektrische Feld und das magnetische Feld. Das magnetische Feld erzeugt eine Kraft senkrecht zur Bewegungsrichtung, braucht also keine Energie (Verwendung permanenter Magnete). Die einfachste Bildung einer Raumladung wird mit der sogenannten Geschwin-

digkeitsmodulierung und Phasenfokussierung erzeugt. Die Elektronen treten zuerst in gleichmässiger Verteilung durch ein Kondensatorwechselfeld. Beim Austritt haben sie zeitlich aufeinanderfolgend verschiedene Geschwindigkeiten. Im darauffolgenden Kompressionsraum entstehen durch Einholungs-effekte Paketbildungen, die in einem zweiten Kondensator in der besprochenen Weise den Schwingstrom influenzieren; eine äussere Rückkopplung sorgt für die Selbsterhaltung der Schwingung. Damit ist das von den Amerikanern gebaute Klystron charakterisiert und es sei hier nur erwähnt, dass wir in dieser Richtung (wie auch Prof. Tank) Versuche mit einem einheitlichen Schwingkreis machen.

So einfach ist dies aber nicht. Erforderlich ist eine gute Strahlkonzentration (Elektronenoptik) und Schwingkreise mit hohem Qualitätsfaktor (Hohlraumresonatoren), um die volle Wirkung des Wechselfeldes auf die Elektronen beim einmaligen Durchtritt zu gewährleisten.

Diese Konstruktion trat am Ende einer langen Entwicklung auf, nachdem der Weg über die Bremsfeldröhre und über das Magnetron führte, Laufzeitröhren, die dem Experimentator vom Zufall gewissermassen in die Hand gegeben wurden.

Die Bremsfeldröhre ist eine Triode mit vertauschten Spannungen zwischen Gitter und Anode. Barkhausen entdeckte die Schwingfähigkeit, als er durch diese Spannungsvertauschung die Güte des Vakuums mittels Ionisationsmessung bei der damaligen unvollkommenen Vakuumtechnik feststellen wollte.

Die Erklärung des Schwingmechanismus fand er darin, dass die Elektronen um das positive Gitter pendeln, wobei die Gleichspannung so gewählt wird, dass bei den vorhandenen Abständen die Hin- und Her-Laufzeit gleich der Schwingungsdauer des angeschlossenen Kreises ist. Die Paketbildung der Elektronen erfolgt in der Weise, dass die unter dem positiven Wechselfeld startenden Elektronen mit einer grösseren Amplitude an der Anode aussortiert werden, während die komplementären Elektronen im Entladungsraum zurückbleiben und ihre Energie durch allmähliche Verkleinerung der

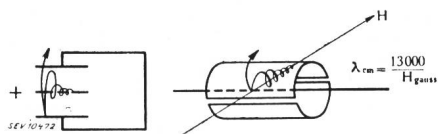


Fig. 5.

Links: Bremsfeld.

Rechts: Magnetron.

a Arbeitspunkt Turbator.

b Arbeitspunkt Magnetron.

Amplitude an das Wechselfeld abgeben, bis sie schliesslich vom Gitter aufgefangen werden (Fig. 5). Die Leistung dieses Generators ist begrenzt durch die thermische Belastbarkeit des Gitters.

Die Magnetronschwingung wurde bei der Untersuchung der Steuerfähigkeit einer elektronischen Entladung mit Magnetfeld entdeckt (Hull, Okabe). Die magnetische Stromsteuerung einer Quecksilber-

dampfentladung gehört zu den Pionierpatenten von Brown Boveri.

Beim Magnetron ist jedoch das Magnetfeld konstant. Der Schwingungsmechanismus ist wesentlich mit demjenigen der Bremsfeldröhre. Das Magnetfeld ersetzt das Gitter. Die Elektronen beschreiben in erster Näherung Kreise zwischen der zylindrischen Anode und dem axialen Glühfaden. Die Paketbildung erfolgt wie bei der Bremsfeldröhre; das Magnetfeld muss zur Anodenachse eine gewisse Neigung haben, damit die abgearbeiteten Elektronen (weil kein Gitter) aus dem Entladungsraum entfernt werden.

Dieser Schwingungstyp, obschon in der konstruktiven Durchbildung sehr einfach, birgt für den Sender technisch schwerwiegende Nachteile in sich.

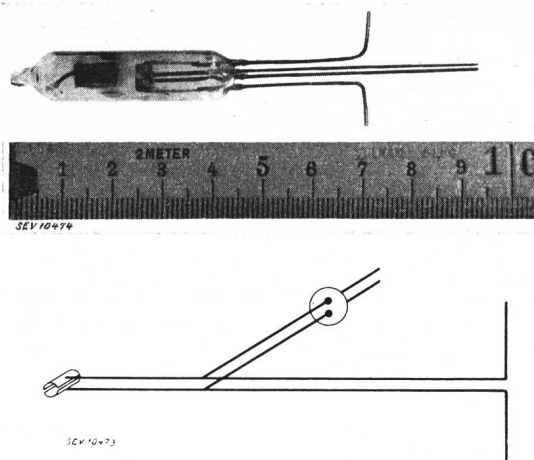


Fig. 6.

Empfänger

Oben: Empfangsmagnetron. Unten: Schaltung.

Die Schrägstellung des Magnetfeldes bedingt das Arbeiten in der oberen Krümmung der Strom-Spannungscharakteristik, also nahe dem Sättigungswert. Die durch die Schrägstellung entstehende elektrische Feldkomponente parallel zum Magnetfeld zieht praktisch alle von der Kathode emittierten Elektronen auf die Anode. Weil die Trennung von energieaufnehmenden und energieabgebenden Elektronen nicht vollständig gelingt, erzeugen die erstgenannten Elektronen bei ihrer Rückkehr auf den Glühfaden eine zusätzliche Heizung, also grössere Elektronenemission, noch grössere Heizung durch vermehrten Aufprall usw., bis der Faden durchbrennt oder die Röhre explosionsähnlich zerplatzt.

Zur Stabilisierung muss deshalb ein Vorschaltwiderstand oder eine Automatik zur Heizstromerniedrigung verwendet werden, umständliche Einrichtungen, die trotzdem nicht befriedigen, weil beim Aussetzen der Rückheizung der Arbeitspunkt sich stark verschiebt und die Schwingung abreisst. Also: Empfindlichkeit gegen Spannungsänderung, schwere Modulierbarkeit und, weil die Wellenlänge im wesentlichen durch das Magnetfeld allein bestimmt ist ($\lambda = \frac{13000}{H}$), Forderung grosser Magnetfelder (für $\lambda = 10 \text{ cm}$ $H = 1300 \text{ Gauss}$), welche nur

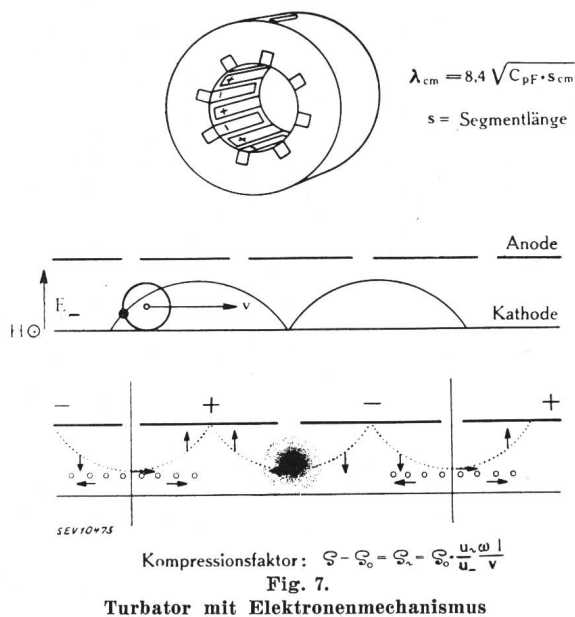
mit sehr schweren Permanentmagneten erzielt werden können.

Für den Empfänger treten jedoch diese Nachteile, weil keine Leistungsfrage, nicht auf und man kann gerade unter Ausnützung des angedeuteten Elektronenmechanismus einen entdämpfenden Empfänger mit Gleichrichterwirkung in Gegentakt-schaltung auf die einfachste Weise bauen. Weil kleine Röhren, so können auch leichte permanente Magnete mit kleinem Luftspalt und der erforderlichen Feldstärke verwendet werden (Fig. 6).

Der bei grösserer Leistung auftretende missliche Rückheizungseffekt bringt es auch mit sich, dass die Leistungsfrage nicht eine solche der Anodenbelastung, sondern eine solche des Glühfadens ist. Viele enttäuschende Versuche auch an wassergekühlten Magnetrons haben dies zur Genüge erwiesen.

Frage: Können die aufgezählten Nachteile des Magnetrons nicht an der Wurzel beseitigt werden, um zusammen mit der konstruktiv einfachsten Bauart einen brauchbaren Mikrowellengenerator zu bauen?

Dies gelingt unter näherer Berücksichtigung des Elektronenmechanismus im elektrischen und magnetischen Feld. Die Elektronen beschreiben dann nicht nur einfache Kreise, sondern diese haben selbst eine Vorwärtsbewegung senkrecht zum elektrischen Gleichfeld (die Bewegung erfolgt unter der



Mitwirkung des Magnetfeldes immer senkrecht zum elektrischen Feld). Die Elektronenbahnen werden damit durch die abrollende Kreisbewegung zu Zykloidenbahnen (Fig. 7). Wird über dem radialen Gleichfeld ein synchron mitlaufendes Drehfeld überlagert, so beschreiben die Rollkreise unter dem Einfluss der konstanten radialen und tangentialen Feldkomponenten eine kleine zusätzliche Bewegung, auf die es gerade ankommt. Je nach der Startphase der Elektronen in bezug auf die Radialkomponente des Drehfeldes rücken die Mittelpunkte der Rollkreise etwas zusammen oder auseinander, wodurch

die wesentlichen Paketierungseffekte der Elektronen entstehen. Die Rechnung ergibt, dass der Kompressionsfaktor durch dieselben Grössen wie beim Klystron bestimmt ist, wobei allerdings der Abstand zwischen Steuer- und Auskopplerelektrode im Gegensatz zum Klystron beliebig gross ist, weil kreisförmige Anordnung besteht, und deswegen beliebig kleine Anschwingströme auftreten können. Tatsächlich beobachteten wir bei genauer Konstruktion Anschwingströme unterhalb 1 mA.

Unter dem Einfluss der tangentialen Drehfeldkomponente bewegen sich die Elektronenverdichtungen in radialer Richtung auf die Anode, so dass eine Schrägstellung des Magnetfeldes hier nicht erforderlich ist; es bewegen sich also hauptsächlich nur die an der Schwingung beteiligten Elektronen auf die Anode. Damit sind folgende wichtige Konsequenzen verbunden:

1. Durch die Axialstellung des Magnetfeldes fällt der Rückheizungseffekt weg. Auch wenn die Elektronen noch Energie aus dem Wechselfeld aufnehmen würden und die Kathode damit heizen: die nicht an der Schwingung beteiligten Elektronen werden vom axialen Magnetfeld wie bei der gewöhnlichen Stromsteuerung von der Anode zurückgehalten. Die Rückheizung wird aber praktisch verhindert durch die Nichtkommensurabilität der Rollkreisschwingung mit der Eigenfrequenz des Resonanzkreises, also grosse Kathodenlebensdauer.

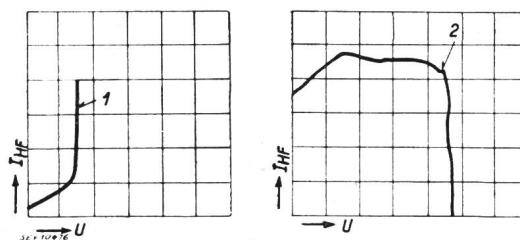
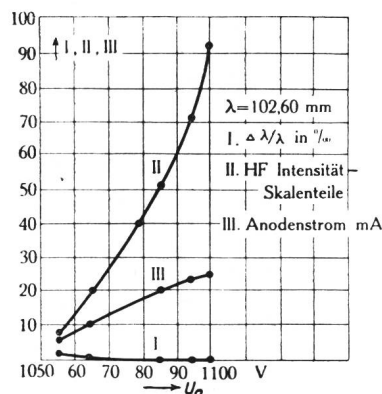


Fig. 8.
Vergleich der Steuerkurven von Turbator (oben) und Magnetron (unten)

1 Einsetzen der Kathodenrückheizung.
2 Abreißen der Schwingung.

2. Aus derselben Axialstellung des Magnetfeldes resultiert auch das Arbeiten in der untern Krümmung der Strom-Spannungscharakteristik, d. h. geringe Empfindlichkeit auf Heizstromänderungen.

3. Aus diesem Grunde, weil im Raumladegebiet gearbeitet wird, sind Oxydkathoden (auch wegen

den grössern konstruktiven Dimensionen) verwendbar.

4. Weil die Schwingungsfrequenz nicht durch die Rollkreisfrequenz bestimmt ist, sondern durch dessen fortschreitende Geschwindigkeit, können viel leichtere permanente Magnete als beim Magnetron verwendet werden. (Beispiel: 350 Gauss statt 1300 für 10 cm Wellenlänge.)

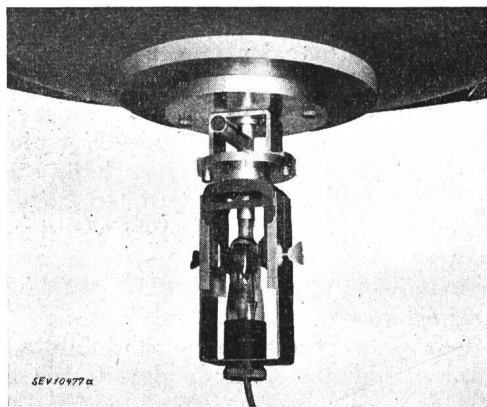


Fig. 9.
Turbator an Richtspiegel befestigt.

Die Gegenüberstellung der Steuerkurven (Fig. 8) von Magnetron und Turbator, wie dieser neue Generator bezeichnet wird, zeigt, dass mit diesem Elektronenmechanismus bei ca. 100mal grösserer Leistung (einige W) ohne Stabilisierungsgeräte eine stabile Schwingung mit eindeutiger Wellenlänge erhalten werden kann. Die anfangs besprochene

Stromsteuerung mit Magnetfeld (respektive Anodenspannung) dient jetzt als Intensitätssteuerung der Hochfrequenzenergie. Der Elektronenmechanismus ist komplizierter als beim Klystron, dafür ist der konstruktive Aufbau des Generators äusserst einfach, bestehend aus vier Elementen (Resonator, zwei Seitenplatten und eine Wolframwendel), was sicher für die Technik von Vorteil ist.

Fig. 9 zeigt einen Sender mit Permanent-Magnet, an einem Hohlspiegel befestigt; der Regenschutz ist entfernt.

Der Referent demonstriert an einigen Modellen, dass es Brown Boveri gelungen ist, äusserst einfache, technisch brauchbare Mikrowellen-Sender und -Empfänger für die Richtstrahltechnik zu bauen.

Diskussion

Der Vorsitzende: Ich möchte Herrn Dr. Lüdi für seinen Vortrag auf das herzlichste danken, insbesondere dafür, dass er sich der Mühe unterzogen hat, uns Experimente vorzuführen. Wir kennen alle die Mühen und Schwierigkeiten, Experimente in einem Vortragssaal zu improvisieren, wo man nicht ganz zu Hause ist. Dass die Experimente so schön gelungen sind, beweist uns die grosse Sorgfalt ihrer Vorbereitung.

Der Vortrag von Herrn Dr. Lüdi führt in ein ganz neues Gebiet, in Neuland, das in mancher Hinsicht noch nicht genau umrissen ist, in dem aber noch manche wertvolle Entdeckung zu machen sein wird. Es wäre im Grunde viel zu diskutieren; jedoch ist die Zeit so vorgeschritten, dass ich Herrn Dr. Lüdi bitten möchte, uns über dieses und jenes am Nachmittag weitere Auskunft zu geben.

Ich muss leider die folgenden Referenten bitten, sich recht kurz zu fassen, damit wir unser Programm reibungslos abwickeln können. Ich bitte nun Herrn Grob, seinen Vortrag zu halten.

Ein batteriegespeicherter Allwellenempfänger

Referat, gehalten an der 6. Hochfrequenztagung des SEV am 6. Juni 1942 in Bern
von O. Grob, Uster

Es werden Forderungen für einen Allwellenempfänger, der speziell zum Empfang schwacher Hochfrequenz-Signale bestimmt ist, aufgestellt und Aufbau und Arbeitsweise eines Apparates, der diesen Bedingungen genügt, kurz beschrieben.

Le conférencier précise les exigences qui peuvent être posées à un récepteur toutes ondes, destiné notamment à la réception de faibles signaux à haute fréquence. Il décrit brièvement le montage et le fonctionnement d'un appareil qui satisfait à ces exigences.

621.396.62

Der zu besprechende Allwellenempfänger dient hauptsächlich zum Empfang radiotelephonischer und radiotelegraphischer Uebermittlungen. Er ist daher besonders für diesen Zweck entworfen und gebaut. Natürlich gestattet er auch den Empfang von Rundfunkmusik usw., er gibt jedoch für diesen Verwendungszweck keine Höchstleistungen.

Der gute Empfang von Sendern, die am Empfangsort eine grosse Feldstärke erzeugen, bereitet heute keinerlei Schwierigkeiten mehr. Beim Empfang militärischer oder kommerzieller Nachrichten kommt es aber sehr oft vor, dass die Empfangsfeldstärke ausserordentlich klein ist. Man denke nur an die Zeiten starken Fadings oder an den Fall, dass Stationen abgehört werden müssen, deren Sendungen gar nicht für uns bestimmt sind.

Welches sind nun die Forderungen an einen Empfänger, der hauptsächlich zum Empfang solch schwacher Signale benützt wird?

1. Der Empfänger muss möglichst empfindlich sein, d. h., auch sehr kleine von der Antenne aufgenommene Signalspannungen müssen zu genügender Lautstärke verstärkt werden können. Die Verstärkung muss dabei so erfolgen, dass an den Ausgangsklemmen des Empfängers möglichst wenig in der Antenne noch nicht vorhandene Störungen (sogenanntes Empfängerrauschen) entstehen.

2. Der Empfänger muss äusserst selektiv sein, d. h. gerade nur dasjenige Frequenzband verstärken, das wir zum Verstehen der Meldung unbedingt benötigen; alles andere bringt zusätzliche Störungen.

3. Der Empfänger muss eine sogenannte Amplitudenbegrenzung besitzen, denn es ist einem geübten Ohr ohne weiteres möglich, eine gewünschte Meldung noch zu verstehen, wenn gleichzeitig Störungen (oder andere Signale) von gleicher Stärke wie das erwünschte Signal zu ihm gelangen. Die Ampli-