

# Schwingungserzeugung bei Zentimeterwellen

Autor(en): **Severin, Hans**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri**

Band (Jahr): **29 (1951)**

Heft 12

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-875371>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Wie die Versuche zeigen, gibt die beschriebene Mess- und Rechenmethode eine Möglichkeit, das AEN eines unbekanntes Systems aus den physikalischen Grössen zu berechnen. Die vorhandenen Abweichungen gegen die direkte subjektive Messung rühren von der Schwierigkeit her, die bei den Verständlichkeitsversuchen tatsächlich vorhandenen Bedingungen zu erfassen und in der Rechnung zu berücksichtigen. Wenn auch die absoluten Werte gewissen Streuungen unterworfen sind, so kann man doch bei einem bekannten System den Einfluss eines jeden Elementes im Übertragungsweg genau bestimmen, was für die Planung der Telephonnetze sehr wichtig ist.

Comme les expériences l'ont montré, la méthode de mesure et de calcul décrite donne la possibilité de déterminer l'AEN d'un système inconnu d'après ses grandeurs physiques. Les écarts par rapport à la mesure subjective directe sont dus à la difficulté qu'il y a à saisir les conditions réelles dans lesquelles se font les mesures de netteté et à en tenir compte dans les calculs. Même si les valeurs absolues sont affectées de certaines dispersions, on peut cependant déterminer exactement, pour un système connu, l'influence des divers éléments constituant la voie de transmission, ce qui pour la planification des réseaux téléphoniques est d'une très grande importance.

## Schwingungserzeugung bei Zentimeterwellen

Von Hans Severin, Göttingen

621.396.615.1.029.64

*Die Technik der Zentimeter- und Dezimeterwellen ermöglicht auf Grund der enormen Entwicklung während des letzten Jahrzehnts heute Anwendungen im Nachrichtenverkehr, die man früher allein der Leitungstechnik vorbehalten glaubte. In jüngster Zeit benutzt man Wellen um zehn Zentimeter Wellenlänge für Mehrkanalverbindungen und ersetzt die verhältnismässig teureren Breitbandkabel durch drahtlose Richtverbindungen. Die ökonomischen Vorteile dieser an optische Sicht gebundenen Anlagen können gerade in der Schweiz wegen der gebirgigen Oberflächengestalt voll ausgeschöpft werden.<sup>1)</sup> — Entscheidenden Anteil an dem bisher Erreichten hat die noch im Fluss befindliche Entwicklung einer ganzen Reihe neuer, leistungsfähiger Röhren für diesen Frequenzbereich. Über die den verschiedenen Typen zugrunde liegenden physikalischen Ideen, den Schwingungsvorgang und die bisher erzielten Ergebnisse soll im folgenden eine zusammenfassende Übersicht gegeben werden.*

*La technique des ondes centimétriques et décimétriques s'est énormément développée au cours de la dernière décennie et permet aujourd'hui, dans le domaine des télécommunications, d'effectuer des transmissions qui semblaient exclusivement réservées aux circuits métalliques. On a commencé dernièrement à utiliser les ondes de dix centimètres de longueur environ pour des liaisons multivoies et à remplacer les câbles à large bande, relativement chers, par des liaisons à rayons dirigés. En Suisse particulièrement, du fait de la nature montagneuse du pays, les avantages d'ordre économique que procurent ces installations, qui ne peuvent fonctionner que s'il y a visibilité directe entre les points à relier, pourront être pleinement exploités.<sup>1)</sup> Les résultats déjà acquis sont dus pour une grande part à toute une série de nouveaux tubes — dont le développement se poursuit — pour cette gamme de fréquences. Les lignes qui suivent donnent un aperçu des principes physiques appliqués dans les divers types de tubes, des processus d'oscillation et des résultats obtenus.*

Als Heinrich Hertz vor mehr als einem halben Jahrhundert seine klassischen Versuche über elektromagnetische Wellen anstellte, verwendete er eine Wellenlänge von etwa 30 cm. Aus verschiedenen Gründen hat sich die Rundfunk- und Nachrichtentechnik zunächst sehr viel längerer Wellen bedient. Erst im letzten Jahrzehnt hat die Entwicklung von Oszillatoren für elektromagnetische Wellen von einigen Dezimetern bis herab zu wenigen Zentimetern Wellenlänge in steigendem Masse Interesse gefunden. Die Technik hat während des Krieges für die Erfordernisse der Ortung und des Nachrichtenwesens eine Reihe von Röhrentypen für diesen Wellenlängenbereich herausgebracht.

Die Verwendung von normalen Rundfunktrioden zur Schwingungserzeugung stösst mit zunehmender Frequenz im wesentlichen auf zwei Schwierigkeiten: Einmal machen sich Zuleitungs- und Kreiseinflüsse

störend bemerkbar, und zum anderen versagt der Mechanismus der Triode, weil bei sehr hochfrequenten Schwingungen die Laufzeit der Elektronen zwischen den Elektroden von der Grössenordnung der Schwingungsdauer wird. Zur Behebung der ersten Schwierigkeit gibt man den Schwingkreisen in diesem Frequenzbereich die Form von Doppelleitungsstücken oder Hohlraumresonatoren und baut diese zur Vermeidung eigener Zuführungen organisch mit dem Röhrensystem zusammen. Die Laufzeiterscheinungen haben u. a. eine frequenzabhängige Phasenverschiebung des Anodenwechselstroms gegenüber der Steuerspannung am Gitter zur Folge, so dass oberhalb einer bestimmten Frequenz eine Verstärkung bzw. eine Selbsterregung wegen Nichterfüllung der Rückkopplungsbedingung nicht mehr möglich ist. Man kann dem Rechnung tragen, indem man die Abmessungen in der Röhre verkleinert; dieser Methode, deren konsequente Durchführung auf die Scheibentrioden führt, ist natürlich durch die technisch erreichbaren Elektrodenabstände eine Grenze gesetzt. Man hat daher aus der Not eine Tugend gemacht und die bei der Triode unvermeidlichen und störenden Effekte der Elektronenträgheit durch Änderung der Röhrenkonstruktion ausgenützt. Dies führte zur Entwicklung der Laufzeitröhren, die wir unterteilen in

<sup>1)</sup> W. Gerber und F. Tank. Höhenstationen und Höhenverbindungen. Techn. Mitt." PTT, 1947, Nr. 5, S. 177...186.

W. Klein und J. Dufour. Rundsprachversuche mit frequenzmodulierten Ultrakurzwellen. Techn. Mitt." PTT, 1948, Nr. 1, S. 1...21, und Nr. 2, S. 61...83.

W. Gerber. Richtstrahlstrategie. Techn. Mitt." PTT, 1949, Nr. 1, S. 1...3.

W. Klein. Richtstrahl-Übergangsversuche in den Alpen. Techn. Mitt." PTT, 1949, Nr. 2, S. 49...69.

Bremsfeldröhren,  
 Magnetfeldröhren (Magnetrons),  
 Geschwindigkeitsgesteuerte Laufzeitröhren, sogenannte «Triftröhren» (Klystron tubes),  
 Wanderfeldröhre (Traveling wave tube),  
 Doppelstrahlröhre (Double stream amplifier, Electron wave tube).

Bei Glaskolbenröhren mit Stiften liegt die Grenze der Wellenlänge bei etwa 30 cm. Es ist klar, dass zur Erzeugung höchster Frequenzen die übliche zylindrische Anordnung von Kathode, Gitter und Anode unbrauchbar ist, und man kommt zwangsläufig zu einer Röhrenform, bei der die Elektroden praktisch als ebene, parallele Scheiben erscheinen und die Zuleitungen auf kürzestem Weg durch den Kolben hindurchgeführt werden. Figuren 1 und 2 zeigen ver-

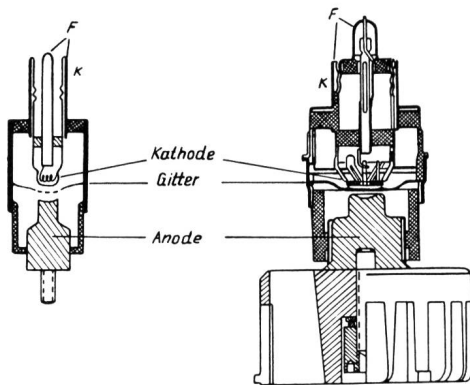


Fig. 1. Scheibentriode LD 9

schiedene derartige *Scheibentrioden* im Schnitt. Bei sämtlichen Typen geht das Gitter in Scheibendurchführung etwa durch die Mitte des Kolbens. Kathode und Anode führen entweder in der Zylinderachse aus der Röhre heraus oder haben ebenfalls scheibenförmige Zuleitungen. Diese Konstruktion erlaubt, die als koaxiale Leitungsstücke ausgebildeten Schwingungskreise unmittelbar an die Elektroden anzuschliessen. Während man im Gebiet längerer Wellen

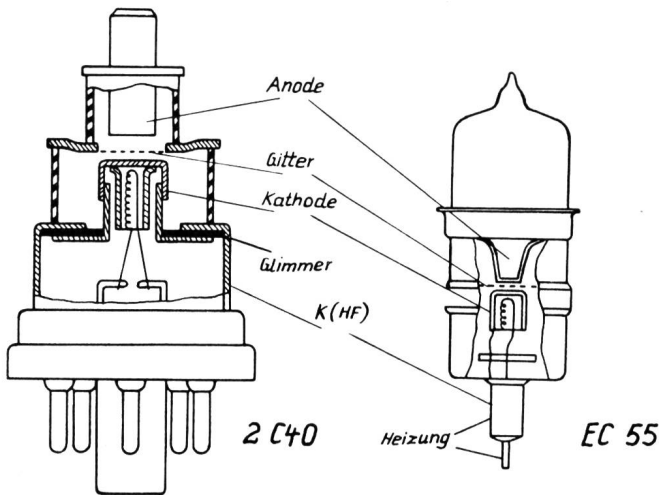


Fig. 2. Scheibentrioden 2 C 40 und EC 55

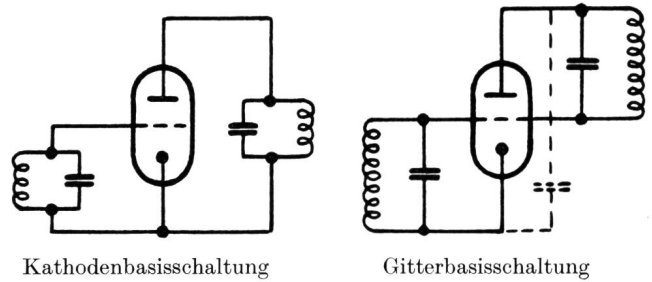


Fig. 3. Kathoden- und Gitterbasisschaltung

im allgemeinen der Kathodenbasisschaltung (Fig. 3) den Vorzug gibt, erweist sich bei Wellenlängen unterhalb 50 cm die Gitterbasisschaltung u. a. wegen der wesentlich besseren Entkopplung der beiden Kreise als vorteilhafter. Die Selbsterregung in der Gitterbasisschaltung kann durch Rückkopplung über eine kleine Kapazität zwischen Anode und Kathode erfolgen; um diese Rückkopplung auf möglichst kurzem Weg zu bewerkstelligen, hat man bei den Röhren LD 11 und LD 110 Stifte auf die Kathode aufgesetzt, die in den Anoden-Gitterraum hineinreichen und die genannte Anoden-Kathoden-Kapazität bilden. Diese Röhrentypen können naturgemäss nur für Selbsterregung benutzt werden und haben ausserdem den Nachteil, dass die durch die feste Kapazität sich ergebende Rückkopplung nicht für alle Wellenlängen optimal ist. Bei Röhren, die auch in Verstärkerschaltungen verwendet werden können, kann man eine äussere Rückkopplung durch geeignete Schlitze in der Gitterrohrleitung herbeiführen, die dann ein Koppelfeld zwischen Anoden- und Kathodenrohrleitung zur Folge haben (Fig. 4), oder dadurch, dass ein Teil

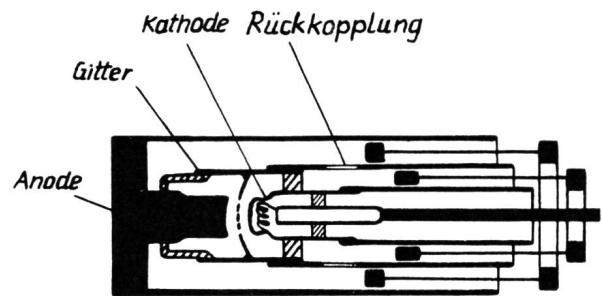
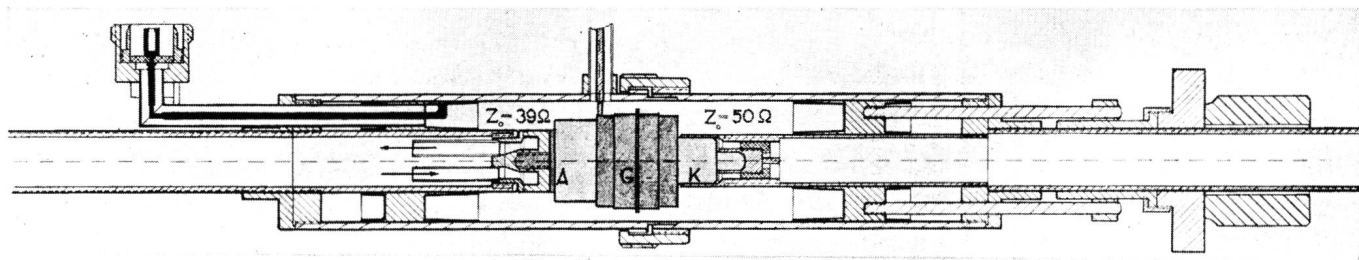


Fig. 4. Scheibentriode mit angeschlossenen koaxialen Leitungsstücken

der Schwingkreis Kapazität beider Kreise gemeinsam ist (Fig. 5). Die kürzeste, mit Scheibentrioden mögliche Wellenlänge hängt von der Grösse der erreichbaren Elektrodenabstände ab. Beim heutigen Stand der Technik (Abstände bis herab zu 0,1 mm) ergibt sich für Oxydkathoden eine Grenzwellenlänge von etwa 5 cm im Dauerstrichbetrieb und eine solche von etwa 2 cm im Impulsbetrieb. Figur 6 zeigt eine Photographie der in Fig. 1 und 2 dargestellten Scheibentrioden und vermittelt einen Eindruck von den äusseren Abmessungen. Es sei besonders auf die von der Firma Telefunken entwickelte Metall-Keramik-

Fig. 5. Scheibentriodenender im Schnitt ( $\rightleftarrows$  Wasserkühlung)

Technik hingewiesen, die zu fabrikatorisch sicheren Röhren grosser Leistung führte. Die sogenannte «Leuchtturmrohre» 2 C 40 ist amerikanischen Ursprungs, während der Typ E C 55 eine Entwicklung von Philips in Eindhoven ist. Die Betriebsdaten dieser Röhren sind in *Tabelle I* zusammengestellt.

Gitter und Anode abgebremst und führen so lange pendelnde Bewegungen um das Gitter herum aus, bis sie es schliesslich treffen. Diese mechanische Hin- und Herbewegung der Elektronen bildet die elektrische Eigenschwingung und ist massgebend für die Frequenz. Die Anfachung und Aufrechterhaltung der

Tabelle I. Scheibentrioden, Betriebsdaten

Typ	Impulsdauer ( $\mu$ sec)	Wellenlänge (cm)	Anodenspannung (V)	Anodenstrom (mA)	HF-Leistung (W)
LD 7	10	20...90	2500	300	20...300
LD 70		11...50	9000	7500	$(10...30) \cdot 10^3$
LD 9	10	20...90	2500	300	15...300
LD 90		3,5...50	9000	7500	$(10...30) \cdot 10^3$
LD 11	< 5	18...50	1500...2000	175	45...160
LD 110		8...30	1000...2000	150	20...100
2 C 40		10...100	500...800	50...100	6...25
EC 55		12	2000	6500	1 000
2 C 40		10	400	20	$\approx 0,5$
EC 55		10...30	300	20	0,5...3

Das älteste Verfahren zur Anfachung von Laufzeit-schwingungen ist die von *Barkhausen* und *Kurz* angegebene *Bremsfeldmethode* (1920). Dabei erhält das Gitter einer Triode eine positive und die Anode (Bremsselektrode) eine negative Gleichspannung gegen Kathode. Die Elektronen fliegen zum Teil durch das Gitter hindurch, werden im Gegenfeld zwischen

Schwingung verlangt anfänglich eine durch irgendeine Störung bedingte Ordnung und sodann eine Aussortierung der Elektronen, die aus dem überlagerten Wechselfeld Energie aufnehmen. Ein solcher Prozess findet in der Tat statt, da gerade diese Elektronen durch Beschleunigung die negative Anode erreichen; infolgedessen nehmen nur diejenigen Elektronen längere Zeit an dem geordneten Tanz teil, die durch das Wechselfeld gebremst werden und Energie an dieses abgeben. Da vom positiven Gitter schon viele Elektronen abgefangen werden, bevor sie an der Schwingungsanfachung teilnehmen können, ist der Wirkungsgrad der Bremsfeldröhre nur gering. Das um so mehr, als zur Erzielung eindeutiger Verhältnisse der Elektronenmechanismus der Einfachpendelung zu bevorzugen ist. Dann sind nämlich nur wenige Schwingbereiche vorhanden, während sich bei Mehrfachpendelung wegen der erheblich längeren Laufzeiten wesentlich mehr Schwingbereiche ergeben, die das Einstellen der Betriebsspannungen recht kritisch machen. Da die Bremsfeldröhre jedoch ausser dem Magnetron lange Zeit die einzige Möglichkeit zur Erzeugung von Schwingungen im Dezimetergebiet darstellte, sind zahlreiche Ausführungsformen von Bremsfeldröhren bekannt geworden, die aber, nach

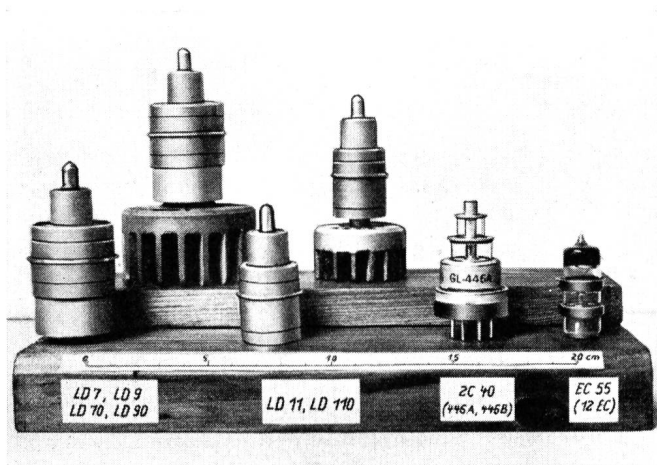


Fig. 6. Verschiedene Typen von Scheibentrioden



dem heutigen Stand der Technik, kaum noch Bedeutung haben.

Eine 1937 in Deutschland gebaute Röhre dieser Art ist der Resotank der *Pintsch KG*. (Fig. 7). Es handelt sich dabei um eine Bremsfeldröhre mit zylindrischem Elektrodenaufbau und eingebautem Resonator in der Form eines Stückes konzentrischer Leitung von der

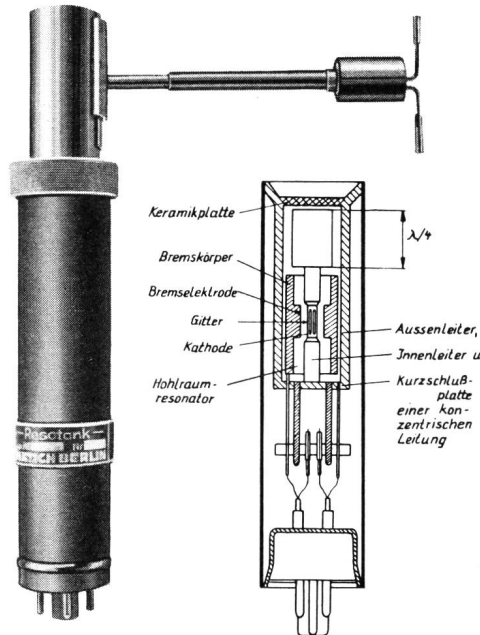


Fig. 7. Resotank HB 14 mit angeschlossener  $\lambda/2$ -Antenne. Wellenlängenbereich  $14 \pm 0,35$  cm, Gitterspannung  $+250$  V, Bremsselektrodenspannung  $-150$  V, HF-Leistung  $0,6$  W.

Länge einer halben Wellenlänge. Das Gitter ist in den Innenleiter dieser konzentrischen Leitung eingelötet, die an ihrem unteren Ende kurzgeschlossen ist. Die koaxial zum Gitter angeordnete Bremsselektrode entsteht durch eine ebenfalls koaxial zum Gitter angebrachte Bohrung im sogenannten Bremskörper, der, hochfrequenzmässig gesehen, ein Stück des Aussenleiters ist, da der enge Spalt zwischen beiden für Schwingungen entsprechend einer Wellenlänge von  $14$  cm eine Kurzschlusskapazität bildet. Die isolierte Lagerung erlaubt, der Bremsselektrode eine vom Gitter verschiedene Gleichspannung zu erteilen. Der Resonator ist so dimensioniert, dass er am Ort der Zylinderkapazität zwischen Gitter und Bremsselektrode einen Spannungsbauch und an der Kurzschlussstelle sowie symmetrisch dazu an seinem oberen Ende je einen Spannungsknoten aufweist. Dort ist zur Erzielung der notwendigen Transformation eine koaxiale Leitung mit verkleinertem Wellenwiderstand angeschlossen, die in axialer Richtung eine Viertelwellenlänge lang ist, so dass an ihrem Ende ein Spannungsbauch erscheint. Hier erfolgt die Auskopplung der Hochfrequenzenergie über eine Keramikscheibe, die als Vakuumgrenze dient und eine kapazitive Unterbrechung des Innenleiters darstellt, da sich der des angeschlossenen Verbrauchers von der anderen Seite federnd gegen die keramische Platte

legt. Der Aussenleiter ist galvanisch durchgeführt und wird mit dem des Verbrauchers leitend verbunden.

Das *Magnetron* ist eine Röhre ohne Gitter und enthält im einfachsten Falle nur eine zylindrische Anode und einen koaxial angeordneten Heizdraht als Kathode. Für diese kreissymmetrische Anordnung und ein axial gerichtetes homogenes Magnetfeld ergibt die Rechnung die in Fig. 8 dargestellte Bahnkurve eines Elektrons, das oberhalb des sogenannten «kritischen Magnetfeldes» die Anode nicht erreicht und zur Kathode zurückkehrt. Verfehlt das Elektron die Kathode, was durch kleine Unsymmetrien in der Aufstellung vorkommt, so startet es zu einem neuen Umlauf, der infolge der Kardioidform der Bahnkurve um  $90^\circ$  versetzt ist. Bei mehreren Umläufen entsteht bevorzugt eine vierschleifige Bahn. Die mittlere Elektronenbahn dieses Ringstromes um die Kathode wird als «Leitkreis» bezeichnet, auf der die sogenannten «Rollkreisbahnen» des Elektrons abrollen. Dank der Tatsache, dass die Elektronenbewegung in der Magnetfeldröhre einen periodischen Charakter hat, können durch die Oszillationen, die in der radialen und tangentialen Bewegung auftreten, in der Magnetfeldröhre Schwingungen erregt werden. Genau wie bei der Barkhausen-Kurz-Schwingung, besteht auch hier eine «Anodenaussortierung». Die Elektronen, die durch äussere Rückwirkung beschleunigt werden, schwingen so weit aus, dass sie sofort auf die Anode treffen. Die in der richtigen Phase startenden Elektronen bleiben dem Schwingungsvorgang erhalten und fliegen mehrmals um die Kathode herum, so dass sie entsprechend stark abgebremst werden und Schwingungsenergie an das Wechselfeld abgeben.

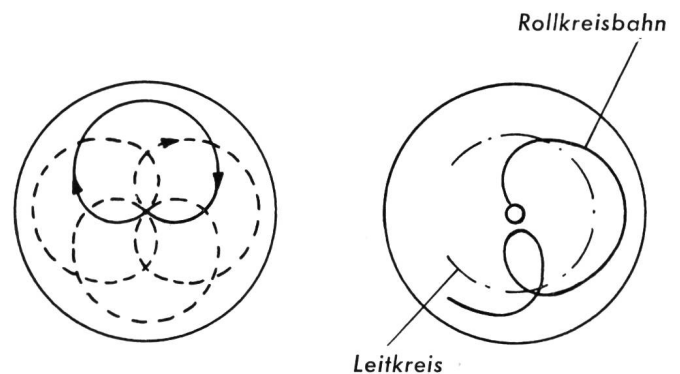


Fig. 8. Bahnkurve eines Elektrons im Magnetron bei kreissymmetrischer Anordnung von Kathode und Anode

Die Radialbewegung der Elektronen verläuft periodisch mit der Umlauffrequenz auf dem Rollkreis. Diese hängt nur von der Stärke des Magnetfeldes ab, da bekanntlich die Frequenz der Kreisbewegung eines Elektrons im homogenen Magnetfeld unabhängig von seiner Geschwindigkeit ist. Schwingungen dieser Art lassen sich in einem an die Röhre angeschlossenen Resonator nachweisen, wenn man durch geeignete Wahl der Anodenspannung dafür sorgt, dass die Elektronen in der Nähe der Anode verlaufen.

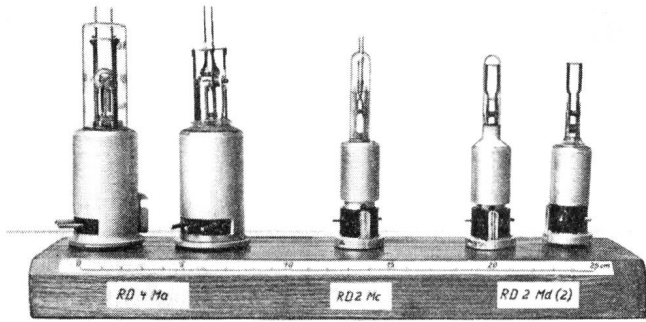


Fig. 9. Einige deutsche Magnetrons kleiner Leistung für Wellenlängen von 6...25 cm

Die erregte Frequenz ist nahezu unabhängig von den Abmessungen der Röhre und auch — abgesehen von einem kleinen Ziehbereich — vom Aussenkreis, dessen Abstimmung ein Wirkungsgradoptimum ( $\approx 10\%$ ) ergibt. Bei dieser, durch die Radialbewegung erzeug-

nanzfrequenz des angeschlossenen äusseren Schwingungskreises gebracht wird. Die Frequenz der Schwingung lässt sich gegenüber der der Radialschwingung durch den angeschlossenen Kreis in weiten Grenzen ändern. Es zeigt sich, dass auch höhere Harmonische der Grundperiode eine Rolle spielen, und zwar besonders die Zeit, während welcher das Elektron auf dem Leitkreis den zu einem Anodensegment gehörigen Winkel beschreibt. Besondere technische Bedeutung haben die Vierschlitz- und Sechsschlitzmagnetrons wegen ihrer niedrigen Betriebsdaten und ihres guten Wirkungsgrades (maximal 50%). Fig. 9 zeigt einige deutsche Magnetrons und *Tabelle II* gibt die zugehörigen Betriebsdaten an. Die Abbildung lässt deutlich die geschlitzte Anode erkennen sowie das Resonanzsystem, das entweder aus einer einfachen, durch die Glaswand hindurchgeführten Doppeldrahtleitung oder aus einer Bandleitung im Glaskolben besteht, die eine kapazitive Auskopplung ermöglicht.

Nicht verwechseln darf man die soeben beschrie-

*Tabelle II. Deutsche Magnetfeldröhren, Betriebsdaten*

Typ	Schlitzzahl	Wellenlänge (cm)	Anodenspannung (V)	Anodenstrom (mA)	Magnetfeld (Oersted = $0,79 \frac{A}{cm}$ )	HF-Leistung	
						Watt	bei $\lambda$ (cm)
RD 2 Mc	4	18...27	110	20	1330	0,5	23,5
RD 2 Md	6	8,5...20	120	20	1450	0,5	10
RD 2 Md2	6	8...16	130	20	1450	0,5	9,5
RD 2 Me		9	800	60	1400	10	9,1
RD 2 Mf		5,3...6,7	1000	50	2650	5	5
RD 2 Mg	8	2,8...3,4	350	15	2800	0,15	3,2
RD 2 Mh	8	5,8...8,2	230	25	1500	0,5	6,5
RD 4 Ma	4	18...26	1050	40	1330	14	20
MV 50/25	4	40...70	1150	70	500	25	50
Röhren für Impulstastung							
LMS 10		9,1	$16 \cdot 10^3$		1550	$30 \cdot 10^3$	
LMS 12		3	$16 \cdot 10^3$		2000	$10 \cdot 10^3$	
LMS 13		1,7	$16 \cdot 10^3$		2700		

ten Schwingung handelt es sich um die der kürzesten Wellenlänge, die man mit der Magnetfeldröhre überhaupt erreichen kann. Die Anregung, die sowohl bei Magnetrons mit ungeschlitzter, als auch mit geschlitzter Anode erfolgen kann, gestaltet sich schwieriger als die der Schwingung, die durch die Tangentialbewegung zustande kommt. Sie besitzt als Grundperiode die Zeit, in der das Elektron längs des Leitkreises einmal die Kathode umkreist. Aus der Geschwindigkeit des Elektrons ergibt sich für diese Bewegung eine Frequenz, die proportional dem Verhältnis von Magnetfeld zu Anodenspannung ist. Diese Schwingungen, die sich nur bei geschlitzten Anoden anregen lassen, treten auf, wenn zum Beispiel durch Änderung des Magnetfeldes die Frequenz der Tangentialbewegung in Übereinstimmung mit der Reso-

benen Laufzeitschwingungen im Magnetron mit der laufzeitfreien *Habann*-Schwingung (1924), die auf einer statisch messbaren negativen Kennlinie beruht und für das Dezimetergebiet ohne Interesse ist.

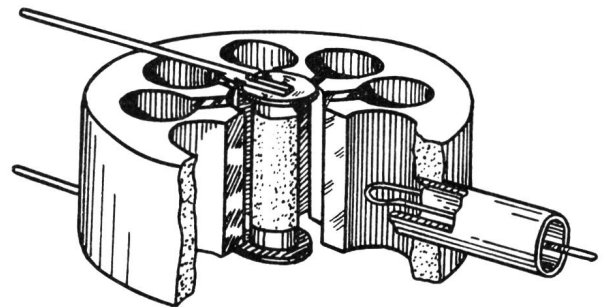


Fig. 10. Schematische Darstellung eines Zentimeterwellenmagnetrons: Resonatorsystem, Kathode und Ausgangskreis

Bei den neuzeitlichen Hochleistungsmagnetrons für Wellenlängen von einigen Zentimetern sind die Anodensegmente fest mit Hohlraumresonatoren verbunden. Fig. 10 zeigt die schematische Darstellung eines Zentimeterwellen-Magnetrons mit Resonatorsystem, Figur 11 eine Photographie eines deutschen Versuchsmodells ( $\lambda = 3,1$  cm, HF-Impulsleistung  $\approx 5$  kW). Zur Unterdrückung unerwünschter Störschwingungen strebt man Entkopplung der einzelnen Resonatoren an, was man durch die abwechselnde Verwendung von Hohlräumen verschiedener Grösse erreicht (Figur 12: «rising-sun»-System). Diese Röhren verdanken ihre technische Vollkommenheit den Anforderungen der Funkmesstechnik während des Krieges.

Während man bei der Triode die erforderliche Dichtemodulation des Elektronenstrahls durch eine Steuerung über das Gitter erzielt, nutzt man bei den *Triftröhren* die eingangs geschilderten Laufzeit-

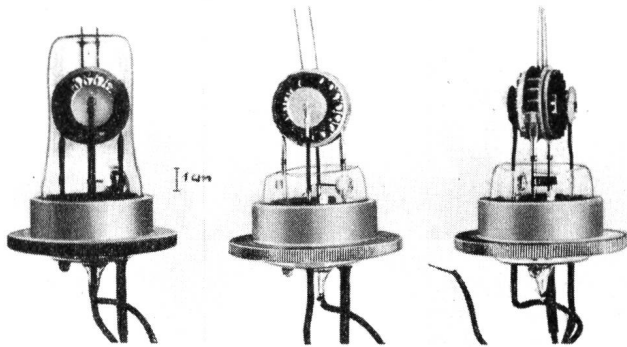


Fig. 11. Vielschlitzmagnetron mit eingebauten Resonatoren. Deutsche Versuchsrohre für  $\lambda = 3,1$  cm

effekte der Elektronen aus und erreicht hier die Dichtemodulation über den Umweg einer Geschwindigkeitssteuerung der Elektronen. Figur 13 zeigt das Schema einer allgemeinen Triftröhre. Ein in seiner Dichte und Geschwindigkeit möglichst homogener Elektronenstrahl wird durch ein axiales elektrisches Wechselfeld, wie es zum Beispiel zwischen den als Gitter ausgebildeten Wänden des gezeichneten Hohlraumresonators entsteht, in seiner Geschwindigkeit beeinflusst, und zwar werden die ursprünglich gleich schnellen Elektronen, je nach der Phase des Wechselfeldes, entweder beschleunigt oder verzögert. In dem auf dieses «Steuerfeld» folgenden feldfreien «Laufraum» treten dann infolge der verschiedenen Elektronengeschwindigkeiten Ein- und Überholeffekte auf, so dass sich der ursprünglich in seiner Dichte und Geschwindigkeit homogene Strahl über einen geschwindigkeitsmodulierten in einen dichtemodulierten umwandelt. Diesen Vorgang bezeichnet man als «Phasenfokussierung». Beim Durchgang durch einen zweiten, ähnlich gebauten Resonator wird dieser angeregt, und die erzielte HF-Leistung ist im

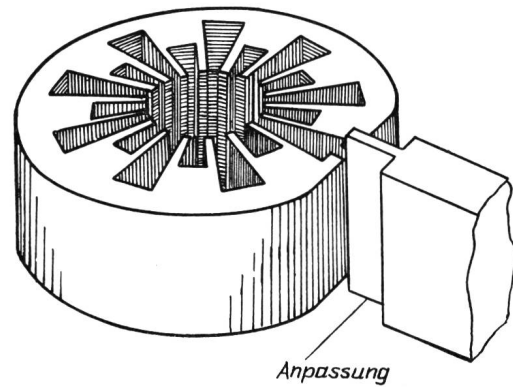


Fig. 12. Resonatorsystem beim «rising-sun»-Typ mit Hohlleiterauskopplung

wesentlichen der Strahlleistung proportional. Durch die Einführung einer Rückkopplung wird aus diesem Hochfrequenzverstärker ein selbsterregter Hochfrequenzgenerator.

Die Länge von Feld- und Laufraum wird durch den Laufzeitwinkel  $\theta$  angegeben, der definiert ist durch

$$\theta = 2\pi \frac{\tau}{T}$$

wobei  $\tau$  die Elektronenlaufzeit im betrachteten Raum bei verschwindend kleiner Wechselfeldspannung und  $T$  deren Periodendauer bedeuten. Bei der allgemeinen Triftröhre, wie sie in Figur 13 skizziert ist, ist  $\theta$  in den Wechselfeldern  $\pi/2$  bis  $\pi$ , im Laufraum  $5\pi$  bis  $10\pi$ , mit anderen Worten,  $\tau$  ist  $1/4 T$  bis  $1/2 T$  bzw.  $5/2 T$  bis  $5 T$ . Figur 14 zeigt die technische Ausführung einer solchen allgemeinen Triftröhre. Die obere und untere Wand der Hohlräume sind vakuumdichte Membranen, die eine gewisse Variation in der Eigenfrequenz zulassen (Verstimmbereich etwa  $\pm 10\%$ ). Jeder Hohlraum hat zwei koaxiale Koppelleitungen, von denen bei Oszillatorbetrieb je eine zum Anschluss der Rückkopplungsleitung dient.

Da der dichtemodulierte Strahl beträchtliche Oberwellen enthält, kann man mit einer derartigen Zweikreistriftröhre auch Frequenzvervielfachung erzielen, indem man nämlich den Auskoppelkreis auf das ge-

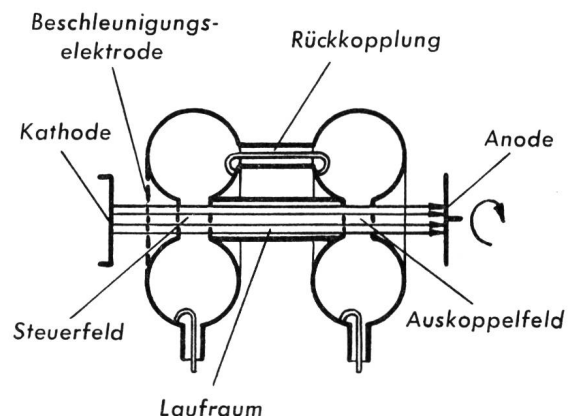


Fig. 13. Schema einer allgemeinen Triftröhre

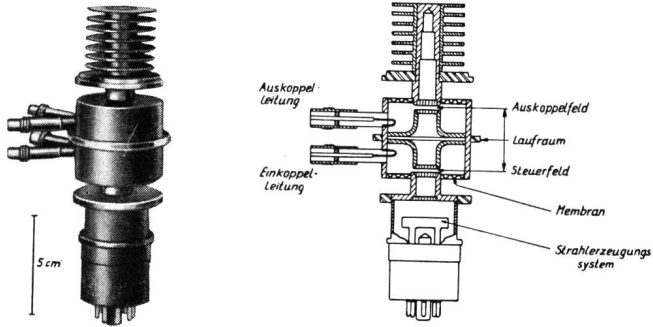


Fig. 14. Zweikreis-klystron 3 K 21. Wellenlängenbereich 11...13 cm, Strahlspannung 400...2000 V, Strahlstrom 15...125 mA, HF-Leistung bei Oszillatorbetrieb 50 mW...20 W

wünschte Vielfache der Eigenfrequenz des Eingangskreises abstimmt. Die technische Ausführung einer solchen Frequenzvervielfacherröhre zeigt Figur 15. Die Röhre kann, wie jede allgemeine Triffröhre, wegen des Fehlens einer inneren Rückkopplung mit den verschiedensten Beschleunigungsspannungen betrieben werden. Ein Beispiel findet sich in der Beschriftung zu Figur 15. Der Vorteil dieser Röhren besteht darin, dass die Steuerfrequenz mit einem Quarz stabilisiert werden kann, wodurch man sehr frequenzstabile Schwingungen im Zentimeter-Wellengebiet erhält.

Für die Schwingungserzeugung hat die allgemeine Triffröhre (sogenanntes Zweikreis-klystron) wegen der

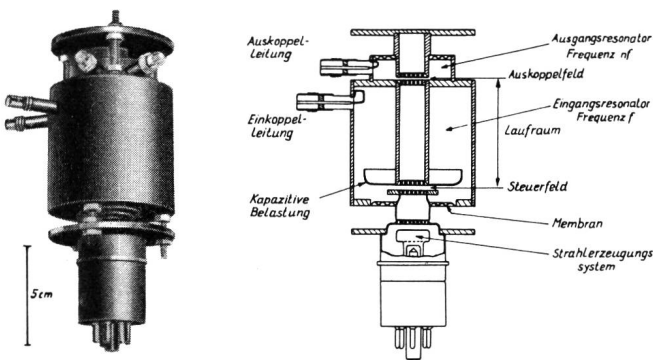


Fig. 15. Frequenzvervielfacher-Klystron 2 K 47. Wellenlängenbereich Eingang: 107...120 cm, Ausgang: 8,9...13,3 cm, Strahlspannung max. 1000 V, Strahlstrom max. 60 mA, HF-Leistung Eingang 1...5 W, Ausgang 10...250 mW

Schwierigkeiten, die sich aus der variablen frequenz-abhängigen Rückkopplung und der Abstimmung der beiden getrennten Resonatoren ergeben, keine grosse praktische Bedeutung. Man verwendet vielmehr Ausführungsformen mit fester Rückkopplung, die dann natürlich nur als Generatoren zu gebrauchen sind. Die Rückkopplung wird in dem in Figur 16 dargestellten Röhrentyp durch Schlitze in der gemeinsamen Trennwand der beiden Hohlraumresonatoren bewerkstelligt, deren Felder bei Selbsterregung gleichphasig schwingen. Das lässt sich leicht einsehen für den Grenzfall, dass die Trennwand über-

haupt nicht vorhanden ist. Dann durchsetzt der Elektronenstrahl zwei Kapazitäten, die die Stirnflächen von Innen- und Aussenleiter einer konzentrischen Leitung gegeneinander bilden, und regt die Leitung in ihrer Grundwelle an. Eine andere Ausführungsform (Figur 17) hat gegenüber der vorgenannten Röhre den Vorteil, dass sie nur einen Resonator aufweist: die beiderseits kurzgeschlossene konzentrische Leitung hat bei Erregung in der Grundwelle bekanntlich ein Maximum der elektrischen Feldstärke in der Mitte der Leitung. An dieser Stelle wird der Elektronenstrahl quer zur Leitung durch eine kammerartige Aussparung im Innenleiter durchgeschossen. Da das elektrische Feld radial gerichtet

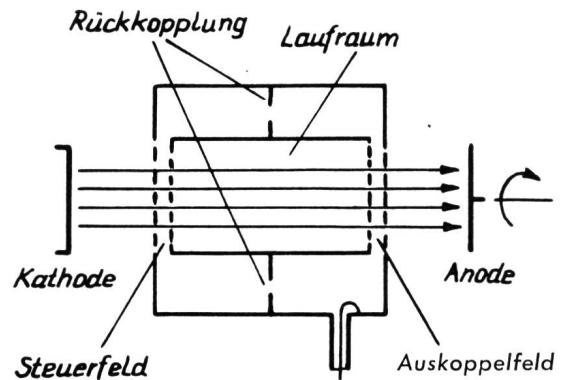


Fig. 16. Schema einer Triffröhre mit gleichphasig schwingenden Feldern

ist, verlangt die Selbsterregung die Gegenphasigkeit von Steuer- und Auskoppel-feld. Die Änderung der Frequenz ist hier verhältnismässig einfach, da nur die Leitungslänge variiert zu werden braucht; dazu bringt man den einen Kurzschluss ausserhalb des Glaskolbens an und macht ihn ausserdem noch verschiebbar. Diese Form einer Triffröhre, die auf O. Heil zurückgeht (1935), ist die einzige in Deutschland während des Krieges so weit entwickelte, dass sie auch eingesetzt werden konnte (RD 12 La: Wellenlängenbereich 22...26 cm, Strahlspannung 500 V, HF-Leistung 12 W).

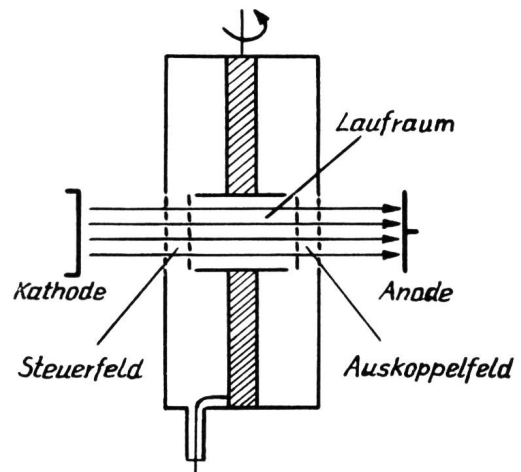


Fig. 17. Schema einer Triffröhre mit gegenphasig schwingenden Feldern



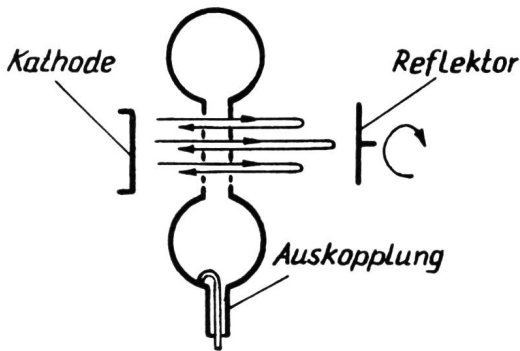


Fig. 18. Schema einer Reflexionstriftröhre

Auch das «Reflexklystron» hat nur einen Schwingkreis (Fig. 18). An Stelle des Laufraums tritt ein elektrisches Bremsfeld, in das die Elektronen infolge der Geschwindigkeitsmodulation verschieden tief eindringen und daher verschieden lange darin verweilen. Dadurch wird aus dem zunächst geschwindigkeitsmodulierten Strahl wieder ein dichtemodulierter. Beim zweiten Elektronendurchgang durch das Wechselfeld wirkt dieses als Auskoppelfeld; dabei muss zur Schwingungsanfachung die Phase des dichtemodulierten Strahls so sein, dass die Rückkopplungsbedingung erfüllt ist. Wegen des Fehlens einer Anode — die Elektronen treffen nach dem zweiten Passieren des Wechselfeldes teils auf die Kathode, teils auf die Resonatorwände auf — arbei-

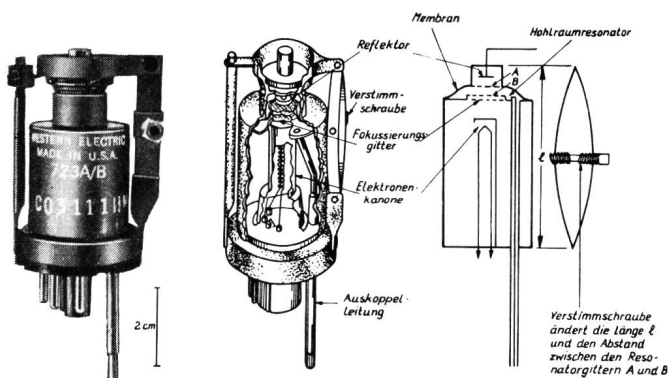


Fig. 19. Reflexklystron 723 A/B (2 K 25)  
Wellenlängenbereich 3,1...3,5 cm, Strahlspannung 300 V, Strahlstrom 22 mA, Reflektorspannung 0...300 V, HF-Leistung 23 mW

tet diese Röhre mit kleinen Strahlleistungen; daher ist sie, auch auf Grund ihrer günstigen Anregungsbedingungen, besonders als Oszillatorrohr in Überlagerungsempfängern geeignet. Als Beispiel für eine technische Ausführung dieses Röhrentyps zeigt Fig. 19 eine Stahlröhrenkonstruktion mit Membranabstimmung. Fig. 20 gibt einen Überblick über die Schwingbereiche eines Reflexklystrons.

Eine komplizierte Abart der normalen Reflexionsstriftröhre ist die sogenannte Multireflexionsröhre, bei der durch mehrmalige Ausnutzung des Elektronenstrahls ein wesentlich höherer Wirkungsgrad (bis zu 50 %) erzielt wird. Um zu vermeiden, dass eine ein-

mal vorhandene Dichtemodulation beim mehrmaligen Durchgang des Strahls durch das Steuerfeld wieder «verschmiert», gibt man dem Feld links und rechts vom Steuersystem parabolischen Verlauf, da dann die Verweilzeit eines Teilchens im Bremsfeld nicht von seiner Geschwindigkeit abhängt. Das erforderliche parabolische Feld lässt sich näherungsweise erreichen durch Kombination eines feldfreien Raumes mit einem linearen Bremsfeld (Fig. 21). Die Dichtemodulation besorgt eine negative Bremselktrode R', die vornehmlich die stark beschleunigten Elektronen abbremst, so dass sie mit den später gestarteten langsameren Elektronen zusammentreffen.

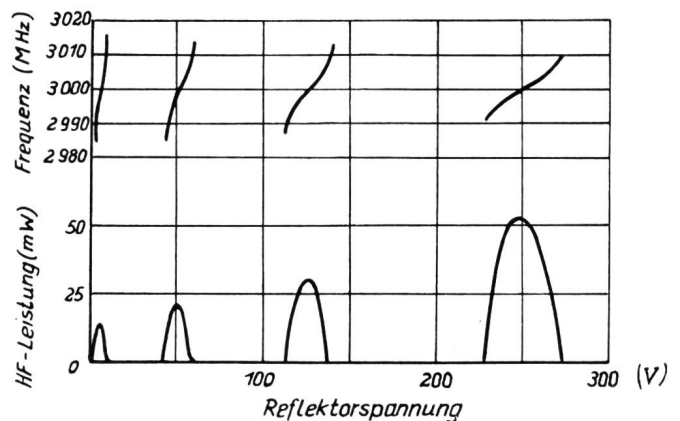


Fig. 20. Schwingbereiche eines Reflexklystrons

Die Divergenz der Elektronen wird durch ein strahlparalleles Magnetfeld vermieden, wodurch die Aufstellung und Handhabung der Röhre erschwert wird.

Das Schema einer Triftröhre, deren Aufbau an Einfachheit nichts mehr zu wünschen übrig lässt, zeigt Fig. 22. Bei dieser Röhre erfolgen die drei für jedes Klystron charakteristischen Effekte, nämlich die Geschwindigkeitssteuerung, die Phasenfokus-

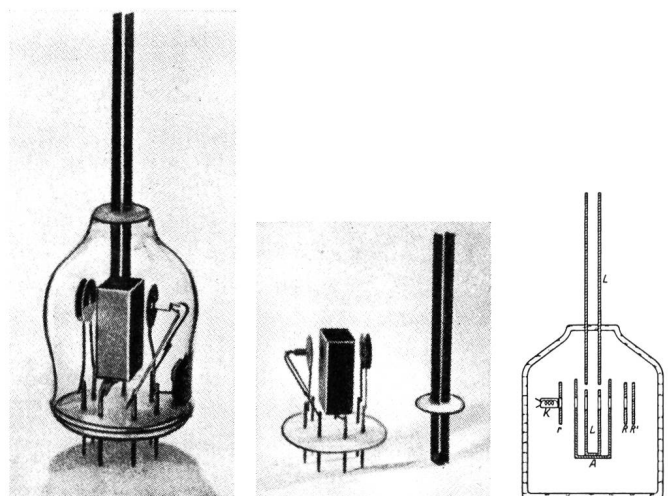


Fig. 21. Multireflexionsröhre (Philips)  
L:  $\lambda/4$ -Resonator (Steuer- und Auskoppelfeld), Auskoppelleitung, R und R': Reflexionselektroden (R auf Kathodenpotential), Wellenlänge  $\lambda = 12$  cm, Strahlspannung 3000 V, HF-Leistung 15...20 W



sierung und die Auskopplung im Wechselfeld eines dosenförmigen Resonators, dem man naturgemäss in axialer Richtung eine grössere Länge geben muss ( $\theta \approx 2,5 \pi$ ) als beim allgemeinen Klystron dem Wechselfeld für die blosse Geschwindigkeitssteuerung. Der Hauptanwendungsbereich dieser sogenannten «Feldfokussierungsröhre», die den Vorteil leichter Verstimmbareit, jedoch den Nachteil schweren Anschwingens hat, dürfte die Erzeugung kürzester Zentimeterwellen hoher Leistung im Impulsbetrieb sein.

Zusammenfassend kann man über Klystrons etwa folgendes sagen: Der Wellenlängenbereich der erzeugten Schwingungen erstreckt sich von 1...20 cm. Man unterscheidet kleine Röhren, die bei Betriebsspannungen von wenigen hundert Volt arbeiten und HF-Leistungen von 10...100 mW abgeben (Reflexklystrons, als Oszillatorröhren in Überlagerungs-

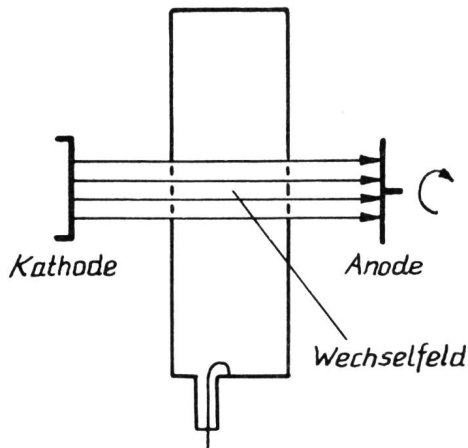


Fig. 22. Schema der Feldfokussierungsröhre

geräten) und Hochleistungsröhren mit HF-Leistungen bis zu 1 kW im Dauerstrich bei Betriebsspannungen bis zu 10 kV (Senderröhren). Die kürzeste mit einer Triftröhre (Reflexklystron) erreichte Wellenlänge ist 1,45 mm (207 000 MHz); sie wird als dritte Harmonische einer 4,35 mm-Welle erhalten.

Der für die technische Anwendung grösste Nachteil der Triftröhren ist ihre geringe, durch die Selektivität der Kreise bedingte Frequenzbandbreite von etwa 10 MHz, die für viele Zwecke der Nachrichtenübermittlung wesentlich zu klein ist. Demgegenüber zeichnet sich die *Wanderfeldröhre* durch eine extrem grosse Bandbreite von etwa 300 MHz und durch hohe Leistungsverstärkung (etwa 100fach bei 10 cm Wellenlänge) aus. Der wesentlichste Teil der Wanderfeldröhre ist eine Verzögerungsleitung, die die Aufgabe hat, die Geschwindigkeit einer elektromagnetischen Welle in Flugrichtung der Elektronen so weit herabzusetzen, dass sie angenähert gleich der Elektronengeschwindigkeit ist. Die Leitung muss ferner so gebaut sein, dass die in ihr sich ausbreitende Welle eine axiale Komponente des elektrischen Feldvektors besitzt, mit der die Elektronen in Wechselwirkung treten können. Es sind zahlreiche Formen

solcher Verzögerungsleitungen, zum Beispiel aus der Technik der Linearbeschleuniger geladener Teilchen, bekannt. Man könnte etwa einen zylindrischen Hohlleiter bis auf einen engen axialen Kanal für den Elektronenstrahl mit einem Dielektrikum von geeignetem  $\epsilon$  füllen. Bei Anregung einer  $E_{01}$ -Welle genügt diese Leitung den genannten Voraussetzungen. Praktisch verwendet man einen mit Irisblenden belasteten Hohlleiter (Fig. 23). Diese Leitungen sind ge-

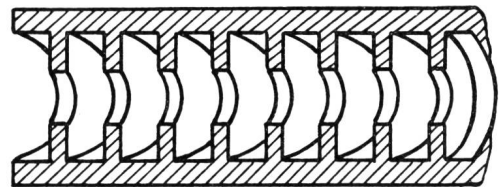


Fig. 23. Kreiskette für Innenstrahl

koppelte Hohlraumresonatoren und zeigen Eigenschaften, wie wir sie von den Filterketten her kennen. Die Phasengeschwindigkeit hängt von der Grösse der Öffnungen in den Blenden und ihrem gegenseitigen Abstand ab, so dass man diese Anordnung als eine Art künstliches Dielektrikum interpretieren kann. Insbesondere kann man es so einrichten, dass die Phasengeschwindigkeit im Wellenleiter mit der Geschwindigkeit der Elektronen nahezu übereinstimmt. — Die in der Wanderfeldröhre meist gebräuchliche Form der Verzögerungsleitung ist eine Wendel, die gegenüber der soeben beschriebenen Leitung den Vorteil noch grösserer Bandbreite hat und deren Wirkungsweise sehr durchsichtig ist: Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Welle längs der Windungen ist angenähert gleich der Lichtgeschwindigkeit. Ist  $s$  die Ganghöhe,  $d$  der Durchmesser der Wendel, so ist die Geschwindigkeitskomponente in axialer Richtung

$$v = \frac{cs}{\pi d}$$

Aus der geforderten annähernden Gleichheit von  $v$  und der Elektronengeschwindigkeit folgt die Dimensionierung der Wendel bei gegebener Strahlspannung.

Fig. 24 zeigt das Schema einer Wanderfeldröhre. Die Einkopplung der zu verstärkenden Welle erfolgt über eine Hohlrohrleitung, wobei das elektrische Feld den als Dipol anzusehenden Eingang der Wendel

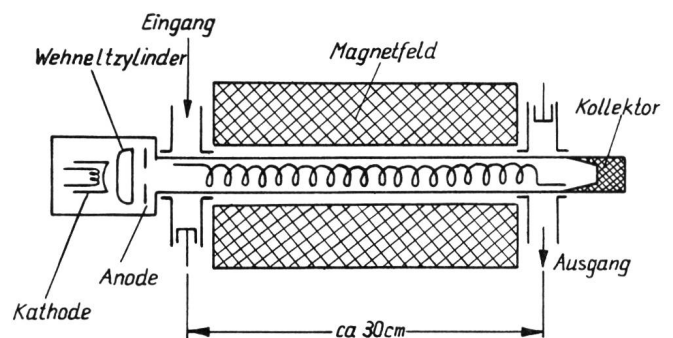


Fig. 24. Schema einer Wanderfeldröhre

anregt. Die Auskopplung geschieht ganz analog über einen zweiten Dipol und Hohlrohr. Sollen, wie zur Verstärkung der Welle erforderlich, die Elektronen Leistung auf die Welle übertragen, so muss aus Energiegründen die Elektronengeschwindigkeit grösser sein als die axiale Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle. Im einzelnen kann man sich den Verstärkungsmechanismus qualitativ folgendermassen erklären: Die Elektronen verlieren in den Gebieten, wo sie durch das Achsialfeld der Welle gebremst werden, einen Teil ihres Geschwindigkeitsüberschusses, geben also Energie an das Wellenfeld ab, während sie an den anderen Stellen durch die im Felde erfolgende Beschleunigung diesem Energie entziehen. Nun ist die Laufzeit des Elektrons im Bremsfeld grösser als im Beschleunigungsfeld, das heisst, die Energieabgabe überwiegt die Energieaufnahme. Eine merkliche Differenz zwischen den beiden Laufzeiten bzw. Energien ergibt sich nur dann, wenn Elektronenstrahl und Welle angenähert die gleiche Geschwindigkeit haben, weil dann die Elektronen lange in den Bremsfeldern und nur kurz in den Beschleunigungsfeldern verweilen. Das hat zur Folge, dass der Wirkungsgrad der Wanderfeldröhre nur klein (ungefähr 5 %) ist, da lediglich der dem geringen Geschwindigkeitsüberschuss der Elektronen entsprechende Energiebetrag durch Bremsung an die Welle abgegeben werden kann. Infolge dieser Bremsung kommt das Elektron schliesslich nach einer Reihe von Schritten relativ zur Welle zur Ruhe, womit der Verstärkungsvorgang aufhört. Durch innere oder äussere Rückkopplung des Ausgangs auf den Eingang wird die Wanderfeldröhre zu einem Schwingungserzeuger, der gegenüber den bisher besprochenen Röhren den Vorteil der einfachen Durchstimmung über einen weiten Frequenzbereich hat und die Erzeugung von Wellen bis zu 1 cm Wellenlänge erlaubt.

Bei Verwendung der Wanderfeldröhre als Verstärker liegt die technische Bedeutung in der eingangs schon erwähnten grossen Bandbreite, wodurch sie beispielsweise zur Verstärkung von gleichzeitig einigen hundert Gesprächskanälen geeignet ist. Die grosse Bandbreite gestattet überdies die Verwendung eines störungsmindernden Modulationsverfahrens, wie der Frequenz- oder Impulsmodulation, deren Seitenbänder sich, im Gegensatz zur Amplitudenmodulation, bis zu einem Vielfachen der Modulationsfrequenz erstrecken.

Die jüngste cm-Wellen-Röhre ist die sogenannte *Elektronen-Wellen-Röhre* oder auch *Zweistrahlröhre*, bei der gegenüber der Wanderfeldröhre die von der Metallwendel geführte elektromagnetische Welle durch einen geradlinigen Elektronenstrahl ersetzt wird. Zur Erklärung des Mechanismus der Zweistrahlröhre (Fig. 25) nehmen wir an, dass sich zwei Parallelbündel von Elektronen homogener Raumladungsdichte längs einer gemeinsamen Achse bewegen. Die Geschwindigkeit des einen Bündels sei etwas grösser

als die des anderen. Am Anfang des Laufraumes durchlaufen die Elektronen ein örtlich begrenztes hochfrequentes Steuerfeld; die dabei erhaltene Geschwindigkeitsmodulation bildet sich nach kurzer Laufstrecke in eine Dichtemodulation um. Die dadurch entstehenden Raumladungsdifferenzen haben elektrische Längsfelder zur Folge, so dass sich jede der beiden Raumladungswellen im Feld der anderen bewegt. Damit liegen für das schnellere Bündel dieselben Verhältnisse vor wie für den Elektronenstrahl in der Wanderfeldröhre. Durch Abgabe des Energieüberschusses an das Feld der langsameren Raumladungswelle wird diese verstärkt. Die rechnerische Untersuchung des Vorgangs lehrt, dass diese Entdämpfung über einen sehr weiten Frequenzbereich stattfindet.

Die Ein- und Auskopplung der Hochfrequenzenergie erfolgt über je ein kurzes Stück einer von der Wanderfeldröhre her bekannten Wendel, wodurch die volle Breitbandigkeit der Röhre erhalten bleibt,

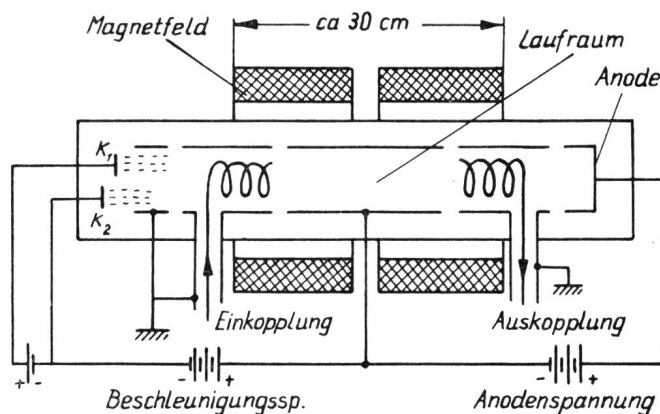


Fig. 25. Schema einer Doppelstrahlröhre

da diese Kopplungselemente weitgehend aperiodisch sind und somit alle Frequenzen gleichmässig übertragen. Im Vergleich zur Wanderfeldröhre hat die Doppelstrahlröhre den Vorteil, dass sie keine Verzögerungsleitung benötigt, die Schwierigkeiten bei der Anpassung macht und infolgedessen zu unerwünschter Selbsterregung führen kann. Wegen des Fehlens jeglicher Kreise verspricht die noch in der Entwicklung befindliche Doppelstrahlröhre ein Verstärker bzw. Generator für mm-Wellen zu werden. *Tabelle III* gibt einige Betriebsdaten einer Wanderfeldröhre und einer Doppelstrahlröhre (Versuchsröhren).

Tabelle III. Betriebsdaten von Versuchsröhren

	Wanderfeldröhre	Doppelstrahlröhre
Wellenlänge . . . . .	10 cm	10 cm
Strahlspannung . . . . .	1500 V	263 V Δ U = 50 V
Strahlstrom . . . . .	5 mA	15 mA
Verstärkung . . . . .	25 dB	46 dB
Bandbreite . . . . .	≈ 300 MHz	1000 MHz
HF-Leistung . . . . .	100 mW	10 mW

Wenn man abschliessend die Entwicklung der Elektronenröhren für Dezimeter- und Zentimeterwellen verfolgt, so gewinnt man den Eindruck, dass die Ideen und Anregungen dazu aus Europa stammen. Dagegen hat die Industrie der USA die bei der Verwirklichung dieser Ideen auftretenden konstruktiven Probleme gelöst und moderne Röhren für das Zentimeterwellengebiet gefertigt. Das gilt für das Magnetron in seiner modernsten Form mit Vielschlitzanode und Oxydkathode, für das der Anstoss aus England und Frankreich kam. Die erste Triftröhre ist wohl der voranstehend beschriebene Heilsche Generator (Deutschland, 1935). Die Idee der Wanderfeldröhre stammt von *R. Kompfner* in England, während sie von *J. R. Pierce* (Bell Laboratories) weiterentwickelt wurde. Das Arbeitsprinzip der Doppelstrahlröhre scheint 1948/49 von drei verschiedenen Seiten unabhängig voneinander entdeckt worden zu sein, nämlich von *Nergaard* (RCA), *Pierce* und *Hebenstreit* (Bell Laboratories) *Haeff* (Naval Research Laboratory).

#### Bibliographie

- Gundlach, F. W.* Laufzeitröhren. Naturforschung und Medizin in Deutschland 1939...1945, Bd. 15, I, S. 156.  
*Rukop, H.* Elektronenröhren. Naturforschung und Medizin in Deutschland 1939...1945, Bd. 15, I, S. 114.  
*Barkhausen, H.* und *K. Kurz.* Die kürzesten mit Vakuumröhren herstellbaren Wellen. Physik. Z. **21** (1920), 1.

- Dällenbach, W.* Über die Erstaussführung Type HB 14 eines Reso-tanks. Hochfrequenztechn. u. Elektroak. **61** (1943), 161.  
*Habann, E.* Eine neue Generatorröhre. Z. f. Hochfrequenztechn. **24** (1924), 115.  
*Heller, G.* Die Magnetfeldröhre als Ultrakurzwellengenerator. Philips techn. Rdsch. **4** (1939), 201.  
*Gerth, F.* Sender. In: Vilbig-Zenneck. Fortschritte der Hochfrequenztechnik. Leipzig 1945. Bd. 2, S. 543.  
*Hagstrum, H. D.* The generation of centimeter waves. Proc. Inst. Radio Eng. **35** (1944), 548.  
*Harrison, A. E.* Klystron Tubes. New York 1947.  
*Döring, H.* Triftröhren. Physik. Bl. **4** (1948), 197, und Das Elektron **2** (1949), 131.  
*Coeterier, F.* Die Multireflexionsröhre, eine neue Oszillatorröhre für sehr kurze Wellen. Philips techn. Rdsch. **8** (1946), 257.  
*Lafferty, F. M.* A Millimeter-Wave Reflex Oscillator. J. Appl. Phys. **17** (1946), 1001.  
*Pierce, J. R.* Millimeter Waves. Electronics **24** (1951), 66.  
*Döhler, O.* und *W. Kleen.* Über die Wirkungsweise der «Traveling-wave»-Röhre. Arch. f. elektr. Übertr. **3** (1949), 54 und 93.  
*van Iperen, B. B.* Die Wendel als Schwingungskreis zur Erzeugung sehr hoher Frequenzen. Philips techn. Rdsch. **11** (1949), 225.  
*Kleen, W.* Die Traveling-Wave-Röhre. Physik. Bl. **5** (1949), 211.  
*Haeff, A. V.* The electron wave tube — a novel method of generation and amplification of microwave energy. Proc. Inst. Radio Eng. **37** (1949), 4.  
*Steyskal, H.* Die Elektronenwellenröhre. Physik. Bl. **6** (1950), 62.

**Adresse des Verfassers:** Dr. rer. nat. *Hans Severin*, Göttingen, III. Physikalisches Institut der Universität, Bürgerstrasse 42, z. Zt. Forschungs- und Versuchsanstalt der Generaldirektion PTT, Speichergasse 6, Bern.

## Travaux de la Commission électrotechnique pour la classification décimale universelle réunie à Rome

Par *C. Frachebourg*, Berne

025.45:621.39

**Note de l'auteur.** *Etant donné la multiplicité des périodiques électrotechniques et le grand nombre des centres de documentation qui utilisent la Classification décimale universelle, divers milieux ont exprimé le désir que les travaux de ladite commission soient largement publiés afin qu'en dernier ressort tous ceux qui utilisent la classification aient encore un mot à dire.*

La Commission électrotechnique pour la Classification décimale universelle a été fondée à Zurich en 1939 à l'occasion du Congrès de la Fédération internationale de documentation. Trois pays y étaient représentés: l'Allemagne, la Grande-Bretagne et la Suisse. Aujourd'hui, elle compte huit pays: Allemagne, Autriche, Danemark, France (le délégué de ce pays a pris part aux délibérations comme observateur), Grande-Bretagne, Italie, Pays-Bas, Suisse. Si la Commission a bien été fondée à Zurich en 1939, la guerre fut cause que la première réunion officielle ne put avoir lieu qu'en 1948 à la Haye. L'assemblée qui a eu lieu à Rome du 15 au 21 septembre 1951 est donc la deuxième réunion officielle de la Commission, laquelle avait un programme bien défini à liquider.

Le Bulletin technique numéro 3 de 1949, page 154, donnait une vue d'ensemble de la question de la Classification décimale appliquée aux télécommunications. Un nouveau principe de classification y était développé selon lequel les termes de télégraphie, télé-

phonie et radio n'avaient plus l'importance que leur attribuait pour le classement le système encore en vigueur, mais ne correspondant vraiment plus aux conceptions techniques actuelles. De là provient la difficulté de continuer à appliquer l'ancien système aux nouveautés et innovations qui voient le jour à une cadence toujours plus accentuée. Dans les télécommunications, c'est souvent le cas aujourd'hui où, dès qu'un message a été transformé en signaux électriques, il est difficile de dire s'il s'agit de télégraphie, de téléphonie ou de radio. Ce n'est qu'en fin de transmission qu'on peut dire: c'est un télégramme, c'est une conversation ou c'est une image. Les bons vieux vocables de télégraphie, téléphonie ont vieilli comme vieillissent toutes choses, et sont dépassés par les progrès de la science et de la technique. Dans la nouvelle classification, les deux termes trouveront cependant encore leur place pour ce qui leur reste de «potentiel classificateur» sous les indices dont les définitions sont les suivantes:

- a) Systèmes de transmission de messages codifiés (télégraphie);
- b) systèmes pour la transmission de conversations, de sons ou de musique et d'autres messages avec spectre de fréquence similaire (téléphonie).