

I. Lärachen:

Die Magnetfeldröhre als durchstimmbarer Oszillator im cm-Wellen-  
gebiet.

Beim Vergleich verschiedener Empfangsschaltungen im Gebiet der cm-Wellen besitzt der Überlagerungsempfänger mit Detektormischung mit Rücksicht auf Grenzempfindlichkeit und Stabilität wohl die günstigsten Eigenschaften gegenüber allen anderen bekannt gewordenen Empfangsverfahren. Alle cm-Wellen-Empfänger, die Elektronenresonanzen zur Gleichrichtung oder auch zur Mischung ausnutzen, sind zwar physikalisch sehr interessant, aber technisch bei Ausnutzung der annähernd gleichen Empfindlichkeit vorläufig nicht verwertbar. [1] [2].

Bei der Auswahl eines geeigneten und einfach durchstimmbaren Oszillators für den cm-Wellen-Überlagerungsempfänger entschieden wir uns für die Magnetfeldröhre. Sie verlangt nach dem heutigen Stand der Technik bei gegebenen praktischen Bedingungen gegenüber anderen Röhren den kleinsten Geräteaufwand.

Die vom Oszillator zum Zwecke der Mischung geforderte Hochfrequenzleistung ist gering. Sie soll über den ganzen Wellenbereich gleichmäßig groß sein. Für den als Mischorgan verwendeten Detektor, der selbst nur mit Rücksicht auf größte Grenzempfindlichkeit (kleiner  $KT_0$ -Wert)- und unter Beachtung geringster Oszillatorausstrahlung wegen der vorläufig noch fehlenden Vorselektion am Empfängereingang Leistungen von etwa 0,1 mWatt verlangt, genügt unter Beachtung gewisser Nebenbedingungen ein Oszillator von einigen mWatt Hochfrequenzleistung.

Die Eignung der verschiedenen Arten von Magnetfeldanregungen für die Durchstimmung.

Es ist bekannt, daß die Magnetfeldröhre drei verschiedene Schwinggebiete aufweist [3]: Die laufzeitfreie Habannanregung, die Laufzeitanregung mit Leitbahnschwingungen und die Laufzeitanregung mit Rollbahnresonanz. Die Habannanregung wäre die einfachste Ausführung. Allein durch Änderung der Kreisabstimmung ist eine Frequenzänderung möglich. Da der stets verwendete Lecherleitungsschwingkreis auf seiner Grundwelle, also auf  $\lambda/4$  schwingen muß, sind die kürzesten, von uns erzeugten, Wellen, wobei also der Lecherleitungs-Kurzschluß gerade an den Glaskolben heranrückt, (vgl. Abb. 1) etwa 20 bis 25 cm lang

gewesen. Die Habannanregung ist also für einen cm-Oszillator nicht geeignet. Eine wesentliche Herabsetzung der kürzesten Wellenlänge läßt sich unter Ausnutzung der Leitbahnanregung erreichen. Hier muß allerdings neben dem Schwingkreis die Elektronenwelle gleichzeitig mit abgestimmt werden. Dann gelingt es durch geeignete Zuordnung der Elektronenwelle den Schwingkreis auf  $3/4 \lambda$  oder  $5/4 \lambda$  anzuregen. Bei gleicher Schwingkreiskonstruktion und bei gleicher Lage des inneren Kurzschlußbügels ist damit die kleinste anregbare Welle des durchstimmbaren Oszillators etwa 3 bis 5 mal kleiner im Vergleich zur Habannanregung. Die technische Lösung dieser Forderung der verstimmbaren Leitbahnwelle ist sehr einfach, wenn die elektrischen Bedingungen für deren optimale Anregung berücksichtigt werden. Es gilt: [3]

$$\lambda_e \text{ [cm]} = \frac{B_{\text{opt.}} \text{ [G]} \cdot r_a^2 \text{ [cm}^2\text{]}}{\mu \cdot U_a \text{ [Volt]}} \cdot K$$

Hierbei ist:

- p = Polpaarzahl
- $U_a$  = Anodenspannung (Volt)
- $\lambda_e$  = Elektronenwelle (cm)
- $B_{\text{opt.}}$  = Magnetfeld (Gauß)
- $r_a$  = Anodenradius (cm)
- k = 942

Um die Elektronenwelle nachzustimmen, genügt also die Änderung der Anodenspannung. Sie kann in der technischen Schaltung zwangsläufig erfolgen oder automatisch gleitend gehalten werden. Bei der zwangsläufigen Schaltung wird die Anodenspannung mit der Kreisabstimmung mittels eines Potentiometers geändert. Die Schaltung ist für große Wellenvariationen vorteilhaft. Die selbst gleitende Anodenspannung, die nur bei kleinen relativen Wellenbereichen (1:1,5) anwendbar ist, wird durch Anwendung eines Anodenwiderstandes oder noch besser mittels eines Anodenstromstabilisators erreicht. Die Anodenspannung stellt sich selbsttätig auf die für Kreisabstimmung zugeordnete Elektronenwelle ein. Bei Abstimmung auf die kürzere Welle geht die Anodenspannung hoch.

Die Wahl der Schlitzzahl ergibt sich aus der technischen Forderung nach kleinstem Magnetfeld bei gegebener Welle. Die kleinste mögliche Leitbahnwelle ist bekanntlich gegeben durch die Beziehung:

$$n \cdot p = 4 .$$

Hierbei ist nach Runge<sup>[4]</sup> die Ordnungszahl

$$n = \frac{\text{erzeugte Elektronenwelle}}{\text{Elektronenumlaufswelle (Rollbahn)}} .$$

Je größer die Polpaarzahl, desto niedriger ist die Größe der bekannten Ordnungszahl der Elektronenanregung  $n$ . Je kleiner  $n$  ist, desto kleiner wird das Magnetfeld. Der vergrößerten Schlitzzahl steht aber ein schaltungsmäßiger Nachteil entgegen. Je mehr Schlitze vorhanden sind, mit desto größerer Kapazität wird die Zweidrahtleitung belastet, desto niedriger ist der Kreiswiderstand. Ein technischer Kompromiß aus beiden Bedingungen stellt die 6- oder 8-Schlitzröhre ( $n = 3$  oder  $n = 4$ ) dar. Bei der 6-Schlitzröhre fängt die Leitbahnanregung bei  $n = 4/4 = 1$  an. Für eine Welle  $\lambda = 5$  cm wären demnach folgende Feldstärken erforderlich:

bei der 6-Schlitzröhre:  $H = 3000$  Gauß

bei der 8-Schlitzröhre:  $H = 2300$  Gauß. Die verringerte Feldstärke wäre äußerst erwünscht.

In der schaltungsmäßigen Behandlung dieser Röhren sind zwei Ausführungsmöglichkeiten wählbar. Bei den folgenden beiden technischen, etwa gleichwertigen, Schaltungen bildet einmal nach Abb.1 das Anodensystem das offene Ende der Lecherleitung mit galvanisch, aus dem Glaskolben herausgeführten, parallelen Drähten, oder das andere Mal (Abb.2) endet der Schwingkreis in der Röhre mit einem Kurzschluß (Telefunken-Ausführung bei Rd 2 Md, Rd 2 Mg, Rd 2 Mh).

Die Kurzschlußausführung hat Vorteile in aufbautechnischer Hinsicht und verteilt die Anodenkapazität auf zwei Schwingkreishälften. Sie nimmt aber den Nachteil des eingegrenzten Abstimmereiches in Kauf. Die bisher erreichten Erfolge wurden bereits von Dr.Fritz angeführt.

Wir haben Röhren mit offener Lecherleitung gebaut und dabei einfach bedienbare Magnetfeldoszillatoren erhalten, bei denen mit einer Röhre von 6 bis 20 cm, bzw. 6 bis 17 cm, durchgestimmt werden konnte. Abb.3 zeigt die bisher erreichten Ergebnisse mit einer 6-Schlitzröhre.

Mit einer Feldstärke  $B = 2400$  G wird die Wellenlänge von 6 - 20 cm stetig durchgestimmt. Die Anodenspannung wird zwangsläufig mitgeregelt von 260 bis auf 100 Volt. Die erzielbare Hochfrequenzleistung liegt zwischen 100 bis 300 mWatt. Die errechnete Anodenspannung ist

gestrichelt eingezeichnet. Sie stimmt hinreichend gut mit der gemessenen überein. Die Abweichungen zwischen Rechnung und Versuch sind durch die nicht berücksichtigte Raumladung zu erklären. Nach dem vorliegenden Versuchsergebnis ist die Anregung bis zur theoretisch erwarteten Grenz-Leitbahnwelle vorhanden.

Abb.4 zeigt ähnliche Ergebnisse mit einer 8-Schlitzröhre gleichen Aufbaus. (nach Abb.1). Sie ist von 7 bis 17 cm durchstimmbare. Ihre Hochfrequenzleistung schwankt zwischen 50 - 100 mWatt. Die theoretisch kleinste Grenzwellenlänge wird nicht erreicht. Die Ursache ist wahrscheinlich die zu große Anodenkapazität und der daraus sich ergebende kleinere Kreiswiderstand.

Die Anwendung der 8-Schlitze ist daher hier nicht mehr sinnvoll, weil die zu erwartende Verringerung des Magnetfeldes technisch nicht erreicht wird. Jeder der Schwingkreise arbeitet hierbei auf  $3/4 \lambda$ . Der Kurzschlußkolben der Lecherleitung bewegt sich außerhalb der Röhre. Diese Schwingkreisanregung ist deshalb möglich, da die erzwungene Elektronenwelle näher an der  $3/4 \lambda$ -Anregung des Kreises als an seiner  $\lambda/4$ -Anregung liegt. Z.Zt. sind Versuche im Gange, durchstimmbare Röhren bei noch kürzeren Wellen zu bauen.

Als Emissionsquelle für die Röhren wurde stets eine ungesättigte Kathode verwendet. Mit Rücksicht auf eine gerade noch zulässige Rückheizung wurde keine Bariumoxyd-Kathode, sondern eine Thoriumpaste-Kathode gewählt.

Die dritte Anregungsform der Magnetfeldröhre ist die Rollbahn-Anregung oder die Elektronenumlaufschwingung ( $n = 1$ ). Diese Anregung ist nicht elastisch wie Leitbahnanregung, die sich in gewissen Grenzen mit dem Schwingkreis selbst synchronisiert. Sie wird durch gleichzeitige zugeordnete Änderung von Anodenspannung und Magnetfeld verstimmbar. Diese Ausführung wird technisch bei gleichzeitiger Kreisabstimmung umständlich und sehr empfindlich. Wir sehen daher von dieser Schaltung solange wie möglich ab.

Der Oszillator-Schwingkreis wird mit Rücksicht auf größte Durchstimmbarekeit als homogene Lecherleitung mit verschiebbaren Abschlußkolben ausgeführt. Dabei ist die Lecherleitung konstruktiv als Draht- oder Schalenleitung durchgebildet. Kleinere Verstimmungen lassen sich bei kleinerem Raum-Aufwand durch Kapazitätsänderungen erreichen.

### Störstellen bei der durchstimmbaren Magnetfeldröhre.

Es soll auf eine unangenehme Eigenschaft des Magnetfeldröhren-Oszillators beim Durchstimmen eingegangen werden. Es treten hierbei große und kleine Knackstellen sowie Brummstellen auf. Die Ursachen der beiden Effekte sind verschieden. Die erste der beiden Störungen wird durch einen nicht stetigen Frequenzverlauf bei der Abstimmung verursacht. Die Frequenz springt um 0,5 - 1%. Der Richtstrom im Detektor verläuft daher auch nicht stetig und gibt Knackstellen am Empfängerenausgang. Bei langsamer Abstimmung ist diese Erscheinung wenig erkennbar. Bei schneller Durchstimmung, z.B. bei periodischer Frequenzwobbelung (Wellenanzeiger), stören die Sprungstellen sehr. Manchmal kippt die Oszillatorfrequenz zwischen 2 dicht benachbarten Betriebszuständen hin und her. Diese Kippfrequenz ist mit Siebmitteln im Anodenkreis beeinflussbar und durch geeignete Anodenkreisbemessung zu beseitigen. Die Ursachen dieser Erscheinung sind Unstetigkeiten in der Schwingkreis-Lecherleitung, z.B. durch die dielektrischen Halterungen. Durch Schwingkreis-Umkonstruktion verschwindet dieser Fehler. Schwieriger ist es, ein am kurzwelligen Ende des Abstimmereiches auftretendes starkes Brummen zu beseitigen. Es bildet sich nämlich neben der Elektronenschwingung ein langwelliger Hochfrequenzstrom im Anodenkreis der Magnetfeldröhre, dessen Frequenz durch Schaltelemente nicht zu verändern ist. Die Störspannung moduliert den Magnetron-Oszillator. Nach der Demodulation am Detektor entsteht eine Zwischenfrequenzspannung mit relativ großer Amplitude. Die Störfrequenz selbst liegt etwa im Gebiet von 100 kHz bis zu einigen MHz. Die Zwischenfrequenz wird durch eine ihrer Oberwellen gebildet. Diese Störspannung tritt bei der niedrigsten Leitbahnanregung, also bei der 6-Schlitzröhre bei  $n = 4/3$  auf. Sie erscheint im Gebiet, wo die Schwingfähigkeit der Röhre schon nachläßt. Da die Frequenz dieser Störung nicht durch Änderung der Schwingkreiselemente im Anodenkreis der Magnetfeldröhre beeinflussbar ist, wird möglicherweise als Ursache eine Laufzeitanregung angenommen. Nach der Größe der gemessenen Frequenz und auf Grund der Beobachtungstatsache, daß durch Verbesserung des Röhrenvakuums die Störspannung um den Faktor 3 bis 5 herabgesetzt werden konnte, kann vermutlich eine Ionenanfachung mit einer Bahnkurve ähnlich der  $n = 1$ -Elektronenschwingung vorhanden sein. Die gemessene und die für eine solche Bahnkurve errechnete Frequenz stimmen befriedigend überein. Die mögliche Ionenbewegung ist immer dann vorhanden, wenn eine starke Raumladung um die

Kathode zur Erzielung der Ionisation, z.B. bei kleiner Hochfrequenzwechselspannung, sich ausbildet.

Es muß noch erwähnt werden, daß solche Laufzeitanregungen auch möglich sind, ohne daß eine Wechselspannung an den Elektroden zum Zwecke der Phasenausortierung vorhanden ist. Solche Anfachungen haben wir mit der Elektronenwelle  $n = 1$  bereits nachgewiesen. Die Eigenfrequenz des Schwingkreises einer Zweischlitzversuchsröhre lag bei 5 cm.

Bei der Einstellung der Elektronenwelle auf  $\lambda_e = 10$  cm konnte eine ausgestrahlte Welle auf 10 cm nachgewiesen werden. Die Erzeugung von Elektronenwellen ohne abgestimmten Schwingkreis wurde kürzlich auch mit Leitbahnwellen nachgewiesen. [5]. Zur Verminderung oder zur Beseitigung dieses Störeffektes ist möglichst der elektrische Betrieb in der Nähe von  $n = 4/3$  zu vermeiden. Ist aber dieser Betrieb aus technischen Gründen notwendig, so muß die Ionenbildung durch Verhinderung starker Raumladungsbildung, d.h. durch Erzeugung größerer Hochfrequenzspannung mit Hilfe wesentlicher Kreiswiderstandserhöhung verhindert werden.

Schaltungsmäßig lassen sich die Brummstörungen durch wirksame Blockierung des Anoden-Kathodenkreises herabsetzen. Nach Art der Entstehung der Störung bringt ein zwischen Anode und Kathode auf Zwischenfrequenz abgestimmter Saugkreis gute Erfolge.

#### Die Oszillator - Abschirmung.

Die Oszillator-Abschirmung bietet im cm-Geräteaufbau Schwierigkeiten, da sie sich anders als bei Langwellen-Aufbauten auswirkt. Eine Abschirmung ist an sich notwendig, da eine unerwünschte Störstrahlung nach außen gelangt. Beim Aufbau von durchstimmbaren Magnetfeldröhren wird folgendes beobachtet: Der Oszillator mit Lecherleitung in freier Umgebung ergibt einen gewissen Abstimmbereich, z.B. 8 bis 12 cm. Der gleiche Oszillator im Abschirmgehäuse schränkt den Bereich ein oder gibt Frequenzsprungstellen. Die Ursache für diese Oszillator-einwirkung ist die Anregung von Abschirmräumen, in denen wegen der Größe der Welle Hohlraumresonanzen unvermeidlich sind. Eine Abhilfe wird durch starke Dämpfung der Hohlräume erreicht, indem z.B. deren Abschirmwände mit halbleitenden Schichten (Pertinaxplatten mit Graphitschicht) belegt werden. Bei einem solchen Aufbau wird dann meistens der Wellenbereich wie in Luft erreicht.

### Der Rauschanteil des Oszillators.

Die Rauschanalyse des cm-Wellen-Überlagerungsempfängers mit etwa 6 MHz Bandbreite ergab folgende Ergebnisse:

Es rühren 60% der Rauschleistung vom ZF-Verstärker, hauptsächlich von der Verstärkerröhre, selbst her, 30 - 35% der gesamten Rauschleistung erzeugt der periodisch durchgesteuerte Detektor als Mischorgan und nur 5% des Gesamtrauschens stammen vom Magnetfeldoszillator. Durch Anwendung anderer Oszillatoren, z.B. eines Reflexionsklystrons oder einer Scheiben-Triode, sind keine geringeren Rauschleistungen zu erwarten und bisher auch nicht beobachtet worden. Gewisse Rauschverminderungen liessen sich hauptsächlich durch Breitbandverstärkerröhren mit kleinerem Rauschwiderstand und durch Anwendung eines niederohmigeren Detektors erreichen. Beim Empfang von Impulssendern mit starker Frequenzmodulation kann ohne Erhöhung der Abstimmchwierigkeit die Bandbreite zur Herabsetzung der Rauschleistung verringert werden.

In einem besonderen Fall, bei dem bisher eine Bandbreite von 6 MHz verwendet wurde, kann eine Bandbreite von 1 - 2 MHz eine gewisse Verbesserung der Grenzempfindlichkeit bringen.

### Wahl der Oszillatorfrequenz relativ zur Empfangsfrequenz.

Die günstigste und mit Rücksicht auf Eindeutigkeit des Empfanges übersichtlichste Mischung geschieht mit Hilfe der Grundwelle des Oszillators. Naheliegender ist aber auch die Anwendung der Oberwellenmischung, um im Gebiet der kürzeren cm-Wellen mit den bereits vorhandenen durchstimmbaren Oszillatoren im längeren cm-Wellengebiet einfache Überlagerungsempfänger aufzubauen. Der Oberwellenbetrieb kann dabei grundsätzlich auf 2 Wegen durchgeführt werden. Das eine Mal kann in einem besonderen Detektor aus der Grundwelle die jeweils gewünschte Harmonische für sich erzeugt werden und dann dem zweiten als Mischorgan arbeitenden Detektor weitergeleitet werden. Das andere Mal wird die Grundwelle dem Mischdetektor unmittelbar zugeführt. Durch Verzerrung der Grundwelle bildet sich dann im Mischdetektor die jeweilige Oberwelle. Theoretisch liegen nun die Verhältnisse so, daß die Transponierungsverstärkung bei Oberwellenmischung in einem Zweipol mit nichtlinearer Kennlinie nahezu gleich groß der bei Grundwellenmischung gehalten werden kann, wenn der Stromflußwinkel,

mit dem der Detektor von der Oszillatorspannung durch geeignete negative Vorspannung und durch genügend große Wechselamplituden beaufschlagt ist, mit zunehmender Ordnungszahl der Harmonischen immer kleiner wird.

Der Rauschanteil des Detektors ändert sich hierbei nur unwesentlich. Da der größte Teil des Empfänger-Rauschens sowieso von dem nicht geänderten Zwischenfrequenz-Verstärker herrührt, bleibt die Gesamtrauschleistung annähernd erhalten. Daraus müßte folgen, daß die Grenzempfindlichkeit bei Oberwellenmischung annähernd genau so groß wie die bei der Grundwellenmischung wäre.

Nach den vorläufigen praktischen Untersuchungen liegen die gemessenen Werte bei der Anwendung der zweiten und dritten Harmonischen zur Mischung nicht so günstig, da der geforderte kleine Stromflußwinkel bei den z.Zt. benutzten Detektoren nicht realisierbar ist.

Die Ursachen hierfür werden z.Zt. untersucht. Wahrscheinlich sind sowohl die nicht vorhandene weite Ausnutzung der Detektorkennlinie als auch der Fehlstrom des Detektors ebenso wie die fehlende Oszillatorleistung (hohe Spannung am niederohmigen Widerstand) Ursachen für die praktisch gemessenen Verringerungen der Transponierungsverstärkung im Oberwellenbetrieb gegenüber der Grundwellenschaltung. Für die Annahme des fehlenden kleinen Stromflußwinkels spricht auch die Beobachtungstatsache, daß die theoretisch geforderte negative Vorspannung des Detektors im Oberwellenbetrieb ungünstigere Werte als im Falle der Detektorvorspannung Null ergab.

Bisher wurde gemessen, daß die Grenzempfindlichkeit (ausgedrückt in  $kT_0$ -Werten) im Fall der Ausnutzung der doppelten Frequenz etwa um Faktor 3 bis 4 und im Fall der 3fachen Frequenz um den Faktor 10 bis 15 gegenüber der Grundwellenmischung abfällt. Die Grenzempfindlichkeit bei Anwendung der vierfachen Frequenz und fünffachen Frequenz zum Zwecke der Mischung ergibt den gleichen  $kT_0$ -Wert wie im Falle der 3fachen Oszillator-Frequenz. Dabei ist vorläufig der günstigste Detektormischbetrieb wieder im Falle der Vorspannung Null vorhanden. Die Versuche werden mit dem Ziel fortgesetzt, die theoretisch geforderten Zweipolbeaufschlagungen im cm-Bereich mit Detektor zu realisieren.



Zusammenfassung.

1. Im cm-Wellenbereich ist die Magnetfeldröhre als durchstimmbarer Oszillator für den Überlagerungs-Empfänger brauchbar.
2. Im technischen Betrieb dieses Oszillators wird die Leitbahn-Anregung mit gleichzeitig abstimmbarer Elektronenwelle benutzt. Der günstigste technische Kompromiß aus verschiedenen Forderungen ist die 6-Schlitzröhre.
3. Beim Durchstimmen des Magnetfeldröhren-Oszillators treten Knack- und Brummstellen im Empfängerausgang auf. Die Knackstellen sind hierbei zu vermeiden, während die Ursachen der Brummstellen nur hinreichend klar und z.Zt.daher noch nicht beseitigt sind.
4. Eine günstige Abschirmung des Oszillators ohne störende Rückwirkungen auf die stetige Frequenz-Durchstimmung kann durch schlechtleitende Wandflächen der Abschirmwände erreicht werden.
5. Der Rauschanteil des Oszillators mit Magnetfeldröhre ist, bezogen auf das Gesamtrauschen, vernachlässigbar klein. Aus diesem Grunde bringt der Übergang zu anderen Oszillatorschaltungen keine Rauschveränderung.
6. Da die Oberwellenmischung mit Detektor noch relativ günstige Werte der Grenzempfindlichkeit ergibt, kann die durchstimbare Magnetfeldröhre aus dem 10 cm-Gebiet bis in das Gebiet des durchstimmbaren Empfängers im 2 cm-Gebiet verwendet werden. Die Untersuchungen zur Steigerung der Empfindlichkeit bei Oberwellenmischung sind noch nicht abgeschlossen.

Der Aufbau von technisch einsatzfähigen Überlagerungsempfängern bis zu 2 cm-Wellen ist aber bereits schon befriedigend gelöst und Geräte dieser Art werden bereits schon gefertigt.

Literatur.

1. Wolf, Linder u. Braden, Proceeding, 1935, Nr.1
2. Habann, Lorenzberichte Nr.1/2, 1937, S.55
3. Herriger u. Hülfter, Telefunkenröhre Nr.7 und 8
4. Runge, Telefunkenzeitung 1934, Nr.69, S.5
5. Djakov u. Raev, Hochfrequenztechnik und Elektroakustik, 1943 Bd.61 S.140.

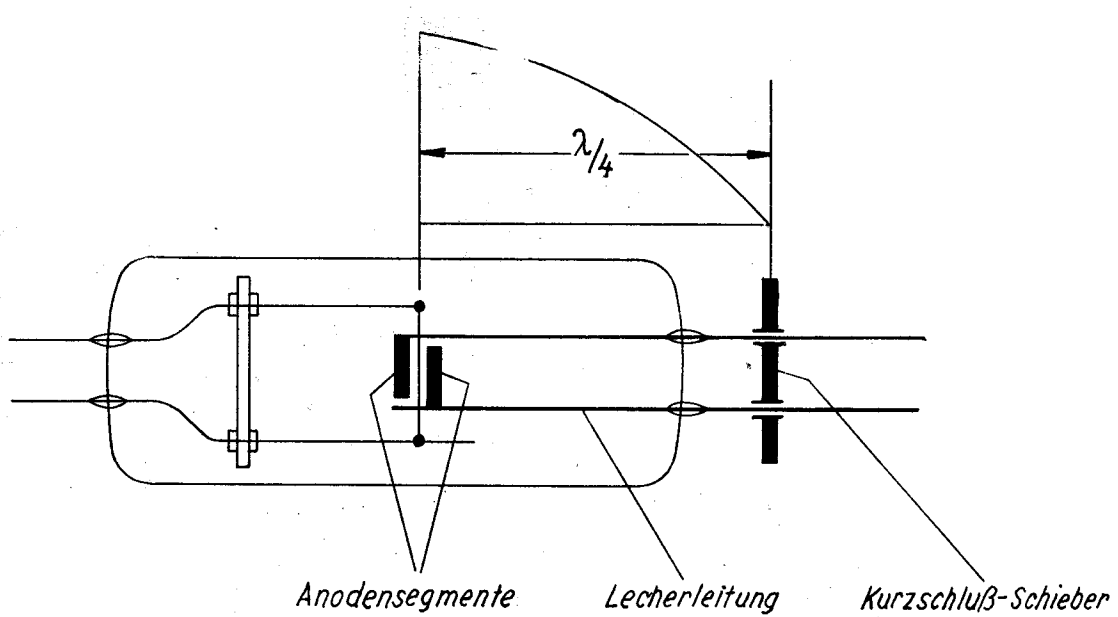


Abb.1 Schaltung der Magnetfeldröhre mit einem Anodensystem am Ende der Lecherleitung.  
(Offene Lecherleitung in der Röhre)

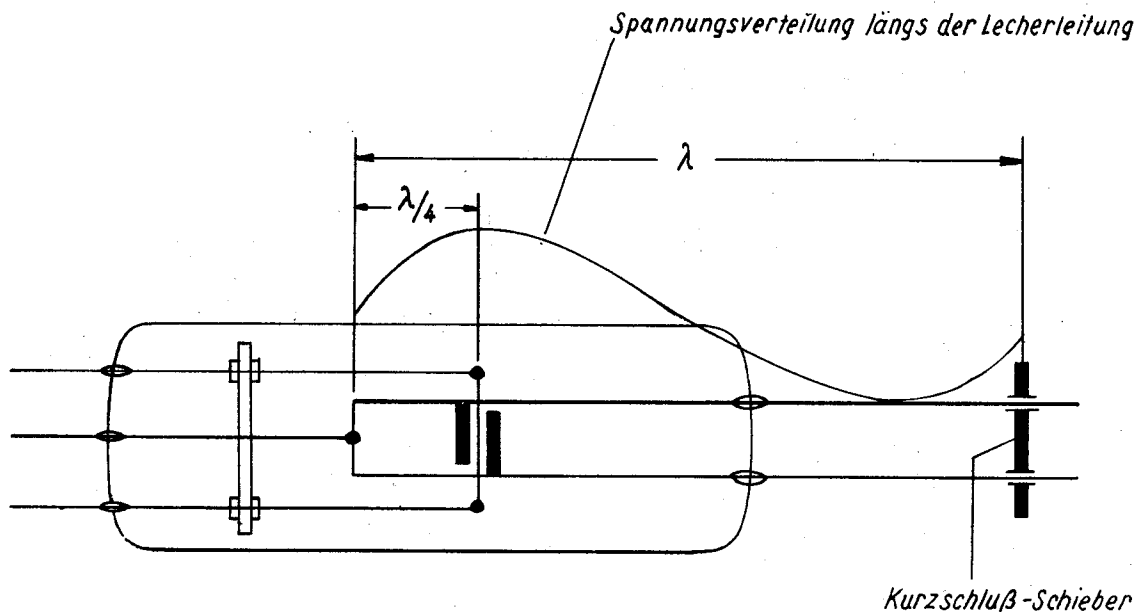


Abb.2 Schaltung der Magnetfeldröhre mit im Röhrenkolben abgeschlossener Lecherleitung. (Anodensystem ist im Abstand von  $\lambda/4$  vom Ende der Lecherleitung entfernt.)

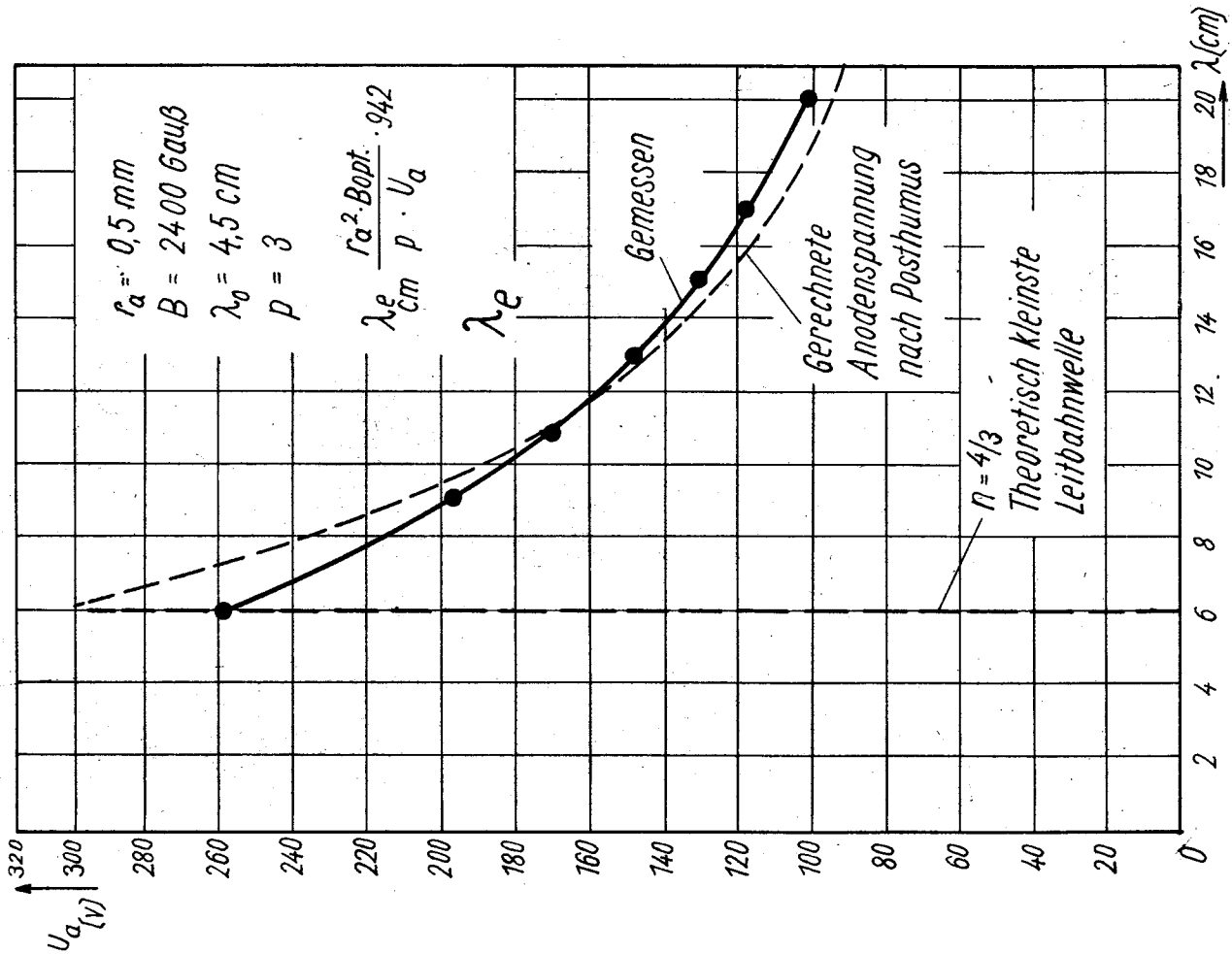


Abb. 3

**Durchstimbare 6-Schlitz-Magnetfeldröhre**  
 Abhängigkeit der Anodenspg. von der eingestellten Betriebswelle.

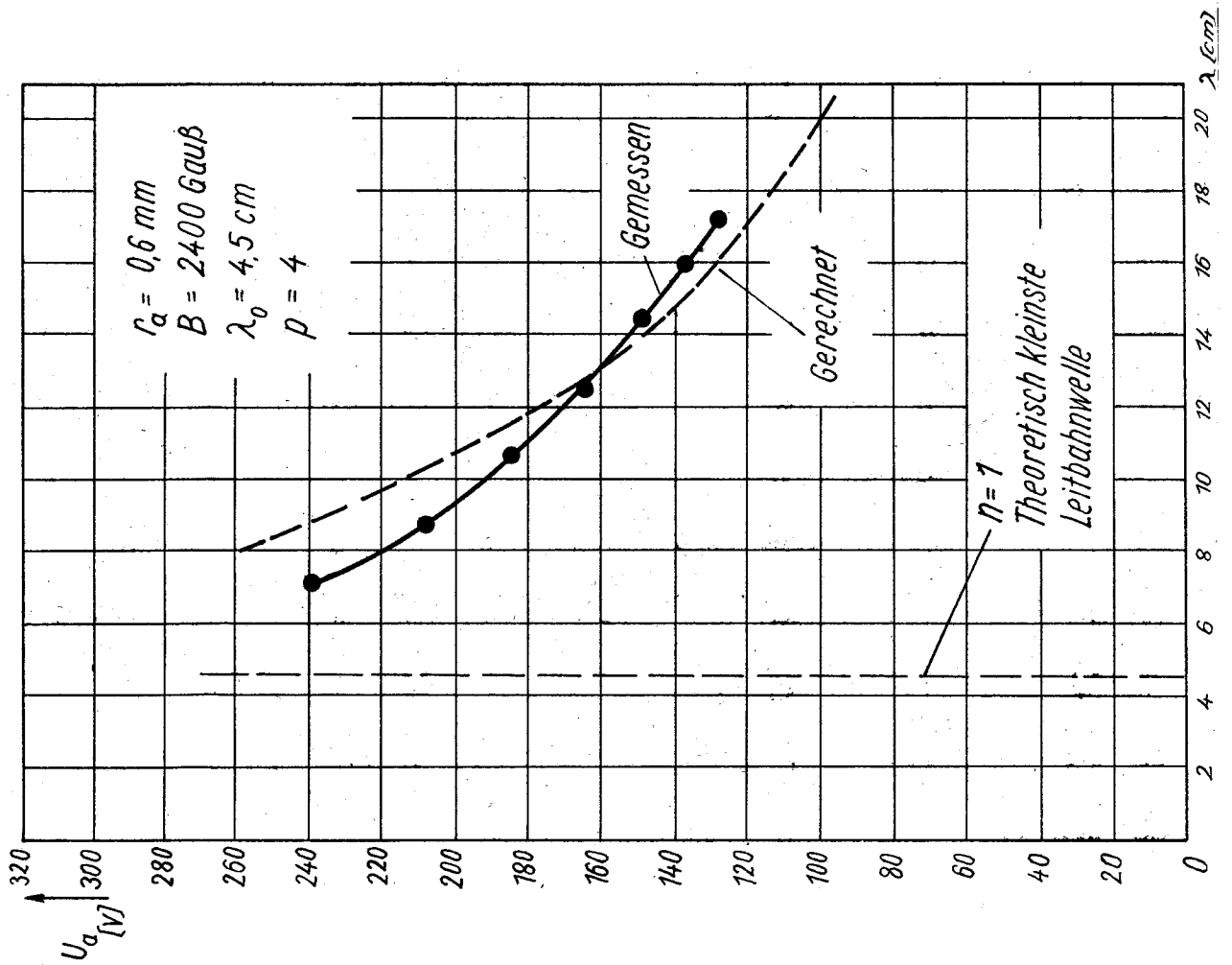


Abb. 4

### **Durchstimbare 8-Schlitz-Magnetfeldröhre**

Abhängigkeit der Anodenspannung von der eingestellten Betriebswelle.