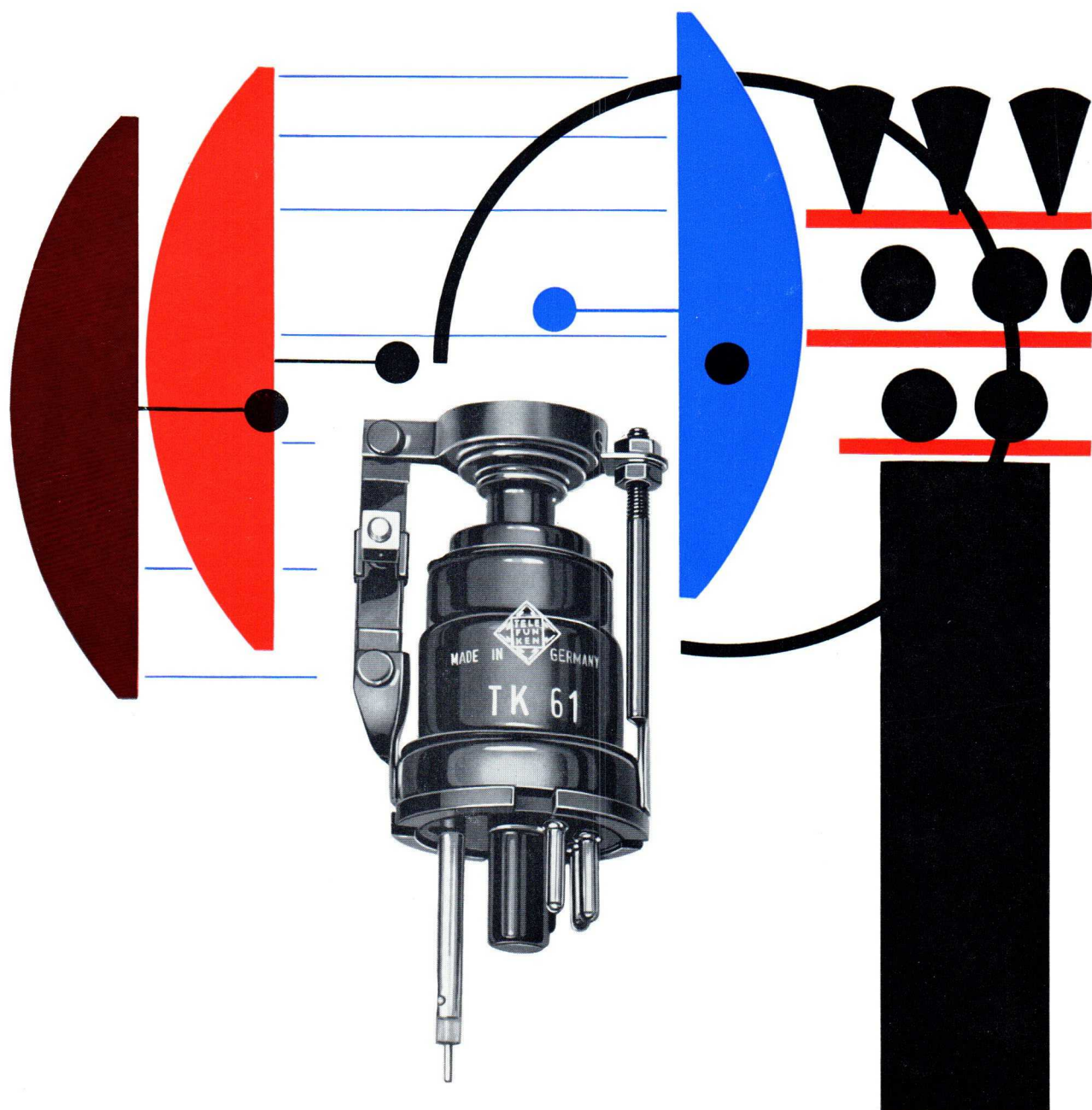


TELEFUNKEN

RÖHRENMITTEILUNGEN
FÜR DIE INDUSTRIE



Das TELEFUNKEN-Reflexklystron TK 61



In unseren Veröffentlichungen

»RÖHREN- UND HALBLEITERMITTEILUNGEN«

bringen wir in zwangloser Folge Informationen über unsere Röhren- und Halbleitertypen sowie über die Anwendung dieser aktiven Bauelemente in Schaltungen und Geräten.

Ein vierteljährlich erscheinendes Inhaltsverzeichnis gibt Ihnen eine Übersicht über diese Veröffentlichungen. Alle darin genannten Mitteilungen können jederzeit von uns nachgefordert werden.

Mit Rücksicht auf den besonderen Charakter dieser Publikationen, bitten wir zu beachten, daß sie nur zu Ihrer eigenen Information bestimmt sind. Es kann keine Gewähr dafür übernommen werden, daß die in diesen Mitteilungen beschriebenen Schaltungen, Geräte und Verfahren frei von schutzrechtlichen Ansprüchen sind.

Für die Entwicklung und Konstruktion von Geräten und Anlagen bitten wir, in jedem Fall nur neueste und verbindliche Datenblätter zugrunde zu legen.

Das Recht zur Vervielfältigung in jeder Form behalten wir uns vor. Wir sind jedoch im allgemeinen auf Anfrage gern bereit, die Genehmigung zur weiteren Verwendung des Inhaltes dieser Schrift zu erteilen.

TELEFUNKEN

G · M · B · H

GESCHÄFTSBEREICH RÖHREN
VERTRIEB

Ulm/Donau, Söflinger Straße 100

Das TELEFUNKEN-Reflexklystron TK 61

ZUSAMMENFASSUNG

Diese Röhrenmitteilung behandelt Aufbau und elektrische Eigenschaften des TELEFUNKEN-Reflexklystrons TK 61, das im Frequenzbereich 6,5...7,7 GHz als direktmodulierter Sender oder als rauscharmer Empfangs-Oszillator in Schmalband-Richtfunksystemen und Radarbild-Übertragungsanlagen eingesetzt werden kann.

Das TELEFUNKEN-Reflexklystron TK 61 hat weitgehend die gleichen elektrischen Daten wie das in der Röhrenmitteilung 600760 beschriebene Reflexklystron TK 6.

Dagegen ist die Konstruktion der mechanischen Abstimmvorrichtung unterschiedlich. Durch Verzicht auf einen linearen Zusammenhang zwischen der Klystronfrequenz und der Umdrehungszahl der Abstimm-schraube ist die TK 61 besonders unempfindlich gegen Erschütterungen.

Mit Rücksicht auf eine in sich geschlossene Darstellung werden in dieser Mitteilung einige zum Verständnis wichtige Kapitel aus der Röhrenmitteilung 600760 wiederholt und darüber hinaus die besonderen Merkmale sowie die Betriebsdaten der TK 61 angegeben.

INHALT

1. Anwendung
2. Aufbau
 - 2.1. Strahlerzeugungssystem
 - 2.2. Resonator
 - 2.3. Reflektor
 - 2.4. Leistungs-Auskopplung
3. Elektrische Eigenschaften
 - 3.1. Sendeoszillator
 - 3.1.1. Leistung
 - 3.1.2. Optimale Reflektorspannung
 - 3.1.3. Elektronische Bandbreite
 - 3.1.4. Modulations-Steilheit
 - 3.1.5. Hysterese
 - 3.2. Empfangsoszillator
 - 3.2.1. Leistung
 - 3.2.2. Optimale Reflektorspannung
 - 3.2.3. Elektronische Bandbreite
 - 3.2.4. Modulations-Steilheit

- 3.3. Rauschen
4. Einsatzhinweise
5. Literatur
6. Technische Daten

1. ANWENDUNG

Für die Schwingerzeugung im Zentimeterwellengebiet werden vorwiegend Reflexklystrons eingesetzt. Bei Innenkreis-Reflexklystrons ist der frequenzbestimmende Schwingkreis in Form eines Hohlraumresonators in das Vakuumgefäß eingebaut. Die Abstimmung erfolgt durch Änderung des Resonatorspaltes mittels einer Membrane. Zum Betrieb sind neben der Heizspannung lediglich zwei stabilisierte Gleichspannungen, die Resonator- und Reflektorspannung, erforderlich [1], [2].

Das hier beschriebene TELEFUNKEN-Reflexklystron TK 61 arbeitet im Frequenzbereich 6,5...7,7 GHz mit einer maximalen Ausgangsleistung von über 200 mW. Die TK 61 kann als direktmodulierter Sender und, bei reduzierter Resonatorspannung, als Empfangs-Oszillator in Fernseh-Reportage-Geräten, Radarbild-Übertragungsanlagen, Schmalband-Richtfunksystemen usw. eingesetzt werden [3], [4]. Auf der **Titelseite** ist das Reflexklystron TK 61 dargestellt.

2. AUFBAU

Die TK 61 ist ein Innenkreis-Reflexklystron in Ganzmetallausführung mit Koaxialauskopplung. Die Schnittzeichnung **Bild 1** läßt alle wesentlichen konstruktiven Merkmale des Klystrons wie Strahlerzeugungssystem, Resonator und Abstimmvorrichtung erkennen.

2.1. Strahlerzeugungssystem

Für die TK 61 wurde ein Strahlerzeugungssystem hoher Perveanz verwendet, da die im Klystron erzeugte Hochfrequenzleistung, der Wirkungsgrad und die elektronische Bandbreite mit zunehmender Perveanz ansteigen. Die Perveanz des Strahlerzeugungssystems der TK 61 beträgt etwa $5 \cdot 10^{-6} \text{ A/V}^{3/2}$, ein für Strahl-

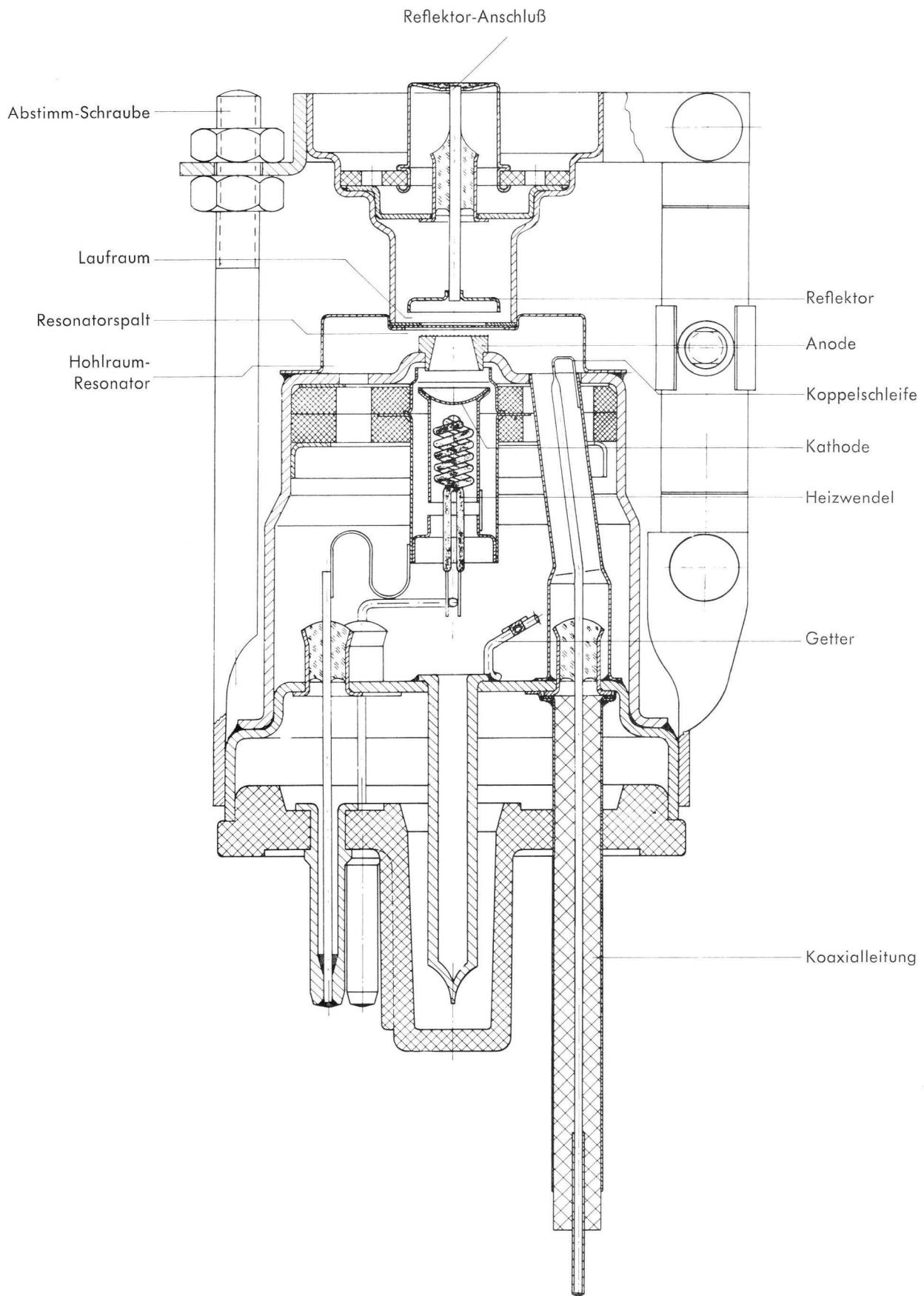


Bild 1. Systemaufbau der TK 61

erzeugungssysteme ohne Beschleunigungsgitter sehr hoher Wert.

Ein gitterloses Strahlerzeugungssystem hat den Vorteil, daß die Ausbildung unerwünschter Plasmaschwingungen von Ionen und Elektronen weitgehend vermieden wird. Das System liefert bei einer Anodenspannung von +300 V einen Strom von etwa 26 mA.

Die Kathodenoberfläche ist als Kugelkalotte ausgebildet. Die Kathodenstromdichte beträgt bei der TK 61 etwa 100 mA/cm². Diese kleine Kathodenbelastung ist eine wesentliche Voraussetzung für eine lange Lebensdauer der Röhre. Besonderer Wert wurde auf einen laminaren Fluß der Elektronen im Strahlerzeugungssystem gelegt, da dies eine wesentliche Voraussetzung für geringes Rauschen ist.

2.2. Resonator

Der Schwingkreis ist als kapazitiv beschwerter kreiszylindrischer Hohlraum-Resonator ausgebildet (Bild 1). Der zur kapazitiven Beschwerung dienende Stempel ist gleichzeitig Anode und trägt das erste der den Kreis abschließenden Gitter. In die als Membrane ausgebildete obere Stirnfläche ist das zweite Gitter eingelötet.

Die Betriebsfrequenz des Klystrons wird durch Änderung der Resonatorkapazität (Resonatorspalt) eingestellt. Dazu kann die obere Stirnwand des Resonators, die als Membrane ausgebildet ist, durch eine Abstimm-Vorrichtung etwa in axialer Richtung verschoben werden. Die Änderung erfolgt durch Spreizen zweier Blattfedern, die durch einen Bolzen gehalten werden. Diese Abstimm-Vorrichtung hat den Vorteil, daß die eingestellte Frequenz sich auch bei starken Erschütterungen der Röhre nicht ändert. Ein Nachteil ist die stark gekrümmte Charakteristik der Frequenzeinstellung in Abhängigkeit von der Umdrehungszahl der Abstimm-schraube. Es wird daher empfohlen, die TK 61 überall dort zu verwenden, wo kein sehr häufiger Frequenzwechsel vorgenommen wird, wo die Abstimmcharakteristik keine Rolle spielt und wo die Röhre besonderen mechanischen Beanspruchungen, wie bei allen mobilen Anlagen, ausgesetzt ist. Ist ein annähernd linearer Verlauf der Abstimmcharakteristik erwünscht, so wird die Verwendung des Reflex-Klystrons TK 6 vorgeschlagen. Die TK 6 ist für den gleichen Frequenzbereich wie die TK 61 vorgesehen. Sie hat auch nahezu die gleichen elektrischen Daten.

2.3. Reflektor

An die obere Stirnwand des Resonators schließt sich der Reflektorraum an (Bild 1). Im Reflektorraum wer-

den durch den negativ gegenüber der Kathode vorgespannten Reflektor die von der Kathode kommenden Elektronen abgebremst und zur Anode zurückgelenkt. Je nach Wahl der Reflektorspannung können mehrere Schwingbereiche auftreten. Die Länge des Reflektorraumes, der durch den Reflektor abgeschlossen wird, wurde bei der TK 61 für optimalen Betrieb im 3. Schwingbereich, entsprechend einem Laufwinkel von $\Phi = 7,5 \cdot \pi$ ausgelegt. Das entspricht einem Kompromiß zwischen maximaler Leistung und größtmöglicher Durchstimmbareit. Auch ist in diesem Schwingbereich das Rauschen besonders niedrig (siehe Abschnitt 3.). Durch Änderung der Reflektorspannung kann die Frequenz des Klystrons in gewissen Grenzen variiert werden. Da die Reflektorelektrode keinen Strom aufnimmt, ist bekanntlich eine leistungslose Frequenzmodulation des Klystrons möglich.

2.4. Leistungsauskopplung

Die HF-Leistung wird aus dem Hohlraum-Resonator induktiv ausgekoppelt und über eine Koaxialleitung in einen Hohlleiter eingekoppelt. Ein Beispiel für den Übergang der Röhre auf einen Rechteck-Hohlleiter ist

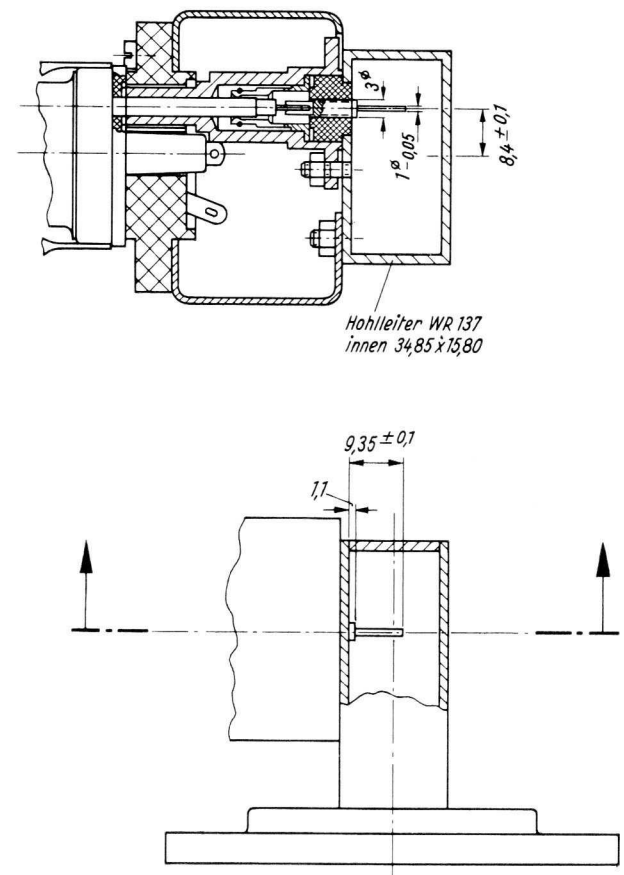


Bild 2. Beispiel für den Übergang von der Röhre TK 61 auf einen Rechteck-Hohlleiter (ohne Abstimm-elemente)

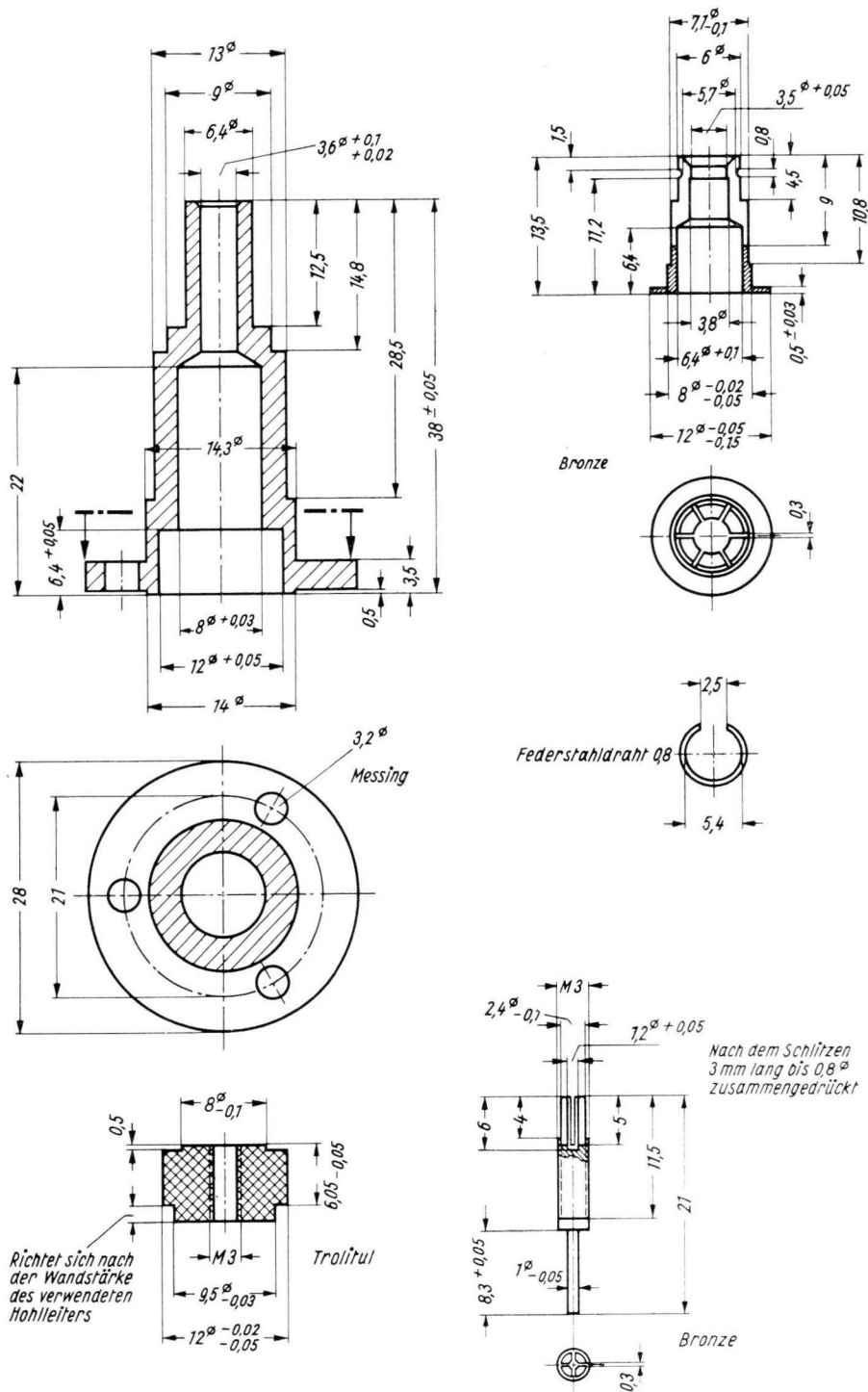


Bild 3. Einzelteile für die Hohlleiterankopplung

in **Bild 2** dargestellt. Die Abmessungen der dazu erforderlichen Einzelteile können **Bild 3** entnommen werden. Um der Röhre bei jeder Frequenz maximale Leistung entnehmen zu können, ist es notwendig, die Last an das Reflex-Klystron anzupassen. Dazu sind Anpassungselemente in der Nähe der Einkopplung geeignet. Die Anpassung der Röhre an den Verbraucher kann durch Kurzschlußschieber und Anpassungsschraube im Ankoppelteil des Senders erfolgen. Für einen begrenzten Durchstimmbereich (zum Beispiel ca. 300 MHz) können diese Abstimmeelemente im allgemeinen fest eingestellt bleiben. Die optimale Einstellung erfolgt zweckmäßig für die jeweilige Mittelfrequenz des begrenzten Durchstimmbereiches.

3. ELEKTRISCHE EIGENSCHAFTEN

Das Reflex-Klystron kann als direkt modulierter Sendezosillator oder als Empfangs-Oszillator in Richtfunkanlagen eingesetzt werden. In Schmalband-Sendeanlagen wird etwa 100 mW Ausgangsleistung für den Sendezosillator benötigt. Im Empfangsoszillator sind nur etwa 20 mW erforderlich. Es ist daher zweckmäßig, die Röhre als Empfangsoszillator mit reduzierter Resonatorspannung zu betreiben. Hierdurch erreicht man neben höherer Lebensdauer auch ein geringeres Rauschen. Zunächst werden die Eigenschaften der Röhre als Sendezosillator und anschließend als Empfangsoszillator beschrieben.

3.1. Sendezosillator

Als Sendezosillator wird das Klystron mit einer Resonatorspannung von 300 V betrieben. Darauf beziehen sich anschließend beschriebene Daten.

3.1.1. Leistung

Die Hochfrequenzleistung der TK 61 ist, wie bei allen Reflexklystrons, frequenzabhängig (**Bild 4**). Bei etwa 7,4 GHz erreicht die Röhre ihr Leistungsmaximum von ca. 200 mW. Dabei besitzt sie einen Wirkungsgrad von etwa 2,5%.

3.1.2. Optimale Reflektorspannung

Zu jeder mechanisch eingestellten Frequenz gehört eine bestimmte Reflektorspannung, bei der die Röhre ihre optimale HF-Leistung abgibt. Der Streubereich der optimalen Reflektorspannung ist in **Bild 5** in Abhängigkeit von der Frequenz aufgetragen.

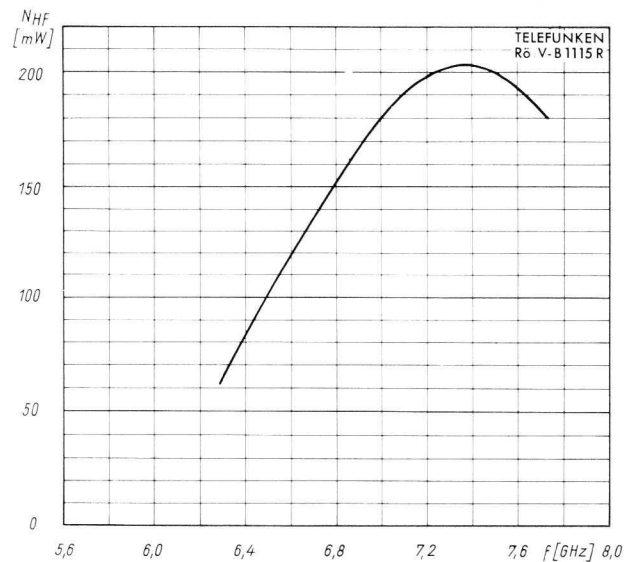


Bild 4. HF-Leistung in Abhängigkeit von der Frequenz ($U_0 = 300$ V)

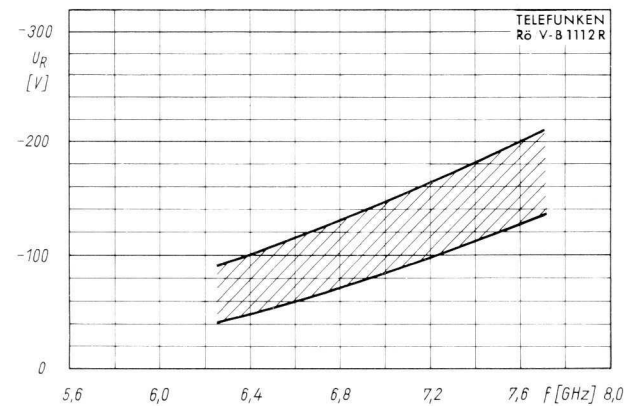


Bild 5. Streubereich der optimalen Reflektorspannung in Abhängigkeit von der Frequenz ($U_0 = 300$ V)

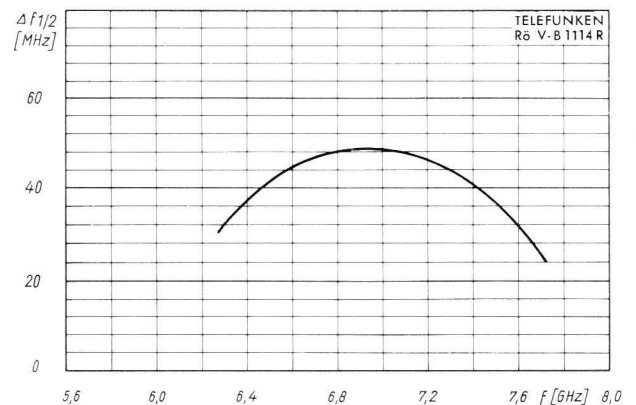


Bild 6. Elektronische Bandbreite in Abhängigkeit von der Frequenz ($U_0 = 300$ V)

3.1.3. Elektronische Bandbreite

Die elektronische Bandbreite ist bei der TK 61 im gesamten Frequenzbereich größer als 20 MHz und maximal 50 MHz (Bild 6). Die elektronische Bandbreite eines Reflexklystrons ist die Frequenzdifferenz zwischen den Punkten halber Leistung, wobei die Frequenzänderung durch Variieren der Reflektorspannung hervorgerufen wird. Die elektronische Bandbreite ist von dem Ankopplungsgrad des Klystrons an die Last abhängig. Sie wird im allgemeinen bei optimaler Anpassung des Klystrons an die Last angegeben. Eine große elektronische Bandbreite ist für den Einsatz der Röhre als direkt frequenzmodulierter Sendezosillator wichtig.

3.1.4. Modulations-Steilheit

Die Modulationskennlinie (Bild 7) zeigt die Abhängigkeit der Klystronfrequenz von der Reflektorspannung. Bei der optimalen Reflektorspannung besitzt diese Kennlinie einen Wendepunkt und hat beiderseits dieses Wendepunktes einen nahezu geradlinigen Verlauf. Dieser Bereich wird zur Frequenzmodulation des Klystrons ausgenutzt. Durch zusätzliches Anschalten einer frequenzabhängigen Last läßt sich die Modulations-Kennlinie weitgehend linearisieren. Man verwendet bandfilterartige Anordnungen in Form von Resonanzleitungen und Hohlraumresonatoren, die untereinander durch Stifte, Schleifen oder Bänder gekoppelt sind. Optimale Ergebnisse werden erreicht, wenn in der Schaltung als Wirkwiderstände nur der Lastwiderstand und die unvermeidlichen Resonanzwiderstände enthalten sind [5], [6].

Bild 8 zeigt die Modulations-Steilheit im Wendepunkt der Modulations-Kennlinie als Funktion der Klystronfrequenz. Die Modulations-Steilheit ist durch die Tangente an die Modulations-Kennlinie im jeweiligen Arbeitspunkt gegeben. Sie gibt die für eine vorge-

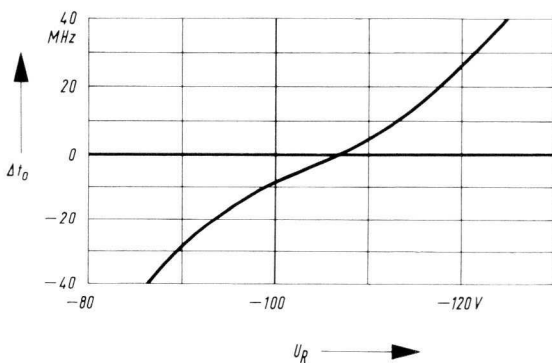


Bild 7. Modulationskennlinie der TK 61

gebene Frequenzänderung erforderliche Reflektorspannungsänderung an. Die Modulations-Steilheit ist wie die elektronische Bandbreite von dem Ankopplungsgrad des Klystrons an die Last abhängig. Die Kurve von Bild 8 ist für Leistungsanpassung aufgenommen. Die Modulations-Steilheit der TK 61 beträgt am oberen Frequenzende 0,8 MHz/V und steigt auf 2 MHz/V am unteren Frequenzende an.

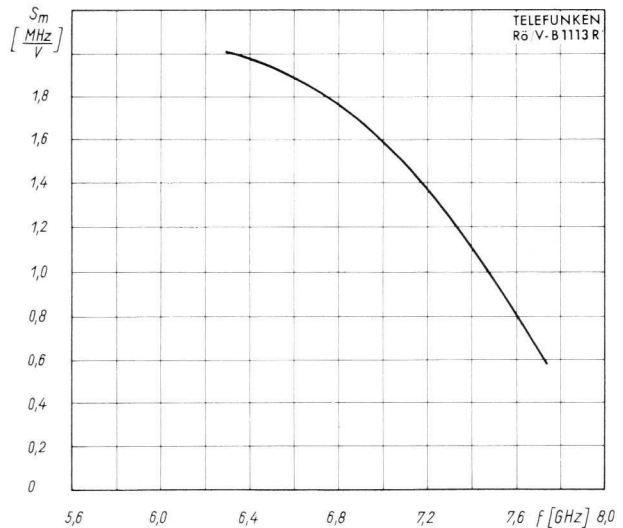


Bild 8. Modulationssteilheit in Abhängigkeit von der Frequenz ($U_0 = 300 \text{ V}$)

3.1.5. Hysterese

Man versteht unter Hysterese sprunghafte Änderungen der Frequenz und Amplitude in Abhängigkeit von der Reflektorspannung und der Richtung, in der die Reflektorspannung verändert wird. Eine der möglichen Ursachen für die Hysterese liegt darin, daß die Elektronen nach ihrer Energieabgabe erneut umkehren und den Resonatorspalt ein drittes Mal durchlaufen. Beim TELEFUNKEN-Reflexklystron TK 61 wurde durch geeignete Dimensionierung des Strahlerzeugungssystems, des Reflektors und der Anode die Hysterese sehr klein gehalten. Dies gilt sowohl für den Betrieb als Sende- als auch als Empfangszosillator.

3.2. Empfangszosillator

3.2.1. Leistung

Als Oszillatorleistung zur Umsetzung der empfangenen Höchsthfrequenz auf die Zwischenfrequenz in Richtfunkanlagen sind im allgemeinen nicht mehr als

20 mW erforderlich. Um diese Leistung in dem Frequenzbereich von 6,5 GHz...7,7 GHz zu erreichen, kann die Resonatorspannung von 300 V auf 240 V reduziert werden (**Bild 9**).

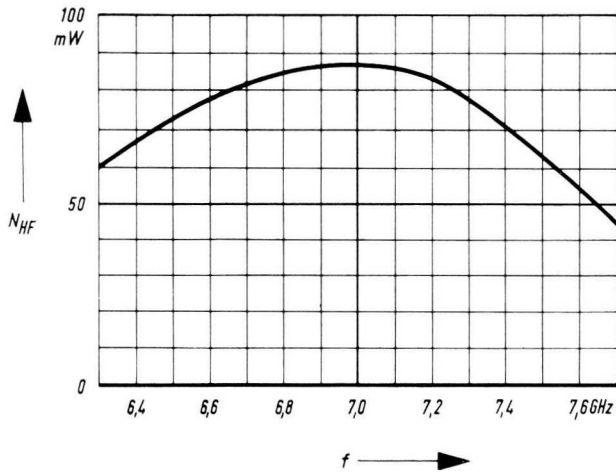


Bild 9. HF-Leistung in Abhängigkeit von der Frequenz ($U_0 = 240$ V)

3.2.2. Optimale Reflektorspannung

Der Betrag der optimalen Reflektorspannung bei einem Betrieb mit 240 V Resonatorspannung ist gegenüber dem Betrag der optimalen Reflektorspannung bei 300 V Resonatorspannung leicht erhöht (**Bild 10**).

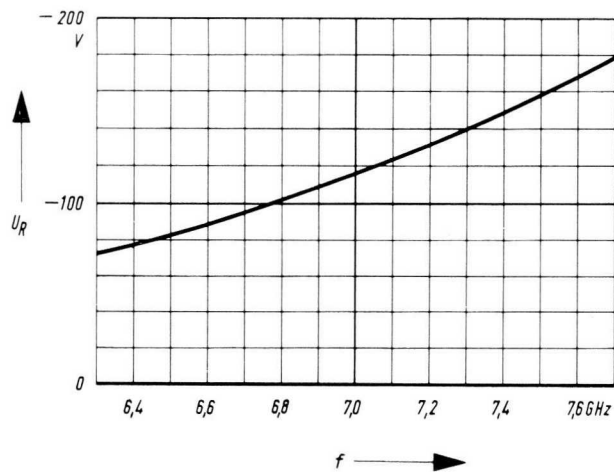


Bild 10. Optimale Reflektorspannung in Abhängigkeit von der Frequenz ($U_0 = 240$ V)

3.2.3. Elektronische Bandbreite

Beim Betrieb der Röhre als Empfangsoszillator wird die elektronische Bandbreite für einen anderen Zweck ausgenutzt als beim Betrieb als Sendeoszillator, und zwar zur elektronischen Nachstimmung der Empfangsfrequenz auf die Sollfrequenz.

Eine Verstimmung der Klystronsfrequenz kann durch Temperaturänderungen und Schwankungen der Versorgungsspannungen hervorgerufen werden. Die Schwankungen der Versorgungsspannungen können durch Spannungsstabilisierung klein genug gehalten werden, so daß die elektronische Nachstimmung der Klystronfrequenz im allgemeinen nur auf die Frequenzänderungen infolge von Schwankungen der Umgebungstemperatur ausgerichtet zu werden braucht. Für mobile Richtfunkgeräte liegen die Extremwerte der Umgebungstemperatur bei -30°C und $+60^\circ\text{C}$, so daß mit Temperaturschwankungen von nahezu 100°C gerechnet werden muß. Damit entsteht bei einem Temperaturkoeffizienten von $0,15\text{ MHz}/^\circ\text{C}$ eine Frequenzänderung von 15 MHz , das heißt die Bandbreite für elektronische Frequenznachstimmung muß mindestens 15 MHz betragen. In **Bild 11** ist die elektronische Bandbreite in Abhängigkeit von der Frequenz für 240 V Resonatorspannung bei optimaler Leistungsanpassung aufgetragen.

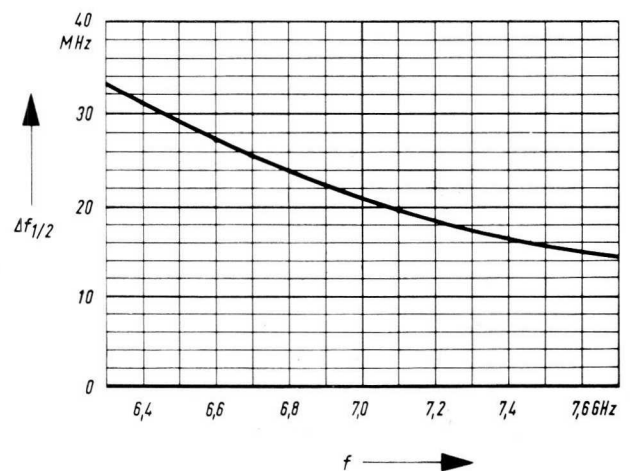


Bild 11. Elektronische Bandbreite in Abhängigkeit von der Frequenz ($U_0 = 240$ V)

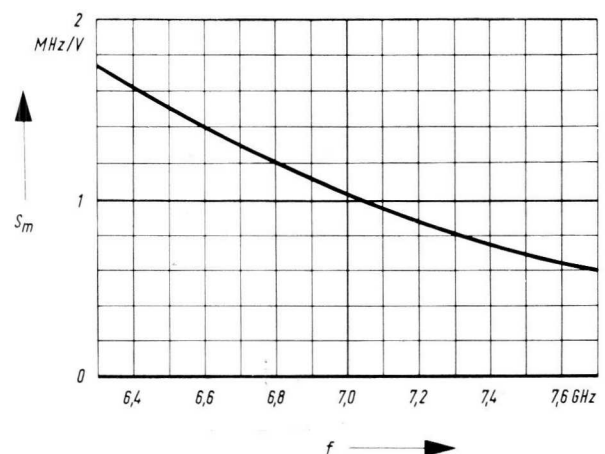


Bild 12. Modulationssteilheit in Abhängigkeit von der Frequenz ($U_0 = 240$ V)

3.2.4. Modulations-Steilheit

Die Modulations-Steilheit ist beim Betrieb der Röhre als Empfangsoszillator ein Maß für die Dimensionierung der Nachstimm-Einrichtung. Sie ist in **Bild 12** in Abhängigkeit von der Frequenz aufgetragen.

3.3. Rauschen

Durch statistische Schwankungen der Elektronengeschwindigkeit und der Elektronenzahl im Resonatorspalt und Reflektorraum wird die HF-Leistung und die Frequenz eines Reflex-Klystrons moduliert. Man nennt diesen Effekt „Rauschmodulation“. Für Richtfunksysteme mit Frequenzmodulation ist derjenige Anteil der Rauschmodulation störend, der statistischen Schwankungen der vom Klystron erzeugten Frequenz hervorruft. Man nennt diesen Anteil Frequenzrauschen. Als Maß für dieses Frequenzrauschen dient die Wurzel aus dem mittleren Schwankungsquadrat. Es wird im folgenden als Rauschhub $\sqrt{\Delta f^2}$ bezeichnet.

Der Rauschhub wird im allgemeinen mit einem empfindlichen Empfänger über einen Höchsthfrequenz-Diskriminator gemessen. Je größer die Bandbreite eines solchen Empfängers ist, desto größer ist der innerhalb dieser Bandbreite „erfaßte“ Rauschhub, desto kleiner ist aber im allgemeinen auch die Empfindlichkeit des Empfängers. Für FM-Systeme genügt meistens die Angabe des Rauschhubes bei einer Bandbreite des Empfängers von etwa 3 kHz und einer festen Basisfrequenz von 100 kHz. Für Fernsehübertragungen ist es infolge der größeren Bandbreite auch interessant, den Rauschhub bei höheren Basisfrequenzen, beispielsweise bis über 1 MHz, zu kennen. Der Rauschhub ist von der Modulationssteilheit ab-

hängig. Er erreicht in Abhängigkeit von der Reflektorspannung einen Minimalwert in der Nähe der optimalen Reflektorspannung für maximale Leistung. In **Bild 13** sind der Rauschhub und die HF-Leistung N_{HF} bei der Frequenz 7,1 GHz in Abhängigkeit von der Reflektorspannung aufgetragen. In **Bild 14** sind der

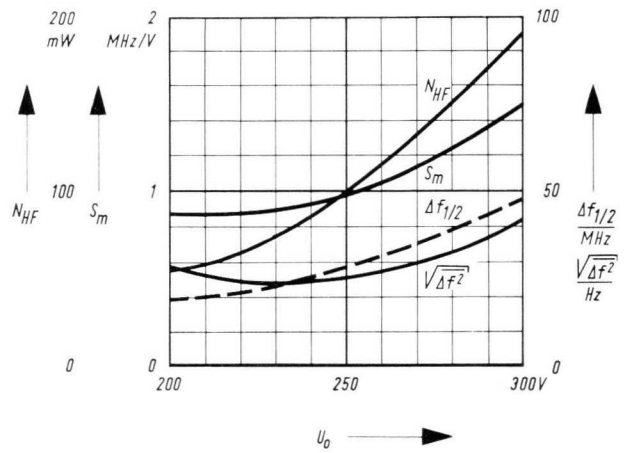


Bild 14. Rauschhub, elektronische Bandbreite, Modulationssteilheit und HF-Leistung in Abhängigkeit von der Resonatorspannung ($f_0 = 7,1$ GHz)

Rauschhub, die HF-Leistung N_{HF} , die elektronische Bandbreite $\Delta f_{1/2}$ und die Modulationssteilheit S_m bei 7,1 MHz in Abhängigkeit von der Resonatorspannung dargestellt. Der Rauschhub zeigt ein flaches Minimum bei einer Resonatorspannung zwischen 210 V und 250 V. Für den Betrieb der Röhre als Empfangsoszillator, bei dem ohnehin nicht die volle Leistung benötigt wird, ist es daher vorteilhaft, die Röhre mit einer solchen Resonatorspannung zu betreiben.

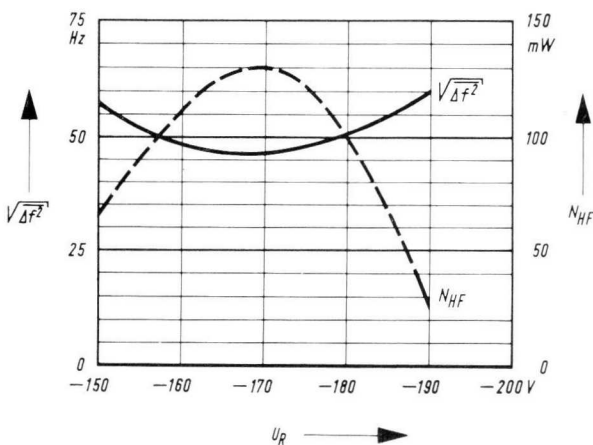


Bild 13. Rauschhub und HF-Leistung in Abhängigkeit von der Reflektorspannung ($f_0 = 7,1$ GHz)

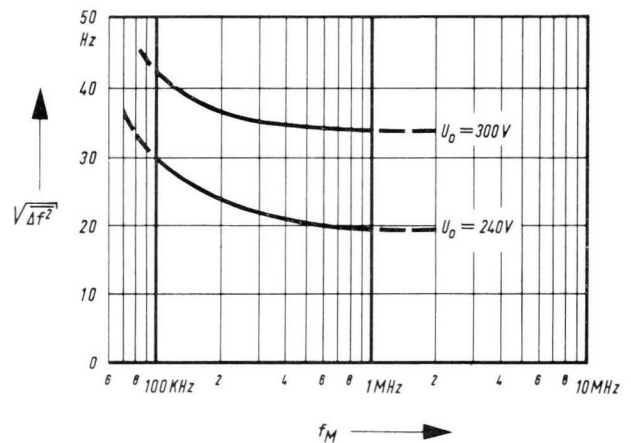


Bild 15. Rauschhub in Abhängigkeit von der Basisfrequenz f_M für $U_0 = 240$ V und $U_0 = 300$ V (Basisbandbreite $\Delta f_M = 3,1$ kHz)

Nun interessiert bei verschiedenen Resonatorspannungen nicht nur der Rauschhub bei einer festgelegten Basisfrequenz, sondern auch die Abhängigkeit des Rauschhubes von der Basisfrequenz bei den beiden für den Betrieb als Empfangs- bzw. Sendeoszillator verwendeten Resonatorspannungen 240 V und 300 V. In **Bild 15** ist der innerhalb einer Bandbreite von 3,1 kHz gemessene Rauschhub in Abhängigkeit von der Basisfrequenz für 240 V und 300 V Resonatorspannung aufgetragen. Der Rauschhub fällt mit wachsender Basisfrequenz bei 240 V Resonatorspannung stärker als bei 300 V.

Das Frequenzrauschen ist durchweg bei 240 V Resonatorspannung wesentlich kleiner als bei 300 V. Die Röhre kann also mit 240 V Resonatorspannung als rauscharmer Empfangsoszillator für den 7-GHz-Bereich verwendet werden.

Alle beschriebenen Ergebnisse beziehen sich auf den 3. Schwingbereich. In den Schwingbereichen $n = 2$ und $n = 4$ ist der Rauschhub größer, wie in **Bild 16** dargestellt ist. Darin ist noch der Rauschhub in Abhängigkeit von der Klystron-Betriebsfrequenz aufgetragen. Der Rauschhub besitzt im mittleren Frequenzbereich, also bei etwa 7 GHz, ein Maximum, das am stärksten ausgeprägt im 2. und 4. Schwingbereich ist. Im Schwingbereich $n = 3$ ist die Abhängigkeit des Rauschhubs von der Klystronarbeitsfrequenz klein und

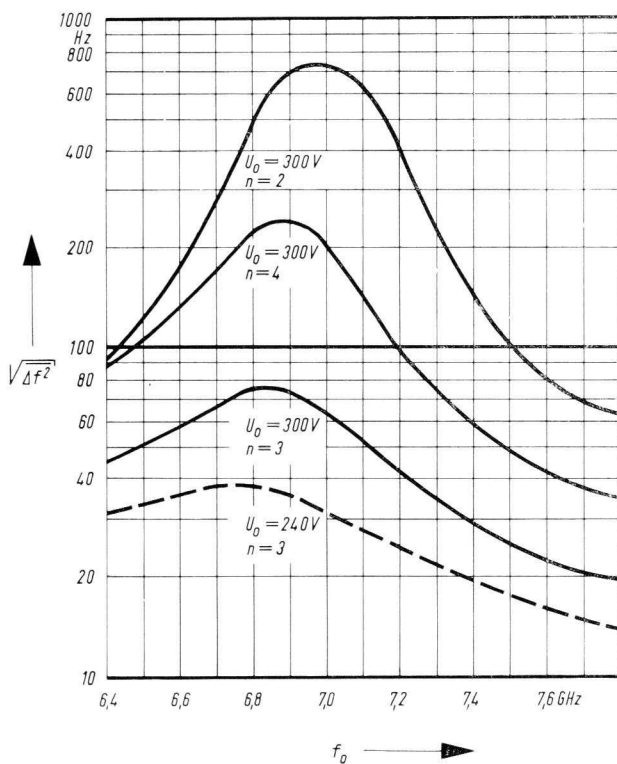


Bild 16. Rauschhub in Abhängigkeit von der Frequenz für die Schwingbereiche $n = 2, n = 3$ und $n = 4$ bei $U_0 = 300 V$ und $n = 3$ bei $U_0 = 240 V$

erreicht mit 300 V Resonatorspannung bei etwa 6,9 GHz einen Maximalwert von rund 80 Hz. Mit 240 V Resonatorspannung liegt der Maximalwert bei etwa 35 Hz (gestrichelte Kurve).

4. EINSATZHINWEISE

Die Röhre kann in jeder Lage eingebaut werden. Wenn notwendig, muß sie jedoch gegen Herausfallen aus der Fassung gesichert werden. Dies kann zum Beispiel durch Federklammern, die auf den unteren Rand des Kolbens drücken, erreicht werden. Auf eine gute Kontaktgabe der Koaxialleitung mit der Hohlleiter-Ankopplung ist besonders zu achten. Starke Magnetfelder sind von der Röhre fernzuhalten, da sie den Strahlverlauf verändern. Es ist also erforderlichenfalls für eine ausreichende Abschirmung zu sorgen.

Werden besondere Anforderungen an die Frequenzkonstanz des Senders gestellt, dann empfiehlt sich die Stabilisierung aller Betriebsspannungen, also der Heiz-, Resonator- und Reflektorspannung. Da der Röhrenkolben das Potential des Resonators (+300 V) führt, ist es zweckmäßig, den Resonator zu erden. Dadurch wird die Kathode negativ gegen Erde. Wird der Heizfaden mit der Kathode verbunden, so muß ein hochspannungsfester Heiztrafo verwendet werden.

Vor dem Anlegen der Reflektor- und Resonatorspannung ist die Röhre erst etwa 1,5 Minuten mit $U_f = 6,3 V$ zu heizen. Die Reflektorspannung darf nie

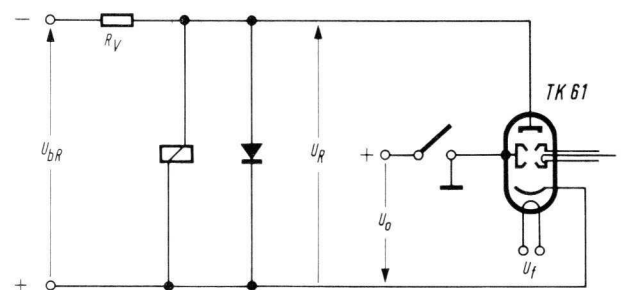


Bild 17. Schaltungsvorschlag zur automatischen Abschaltung der Resonatorspannung bei fehlender oder positiver Reflektorspannung.

Null oder gar positiv gegen Kathode werden, da der dann fließende Reflektorstrom den Reflektor überlasten und die Röhre zerstören würde. Die Resonatorspannung darf daher erst dann eingeschaltet werden, wenn am Reflektor die Sollspannung liegt.

Dies läßt sich zum Beispiel durch ein von der Reflektorspannung gesteuertes Relais erreichen, das die Resonatorspannung einschaltet (**Bild 17**). Durch eine parallel zur Relaiswicklung liegende Diode wird eine versehentlich falsch gepolte Reflektorspannung kurzgeschlossen und über das Relais die Resonatorspannung abgeschaltet.

Wird der Reflektor-Gleichspannung eine Wechselspannung zur Modulation der Klystronfrequenz überlagert, dann verhindert die Diode, daß der Momentanwert der Reflektorspannung bei zu großer Amplitude dieser Wechselspannung positiv wird.

Dr. Klein, Dr. Henne

5. LITERATUR

- [1] J. R. Pierce and W. G. Shepherd:
"Reflex-Oscillators"
The Bell System Technical Journal 26, July 1947,
S. 460–681

- [2] J. J. Hamilton:
"Reflex-Klystrons"
London, Chapman 9 Hall, Ltd. 1958

- [3] R. Schienemann:
„Eine 7-GHz-Kleinfunkbrücke“
TELEFUNKEN-Zeitung 32 (1959), S. 251–264

- [4] Boden, Ch.:
„Ein Richtfunkgerät zur Übertragung von
Funksignalen im 7-GHz-Frequenzbereich“
F. u. G. Rdsch. H. 45 (1960), S. 260–277

- [5] E. Schuon und H. J. Butterweck:
„Die Linearisierung der Frequenzmodulations-
kennlinie eines Reflex-Klystrons“
AEÜ Bd. 12, M3, März 1958, S. 99–108

- [6] E. D. Reed:
"A Coupled Resonator Reflexklystron"
The Bell System Technical Journal 32, May 1953,
S. 715–766







DIE DEUTSCHE WELTMARKE

Empfänger-Röhren	Receiving tubes
Verstärker-Röhren	Amplifying tubes
Fernseh-Bildröhren	TV picture tubes
Germanium-Dioden	Germanium diodes
Silizium-Dioden	Silicon diodes
Transistoren	Transistors
Spezialröhren	Special tubes
Mikrowellen-Röhren	Microwave tubes
Oszillographen-Röhren	Cathode ray tubes
Klein-Thyratrons	Small thyratrons
Kaltkathoden-Röhren	Cold-cathode tubes
Bildwandler-Röhren	Image converter tubes
Photovervielfacher	Photo multipliers
Photozellen	Photo tubes
Photowiderstände	Photo conductors
Stabilisatoren	Voltage stabilizers
Senderöhren	Transmitting tubes
Vakuum-Kondensatoren	Vacuum capacitors