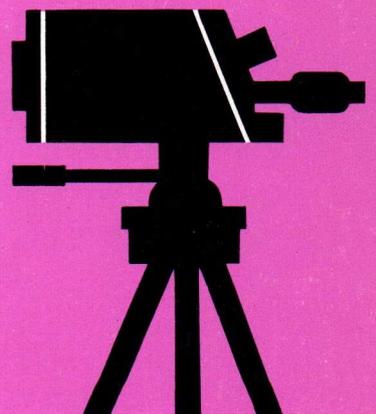
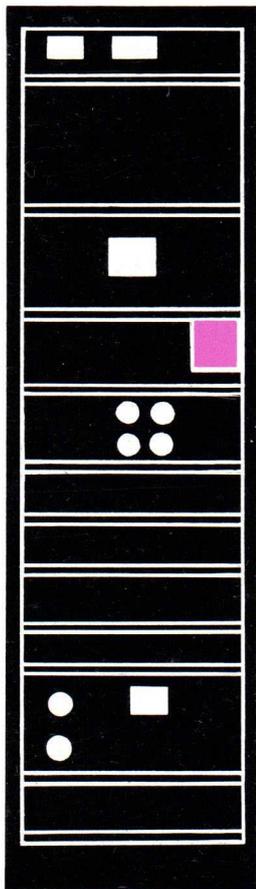


TELEFUNKEN



RÖHREN- UND HALBLEITERMITTEILUNGEN

**Das TELEFUNKEN-Reflex-Klystron TK 75,
eine neue Oszillator-Röhre für die Richtfunktechnik**



Eine Übersicht über die bisher herausgegebenen
"TELEFUNKEN-RÖHRENMITTEILUNGEN FÜR DIE INDUSTRIE"
gibt Ihnen das regelmäßig zum Ende eines jeden Vierteljahres erscheinende
Inhaltsverzeichnis. Alle darin genannten Mitteilungen können jederzeit vom
technischen Kundendienst nachgefordert werden.

TELEFUNKEN

G · M · B · H

GESCHÄFTSBEREICH RÖHREN
VERTRIEB

Ulm/Donau, Söflinger Straße 100
Western Germany

**Diese Mitteilung dient nur zu Ihrer Information. Nachdruck (auch auszugsweise) bedarf unserer Zustimmung.
Lizenz- und Schutzrechtsfragen liegen außerhalb dieser technischen Information.**

Das TELEFUNKEN-Reflex-Klystron TK 75, eine neue Oszillator-Röhre für die Richtfunktechnik

ZUSAMMENFASSUNG

In dieser RMI wird über ein TELEFUNKEN-Reflexklystron mittlerer Leistung berichtet, welches sich vorzugsweise zur Verwendung als Sender- und Empfänger-Oszillator für Richtfunkanlagen eignet. Diese Röhre stellt im gesamten Frequenzbereich von 3,5 . . . 4,2 GHz bei einer elektronischen Bandbreite von mehr als 10 MHz (im Mittel etwa 30 MHz) als Sender-Oszillator ca. 300 mW und als Empfänger-Oszillator ca. 50 mW HF-Leistung zur Verfügung.

INHALT

1. Anwendung
2. Aufbau
 - 2.1 Strahlerzeugung
 - 2.2 Schwingkreis
 - 2.3 Reflektor
 - 2.4 Abstimmrichtung
 - 2.5 Leistungsauskopplung
3. Elektrische Eigenschaften
 - 3.1 Frequenzbereich
 - 3.2 Schwingbereiche
 - 3.3 HF-Leistung
 - 3.4 Reflektorspannung
 - 3.5 Modulationssteilheit
 - 3.6 Elektronische Bandbreite
 - 3.7 Wärmeträgheit
 - 3.8 Frequenzkonstanz
 - 3.9 Reflektorstrom
 - 3.10 Rauschen
4. Betriebshinweise
 - 4.1 Hohlleiter-Ankopplung
 - 4.2 Anschalten der Betriebsspannungen
 - 4.3 Wärmeabfuhr
5. Literatur
6. Technische Daten

1. ANWENDUNG

Reflexklystrons werden im Bereich oberhalb 3 GHz als Oszillatoren hauptsächlich in der drahtlosen Übertragungstechnik und in der Ortung eingesetzt. Hier dienen sie als Trägergenerator, als Oszillator in Überlagerungsempfängern (Mischoszillator) oder als Modulator und — besonders in beweglichen Stationen geringer Reichweite und Kanalkapazität — auch als direkt modulierte Sender-Oszillatoren. Ebenso gehören die Mikrowellen-Meßtechnik und die Molekül-Spektroskopie zu den Anwendungsgebieten der Reflexklystrons. Je nach Verwendung sind die an diese Röhre gestellten Anforderungen verschieden. Damit ergeben sich unterschiedliche Gesichtspunkte für die Entwicklung eines Reflexklystrons, je nachdem, ob es als Oszillator oder als Modulator verwendet werden soll.

Bei Verwendung der Röhre als **Oszillator** kommt es in erster Linie darauf an, mit einfachen Mitteln eine in einem gewissen Bereich mechanisch und elektronisch durchstimmbare, aber sehr stabile monochromatische Schwingung zu erzeugen. Die HF-Leistung des Oszillatorklystrons richtet sich nach dem für die Frequenz-Umsetzung am Mischer benötigten Leistungspegel. Sie liegt bei den üblichen Vielkanal-Richtfunkgeräten für den Sender-Oszillator bei 100 . . . 500 mW und beträgt beim Empfänger-Oszillator im ganzen benötigten Frequenzbereich um 30 mW. Um ein möglichst geringes Rauschen zu bekommen, soll die Modulationssteilheit verhältnismäßig klein sein. Die erforderliche Bandbreite ist nicht allzu groß, da sie bei dieser Einsatzart in der Hauptsache für die Auslegung der elektronischen Nachstimmsteuerung in Frage kommt.

Wird das Reflexklystron als **Modulator** eingesetzt, wozu es sich infolge seiner einfachen leistungslosen Modulierbarkeit mittels der Reflektorelektrode besonders eignet, so ist für die Modulationskennlinie dieser Elektrode eine möglichst geringe Abweichung von der Linearität in einem möglichst großen Bereich zusammen mit einer großen Modu-

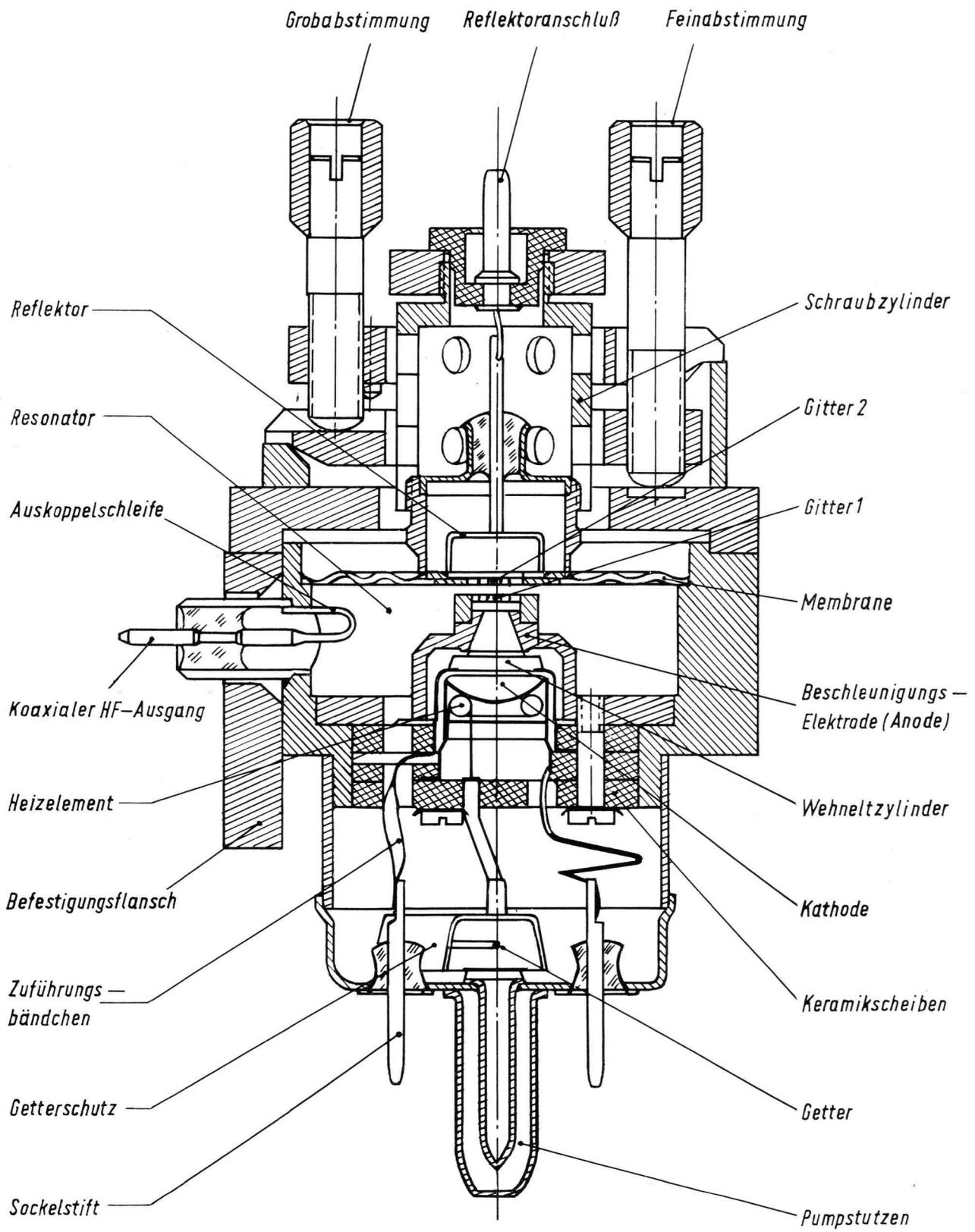


Bild 1 Längsschnitt durch das TELEFUNKEN-Reflexklystron TK 75

lationssteilheit erwünscht. Das dadurch etwas größere Rauschen kann im allgemeinen in Kauf genommen werden, da in der Richtfunktechnik bei den kritischen Modulationsfrequenzen um 100 kHz für den Modulator ein höheres Grundrauschen zugelassen ist, als für den Empfänger- und Sender-Oszillator der Relaisstellen. Der Einsatz als direktmodulierter Sender-Oszillator (beispielsweise für bewegliche Stationen) verlangt wegen der, je nach Reichweite der Anlage verschiedenen, nicht zu kleinen Leistung, einen Kompromiß zwischen den Anforderungen an einen Oszillator und einen Modulator.

Das hier beschriebene TELEFUNKEN-Reflexklystron TK 75 eignet sich gleichermaßen als Sender- und Empfänger-Oszillator wie auch als Modulator für Breitband-Richtfunksysteme, z. B. die Systeme FM 960/TV/4000 und FM 960/TV/3700. Vorteile, die diese Röhre gegenüber den für Empfänger-Oszillatoren üblichen Klystrons einfacherer Bauart hinsichtlich Stabilität, Durchstimbarkeit, Frequenzkonstanz, Rauschen und Lebensdauer hat, legen es nahe, sie in den stationären Weitverkehrsverbindungen als einheitliche Klystrontypen für den Sender-Oszillator, den Empfänger-Oszillator oder den Modulator zu verwenden.

2. AUFBAU

Das Reflexklystron TK 75 (**Bild 1**) besteht im wesentlichen aus einem Strahlerzeugungssystem, der sogenannten Elektronenkanone, einem Hohlraumresonator als Schwingkreis, einem Reflektor zur Erzeugung des statischen Bremsfeldes im Triffraum, sowie einer Abstimmvorrichtung zur Veränderung der Resonanzfrequenz des Schwingkreises.

2.1 Strahlerzeugung

Zur Strahlerzeugung wird in der TK 75 eine verbesserte Pierce-Kanone (**Bild 2**) verwendet [3] [4]. Mit einer Perveanz von $3,6 \cdot 10^{-6} \text{ A/V}^{3/2}$ und einer Strahlverdichtung von 20:1 erhält man mit dieser Anordnung bei den verwendeten niedrigen Beschleunigungsspannungen von 350 und 500 V eine sehr geringe Kathodenstromdichte von nur 60 bzw. 40 mA/cm². Diese extrem niedrige Kathodenbelastung läßt eine überdurchschnittlich gute Lebensdauer der Röhre erwarten; eine Eigenschaft, die für den Einsatz der TK 75 in Richtfunkanlagen von besonderer Wichtigkeit ist.

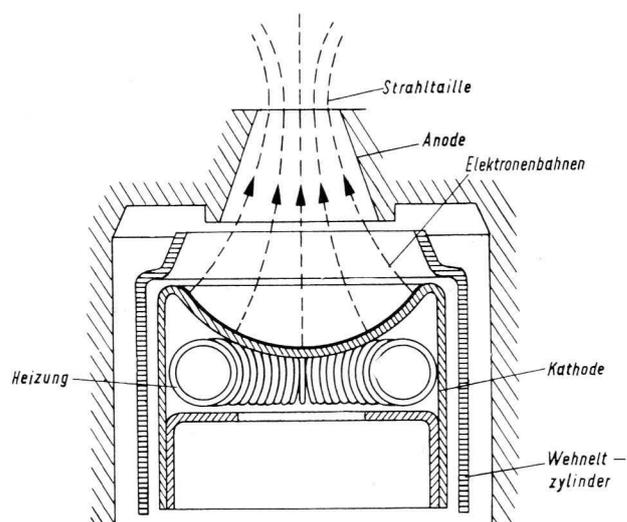


Bild 2 Strahlerzeugungssystem der TK 75 (schematisch) (nach [3])

2.2 Schwingkreis

Als Schwingkreis wird ein Hohlraumresonator in der bekannten „reentrant cavity“-Form (**Bild 3**) verwendet. Diese Form gestattet es, die Elektro-

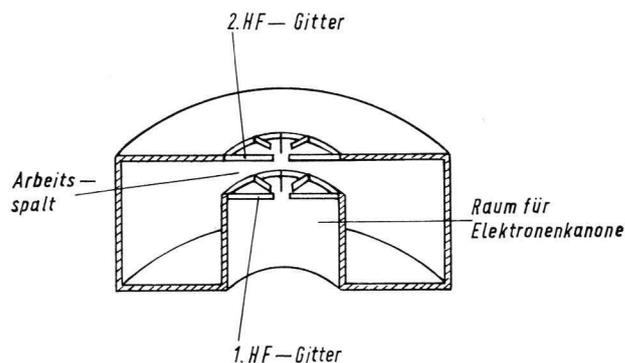


Bild 3 Schwingkreis eines Reflexklystrons in „reentrant cavity“-Form (schematisch)

denkanone sehr nahe an das 1. Hochfrequenzgitter zu bringen und somit eine hohe Perveanz zu erreichen, da der Weg zwischen Kathode und „Strahltaille“ (**Bild 2**) so kurz wird, daß die elektrostatische Strahl-Aufspreizung noch verhältnismäßig gering bleibt. Der Durchmesser des inneren Zylinders, der im wesentlichen die Kapazität des Kreises bestimmt, ist durch den engsten erreichbaren Strahlquerschnitt, die Strahltaille, gegeben.

Die den Wechselwirkungsspalt (Arbeitsspalt) des Resonators begrenzenden Gitter sind als radiale, hochkant stehende Speichen ausgeführt. Auf diese Weise wird bei guter Strahlkopplung ein sehr günstiger Kompromiß für die Wärmeleitfähigkeit und die Transparenz der Gitter erreicht. Außerdem bleibt die infolge der endlichen Gitterabmessungen auftretende Phasenaberration dadurch geringer als bei Runddrahtgittern gleicher abführbarer Verlustleistung.

2.3 Reflektor

Die gegenüber der Kathode negativ vorgespannte Reflektor-Elektrode ist leicht konkav ausgebildet.

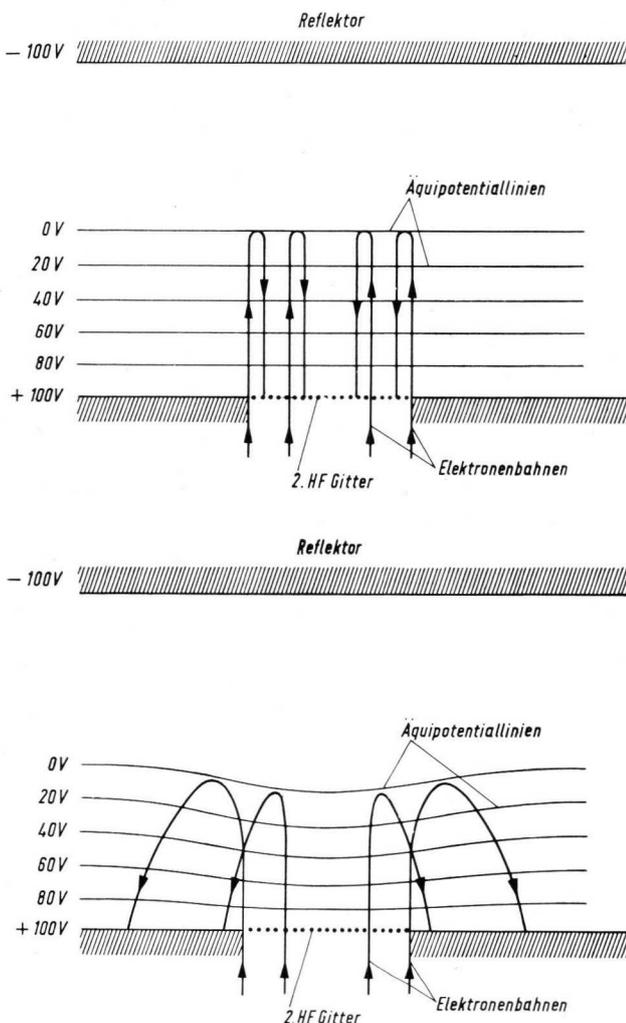


Bild 4 Elektronenbahnen im Bremsfeld eines ebenen Reflektors; oben ohne und unten mit Berücksichtigung der Raumladung (nach [3])

det, um der zu starken Aufspreizung des Elektronenstrahles im Bremsfeld durch die große Raumladungsdichte des Strahles entgegenzuwirken. **Bild 4** veranschaulicht die Wirkung der Raumladung auf die Feldverteilung und die daraus resultierenden Elektronenbahnen im Bremsfeld eines ebenen Reflektors.

2.4 Abstimm-Einrichtung

Um die Resonanzfrequenz des Schwingkreises innerhalb eines gewissen Frequenzbereiches mechanisch verstimmen zu können, ist eine der beiden Stirnwände des Resonators als Membran ausgebildet. Sie läßt sich mittels einer mechanischen Abstimm-Einrichtung in axialer Richtung so verstellen, daß sich der Abstand der beiden Schwingkreisgitter ändert. Verkleinert man den Gitterabstand, so wird die Kreiskapazität vergrößert und die Eigenfrequenz des Kreises erniedrigt.

Bild 5 zeigt die Wirkungsweise der Abstimm-Einrichtung. Eine Grob- und eine Feinabstimm-schraube bewegen je einen von zwei übereinander angreifenden Hebelarmen. Der untere Hebelarm wird durch die Fein-Abstimm-schraube gegenüber der Grundplatte angehoben. Dieses Anheben überträgt sich über die Grob-abstimm-schraube, die näher am Drehpunkt des unteren Hebelarmes angreift, entsprechend untersetzt auf den oberen Hebelarm. Dieser hebt einen Waagebalken an, der über ein Zwischenglied (Schraubzylinder) mit der Membran verbunden ist und durch zwei Zugfedern gegen die Grundplatte gezogen wird. Durch Drehen der Grob-Abstimm-schraube wird der obere Hebelarm gegenüber dem feststehenden unteren Hebelarm direkt angehoben. Eine Umdrehung der Fein-Abstimm-schraube bewirkt eine Frequenzänderung von ca. 27 MHz bei einer Betriebsfrequenz von 3,9 GHz. Dieses entspricht einer Frequenzänderung von 75 kHz bei einer Winkeländerung von 1° .

2.5 Leistungsauskopplung

Zum Auskoppeln der HF-Leistung dient eine induktive Koppelschleife im Hohlraumresonator. Die ausgekoppelte HF-Leistung wird an dem Koaxialausgang der Röhre abgenommen.

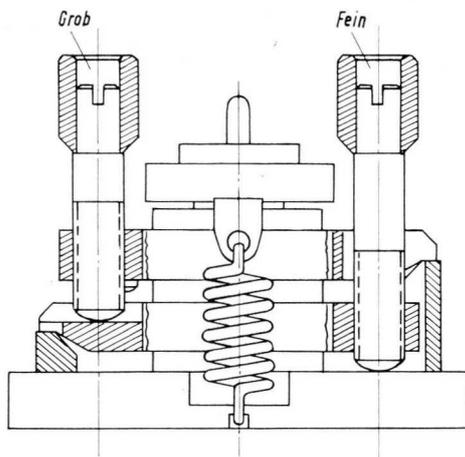


Bild 5 Abstimm-Einrichtung zur Grob- und Feineinstellung der Klystron-Arbeitsfrequenz

3. ELEKTRISCHE EIGENSCHAFTEN

3.1 Frequenzbereich

Das TELEFUNKEN-Reflexklystron TK 75 wurde für einen Arbeitsfrequenzbereich von 3,5 GHz ... 4,2 GHz ausgelegt. Es umfaßt somit die Richtfunkbereiche 3,6 ... 3,8 GHz und 3,8 ... 4,2 GHz, also den gesamten Bereich des 4 GHz-Richtfunksystems.

3.2 Schwingbereiche

Durch die negative Reflektorspannung U_R werden die Elektronen nach dem Passieren des Arbeitsspalt im Reflektorraum abgebremst und zum Arbeitsspalt zurückgelenkt. Die Eindringtiefe und damit die Laufzeit der Elektronen im Bremsfeld nehmen dabei mit zunehmender Reflektorspannung ab.

Zur Energieabgabe an den Schwingkreis ist es Bedingung, daß die Elektronen auf ihrem Rückweg den Arbeitsspalt während einer bremsenden Phase

des am Arbeitsspalt liegenden HF-Wechselfeldes durchlaufen. Da aber, infolge der periodisch wechselnden positiven und negativen Halbwellen der HF-Wechselspannung, Beschleunigungs- und Bremsphasen wechselweise aufeinander folgen, ergeben sich in Abhängigkeit von der Reflektorspannung mehrere Bereiche, in denen das Klystron HF-Leistung erzeugt. Dazwischen liegen Dämpfungsbereiche, in denen keine Schwingung möglich ist. Die n möglichen Schwingbereiche werden dem optimalen Laufwinkel für die Bereichsmittle entsprechend mit fortlaufenden Nummern ($n=0, 1, 2, 3 \dots$) bezeichnet, beginnend mit der kleinstmöglichen Laufzeit bei der höchsten Reflektorspannung.

Mit ansteigender Ordnungszahl der Schwingbereiche nimmt die erzeugte HF-Leistung ab, während die elektronische Bandbreite und die Modulationssteilheit zunehmen. Da der Resonator für ausreichende Bandbreite eine gewisse Mindestdämpfung haben muß, schwingt ein Reflexklystron bei den Schwingbereichen $n=0$ und $n=1$ meist nur in einem schmalen Frequenzbereich an.

Das hier beschriebene TELEFUNKEN-Reflexklystron TK 75 ist so ausgelegt, daß es im Schwingbereich $n=2$ mit einer Resonatorspannung $U_o = 500$ V als Sender-Oszillator eine HF-Leistung von 400 ... 600 mW abgibt. Da der Leistungsbedarf eines Empfänger-Oszillators wesentlich geringer ist als der eines Sender-Oszillators, wird für diese Anwendungsart die Röhre mit verringerter Resonatorspannung $U_o = 350$ V betrieben. Dadurch verringert sich die Verlustleistung gegenüber dem Sender-Oszillator auf 1/5. Der für diese Resonatorspannung optimale Schwingbereich $n=3$ gewährleistet bei 50 ... 130 mW HF-Leistung ausreichende elektronische Bandbreite und Nachstimmsteilheit.

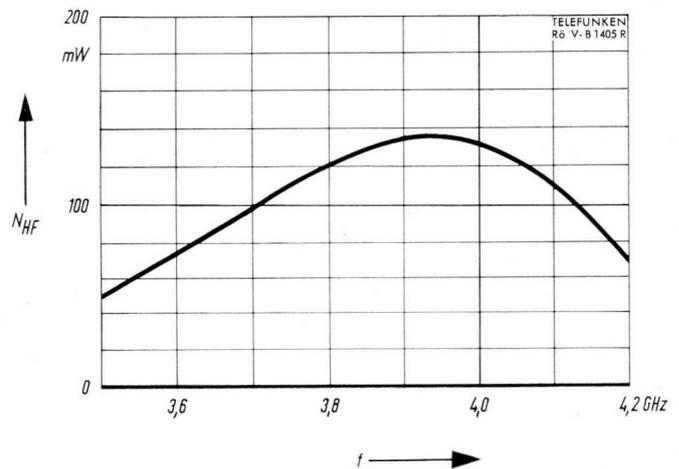
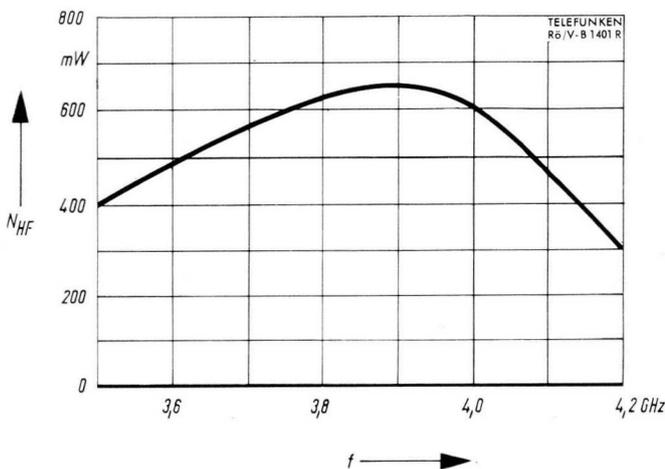


Bild 6 $N_{HF} = f(f)$ links: $U_o = 500$ V, $n = 2$
rechts: $U_o = 350$ V, $n = 3$

3.3 HF-Leistung

Die HF-Leistung in Abhängigkeit von der Frequenz ist für die oben erwähnten Schwingbereiche in **Bild 6** dargestellt. Es stehen bei einer Resonatorspannung von $U_o = 500$ V im Schwingbereich $n=2$ mehr als 300 mW und im Schwingbereich $n=3$ bei 350 V Resonatorspannung über 50 mW HF-Ausgangsleistung zur Verfügung. Die maximale Ausgangsleistung bei 3,9 GHz beträgt für die beiden Arbeitspunkte 600 bzw. 130 mW.

3.4 Reflektorspannung

Bild 7 zeigt die Abhängigkeit der Frequenz von der Reflektorspannung für eine mittlere mecha-

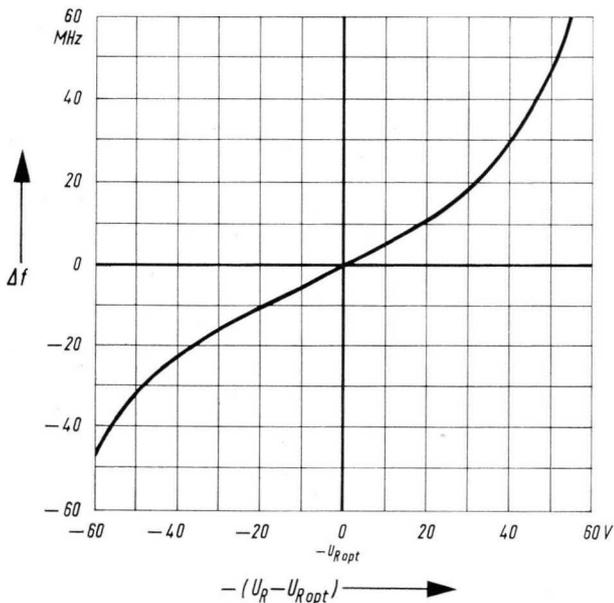


Bild 7 Modulationskennlinie der TK 75 bei $f_o=3,6$ GHz

nisch eingestellte Frequenz. Diese Abhängigkeit wird im mittleren, nahezu geradlinig verlaufenden Teil der Kurve zur direkten Frequenzmodulation des Oszillators benutzt. Die optimale Reflektorspannung, d. h. die Reflektorspannung, bei der die Röhre maximale HF-Leistung abgibt, ist in **Bild 8** für $U_o = 500$ V und $U_o = 350$ V als Funktion der mechanisch eingestellten Frequenz aufgetragen. Der schraffierte Bereich zeigt die Streuung von Röhre zu Röhre (Exemplarstreuungen).

3.5 Modulationssteilheit

Die Steilheit der Modulationskennlinie im Wendepunkt gibt die für eine bestimmte Frequenzänderung notwendige Reflektorspannungsänderung an. Diese Modulationssteilheit liegt nach **Bild 9** für den Sender-Oszillatorbetrieb ($U_o = 500$ V, $n=2$) zwischen 0,1 und 0,6 MHz/V, und beim Einsatz als Empfänger-Oszillator ($U_o = 350$ V, $n=3$) zwischen 0,3 ... 1,7 MHz/V.

3.6 Elektronische Bandbreite

Die Änderung der HF-Ausgangsleistung mit der Reflektorspannung wird in **Bild 10** für die Schwingbereiche 2 und 3 bei der Arbeitsfrequenz 3,9 GHz und den Resonatorspannungen $U_o = 500$ V, bzw. 350 V gezeigt. Die zu den Punkten halber HF-Leistung gehörige Frequenzdifferenz, die sogenannte elektronische Bandbreite $\Delta f_{1/2}$ gibt den Frequenzbereich an, innerhalb dessen man mittels der Reflektorspannung Frequenzänderungen vornehmen oder aufgrund von Temperatur- oder Spannungsschwankungen hervorgerufene Fre-

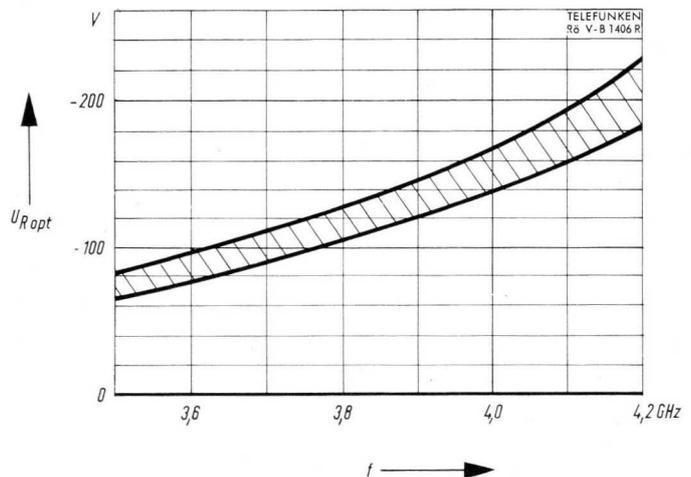
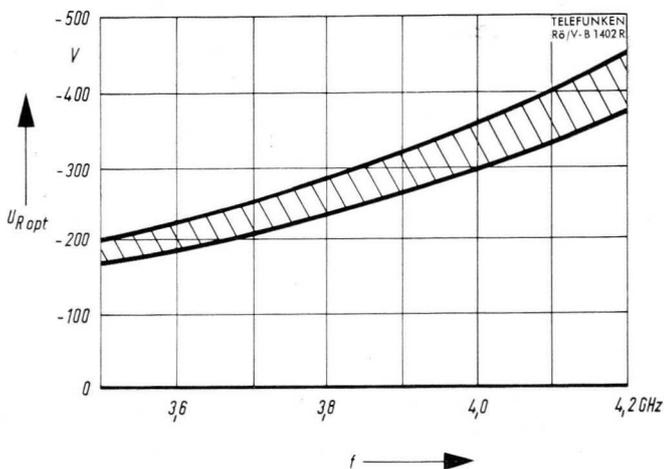


Bild 8 $U_{Ropt} = f(f)$ links: $U_o = 500$ V, $n=2$
rechts: $U_o = 350$ V, $n=3$

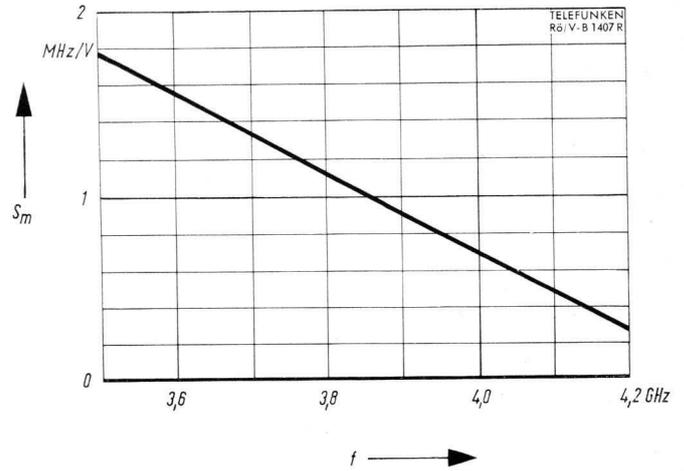
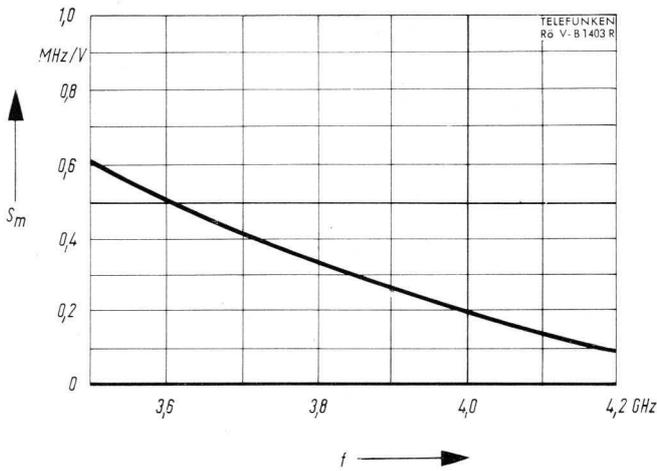


Bild 9 $S_m = f(f)$ links: $U_0=500\text{ V}$, $n=2$
rechts: $U_0=350\text{ V}$, $n=3$

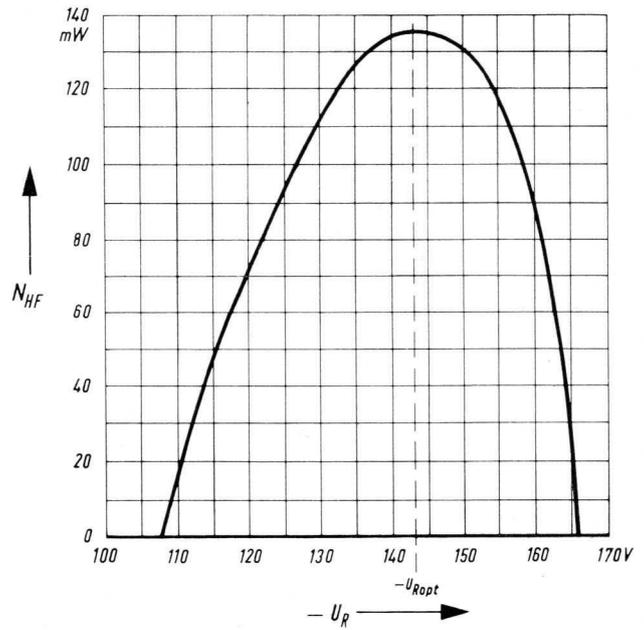
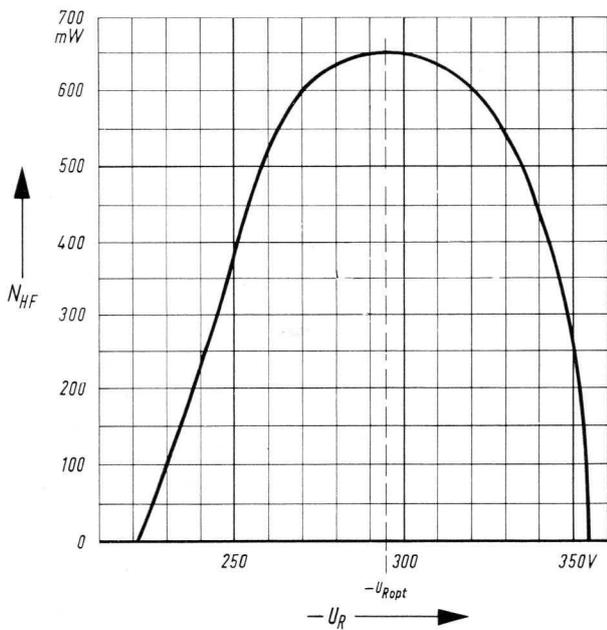


Bild 10 $N_{HF} = f(-U_R)$ bei $f_0=3,9\text{ GHz}$ links: $U_0=500\text{ V}$, $n=2$
rechts: $U_0=350\text{ V}$, $n=3$

quenzänderungen ausregeln kann, ohne daß die HF-Ausgangsleistung weiter als auf die Hälfte absinkt. Die elektronische Bandbreite beträgt für beide Schwingbereiche im Minimum 10 MHz und steigt bis auf 60 bzw. 70 MHz bei 3,5 GHz, wie aus **Bild 11** ersichtlich ist.

3.7 Wärmeträgheit

Bild 12 zeigt den zeitlichen Abfall des Kathodenstroms, der sich beim Abschalten der Heizspannung ergibt. Man sieht, daß bei einem Netzausfall die zum Betrieb erforderliche Kathodentemperatur infolge der Wärmeträgheit der Röhre für

ca. 10 s erhalten bleibt. Bei Kurzausfällen von weniger als 10 s Dauer ist also ein Wiedereinschalten ohne Vorheizen möglich. Bei Verwendung eines Bi-Metalls zum Vorheizen darf daher die Abkühlzeit bis zum Wiederansprechen max. 10 s betragen.

3.8 Frequenzkonstanz

Bild 13 zeigt die Frequenzabweichung, die sich bei Änderung der Temperatur, der Heizspannung und der Resonatorspannung ergibt, jeweils in Abhängigkeit von der mechanisch eingestellten Frequenz.

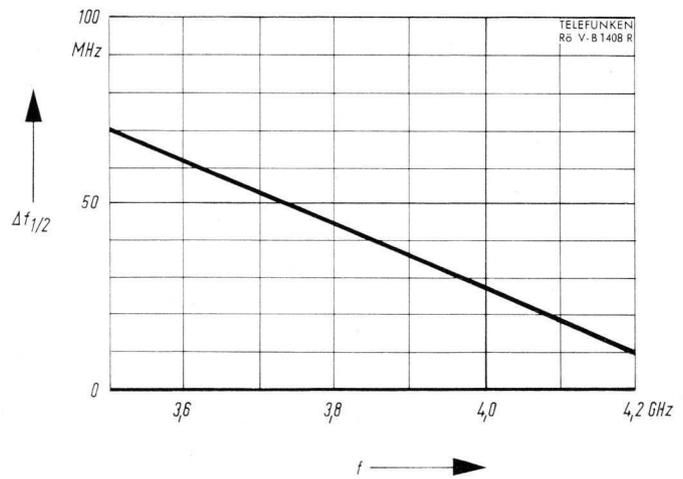
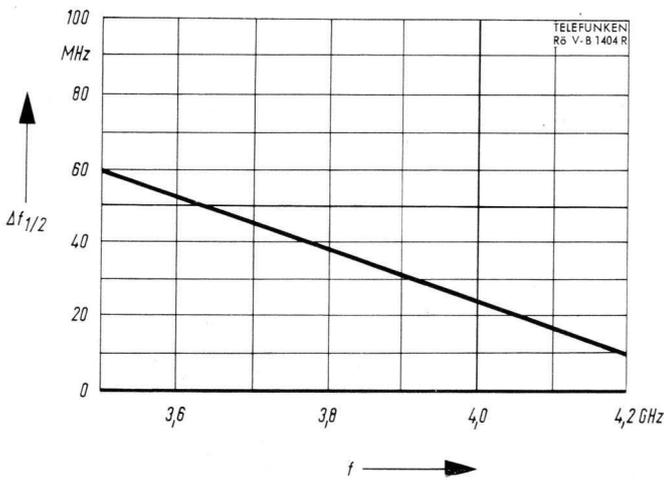


Bild 11 Elektronische Bandbreite an den Punkten halber Leistung in Abhängigkeit von der Frequenz
links: $U_0 = 500 \text{ V}$, $n = 2$ rechts: $U_0 = 350 \text{ V}$, $n = 3$

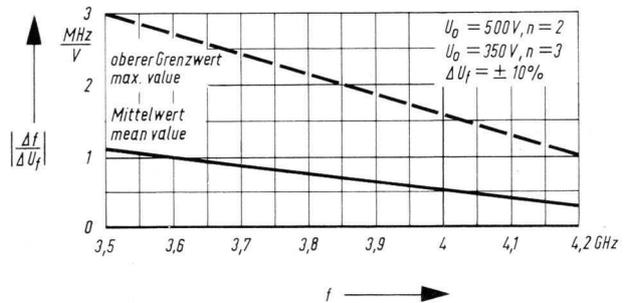
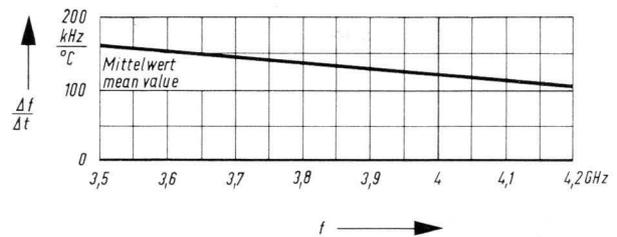
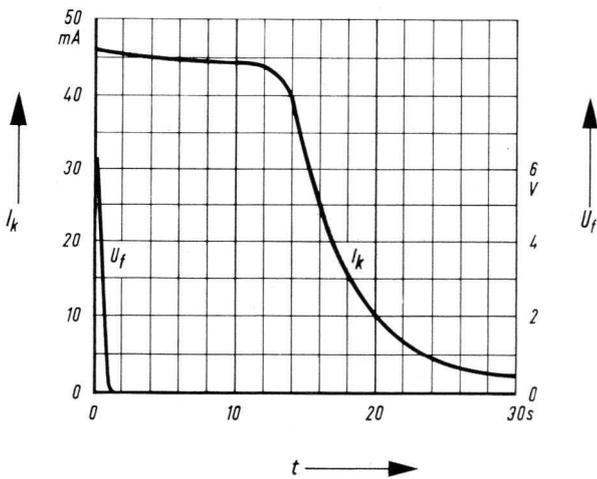


Bild 12 Zeitlicher Abfall des Kathodenstromes beim Abschalten der Heizspannung

3.9 Reflektorstrom

Bei den für den Betrieb der Röhre erforderlichen hohen negativen Reflektorspannungen ($-U_R = 85 \text{ V} \dots 415 \text{ V}$) können keine Elektronen zum Reflektor gelangen. Es fließt jedoch ein sehr kleiner positiver Reflektorstrom ($< 5 \mu\text{A}$), der durch die in der Röhre noch vorhandenen Gasionen und durch die nicht ideale Isolation des Reflektors zustandekommt und mit kleiner werdendem Betrag der Reflektorspannung abnimmt (**Bild 14**), bis er bei $-U_R < 10 \text{ V}$ Null wird. Bei dieser kleinen Reflektorspannung wird nämlich der ursprünglich positive Reflektorstrom durch den auf den Reflektor treffenden Elektronenstrom kompensiert. Bei noch weiter abnehmender Reflektorspannung (in Bild 16 gestrichelt), ergibt sich durch den überwiegenden Elektronenstrom ein negativer Reflektorstrom, der sehr schnell zunimmt und wesentlich größer wer-

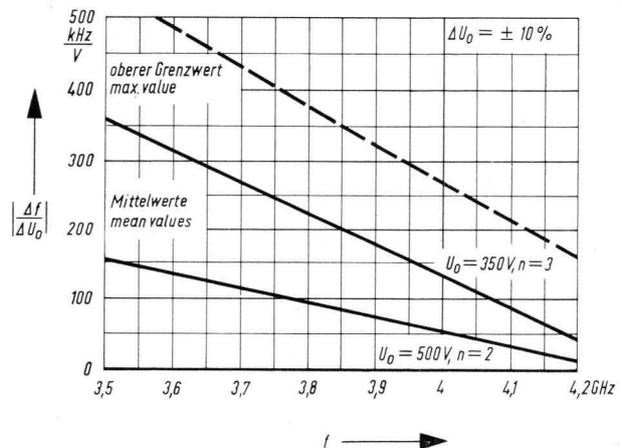


Bild 13 Frequenzabweichung der TK 75 bei Änderung der Temperatur (oben), der Heizspannung (mitte) und der Resonatorspannung (unten)

den kann als der bei normaler Reflektorspannung fließende positive Reflektorstrom. Er würde bei $-U_R = 0$ bereits auf etwa $1 \mu\text{A}$ ansteigen. Der auf

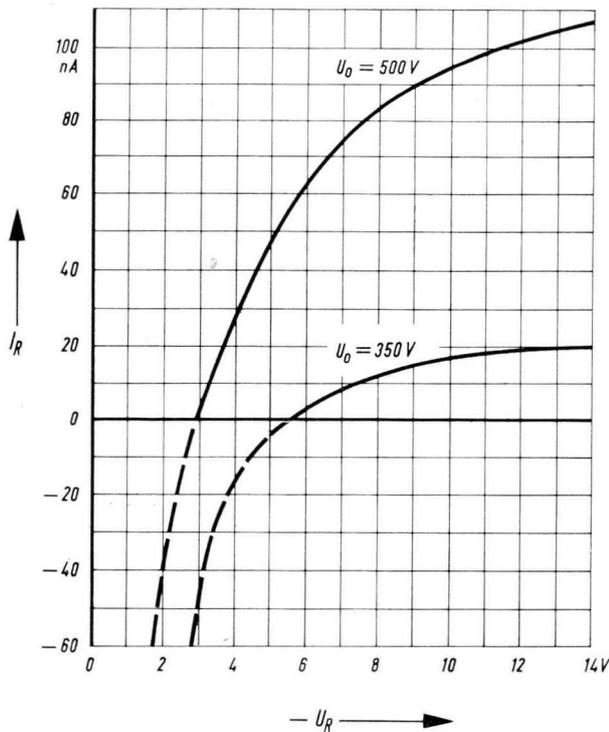


Bild 14 Reflektorstrom in Abhängigkeit von der Reflektorspannung im nicht zulässigen Reflektorspannungsbereich

den Reflektor auftreffende maximale Primär-Elektronenstrom, der den Reflektor erwärmt, würde jedoch auf ein Vielfaches des maximal außen meßbaren Reflektorstromes ansteigen, da sich der meßbare Reflektorstrom um den in Gegenrichtung (vom Reflektor nach dem positiven Resonator) fließende Sekundär-Elektronenstrom verringert. Da der Reflektor für eine derart hohe thermische Belastung nicht dimensioniert ist, darf der Reflektorstrom nie negativ werden. Um dieses sicherzustellen, wurde für die kleinstmögliche Reflektorspannung der Grenzwert $-U_{Rmin} = 10V$ festgelegt.

3.10 Rauschen

Statistische Schwankungen der Elektronengeschwindigkeit und -anzahl machen sich bei Laufzeitgeneratoren, wie z. B. den Reflexklystrons als Schwankungen des Laufwinkels und des Resonatorstromes bemerkbar. Als Folge davon tritt am Ausgang des Generators sowohl eine Rauschmodulation der Leistung (hier Amplitudenrauschen genannt), als auch ein durch Rauschen hervorgerufener Frequenzhub, Frequenzrauschen ge-

nannt, auf. Amplituden- und Frequenzrauschen sind in beiden Schwingbereichen $n=2$ und $n=3$ in Abhängigkeit von der Reflektorspannung, der Resonatorspannung und der Arbeitsfrequenz, mit einem Mikrowellen-Diskriminator, bzw. einer Mikrowellendiode und einem selektiven Empfänger bei einer Modulationsfrequenz von 100 kHz gemessen, in den Bildern 15 und 16 graphisch dargestellt.

Das Frequenzrauschen (**Bild 15**) wird angegeben als Wurzel aus dem mittleren Schwankungsquadrat der Frequenz in Hz, bezogen auf eine Kanalbandbreite von 3,4 kHz. In der Nähe der optimalen Reflektorspannung ist das Frequenzrauschen mit 15...20 Hz am geringsten und steigt dann etwa proportional mit der Modulationssteilheit an. An den Punkten halber Leistung ergibt sich ein Frequenzhub von 45...50 Hz. In Abhängigkeit von der Resonatorspannung zeigt sich in beiden

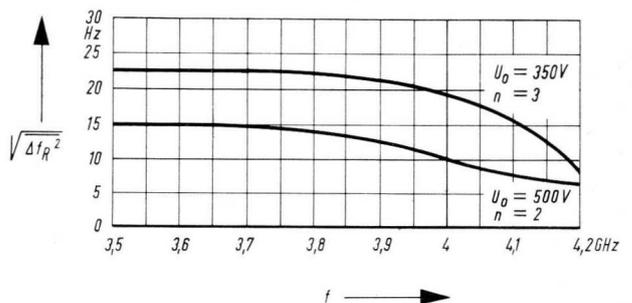
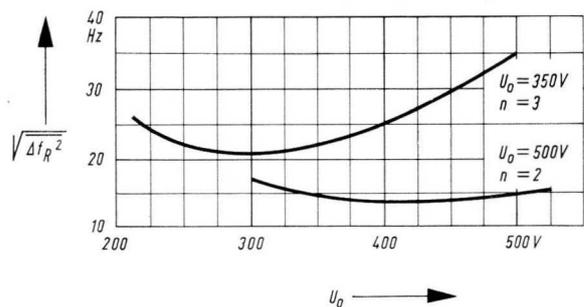
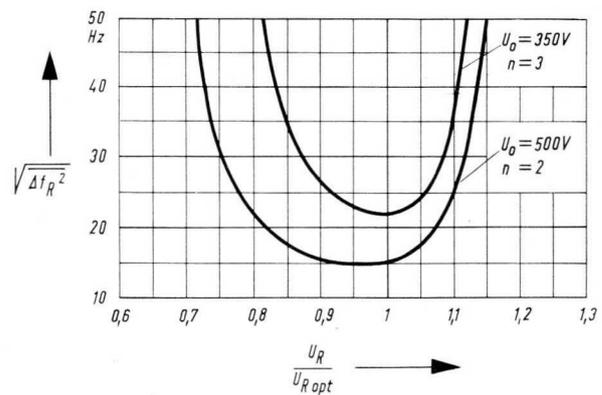


Bild 15 Frequenz-Rauschhub auf eine Bandbreite von 1 Hz bezogen in Abhängigkeit von der Reflektorspannung, der Resonatorspannung und der Frequenz; gemessen bei 100 kHz Modulationsfrequenz

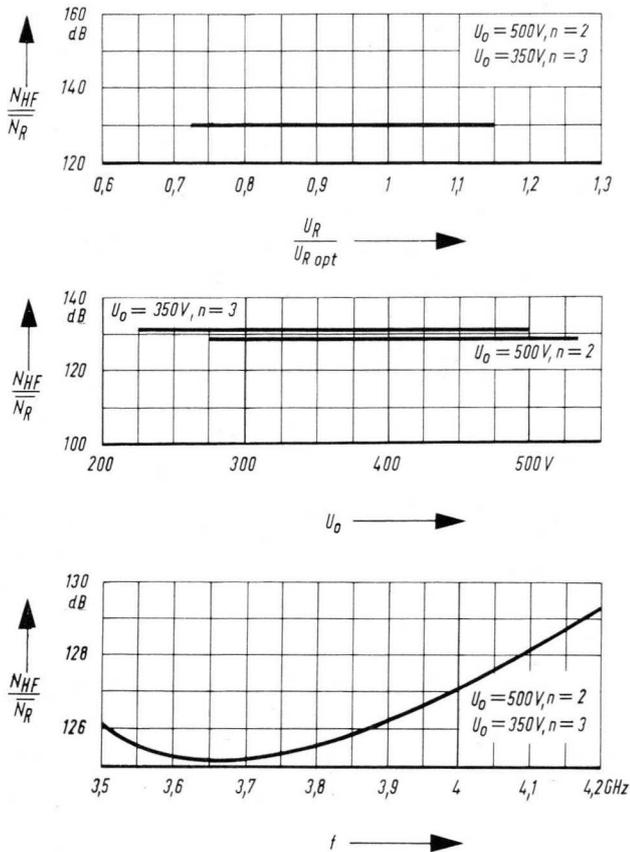


Bild 16 Amplituden-Rauschabstand für eine Bandbreite von 1 Hz in Abhängigkeit von der Reflektorspannung, der Resonatorspannung und der Frequenz; gemessen bei 100 kHz Modulationsfrequenz

Schwingbereichen ein flaches Minimum und in Abhängigkeit von der Frequenz ein leichter Abfall bei höheren Frequenzen.

Das Amplitudenrauschen (**Bild 16**) wird als Verhältnis der HF-Ausgangsleistung zur mittleren Rauschleistung für eine Bandbreite von 1 Hz im Abstand von 100 kHz vom Träger in dB angegeben. Es ergibt sich ein flaches Minimum bei 3,7 GHz. Mit ca. 130 dB/Hz wurde ein für die Verwendung in Weitverkehrsanlagen gut ausreichender Rauschabstand erreicht.

4. BETRIEBSHINWEISE

4.1 Hohlleiter-Ankopplung

Die Röhre wird nach **Bild 17** mittels eines Flansches direkt auf einen Hohlleiter R 40 (WR 229) geschraubt. Die koaxiale Auskoppelleitung der Röhre ist über eine „Kontakttulpe“ und einen „Regenwurmkontakt“ mit einem kurzen Stück Koaxialleitung verbunden, deren Mittelleiter als Antenne in den Hohlleiter hineinragt. Eine gute Kontaktgabe der Auskoppelleitung mit der Hohlleiterankopplung ist besonders wichtig, um die HF-Verluste klein zu halten. Der Antenne gegenüber ist eine Schraube als variable kapazitive Belastung angebracht. Ein Kurzschlußschieber ermöglicht es zusammen mit dieser Schraube, die Röhre für alle Frequenzen ihres Durchstimmbereiches optimal an die jeweils vorhandene Last anzupassen. Zur Vermeidung von Lastverstimmungen (pulling) bei Betrieb an einer nicht angepaßten Last empfiehlt sich das Zwischenschalten einer Richtungsleitung. **Bild 18** zeigt die Abmessungen der Einzelteile für die Hohlleiter-Ankopplung.

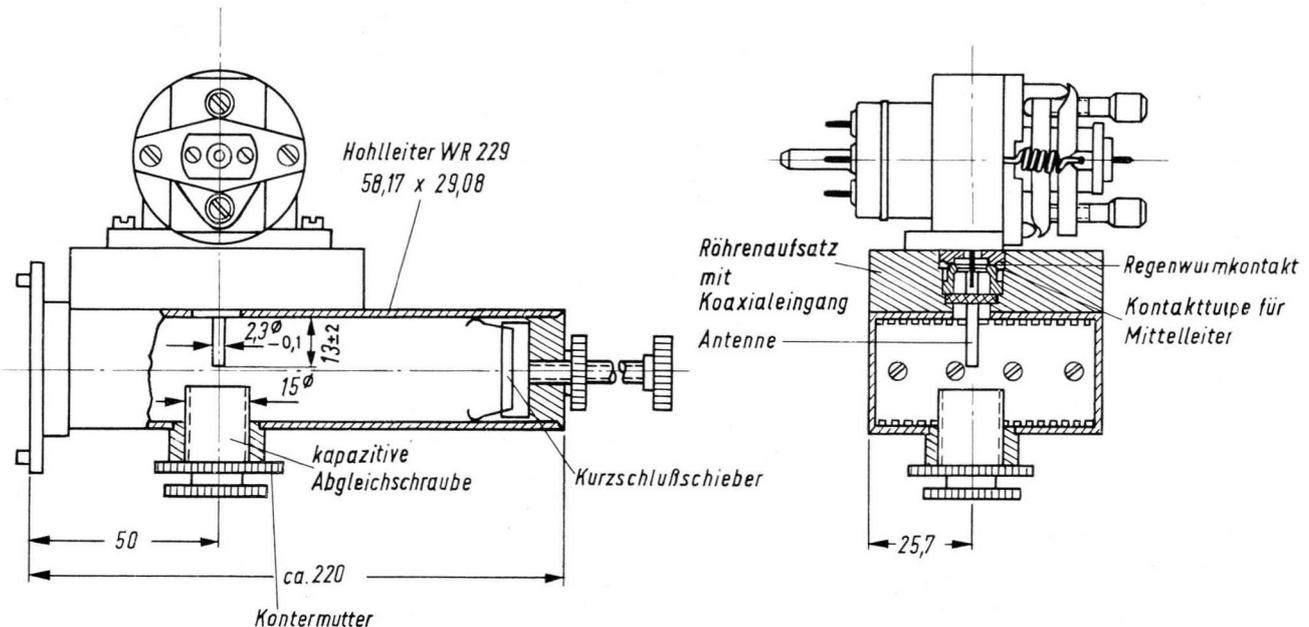
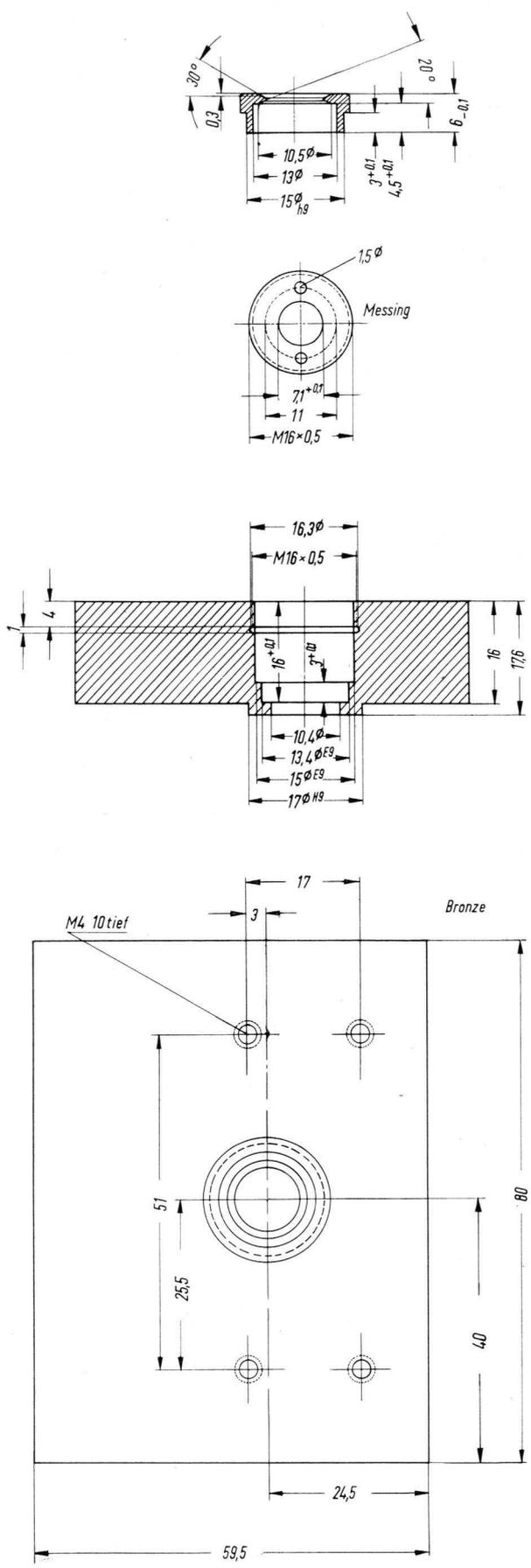


Bild 17 Ausführungsbeispiele für eine Hohlleiter-Ankopplung der TK 75



4.2 Anschalten der Betriebsspannungen

Zum Betrieb der TK 75 werden nach einer Anheizzeit von etwa 2 min die negative Reflektorspannung $-U_R$ und die positive Resonatorspannung U_O , die zum Erreichen einer guten Frequenzkonstanz möglichst elektronisch stabilisiert sein sollen, nach **Bild 19** angeschaltet. Es empfiehlt sich, den Pluspol von U_O zu erden, weil dieser Pol am Röhrenkolben liegt.

Die Resonatorspannung U_O darf erst angelegt werden, wenn die gegenüber der Kathode **negative** Reflektorspannung in voller Höhe am Reflektor anliegt, da sich sonst ein unzulässig hoher Reflektorstrom ergeben würde, der die Röhre gefährdet. Das verzögerte Anschalten der Resonatorspannung läßt sich am einfachsten durch ein von der Reflektorspannung gesteuertes Relais erreichen. Der Relaiswicklung ist eine Diode so parallel zu schalten, daß eine versehentlich falsch gepolte Reflektorspannung durch die Diode praktisch kurzgeschlossen wird. Gleichzeitig verhindert sie auch, daß bei Frequenzmodulation die momen-

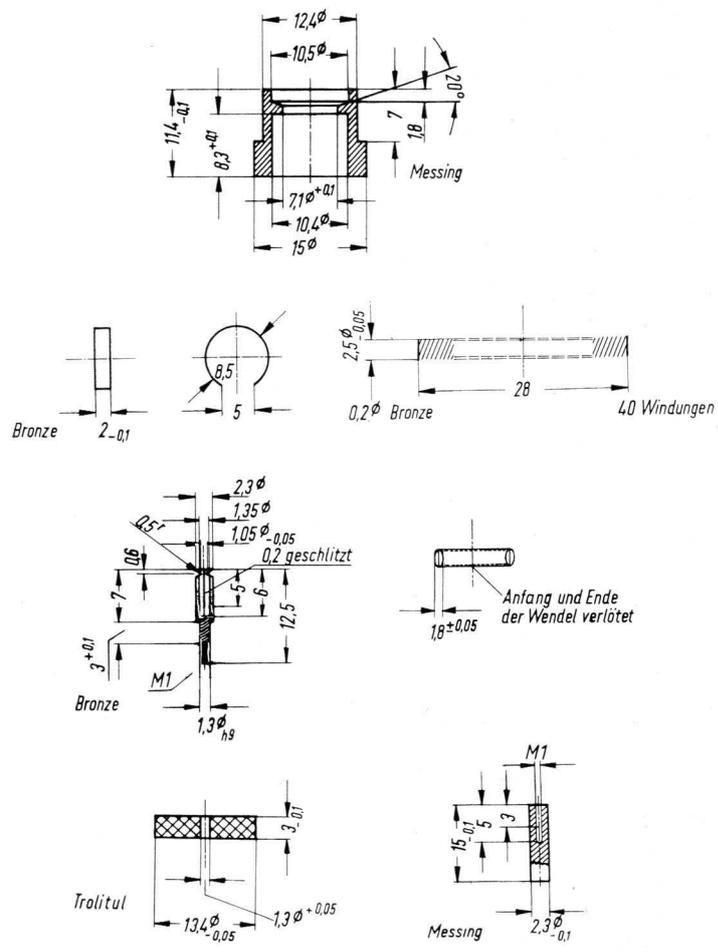


Bild 18 Einzelteile der für die TK 75 vorgeschlagenen Hohlleiter-Ankopplung

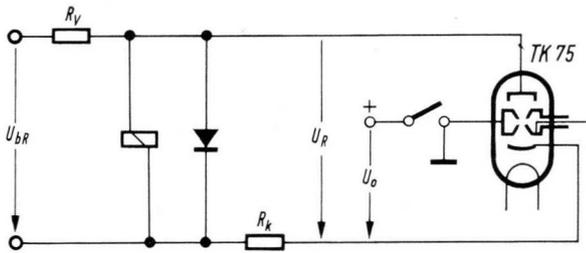


Bild 19 Schaltungsvorschlag zum Schutz der TK 75 mit Diode, Relais und Kathodenwiderstand

tane Reflektorspannung durch eine zu große Modulatorspannung unter die Flußspannung U_d der Diode sinkt, die im allgemeinen kleiner als 1 V ist. Diese restliche positive Vorspannung kann durch den Spannungsabfall an einem Kathodenwiderstand kompensiert werden. Dieser Kathodenwiderstand wird so bemessen, daß sich eine negative Reflektorspannung von $-U_R = 10\text{V}$ ergibt.

Bei der Bemessung der Schaltung sind die maximale Sperrspannung und der maximale Flußstrom der Diode zu beachten. Der Vorwiderstand R_V , über den der Reflektorstrom, der Relaisstrom und der Diodenstrom fließen, muß so groß bemessen werden, daß kein Kurzschluß des Netzgerätes auftritt, wenn die Diode in Durchlaßrichtung arbeitet. Das Netzgerät für die Reflektorspannung muß eine um den Spannungsabfall an R_V höhere Spannung liefern als die erforderliche Reflektorspannung.

Starke Magnetfelder sind von der Röhre fernzuhalten. Falls erforderlich ist für eine ausreichende Abschirmung zu sorgen.

4.3 Wärmeabfuhr

Die Wärmeabfuhr ist bei der in Bild 18 gezeigten Hohlleiter-Ankopplung für Resonatorspannungen bis 500 V im allgemeinen ausreichend, so daß keine zusätzliche Kühlung erforderlich ist. Das Temperaturgefälle auf dem Hohlleiter beträgt ca. $0,5 \dots 1^\circ\text{C}/\text{cm}$ Hohlleiterlänge. Wird die Röhre bei höherer Spannung oder ohne mit einem Hohlleiter wärmeleitend verbunden zu sein, betrieben, so muß sie durch Luftstrom zusätzlich gekühlt werden. Da die Röhre nur für Betriebsspannungen bis 500 V vorgesehen ist, besitzt der Resonator keine Kühlrippen. Die Temperaturen an verschiedenen Stellen der Röhrenoberfläche bei Schwingbetrieb mit 500 V Resonatorspannung zeigt **Bild 20**. Sie liegen bei 25°C Raumtemperatur zwischen $80 \dots 100^\circ\text{C}$. Die heißeste Stelle der montierten

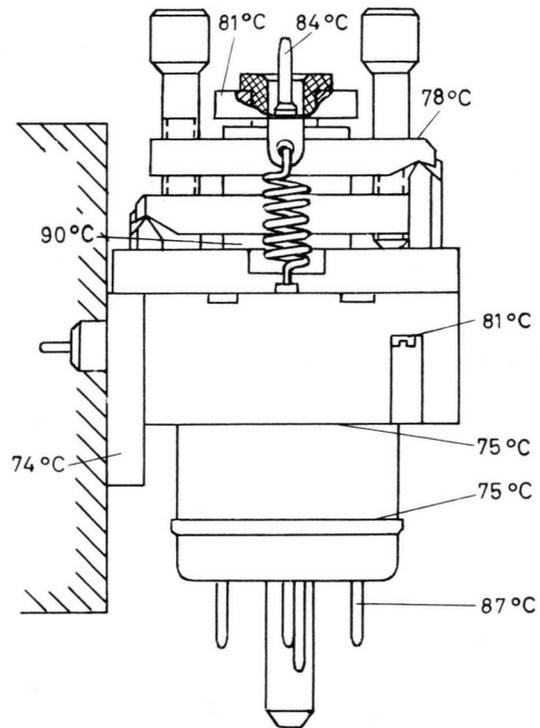


Bild 20 Temperaturen an der Oberfläche der TK 75, gemessen in waagerechter Lage und mit Hohlleiter-Ankopplung

Röhre mit Abstimmereinrichtung befindet sich am unteren Ende des Schraubzylinders. Die angegebenen Temperaturen beziehen sich auf eine waagrecht auf die Hohlleiter-Ankopplung montierte Röhre. Diese Lage ist für die Abfuhr der Verlustwärme am günstigsten.

Lind

5. LITERATUR

- [1] J. R. Pierce and W. G. Shepherd:
"Reflex Oscillators"
The Bell System Technical Journal 26,
July 1947, pp 460-681
- [2] J. J. Hamilton:
"Reflex Klystrons"
London, Chapman & Hall, Ltd. 1958
- [3] R. Hechtel:
„Moderne Reflexklystrons“
AEÜ 10, 1956, S. 133-138
- [4] R. Hechtel:
„Elektronenkanonen hoher Perveanz“
AEÜ 10, 1956, S. 535-540

Netzröhre für GW-Heizung
indirekt geheizt
Parallelspeisung

TELEFUNKEN

TK 75

Innenkreis-Reflexklystron
f = 3,5 ... 4,2 GHz

Vorläufige technische Daten

Vor dem Einschalten der Resonatorspannung muß die Röhre 2 min mit $U_f = 6,3$ V geheizt werden.

Die Resonatorspannung darf nicht vor der Reflektorspannung eingeschaltet werden.

U_f	6,3 V $\pm 5\%$
I_f	1,55 A

Statische Meßwerte

Resonatorspannung	U_o	500	350	V
Reflektorspannung	U_R	-50	-50	V
Wehneltspannung	U_W	0	0	V
mechan. Frequenzeinstellung	f	3,9	3,9	GHz
Resonatorstrom	I_o	38 ... 52	22 ... 33	mA
Reflektorstrom	I_R	< 5	< 5	μ A

Betriebswerte

Frequenz	f	3,5	3,9	4,2	GHz
Schwingbereich	n	2	2	2	
Resonatorspannung	U_o	500	500	500	V
Resonatorstrom	I_o	46	46	46	mA
Wehneltspannung	U_W	0	0	0	V
Reflektorspannung	U_R	-185	-295	-415	V
Elektronische Bandbreite (Δf zwischen Punkten halber Leistung)	$\Delta f^{1/2^{1)}$	60	33	11	MHz
Modulationssteilheit	$S_m = \frac{\Delta f}{\Delta U_R}^{1)}$	0,6	0,3	0,08	MHz/V
HF-Ausgangsleistung	$N_{HF}^{1)}$	400	650	300	mW
Temperaturkoeffizient zwischen -20°C ... $+60^\circ\text{C}$			$0,12 \pm 0,05$		MHz/ $^\circ\text{C}$

¹⁾ Bezogen auf eine Welligkeit von $s = \frac{U_{\max}}{U_{\min}} < 1,05$ und U_R für max. HF-Ausgangsleistung.

010361



Betriebswerte

Frequenz	f	3,5	3,9	4,2	GHz
Schwingbereich	n	3	3	3	
Resonatorspannung	U_o	350	350	350	V
Resonatorstrom	I_o	28	28	28	mA
Wehneltspannung	U_W	0	0	0	V
Reflektorspannung	U_R	-85	-140	-205	V
Elektronische Bandbreite (Δf zwischen Punkten halber Leistung)	$\Delta f^{1/2^2}$	70	35	10	MHz
Modulationssteilheit	$S_m = \left \frac{\Delta f}{\Delta U_R} \right ^{(2)}$	1,75	0,9	0,25	MHz/V
HF-Ausgangsleistung	$N_{HF^{(2)}}$	50	130	70	mW
Temperaturkoeffizient zwischen -20°C ... $+60^\circ\text{C}$			$0,12 \pm 0,05$		MHz/ $^\circ\text{C}$

²⁾ Bezogen auf eine Welligkeit von $s = \frac{U_{\max}}{U_{\min}} < 1,05$ und U_R für max. HF-Ausgangsleistung.

Grenzwerte (absolute Maxima)

Resonatorspannung	U_o	600	V
Resonatorstrom	I_o	70	mA
Reflektorspannung	$U_{R\min}$	-10	V
	$U_{R\max}$	-600	V
Wehneltspannung, positiv	U_W	0	V
negativ	U_W	-200	V
Temperatur der Oberfläche an der heißesten Stelle der Röhre	t_{Kolben}	110	$^\circ\text{C}$

Bezugspunkt für alle Spannungswerte ist die Kathode.

Einbaulage beliebig



Frequenzstabilität

Soll die Frequenz der Röhre sehr genau konstant gehalten werden, empfiehlt es sich, sämtliche Spannungen aus stabilisierten Netzgeräten zu entnehmen. Die maximale Frequenzabweichung beträgt für

f	3,5	3,9	4,2	GHz
n	2 und 3	2 und 3	2 und 3	
U _o	350 und 500	350 und 500	350 und 500	V
$\frac{\Delta f}{\Delta U_f}$ ³⁾	3	2	1	MHz/V
$\frac{\Delta f}{\Delta U_o}$ ⁴⁾	0,5	0,3	0,15	MHz/V

³⁾ $\Delta U_f = \pm 0,6 \text{ V}$

⁴⁾ $\Delta U_o = \pm 10 \text{ V}$

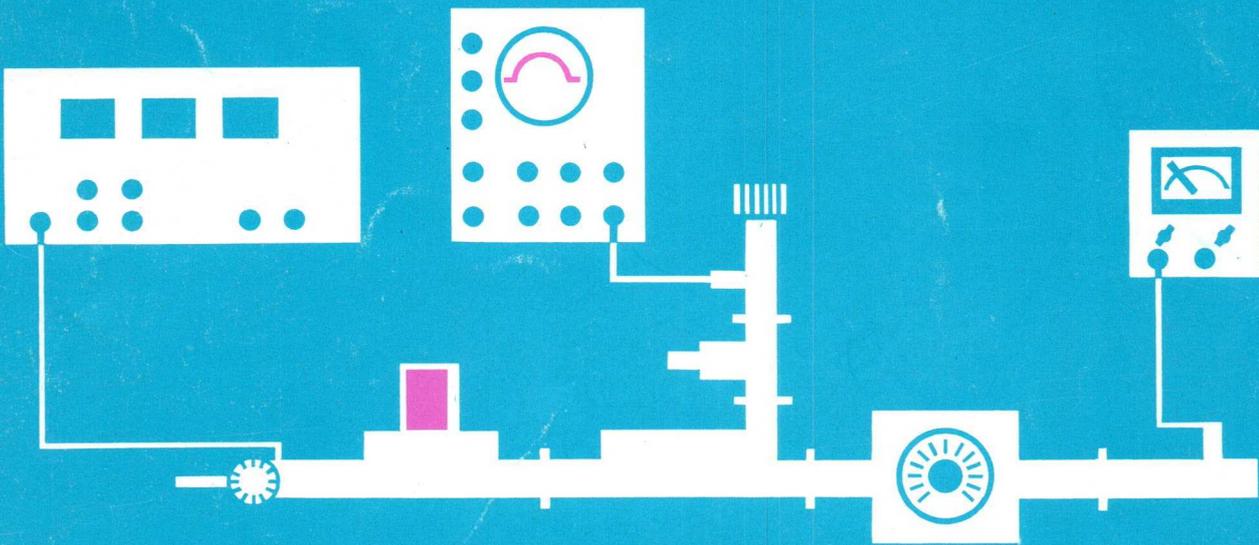
Zubehör

Fassung

Loctal, Keramik

Die nicht benötigten Fassungskontakte sind zu entfernen.





TK 75