

TELEFUNKEN



RÖHREN- UND HALBLEITERMITTEILUNGEN

Betriebswerte und deren Einfluß auf die Lebensdauer für 2 C 39 A und 2 C 39 BA

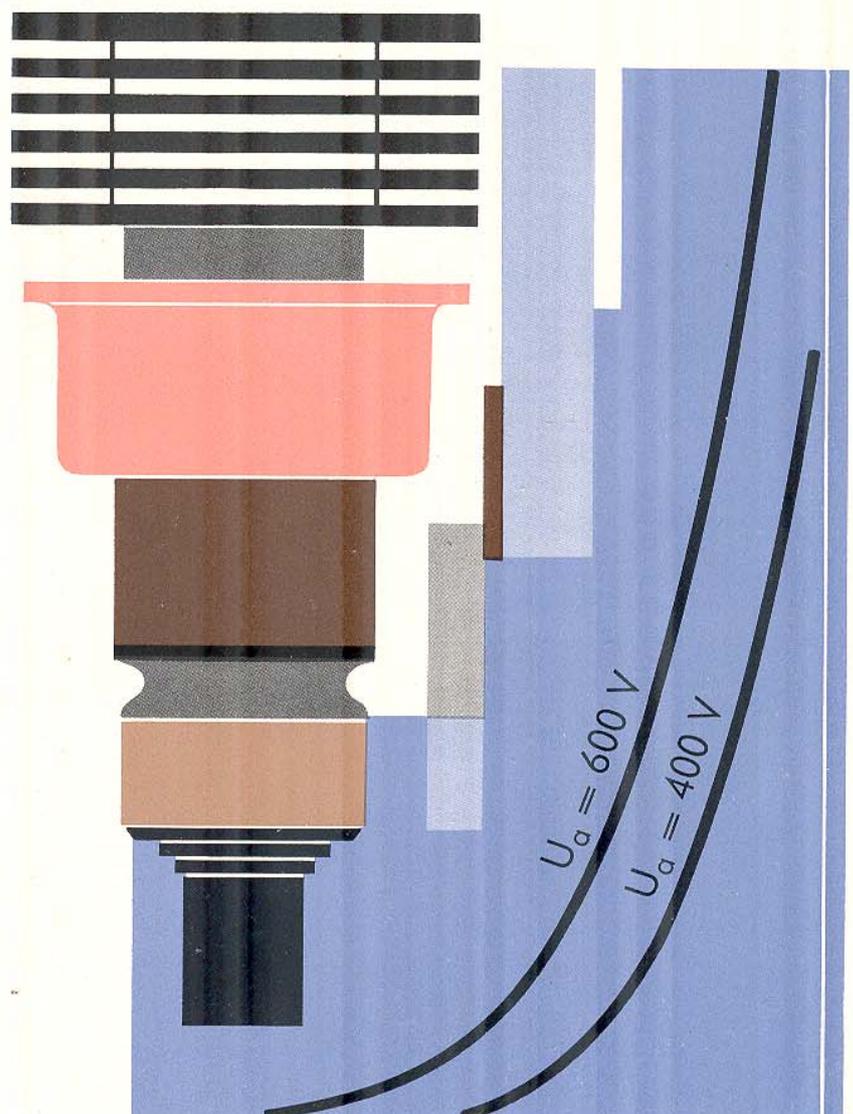
$$U_a = 600 \text{ V}$$

$$R_k = 30 \Omega$$

$$I_a = 75 \text{ mA}$$

$$S = 25 \text{ mA/V}$$

$$\mu = 100$$



610571

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.**

Printed in Western Germany

Betriebswerte und deren Einfluß auf die Lebensdauer für 2 C 39 A und 2 C 39 BA

EINLEITUNG

Die 2 C 39 wird unter der Typenbezeichnung 2 C 39 A in Glasausführung und als 2 C 39 BA in Keramik geliefert.

Wegen der vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten von Mikrowellentrioden, speziell der 2 C 39, ist es naturgemäß sehr schwierig, einheitliche Lebensdauerangaben zu machen. Die 2 C 39 kann im Dauerstrich- und im Impulsbetrieb, als Oszillator, Verstärker und Vervielfacher, moduliert und unmoduliert, im A-, B- und C-Betrieb eingesetzt werden. Je nach der benötigten HF-Ausgangsleistung kann die Anodenspannung und der Anodenstrom in weiten Grenzen variiert werden: Die Anodenspannung von etwa 200 V bis max. 1000 V, der Anodenstrom von ca. 20 mA bis 100 mA. Der Frequenzbereich der 2 C 39 reicht von der oberen Grenzfrequenz, ca. 3000 MHz, bis zu beliebig niedrigen Frequenzen.

Jede Betriebsart hat eine andere Röhrenbelastung, insbesondere Kathodenbeanspruchung, zur Folge und beeinflußt damit die Lebensdauer. Die Betriebswerte und ihr Einfluß auf die Lebensdauer sollen im folgenden diskutiert werden.

INHALT

1. Einfluß der Betriebswerte auf die Lebensdauer

- 1.1 Anodengleichspannung
- 1.2 Kathodengleichstrom
- 1.3 Frequenz und Heizspannung
- 1.4 Maßnahmen gegen das Spratzen der Kathode

2. Änderung der Röhrenkennwerte während der Lebensdauer

- 2.1 Stabilisieren des Anodenstromes

3. Angaben über die Lebensdauer der 2 C 39

- 3.1 Lebensdauerprüfungen nach US-JAN, bzw. MIL-Spezifikationen
- 3.2 Lebensdauerangaben für TELEFUNKEN-2 C 39 A und 2 C 39 BA

1. EINFLUSS DER BETRIEBSWERTE AUF DIE LEBENSDAUER

1.1 Anodengleichspannung

Neue Lebensdauerersuche haben gezeigt, daß die Anodenspannung die Lebensdauer sehr stark beeinflußt. Wie **Bild 1** zeigt, fällt beispielsweise die Lebensdauer bei Erhöhung der Anodenspannung von 600 V auf 800 V auf etwa die halbe Zeit ab. Der Rückgang der Lebensdauer bei höheren Anodenspannungen hängt mit dem dann besonders stark stattfindenden Abbau der Emissionsschicht der Kathode zusammen.

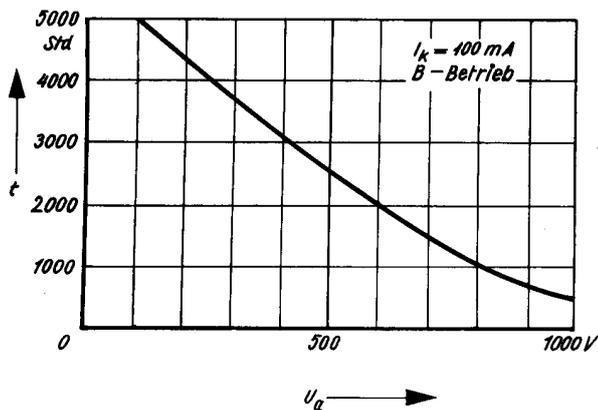


Bild 1 Ungefähre Lebensdauer der 2 C 39 in Abhängigkeit von der Anoden-Gleichspannung, gemessen bei $I_k = 100 \text{ mA}$ und B-Betrieb

Anodenspannungen über 800 V sollte man daher nur in solchen speziellen Fällen anwenden, in denen auf Lebensdauer kein Wert gelegt zu werden braucht. Ein Niedrighalten der Anodenspannung ist schon deshalb möglich, weil unsere neuen Typen **2 C 39 A** und besonders **2 C 39 BA** gegenüber früheren Konstruktionen äußerst verlustarm aufgebaut sind, so daß auch schon bei niedrigen Anodenspannungen beachtliche HF-Leistungen erreicht werden können. Das zeigt **Bild 2** für die **2 C 39 BA**, wo bei jeweils optimaler Abstimmung des Koaxialkreises für verschiedene Anodenspannungen und Anodenströme die HF-Leistung in Abhängigkeit von der Frequenz aufgetragen ist. Niedrige Anodenspannung – bei demselben Anodenstrom – kommt auch der Forderung nach Stabilität des Schwingungszustandes beim selbst-erregten Sender und nach Breitbandigkeit beim Verstärker entgegen.

1.2 Kathodengleichstrom

Der aus der Kathode gezogene Strom setzt sich aus einem Gleichstrom und einem überlagerten Wechselstrom zusammen. Den quadratischen Mittelwert aus beiden Strömen nennt man den Kathoden-Effektivstrom $I_{k \text{ eff}}$. Der zeitliche Höchstwert des aus der Kathode tretenden Stromes ist der Scheitelwert $I_{k \text{ sp}}$ des Kathodenstromes. Beide Werte, der Kathoden-Effektivstrom und der Scheitelwert des Kathodenstromes sind einer Messung nicht zugänglich, sondern können nur aus dem ge-

messenen Gleichstrom $I_{k \text{ gl}}$ und aus der Betriebsart ermittelt werden.

In der folgenden Tabelle ist sowohl der Stromflußwinkel als auch das Verhältnis des Kathoden-Effektivstromes und des Scheitelwertes des Kathodenstromes zum Kathodengleichstrom für verschiedene Betriebsarten angegeben. Als Stromflußwinkel bezeichnet man die halbe Zeit des Stromflusses, bezogen auf die gesamte Periodendauer.

Betriebsart	Stromflußwinkel	$\frac{I_{k \text{ eff}}}{I_{k \text{ gl}}}$	$\frac{I_{k \text{ sp}}}{I_{k \text{ gl}}}$
A-Betrieb	180°	1,2	2
B-Betrieb	90°	1,6	3,3
C-Betrieb	60°	1,9	5

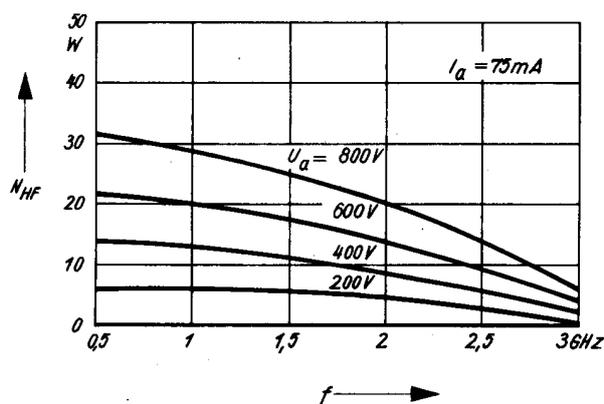
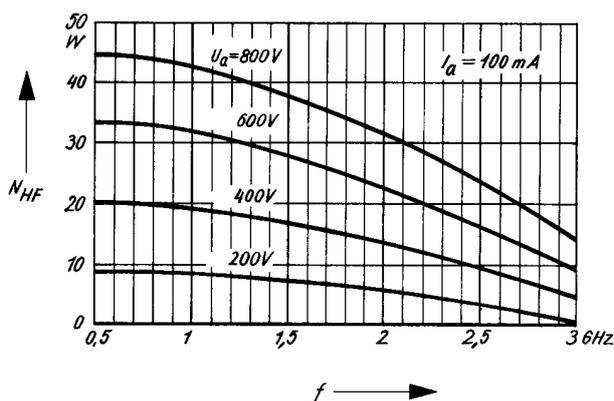


Bild 2 Optimale Dauerstrich-HF-Leistung der 2 C 39 BA in Abhängigkeit von der Frequenz, gemessen bei verschiedenen Anodenspannungen und Anodenströmen

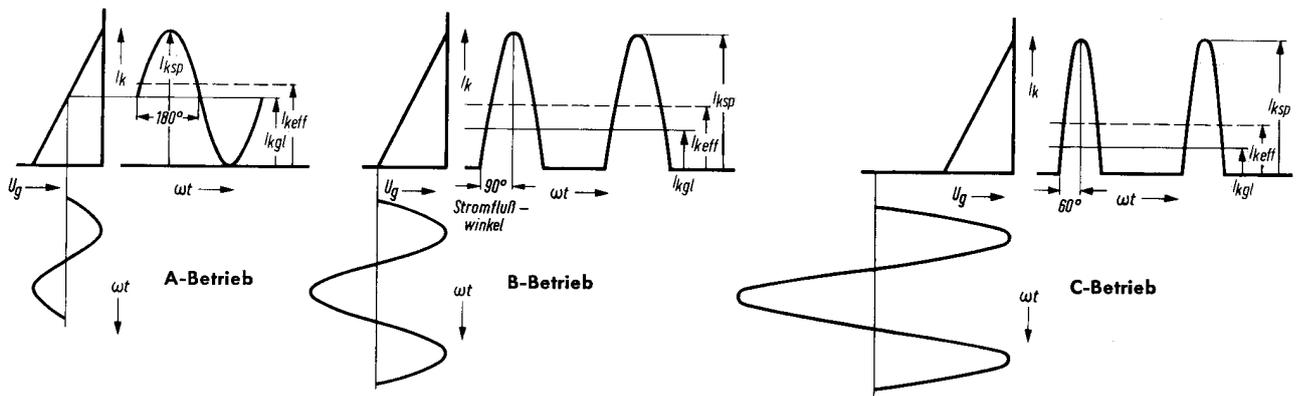


Bild 3 Zusammenhang zwischen Scheitelwert des Kathodenstromes $i_{k\text{sp}}$, Kathoden-Effektivstrom $i_{k\text{eff}}$ und Kathodengleichstrom $i_{k\text{gl}}$ bei A-, B- und C-Betrieb

Bild 3 veranschaulicht die Stromverhältnisse und den Stromflußwinkel für die verschiedenen Betriebsarten.

Die Praxis hat gezeigt, daß die Begrenzung der Kathodenbelastung in bezug auf den Effektivstrom gute Lebensdauer-Ergebnisse gebracht hat. Erfahrungsgemäß soll für eine brauchbare Lebensdauer der Kathoden-Effektivstrom den Wert 350 mA/cm^2 nicht überschreiten. Da die 2 C 39 eine emittierende Kathodenfläche von $0,5 \text{ cm}^2$ besitzt, ergibt sich ein zulässiger Effektivstrom von 175 mA . D. h., daß der Kathodengleichstrom für B-Betrieb also nicht größer als 110 mA werden darf. Besonders wichtig ist die Einhaltung des Effektivstromes für den Impulsbetrieb, da hier der Unterschied zwischen Kathodengleichstrom und Effektivstrom sehr groß werden kann. Das Verhältnis Kathodeneffektivstrom und Kathodenspitzenstrom zum gemessenen Kathodengleichstrom ist für Impulsbetrieb mit Rechteckimpuls aus der nächsten **Tabelle** zu ersehen.

Betriebsart	Stromflußwinkel	$\frac{i_{k\text{eff}}}{i_{k\text{gl}}}$	$\frac{i_{k\text{sp}}}{i_{k\text{gl}}}$
A-Betrieb	180°	$\frac{1,2}{\sqrt{\tau}}$	$\frac{2}{\tau}$
B-Betrieb	90°	$\frac{1,6}{\sqrt{\tau}}$	$\frac{3,3}{\tau}$
C-Betrieb	60°	$\frac{1,9}{\sqrt{\tau}}$	$\frac{5}{\tau}$

Als Kathodengleichstrom ist hier der über die Gesamtzeit gemittelte Wert zu verstehen, d. h. der mit einem Gleichstrominstrument gemessene Wert. Für den maximal zulässigen Scheitelwert des Kathodenstromes kann bei der 2 C 39 A und 2 C 39 BA als Richtwert 5 A angenommen werden, gültig für Impulszeiten bis max. $3 \mu\text{s}$.

τ bezeichnet das Tastverhältnis, d. h. das Verhältnis von Impulsdauer zur Wiederholungszeit des Impulses.

1.3 Frequenz und Heizspannung

Beim Betrieb der 2 C 39 mit Frequenzen oberhalb 400 MHz treten merkliche Elektronenlaufzeiten im Gitter-Kathodenraum auf. Das bedeutet, daß bereits während des Fluges der Elektronen von der Kathode zum Gitter die Gitterspannung in die negative Halbphase wechselt und daher ein Teil der Elektronen das Gitter nicht mehr erreichen kann. Sie werden zur Umkehr gezwungen und unter Aufnahme von Energie aus dem HF-Feld zur Kathode zurückgeworfen. Die Energie wird in Form von Wärme an die Kathode abgegeben. Die Folge ist erhöhte Kathodentemperatur, verstärkte Abdampfung der Emissionsschicht und daher Verkürzung der Lebensdauer.

Man kann diesen unerwünschten Effekt dadurch kompensieren, daß man die Heizspannung nach Einsetzen der Schwingung herabsetzt. **Bild 4** zeigt die reduzierte Heizspannung in Abhängigkeit vom Kathodenstrom bei verschiedenen Frequenzen. Die Werte können natürlich nur Richtwerte sein,

da die geschilderte Aufheizung der Kathode außer von der Frequenz auch noch von anderen Faktoren abhängt (Aussteuerungsgrad, Stromflußwinkel, Kathodenabstimmung usw.).

Im Interesse einer langen Lebensdauer ist es ratsam, die Heizspannung grundsätzlich auch dann zu erniedrigen, wenn nur kleine Kathodenströme gezogen werden. Aus Bild 4 ersieht man, daß bei Kathodenströmen unter 50 mA die Heizspannung auf 5 V herabgesetzt werden kann.

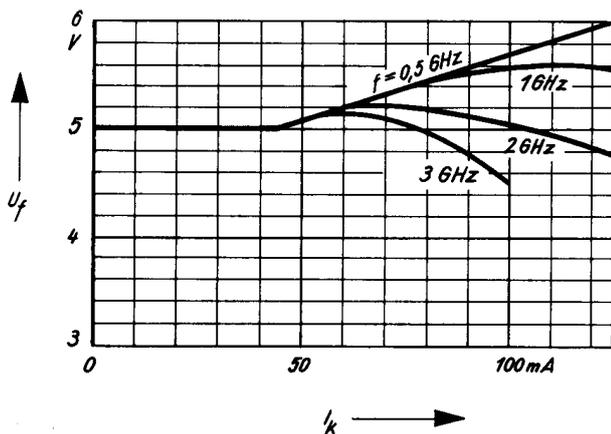


Bild 4 Reduzierte Heizspannung der 2 C 39 in Abhängigkeit vom Kathodenstrom bei verschiedenen Frequenzen

1.4 Maßnahmen gegen das Spratzen der Kathode

Eine andere Erscheinung, die die Lebensdauer einer Oxydkathodenröhre nicht nur beeinträchtigen, sondern sogar in kürzester Zeit beenden kann, ist das sogenannte Spratzen der Emissionsschicht. Unter Spratzen versteht man das Losreißen von Teilen der Oxydschicht. Der Vorgang wird ausgelöst durch eine zu hohe Feldstärke, die sich an den weniger gut aktivierten Stellen der Kathodenoberfläche ausbilden kann.

Hohe Feldstärken an der Kathode treten im Schwingbetrieb auf, wenn z. B. der Belastungswiderstand des Ausgangskreises entkoppelt wird, wie es oft beim Ausprobieren und Einstellen erstmalig in Betrieb genommener Sender passiert. Anoden- und Gitterwechselspannung schaukeln sich dann so hoch, daß es zum Spratzen kommt. Innerhalb weniger Sekunden kann so durch eine Kettenreaktion die ganze Kathode zerstört werden.

Der Spratzvorgang kann auch ausgelöst werden, wenn die vollen Betriebsspannungen bei noch nicht auf Soll-Temperatur gekommener Kathode angelegt werden. In diesem Falle arbeitet die Kathode im Sättigungsgebiet. Das bedeutet, daß die Feldstärke an der Kathode nicht mehr durch die Raumladung begrenzt wird. Aus diesem Grunde wird für die 2 C 39 vorgeschrieben, daß vor dem Anlegen von Anoden- und Gitterspannung die Röhre mindestens 1 min. lang vorgeheizt werden muß.

2. ÄNDERUNG DER RÖHRENKENNWERTE WÄHREND DER LEBENSDAUER

Der grundsätzliche Verlauf der wichtigsten statischen Röhrenkennwerte Anodenstrom, Steilheit und Durchgriff während der Lebensdauer ist in Bild 5 dargestellt (Anodenstrom bei 30 Ω Katho-

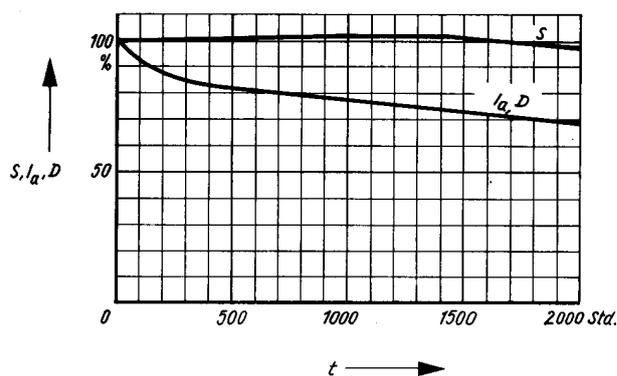


Bild 5 Die statischen Kennwerte der 2 C 39 (I_a , S, D) während der Lebensdauer

denwiderstand, Steilheit bei konstantem Anodenstrom gemessen). Da die Steilheit praktisch konstant bleibt, ist der Abfall des Anodenstromes nur durch den kleiner werdenden Durchgriff bedingt. Für die Abnahme des Durchgriffs während der Lebensdauer sind zwei Ursachen verantwortlich:

1. Die unvermeidbare Verdampfung der Emissionsschicht bewirkt, daß sich Schichtmaterial auf den Gitterdrähten niederschlägt, das Gitter „wächst“ zu.

2. Verursacht durch die Feldverzerrungen des nicht idealen Gitters haben wir einen Durchgriff in Richtung senkrecht zur Systemachse von periodisch schwankender Größe. Auf die Stellen der Kathode, die im Schatten der Gitterdrähte liegen, wirkt ein kleiner, auf die benachbarten Stellen ein großer Durchgriff. Die Folge ist eine ungleichmäßige Belastung der Kathode. Die Stellen des großen Durchgriffs lassen zuerst in ihrer Emissionsfähigkeit nach, so daß der Gesamtdurchgriff kleiner wird.

Aus dem Absinken des Anodenstromes während der Lebensdauer kann man also noch keineswegs auf ein „schlechter werden“ der Röhre schließen. Die auf gleichen Anodenstrom bezogene Steilheit kann sogar, da sie durch die Steuerschärfe mit dem Durchgriff verknüpft ist, etwas größer werden.

2.1 Stabilisieren des Anodenstromes

Im praktischen Betrieb wird der Anodenstrom durch einen regelbaren Kathodenwiderstand auf seinen Sollwert eingestellt und bei Abfall desselben im Laufe der Lebensdauer nachreguliert. Sehr bewährt hat sich eine Stabilisierung des Anodenstromes, wie sie mit der Schaltung nach **Bild 6** erreicht wird. Die Wirkungsweise der Schaltung geht aus dem Diagramm in **Bild 6** hervor. Angenommen, die I_a/U_g Kennlinie einer Röhre würde sich im Laufe der Lebensdauer infolge der beschriebenen Abnahme des Durchgriffs von der stark ausgezogen auf die gestrichelt gezeichnete Linie verschieben. Bei fester Gittervorspannung von -5 V würde dann der Anodenstrom von A auf B fallen. Wird die Gittervorspannung mittels Kathodenwiderstand allein erzeugt, so würde der Anodenstrom weniger fallen, nämlich von A auf C. Bei Anwendung der Stabilisierungsschaltung mit noch größerem Kathodenwiderstand und einer am Spannungsteiler abgegriffenen positiven Hilfsspannung von 70 V nimmt der Anodenstrom nur noch geringfügig von A auf D ab. Siehe auch TELEFUNKEN-Laborbuch, Band II, Seite 132, „Stabilisieren des Anoden-Ruhestromes steiler Röhren“.

3. ANGABEN ÜBER DIE LEBENSDAUER DER 2 C 39

3.1 Lebensdauerprüfungen nach US-JAN bzw. MIL-Spezifikationen

In der MIL-E-1/546 C, die für die 2 C 39 A gültig ist, werden folgende Lebensdauerprüfungen vorgeschrieben:

Prüfung I:

Lebensdauer ≥ 500 Std.

bei $U_a = 800\text{ V}$

$I_a = 80\text{ mA}$

$f = 500\text{ MHz}$

$N_{HF} \geq 27\text{ W}$

$N_{HF} = 20\text{ W}$ (Lebensdauerende)

Die Lebensdauer gilt also als beendet, wenn die HF-Ausgangsleistung von dem Anfangswert $N_{HF} = 27\text{ W}$ auf $N_{HF} = 20\text{ W}$ abgefallen ist.

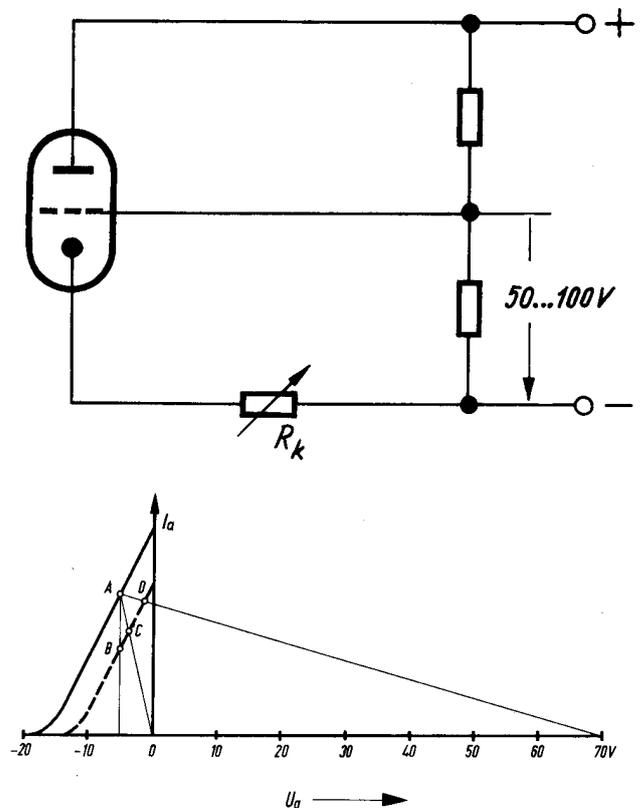


Bild 6 Stabilisierung des Anodenstromes durch Spannungsteiler und Kathodenwiderstand

Prüfung II:

Lebensdauer \geq	100 Std
bei U_a	= 900 V
I_a	= 80 mA
f	= 2 000 MHz
N_{HF}	= 8 W (Lebensdauerende)

Die MIL-Spezifikationen MIL-E-1/701 und MIL-E-1/1107 A, die für die Keramikröhren 2 C 39 B bzw. 3 CX 100 A 5 bestimmt sind, enthalten dieselben Lebensdauerprüfungen.

Bei der Prüfung I werden für beide Typen wieder 500 Std. verlangt; Prüfung II fordert 200 Std. für die 3 CX 100 A 5 und 250 Std. für die 2 C 39 B.

3.2 Lebensdauerangaben für TELEFUNKEN – 2 C 39 A und 2 C 39 BA –

Bei der Entwicklung unserer 2 C 39 A und 2 C 39 BA haben wir uns, um die Austauschbarkeit der verschiedenen Röhrenfabrikate nach Möglichkeit zu gewährleisten, weitgehend an die amerikanischen Daten gehalten, d. h. die Streugrenzen der mechanischen Abmessungen und der elektrischen Kennwerte, wie sie in den MIL-Spezifikationen festgelegt worden sind, werden auch von unseren Röhren eingehalten. In den Lebensdauerangaben wollen wir jedoch abweichend von den MIL-Spezifikationen eigene, günstigere Garantiebestimmungen einführen. Die Aussonderungsbedingungen für das Ende der Lebensdauer benennen in den MIL-Spezifikationen nur das Absinken der HF-Leistung als Kriterium. Die verschärften Aussonderungsbedingungen für unsere Röhren sind:

1. Der Anodenstrom I_a darf nicht unter 50 mA absinken (Anfangswert 60 ... 95 mA)
2. Die Steilheit S darf nicht unter 18 mA/V absinken (Anfangswert 20 ... 30 mA/V)

3. Die Ausgangsleistung N_{HF} darf nur bis auf 80% des Anfangswertes abfallen (auf den gleichen Anodenstrom bezogen).

Unter Anodenstrom und Steilheit sind die Werte zu verstehen, die im statischen Betrieb bei $U_a = 600$ V und mit einem Kathodenwiderstand von $R_k = 30 \Omega$ gemessen werden.

Bei Zugrundelegung dieser Aussonderungsbedingungen können wir für die 2 C 39 A und 2 C 39 BA folgende Lebensdauer-Zeiten angeben:

A. Lebensdauer \geq 2000 Std.

Maximale Betriebsdaten: (ohne Anodenmodulation)

Anodengleichspannung	U_a	=	600 V
Kathodengleichstrom	I_k	=	100 mA
Kathodeneffektivstrom	$I_{k\text{eff}}$	=	175 mA
Frequenz	f	=	2 500 MHz

B. Lebensdauer \geq 1000 Std.

Maximale Betriebsdaten: (ohne Anodenmodulation)

Anodengleichspannung	U_a	=	800 V
Kathodengleichstrom	I_k	=	100 mA
Kathodeneffektivstrom	$I_{k\text{eff}}$	=	175 mA
Frequenz	f	=	2 500 MHz

Die Lebensdauererwartung kann natürlich bedeutend höher liegen als 1000 bzw. 2000 Std., besonders dann, wenn die Betriebsdaten noch unter $U_a = 600$ V und $I_k = 100$ mA liegen. In der Praxis sind bei niedrigen Betriebswerten Lebensdauerzeiten bis zu 15 000 Std. registriert worden.

Die im Vergleich zu anderen Spezialröhren verhältnismäßig niedrigen Lebensdauerzeiten liegen in der vielfach höheren Belastung der 2 C 39 begründet. Am Beispiel einer Gegenüberstellung der 2 C 39 mit der Langlebensdaueröhre EF 800 soll dies deutlich vor Augen geführt werden. Beide Röhren haben eine gleich große emittierende Kathodenoberfläche ($0,5 \text{ cm}^2$), auch die Elektrodenabstände sind vergleichbar groß. Für die EF 800 kann mit einer Lebensdauer von 10000 Stunden gerechnet werden.

Die maximalen Betriebsdaten beider Röhrentypen sind:

		2 C 39	EF 800	
Anodenspannung	U_a	1000	250	V
Kathodenstrom	I_k	125	15	mA
Anodenverlustleistung	Q_a	100	2,5	W

H. Nickel

