

**Erläuterungen zu den technischen Daten**

**der**

**Empfänger-Röhren**

**Verstärker-Röhren**

**Gleichrichter-Röhren**

**für**

**Rundfunk und Fernsehen**



## Inhalt

	Seite
1. Grundlegende Begriffe .....	3
1.1. Meßwerte .....	3
1.2. Betriebswerte .....	3
1.3. Grenzwerte .....	3
1.4. Bezugspunkte .....	4
2. Allgemeine Hinweise .....	4
3. Grenzwerte .....	5
3.1. Zulässige Grenzwert-Überschreitungen in Abhängigkeit von der Betriebsart	5
3.2. Erläuterungen zu einzelnen Grenzwerten .....	7
3.3. Grenzwerte für Heizspannung und Heizstrom .....	9
4. Kapazitäten .....	13
5. Einbau .....	14
6. Kolbentemperatur, Kühlung, Lüftung .....	15
7. Mikrophonie-Eigenschaften von NF-Verstärkerröhren .....	15
8. Brumm-Eigenschaften von NF-Verstärkerröhren .....	17
9. Kreuz- und Brumm-Modulation .....	18
10. Rauschfaktor oder Rauschzahl .....	19

## 1. Grundlegende Begriffe

Die technischen Daten der angeführten Röhren werden in Form von Meßwerten, Betriebswerten, Grenzwerten und Kennlinien angegeben. Diese Werte und Kennlinien stellen Mittelwerte von fabrikneuen Röhren dar.

Eine Mittelröhre ist eine fiktive Röhre, die in allen für den jeweiligen Anwendungsfall interessierenden Eigenschaften den angegebenen Meßwerten entspricht.

- 1.1. **Meßwerte** geben die Eigenschaften eines von äußeren Schaltelementen unbeeinflussten Röhrentyps an (bei einigen Typen mit Kathodenwiderstand), wobei die für die Einstellung maßgebenden Werte durch Fettdruck gekennzeichnet sind, während sich die übrigen mager gedruckten Werte hierbei als Cirka-Werte ergeben. Zu den Meßwerten gehören z. B. Steilheit, Verstärkungsfaktor ( $\mu$ ), Innenwiderstand, Kapazitäten und statische Kennlinien. Kapazitäten sind als Cirka-Werte bzw. als obere Streuwerte ( $\leq$ ) zu betrachten.
- 1.2. **Betriebswerte** sind Empfehlungen für den Betrieb eines Röhrentyps in typischen Anwendungen und Angaben über die dabei mit einer Mittelröhre erzielten Eigenschaften. Es empfiehlt sich eine möglichst enge Anlehnung an die angegebenen Betriebswerte. Bei Abweichungen hiervon muß auf die sichere Einhaltung der Grenzwerte geachtet werden. Soll ein Röhrentyp für einen Anwendungszweck benutzt werden, der vom Röhren-Hersteller nicht vorgesehen ist, empfiehlt es sich in jedem Fall, eine eingehende Rückfrage zu halten.
- 1.3. **Grenzwerte** geben die beim Betrieb der Röhren höchstzulässigen Belastungswerte an. Sie stellen einen sinnvollen Kompromiß zwischen Röhrenausnutzung und Lebensdauer-Erwartung dar.

Im allgemeinen werden Grenzwerte angegeben, die bei Mittelröhren in keiner Betriebsart überschritten werden dürfen, wenn auch alle übrigen Bauelemente des Gerätes und die Versorgungsspannungen Nennwerte haben. Ist eine Schaltung so entworfen, so dürfen beliebige Exemplare des betreffenden Röhrentyps eingesetzt werden, und die Schaltelemente sowie Versorgungsspannungen dürfen im Rahmen definierter Toleranzen (s. Abschnitt 3.1) schwanken.

Sind Grenzwerte als „absolute Grenzwerte“ gekennzeichnet, so **dürfen** sie **unter keinen Umständen überschritten werden**. Die Schaltung muß daher so ausgelegt werden, daß während der Lebensdauer der betrachteten Röhre des Gerätes und den ungünstigsten Arbeitsbedingungen im Hinblick auf Schwankungen der Versorgungsspannungen, der Einstellungen und Streuwerte der

übrigen Bauelemente, der Belastung, des Signals, der Umgebungsbedingungen und der Röhrendaten kein absoluter Grenzwert überschritten wird. Ein einzelner Grenzwert darf auch dann nicht überschritten werden, wenn andere Grenzwerte nicht ausgenutzt werden.

- 1.4. Die angegebenen Elektrodenspannungen beziehen sich bei indirekt geheizten Röhren auf die Kathode und bei direkt geheizten Röhren (soweit nichts anderes angegeben) auf das negative Ende des Heizfadens. Die Speisespannung  $U_b$  wird auf die gemeinsame Minusleitung bezogen.

## 2. Allgemeine Hinweise

- 2.1. Die angegebenen Daten beziehen sich normalerweise auf den Anodenstrom. Die Vorspannung des Steuergitters ist so einzustellen, daß der angegebene Anodenstrom fließt (im allgemeinen ohne Eingangssignal); der angegebene Wert für die Steuergitter-Vorspannung ist dann nur ein Näherungswert. Bei einem Teil der Röhren wird in den Daten ein Kathodenwiderstand angegeben. Es basieren dann sämtliche Daten auf dem Kathodenwiderstand sowie den angegebenen Elektrodenspannungen.
- 2.2. Im Betrieb muß eine Gleichstromverbindung zwischen jeder Elektrode und der Kathode bestehen. Die Widerstände in den Elektrodenzuleitungen sollen grundsätzlich nicht höher gewählt werden, als es für die einwandfreie Funktion der Schaltung erforderlich ist.
- 2.3. Für die Schaltungsauslegung und die Konstruktion von Geräten sind die in den Datenblättern angegebenen elektrischen Werte und geometrischen Abmessungen zugrunde zu legen. Ist es notwendig, die Röhren in einer anderen Einstellung zu betreiben (wesentlich niedrigere Spannungen), empfiehlt es sich, an einer möglichst großen Zahl von Röhren und Geräten Kontrollmessungen durchzuführen, um für den betreffenden Röhrentyp aus den Daten den nicht ersichtlichen Streubereich zu erfassen. In Zweifelsfällen wende man sich an den Röhrenhersteller.
- 2.4. Werden Röhren nahe am Grenzwert der Verlustleistung betrieben, so empfiehlt es sich, eine Gleichstrom-Gegenkopplung zu verwenden, z. B. durch Kathodenwiderstand (automatische Gittervorspannung) und/oder Vorwiderstände in der Anoden- bzw. Schirmgitterzuleitung.
- 2.5. Soll eine Röhre, bei der keine Grenzwerte für Impulsbetrieb angegeben sind, in dieser Betriebsart verwendet werden, so ist beim Röhren-Hersteller rückzufragen, wenn der Impuls

- a) bei einer Integrationszeit von  $t_{av} \geq 40$  ms den mittleren zulässigen Kathodenstrom überschreitet,
- b) bei einer Integrationszeit von  $t_{av} < 40$  ms den dreifachen mittleren Kathodenstrom überschreitet.

- 2.6. Die Heizfaden-Kathoden-Strecke soll möglichst nicht in HF-Kreisen liegen, die Einfluß auf Frequenz und Kurvenform haben, da durch Veränderungen des Isolationswiderstandes zwischen Heizfaden und Kathode und durch Schwankungen der Heizfaden-Kathodenkapazität Frequenzschwankungen sowie störende Brumm-Modulation auftreten können. Die Heizfaden-Kathoden-Strecke soll ebenfalls nicht in NF-Kreisen liegen, hinter denen eine hohe Verstärkung stattfindet, da aus denselben Ursachen Störungen wie Brumm und Rauschen auftreten können.
- 2.7. Die elektrischen Werte gelten für einen Betrieb bei normalem atmosphärischen Druck (unter 2000 m auf Meereshöhe) und einer relativen Luftfeuchtigkeit bis zu 80%. Bei Anwendung der Röhren unter anderen Betriebsbedingungen ist zur Vermeidung von Überlastungen, Überschlägen usw. der Röhren-Hersteller vorher zu befragen.

### 3. Grenzwerte

#### 3.1. Zulässige Grenzwert-Überschreitungen in Abhängigkeit von der Betriebsart<sup>1)</sup>

##### 3.1.1. Netzbetrieb

Wird ein Gerät, dessen sämtliche Schaltteile Nennwert haben, mit einem Röhrensatz, dessen Röhren den Nenndaten entsprechen, bestückt und wird das Gerät an Nennspannung<sup>2)</sup> betrieben,

A) so dürfen die Verlustleistungen und/oder Kathodenströme aller Röhren unter keinen Umständen die angegebenen Maximalwerte überschreiten. (Bei NF Klasse B Einstellung ergibt sich das Maximum der Anodenverlustleistung bei etwa  $\frac{2}{3}$  Vollaussteuerung. Wird die Röhre nicht dauernd mit dieser maximal zugelassenen Anodenverlustleistung betrieben – z. B. bei Aussteuerung mit Sprache oder Musik – dann darf der angegebene Grenzwert für diesen Arbeitspunkt um max. 10% überschritten werden.)

B) so müssen die Elektrodengleichspannungen aller Röhren, die keinem

<sup>1)</sup> Grenzwerte für Heizung siehe Abschnitt 3.3.

<sup>2)</sup> Unter Nennspannung ist hier die Maximalspannung des betreffenden Bereiches zu verstehen. Die Bereiche sind so zu wählen, daß die im Abschnitt 3.3. angeführten Bedingungen (Heizung) erfüllt sind.

Regelvorgang unterliegen, innerhalb der Grenzwerte bleiben (geregelt Röhren siehe Punkt 3.2.2.).

- c) so darf die Leerlaufspannung des Gleichrichters die maximalen Kaltspannungswerte der betreffenden Röhren nicht überschreiten.

Sind diese Bedingungen erfüllt,

- a) so dürfen beliebige Exemplare der vorgesehenen Röhrentypen im Gerät verwendet werden,  
b) so dürfen die Toleranzen der Schaltelemente so gewählt werden, daß hierdurch die Verlustleistungen maximal um 10% überschritten werden können,  
c) so darf das Gerät an die betreffende Netzspannung angeschlossen werden, wenn diese um nicht mehr als  $\pm 10\%$  schwankt.

Bei steilen Pentoden und Endröhren, die mit mehr als 80% der maximal zugelassenen Verlustleistung betrieben werden, empfiehlt sich die Verwendung eines Kathodenwiderstandes mit max.  $\pm 10\%$  Toleranz. Ist die Benutzung eines Kathodenwiderstandes nicht möglich, so sollte ein Schirmgittervorwiderstand mit max.  $\pm 10\%$  Toleranz eingefügt werden, der min.  $\frac{1}{3}$  der Speisenspannung aufnimmt. Sind die Netzüberspannungen größer als 10%, so daß der Höchstwert den Nennwert um  $p\%$  überschreitet, so müssen die maximal zulässigen Elektrodengleichspannungen um  $(p - 10)\%$  und die Verlustleistungen um  $2(p - 10)\%$  vermindert werden.

### 3.1.2. Batteriebetrieb

Bei Batteriebetrieb gelten die bei Netzbetrieb als Punkt A und B angeführten Bedingungen, bezogen auf eine Batterie mit Nennspannung.

Sind diese Bedingungen erfüllt,

- a) so dürfen beliebige Exemplare der vorgesehenen Röhrentypen im Gerät verwendet werden,  
b) so dürfen die Toleranzen der Schaltelemente so gewählt werden, daß hierdurch die Verlustleistungen um max. 10% überschritten werden können,  
c) so darf die Spannung einer neuen Anodenbatterie ihren Nennwert um max. 15% überschreiten.

### 3.1.3. Betrieb mit Zerrhacker oder rotierendem Umformer

Es gelten die bei Netzbetrieb (3.1.1.) angegebenen Vorschriften; sie müssen bei Batteriespannungen von 6,3 V (bzw. 12,6 oder 25,2 V) eingehalten werden. Liegt die Batterie aber während des größeren Teils der Betriebszeit an Ladung, dann müssen Batteriespannungen von 7 V (bzw. 14 oder 28 V) zugrunde gelegt werden.



## 3.2. Erläuterungen zu einzelnen Grenzwerten

### 3.2.1. Schirmgitterverlustleistung

Für Endröhren werden häufig zwei Werte für die Schirmgitterverlustleistung angegeben:

1. ein Maximalwert, der ohne Aussteuerung nicht überschritten werden darf,  $N_{g2} (N_{\sim} = 0)$ ,
2. ein Maximalwert, der als Meßwert bei Vollaussteuerung (möglichst bis zum Gitterstromereinsatzpunkt) mit Sinusspannung kurzzeitig eingestellt werden darf,  $N_{g2} (N_{\sim max})$ .

Werden bei den beiden genannten Einstellungen die angegebenen Maximalwerte eingehalten, dann wird die Röhre bei normaler Aussteuerung mit Sprache oder Musik nicht überlastet. Bei Daueraussteuerung mit Sinusspannung dürfen, sofern nichts anderes angegeben ist, 75% der für Vollaussteuerung erforderlichen Eingangsspannung nicht überschritten werden.

Zur Vermeidung von Überlastungen des Schirmgitters muß der Anodenkreis stets richtig angepaßt sein, z. B. darf der Lautsprecher nicht abgeschaltet werden, ohne daß ein äquivalenter Belastungswiderstand eingeschaltet wird.

### 3.2.2. Anoden- bzw. Schirmgitterspannung

Für die Anoden- bzw. Schirmgitterspannung werden je zwei Grenzwerte angegeben,  $U_a$  bzw.  $U_{g2}$  (Spannung im Betrieb) und  $U_{a0}$  bzw.  $U_{g20}$  („Kaltspannung“). Die Anoden- bzw. Schirmgitterspannung ( $U_a$  bzw.  $U_{g2}$ ) darf im Betrieb nur in folgenden Fällen überschritten werden:

1. Bei nicht geheizter Röhre und beim Einschalten dürfen diese Spannungen bis auf  $U_{a0}$  bzw.  $U_{g20}$  ansteigen;
2. Die Elektrodengleichspannungen von geregelten Röhren dürfen ihre Grenzwerte ( $U_a$ ,  $U_{g2}$  usw.) um maximal 20% überschreiten, wenn die betreffenden Ströme gegen Null gehen;
3. Im Falle, daß der Gleichspannung eine Wechsellspannung überlagert ist, darf der Spitzenwert die Werte von  $U_{a0}$  bzw.  $U_{g20}$  erreichen, wenn gleichzeitig der Strom zur betreffenden Elektrode sich dem Wert Null nähert.

### 3.2.3. Widerstand zwischen Steuergitter und Kathode

Wenn nichts anderes vermerkt ist, bezieht sich der Maximalwert des Steuergitter-Ableitwiderstandes auf Betrieb mit automatischer Vorspannungserzeugung (durch Kathodenwiderstand). Wird mit fester Gittervorspannung gearbeitet und ist kein Maximalwert hierfür angegeben, dann darf der Ableitwiderstand maximal halb so groß gewählt werden wie bei automati-

scher Gittervorspannung. Wird mit „halbautomatischer“ Gittervorspannung gearbeitet (die Vorspannung wird an einem Widerstand in der gemeinsamen Minusleitung erzeugt, der von den Kathodenströmen aller Röhren durchflossen wird), dann liegt der Grenzwert für den Gitterableitwiderstand zwischen den beiden obigen Werten und kann mit Hilfe nachstehender Formel bestimmt werden:

$$R_{g1^x} = \frac{1}{2} \left( R_{g1} + \frac{I_a + I_{g2}}{I_{ges}} \cdot R_{g1} \right)$$

worin  $R_{g1}$  der Grenzwert bei automatischer Vorspannungserzeugung ist,  $I_a$  und  $I_{g2}$  die Ströme der betreffenden Röhre sowie  $I_{ges}$  der Gesamtstrom aller Röhren.

Wird die Gittervorspannung nur an einem Gitterableitwiderstand erzeugt ( $R_k = 0$ ), dann darf dieser max. 22 M $\Omega$  betragen. Nur in diesem Falle wird empfohlen, den Gitterableitwiderstand nicht wesentlich kleiner zu wählen, da sonst der positive Gitterstrom eine starke Dämpfung der vorhergehenden Stufen bewirkt.

Grenzwerte für den Wechselstromwiderstand siehe Abschnitt 8.

### 3.2.4. Widerstand zwischen Bremsgitter und Kathode

Wenn für den Widerstand zwischen Bremsgitter und Kathode kein Grenzwert angegeben ist, darf der Widerstand zwischen Bremsgitter und Kathode maximal 1 k $\Omega$  betragen.

### 3.2.5. Spannung zwischen Heizfaden und Kathode

Die angegebenen Grenzwerte für die Spannung zwischen Heizfaden und Kathode ( $U_{f/k}$ ) beziehen sich auf dasjenige Heizfadeneende, das die höhere Spannung gegen Kathode führt. Soweit nicht anders angegeben, gilt der Wert der Spannung  $U_{f/k}$  für Gleichspannung oder Wechselspannung oder für eine Kombination von Gleich- und Wechselspannung.

Die Gleichspannungskomponente darf den Grenzwert für  $U_{f/k}$  nicht überschreiten. Beim Anlegen von Wechselspannung bzw. von Gleichspannung plus überlagerter Wechselspannung darf der Spitzenwert  $2 \times U_{f/k \max}$  erreichen, jedoch dürfen 315 V nicht überschritten werden, soweit die Grenzdaten eines Röhrentyps nicht besondere Angaben enthalten.

Wenn nicht ausdrücklich anders vermerkt, gelten die Grenzwerte bei beliebiger Polarität mit folgender Einschränkung: Soweit nichts anderes beim Röhrentyp angegeben ist, ist eine zusätzliche Wechselspannungskomponente nicht zulässig, wenn die Kathode negativ gegenüber dem Heizfaden ist und die Heizfaden-Kathoden-Spannung mehr als 100 V beträgt.

Wird ein Grenzwert für den Spitzenwert der Heizfaden-Kathoden-Spannung ( $U_{f/k \text{ sp}}$ ) angegeben, so gibt er die Summe aus Gleichspannung und Spitzenwert der überlagerten Wechselspannung an.



Die Spannungsangaben beziehen sich auf die Spannungssicherheit zwischen Heizfaden und Kathode, jedoch nicht auf Sicherheit vor Brummstörungen.

### 3.2.6. Widerstand zwischen Heizfaden und Kathode

Werden hohe Widerstände zwischen Heizfaden und Kathode benutzt, so können die Betriebsdaten durch Fehlströme zwischen Heizfaden und Kathode ungünstig beeinflußt werden; es können auch Schwierigkeiten beim Röhrenwechsel sowie durch Änderung des Fehlstromes während der Lebensdauer auftreten. Daher soll der äußere Widerstand zwischen Heizfaden und Kathode möglichst klein sein und 20 k $\Omega$  nicht überschreiten, sofern nicht ein höherer Wert ausdrücklich zugelassen wird (z. B. in Phasenumkehrschaltungen). Brumm und Mikrophonie sind hierbei nicht berücksichtigt.

### 3.2.7. Schutzwiderstand bei Gleichrichterröhren

Um zu hohe Spitzenströme und demzufolge Spratzen oder kurzzeitige Überschläge zwischen Kathode und Anode zu vermeiden, muß in jeder Anodenleitung einer Gleichrichterröhre ein Schutzwiderstand  $R_t$  enthalten sein, für den Minimalwerte in den Datenblättern angegeben sind. Wird die Gleichrichterröhre von einem Netztransformator gespeist, dann wird dieser Schutzwiderstand ganz oder teilweise bereits durch den Gleichstromwiderstand der Transformatorwicklung gebildet. Es gilt dann:

$$R_t = R_s + \bar{u}^2 \cdot R_p + R_1$$

hierin sind:

$R_t$  erforderlicher Schutzwiderstand je Anode

$R_s$  Gleichstromwiderstand der betreffenden Anodenspannungswicklung

$\bar{u}$  Übersetzungsverhältnis zwischen Primärwicklung und der betreffenden Anodenspannungswicklung

$R_p$  Gleichstromwiderstand der Primärwicklung

$R_1$  ggfs. erforderlicher Zusatzwiderstand je Anode

Die Belastbarkeit des Schutzwiderstandes soll mit Rücksicht auf die Kurvenform des Stromes ca. 3mal so hoch gewählt werden, wie sich aus der Belastung mit dem mittleren Gleichstrom ergeben würde.

### 3.3. Grenzwerte für Heizspannung und Heizstrom

Gleichstromheizung schließt Heizung mit gleichgerichtetem Wechselstrom ein, unter Wechselstromheizung ist Heizung mit niederfrequentem technischem Wechselstrom zu verstehen. Wird Heizung mit Tonfrequenz oder Impulsheizung beabsichtigt, so ist beim Röhren-Hersteller rückzufragen.

### 3.3.1. Indirekt geheizte Röhren, Parallelspeisung

Die an der Röhre gemessene Heizspannung soll möglichst wenig von dem in den Datenblättern angegebenen Wert abweichen. Wenn die Röhren in einem Gerät benutzt werden, das durch Anzapfungen am Netztransformator an verschiedene Netzspannungen angeschlossen werden kann, dann darf die tatsächlich vorhandene Heizspannung vom vorgeschriebenen Wert um max.  $\pm 7\%$  abweichen, wenn die Abweichungen durch Streuungen des Transformators und durch die Benutzung der verschiedenen Transformator-Anzapfungen verursacht werden. Wenn diese Bedingungen erfüllt sind, dann dürfen beliebige Exemplare der vorgesehenen Röhrentypen im Gerät verwendet werden und die Netzspannung darf um max.  $\pm 10\%$  schwanken.

Werden die Heizfäden von einem Akkumulator (Nennspannung 6,3 V) gespeist, dann darf die Spannung des Akkumulators 8 V nicht über- und 5,5 V nicht unterschreiten. Liegt der Akkumulator während des größeren Teils der Betriebszeit an Ladung, dann darf die mittlere Heizspannung 7 V nicht überschreiten. (Diese Forderung ist durch den Spannungsabfall in den Zuleitungen meistens erfüllt.)

### 3.3.2. Indirekt geheizte Röhren, Serienspeisung

Der Heizkreis muß so ausgelegt werden, daß bei Röhren mit Nenndaten und bei Schaltelementen und Netzspannung mit Nennwert der Heizstrom dem angegebenen Wert entspricht. Soll das Gerät an verschiedene Netzspannungen angeschlossen werden, dann sind die Abstufungen so zu wählen, daß bei Anschluß des Gerätes an die verschiedenen Netzspannungen (Nennwerte) bei Benutzung eines Vorwiderstandes im Heizkreis der Heizstrom nicht mehr als  $\pm 3,5\%$  vom Nennwert abweicht; bei Benutzung eines Stromreglers im Heizkreis ist eine Abweichung von max.  $\pm 5\%$  zulässig. Zusätzlich muß dafür Sorge getragen werden, daß im Augenblick des Einschaltens die Heizspannung jeder Röhre den 1,5fachen Nennwert nicht überschreitet; gegebenenfalls muß ein Strombegrenzer in den Heizkreis aufgenommen werden. Der Strombegrenzer kann entfallen, wenn im Heizkreis ausschließlich Röhren mit normierter Anheizzeit verwendet werden.

Sind die genannten Bedingungen erfüllt, dann dürfen beliebige Exemplare der vorgesehenen Röhrentypen im Gerät verwendet werden und die Netzspannung darf um maximal  $\pm 10\%$  schwanken.

**Bild 1** gibt die Grenzen der Netzspannungsbereiche bei Benutzung eines festen Vorwiderstandes für den Serienheizkreis an.  $\frac{\Delta R}{R}$  ist die Toleranz des Widerstandes R,  $U_N$  die mittlere Spannung des betreffenden Bereiches und  $U_f$  die Gesamtheizspannung bei  $U_N$ . Die Grenzen der Bereiche sind gegeben

durch  $U_N \cdot \left(1 \pm \frac{\Delta U_N}{U_N}\right)$ .



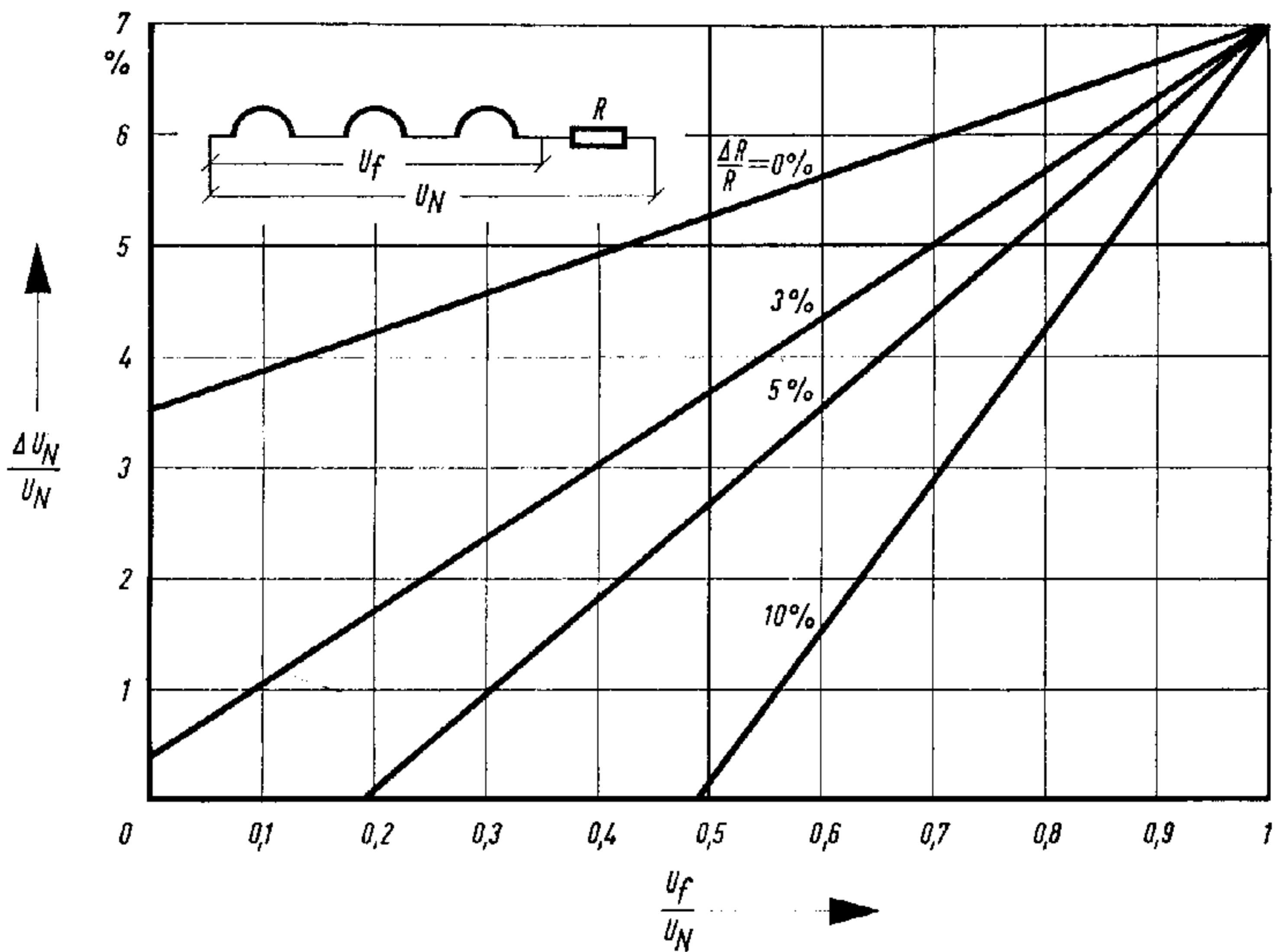


Bild 1.

### 3.3.3. Batterieröhren mit 1,4 V Nennspannung, Parallelspeisung

#### 3.3.3.1. Trockenbatterien

Die Spannung an den Röhren bei einer neuen Batterie darf beim ersten Einschalten bis zu 1,60 V betragen (Luft-Sauerstoff-Batterien bis 1,65 V), muß aber nach spätestens 30 min auf 1,57 V abgesunken sein. Die minimale Heizspannung (Ende der Batterie-Lebensdauer) soll 1,1 V nicht unterschreiten. (Siehe auch VDE 0807.)

#### 3.3.3.2. Akkumulatoren

Anstelle von Trockenbatterien können auch Akkumulatoren verwendet werden. Akkumulatoren mit 1,2 V Nennspannung (NiCd-Zellen) liegen mit ihrer Nennspannung noch innerhalb der zulässigen Grenzen; darüber hinaus ergeben sie wegen ihrer konstanten Entladespannung eine bessere Spannungskurve als Trockenbatterien. Bei Verwendung von Blei-Akkumulatoren (2,0 V

Nennspannung) muß die Überspannung von einem Vorwiderstand aufgenommen werden. Liegt der Blei-Akkumulator während des größeren Teils der Betriebszeit an Ladung, dann ist mit einer Spannung von 2,3 V zu rechnen.

### 3.3.4. Batterieröhren mit 1,4 V Nennspannung, Serienspeisung

#### 3.3.4.1. Trockenbatterien

Eine Serienheizkette kann ohne Vorwiderstand aus Trockenbatterien betrieben werden, wenn soviel 1,4 V Zellen in Serie geschaltet sind, wie Heizfäden in dem Heizkreis in Serie liegen.

#### 3.3.4.2. Akkumulatoren

Eine Serienheizkette mit  $n$  Heizfäden kann ohne Vorwiderstand aus einer Serienschaltung von  $n$  NiCd-Zellen betrieben werden.

Bei Speisung aus Blei-Akkumulatoren (2,0 V pro Zelle) muß die Überspannung von einem Vorwiderstand aufgenommen werden. Es ist hierbei mit 1,3 V pro Heizfaden und je nach Röhrenserie und Schaltung mit 24, 48, oder 96 mA Heizstrom zu rechnen:

Spannung des Pb-Akkumulators	Anzahl der Heizfäden	Vorwiderstand bei	
		25 mA	50 mA
12 V	7	120 $\Omega$	62 $\Omega$
12 V	6	180 $\Omega$	90 $\Omega$
12 V	5	240 $\Omega$	120 $\Omega$
6 V	4	33 $\Omega$	15 $\Omega$

Die angegebenen Werte für den Vorwiderstand gelten nur, wenn der Akkumulator nicht während des Betriebs nachgeladen wird; anderenfalls muß mit einer Zellenspannung von 2,3 V gerechnet werden.

#### 3.3.4.3. Ableitung der Kathodenströme

Die Emissionsströme der einzelnen Röhren fließen bei Serienheizung über den gesamten Heizkreis. Damit die am negativen Ende des Heizkreises liegenden Heizfäden nicht zusätzlich aufgeheizt werden, müssen die Emissionsströme abgeleitet werden, und zwar entweder durch Ableitwiderstände nach  $-U_b$  oder durch Parallelwiderstände (Shunts) zu den einzelnen Heizfäden. Endröhren mit zwei Heizfadenhälften sind in beiden Fällen wie Einzelröhren zu betrachten. Die Widerstände können wie folgt berechnet werden:



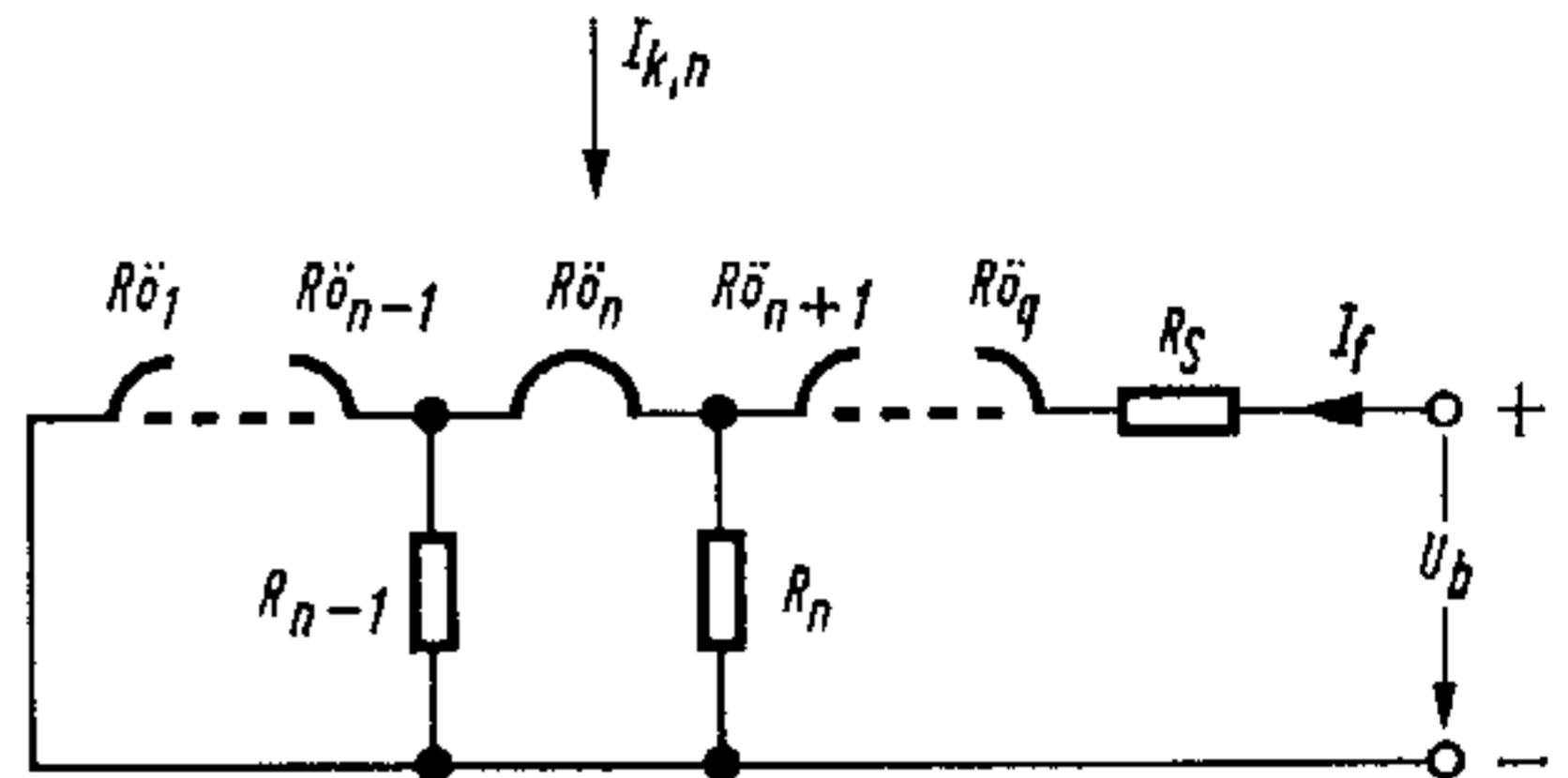
## 1. Ableitung nach $-U_b$ :

für Röhren der D 96er Serie:

$$R_n = \frac{n \cdot U_f}{\frac{1}{5} \cdot I_{k,n} + \frac{4}{5} \cdot I_{k,n+1}}$$

für Röhren der D 91-94er Serie:

$$R_n = \frac{n \cdot U_f}{\frac{1}{3} \cdot I_{k,n} + \frac{2}{3} \cdot I_{k,n+1}}$$



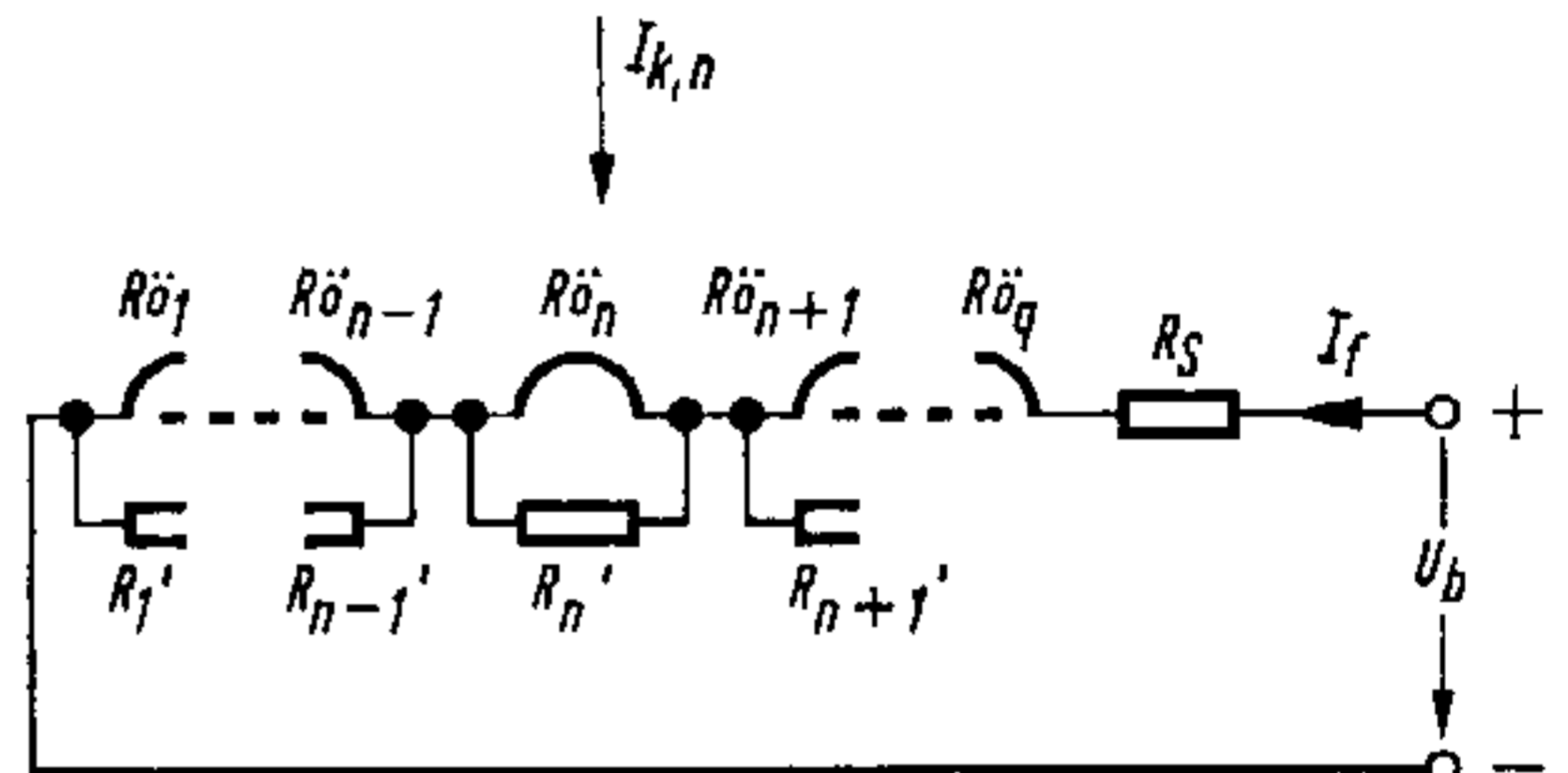
## 2. Parallelwiderstände zu den einzelnen Heizfäden:

für Röhren der D 96er Serie:

$$R_n' = \frac{U_f}{\frac{1}{5} \sum_{p=n}^{p=q-1} I_{k,p} + \frac{4}{5} \sum_{p=n+1}^{p=q} I_{k,p}}$$

für Röhren der D 91-94er Serie:

$$R_n' = \frac{U_f}{\frac{1}{3} \sum_{p=n}^{p=q-1} I_{k,p} + \frac{2}{3} \sum_{p=n+1}^{p=q} I_{k,p}}$$



$q$  = Gesamtzahl der in Serie geschalteten Heizfäden

$p$  = laufender Index von  $-U_b$  aus gezählt

$n$  = betrachtete Röhre

Es sollen zur Ableitung der Emissionsströme die nächstliegenden Widerstandswerte aus der internationalen Normenreihe benutzt werden, und zwar: für Parallelwiderstände (Shunts)  $< 330 \Omega$  bei 25 mA Heizkreisen und  $< 150 \Omega$  bei 50 mA Heizkreisen Widerstände aus der internationalen Normenreihe E 24 (24 Werte pro Dekade,  $\pm 5\%$  Toleranz), für größere Shunts und für Ableitwiderstände nach  $-U_b$  Widerstände aus der internationalen Normenreihe E 12 (12 Werte pro Dekade,  $\pm 10\%$  Toleranz).

## 4. Kapazitäten

Wenn nicht ausdrücklich etwas anderes vermerkt ist, sind die in den Datenblättern angegebenen Kapazitätswerte an der kalten Kathode ohne äußeren Abschirmzylinder gemessen (keine Heizung, keine Elektrodenspannungen). Es werden die zwischen den betreffenden Elektroden vorhandenen Kapazitäten angegeben, die Zuleitungen einschließlich der Sockelstifte sind wirksam abgeschirmt (Einzelheiten siehe RETMA-Standards ET 109 A).

Werden Kapazitätswerte „mit äußerer Abschirmung“ angegeben, dann beziehen sich diese auf Abschirmzylinder-Innendurchmesser von 19,2 mm bei Pico 7-Röhren und von 22,2 mm bei Pico 9-Röhren.

## 5. Einbau

- 5.1. Ist nichts anderes vermerkt, dann dürfen Empfängerröhren in beliebiger Lage eingebaut werden.
- 5.2. Die Röhren der Pico 7- und Pico 9-Technik sind mit relativ weichen Sockelstiften ausgerüstet. Es kann erforderlich werden, diese Stifte mit Hilfe eines Richtwerkzeuges auszurichten, bevor die Röhre in die Fassung gesteckt wird. Es wird empfohlen, bei Fassungen mit leicht beweglichen Anschlußfedern das Lötten der Anschlußdrähte unter Benutzung eines Stahlstift-Phantoms auszuführen, damit die Fassungskontakte die richtige Lage zur Aufnahme der Röhre beibehalten. Die Zuleitungen sollen so flexibel wie möglich sein, da starre Zuleitungen die Vorteile der beweglichen Fassungskontakte illusorisch machen und sogar zur Zerstörung der Röhre (Glassprünge im Röhrenboden) führen können.
- 5.3. Röhren mit flexiblen Anschlußdrähten benötigen keine Fassungen; sie können am Kolben gehalten werden (Schelle um den Kolben u. ä.). Es muß hierbei besonders darauf geachtet werden, daß eine ausreichende Kühlung der Röhre möglich ist und die maximal zulässige Kolbentemperatur an keiner Stelle überschritten wird.
- 5.4. Um Störungen zu vermeiden, dürfen freie Sockelstifte bzw. freie Sockelkontakte nicht angeschlossen werden. Sie dürfen auch nicht als Stützpunkte benutzt und nicht geerdet werden.
- 5.5. An den Sockelstiften und Anschlußkappen darf nicht gelötet werden.
- 5.6. Bei Röhren, die zum direkten Einlöten in die Schaltung vorgesehen sind (flexible Anschlußdrähte), ist darauf zu achten, daß die Lötstellen mindestens 5 mm, etwaige Biegestellen mindestens 1,5 mm vom Glasboden entfernt sind. Eine Überhitzung der Glas-Metall-Verschmelzung muß vermieden werden; es soll eine Wärmeableitung zwischen Lötstelle und Glasdurchführung (Flachzange mit Kupferbacken o. ä.) benutzt werden.
- 5.7. Die zuverlässige Funktion von Elektronenröhren kann durch magnetische oder elektrostatische Felder in Frage gestellt werden. Die Röhren sind daher so einzubauen und/oder abzuschirmen, daß solche Störfelder auf ein Minimum reduziert werden.
- 5.8. Sollen in besonderen Fällen Röhrenhalterungen benutzt werden, so sind die Vorschriften unter Abschnitt 6. zu berücksichtigen.

## 6. Kolbentemperatur, Kühlung, Lüftung

### 6.1. Kolbentemperatur

Als allgemeine Richtlinie gilt, daß die Kolbentemperatur den Wert, den eine Röhre beim Betrieb mit den maximal zugelassenen Verlustleistungen in freier Umgebung von  $20^{\circ}\text{C}$  erreicht, um nicht mehr als  $30^{\circ}\text{C}$  überschreiten soll. Für eine Röhre, die in freier Umgebung bei der maximal zulässigen Verlustleistung z. B. eine Kolbentemperatur von  $200^{\circ}\text{C}$  nicht überschreitet, wird hiermit im Gerät eine Umgebungstemperatur von max.  $80^{\circ}\text{C}$  ( $20^{\circ}\text{C} + 2 \times 30^{\circ}\text{C}$ )<sup>1)</sup> zugelassen, wobei die Kolbentemperatur auf  $230^{\circ}\text{C}$  steigt. Die genannte Temperaturerhöhung von  $30^{\circ}\text{C}$  ist jedoch nicht statthaft, wenn dabei eine Kolbentemperatur von mehr als  $250^{\circ}\text{C}$  entsteht; diese ist als Grenzwert für die im Gerät befindlichen Röhren anzusehen.

Unter Kolbentemperatur ist stets die Temperatur der wärmsten Stelle des Kolbens zu verstehen. Einzelheiten über die Temperaturmessung sind auf Anforderung erhältlich.

### 6.2. Kühlung und Lüftung

Die Einhaltung der maximal zulässigen Kolbentemperatur muß im Gerät unter allen Umständen sichergestellt sein.

Da die Wärmeabführung durch Strahlung bei ca. 50% liegt, soll das Gerät so konstruiert werden, daß eine ausreichende Wärmeableitung vom Röhrenkolben an die kühlere Umgebung gewährleistet ist. Durch Abschirmtöpfe und andere in Röhrennähe befindliche Einzelteile, die dieselbe Temperatur erreichen wie der Röhrenkolben, wird die Wärmeableitung erheblich beeinträchtigt. Aus diesem Grunde sollen Abschirmtöpfe ggfs. innen und außen mattschwarz ausgeführt und notfalls oben und unten mit Öffnungen versehen sein.

Sollen Röhren, die für Kühlung in freier Luft ausgelegt sind, dort benutzt werden, wo eine einwandfreie Wärmeableitung nicht gewährleistet ist, so muß entweder durch Herabsetzung der Verlustleistungen oder durch zusätzliche Luftzirkulation eine Überschreitung der maximal zulässigen Kolbentemperatur verhindert werden.

Bei hohen Spannungen muß auf besonders gute Kühlung und Lüftung geachtet werden, um Überschläge durch Ionisation oder über Kriechwege zu vermeiden.

## 7. Mikrophonie-Eigenschaften von NF-Verstärkerröhren

Bei NF-Verstärkerröhren sind keine besonderen Maßnahmen gegen Mikrophonie erforderlich, wenn bei der betreffenden Röhre die in den Daten-

<sup>1)</sup> In der Praxis geht die Erhöhung der Umgebungstemperatur nur mit ihrem halben Betrag in die Kolbentemperatur ein.

blättern angegebene Eingangsspannung für eine bestimmte Ausgangsleistung der Endröhre nicht unterschritten wird.

Bei Röhren für Rundfunkempfänger wird die zugelassene Verstärkung auf eine Ausgangsleistung von 50 mW bezogen; bei Röhren, die vorwiegend für Kraftverstärker bestimmt sind, dagegen auf die maximale Ausgangsleistung. Hierbei wird angenommen, daß sich in der unmittelbaren Nähe des Verstärkers z. B. ein Kontroll-Lautsprecher von maximal 5 W befindet.

Die Aussage über die Mikrophonie-Sicherheit der Röhren setzt eine gewisse Vorsorge beim Entwurf und Bau des Gerätes voraus. Zu ihrer Verdeutlichung seien die drei wichtigsten Ursachen für Mikrophoniestörung bei Verstärker-röhren angeführt:

1. Die akustische Rückkopplung des Lautsprechers über die Luft auf die Röhre, wobei die Röhre in mechanisches Mitschwingen gebracht wird. Hierdurch werden die Systemteile der Röhre in Schwingungen versetzt, und es tritt eine elektrische Störspannung gleicher Frequenz auf.

Für diesen Übertragungsweg sind von Bedeutung:

- a) der Lautsprecherwirkungsgrad. Für obige Angaben ist ein Wirkungsgrad  $\eta = 5\%$  vorausgesetzt. Bei höherem Wirkungsgrad (z. B.  $p\%$ ) muß

die Verstärkung um den Faktor  $\sqrt{\frac{5}{p}}$  reduziert werden.

- b) der Abstand zwischen Röhre und Lautsprecher,
- c) die Strahlungsrichtung des Lautsprechers,
- d) der Frequenzgang des Übertragungssystems.

2. Die mechanische Kopplung über Gehäuse und Chassis zwischen Lautsprecher und Röhre. Wichtig ist hierbei der Aufstellungsplatz der Röhre auf dem Chassis: Durch die möglichen Eigenresonanzen der Chassisplatte können bei ungünstiger Röhrenplacierung erhebliche Störungen auf das Röhrensystem übertragen werden. Kleine Änderungen am Chassis oder am Aufstellungsort der Röhre bringen hier bereits Verbesserungen.

3. Die Einwirkungen von mechanischen Stößen und Erschütterungen auf das Röhrensystem: Besonders Plattenspielermotoren oder Schalter, aber auch Vibration durch äußere Einwirkungen können bei empfindlichen Verstärkern zu Störungen führen. Auch hier gelten die unter 2. genannten Richtlinien.

Zur exakten Erfassung der Mikrophonieverhältnisse empfiehlt sich die Messung der maximal auftretenden Beschleunigungswerte über den Frequenzbereich. Diese Messung wird an der Röhrenfassung mit einem Schwingungsaufnehmer, der nach Größe und Gewicht der Röhre entspricht, durchgeführt. Für ortsfeste Rundfunk- und Fernsehgeräte darf die Beschleunigung der Röhre



bei 50 mW elektrischer Scheinleistung am Lautsprecher und 5% Wirkungsgrad max. 0,25 g betragen, wobei die mittlere Beschleunigung 0,08 g nicht überschreiten soll. Für transportable Geräte sind 0,5 g bzw. 0,15 g zulässig.

## 8. Brumm-Eigenschaften von NF-Verstärkerröhren

In den Datenblättern wird bei NF-Verstärkerröhren bezüglich der Brummstörungen ein Minimalwert der Eingangsspannung für eine bestimmte Aus-

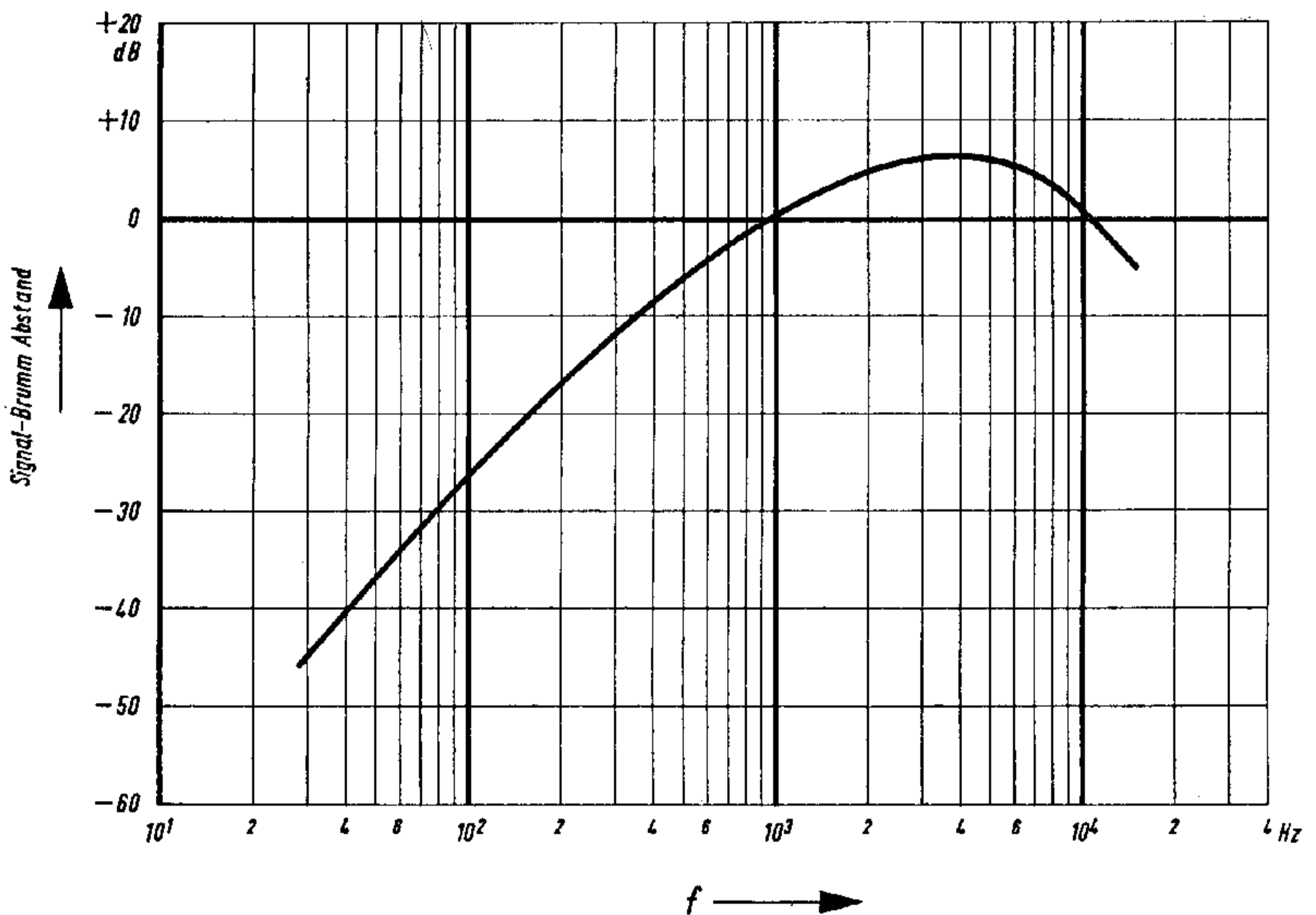


Bild 2. Ohrkurve nach CCIR 1946

gangsleistung angegeben. Unter Beachtung der nachfolgenden Voraussetzungen ist dann der über ein Ohrfilter gemäß CCIR (siehe **Bild 2**) gemessene Signal-Brumm-Abstand mindestens 60 dB ( $> 1000$ ).

Diese Aussage gilt unter folgenden Voraussetzungen:

1. Impedanz zwischen Steuergitter und Kathode  $Z_{g1} \leq 0,5 \text{ M}\Omega$  bei  $f = 50 \text{ Hz}$ ;
2. Bei Röhren für Parallelheizung muß die Heizspannung symmetrisch zum Potential der Kathode liegen (Mittelpunkt-Erdung);
3. Bei Serienheizung darf die in den Datenblättern in bezug auf Brumm angegebene Spannung zwischen Heizfaden und Kathode nicht überschritten werden. Diese Spannungsangabe bezieht sich immer auf den spannungsmäßig niedriger liegenden Heizfadenanschluß. Fehlt diese Angabe, so ist die Röhre an das kalte Ende der Serienheizkette zu legen.
4. Bei Ermittlung des Minimalwertes für die Eingangsspannung liegt keine Impedanz zwischen Kathode und Symmetrierpunkt der Heizwicklung. In praktischen Schaltungen genügt es, den Kathodenwiderstand mit einem Kondensator  $C_k \geq 100 \mu\text{F}$  zu überbrücken.
5. Die Brummspannungsangaben gelten für technischen Wechselstrom mit 3% Anteil der 500 Hz-Oberwelle.

Fehlt die Angabe der Eingangsspannung, dann gilt der für die Mikrophoniesicherheit angegebene Eingangsspannungswert gleichfalls für das Brummverhalten der Röhre.

## 9. Kreuz- und Brumm-Modulation

### 9.1. Kreuzmodulation

Der Kreuzmodulationsfaktor  $m_K$  ist das Verhältnis der Modulationsgrade von Stör- und Nutzmodulation am Ausgang einer Röhre bei gleichzeitigem Vorhandensein eines Störträgers und eines Nutzträgers mit gleichen Modulationsgraden am Eingang der Röhre bei definierten Betriebsbedingungen.

Für HF- und ZF-Verstärkerröhren sind in den Datenblättern Kennlinien enthalten, die die maximal zulässige Eingangsspannung des Störträgers als Funktion der Steilheit für einen Kreuzmodulationsfaktor  $m_K = 1\%$  angeben.

### 9.2. Brumm-Modulation

Der Brumm-Modulationsgrad  $m_B$  ist der durch eine Brummspannung am Eingang verursachte Modulationsgrad des Nutzsignals am Ausgang der Röhre. Für HF- und ZF-Verstärkerröhren sind in den Datenblättern Kennlinien enthalten, die die maximal zulässige Brummspannung als Funktion der Steilheit für einen Brumm-Modulationsgrad  $m_B = 1\%$  angeben.



## 10. Rauschfaktor oder Rauschzahl

Rauschfaktor oder Rauschzahl ist das Verhältnis des Rauschabstandes an der Eingangsseite zu dem Rauschabstand an der Ausgangsseite einer Röhrenstufe. Der eingangsseitige Rauschabstand bezieht sich dabei auf eine Rauschtemperatur des Abschlußleitwertes von  $T_0 = 293^\circ\text{K}$ . Der Rauschfaktor wird als dimensionslose Zahl oder in dB angegeben.

Gleichbedeutend ist die Definition: Der Rauschfaktor ist das Verhältnis der pro Hertz Bandbreite am Ausgang insgesamt gelieferten (bzw. angebotenen) Rauschleistung zu der Rauschleistung, die der eingangsseitige Abschlußleitwert allein am Ausgang liefern (bzw. anbieten) würde.