



# Röhren - Dokumentation

## Duodiode + Regelpentode (Verbundröhre)

# EBF 11

5 Blätter

FUNKWERK - Sammlung, Gruppe Röhrentechnik

Blatt 1

### Allgemeines:

**Strahlröhre.** *Stahlmantel, Abschirmung und g<sub>3</sub> im Innern der Röhre mit k verbunden. Diodenteil gegen Pentodenteil abgeschirmt. Pentodensystem hat gute Regelleigenschaften trotz geringem Anodenstrombedarf.*

### Heizung:

|              |       |     |               |
|--------------|-------|-----|---------------|
| Heizspannung | $U_F$ | 6,3 | Volt $\sim$ A |
| Heizstrom    | $I_F$ | 200 | mA ind.       |

### Meßwerte:

#### 1. der Diodenstrecken:

Werte und Kennlinien siehe Kennlinienfelder 2 und 3

#### 2. des Pentodenteils (Regelröhre)

|                      |          |     |     |     |            |
|----------------------|----------|-----|-----|-----|------------|
| Anodenspannung       | $U_a$    | 250 | 200 | 100 | Volt       |
| Schirmgitterspannung | $U_{g2}$ | 100 | 100 | 100 | Volt       |
| Gittervorspannung    | $U_{g1}$ | -2  | -2  | -2  | Volt       |
| Anodenstrom          | $I_a$    | 5   | 5   | 5   | mA         |
| Schirmgitterstrom    | $I_{g2}$ | 1,8 | 1,8 | 1,8 | mA         |
| Steilheit            | $S$      | 1,8 | 1,8 | 1,8 | mA/V       |
| Innenwiderstand      | $R_i$    | 2   | 1,5 | 0,5 | M $\Omega$ |

Siehe Kennlinienfeld 6

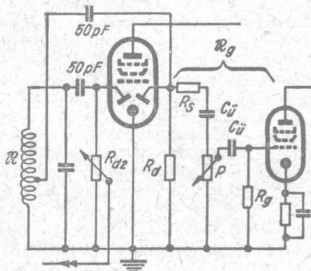
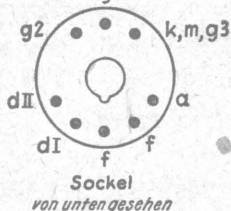
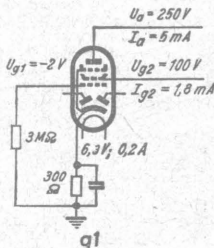
### Betriebswerte:

#### 1. der Diodenstrecken:

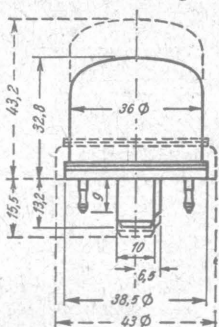
Im allgemeinen verwendet man den Pentodenteil der EBF 11 zur ZF-Verstärkung und die Diodenstrecken zur Gleichrichtung der Zwischenfrequenz und zur Regelspannungserzeugung. Zur Gleichrichtung der Zwischenfrequenz (bzw. der Hochfrequenz) nimmt man dI, zur Regelspannungserzeugung (und andere Zwecke) dZ. dI liegt bei der Fünferreihe des Röhrensockels (von unten betrachtet) am weitesten außen, dZ liegt zwischen dII und Heizfäden. Das Kennlinienfeld 2 zeigt die erzielbare Gleichspannung ( $\Delta U_m$ ), die Regelspannung ( $U_m$ ) und die Niederfrequenzspannung ( $U_{NF}$ ) in Abhängigkeit von der Hochfrequenzspannung ( $U_{HF}$ ) auf.

Will man die mit einer gegebenen HF-Spannung erzielbare NF-Spannung ermitteln, so muß man sich zunächst den für die NF-Spannung wirksamen Außenwiderstand zur Diodenstrecke berechnen. Dieser Widerstand  $R_a$  setzt sich aus folgenden Faktoren zusammen: Parallel zum Belastungswiderstand  $R_d$  liegt der wirksame Gitterwiderstand  $R_g$  der folgenden Röhre, der sich wiederum zusammensetzt aus  $R_3 + R_{Cg} + (P||[R_{Ccu} + R_{GJ}])$  - sowie der Belastungswiderstand  $R_{d2}$  der zweiten Diodenstrecke. Der letztere kann vernachlässigt werden; er liegt ja nicht direkt parallel zu  $R_d$ , sondern die Reihenschaltung  $C = 50 \text{ pF}$  hinter  $50 \text{ pF} + R_{d2}$ . Und der Widerstand von  $25 \text{ pF}$  beträgt ja bei  $f = 800 \text{ Hz}$  etwa  $15 \text{ M}\Omega$ . Nur bei hohen Frequenzen ist  $R_{d2}$  nicht ganz zu vernachlässigen; bei  $f = 4,5 \text{ kHz}$  verringert sich  $R_{d2}$  durch  $25 \text{ pF} + R_{d2}$  um ungefähr 5%, also unwesentlich. Genau so kann der Einfluß des ZF-Kreisess vernachlässigt werden, da er auch über  $C = 50 \text{ pF}$  angeschlossen ist.

Ein Beispiel:  $R_g = 0,2 \text{ M}\Omega$ ,  $R_3 = 0,2 \text{ M}\Omega$ ,  $P = 1 \text{ M}\Omega$ ,  $R_{d2} = 0,7 \text{ M}\Omega$ ,  $R_{d2} = 1 \text{ M}\Omega$ . Es ist  $P||R_g = 1 \text{ M}\Omega || 0,7 \text{ M}\Omega = 0,41 \text{ M}\Omega$ , in Reihe mit  $R_3 = 0,2 \text{ M}\Omega$ :  $0,6 \text{ M}\Omega$  ( $C_{g}$  kann vernachlässigt werden).  $R_d || R_a = 0,2 \text{ M}\Omega || 0,61 \text{ M}\Omega = 0,15 \text{ M}\Omega$ . Fehlt  $R_3$ , so ergibt sich  $0,2 \text{ M}\Omega || 0,41 \text{ M}\Omega = 0,133 \text{ M}\Omega$ . Unter Vernachlässigung des Einflusses der durch die Kapazitäten bedingten Blindwiderstände, die die Arbeitskennlinie zu einer Ellipse umformen, ergibt sich aus Kennlinienfeld 3 folgende Rechnung: Es sei  $U_{NF} = 5 \text{ Volt}$  bei  $m = 30\%$ . Der Arbeitspunkt A liegt bei  $U_m = -6,7 \text{ V}$ . Die Niederfrequenz schwankt also um  $\pm 5 \cdot 0,3 = \pm 1,5 \text{ V}$ , also von  $-3,5 \dots -0,5 \text{ V}_{eff}$ . Ihre Spitzen reichen von  $-2,9 \dots -7,1 \text{ V}$  ( $\approx 1,5 \cdot 1,4$ ). Der Arbeitspunkt ist gegeben durch den Schnittpunkt von  $U_{NF} = 5 \text{ V}$  mit der Widerstandsgeraden



### Kolbenabmessungen

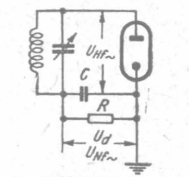


Gestrichelt: Ältere Ausführung  
Ausgezogen: Neue Ausführung

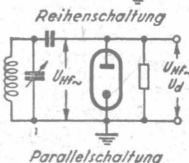
$R_d = 0,2 \text{ M}\Omega$ . Durch diesen Arbeitspunkt geht die Widerstandsgerade von  $R_d = 0,15 \text{ M}\Omega$ . Die Niederfrequenz schwankt bei  $m = 30\% \pm 5$ ,  $0,3 = \pm 1,5 \text{ V}$ . Die Trägerwelle schwankt also um  $\pm 1,5 \text{ V} = 3,5 \dots 6,5 \text{ Verr}$ . Durch  $U_{Hf} = 5 \text{ V}$  wird eine Gleichspannung von  $-6,7 \text{ V}$  erzeugt. Ein Schwanken der modulierten Trägerfrequenz von  $3,5 \dots 6,5 \text{ Verr}$  hat ein Schwanken der Gleichspannung von  $-4,6 \dots -8,8 \text{ V}$  zur Folge. Entsprechend würde die Regelspannung und damit die Verstärkung der Regelröhren schwanken, und zwar im Sinne einer Dynamikverflachung. Infolgedessen ist es notwendig, in den Regelweg Siebglieder zu legen, die die Schwankungen ausgleichen und die Regelspannung nur noch von der HF-Trägerfrequenz abhängig machen. Zur Berechnung eines solchen Siebgliedes legt man eine Zeitkonstante ( $C_{\mu F} \cdot R_{M\Omega}$ ) von  $0,1 \dots 0,2 \text{ s}$  zugrunde. Die Zeitkonstante gibt den Zeitabschnitt an, in dem sich der Kondensator über den Widerstand auf  $\frac{2}{3}$  der angelegten Spannung aufgeladen bzw. auf  $\frac{1}{3}$  der an ihm stehenden Spannung entladen hat. Vorteilhaft ist es, den Siebwiderstand möglichst groß zu nehmen. Die Regelspannung,  $U_{reg}$ , setzt sich zusammen aus der gleichgerichteten Spannung,  $\Delta U_{reg}$ , und der Anlaufspannung (im Mittel  $0,8 \text{ V}$ ). Bei der Berechnung des zulässigen Bitterwiderstandes der zu regelnden Röhren ist zu berücksichtigen, daß deren Bitterwiderstand sich zusammensetzt aus der Serienschaltung des Siebwiderstandes mit dem Widerstand der Diodenstrecke. Letztere ist mit  $0,1 \text{ M}\Omega$  anzusetzen, sofern keine Verzögerungsspannung wirksam ist. Evtl. kommt noch die abgegriffene Strecke des Diodenpotentiometers oder ein besonderer Bitterwiderstand hinzu.

Regelung bedeutet Schwächung des Empfangs. Bei kleinen Empfangslautstärken ist eine Schwächung nicht ratsam, deshalb wird die Regelung durch eine negative Spannung bis zu einer gewissen Grenze aufgehoben. Diese sogenannte "Verzögerungsspannung" wird bei der EBF 11 einfach durch damit gewonnen, daß man den Belastungswiderstand nicht an die Kathode, sondern an Masse legt. Durch hat man die Gitterspannung von  $-2 \text{ Volt}$ , die man als Vorspannung für das Pentodensystem gebraucht, als Verzögerungsspannung gewonnen. Bei fernem Sendern, die eine Regelspannung kleiner als  $2 \text{ Volt}$  erzeugen, tritt die automatische Fadingregelung nicht in Kraft. Erst wenn diese Grenze überschritten wird, werden die Röhren geregelt.

Der Diodenkreis wird durch die Diodenstrecke bedämpft. Bei Reihenschaltung ist hierbei Diodenstrecke + Belastungswiderstand:  $R'_d = \frac{0,7 U_{Hf} \cdot R_d}{K \cdot U_{reg}}$ .  $K$  ist eine Konstante nach Kennlinienfeld 4. Ist  $U_{Hf} > 5 \text{ V}$ , so ist  $K = 1$ . Da  $\frac{0,7 \cdot U_{Hf}}{U_{reg}} = 0,5$ , wird damit bei  $U_{Hf} > 5 \text{ V}$   $R'_d = \frac{R_d}{2}$ . Bei einer mittleren Anlaufspannung von  $0,6 \text{ V}$  ergeben sich die (ausgezogenen) Kurven des Kennlinienfeldes 5.



Bei Parallelschaltung ergibt sich:  $R''_d = \frac{R'_d \cdot R_d}{R'_d + R_d}$  (gestrichelte Kurven des Kennlinienfeldes 5). Bei  $U_{Hf} > 5 \text{ V}$  ist dann  $R''_d = \frac{R_d}{3}$ .



Die Parallelschaltung der Diodenstrecke hat also den Nachteil, daß sie den Abstimmkreis um  $50\%$  mehr dämpft als die Reihenschaltung. Sie hat aber den Vorteil, daß bei ihr die Kathode der Diode geerdet werden kann. Die Dämpfung des Kreises kann man vermindern dadurch, daß man die Diodenstrecke an eine Anzapfung der Spule legt. Die für den Schwingkreis wirksame Dämpfung wird hierdurch um das Quadrat des Übersetzungsverhältnisses verkleinert. Ist z.B.  $R_d = 200 \text{ k}\Omega$ , so ist bei Parallelschaltung  $R''_d = \frac{200 \cdot 0,06}{3} = 67 \text{ k}\Omega$ . Der ZF-Kreis habe einen Resonanzwiderstand von  $250 \text{ k}\Omega$ . Sein Widerstand würde sich durch  $R''_d = 67 \text{ k}\Omega$  auf  $53 \text{ k}\Omega$  verringern. Eine nicht tragbare Dämpfung. Bei Anzapfung der Spule bei der Hälfte würde  $R''_d$  so wirken, als ob es  $4 \cdot 67 = 270 \text{ k}\Omega$  groß wäre, bei Anzapfung bei ein Drittel wie  $3 \cdot 3 = 9 \cdot 67 = 600 \text{ k}\Omega$ , bei Anzapfung bei ein Viertel wie  $4 \cdot 4 = 16 \cdot 67 = 1070 \text{ k}\Omega$ . Entsprechend wäre  $R''_d$  bei Anzapfung bei  $\frac{1}{2}$   $\Omega$  des ZF-Kreises =  $130 \text{ k}\Omega$ , bei  $\frac{1}{3}$  =  $177 \text{ k}\Omega$ , bei  $\frac{1}{4}$  =  $203 \text{ k}\Omega$ .

2. des Pentodenteils:

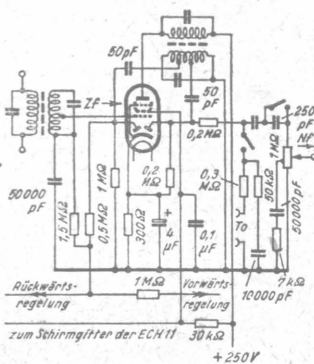
a. als HF- und ZF-Verstärker

$\alpha$ . Schirmgitterspannung fest

|                      |              |               |                 |
|----------------------|--------------|---------------|-----------------|
| Anodenspannung       | $U_a$        | 250 ... 100   | Volt            |
| Schirmgitterspannung | $U_{g2}$     | 100           | Volt            |
| Katodenwiderstand    | $R_k$        | 300           | $\Omega$        |
|                      | Regelbereich | 1 : 100       | : 200 (opt)     |
| Gittervorspannung    | $U_{g1}$     | -2 -16        | Volt            |
| Steilheit            | $S$          | 1,8 0,018     | 0,009 mA/V      |
| Innenwiderstand      | $R_i$        | 2 ... 0,5 > 1 | > 10 M $\Omega$ |

$\beta$ . Schirmgitterspannung gleitend

|                           |              |                 |                  |
|---------------------------|--------------|-----------------|------------------|
| Betriebsspannung          | $U_b$        | 250             | Volt             |
| Schirmgittervorwiderstand | $R_{g2}$     | 85              | $\text{k}\Omega$ |
| Katodenwiderstand         | $R_k$        | 300             | $\Omega$         |
|                           | Regelbereich | 1 : 100         | : 200 (opt)      |
| Schirmgitterspannung      | $U_{g2}$     | 100 250         | 250 Volt         |
| Gittervorspannung         | $U_{g1}$     | -2 -41          | -45 Volt         |
| Steilheit                 | $S$          | 1,8 0,018 0,009 | mA/V             |
| Innenwiderstand           | $R_i$        | 2 > 10          | > 10 M $\Omega$  |



Schaltbild der EBF 11 als ZF-Verstärker

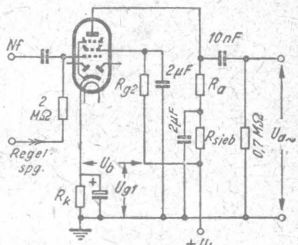
b) Schirmgitterspannung gleitend (Fortsetzung)

|                           |              |     |       |             |     |       |             |
|---------------------------|--------------|-----|-------|-------------|-----|-------|-------------|
| Betriebsspannung          | $U_b$        | 200 |       |             | 100 |       | Volt        |
| Schirmgittervorwiderstand | $R_{g2}$     | 55  |       |             | 55  |       | k $\Omega$  |
| Katodenwiderstand         | $R_k$        | 300 |       |             | 300 |       | $\Omega$    |
|                           | Regelbereich | 1   | : 100 | : 200 (opt) | 1   | : 100 | : 150 (opt) |
| Schirmgitterspannung      | $U_{g2}$     | 100 | 200   | 200         | 50  | 100   | 100 Volt    |
| Gittervorspannung         | $U_{g1}$     | -2  | -32   | -35         | -1  | -16   | -18 Volt    |
| Steilheit                 | $S$          | 1,8 | 0,018 | 0,009       | 1,4 | 0,014 | 0,009 mA/V  |
| Innenwiderstand           | $R_i$        | 1,5 | >10   | >10         | 0,5 | >10   | M $\Omega$  |

Siehe Kennlinienfelder 6, 7, 8, 9.

b. als NF-Verstärker (in RC-Kopplung)

|   |            |        |        |        |        |            |     |     |     |   |
|---|------------|--------|--------|--------|--------|------------|-----|-----|-----|---|
| Betriebsspannung                        | $U_b$      | 250    | 250    | 250    | 250    | Volt       |     |     |     |   |
| Außenwiderstand                         | $R_a$      | 0,3    | 0,2    | 0,1    | 0,05   | M $\Omega$ |     |     |     |   |
| Siebwiderrstand                         | $R_{sieb}$ | 0,02   | 0,02   | 0,02   | 0,02   | M $\Omega$ |     |     |     |   |
| Schirmgittervorwiderst.                 | $R_{g2}$   | 1      | 0,6    | 0,4    | 0,2    | M $\Omega$ |     |     |     |   |
| Katodenwiderstand                       | $R_k$      | 2,5    | 1,6    | 1      | 0,6    | k $\Omega$ |     |     |     |   |
| Gittervorspannung                       | $U_{g1}$   | -2 -20 | -2 -20 | -2 -20 | -2 -20 | Volt       |     |     |     |   |
| Anodenstrom                             | $I_b$      | 0,67   | 1      | 1,5    | 2,6    | mA         |     |     |     |   |
| Schirmgitterstrom                       | $I_{g2}$   | 0,2    | 0,3    | 0,5    | 0,8    | mA         |     |     |     |   |
| Spannungsverstärkung                    | $V$        | 100    | 15     | 95     | 15     | 75         | 10  | 60  | 5   |   |
| Klirrfaktor ( $U_{a\sim} = 3 V_{eff}$ ) | $K$        | 0,4    | 0,9    | 0,4    | 0,9    | 0,4        | 1,2 | 0,4 | 1,5 | % |
| Klirrfaktor ( $U_{a\sim} = 5 V_{eff}$ ) | $K$        | 0,7    | 2      | 0,7    | 2      | 0,6        | 2,5 | 0,6 | 2,5 | % |



Schaltbild der EBF 11 als NF-Verstärk.

|   |            |        |        |        |        |        |        |        |        |            |   |    |   |     |   |     |   |   |
|---|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|---|----|---|-----|---|-----|---|---|
| Betriebsspannung                        | $U_b$      | 200    | 200    | 200    | 200    | 100    | 100    | 100    | 100    | Volt       |   |    |   |     |   |     |   |   |
| Außenwiderstand                         | $R_a$      | 0,3    | 0,2    | 0,1    | 0,05   | 0,3    | 0,2    | 0,1    | 0,05   | M $\Omega$ |   |    |   |     |   |     |   |   |
| Siebwiderrstand                         | $R_{sieb}$ | 0,02   | 0,02   | 0,02   | 0,02   | 0,02   | 0,02   | 0,02   | 0,02   | M $\Omega$ |   |    |   |     |   |     |   |   |
| Schirmgittervorwiderst.                 | $R_{g2}$   | 1      | 0,6    | 0,4    | 0,2    | 1      | 0,6    | 0,4    | 0,2    | M $\Omega$ |   |    |   |     |   |     |   |   |
| Katodenwiderstand                       | $R_k$      | 3      | 2      | 1,6    | 0,8    | 3      | 2      | 1,6    | 0,8    | k $\Omega$ |   |    |   |     |   |     |   |   |
| Gittervorspannung                       | $U_{g1}$   | -2 -20 | -2 -20 | -2 -20 | -2 -20 | -1 -10 | -1 -10 | -1 -10 | -1 -10 | Volt       |   |    |   |     |   |     |   |   |
| Anodenstrom                             | $I_a$      | 0,52   | 0,75   | 1      | 2      | 0,52   | 0,4    | 0,5    | 1      | mA         |   |    |   |     |   |     |   |   |
| Schirmgitterstrom                       | $I_{g2}$   | 0,15   | 0,25   | 0,35   | 0,7    | 0,09   | 0,1    | 0,17   | 0,32   | mA         |   |    |   |     |   |     |   |   |
| Spannungsverstärkung                    | $V$        | 90     | 10     | 80     | 10     | 70     | 7      | 70     | 7      | 60         | 5 | 45 | 3 |     |   |     |   |   |
| Klirrfaktor ( $U_{a\sim} = 3 V_{eff}$ ) | $K$        | 0,8    | 2      | 0,8    | 2      | 0,8    | 3      | 0,8    | 3,5    | 1          | 4 | 1  | 4 | 0,7 | 5 | 0,5 | 6 | % |
| Klirrfaktor ( $U_{a\sim} = 5 V_{eff}$ ) | $K$        | 1,3    | 4      | 1,3    | 4      | 1,3    | 4      | 1,3    | 4      | -          | - | -  | - | -   | - | -   | - | % |

Siehe Kennlinienfeld 7

Grenzwerte:

1. der Diodenstrecken:

|                      |           |     |               |
|----------------------|-----------|-----|---------------|
| Diodenspannung       | $U_d$ max | 200 | Volt (Spitze) |
| Diodenstrom je Diode | $I_d$ max | 0,8 | mA            |

Der Widerstand einer Diodenstrecke kann bei der Berechnung der Gitterableitwiderstände mit einem Wert von mindestens 100 k $\Omega$  angesetzt werden, sofern an der betreffenden Diodenstrecke keine negative Vorspannung (Verzögerungsspannung) liegt.

Diodenstrom-Einsatzpunkt:

|                              |          |      |      |
|------------------------------|----------|------|------|
| max ( $I_d \geq 0,3 \mu A$ ) | $U_{de}$ | -0,1 | Volt |
| min ( $I_d \leq 0,3 \mu A$ ) | $U_{de}$ | -1,3 | Volt |

2. des Pentodenteils:

|                                      |               |     |      |
|--------------------------------------|---------------|-----|------|
| Anodenspannung                       | $U_a$ max     | 300 | Volt |
| Anodenkaltspannung                   | $U_{aL}$ max  | 550 | Volt |
| Schirmgitterspannung ( $I_a = 5$ mA) | $U_{g2}$ max  | 125 | Volt |
| ( $I_a \leq 2$ mA)                   | $U_{g2}$ max  | 300 | Volt |
| Schirmgitterkaltspannung             | $U_{g2L}$ max | 550 | Volt |
| Anodenverlustleistung                | $Q_a$ max     | 1,5 | Watt |
| Schirmgitterverlustleistung          | $Q_{g2}$ max  | 0,3 | Watt |

|   |           |     |            |
|---|-----------|-----|------------|
| Innenwiderstand                                       |           |     |            |
| bei $I_a = 5$ mA, $U_{g2} = 100$ V und $U_a = 250$ V: | $R_i$ min | 1,5 | M $\Omega$ |
|   | $R_i$ min | 1   | M $\Omega$ |
|   | $R_i$ min | 0,3 | M $\Omega$ |
|   | $R_i$ min | 0,3 | M $\Omega$ |

|                        |              |    |            |
|------------------------|--------------|----|------------|
| Katodenstrom           | $I_k$ max    | 70 | mA         |
| Gitterableitwiderstand | $R_{g1}$ max | 3  | M $\Omega$ |

Gitterstrom-Einsatzpunkt:

Bei  $I_{g1} = 0,3 \mu A$  ist  $U_{g1}$  nie negativer als -1,3 Volt

Grenzwerte ( Fortsetzung):

3. allgemein:

Spannung zwischen Faden und Schicht  $U_{f/k} \text{ max } 100$  Volt  
 Außenwiderstand zwischen Faden und Schicht  $R_{f/k} \text{ max } 20$  k $\Omega$   
 Mit Rücksicht auf Brummen und andere Störgeräusche sollen nur solche Schaltmittel zwischen Faden und Schicht gelegt werden, die die Gittervorspannung bzw. Verzögerungsspannungen erzeugen.

Innere Röhrenkapazitäten:

1. des Diodenteils:

Diode I/ Katode  $C_{dI/k} 2,4$  pF  
 Diode II/ Katode  $C_{dII/k} 2,7$  pF  
 Diode I/ Diode II  $C_{dI/dII} < 0,5$  pF

2. des Pentodenteils:

Eingang  $C_e 5,2$  pF  
 Ausgang  $C_a 6,2$  pF  
 Gitter I/ Anode  $C_{gI/a} < 0,002$  pF  
 Heizfaden/ Gitter I  $C_{f/gI} < 0,001$  pF

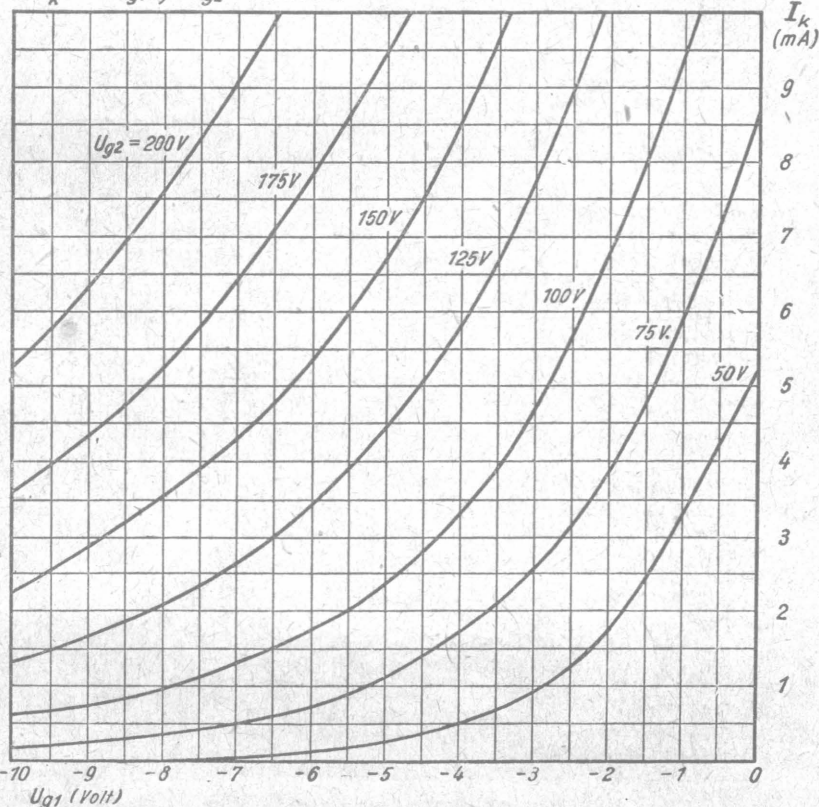
3. allgemein:

Diode I/ Gitter I  $C_{dI/gI} < 0,001$  pF  
 Diode II/ Gitter I  $C_{dII/gI} < 0,001$  pF  
 Diode (I+II)/ Gitter I  $C_{dI+II/gI} < 0,001$  pF  
 Diode I/ Anode  $C_{dI/a} < 0,015$  pF  
 Diode II/ Anode  $C_{dII/a} < 0,015$  pF  
 Diode (I+II)/ Anode  $C_{dI+II/a} < 0,015$  pF

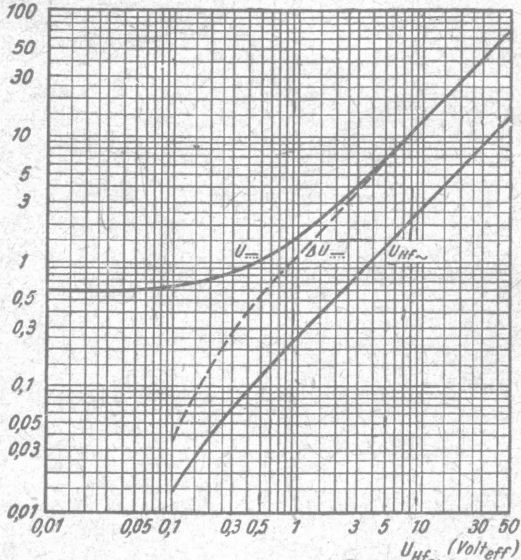
*Fritz Künze*

**Kennlinienfeld 1**

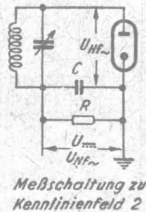
$I_k = f(U_{g1}), U_{g2} = \text{Parameter}$



$U_{\sim}, \Delta U_{\sim} (V_{eff})$   
 $U_{HF\sim} (V_{eff})$  Kennlinienfeld 2

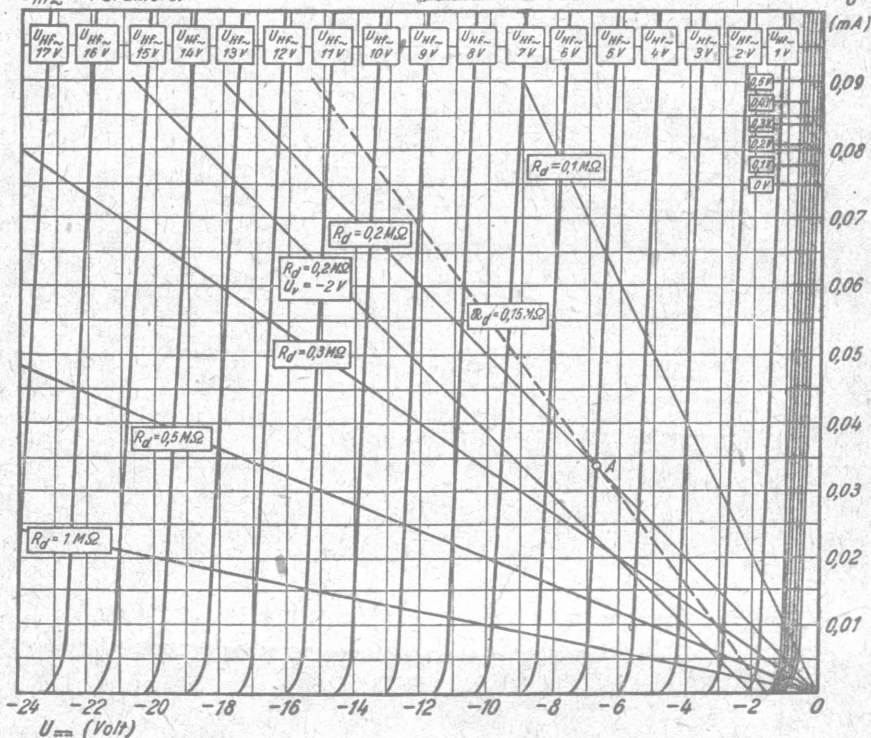


$U_{\sim}, \Delta U_{\sim} = f(U_{HF\sim})$   
 $R = 0,1 \dots 1 M\Omega$   
 $C = 100 pF$   
 $U_{HF\sim} = f(U_{HF\sim})$   
 $m = 0,3$   
 $R = 0,5 M\Omega$   
 $C = 100 pF$



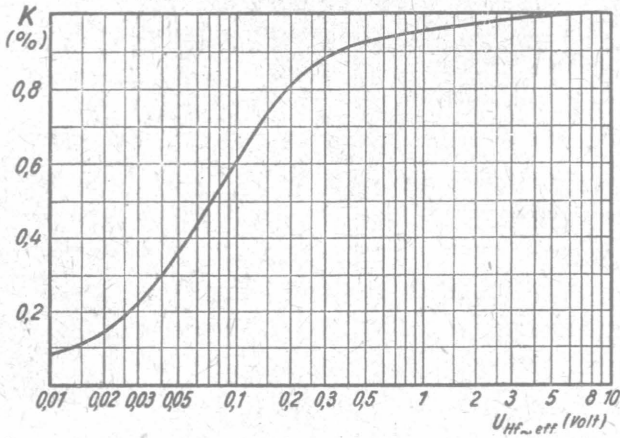
Kennlinienfeld 3

$I_d = f(U_{\sim})$   
 $U_{HF\sim} = \text{Parameter}$



**Kennlinienfeld 4**

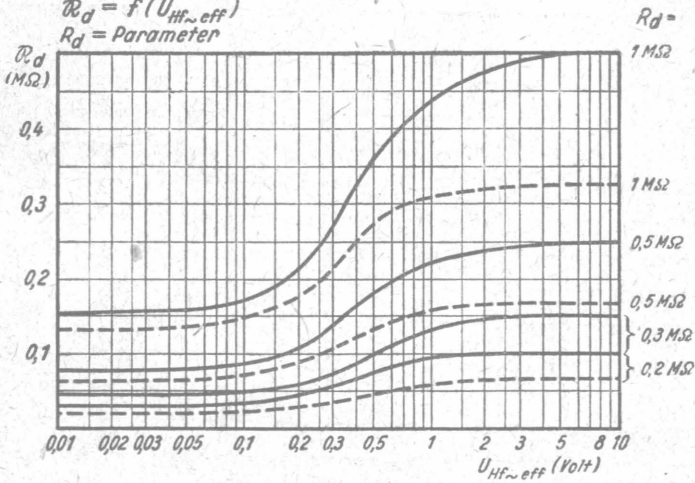
$K = f(U_{HF\sim eff})$



**Kennlinienfeld 5**

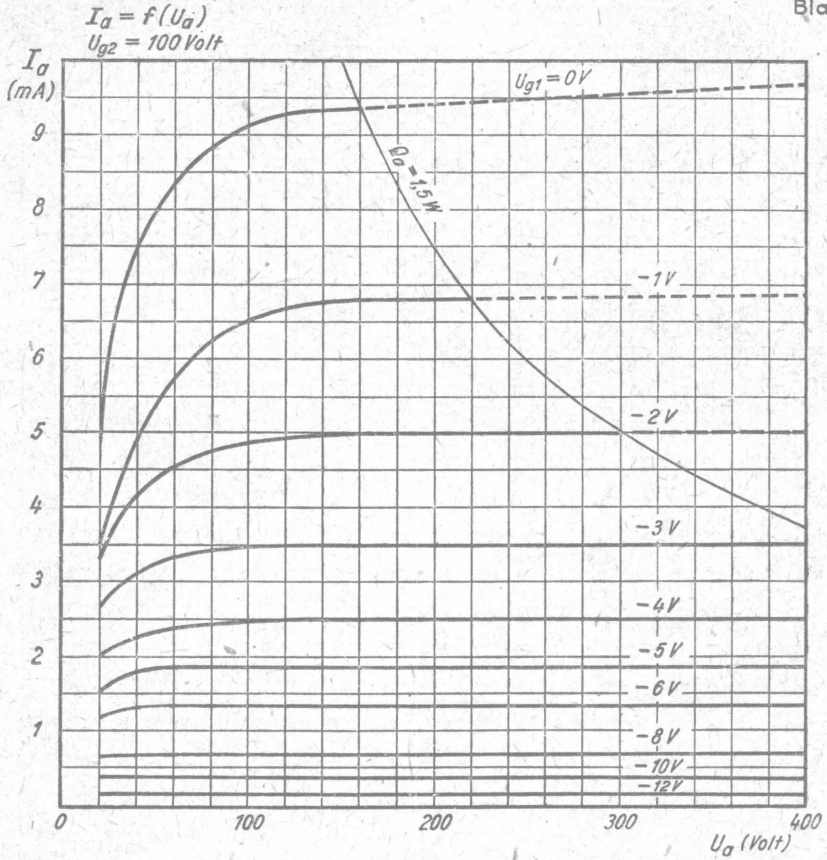
$R_d = f(U_{HF\sim eff})$

$R_d = \text{Parameter}$



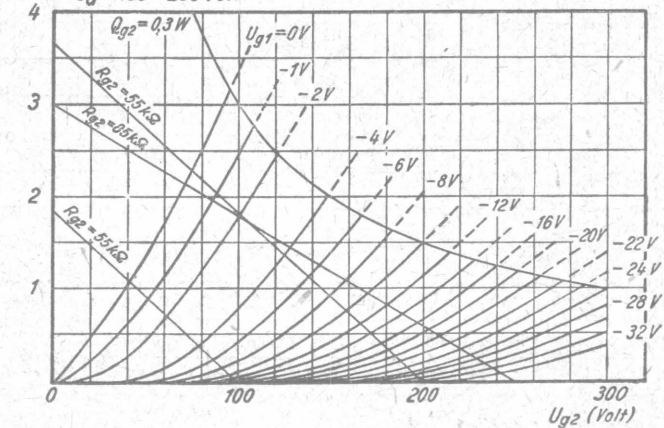
— in Reihe geschaltet  
 - - - parallel geschaltet

### Kennlinienfeld 6



### Kennlinienfeld 7

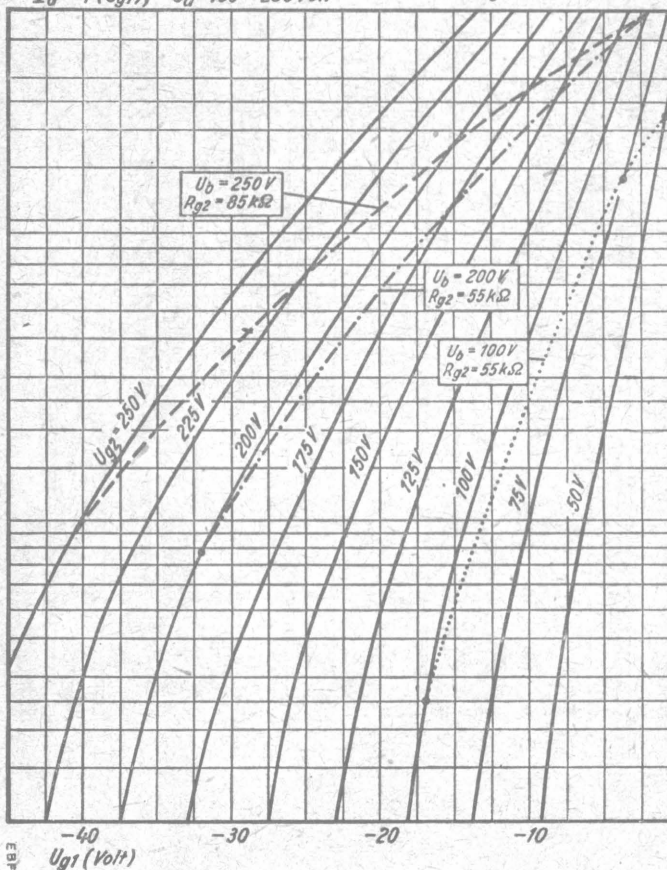
$I_{g2} = f(U_{g2})$   
 $U_a = 100 \dots 250 \text{ Volt}$



### Kennlinienfeld 8

$$I_a = f(U_{g1}), U_a = 100 \dots 250 \text{ Volt}$$

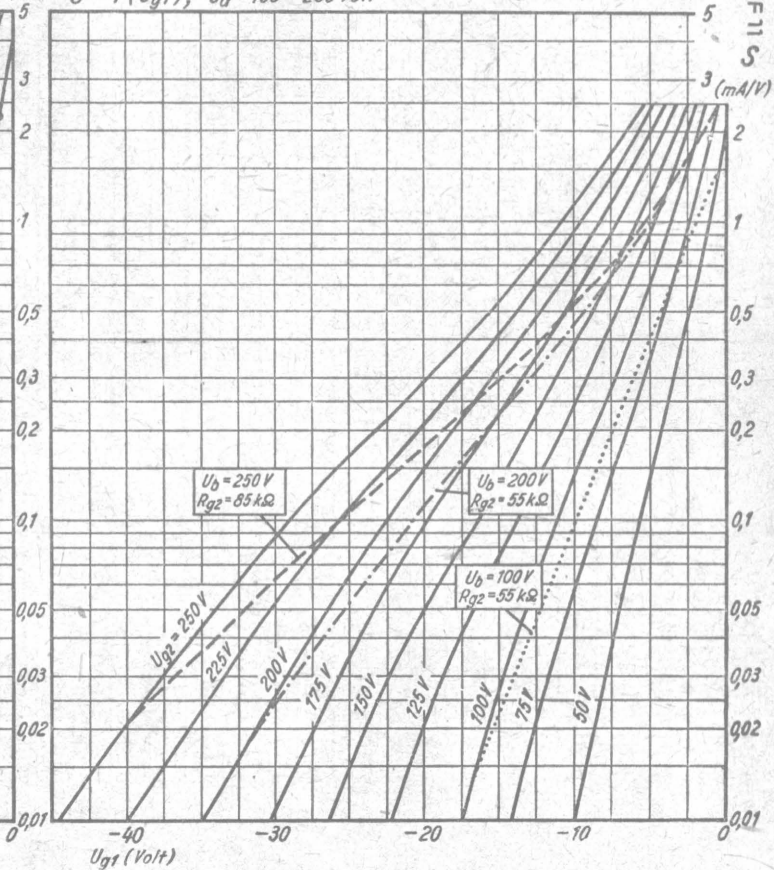
Verlauf der Arbeitskennlinien  
eingezeichnet



### $I_a$ Kennlinienfeld 9

$$S = f(U_{g1}), U_a = 100 \dots 250 \text{ Volt}$$

Verlauf der Arbeitskennlinien  
eingezeichnet.





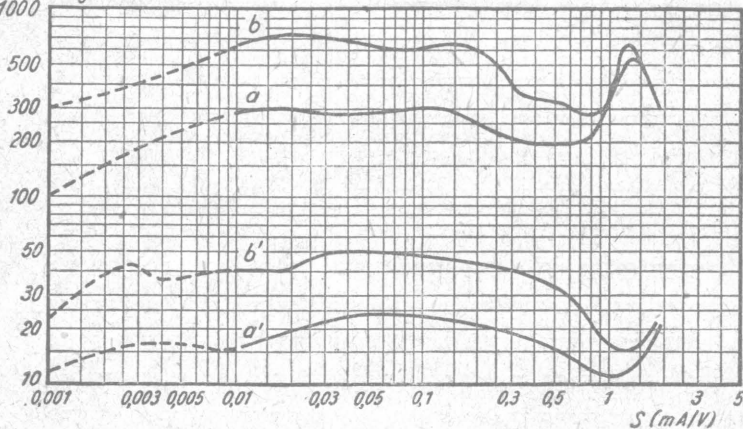
# Brumm- und Kreuzmodulationskurven

Erklärung siehe Rückseite

## Kennlinienfeld 10

$U_{g\sim\text{Stör eff}}$   
(mV) 1000

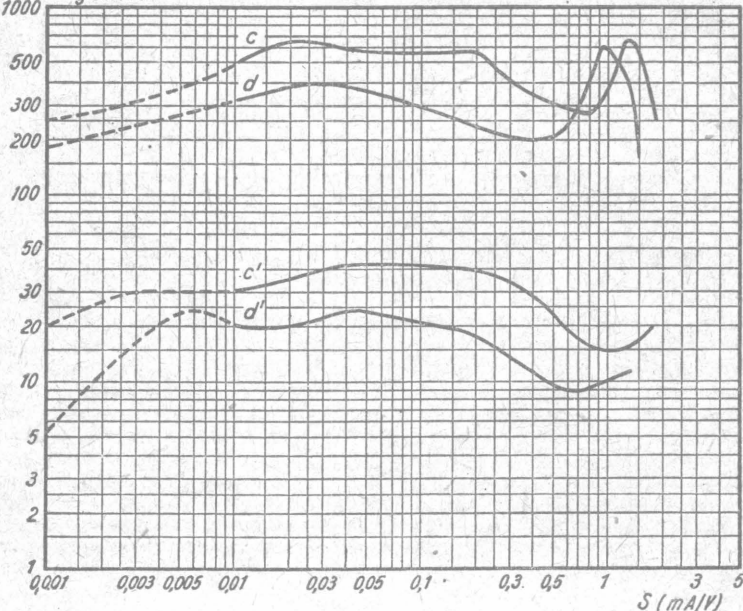
$$U_{g\sim\text{Stör eff}} = f(S)$$



## Kennlinienfeld 11

$U_{g\sim\text{Stör eff}}$   
(mV) 1000

$$U_{g\sim\text{Stör eff}} = f(S)$$



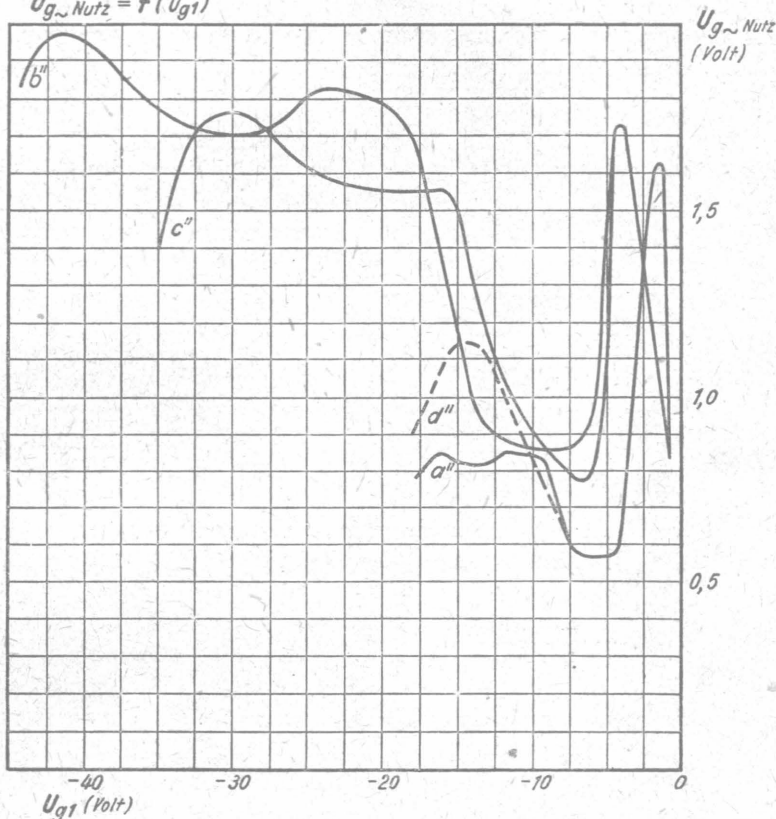
Kurven bei 1% Kreuzmodulation ( $m_{\text{Stör}} = m_{\text{Nutz}}$ )  
bzw. bei 1% Brummmodulation ( $m_{\text{Stör}} = 1$ )

- |   |   |
|---|---|
| $U_a = 100 \dots 250V, U_{g2} = 100V \dots$   | a |
| $U_b = 250V, \text{gleitende Schirmgitterspannung über } R_{g2} = 85 \text{ k}\Omega \dots$ | b |
| $U_b = 200V, \text{gleitende Schirmgitterspannung über } R_{g2} = 55 \text{ k}\Omega \dots$ | c |
| $U_b = 100V, \text{gleitende Schirmgitterspannung über } R_{g2} = 55 \text{ k}\Omega \dots$ | d |

| Kreuz-<br>modulation | Brumm-<br>modulation | Zulässige<br>Gitterwechsel-<br>spannung |
|----------------------|----------------------|---|
| a                    | a'                   | a''                                     |
| b                    | b'                   | b''                                     |
| c                    | c'                   | c''                                     |
| d                    | d'                   | d''                                     |

**Kennlinienfeld 12**

$$U_{g_{\sim} \text{Nutz}} = f(U_{g1})$$



Die Kreuzmodulationskurven geben die Größe der effektiven Störspannung in Abhängigkeit von der Steilheit bei einem Kreuzmodulationsgrad von 1% an, vorausgesetzt, daß  $m_{\text{Stör}} = m_{\text{Nutz}}$  ist. Es ist also gleichgültig, ob beide Sender mit  $m = 30\%$  oder  $100\%$  moduliert sind. Die Hauptsache ist, daß die Modulation des Störsenders und die Modulation des Nutzsenders gleich groß sind. Ist das nicht der Fall, so ist die aus den Kurven gefundene Größe noch mit  $\sqrt{\frac{m_{\text{Stör}}}{m_{\text{Nutz}}}}$  zu multiplizieren.

Die aus den Kurven ermittelte Störwechselspannung  $U_{g_{\sim} \text{Stör eff}}$  entspricht zugleich Verzerrungen von  $1/12\%$   $K_3$ ,  $3/8\%$   $m_V$  und  $0,5\%$   $m_T$ . Das Verzerrungsmaß  $U_T$  ist im betreffenden Arbeitspunkt =  $10 U_{g_{\sim} \text{Stör}}$ , und die höchstzulässige Nutzwechselspannung ist gleich  $2,828 U_{g_{\sim} \text{Stör}}$  (effektiv) bzw. gleich  $4 U_{g_{\sim} \text{Stör}}$  (Spitzenspannung).

Es ist  $K_2$  die 2. Harmonische,  $K_3$  die 3. Harmonische,  $m_V$  die (hochfrequente) Modulationsverzerrung und  $m_T$  die Modulationsvertiefung.

Die Brummodulationskurven geben die Größe der effektiven Störspannung  $U_{g_{\sim} \text{Stör}}$  in Abhängigkeit von der Steilheit bei einem Brummodulationsgrad von 1% an, vorausgesetzt, daß  $m_{\text{Nutz}} = 100\%$  ist. Ist  $m_{\text{Nutz}}$  kleiner, so ist  $U_{g_{\sim} \text{Stör}}$  noch mit  $m_{\text{Nutz}}$  zu multiplizieren. Eigentlich kennzeichnen die Kurven ja das Verhältnis der Störspannung zur Nutzträgerwelle, unabhängig vom Modulationsgrad. Nun ist es natürlich klar, daß eine Brummstörung viel unangenehmer in Erscheinung tritt, wenn der Nutzsender nur 30prozentig moduliert ist, als bei 100prozentiger Modulation. Deshalb wird die Forderung gestellt, daß der Modulationsbrumm höchstens  $1/100$  der Sendermodulation beträgt. Bei einer 30prozentigen Sendermodulation darf der Brummodulationsfaktor entsprechend auch nur  $\frac{0,3}{100} = 0,3\%$  der Nutzträgerwelle betragen, also nur  $0,3 \cdot U_{g_{\sim} \text{Stör}}$  der Brummodulationskurven. Die Brummodulationskurven entsprechen außerdem noch zugleich einem Gehalt an  $K_2$  von  $0,25\%$ .