

veraltet

KERAMISCHE HALBLEITERWIDERSTÄNDE

AUSGABE 1967

Abbildungen und Werte gelten nur bedingt als Unterlagen für Bestellungen. Rechtsverbindlich ist jeweils die Auftragsbestätigung. Änderungen vorbehalten

Exporteur: **HEIM  ELECTRIC**

Deutsche Export- und Importgesellschaft m. b. H., DDR - 102 Berlin 2, Liebknechtstraße 14

VEB KERAMISCHE WERKE HERMSDORF • DDR 653 HERMSDORF / THÜRINGEN

Drahtwort: Kaweha Hermsdorfthür

Fernsprecher: Hermsdorf, Sa.-Nr. 411 und 501

Telex: 058246

INHALTSVERZEICHNIS

| A) Allgemeiner Teil | Seite | | |
|---|-------|--|----|
| 1. Einleitung | 2 | 5.71 Serienschaltung von SV-Widerständen . . . | 14 |
| 2. Bezeichnung | 2 | 5.72 Parallelschaltung von SV-Widerständen . . | 14 |
| 3. Thermistoren mit negativem Temperaturkoeffizienten (TN-Typen) | 3 | 5.8 Wechselspannungsverhalten | 15 |
| 3.1 Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstandes | 3 | 6. Hochleistungswiderstände | 15 |
| 3.2 Strom-Spannungs-Kennlinie | 4 | 6.1 Verwendungszweck | 15 |
| 3.21 Allgemeines | 4 | 6.2 Allgemeine Charakteristiken | 16 |
| 3.22 Regelwiderstände | 5 | 6.21 Elektrische Eigenschaften | 16 |
| 3.3 Abkühlungskennlinie, Erholungszeit und Zeitkonstante | 6 | 6.22 Klimatische Einflüsse | 16 |
| 3.4 Aufheizkennlinie, Dissipationskonstante Leistungsbedarf, Wärmekapazität | 6 | 6.3 Die SR-, SB-, SW- und SS-Typen | 16 |
| 3.5 Alterung | 7 | 7. Festwiderstände (F-Typen) | 16 |
| 3.6 Toleranzen | 7 | 7.1 FD-Typen | 16 |
| 3.7 Kennlinien-Korrektur | 7 | 7.2 FZ-Typen | 17 |
| 3.71 Serienschaltung von TN-Widerständen . . . | 7 | 7.3 FE-Typen | 17 |
| 3.72 Parallelschaltung von TN-Widerständen . . | 7 | | |
| 3.73 Anpassung von Kennlinien | 8 | B) Spezieller Teil | |
| 3.8 Frequenzverhalten von TN-Widerständen | 8 | 1. TNA-Typen | 18 |
| 4. Thermistoren mit positivem Temperaturkoeffizienten (TP-Typen) | 9 | 2. TNM-Typen | 27 |
| 4.1 Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstandes | 9 | 3. TNM-S-Typen | 32 |
| 4.2 Strom-Spannungs-Kennlinie | 9 | 4. TNK-10-Typen | 32 |
| 4.3 Toleranzen | 10 | 5. TNK-4-Typen | 42 |
| 4.4 Verwendungszweck | 10 | 6. TNK-Typen (Rechteck) | 45 |
| 5. Varistoren (SV-Typen) | 11 | 7. TNR-Typen | 48 |
| 5.1 Die Spannungsabhängigkeit des elektrischen Widerstandes | 11 | 8. TNI-Typen | 49 |
| 5.2 Strom-Spannungs-Kennlinie | 11 | 9. TNS-Typen | 50 |
| 5.3 Belastbarkeit | 13 | 10. TNF-Typen | 52 |
| 5.4 Temperaturabhängigkeit der elektrischen Eigenschaften | 13 | 11. TP-Typen | 53 |
| 5.5 Toleranzen | 14 | 12. SV-Typen | 56 |
| 5.6 Alterung | 14 | 13. SBS-Typen | 62 |
| 5.7 Kennlinien | 14 | 14. SW-Typen | 62 |
| | | 15. SR-Typen | 63 |
| | | 16. SB-Typen | 65 |
| | | 17. SS-Typen | 66 |
| | | 18. FD-Typen | 68 |
| | | 19. FZ-Typen | 69 |
| | | 20. FE-Typen | 69 |

A. ALLGEMEINER TEIL

1 Einleitung

Das Produktionsprogramm des VEB Keramische Werke Hermsdorf umfaßt Halbleiterwerkstoffe, die durch Sintern hergestellt werden. Diese nach ihrer Herstellungstechnologie oft auch als „keramische“ Halbleiter bezeichneten Bauelemente sind in jedem Falle kompliziert zusammengesetzte Mehrstoffsysteme, deren Komponenten Oxyde oder Karbide sind, die durch Pressen oder Strangziehen ihre Form erhalten und danach bei hohen Temperaturen zur Einstellung der Halbleitereigenschaften gesintert werden. Dieser Prozeß ist stets mit einer Verdichtung der Struktur, d. h. mit einer Verringerung der Abmessungen verbunden. In vielen Fällen macht sich noch eine Nachbearbeitung dieser Bauelemente durch Schleifen erforderlich.

Die Kontaktierung ist bei den einzelnen Typengruppen verschieden. Während scheibenförmige Widerstände flammengespritzte Metallbeläge oder eingebrannte Silberbeläge aufweisen, sind die stabförmigen Typen hauptsächlich mit aufgeschliffenen Belägen oder aufgeschweißten Armaturen versehen. Mehrere Typen besitzen eingesinterte Anschlußdrähte. Durch die Wahl der Kontaktierung wurde in jedem Falle eine optimale Ausnutzung der Werkstoffeigenschaften erreicht. Dadurch war die Entwicklung von Meßwiderständen möglich, die noch bei Betriebstemperaturen von 500 °C eingesetzt werden können.

Die Hermsdorfer Halbleiterwiderstände untergliedern sich in folgende Klassen:

- Temperaturabhängige Widerstände
- Spannungsabhängige Widerstände
- Festwiderstände

Zur Unterscheidung der einzelnen Typen und Typengruppen innerhalb dieser Klassen wird die in folgenden Abschnitten beschriebene Kurzbezeichnung verwendet.

2 Bezeichnung

Die nähere Bezeichnung der Typen erfolgt durch Buchstaben und Ziffern. Durch große Buchstaben werden die allgemeinen Werkstoffeigenschaften bezeichnet, durch Ziffern die elektrischen Werte. Wenn innerhalb bestimmter Typen mit gleichen Bauformen mehrere Ausführungen möglich sind, so wird dies durch einen nachgestellten Buchstaben angegeben.

Buchstabenschlüssel

Der erste große Buchstabe kennzeichnet die Klassenzugehörigkeit der Halbleiter. Somit gilt:

- T – temperaturabhängiger Widerstand
- S – spannungsabhängiger Widerstand
- F – Festwiderstand (Massewiderstand)

Um Irrtümer zu vermeiden, sei festgestellt, daß die T-Bauelemente nicht ausschließlich die „Heißeiter“ umfassen, sondern auch Bauelemente mit positivem Temperaturkoeffizienten des elektrischen Widerstandes oder mit verschwindendem Temperaturkoeffizienten. Es sind Thermistoren (thermally sensitive resistors) in der allgemeinsten Bedeutung. Zur Unterscheidung wird bei Halbleitern mit negativem Temperatur-

koeffizienten dem T ein „N“ nachgesetzt, bei Halbleitern mit positivem Temperaturkoeffizienten ein „P“.

S-Bauelemente umfassen nicht ausschließlich die Varistoren im üblichen Sinn, sondern auch Hochleistungswiderstände. Infolge der Vielzahl der Typen wird dem ersten Buchstaben bzw. der ersten Buchstabengruppe zur weiteren Unterscheidung ein großer Buchstabe nachgestellt, der auf das Anwendungsgebiet hinweist, für das die betreffende Typengruppe entwickelt worden ist. Selbstverständlich können die Widerstände auch für andere Zwecke als vorgesehen eingesetzt werden, jedoch ist dann in den meisten Fällen eine Rückfrage beim Herstellerwerk zweckmäßig. Dies gilt beispielsweise dann, wenn Anlaßtypen für Rundfunk- und Fernsehgeräte infolge ihrer hohen Grenzleistung zur Temperaturmessung eingesetzt werden sollen. Die Bedeutung dieses Buchstabens geht aus der Fertigungsübersicht in Tabelle 1 hervor.

Tabelle 1

Fertigungsübersicht und Buchstabenschlüssel

| Buchstabenschlüssel | Bedeutung |
|---------------------|---|
| TNA | Anlaßwiderstände für Rundfunk- und Fernsehempfänger, Relais-Verzögerungswiderstände |
| TNI | indirekt geheizte Widerstände |
| TNK | Kompensations- und Meßwiderstände in Scheibenform |
| TNM | Meßwiderstände in Stabform |
| TNM-S | Spezialthermistoren für meteorologische Zwecke |
| TNR | Regelwiderstände in Miniaturausführung |
| TNS | Spezialwiderstände in Perlforn |
| TNF | Temperaturfühler |
| TP | Thermistoren mit positivem Temperaturkoeffizienten |
| SB | Bausteinwiderstände |
| SBS | Bausteinwiderstände in Sonderausführung |
| SR | Ringwiderstände |
| SS | Stabwiderstände |
| SV | Varistoren |
| SW | Hochleistungswiderstände in Scheibenform |
| FD | Dämpfungswiderstände |
| FE | Entstörwiderstände zum Einbau in Entstörstecker |
| FZ | Zündwiderstände |

Beschriftung

Die Beschriftung der Halbleiterwiderstände erfolgt entweder durch Aufdruck der entsprechenden Buchstaben- und Zahlenangaben oder durch Farbkennzeichnung nach den IEC-Empfehlungen, bezogen auf Widerstands- oder Spannungswert. Die Farbkennzeichnung ist jeweils bei den entsprechenden Typenblättern angegeben.

Zur näheren Erläuterung der Typenangaben seien nachfolgend einige Beispiele angeführt:

TNA 12/300 ist ein temperaturabhängiger Halbleiterwiderstand mit negativem Temperaturkoeffizienten für Anlaßzwecke für Rundfunk- und Fernsehempfänger. Bei einem Nennstrom von 300 mA beträgt die Spannungsabfall 12 V.

TNM 330 ist ein stabförmiger Meßwiderstand mit einem Kaltwiderstand $R_{20} = 330 \text{ Ohm}$.

TNK 270-10 ist ein temperaturabhängiger Halbleiterwiderstand mit negativem Temperaturkoeffizienten für Kompensationszwecke in Scheibenform mit einem Dmr. von 10 mm. Der Kaltwiderstand R_{20} beträgt 270 Ohm.

SV 390/10-44 ist ein spannungsabhängiger Widerstand (Varistor) in Scheibenform mit einem Dmr. von 44 mm ohne Innenloch. Bei einem Nennstrom von 10 mA beträgt der Spannungsabfall 390 V.

TP 30/50-10 ist ein temperaturabhängiger Halbleiterwiderstand mit positivem Temperaturkoeffizienten in Scheibenform mit einem Durchmesser von 10 mm, mit einem R_{20} von 30 Ohm und einer Sprungtemperatur von 50 °C.

3 Thermistoren mit negativem Temperaturkoeffizienten (TN-Typen)

3.1 Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstandes

Die Halbleiter zeichnen sich durch eine starke negative Temperaturabhängigkeit ihres elektrischen Widerstandes aus, die absolut etwa eine Zehnerpotenz größer ist als bei Metallen. Während Metalle in einem weiten Temperaturbereich der bekannten Beziehung $R_t = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \theta)$ folgen, verläuft die Temperaturabhängigkeit der Halbleiterwiderstände mit negativem Temperaturkoeffizienten logarithmisch, wie aus Bild 1 zu entnehmen ist.

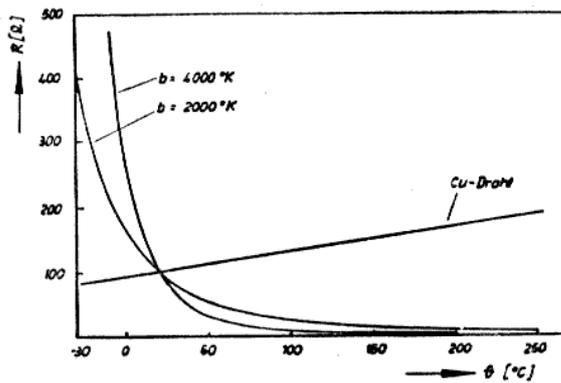


Abb. 1 Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur für Kupfer und 2 Thermistoren mit unterschiedlicher Temperaturabhängigkeit.

In einer $\ln R$ - $1/T$ -Darstellung ist die Temperaturkurve dieser Halbleiterwiderstände nahezu eine Gerade (Bild 2).

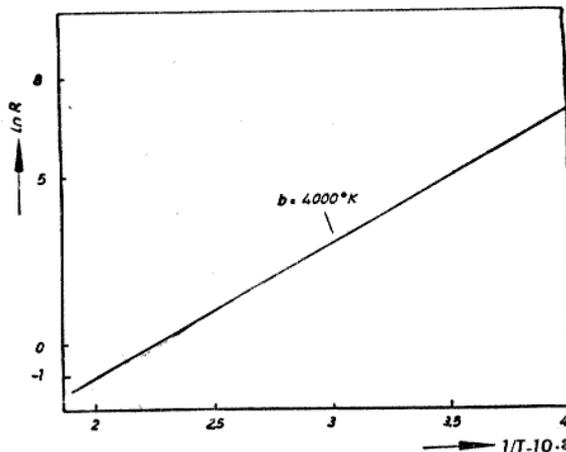


Abb. 2 Temperaturabhängigkeit eines Thermistors in einer $\ln R$ - $1/T$ -Darstellung.

Diese Abhängigkeit läßt sich angenähert durch die Beziehung

$$R = a \cdot e^{b/T} \quad (1)$$

ausdrücken. Dabei bedeuten:

- R – Widerstand (Ω) des Halbleiters (Thermistors) bei einer (absoluten) Temperatur T ($^{\circ}\text{K}$)
- a – „Mengenkonstante“, eine von den Eigenschaften des Werkstoffes und der Form des Halbleiterwiderstandes abhängige Konstante
- e – Basis der natürlichen Logarithmen; $e = 2,718$
- T – absolute Temperatur ($^{\circ}\text{K}$), für die gilt $T (^{\circ}\text{K}) = 273 + t (^{\circ}\text{C})$
- b – „Energiekonstante“ ($^{\circ}\text{K}$), die die Größe der Temperaturabhängigkeit bei 20 °C bestimmt.

Aus der Gleichung (1) erhält man für diese Energiekonstante in der Differenzschreibweise:

$$b = \frac{\ln \frac{R_1}{\Omega} - \ln \frac{R_2}{\Omega}}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} \quad (2)$$

Sie läßt sich also für einen Thermistor aus der Widerstandsmessung bei 2 Temperaturen (T_1, T_2) bestimmen. Wenn in den Datenblättern und Tabellen nicht anders vermerkt, wurde die b-Konstante zwischen 20 und 50 °C bestimmt. Wie aus (2) zu ersehen ist, stellt der Wert b den Anstieg in der $\ln R$ - $1/T$ -Kurve dar. Mit der „Aktivierungsenergie“ der Ladungsträger hängt die Energiekonstante zahlenmäßig durch die Beziehung

$$b = 5800 \cdot \Delta E \quad (3)$$

zusammen, wobei ΔE die Aktivierungsenergie in (eV) ist.

Genau genommen gilt die Beziehung (1) nur in einem verhältnismäßig engen Temperaturbereich. Bei hohen Temperaturen treten Abweichungen auf, da die Steigerung der Kurve in Bild 2 mit zunehmender Temperatur bei den TN-Typen abnimmt. Mit größerer Genauigkeit gilt die Beziehung

$$\rho = A \cdot T^{-D} \cdot e^{b/T} \quad (4)$$

ρ – spezifischer Widerstand ($\Omega \cdot \text{cm}$) bei der Temperatur T ($^{\circ}\text{K}$)

A – Konstante

T – absolute Temperatur ($^{\circ}\text{K}$)

b – Energiekonstante ($^{\circ}\text{K}$)

D – kleine negative Größe in Abhängigkeit vom Halbleiterwerkstoff und von der Form des Widerstandes.

In den weitaus meisten Fällen kommt man jedoch mit der Näherungsformel (1) aus, die für die weiteren Betrachtungen zugrunde gelegt wird. Aus dieser ergibt sich für den Temperaturkoeffizienten des elektrischen Widerstandes

$$TK_R = \frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{dT} = -\frac{b}{T^2} \quad (5)$$

Da der TK_R bei jeder Temperatur anders ist, ist es erklärlich, daß im allgemeinen als Kenngröße für die Temperaturabhängigkeit der Halbleiter nicht der TK_R , sondern b angegeben wird, das in einem gewissen Temperaturbereich als konstant

angenommen werden kann. Aus Bild 3 kann der Temperaturkoeffizient TK_R bei einer vorgegebenen b -Konstante abgelesen werden.

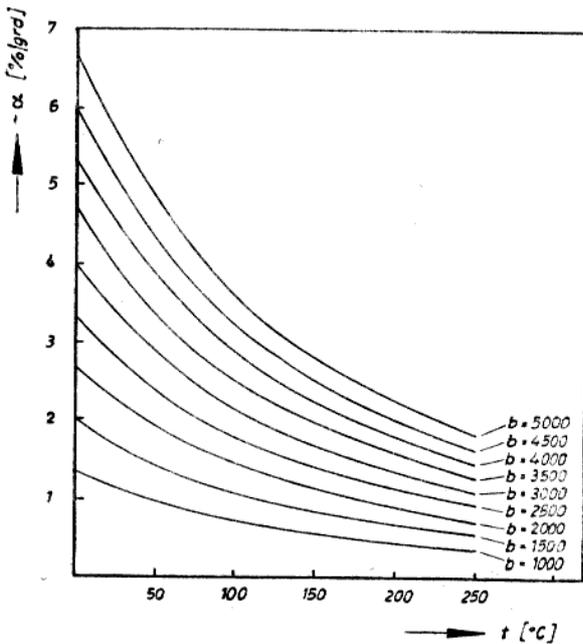


Abb. 3 Diagramm zum Ablesen des Temperaturkoeffizienten TK_R bei bekannter b -Konstante.

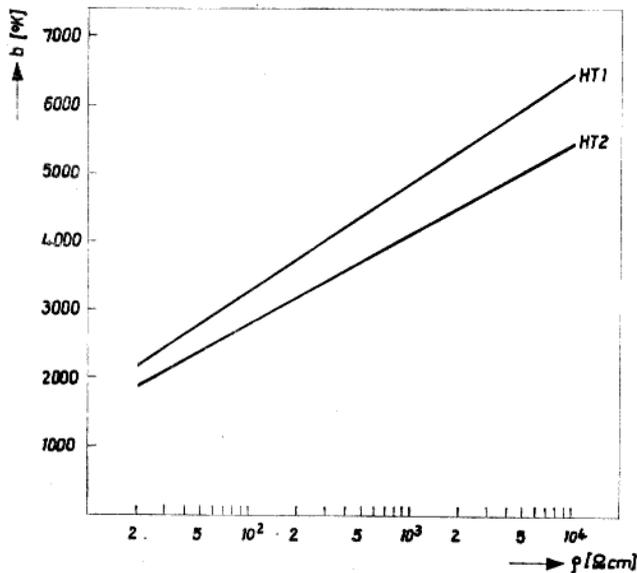


Abb. 4 Abhängigkeit der Energiekonstante b vom Logarithmus des spez. Widerstandes bei den TN-Werkstoffen HT1 und HT2.

Sollen Heißeleiter für bestimmte Messungen einen extrem hohen Temperaturkoeffizienten aufweisen, so müssen sie in flüssiger Luft abgekühlt werden. Hat beispielsweise ein Widerstand bei 20 °C einen Temperaturkoeffizienten von $-4\%/grad$, so weist er bei -190 °C bereits einen TK_R von $-50\%/grad$ auf, wobei natürlich der Widerstandswert entsprechend angestiegen ist.

Allgemein gilt die Regel, daß die b -Konstante dem Logarithmus des spezifischen Widerstandes proportional ist, d. h.

$$b \sim \ln \rho. \quad (6)$$

Dies ist allerdings nur eine grobe Näherung, von der größere Abweichungen auftreten können. In Bild 4 sind die Mittelwerte der TN-Werkstoffe HT 1 und HT 2 in einem solchen b -In-Diagramm aufgetragen.

Die Beziehung (6) macht deutlich, daß es nicht möglich ist, eine Widerstandsreihe mit der gleichen b -Konstante aus einem Werkstoff zu liefern, vielmehr tritt dann notwendigerweise auch eine entsprechende Abstufung in der b -Konstante und damit in der Temperaturabhängigkeit auf.

3.2 Strom-Spannungs-Kennlinie

3.21 Allgemeines

Da die Heißeleiter in sehr vielen Fällen durch den hindurchfließenden Strom aufgeheizt werden (insbesondere bei den Anlaßtypen für Rundfunk- und Fernsehempfänger), ist ihre Strom-Spannungs-Kennlinie von besonderem Interesse. Sie wird aufgenommen, indem an den Widerstand eine bestimmte Spannung U angelegt und nach vollständiger Einstellung des Gleichgewichtszustandes der hindurchfließende Strom I abgelesen wird. Der Widerstand befindet sich dabei in ruhender Luft mit einer Temperatur von 20 °C. Er ist mit seinen Anschlüssen so befestigt, wie dies normalerweise im Betrieb der Fall ist. Bild 5 zeigt die Strom-Spannungs-Kennlinie des Widerstandes TNA 12/300 in linearer Darstellung, Bild 6 in doppelt-logarithmischem Maßstab.

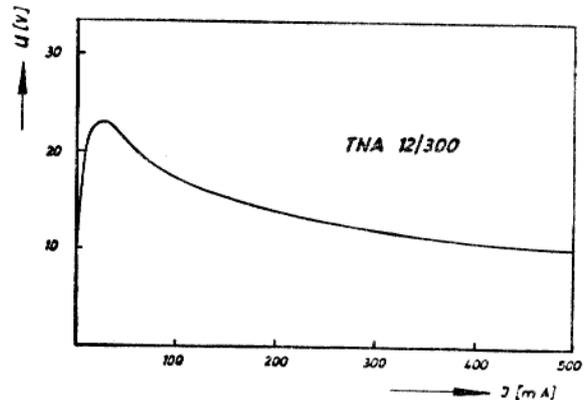


Abb. 5 Strom-Spannungs-Kennlinie des Widerstandes TNA 12/300 in linearer Darstellung.

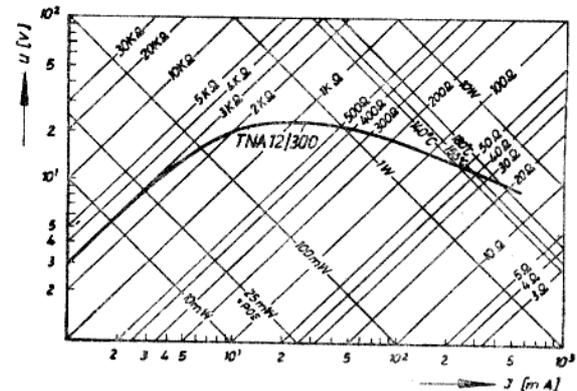


Abb. 6 Strom-Spannungs-Kennlinie des Widerstandes TNA 12/300 in doppelt-logarithmischer Darstellung.

Im Anfangsteil der Kurven ist noch Proportionalität zwischen Strom und Spannung vorhanden, d. h., der Widerstand folgt dem Ohmschen Gesetz; Eigenerwärmung tritt noch nicht auf. Mit steigendem Strom nimmt der Widerstand zusehends ab. Er durchläuft dabei ein Maximum im Spannungsabfall, das bei der Temperatur

$$T_{U_{\max}} = \frac{b}{2} - \sqrt{\frac{b^2}{4} - bT_0} \quad (7)$$

liegt, wobei T_0 die Temperatur des umgebenden Mediums ist. Das Ende des Ohmschen Anfangsbereiches in der Strom-Spannungs-Kennlinie wird, wenn nicht anders definiert, als „Grenzleistung ohne Eigenerwärmung“ bezeichnet und beträgt bei der Type TNA 12/300 25 mW. Es ist die Leistung, bei der die durch die Stromerwärmung bewirkte Widerstandsänderung 0,3 % (entsprechend einer mittleren Übertemperatur des Widerstandskörpers von 0,1 °C) in ruhender Luft von 20 °C nicht überschreitet.

Wenn die Wärmeabführung am Halbleiterkörper geändert wird, gelten die angegebenen Strom-Spannungs-Kennlinien nicht mehr und müssen neu ermittelt werden.

In manchen Schaltaufgaben (Relais-Verzögerungs-Schaltungen) kann der stationäre Fall, d. h. die jeweilige Einstellung des Gleichgewichtszustandes nach einer Strom-Spannungs-Änderung nicht angewendet werden. Bei diesem zeitlich veränderlichen Betrieb gilt die Differentialgleichung

$$U \cdot I \, d\tau = H \cdot d\vartheta - C \cdot \vartheta \cdot d\tau \quad (8)$$

Dabei bedeuten:

U – die am Widerstand zu einem bestimmten Zeitpunkt anliegende Spannung (V)

I – der durch den Widerstand zum gleichen Zeitpunkt fließende Strom (A)

$d\tau$ – Zeitelement

H – Wärmekapazität des Halbleiterkörpers (Joule/°K)

ϑ – Übertemperatur (°C)

$d\vartheta$ – Temperaturerhöhung durch die elektrische Leistung (°C)

C – Dissipationskonstante (mW/grad)

Diese Differentialgleichung besagt, daß die je Zeiteinheit dem Halbleiterwiderstand zugeführte Wärme eine Temperaturerhöhung $d\tau$ je nach seiner Wärmekapazität erzeugt und eine der Dissipationskonstante und der Übertemperatur proportionale Wärmeabgabe deckt.

3.22 Regelwiderstände

Halbleiter-Regelwiderstände sind Thermistoren, deren Strom-Spannungs-Kennlinie in einem bestimmten Strombereich nahezu parallel zur Stromachse verläuft. Dieser Kennlinienverlauf wird durch geeignete Wahl der elektrischen Kennwerte und der Abstrahlungsbedingungen erreicht. Für die Spannungsstabilisierung wird meist eine Spannungsteilerschaltung nach Abbildung 7 verwendet, in der T_h den Thermistor, R_v den Vorwiderstand und R_L den Lastwiderstand darstellen.

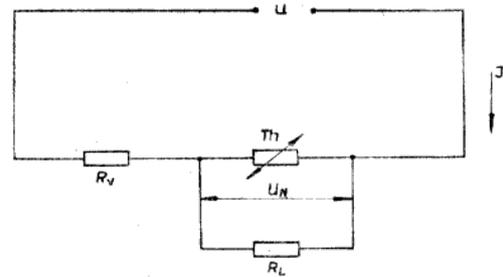


Abb. 7 Spannungsteilerschaltung zur Spannungsstabilisierung mit einem Halbleiter-Regelwiderstand

Die Wirkungsweise beruht auf folgendem Prinzip: Der Strom I fließt durch eine Serienschaltung eines Ohmschen Widerstandes mit dem Thermistor, an dem die Spannung U_n abfällt. Bei einer Zunahme von U steigt der Strom I an und bewirkt eine zusätzliche Erwärmung des Thermistors T_h , die infolge seines negativen Temperaturkoeffizienten nach Einstellung des Gleichgewichtes zu einer Widerstandsabnahme führt. Damit verringert sich der Spannungsabfall U am Thermistor gegenüber dem Momentanwert vor der Gleichgewichtseinstellung. Bei geeignet bemessenen Parametern gelingt es, über einen beträchtlichen Bereich der Stromschwankungen den Spannungsabfall U_n nahezu konstant zu halten.

Da die Einstellung des thermischen Gleichgewichtes eine bestimmte Zeit beansprucht, werden schnellere Spannungsschwankungen nicht ausgeregelt, d. h., dieses System ist mit einer relativ großen Trägheit behaftet, die je nach Type bis zu einigen Sekunden betragen kann. Während sehr kurzzeitiger Spannungsänderungen verhält sich der Thermistor wie ein rein Ohmscher Widerstand.

Ein wichtiger Vorteil dieser Halbleiter-Regelwiderstände liegt darin, daß die Stabilisierungswirkung bis etwa 300 kHz nahezu frequenzunabhängig ist. Nachteilig ist dagegen die Abhängigkeit der Nennspannung U von der Außentemperatur, da sich der Thermistorwiderstand im Betriebszustand um etwa 1 %/grad ändert.

Die Forderungen nach einer Miniaturisierung der Bauelemente haben dazu geführt, daß ab 1967 die Type TNR 2/1 (T – temperaturabhängig, N – negativer TK, R – Regelwiderstand) angeboten wird, die in ihren elektrischen Kennwerten der bisher gefertigten Type HRW 2/1 entspricht, aber wesentlich geringere Abmessungen aufweist und in die Schaltung eingelötet werden kann. Wie Absprachen mit den Verbrauchern gezeigt haben, können mit dieser Type nahezu alle Anwendungsfälle realisiert werden.

Die Bandbreite bezeichnet dabei die Grenzwerte der Nennspannung U_n , die bei einer bestimmten Type im angegebenen Stromregelbereich angenommen werden kann. Die Streubreite gibt den Streubereich für die Bandbreite bei der Auslieferung an. Eine Bandbreite von $\pm 5\%$ für die Type TNR 2/1 bedeutet somit, daß die Nennspannung U von 2 V um $\pm 5\%$ schwanken kann, wenn sich der Strom von 0,4 bis 2,0

mA ändert. Der Nennwert der Spannung einschließlich seiner maximalen Schwankung kann gewisse Toleranzen aufweisen, die nicht innerhalb der Grenzen der Streuung liegen dürfen.

3.3 Abkühlungskennlinie, Erholungszeit und Zeitkonstante

Als Erholungszeit wird diejenige Zeit bezeichnet, die ein Heißleiter braucht, um bei einer Abkühlung von 500 °C, 250 °C, 150 °C bzw. 120 °C auf 20 °C in ruhender Luft seinen halben Kaltwiderstand anzunehmen. Die Bezugstemperatur (500 °C, 250 °C bzw. 120 °C) ist bei den einzelnen Typen verschieden und in den Typenblättern eingetragen. Diese Erholungszeit kann bei den TNA-Typen nicht aus den Abkühlkurven entnommen werden, weil bei diesen als höchste Temperatur die jeweilige Betriebstemperatur eingetragen ist.

Sie ist jedoch trotzdem von Bedeutung, da TNA-Widerstände auch als Relais-Verzögerungs- und Meßwiderstände eingesetzt werden können.

Zur Aufnahme der Abkühlungskennlinien werden die TN-Meßwiderstände in einem Thermostaten in Luft auf die Bezugstemperatur aufgeheizt, und ihre Widerstandsänderung wird nach raschem Herausnehmen in ruhender Luft bei 20 °C aufgenommen. Lediglich die TNA-Widerstände werden durch den hindurchfließenden Strom auf die Betriebstemperatur aufgeheizt und dann nach dem Abschalten des Stromes gemessen. Da die Temperaturverteilung in den relativ großen TNA-Widerständen inhomogen ist, ergibt sich dadurch ein etwas anderer Kurvenverlauf. Ein Beispiel einer Abkühlkurve ist für den Widerstand TNA 12/300 in Bild 8 gezeigt.

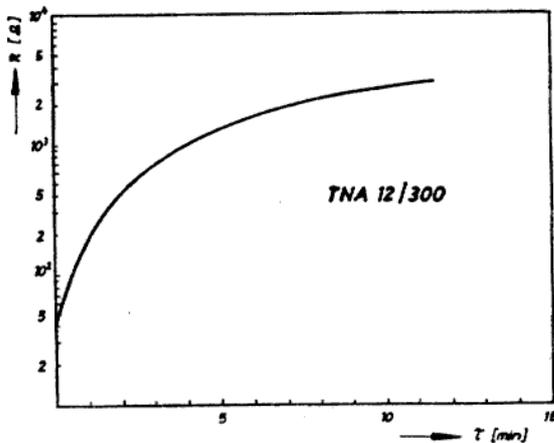


Abb. 8 Abkühlungskurve eines Widerstandes TNA 12/300 von der Betriebstemperatur. (Die Zeit bis zum Erreichen des halben Kaltwiderstandes entspricht nicht der in den Datenblättern angegebenen Erholungszeit.)

Für die Abkühlkurve gilt entsprechend der Gleichung (8):

$$H d\vartheta = -C \cdot \vartheta d\tau \quad (9)$$

$$\text{Der Wert } \frac{H}{C} = -\vartheta \frac{d\tau}{d\vartheta} = \tau^* \quad (9a)$$

wird als „Zeitkonstante“ bezeichnet und ist die Zeit, in der die Temperatur des Heißleiters auf den e-ten Teil ihres Anfangswertes abgesunken ist.

3.4 Aufheizkennlinie, Dissipationskonstante Leistungsbedarf, Wärmekapazität

Die Aufheizkennlinien geben den zeitlichen Verlauf der Widerstandsänderung bei der Aufheizung der Thermistoren an. Entsprechend dem hauptsächlichen Verwendungszweck der einzelnen Typengruppen sind diese Aufheizkennlinien unter verschiedenen Bedingungen aufgenommen worden.

Die TNA-Widerstände sind meist als Anlaßwiderstände eingesetzt, so daß der Konstrukteur Unterlagen braucht, aus denen er die Betriebsbereitschaft von Rundfunk- und Fernsehgeräten, die diese Heißleiter als Schutzwiderstände für die Röhrenheizungen enthalten, ablesen kann. Bei der Aufnahme dieser Kurven (Bild 9) wurden Strom und Spannung am Halbleiterwiderstand gemessen, wobei als Spannungsquelle 220 V dienten und vor den Halbleiterwiderstand ein Ohmscher Widerstand gelegt wurde, dessen Größe so gewählt wurde, daß im Gleichgewichtszustand am Heißleiter die Betriebswerte des Stromes und der Spannung lagen.

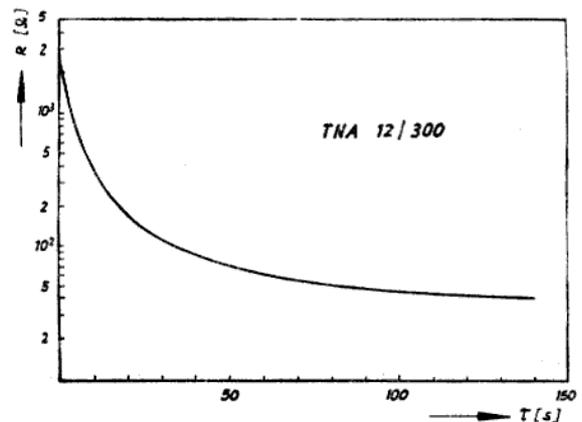


Abb. 9 Aufheizkurve des Widerstandes TNA 12/300

Bei einer Aufheizung durch den hindurchfließenden Strom kommt man bei nicht zu hohen Temperaturen mit der Annahme aus, daß die Wärmeverlustleistung W proportional der Übertemperatur ϑ ist:

$$W = C \cdot \vartheta \quad (10)$$

C bezeichnet man als Dissipationskonstante, sie wird in mW/grd Übertemperatur angegeben. Der Widerstand des Halbleiters nimmt dann in Abhängigkeit von der zugeführten Leistung im stationären Betrieb den Wert

$$R = a \cdot e^{-\frac{b}{T^2} \cdot \frac{W}{C}} \quad (11)$$

an. $1/C$ wird als „Empfindlichkeit“ des Heißleiters bezeichnet. Es ist die Temperaturerhöhung pro zugeführter Leistungseinheit.

Der „Leistungsbedarf“ für 1 % Widerstandsänderung ist nach (11)

$$\Delta W = \frac{C \cdot T^2}{100 \cdot b}$$

$$\text{oder} \quad \Delta W = \frac{C}{100 \alpha \varrho} \quad (12)$$

Alle TN-Widerstände, die für Meßzwecke vorgesehen sind, werden im normalen Betriebsfall durch die Außentemperatur aufgeheizt. Zur Aufnahme der Aufheizkennlinien werden diese Widerstände deshalb in einen Luftthermostaten gebracht, der sich auf der entsprechenden Bezugstemperatur befindet, und die zeitliche Widerstandsänderung wird aufgenommen.

3.5 Alterung

Die Alterung eines TN-Widerstandes setzt sich aus 2 Komponenten zusammen: aus der Alterung des Werkstoffes und aus der Alterung der Kontakte.

Die Alterung des Werkstoffes, die auf seine Struktur zurückzuführen ist und nicht beseitigt werden kann, ist sehr gering und gegenüber der Alterung der Kontakte im allgemeinen zu vernachlässigen. Die Gesamalterung eines Körpers verläuft meist nach höheren Widerstandswerten und ist unmittelbar nach der Herstellung am stärksten ausgeprägt. Thermistoren für Meßzwecke werden deshalb vorgealtert.

Während nichtgealterte TN-Widerstände nach 1000 Betriebsstunden bei den maximal zulässigen Betriebsbedingungen eine Alterung bis zu 3% ihres Ausgangswertes aufweisen können, kann nach der Alterung eine Langzeitstabilität unter maximalen Betriebsbedingungen (120 bzw. 150 °C) im gleichen Zeitraum von < 1% garantiert werden. Die Stabilität ist um so besser, je geringer die thermische Beanspruchung der Widerstände im Betrieb ist. Bei vernachlässigbarer Übertemperatur (< 10 grad) und ausreichender vorheriger Alterung (Temperaturzeit 1000 Stunden) liegt die maximal mit TN-Widerständen erreichbare Widerstandsstabilität bei 0,2%/Jahr, bei einer Temperaturzeit von 100 Stunden kann mit einer Widerstandsstabilität von 0,5%/Jahr gerechnet werden.

TNA-Widerstände sind keine Meßwiderstände im eigentlichen Sinne und werden deshalb nicht vorgealtert. Diese Alterung kann jedoch auf Wunsch durchgeführt werden. Bei einer Betriebstemperatur von 250 °C liegt die Alterung nach 1000 Stunden bei < 1,5%, bei einer Betriebstemperatur von 100 °C nach 1000 Stunden bei < 1% und bei einer geringen Übertemperatur maximal bei ≤ 0,5%/Jahr.

3.6 Toleranzen

Während des Fertigungsprozesses der TN-Widerstände treten unvermeidliche Abweichungen in den elektrischen Werten auf, die bei der Bestückung von Schaltungen mit TN-Widerständen einkalkuliert werden müssen. Diese Widerstände können nicht wie Kohleschichtwiderstände auf ihren Widerstandswert eingeschliffen werden, sondern müssen aus einer bestimmten Charge ausgelesen werden. Um tragbare Preise einhalten zu können, dürfen die Toleranzforderungen nicht zu eng gewählt werden. Als Mitteltoleranzen gelten:

| | |
|---------------------------|--------------|
| Widerstandswert | ± 20 % |
| Spannungsabfall | ± 10 % |
| b-Wert | ± 10 %, 20 % |

Grundsätzlich sind alle Typen auch mit Widerstandstoleranzen von ± 10% lieferbar. TN-Widerstände mit Widerstands- und b-Wert-Toleranzen von ± 5% können im allgemeinen nur in kleineren Stückzahlen bezogen werden, während Toleranzen

von ± 2% nur in Einzelstücken lieferbar sind. Es sei an dieser Stelle besonders darauf hingewiesen, daß „auswechselbare Meßthermistoren“ nicht geliefert werden können. Vom Konstrukteur ist vielmehr bei der Verwendung von Thermistoren in Meßschaltungen stets eine Möglichkeit für eine Kennlinienkorrektur und ein Nachjustieren vorzusehen. „Auswechselbar“ sind Meßthermistoren nur zusammen mit ihren Ohmschen Korrekturwiderständen.

Wenn bestimmte Kennlinien eingehalten werden sollen, so ist die günstigste Lösung niemals in der Verwendung von Meßthermistoren mit engster Toleranz zu sehen, sondern in einer geeignet bemessenen Parallel- und Serienschaltung zusammen mit Ohmschen Widerständen, die es gestatten, eine vorgegebene Kennlinie auch unter Verwendung von Thermistoren mit größeren Toleranzen weitgehend zu approximieren.

3.7 Kennlinien-Korrektur

3.71 Serienschaltung von TN-Widerständen

Schaltet man 2 TN-Widerstände mit den Werten (bei einer bestimmten Temperatur) R_1, b_1 bzw. R_2, b_2 in Serie, so ergeben sich als resultierende Werte R_s, b_s für diese Schaltung

$$R = R_1 + R_2$$

$$\frac{d(\ln R_s/\Omega)}{d(1/T)} = b_s(T) = \frac{R_1 \cdot b_1 + R_2 \cdot b_2}{R_1 + R_2}, \quad (13)$$

d. h., der „b“-Wert der Kombination ist temperaturabhängig.

Bei Serienschaltung von n TN-Widerständen gilt für den b-Wert bei einer bestimmten Temperatur:

$$b_s(T) = \frac{1}{R} \sum_{i=1}^n R_i b_i \quad (14)$$

mit $R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$.

Wird an Stelle eines TN-Widerstandes ein Ohmscher Widerstand eingesetzt, so ist der zugehörige b-Wert Null. Durch Serienschaltung eines TN-Widerstandes mit einem Ohmschen Widerstand erhält man also einen größeren Gesamwiderstandswert bei kleinerem b-Wert der Kombination.

3.72 Parallelschaltung von TN-Widerständen

Schaltet man 2 TN-Widerstände mit den Werten (bei einer bestimmten Temperatur) R_1, b_1 bzw. R_2, b_2 parallel, so ergeben sich als resultierende Werte R_p, b_p für diese Schaltung

$$R_p = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$b_p(T) = \frac{b_1 \cdot R_2 + b_2 \cdot R_1}{R_1 + R_2} \quad (15)$$

Bei Parallelschaltung von n TN-Widerständen gilt für den b-Wert der Schaltung bei einer bestimmten Temperatur

$$b_p(T) = R \cdot \sum_{i=1}^n \frac{b_i}{R_i} \quad (16)$$

mit
$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} = \frac{1}{R} \quad (17)$$

Bei Ohmschen Widerständen ist für den zugehörigen b-Wert Null einzusetzen. Durch Parallelschaltung eines Ohmschen Widerstandes zu einem TN-Widerstand können also Widerstands- und b-Wert der Kombination verkleinert werden.

Bei der Parallelschaltung von mehreren TN-Widerständen zur Änderung der U-I-Kennlinie ist zu beachten, daß über den TN-Widerstand mit dem kleinsten Widerstandswert infolge der fallenden Kennlinie der größte Strom fließt, so daß für ihn die Gefahr des Durchbrennens besteht, während die anderen Widerstände kälter bleiben.

3.73 Anpassung von Kennlinien

Wie bereits festgestellt wurde, läßt sich eine vorgegebene Kennlinie mit TN-Widerständen infolge der fertigungsbedingten Streuungen nicht einhalten. Durch Zuschalten Ohmscher Widerstände ist es jedoch jederzeit möglich, die Kennlinie eines TN-Widerstandes einer geforderten Kennlinie in einem bestimmten Temperaturbereich anzupassen. Nach 3.71 wird durch Serienschaltung eines Ohmschen Widerstandes zu einem TN-Widerstand die b-Konstante der Kombination herabgesetzt, während gleichzeitig der Gesamtwiderstandswert ansteigt. Nach 3.72 nimmt bei Parallelschaltung eines Ohmschen Widerstandes die b-Konstante der Kombination ebenfalls ab, wobei auch der Gesamtwiderstandswert kleiner wird. Durch Serien- und Parallelschaltung eines Ohmschen Widerstandes wird also die b-Konstante der Kombination kleiner als die b-Konstante des TN-Widerstandes, wobei man es gleichzeitig in der Hand hat, durch geeignete Bemessung der Schaltung den b-Wert und den Gesamtwiderstandswert in bestimmten Grenzen einzustellen.

3.8 Frequenzverhalten von TN-Widerständen

TN-Widerstände weisen eine Frequenzabhängigkeit ihres elektrischen Verhaltens auf. Gegenüber dem Kurvenverlauf in den Datenblättern des Kataloges ändern sich dabei die Meßwerte:

Während zwischen Messungen, die bei Gleichspannung und bei 50 Hz Wechselspannung durchgeführt wurden, nahezu keine Unterschiede feststellbar sind, macht sich bei höheren Frequenzen der Einfluß der Dielektrizitätskonstante des Werkstoffes bemerkbar. Mißt man den Scheinwiderstand, so erhält man für den Realteil und die Kapazität die in Bild 10 und Bild 11 angegebenen Frequenzabhängigkeiten. Nach hohen Frequenzen hin strebt die relative Dielektrizitätskonstante einem Endwert zu, der der tatsächlichen DK des Werkstoffes entspricht (Bild 12).

In Bild 13 ist der Verlauf der Temperaturabhängigkeit des Scheinwiderstandes für den reellen Widerstand und die Kapazität dargestellt.

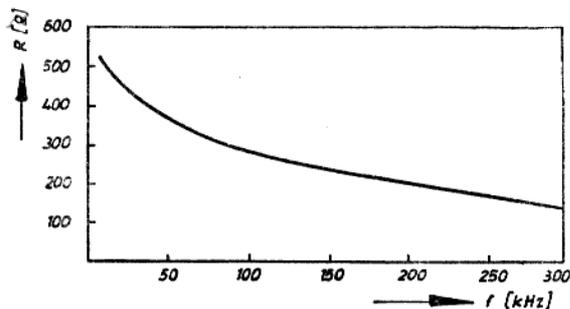


Abb. 10 Frequenzabhängigkeit des reellen Widerstandes bei einem TNK-10-Widerstand.

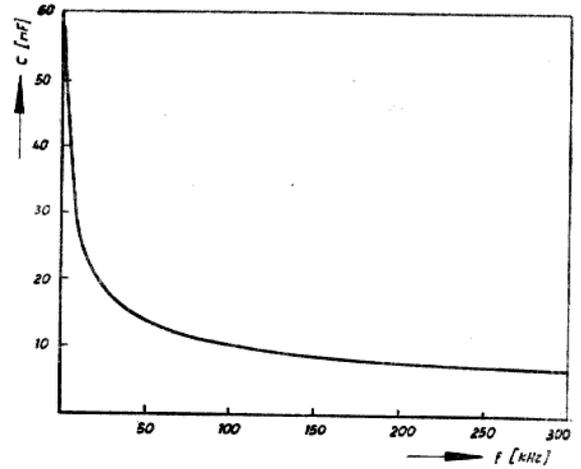


Abb. 11 Frequenzabhängigkeit der Kapazität bei dem TNK-10-Widerstand von Bild 10.

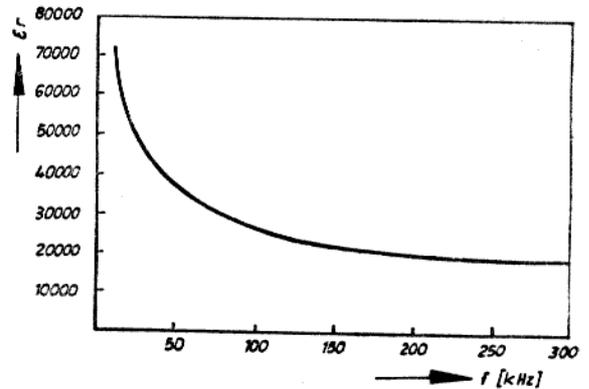


Abb. 12 Frequenzabhängigkeit der relativen DK bei dem TNK-10-Widerstand von Bild 10.

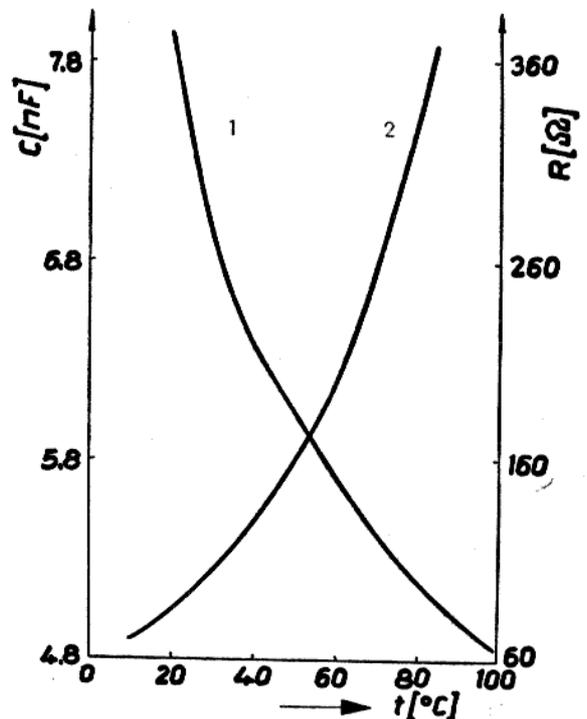


Abb. 13 Temperaturabhängigkeit des reellen Widerstandes und der Kapazität bei einem TNK-10-Widerstand.
1 = Temperaturabhängigkeit des reellen Widerstandes.
2 = Temperaturabhängigkeit der Kapazität.
Meßfrequenz 25 kHz.

4. Thermistoren mit positivem Temperaturkoeffizienten (TP-Typen)

4.1 Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstandes

Die TP-Widerstände sind neuartige keramische Halbleiter, die in einem bestimmten Temperaturbereich einen sehr großen positiven Temperaturkoeffizienten des Widerstandes aufweisen. Ihr Widerstands-Temperaturverlauf zeigt hierdurch eine typische Sprungcharakteristik. Der Beginn des Widerstandsanstieges kann durch die Werkstoffzusammensetzung gesteuert werden; er ist durch die Curietemperatur der halbleitenden ferroelektrischen Keramik gegeben. Der Widerstandsanstieg im Sprungbereich erstreckt sich innerhalb eines Intervalls von 50 bis 80 °C auf das 10³- bis 10⁴fache des Anfangswertes. Abb. 14 zeigt den prinzipiellen Widerstands-Temperatur-Verlauf bei TP-Widerständen.

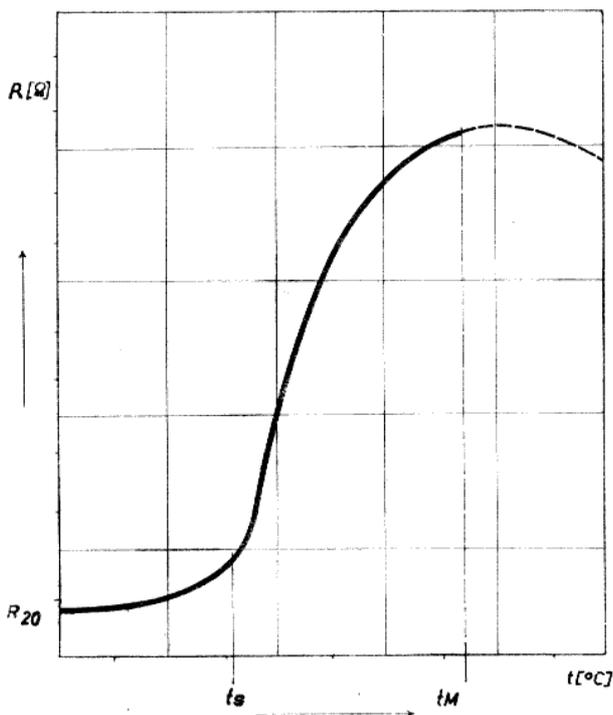


Abb. 14 Prinzipieller Widerstands-Temperatur-Verlauf bei TP-Widerständen

Die Widerstands-Temperatur-Kennlinie läßt sich bei TP-Widerständen im Bereich der Sprungcharakteristik nicht durch eine einfache Exponentialbeziehung wie bei TN-Widerständen angeben. Aus diesem Grund wurden folgende Kennwerte zur technischen Charakterisierung der TP-Widerstände festgelegt:

- R_{20} Widerstand bei 20 °C
- t_S „Sprungtemperatur“, Temperaturwert, bei welchem der Widerstand auf den 1,5- bis 5fachen Wert von R_{20} angestiegen ist.
- t_M Maximaltemperatur, höchste zulässige Temperaturbelastung
- f_A Anstiegsfaktor, Faktor für den Widerstandsanstieg zwischen R_{20} und dem Widerstand bei t_M

Außer diesen Kennwerten sind noch die maximal zulässige Betriebsspannung U_{max} , auf die unter 4.2 eingegangen wird, und die Dissipationskonstante C von Bedeutung. Für bestimmte Typen werden andere Kennwerte zur präzisen Fixierung der Kennlinie festgelegt.

Mit abnehmender Temperatur ($t < 20$ °C) steigt der Widerstand bei den TP-Typen sehr langsam an. Mit dem Überschreiten der höchst zulässigen Temperatur t_M durchläuft der Widerstand ein Maximum und fällt danach mit zunehmender Temperatur. Der Anstiegsfaktor f_A beträgt mindestens 10³.

Bei Zimmertemperatur sind die bisher entwickelten Typen von TP-Widerständen niederohmig. Der steile Widerstandsanstieg im Sprungbereich ist durch den Aufbau von Sperrschichten an den Korngrenzen der ferroelektrischen halbleitenden Keramik bedingt. Hiermit ist eine gewisse Spannungsabhängigkeit der Widerstandswerte bei Temperaturen oberhalb von t_S verbunden. Sie läßt sich durch bestimmte technologische Voraussetzungen in vertretbaren Grenzen halten, muß jedoch beim Einsatz berücksichtigt werden. Eine Widerstands-Temperatur-Kennlinie mit einer optimalen Steilheit ist aus diesem Grund nur mit einer geringen Meßspannung zu erzielen. Abb. 15 gibt den Widerstands-Temperatur-Verlauf einer Type bei verschiedenen Meßspannungen an. Der Verlauf derartiger Kennlinien ist natürlich auch von den Abmessungen des Bauelementes abhängig.

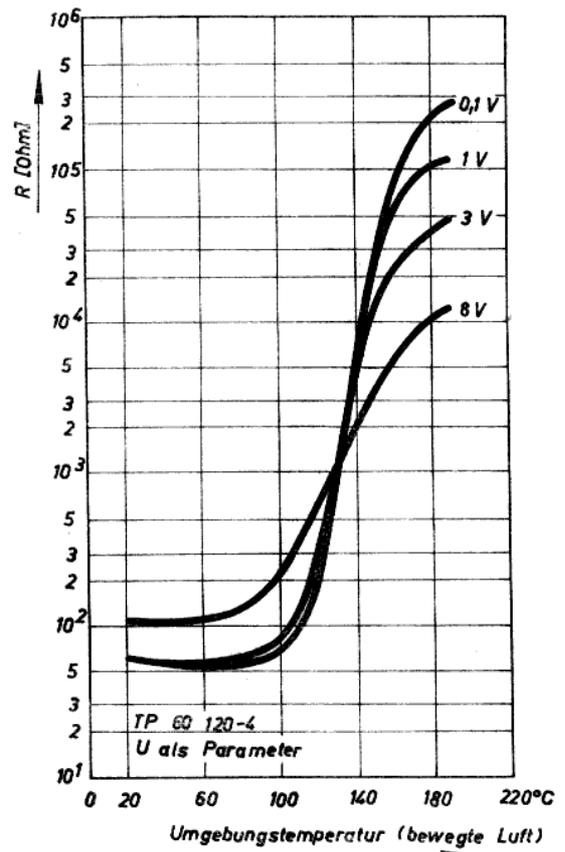


Abb. 15 Beispiel für den Widerstands-Temperaturverlauf von TP-Widerständen bei verschiedenen Meßspannungen

4.2 Strom-Spannungs-Kennlinie

Die Strom-Spannungs-Kennlinie der TP-Typen verläuft invers zur Strom-Spannungs-Kennlinie der TN-Widerstände. Sie ist von Wichtigkeit für den Fall, wenn der TP-Widerstand durch den durchfließenden Strom aufgewärmt wird.

Abb. 16 zeigt die I-U-Kurve eines TP-Widerstandes mit 7 mm Durchmesser. Im speziellen Teil sind die I-U-Kennlinien in logarithmischem Maßstab angegeben.

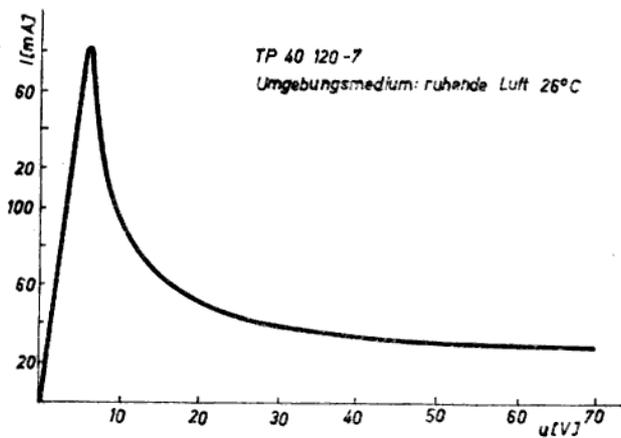


Abb. 16 Strom-Spannungs-Kennlinie eines TP-Widerstandes für eine Umgebungstemperatur von 25°C

Aus der Strom-Spannungs-Kennlinie kann entnommen werden, auf welchen optimalen Wert der Widerstand bei thermischer Belastung für die anliegende Spannung absinkt. Auf Grund der Spannungsabhängigkeit des Werkstoffes läßt sich der Anstiegsfaktor $f_A > 10^3$ unter der Bedingung der Eigenwärmerung nicht realisieren. Wird der TP-Widerstand über das Widerstandsmaximum hinaus belastet, so steigt der durchfließende Strom sehr rasch an. Daher ist es notwendig, die festgelegte maximale Betriebsspannung U_{max} zu beachten, andernfalls kann der Widerstand rasch zerstört werden. Der Verlauf der U-I-Kennlinie ist von den Wärmeableitungsbedingungen der Umgebung abhängig. Unter besseren Wärmeableitungsbedingungen (tiefere Temperatur des umgebenden Mediums, Verwendung einer Flüssigkeit statt Luft als umgebendes Medium) verlaufen nach entsprechender Eigenwärmerung die I-U-Kennlinien tiefer bei jeweils gleichen Spannungen als bei ungünstigeren Wärmeableitbedingungen.

4.3 Toleranzen

Bei der Fertigung der TP-Widerstände treten Toleranzen auf, die bei der Anwendung einkalkuliert werden müssen. Der Widerstand R_{20} wird normalerweise mit einer Toleranz von $\pm 50\%$ geliefert. Da die TP-Widerstände vornehmlich unter Ausnutzung der steilen Kennlinie für Schaltaufgaben eingesetzt werden, ist diese Toleranz technisch vertretbar.

Im Bereich des steilen Anstiegs der Widerstands-Temperatur-Kennlinie sind nur sehr geringe fertigungstechnisch bedingte Streuungen vorhanden, so daß ohne Auswahl der Widerstände Schaltgenauigkeiten von ± 4 bis ± 5 °C erreichbar sind.

Der gleiche Umstand führt dazu, daß die I-U-Kennlinie auch bei der großen Toleranz des R_{20} nach Überschreiten des Maximums nur wenig voneinander abweichen.

4.4 Einsatz von TP-Widerständen

Die TP-Widerstände können eingesetzt werden als Bauelement mit einer vernachlässigbar kleinen Eigenwärmerung sowie als eigenerwärmtes Bauelement.

Für den Fall einer vernachlässigbaren oder nur geringen Eigenwärmerung können TP-Widerstände auf Grund der Kennlinie im Gegensatz zu den TN-Widerständen direkt eine Schaltfunktion übernehmen. Sie eignen sich in dieser Anwendungsform in sehr guter Weise als thermische Grenzwertschalter. Die Anwendung für vielfältige Aufgaben des Temperatur- und Überlastungsschutzes sowie der Temperaturregeltechnik stellt das hauptsächlichste Einsatzgebiet dar. Die unterschiedlichen Strom-Spannungs-Kurven bei verschiedenen Umgebungstemperaturen erlauben, TP-Widerstände auch auf diese Weise für robuste Bedingungen zur Temperaturkontrolle einzusetzen.

Außer für diesen Fall können TP-Widerstände als eigenerwärmte Bauelemente vor allem zur Flüssigkeitstandsanzeige, als Schalter mit zeitlicher Verzögerung und als Strom-Konstant-Halter eingesetzt werden. Der Einsatz für die Flüssigkeitsniveau-Kontrolle oder -regelung beruht darauf, daß auf Grund veränderter Wärmeableitbedingungen beim Eintauchen eine wesentliche Änderung des durchfließenden Stromes eintritt.

5. Varistoren SV-Typen

5.1 Die Spannungsabhängigkeit des elektrischen Widerstandes

Die SV-Typen sind spannungsabhängige Widerstände (Varistoren), die eine starke Spannungsabhängigkeit ihres elektrischen Widerstandes aufweisen. Für sie gilt in einem großen Strombereich die Beziehung

$$R = \frac{C}{I \cdot (1 - \beta)}, \quad (18)$$

wobei C und β konstante Größen des Widerstandes sind. C ist zahlenmäßig gleich dem Spannungswert, der am Widerstand läge, wenn durch ihn ein Strom von $I = 1 \text{ A}$ fließen würde. β ist ein Nichtlinearitätskoeffizient, der die Größe der Spannungsabhängigkeit angibt. $\beta = 1$ entspricht einem Ohmschen Widerstand. In der Abb. 17 sind die Kennlinien der Typen SV 180/10-13 und SV 100/10-13 aufgetragen, wobei der erste Widerstand ein $\beta = 0,19$ und der zweite ein β von $0,22$ aufweist. Ein Teil der Kurven ist gestrichelt gezeichnet. In diesem Bereich gilt die Formel (18) nicht mehr streng, sondern es muß mit gewissen Abweichungen gerechnet werden (siehe dazu den Abschnitt 5.2).

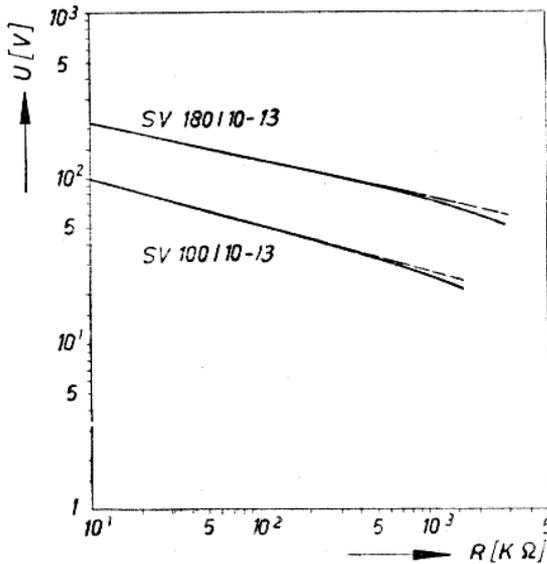


Abb. 17 Spannungabhängigkeit des elektrischen Widerstandes der SV-Typen SV 180/10-13 mit $\beta = 0,19$ und SV 100/10-13 mit $\beta = 0,22$

5.2 Strom-Spannungs-Kennlinie

Zwischen Strom und Spannung besteht nach (18) die Beziehung

$$U = C \cdot I^\beta \quad (19)$$

Den Nichtlinearitätskoeffizienten β kann man somit für einen spannungsabhängigen Widerstand aus der Gleichung

$$\beta = \frac{\frac{\lg U_1 - \lg U_2}{V} - \frac{\lg U_1 - \lg U_2}{V}}{\frac{\lg I_1 - \lg I_2}{A} - \frac{\lg I_1 - \lg I_2}{A}} \quad (20)$$

bestimmen. β ist somit gleich dem Anstieg der Strom-Spannungs-Kennlinie in einem doppelt logarithmischen Maßstab. Wie bereits in Abschnitt 5.1 erwähnt wurde, gelten die Beziehungen (19) und (20) nur in einem mittleren, allerdings relativ großen Strombereich. Während nach großen Stromwerten hin die Abweichung von diesen Formeln in der Praxis unbeachtet bleiben kann, weil die Widerstände ohnehin eine geringe Belastbarkeit aufweisen, ist sie für kleine Stromwerte in gewissen Fällen von Bedeutung.

Diese Grenzströme sind bei den einzelnen Typen verschieden und hängen im wesentlichen von ihren geometrischen Abmessungen ab; bei Scheiben von 13 mm Dmr. kann 1 mA als

Richtwert angesehen werden. Bei kleineren Stromdichten gilt dann die angenäherte Beziehung

$$U = C_1 \cdot I^\beta + C_2 \cdot I. \quad (21)$$

Da in diesem Strombereich das lineare Glied überwiegt, entspricht dies in der Formel (19) einem bei kleinen Stromwerten ansteigenden β .

In der Abb. 18 ist die Strom-Spannungs-Kennlinie der SV-Typen 180/10-13 und 100/10-13 in linearem Maßstab und in der Abb. 19 in doppelt logarithmischem Maßstab aufgetragen.

Während früher bei den spannungsabhängigen Widerständen der KWH-Produktion β , C und der Durchmesser in der Typenbezeichnung angegeben wurden, wurde ab 1962 eine Umstellung des gesamten Programmes auf Spannungs- und Stromwerte vorgenommen, wobei die Bauform als Zahl angefügt wird. Gleichzeitig wurden die Werte der internationalen Reihe E 12 angeglichen.

Der Grund für diese Umstellung ist in der Tatsache zu sehen, daß bei den Verbrauchern in fast allen Fällen von Strom- und Spannungswerten ausgegangen wird, während C nur eine Hilfsgröße zur Bestimmung dieser Werte ist. Aus der

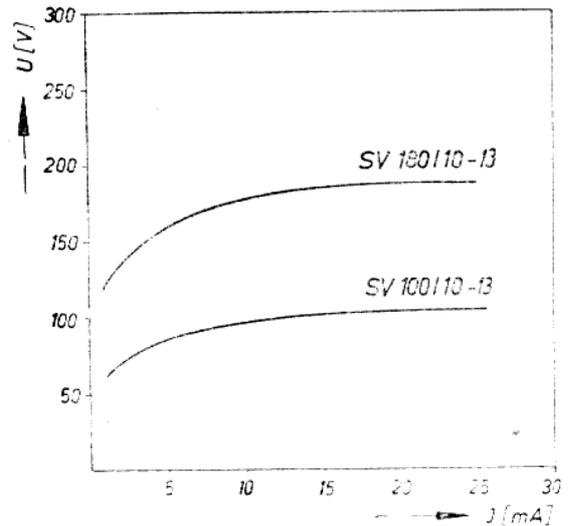


Abb. 18 Strom-Spannungs-Kennlinie der Typen SV 180/10-13 und SV 100/10-13 in linearem Maßstab

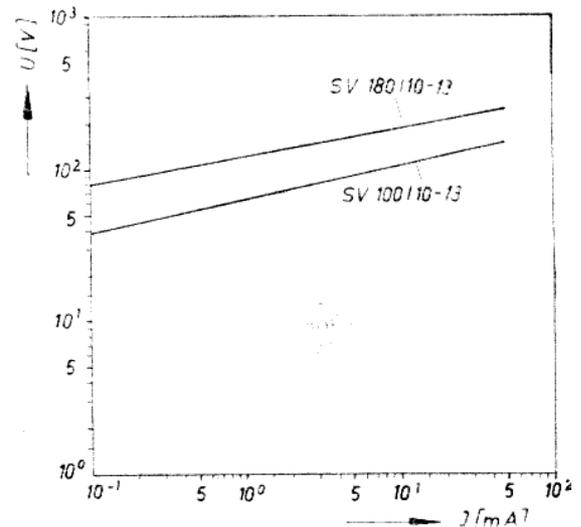


Abb. 19 Strom-Spannungs-Kennlinie der Typen SV 180/10-13 und SV 100/10-13 in doppelt logarithmischem Maßstab

Gleichung (19) kann entnommen werden, daß eine C -Toleranz von $\pm 20\%$ eine wesentlich größere Toleranz von U in bestimmten Strombereichen bedingen kann. Somit ist es zweckmäßig, wenn vom Hersteller die Toleranzgarantien bereits für den Bereich angegeben werden, in dem später der Widerstand arbeiten soll.

Nomogramm

Bestimmung des Form- und Regelfaktors bei SV-Widerständen (Varistoren)

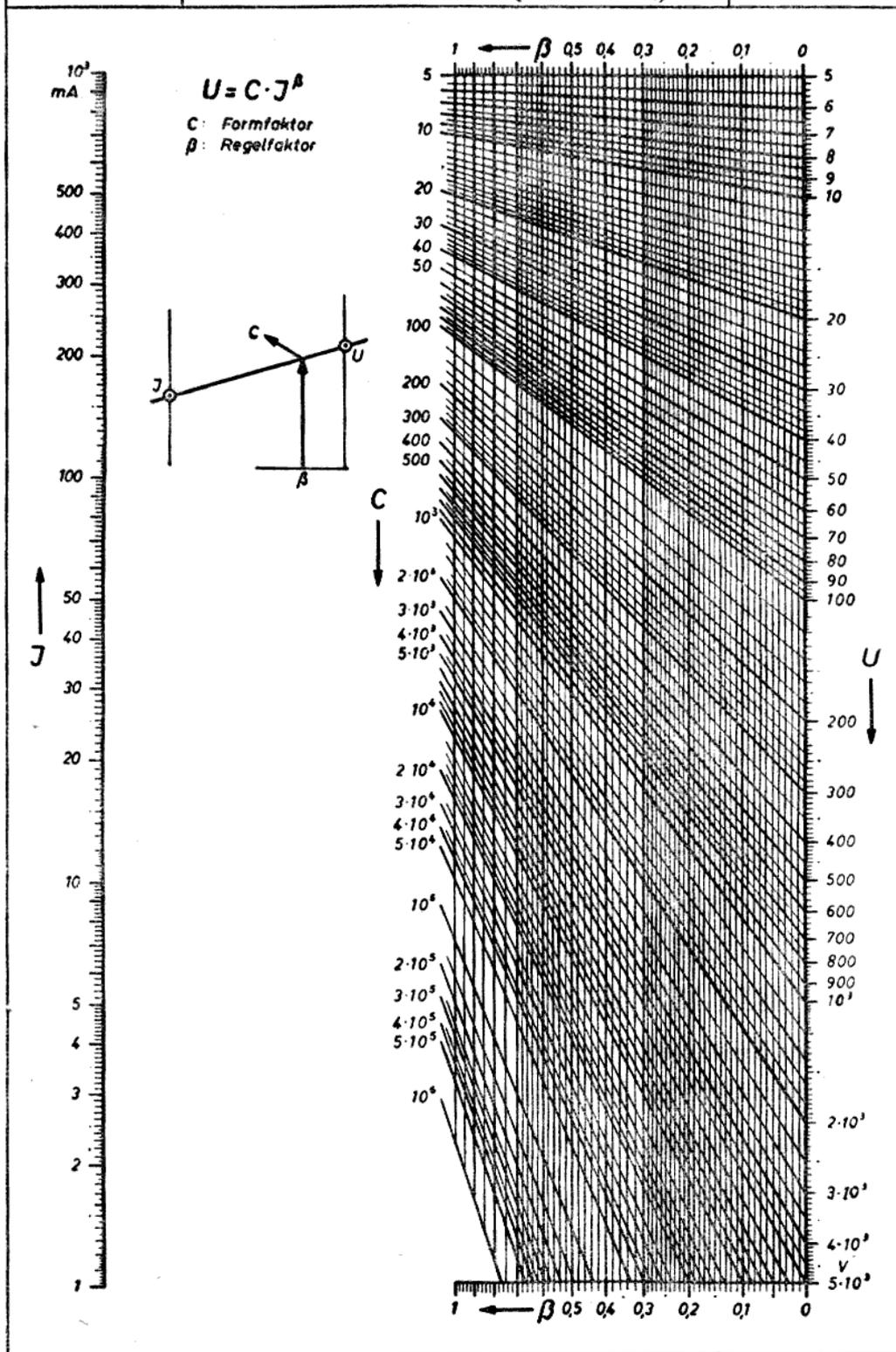


Abb. 20 Nomogramm zur Bestimmung der C-Werte von spannungsabhängigen Widerständen

Zur raschen Bestimmung des C-Wertes bei einer bestimmten Type, für die U, I und β bekannt sind (aus der Typenangabe oder durch Messungen), läßt sich das Nomogramm der Abbildung 20 verwenden. Dabei werden in der angegebenen Weise die zugehörigen Strom- und Spannungswerte eines Widerstandes durch eine Gerade verbunden. Man sucht dann auf der unteren Abszisse den entsprechenden β -Wert auf und findet auf der C-Ordinate den gesuchten C-Wert. Umgekehrt kann man bei gegebenen C- und β -Werten für verschiedene Ströme die zugehörigen Spannungen ablesen. Es muß darauf hingewiesen werden, daß dieses Nomogramm auf der Grundlage der Gleichung (19) konstruiert wurde, so daß die dafür gegebenen Hinweise zu beachten sind.

Zur Zeit werden folgende β -Gruppen geliefert:

$$\beta = 0,18 \pm 0,03$$

$$\beta = 0,19 \pm 0,03$$

$$\beta = 0,20 \pm 0,03$$

$$\beta = 0,22 \pm 0,03$$

$$\beta = 0,25 \pm 0,03$$

$$\beta = 0,30 \pm 0,03.$$

β hängt im wesentlichen vom Werkstoff ab. Bei gleichen geometrischen Abmessungen ist ein kleineres β zwangsläufig mit einem höheren C verbunden. Umgekehrt ist man gezwungen, zur Erzielung kleinerer C-Werte den β -Wert zu vergrößern.

Die Größe der Konstante C wird bei einem gegebenen Werkstoff durch die geometrischen Abmessungen der Scheibe bestimmt. Eine Verdoppelung der Scheibenhöhe der SV-Widerstände ergibt eine Verdoppelung des C-Wertes, während eine Verdoppelung der Scheibenfläche (bzw. der Belagfläche) nicht zu einer Halbierung des C-Wertes führt, wie dies bei Ohmschen Widerständen der Fall wäre, sondern nur zu einer Herabsetzung des C-Wertes um den Wert x^β , wenn die Belagfläche um den Faktor x vergrößert wurde. Dies gilt allerdings unter der Voraussetzung, daß durch die Anordnung der Beläge keine Verlängerung der Strombahnen erzielt wurde. Wenn somit SV-Widerstände in Form von Scheiben mit verschiedenem Durchmesser hergestellt werden, so hat dies seinen Grund ausschließlich in der höheren Belastbarkeit größerer Scheiben.

5.3 Belastbarkeit

Nach der Gleichung (19) berechnet sich die Verlustleistung in einem SV-Widerstand zu

$$N = U \cdot I = C \cdot I^\beta + 1. \quad (22)$$

Die höchstzulässige elektrische Verlustleistung wird durch die maximale thermische Belastbarkeit der Widerstände bestimmt, wobei als maximale Betriebstemperatur bei scheibenförmigen SV-Widerständen auf Grund des verwendeten Lotes 120 °C anzusehen sind. Der Werkstoff selbst kann nach ausreichender vorheriger Alterung bei Temperaturen bis zu 300 °C betrieben werden. Auf Grund des Lotes und der Scheibengröße ergeben sich die in den Tabellen angeführten Gruppen mit 0,5 W, 0,8 W, 2,0 W und 3,5 W Leistung. Sollen in Ausnahmefällen höhere Temperaturen zur Anwendung kommen, so ist auch der Temperaturkoeffizient der elektrischen Eigenschaften zu berücksichtigen, der in 5.4 erläutert ist.

Die vorstehenden Ausführungen gelten auch dann, wenn die elektrische Belastung durch Impulse erfolgt. Die entwickelte Wärmemenge läßt sich dann angenähert nach der Formel

$$W = U \cdot I \cdot \tau \cdot n \cdot 10^{-6} \text{ (Ws)} \quad (23)$$

berechnen, wenn die Impulse durch ihre Spannung U (V), ihren Strom I (A), durch die Impulsdauer τ (μ s) und die Impulszahl n gekennzeichnet werden. Als Richtwert für unsere Widerstände kann man für eine Erwärmung von 20° auf 120 °C (maximale Belastung) mit einer spezifischen Impulsverlustleistung von 60 Ws/g rechnen.

5.4 Temperaturabhängigkeit der elektrischen Eigenschaften

In der Abb. 21 ist die Strom-Spannungs-Kennlinie der Widerstandstypen SV 1300/10-9 in doppelt logarithmischem Maßstab für verschiedene Temperaturen aufgetragen. Wie man aus dem Anstieg der Kurven in Verbindung mit der Gleichung (20) entnehmen kann, ist in diesem Temperaturbereich der β -Wert nur sehr wenig temperaturabhängig.

Nicht ohne Beachtung kann dagegen die Temperaturabhängigkeit des C-Wertes bleiben, die zu einer merklichen Verschiebung der Strom-Spannungs-Kennlinie führt. Abb. 22 und 23 sind die Strom-Spannungs-Kennlinien für die Typen SV 56/10-13 und SV 1300/10-9 in linearem Maßstab für mehrere Temperaturen. Es ist ersichtlich, daß der Temperaturkoeffizient negativ ist, daß der Widerstand also „niederohmiger“ wird.

Angenähert kann man die Temperaturabhängigkeit des C für eine Temperatur innerhalb des zulässigen Betriebstemperaturbereiches durch die Gleichung

$$C_\vartheta = C (1 + \alpha \vartheta) \quad (24)$$

ausdrücken. C ist dabei der aus dem Diagramm ermittelte C-Wert, gemessen bei 20 °C; C_ϑ ist der C-Wert bei der Über-temperatur ϑ ; α ist der Temperaturkoeffizient des C, der bei den einzelnen Typen etwas unterschiedlich ist und um den Wert -0,0015 schwankt. Setzt man (24) in (19) ein, so ergibt sich: Bei konstantem Strom liegt der Temperaturkoeffizient der Spannung bei -0,15 %/°C. Bei konstanter Spannung ist der Temperaturkoeffizient des Stromes $-\frac{\alpha}{\beta}$, d. h., er liegt für $\beta = 0,2$ etwa bei -0,7 %/°C.

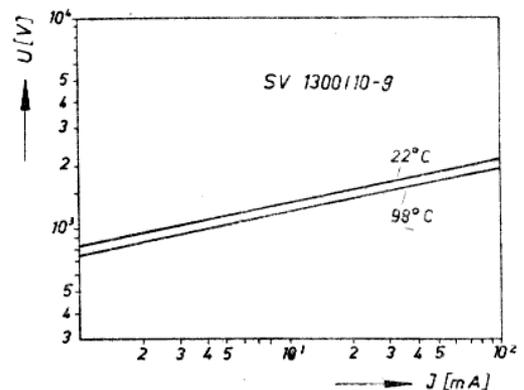


Abb. 21 U-I-Kennlinien der Type SV 1300/10-9 bei verschiedenen Temperaturen in doppelt-logarithmischem Maßstab.

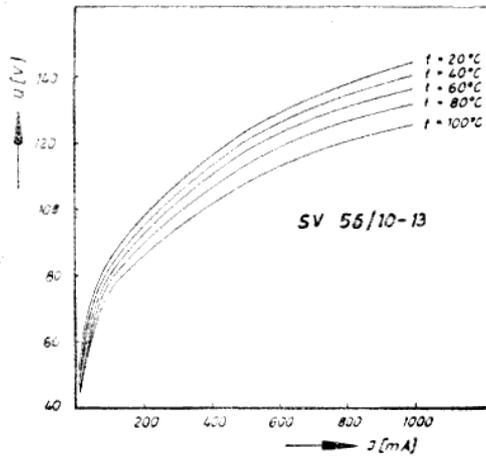


Abb. 22 Temperaturabhängigkeit der Strom-Spannungs-Kennlinie der Type SV 56/10-13. Die Messung bei 1 A erfolgte nur sehr kurzzeitig.

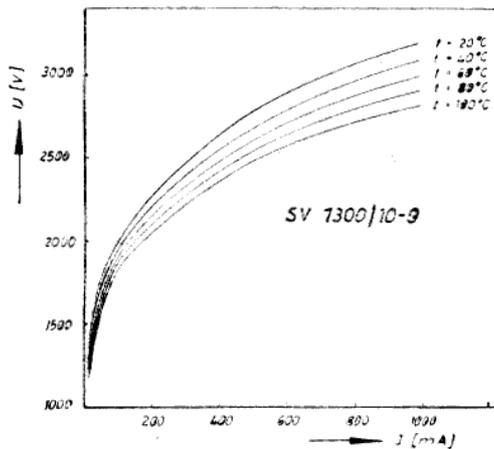


Abb. 23 Temperaturabhängigkeit der Strom-Spannungs-Kennlinie der Type SV 1300/10-9. Die Messung bei 1 A erfolgte nur sehr kurzzeitig.

5.5 Toleranzen

Die angegebenen Spannungen werden mit Toleranzen von $\pm 10\%$ geliefert, lediglich die sehr niederohmigen Typen sind vorerst nur mit einer Toleranz von $\pm 20\%$ erhältlich. Als engste Toleranz ist für alle Varistoren $\pm 5\%$ anzusehen, jedoch ist dann eine vorherige Absprache mit dem Hersteller erforderlich, wenn es sich um größere Stückzahlen handelt.

Die β -Toleranz beträgt einheitlich für alle Werkstoffe $\pm 0,03$.

5.6 Alterung

Der Werkstoff der SV-Widerstände besteht aus einem Netzwerk kleiner SiC-Teilchen, die in komplizierter Weise durch Parallel- und Serienschaltungen vermascht sind. Bestimmend für seine Eigenschaften sind die Art und die Zahl der Berührungstellen der einzelnen Teilchen, d. h. die Charakteristiken der Kontaktwiderstände, während die Volumeneigenschaften der SiC-Teilchen von untergeordneter Bedeutung sind. Bei starker thermischer Belastung tritt eine Alterung dieser Kontaktstellen auf, die sich in einer Verschiebung der Strom-Spannungs-Kennlinie nach höheren Spannungen hin bemerkbar macht. Durch Impulse mit hohem Energiegehalt werden

dagegen die Kontaktwiderstände, in denen die höchste Feldstärkekonzentration vorhanden ist, durchgeschlagen, so daß eine Verschiebung der Strom-Spannungs-Kennlinie nach niedrigeren Spannungen auftritt.

Die SV-Widerstände weisen nach 1000 Betriebsstunden bei den maximal zulässigen Betriebsbedingungen (Gleichspannung) eine Alterung bis zu 5% ihres Spannungswertes auf. Dieser Wert kann durch eine künstliche thermische und elektrische Voralterung bis auf $< 1\%$ herabgesetzt werden.

Wenn sich die SV-Widerstände im Betrieb nur wenig erwärmen (≈ 10 grad), so liegt ihre Alterung ohne künstliche Voralterung nach 1000 Betriebsstunden unter 2% , nach der Alterung unter $0,5\%$. Als maximal erreichbare Stabilität sind $0,2\%$ nach 1000 Betriebsstunden bei Gleichspannung anzusehen.

Voraussetzung ist dann ebenfalls, daß im Betrieb nur eine geringfügige Erwärmung auftritt. Bei längerer Betriebsdauer (über 1000 Stunden) wird die Alterung so klein, daß sie innerhalb der Fehlergrenzen der Messung liegt. Die größte Alterung tritt stets in den ersten Betriebsstunden auf.

5.7 Kennlinien

4.71 Serienschaltung von SV-Widerständen

Werden zwei SV-Widerstände in Serie geschaltet, so gilt nach (19) für die an ihnen liegende Spannung

$$U = U_1 + U_2 = C_1 \cdot I^{\beta_1} + C_2 \cdot I^{\beta_2} \quad (25)$$

Bei n Widerständen folgt somit für die an der Kombination liegende Spannung

$$U_s = \sum_{i=1}^n C_i I^{\beta_i} \quad (26)$$

und für n gleiche Widerstände

$$U = n \cdot C \cdot I^{\beta} \quad (27)$$

d. h.

$$C_{res} = n \cdot C \quad (28)$$

Diese Beziehungen gelten auch, wenn nicht mehrere Widerstände in Serie geschaltet werden, sondern wenn die Höhe eines Widerstandes variiert wird. Dadurch ist man also in der Lage, die Toleranz des C-Wertes (bzw. der Nennspannung) durch Schleifen zu verringern. Liegt der SV-Widerstand mit einem Ohmschen Widerstand in Serie, so gilt für die Spannung an der Kombination

$$U = C \cdot I^{\beta} + R \cdot I \quad (29)$$

4.72 Parallelschaltung von SV-Widerständen

Werden zwei SV-Widerstände parallelgeschaltet, so gilt nach (19) für den durch die Kombination fließenden Strom

$$I_p = I_1 + I_2 = \left(\frac{U}{C_1}\right)^{1/\beta_1} + \left(\frac{U}{C_2}\right)^{1/\beta_2} \quad (30)$$

Bei n parallel liegenden Widerständen folgt somit für den durch die Kombination fließenden Strom

$$I_p = \sum_{i=1}^n \left(\frac{U}{C_i}\right)^{1/\beta_i} \quad (31)$$

und für n gleiche Widerstände

$$I_p = n \cdot \left(\frac{U}{C} \right)^{1/\beta}, \quad (32)$$

$$\text{d. h. } C_{\text{res}} = \frac{C}{n^\beta}. \quad (33)$$

Diese Beziehungen gelten auch, wenn nicht mehrere Widerstände parallel liegen, sondern wenn die vom Strom durchflossene Fläche eines Widerstandes variiert wird. Eine Halbierung des resultierenden C -Wertes läßt sich also bei einem $\beta = 0,2$ erst dann erreichen, wenn die vom Strom durchflossene Fläche um den Faktor 32 vergrößert wird. Eine Einengung der Toleranzen durch Variation der Belaggröße hat somit wenig Sinn. Bei der Parallelschaltung von SV-Widerständen ist darauf zu achten, daß eine Überlastung des Stromzweiges vermieden wird.

Liegt zu einem SV-Widerstand ein Ohmscher Widerstand parallel, so gilt für den durch die Kombination fließenden Strom

$$I_p = \left(\frac{U}{C} \right)^{1/\beta} + \frac{U}{R}. \quad (34)$$

Der Exponent $1/\beta$ wird in der Literatur oft mit α oder n bezeichnet.

5.8 Wechselspannungsverhalten

Der Werkstoff der SV-Widerstände weist eine gewisse Dielektrizitätskonstante auf. Insbesondere die scheibenförmigen Typen wirken dadurch als verlustbehaftete Kapazität, die bei Wechselspannung eine Phasenverschiebung verursacht und im Strom-Spannungs-Oszillogramm zum Auftreten einer „Hysterese“ führt.

Infolge der Eigenkapazität werden bei Betrieb mit Wechselspannung andere Kennlinien als mit Gleichspannung gemessen. Die Abweichungen sind daher nicht nur durch den Werkstoff, sondern auch durch die Bauform bedingt. Der Frequenzeinfluß macht sich besonders bei kleineren Spannungen bemerkbar, bei höheren Spannungen ist er wesentlich geringer.

Die Einsatzfähigkeit von SV-Widerständen bei höheren Frequenzen hängt von diesen Faktoren ab. Die Anwendungsgrenze liegt im allgemeinen bei etwa 5 kHz; bis 200 Hz ist der Frequenzeinfluß vernachlässigbar klein.

Formelmäßig kann man dies durch die Beziehung

$$U_{\text{eff}} = C \left(\frac{I_{\text{eff}}}{B} \right)^\beta \quad (35)$$

ausdrücken, die bei Wechselspannung an die Stelle der Gleichung (19) tritt. B ist positiv und hängt im wesentlichen von der Frequenz und der Wellenform ab. Eine genaue Angabe ist nicht möglich und muß für spezielle Anwendungsfälle bestimmt werden.

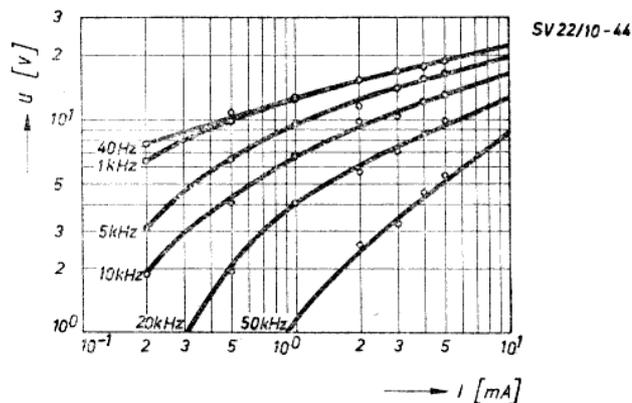


Abb. 24 Frequenzabhängigkeit der Strom-Spannungs-Kennlinie von Varistoren mit 44 mm \varnothing

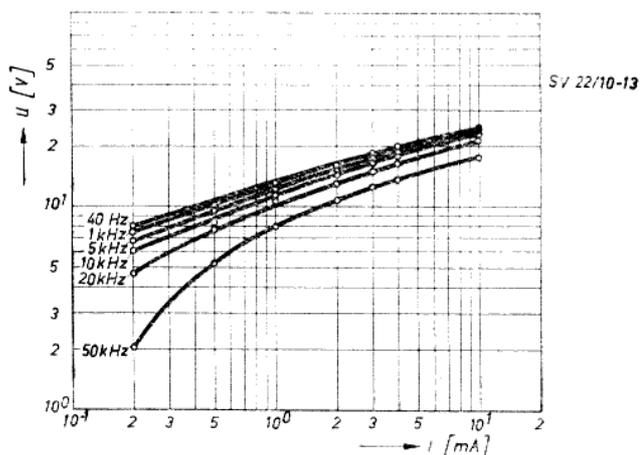


Abb. 25 Frequenzabhängigkeit der Strom-Spannungs-Kennlinie von Varistoren mit 13 mm \varnothing

6. Hochleistungswiderstände

6.1 Verwendungszweck

Die spannungsabhängigen Hochleistungswiderstände umfassen die folgenden Typen: SS, SR, SB, SW und SBS. Sie werden überall dort angewendet, wo es gilt, induktionsfreie und kapazitätsarme Widerstände mit nichtlinearer Strom-Spannungs-Charakteristik einzusetzen. Neben der Anwendung zur Potentialsteuerung eignen sich die Widerstände für den Schutz wertvoller Bauelemente der Elektrotechnik gegen nicht-vermeidbare betriebsbedingte Spannungserhöhungen, die die normale Betriebsspannung erheblich übersteigt und somit eine Gefahr für die Geräte darstellen. Auf Grund ihrer Spannungsabhängigkeit sind die Widerstände in der Lage, auftretende Spannungsspitzen entsprechend der Größe ihrer Nichtlinearitätskoeffizienten zu dämpfen und auf ungefährliche Werte zu begrenzen.

6.2 Allgemeine Charakteristik

6.21 Elektrische Eigenschaften

Für die Spannungsabhängigkeit des elektrischen Widerstandes und für die Belastbarkeit gelten angenähert die gleichen Beziehungen wie bei den SV-Typen.

Die Messung der elektrischen Werte der Widerstände erfolgt bei sinusförmiger Spannung mit einer Frequenz von 50 Hz. Bei einer Frequenz von < 200 Hz kann der Frequenzeinfluß vernachlässigt werden, und die Formel (19) hat angenähert Gültigkeit.

Die gemessenen Größen – Strom $\langle mA \rangle$ und Spannung $\langle V \rangle$ – werden als Effektivwerte angegeben.

Um eine Änderung der elektrischen Werte der Widerstände während des Betriebes weitestgehend zu vermeiden, werden die Widerstände künstlich entweder durch eine Wechselstrombelastung oder durch Stoßstrombelastungen gealtert, so daß gewährleistet ist, daß die Änderung der elektrischen Werte unter zulässigen Betriebsbedingungen innerhalb der Toleranzgrenzen liegt.

6.22 Klimatische Einflüsse

Die Hochleistungswiderstände genügen den Anforderungen der Klimaschutzarten TA III/F III nach TGL 9200. Danach können die Widerstände in Innenräumen im Temperaturbereich von -10 °C bis $+40$ °C eingesetzt werden. Die relative Luftfeuchtigkeit darf bei 20 °C 80% nicht überschreiten und bei 40 °C 10% nicht unterschreiten. Werden die Widerstände unter anderen Bedingungen verwendet, insbesondere bei höherer Luftfeuchtigkeit als nach der Schutzart zulässig ist, so empfiehlt es sich, die Widerstände durch einen Lacküberzug oder durch andere Vorkehrungen gegen Feuchtigkeit zu schützen.

6.3 Die SR-, SB- und SS-Typen

Bei den SR-Typen werden die Stirnflächen der Ringe metallisiert. Die SB-Typen sind spannungsabhängige Bauelementwiderstände, die durch entsprechende Zusammenstellung der SR-Typen komplettiert werden. Mittels Calitachse und entsprechend ausgebildeten Armaturen werden die Ringwiderstände der SR-Typen zusammengeschaltet.

Die SW-Typen sind spannungsabhängige Widerstände in Scheibenform mit metallisierten Stirnflächen.

Die SW-Typen zeichnen sich durch eine hohe Stoßstromfestigkeit aus. Sie halten ohne weiteres Stoßströme der Wellenform $8/20 \mu m$ bis zu einem Scheitelwert von 2 kA und darüber aus ohne über- oder durchzuschlagen.

SS-Typen sind spannungsabhängige Widerstände in Stabform mit metallisierten Stirnflächen.

7. Festwiderstände (F-Typen)

Für spezielle Anwendungen in der Elektronik werden Festwiderstände verlangt, die neben einer hohen thermischen Belastbarkeit eine große Impulsfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit aufweisen.

Für diese Fälle wurden robuste, zuverlässige Massewiderstände entwickelt, die überall dort eingesetzt werden können, wo extreme Belastungen auftreten und an die Widerstandswerte keine zu engen Toleranzforderungen gestellt werden. Diese Widerstände der F-Reihe zeichnen sich durch ihre außerordentliche Zuverlässigkeit aus, die von keiner anderen Festwiderstandstypen erreicht wird.

Zur Zeit werden Widerstände für Sicherungselemente, Zündwiderstände für Quecksilberhochdrucklampen und Entstörwiderstände für Kraftfahrzeugstörung hergestellt, die nach ihrem vorrangigen Einsatzgebiet als FD-, FZ- und FE-Typen bezeichnet werden.

7.1 Die FD-Typen

Die FD-Typen sind vor allem als Dämpfungswiderstände für Sicherungselemente bestimmt. Entsprechend den z. Z. bestehenden Bedarfsfällen werden sie als niederohmige Typen mit Widerstandswerten bis 7 Ohm hergestellt. Die Werkstoffe, aus denen diese Widerstände gefertigt werden, sind bis zu 250 °C stabil; das gleiche trifft auch auf die eingebrannte Silberschicht zu. Wenn keine besonderen Absprachen getroffen werden, wird diese Silberschicht mit einem 150° -Lot verzinnt. Wenn die Widerstände in Abschmelzsicherungen verwendet werden und der Schmelzpunkt des Lotes bestimmend für den Abschaltzeitpunkt der Sicherung ist, können auch andere Schmelzpunkte geliefert werden.

Sicherungspatronen, die mit diesen Widerständen ausgerüstet sind, sind „träge“. Wegen der enormen Überlastbarkeit der Massewiderstände sind Werteänderungen durch dauernde Belastung nahe dem Schmelzpunkt des Lotes oder durch kurzzeitige Überbelastungen, die noch nicht zum Abschmelzen führen und bei Schichtwiderständen bereits das Ausbrennen von Inseln auf der Widerstandsschicht zur Folge haben, unmöglich.

Beim Einsatz dieser Widerstände in der Elektronik ist es von Vorteil, daß sie nahezu induktionsfrei sind, da sie keine Wendelung besitzen. Zu beachten ist jedoch ihre relativ große Kapazität, die durch die hohe Dielektrizitätskonstante verursacht wird, die in der gleichen Größenordnung liegt wie bei Thermistoren.

Der Temperaturkoeffizient wurde zwischen 20 und 100 °C bestimmt. Da es sich um Halbleiter handelt, ändert sich der Widerstand strenggenommen logarithmisch mit der Temperatur, jedoch sind die Abweichungen gegenüber dem linearen Verlauf geringfügig. Ein weiterer Vorteil dieser keramischen Massewiderstände ist neben der Überlastbarkeit ihre Unempfindlichkeit gegenüber Feuchtigkeit und aggressiven Gasen im Betriebstemperaturbereich.

7.2 Die FZ-Typen

Die FZ-Widerstände sind speziell als Zündwiderstände für Quecksilber-Hochdrucklampen entwickelt worden, in denen sie über eine Zündelektrode die Glimmentladung zur Vorionisation der Hauptentladungsstrecke bewirken. An diese Widerstände werden besonders große Anforderungen bezüglich ihrer thermischen Belastbarkeit gestellt. Da bis zur Zündung der Hauptstrecke, die bei niedrigen Außentemperaturen erst nach einigen Sekunden erfolgen kann, die Netzspannung an der Serienschaltung von Widerstand und Drossel liegt, erfolgt eine starke Überhitzung, die bis zu 400° betragen kann.

Nach der Zündung sinkt die elektrische Belastung, jedoch bleibt die thermische Belastung durch die Wärmestrahlung hoch.

Zur Erfüllung dieser Forderungen wird ein Werkstoff eingesetzt, der neben einer sehr geringen Temperaturabhängigkeit des Widerstandswertes eine ausgezeichnete Widerstandsstabilität bei solchen Belastungen aufweist. Als Belagmaterial wird eine spezielle Molybdänlegierung verwendet, auf die die Anschlußdrähte mit Kupfer hart aufgelötet werden. Die Drähte bestehen aus einer Eisenlegierung.

Die Dielektrizitätskonstante ($\epsilon < 10$) ist nur wenig frequenz- und temperaturabhängig, und Widerstände aus diesem Werkstoff können in der gesamten Elektronik als induktions- und kapazitätsarme, impulsfeste Massewiderstände eingesetzt werden.

Der TK kann im gesamten Temperaturbereich als gleichbleibend angesehen werden; bei genauer Messung stellt man eine geringe Abnahme seines absoluten Wertes bei höheren Temperaturen fest.

Zündwiderstände werden grundsätzlich nur vorgealtert ausgeliefert, so daß im Betrieb keine Ausfälle möglich sind.

7.3 Die FE-Typen

Die FE-Widerstände sind als Entstörwiderstände für die Entstörung von Otto-Motoren bestimmt. Der verwendete Werkstoff ist bis 400 °C beständig und impulsfest, so daß auch bei hochtourigen Motoren keine elektrische oder thermische Zerstörung der Widerstände möglich ist. Zur Beseitigung der Schwierigkeiten, die bei bekappten Widerständen an den Kapfen auftreten, wurden Molybdänkontakte eingesintert, die in hohem Maße korrosionsbeständig sind und auch bei schlechter Kontaktgabe der Feder durch Funkenbildung nicht angegriffen werden.

Dieser Werkstoff weist ebenso wie der Werkstoff für FZ-Typen nur eine geringe Temperaturabhängigkeit des Widerstandes und eine kleine Dielektrizitätskonstante von $\epsilon < 10$ aus, so daß die Kapazität gering ist. ϵ ist nur wenig temperatur- und frequenzabhängig, so daß eine einwandfreie Entstörung auch bei hohen Frequenzen und Betriebstemperaturen garantiert ist.

Im Zusammenbau mit einem vorschriftsmäßig geschirmten Kerzenstecker oder beim Einsatz in den Kerzenkörper garantieren sie eine einwandfreie Entstörung gemäß den Bestimmungen der Deutschen Post.

Es ist besonders hervorzuheben, daß diese Widerstände unter normalen Betriebsbedingungen eine unbegrenzte Haltbarkeit aufweisen.

**Thermistoren
TNA-Typenreihe**

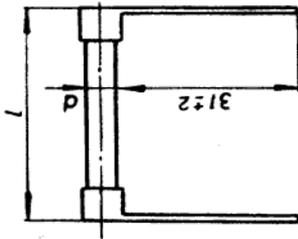


Abb. 1

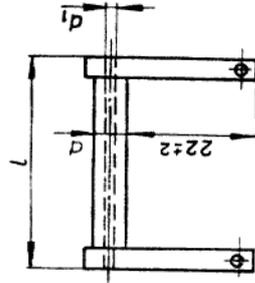


Abb. 2

| Abb. TNA- Type | Nenn- Spg. [V] | Toleranz der Nenn- spannung [± %] | Nenn- Strom [mA] | Kalt- widerstand R ₂₀ bei 20°C [kΩ] | Energie kon- stante E _b [mK] | Toleranz der Energie- kon- stante E _b [± %] | max. Belast- barkeit [W] | Grenz- leistung ohne Eigen- erwär- mung [mW] | Er- holungs- zeit, be- zogen auf 250°C [s] | Dissi- pations- kon- stante [mW/°C] | Be- triebs- tem- peratur [°C] | R _{heiß} [Ω] | TK _{R₂₅} [%/°C] | Abmessungen l [mm] d [mm] d _i [mm] | Masse [g] |
|-------------------|----------------------|---|------------------------|--|---|--|-----------------------------------|--|--|---|---|--------------------------|--|--|--------------|
| 1 10/100 | 10 | 10 | 100 | 2 ± 1 | 3500 | 10 | 4,2 | 18 | 230 | 13 | 95 | 100 | -4,2 | 19 ± 1 4,3 | 1,8 |
| 1 12/100 | 12 | 10 | 100 | 3 ± 1,5 | 3900 | 10 | 4,2 | 18 | 230 | 13 | 110 | 120 | -4,5 | 19 ± 1 4,3 | 1,8 |
| 1 15/100 | 15 | 10 | 100 | 4 ± 1,5 | 4100 | 10 | 4,2 | 18 | 230 | 13 | 125 | 150 | -4,8 | 19 ± 1 4,3 | 1,8 |
| 1 18/100*) | 18 | 10 | 100 | 3,5 ± 1,5 | 4000 | 10 | 7,5 | 60 | 520 | 20 | 100 | 180 | -4,7 | 40 ± 5 6 | 5,5 |
| 1 22/100*) | 22 | 10 | 100 | 4,5 ± 1,5 | 4100 | 10 | 7,5 | 60 | 520 | 20 | 110 | 220 | -4,8 | 40 ± 5 6 | 5,5 |
| 1 24/100*) | 24 | 10 | 100 | 5,5 ± 1,5 | 4300 | 10 | 7,5 | 60 | 520 | 20 | 120 | 240 | -5,0 | 40 ± 5 6 | 5,5 |
| 1 30/100*) | 30 | 10 | 100 | 7,5 ± 1,5 | 4000 | 10 | 7,5 | 60 | 520 | 20 | 135 | 300 | -4,7 | 40 ± 5 6 | 5,5 |
| 2 10/300 | 10 | 10 | 300 | 2 ± 1 | 4200 | 10 | 7,3 | 25 | 450 | 20 | 140 | 33 | -4,9 | 24 ± 2 8 | 4 ± 0,5 |
| 2 12/300 | 12 | 10 | 300 | 3 ± 1,5 | 4500 | 10 | 7,3 | 25 | 450 | 20 | 155 | 40 | -5,2 | 24 ± 2 8 | 4 ± 0,5 |
| 2 15/300 | 15 | 10 | 300 | 4 ± 1,5 | 4700 | 10 | 7,3 | 25 | 450 | 20 | 180 | 50 | -5,5 | 24 ± 2 8 | 4 ± 0,5 |
| 2 18/300*) | 18 | 10 | 300 | 5 ± 1,5 | 4300 | 10 | 10,4 | 50 | 550 | 38 | 165 | 60 | -5,0 | 46 ± 3 8 | 4 ± 0,5 |
| 2 22/300*) | 22 | 10 | 300 | 6 ± 1,5 | 3900 | 10 | 10,4 | 50 | 550 | 38 | 185 | 73 | -4,5 | 46 ± 3 8 | 4 ± 0,5 |
| 2 25/300*) | 25 | 10 | 300 | 7 ± 1,5 | 4000 | 10 | 10,4 | 50 | 550 | 38 | 200 | 83 | -4,7 | 46 ± 3 8 | 4 ± 0,5 |

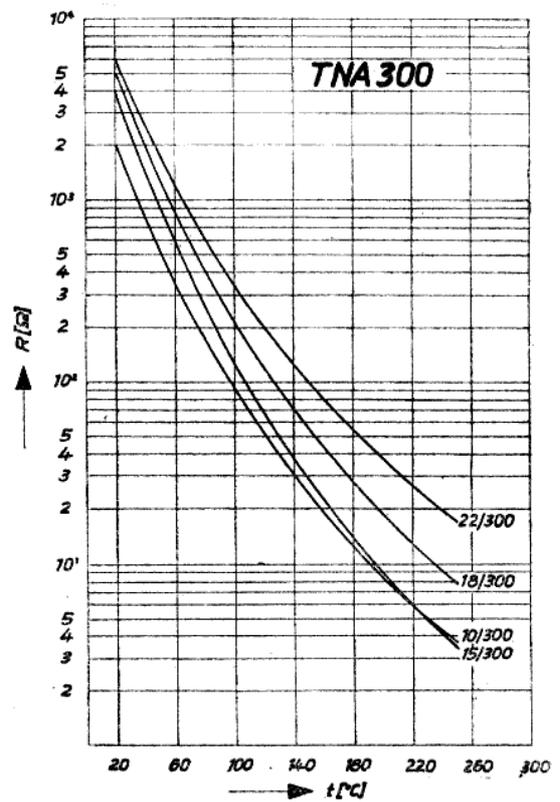
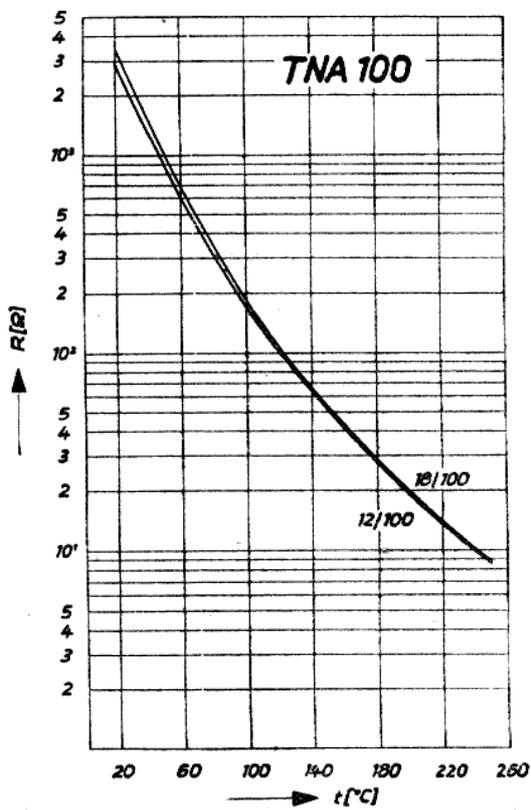
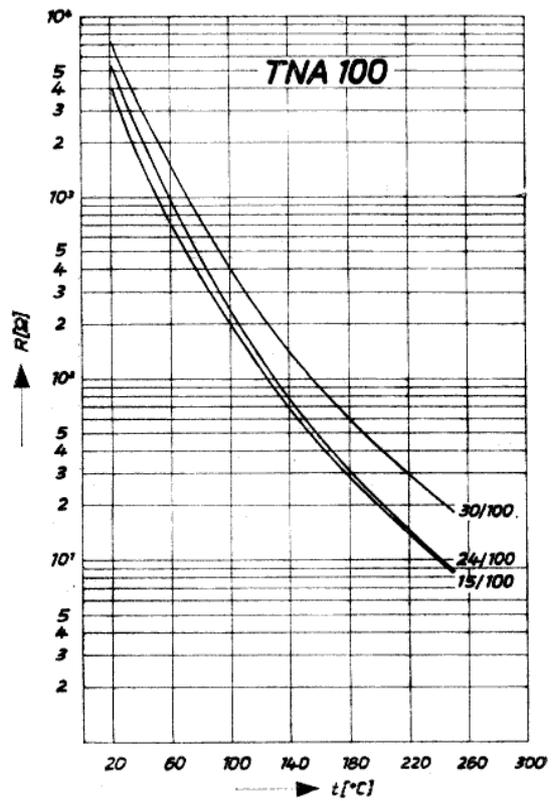
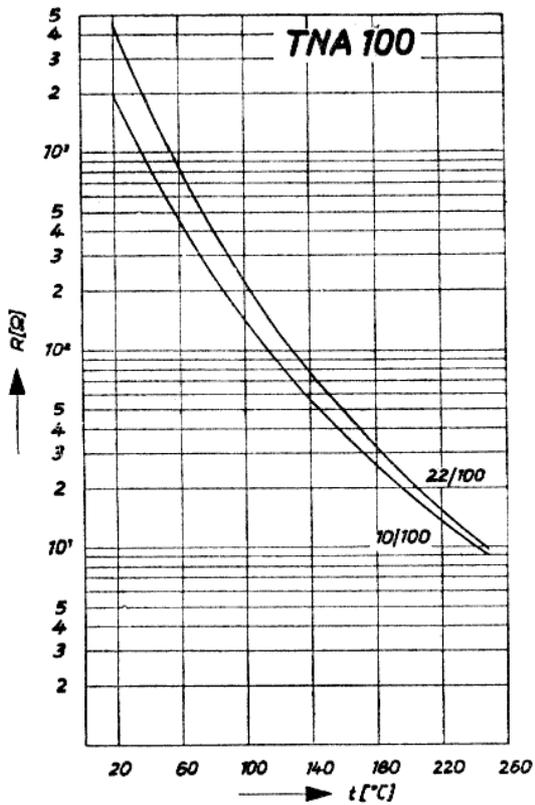
655.1 Ag TGL 14281

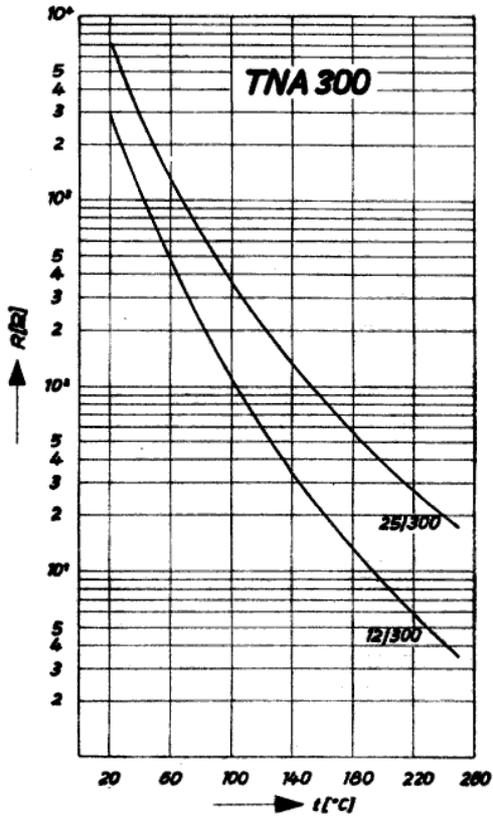
Kennzeichnung: Nennspannung / Nennstrom, z. B. 22/100

Max. Betriebstemperatur 250 °C

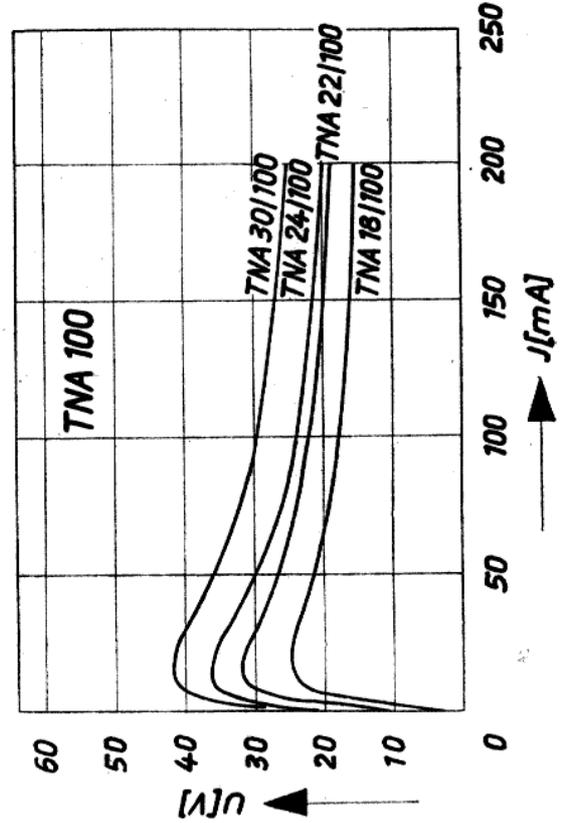
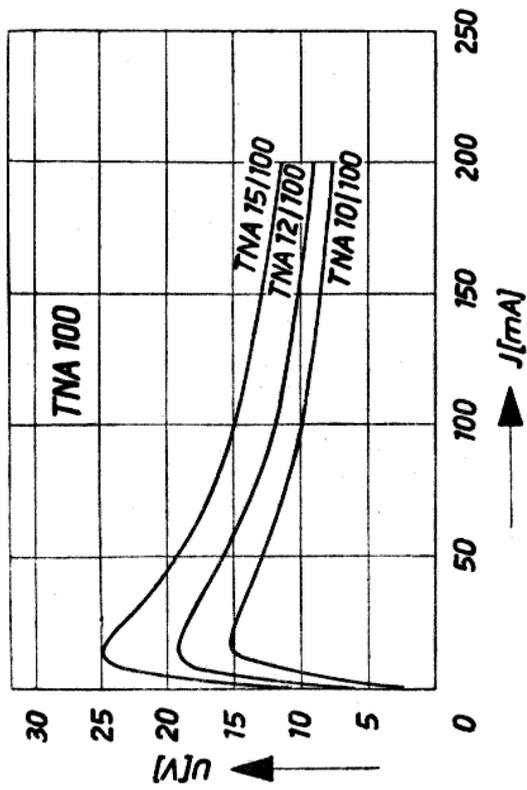
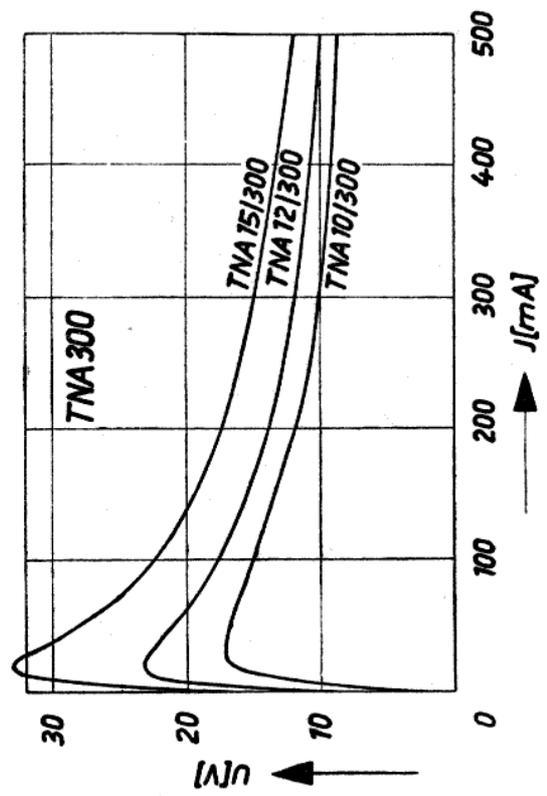
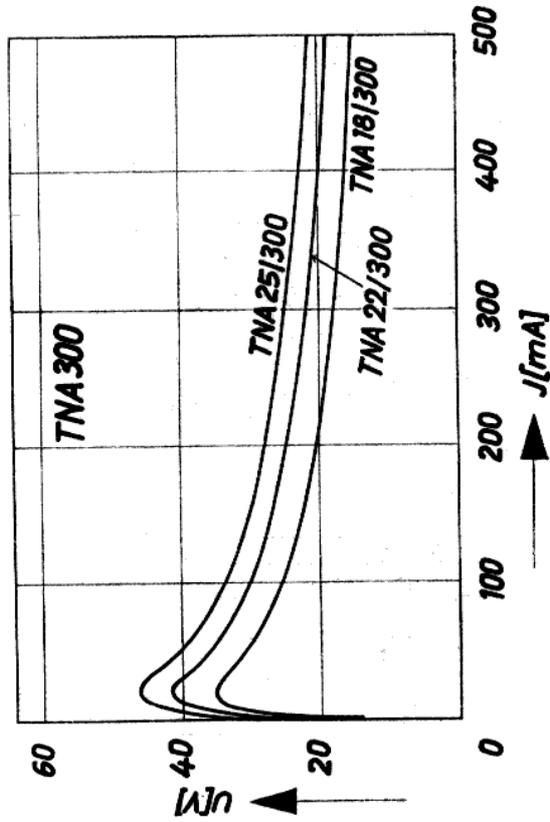
Vorzugstyp

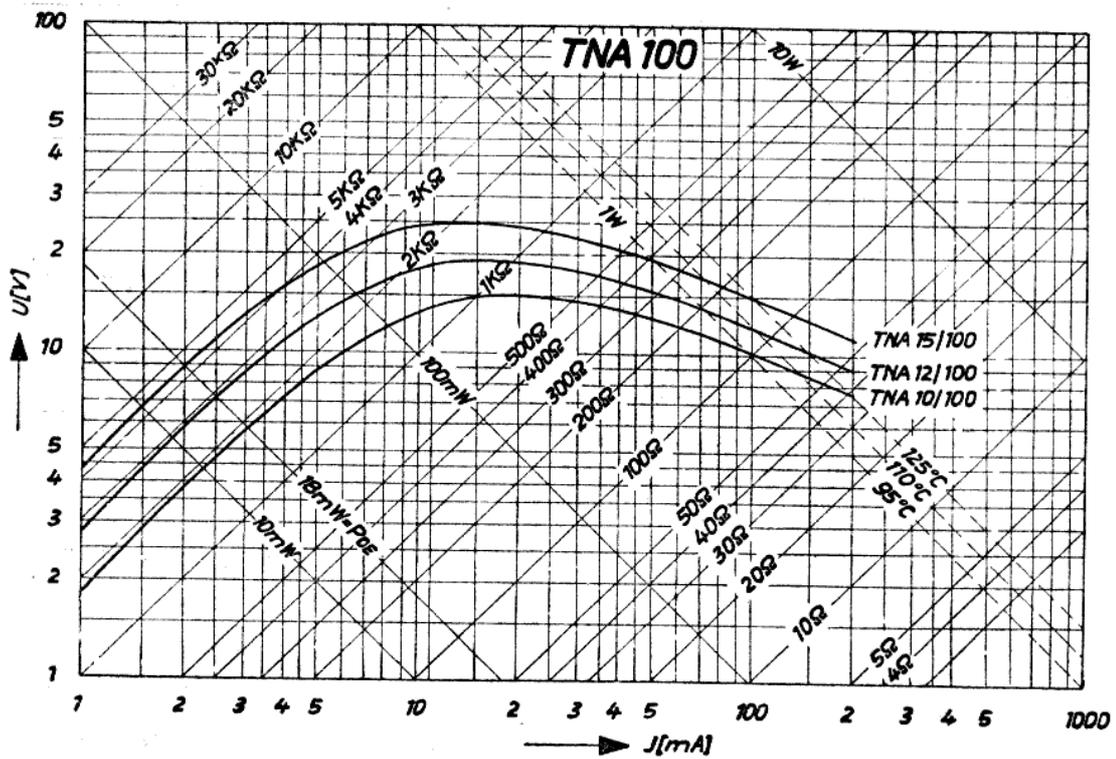
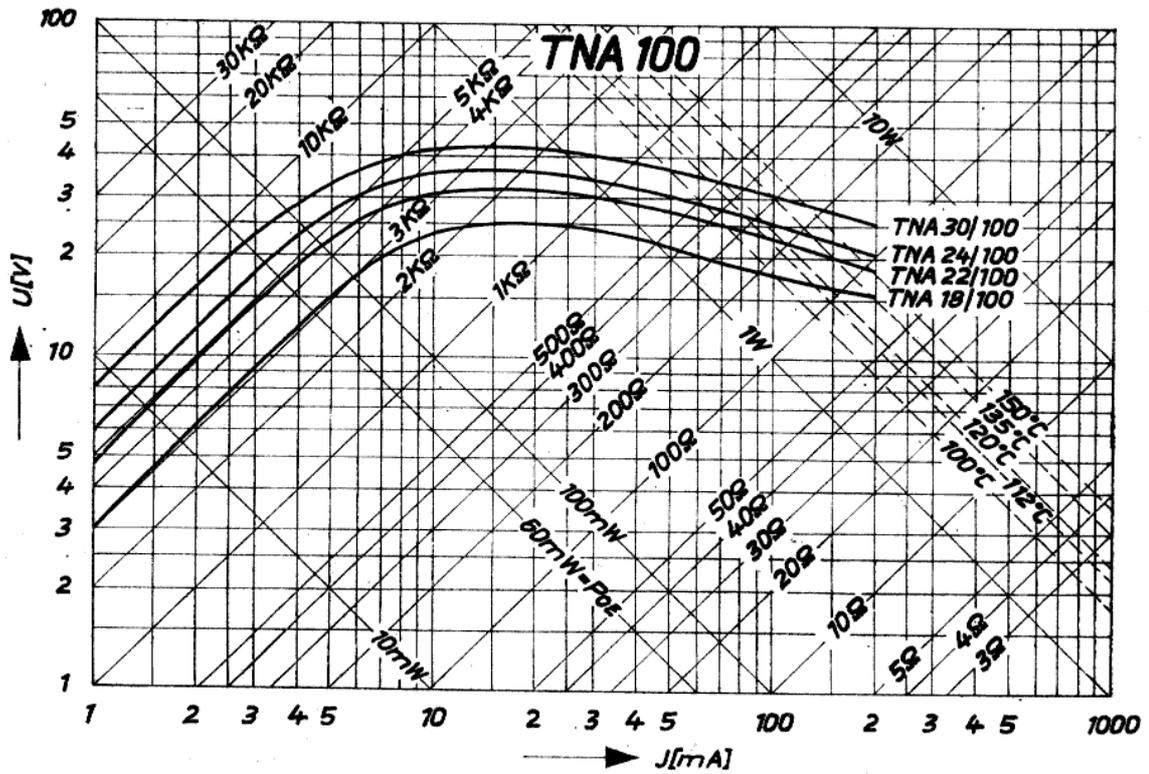
*) nur für Ersatzbestückung

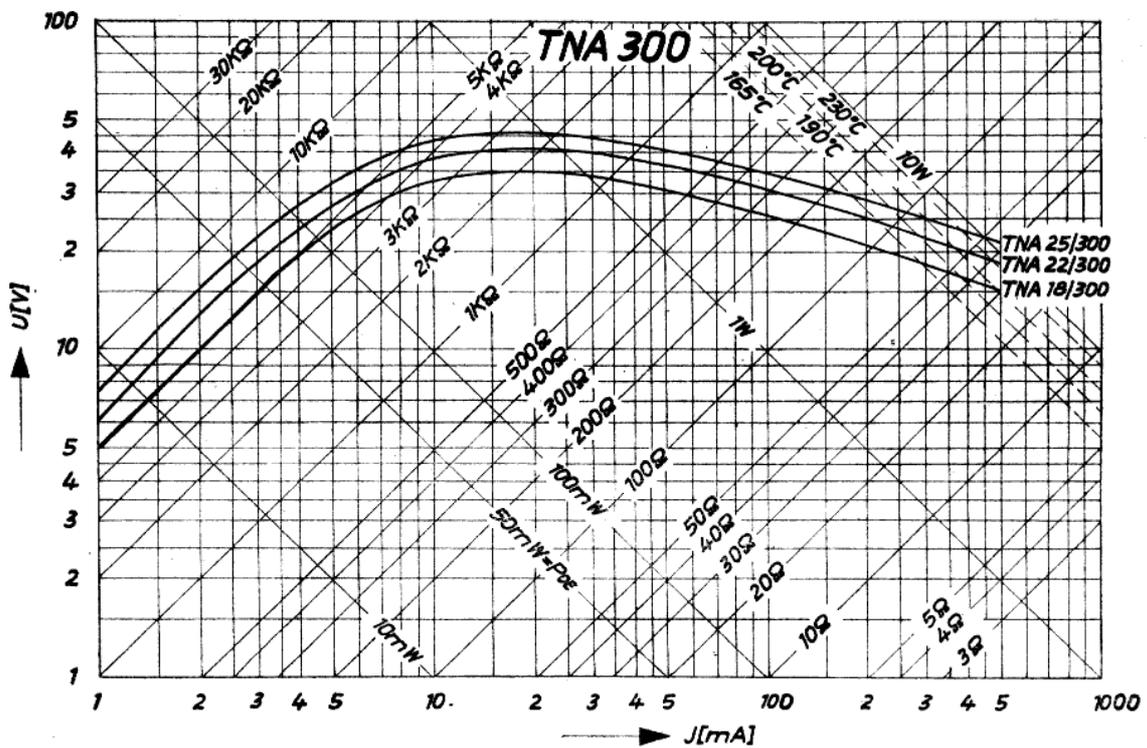
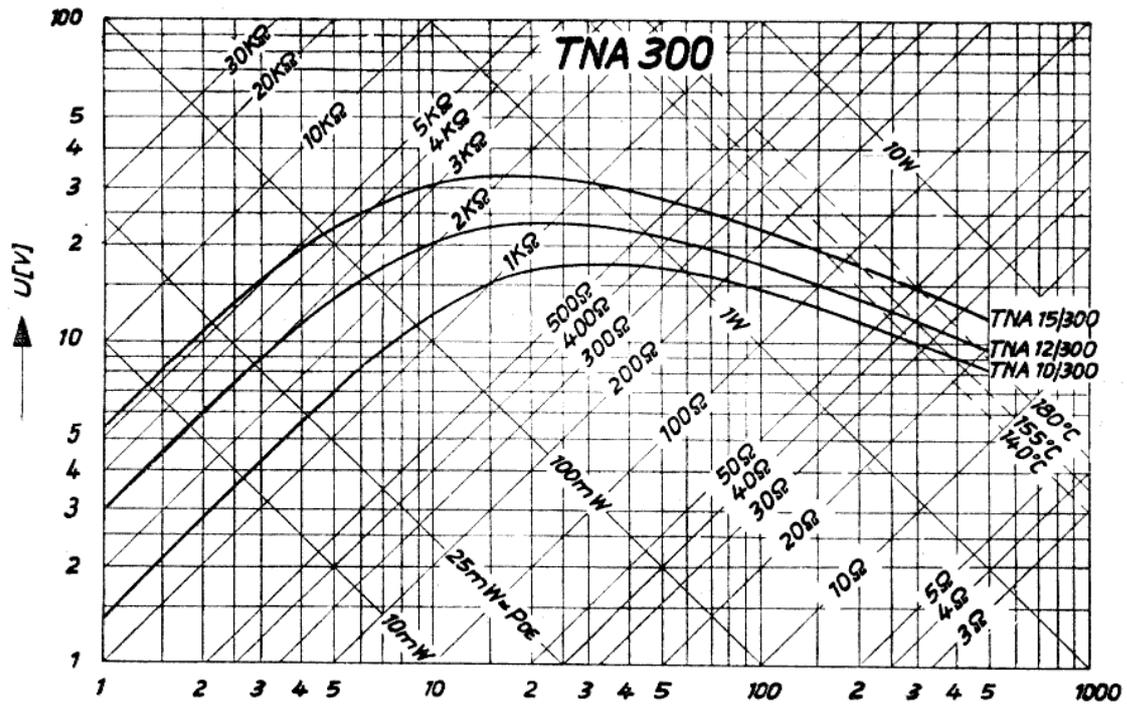


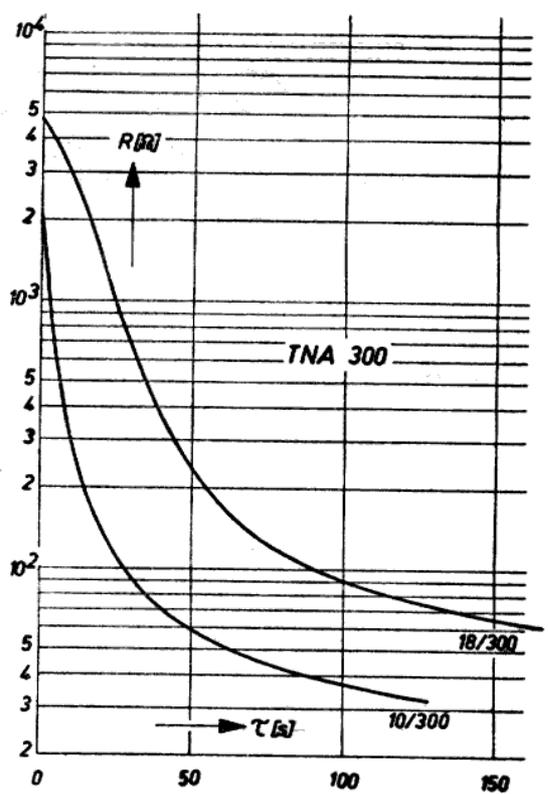
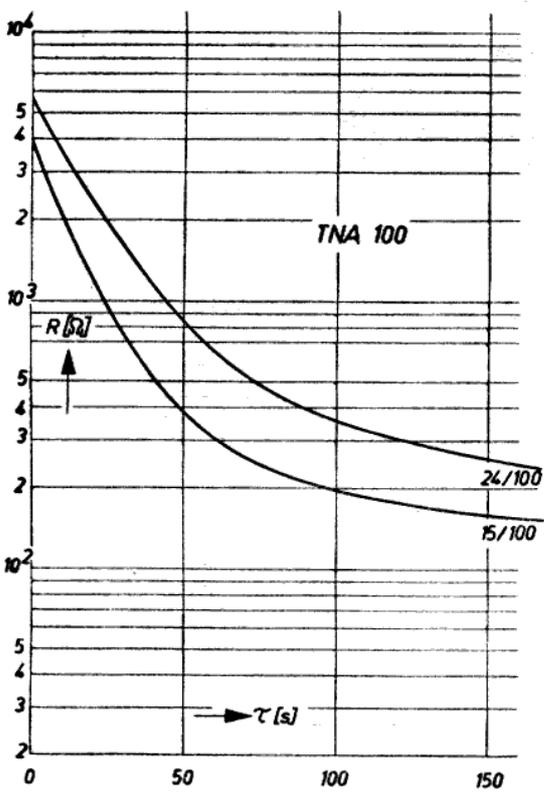
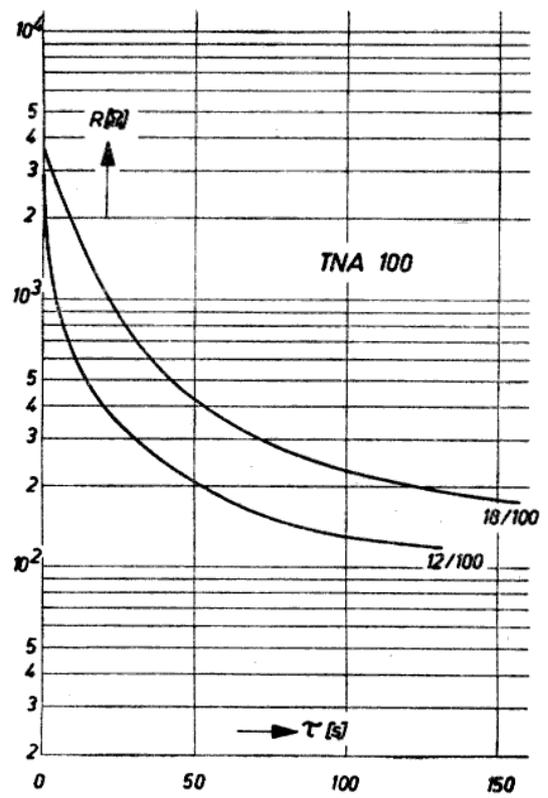
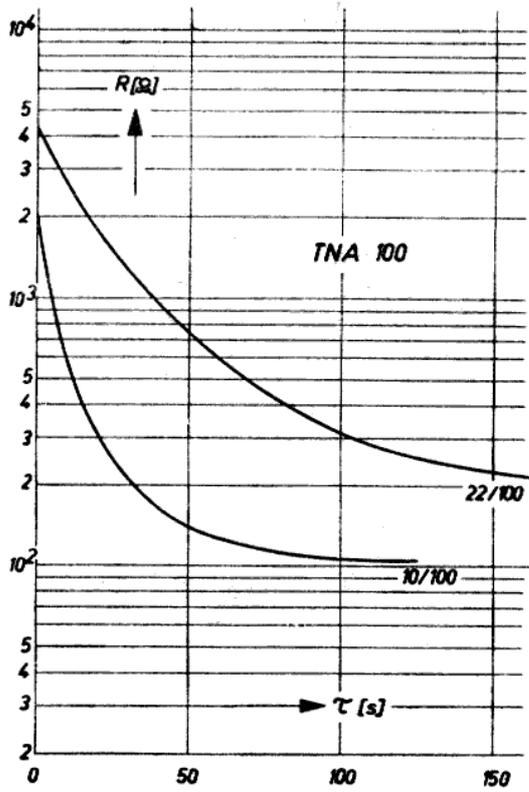


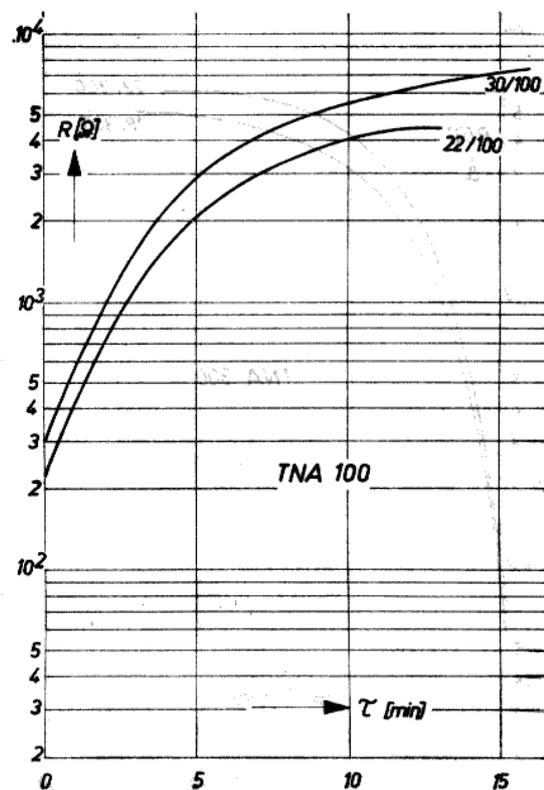
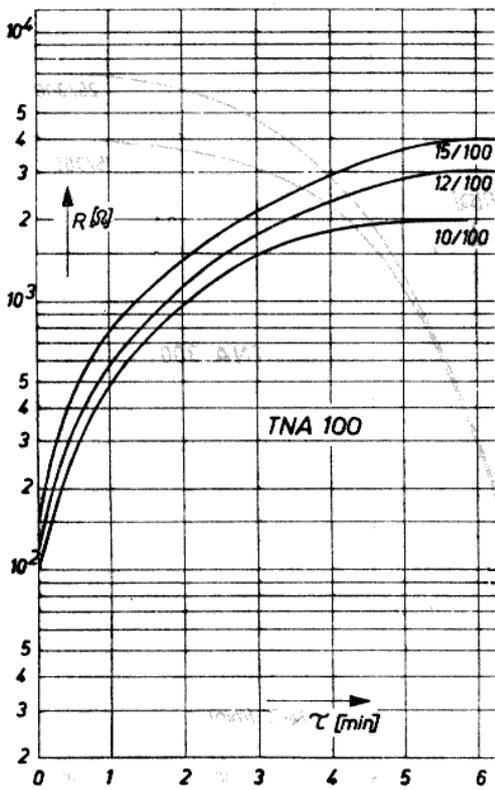
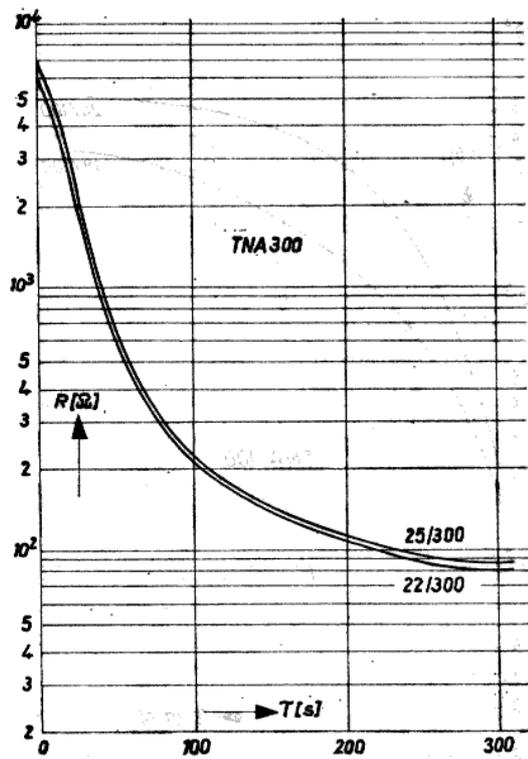
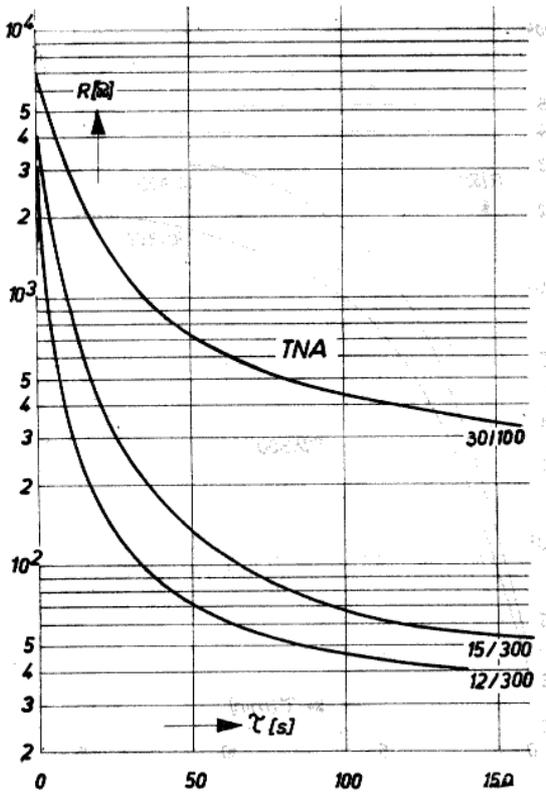
Hermisdorfer Sinterwerkstoffe

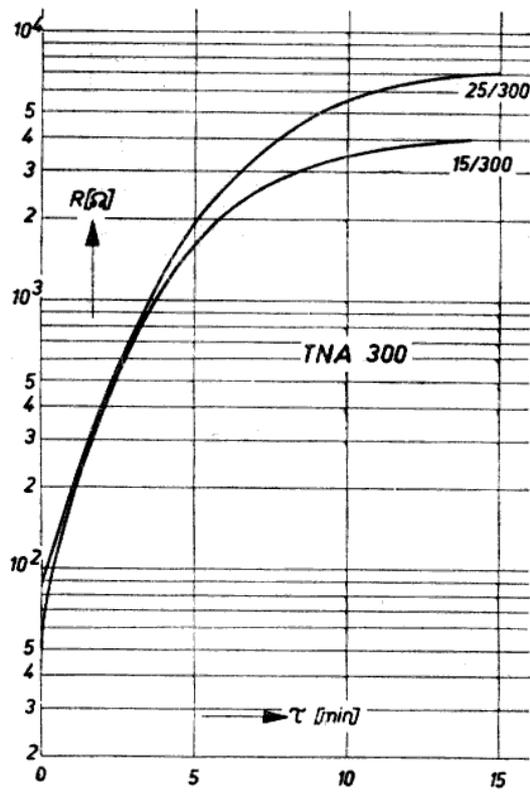
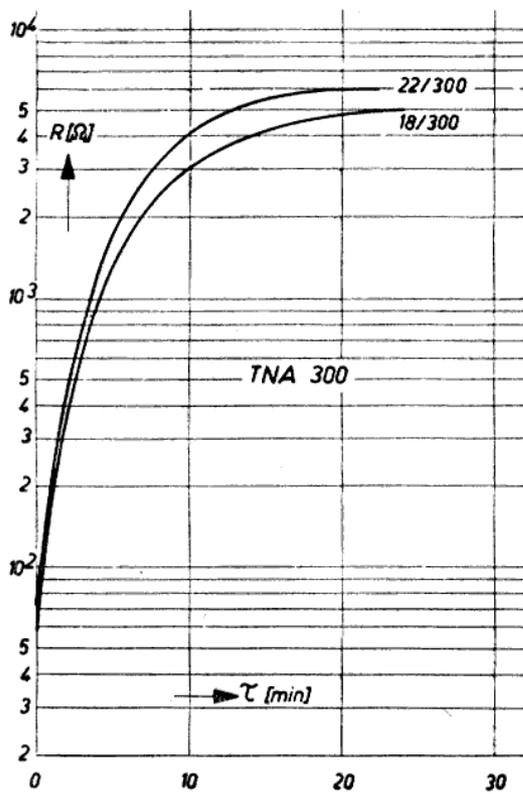
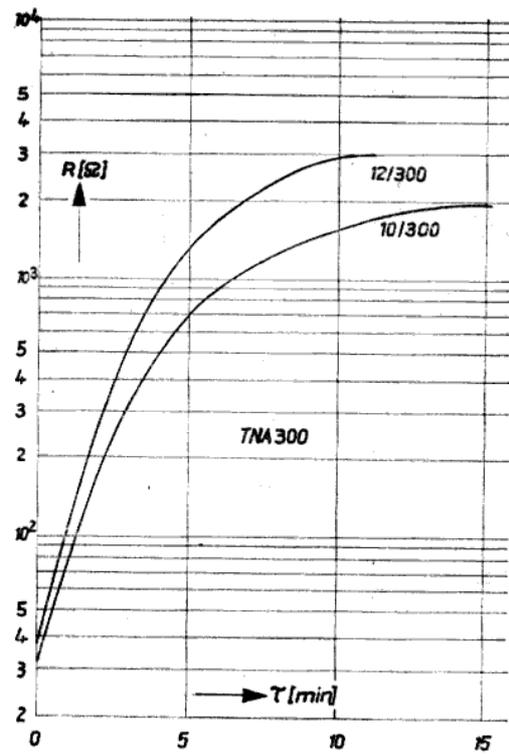
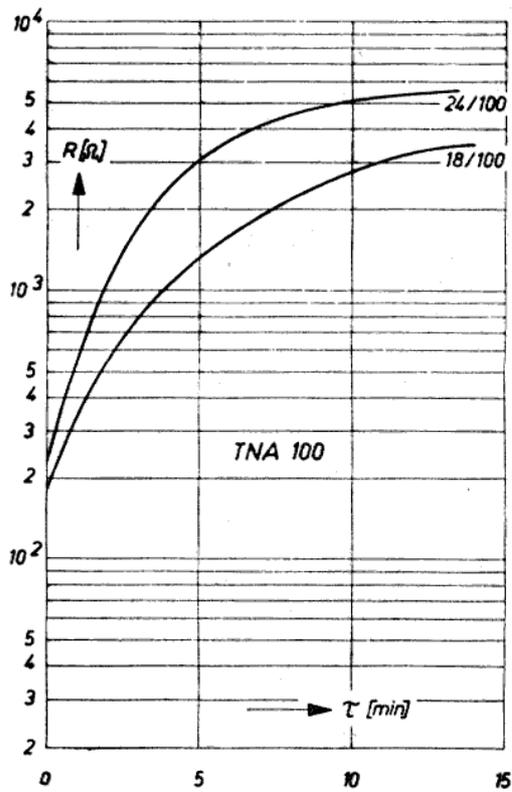




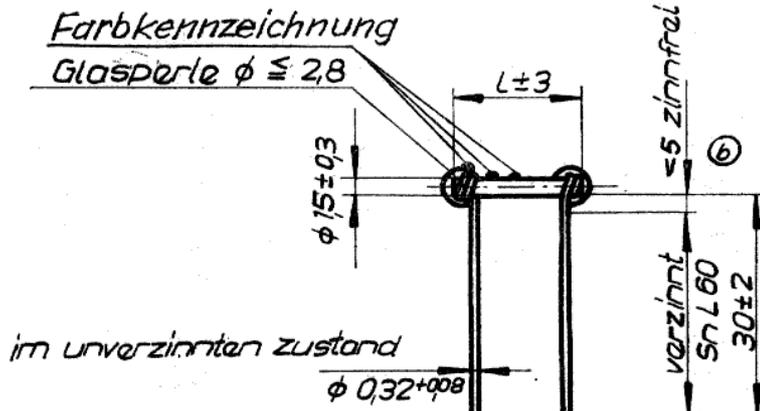




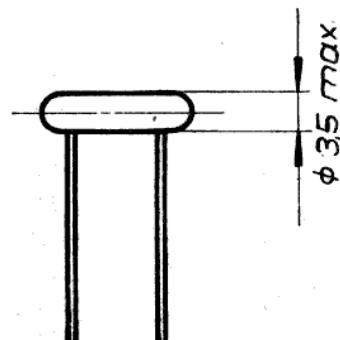




Normalausführung



Ausf. g



Thermistoren TNM - Halbleiterwiderstände für Meßzwecke

max. Betriebstemperatur:

| | |
|--|----------------|
| Normalausführung = unglasiert (Anschlußdrähte verzinkt) | 150 °C |
| Normalausführung = unglasiert (Anschlußdrähte unverzinkt) | 250 °C |
| Ausführung g = glasiert (Anschlußdrähte verzinkt) | 150 °C |
| Ausführung g = glasiert (Anschlußdrähte unverzinkt) | 250 °C |
| Ausführung t = unglasiert (Anschlußdrähte unverzinkt) | 500 °C |
| Ausführung gt = glasiert (Anschlußdrähte unverzinkt) | 400 °C |
| Toleranz für R_{20} und b (bei kleinen Stückzahlen ± 5 %) | ± 10 %; ± 20 % |

max. Belastbarkeit in Luft:

| | |
|------------------------------------|-----------|
| Normalausführung und Ausführung g | 1 W |
| Ausführungen t, gt | 2 W |
| Grenzleistung ohne Eigenerwärmung | 0,5 mW |
| Erholungszeit (bezogen auf 150 °C) | 30 ± 10 s |
| Dissipationskonstante | 5 mW/grad |
| Gewicht | ≈ 0,2 p. |

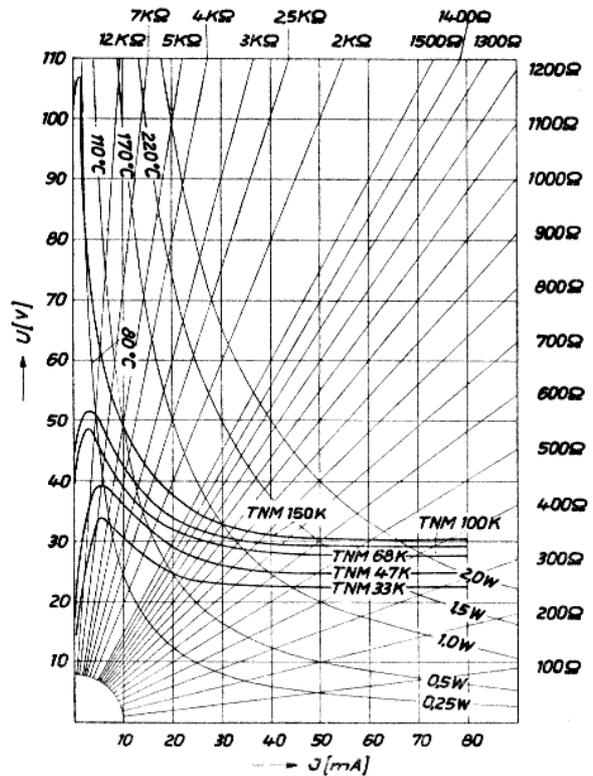
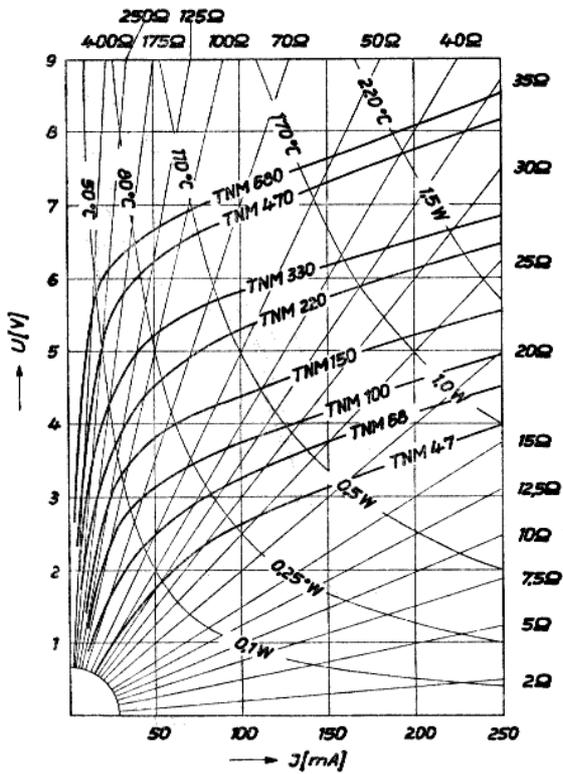
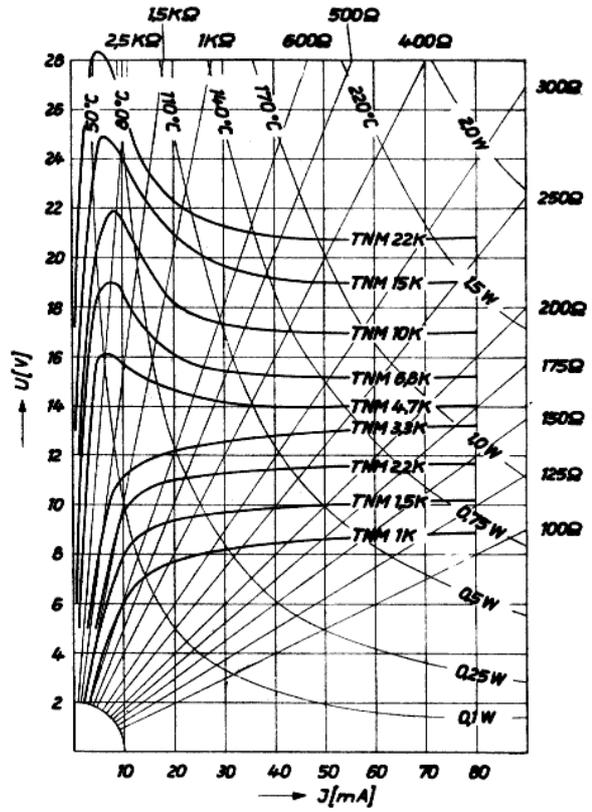
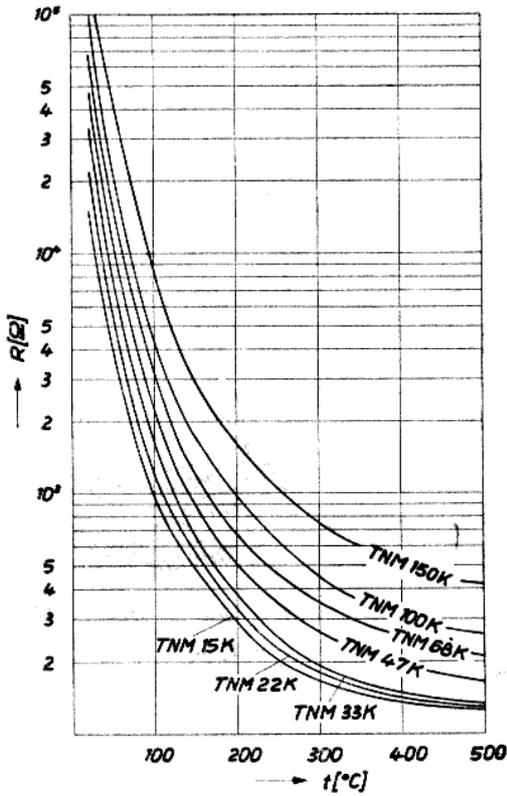
TNM - Reihe

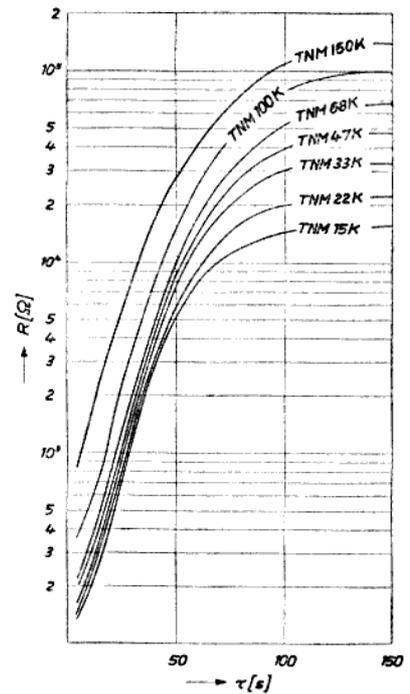
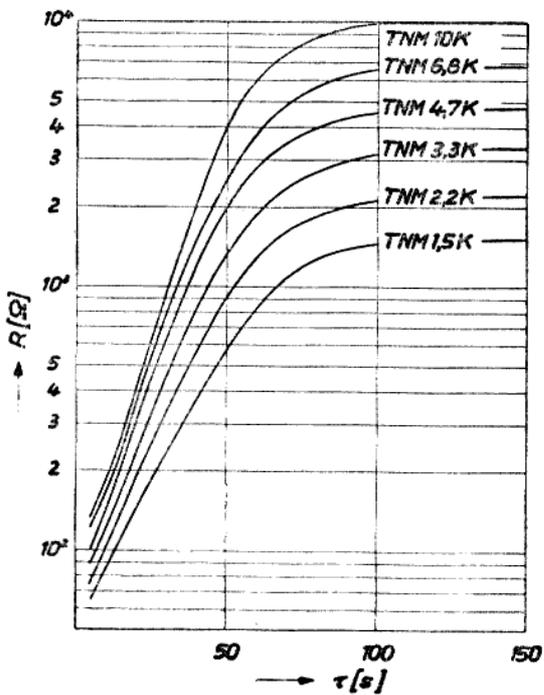
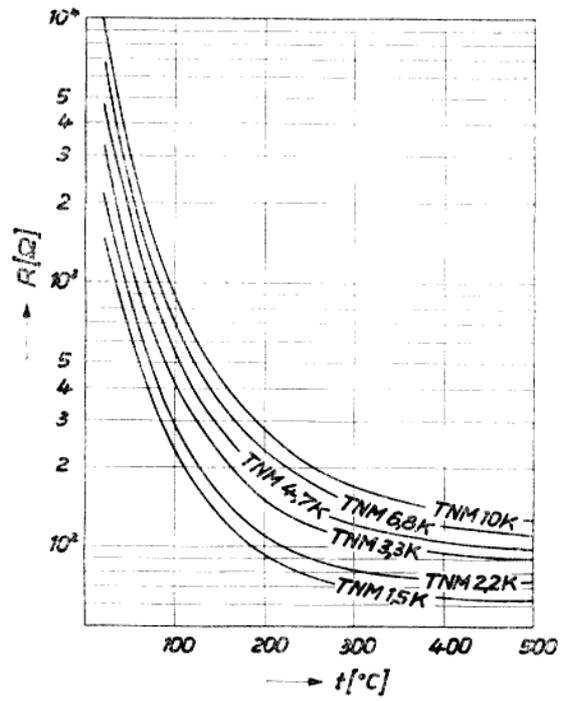
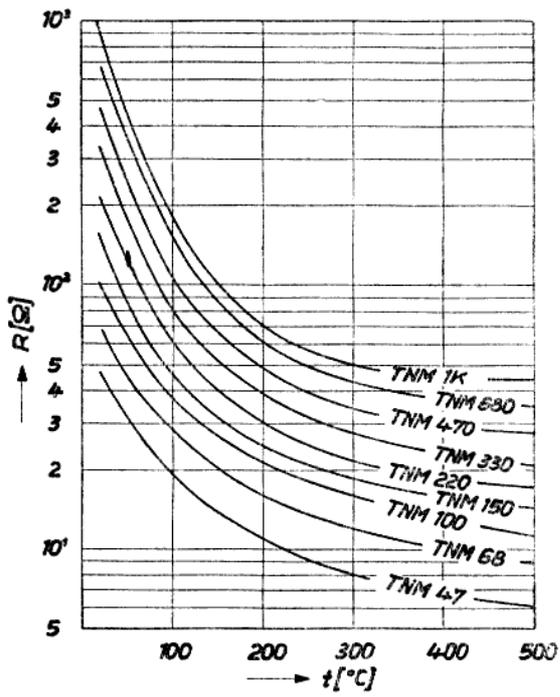
| TNM-Type | Kaltwiderstand R_{20} bei 20 °C | Energie- konstante b | $TK_{R_{20}}$ | Farbkennzeichnung | | |
|----------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|-------------------|--------------|--------------|
| | [Ω] | [$^{\circ}K$] | [$-\frac{^{\circ}}{^{\circ}K}$] | 1. Farbpunkt | 2. Farbpunkt | 3. Farbpunkt |
| 47 | 47 | 1500 | 1,7 | gelb | violett | - |
| 56 | 56 | 1550 | 1,8 | grün | blau | - |
| 68 | 68 | 1600 | 1,9 | blau | grau | - |
| 82 | 82 | 1650 | 1,9 | grau | rot | - |
| 100 | 100 | 1700 | 2,0 | braun | schwarz | braun |
| 120 | 120 | 1750 | 2,0 | braun | rot | braun |
| 150 | 150 | 1800 | 2,1 | braun | grün | braun |
| 180 | 180 | 1850 | 2,1 | braun | grau | braun |
| 220 | 220 | 1900 | 2,2 | rot | rot | braun |
| 270 | 270 | 1950 | 2,3 | rot | violett | braun |
| 330 | 330 | 2000 | 2,4 | orange | orange | braun |
| 390 | 390 | 2100 | 2,5 | orange | weiß | braun |
| 470 | 470 | 2200 | 2,6 | gelb | violett | braun |
| 560 | 560 | 2300 | 2,7 | grün | blau | braun |
| 680 | 680 | 2400 | 2,8 | blau | grau | braun |
| 820 | 820 | 2500 | 2,9 | grau | rot | braun |
| 1 k | 1 k | 2600 | 3,0 | braun | schwarz | rot |
| 1,2 k | 1,2 k | 2700 | 3,1 | braun | rot | rot |
| 1,5 k | 1,5 k | 2800 | 3,3 | braun | grün | rot |
| 1,8 k | 1,8 k | 2900 | 3,4 | braun | grau | rot |
| 2,2 k | 2,2 k | 3000 | 3,5 | rot | rot | rot |
| 2,7 k | 2,7 k | 3100 | 3,6 | rot | violett | rot |
| 3,3 k | 3,3 k | 3150 | 3,7 | orange | orange | rot |
| 3,9 k | 3,9 k | 3200 | 3,7 | orange | weiß | rot |
| 4,7 k | 4,7 k | 3250 | 3,8 | gelb | violett | rot |
| 5,6 k | 5,6 k | 3300 | 3,9 | grün | blau | rot |
| 6,8 k | 6,8 k | 3400 | 4,0 | | | |
| 8,2 k | 8,2 k | 3500 | 4,1 | grau | rot | rot |
| 10 k | 10 k | 3600 | 4,2 | braun | schwarz | orange |
| 12 k | 12 k | 3700 | 4,3 | braun | rot | orange |
| 15 k | 15 k | 3800 | 4,4 | braun | grün | orange |
| 18 k | 18 k | 3900 | 4,5 | braun | grau | orange |
| 22 k | 22 k | 3950 | 4,6 | rot | rot | orange |
| 27 k | 27 k | 4050 | 4,7 | rot | violett | orange |
| 33 k | 33 k | 4100 | 4,8 | orange | orange | orange |
| 39 k | 39 k | 4200 | 4,9 | orange | weiß | orange |
| 47 k | 47 k | 4300 | 5,0 | gelb | violett | orange |
| 56 k | 56 k | 4400 | 5,1 | grün | blau | orange |
| 68 k | 68 k | 4500 | 5,2 | blau | grau | orange |
| 82 k | 82 k | 4650 | 5,4 | grau | rot | orange |
| 100 k | 100 k | 4800 | 5,6 | braun | schwarz | gelb |
| 150 k | 150 k | 5000 | 5,8 | braun | grün | gelb |

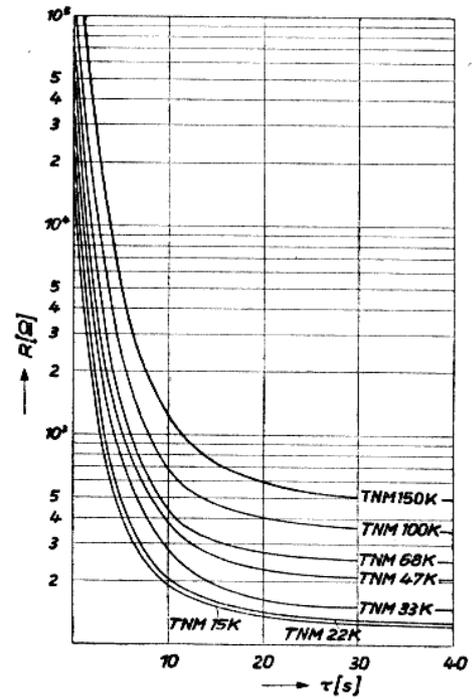
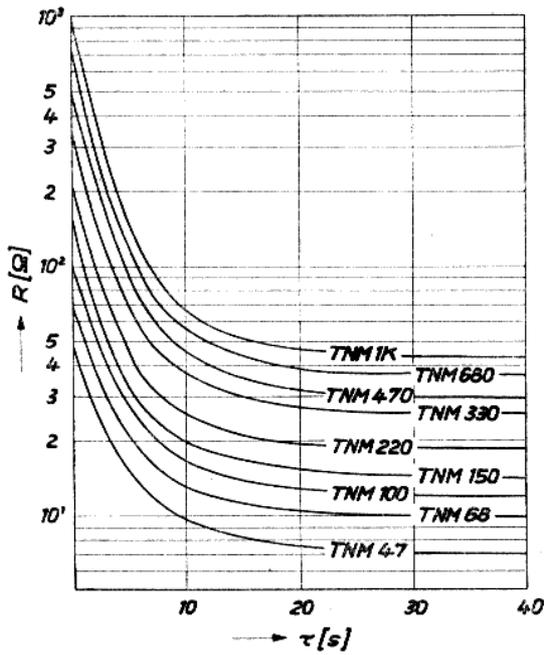
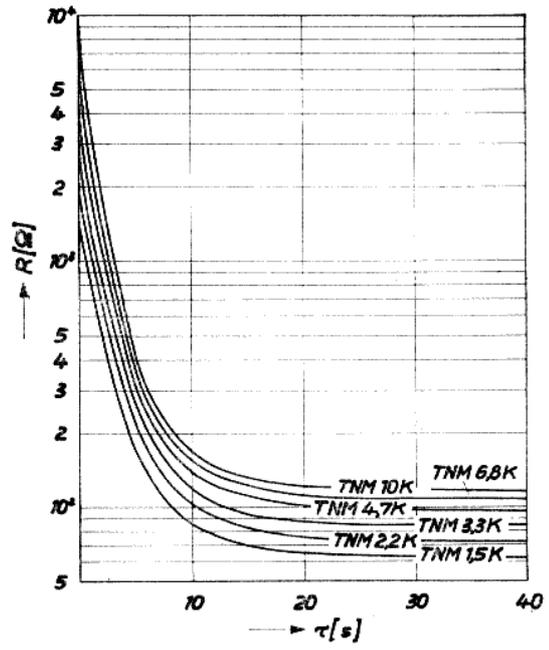
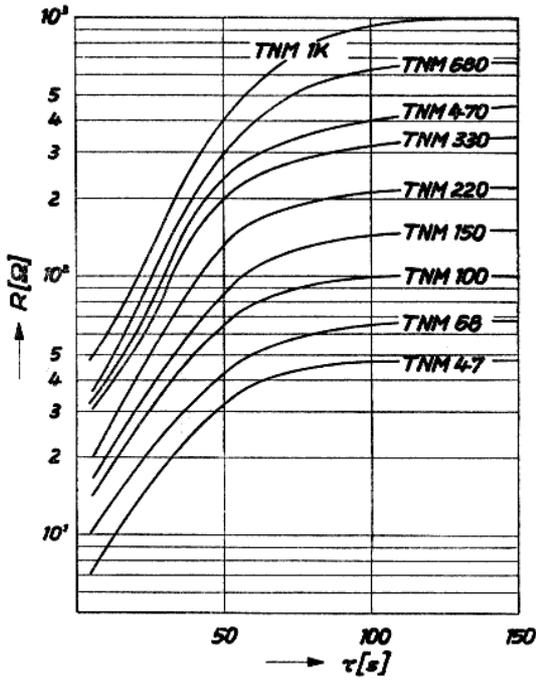
655.5 Ag

Bestellbeispiel: TNM 120/10 - 10 g

- Bezeichnung eines temperaturabhängigen (T) Widerstandes mit negativem Temperaturkoeffizienten (N) für Meßzwecke (M) mit einem Kaltwiderstand R_{20} bei 20 °C von $120 \Omega \pm 10 \%$ (120/10) und einer Toleranz der Energiekonstante b und des $TK_{R_{20}}$ von $\pm 10 \%$ (10) in glasierter Ausführung (g). -







Thermistoren TNM-S (Spezialthermistoren für meteorologische Zwecke)

Schutzüberzug

Alkydharz-Melamin-Harzlack weiß 3590/9001 L

Lackierte Drahtlänge < 10 mm

Verzinnte Drahtlänge ≥ 25 mm

Widerstand bei 20 °C 10–20 kOhm

Widerstand bei –78,5 °C 450–700 kOhm

Grenzleistung ohne Eigenerwärmung $\leq 5 \cdot 10^{-5}$ W

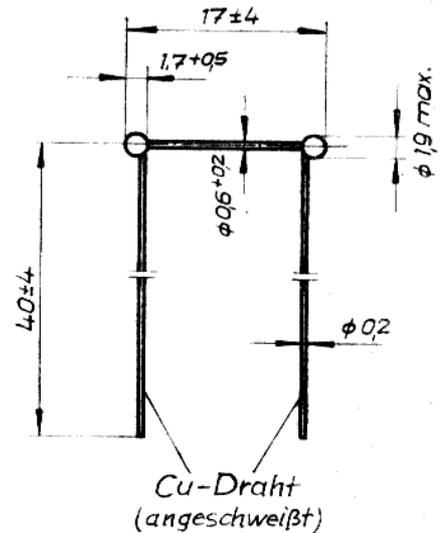
Zeitkonstante

(bei 6 m/s – Windgeschwindigkeit) < 3 s

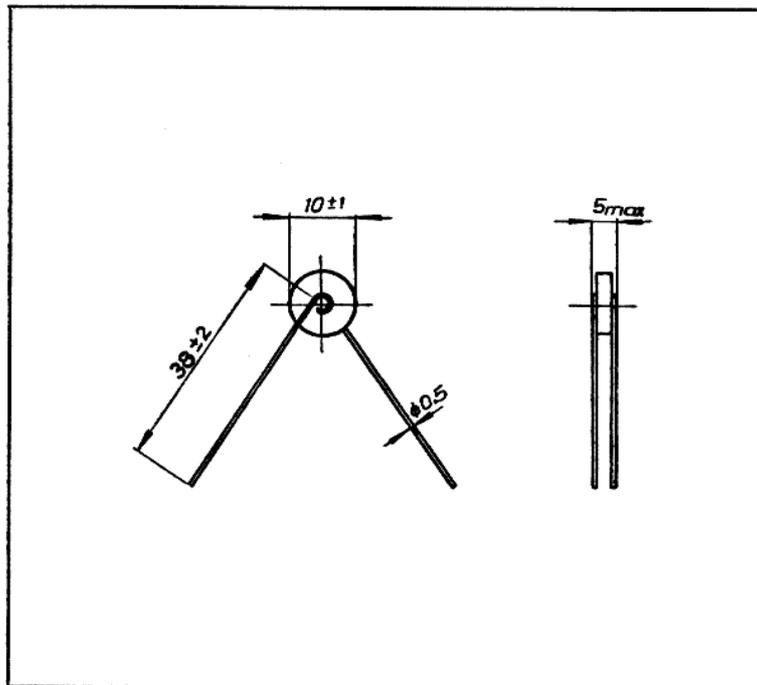
Dissipationskonstante (in Luft) 2,4 mW/grad

Zulässige Betriebstemperatur –90 bis +50 °C

max. Einsatzdauer bei zuläss. Temperatur $\sim 2,5$ Std.



Thermistoren TNK-10 – Halbleiterwiderstände für Kompensations- und Meßzwecke



| | |
|--|---------------|
| max. Betriebstemperatur | 120 °C |
| max. Belastbarkeit in Luft | 1 W |
| Grenzleistung ohne Eigenerwärmung | 1 mW |
| Erholungszeit (bezogen auf 120 °C) | 2 ± 1 min |
| Dissipationskonstante | 10 mW/grad |
| Gewicht | 0,8 p |

Typenreihe TNK-10

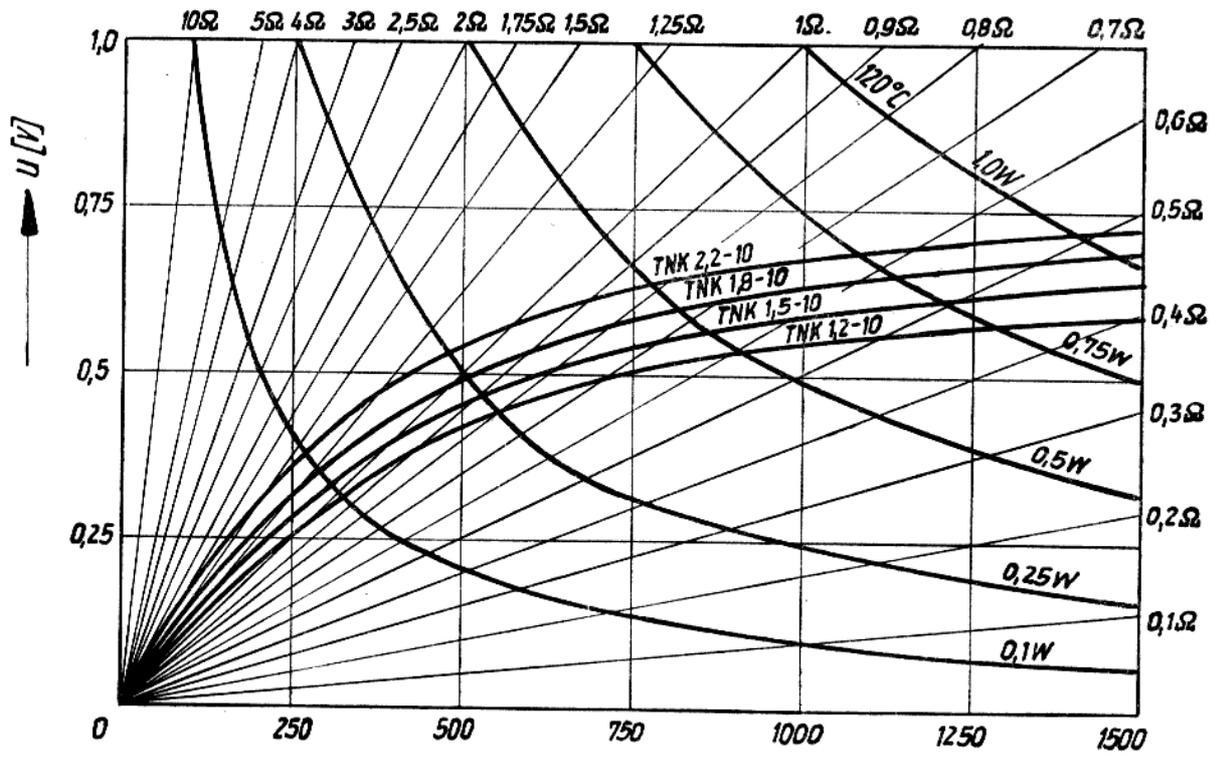
| TNK-Type | Kaltwiderstand R_{20} bei 20 °C | Toleranz des Kaltwiderstandes | Energie- konstante b | $TK_{R_{20}}$ | Toleranz der Energiekonstante b und des $TK_{R_{20}}$ |
|----------|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|----------------------------|--|
| | [Ω] | [\pm %] | [°K] | [$-10^{-5}/\text{grad}$] | [\pm %] |
| 1,2 -10 | 1,2 | 10, 20 | 1680 | 2,0 | 20, 10 |
| 1,5 -10 | 1,5 | 10, 20 | 1750 | 2,1 | 20, 10 |
| 1,8 -10 | 1,8 | 10, 20 | 1950 | 2,3 | 20, 10 |
| 2,2 -10 | 2,2 | 10, 20 | 2130 | 2,5 | 20, 10 |
| 2,7 -10 | 2,7 | 10, 20 | 2270 | 2,6 | 20, 10 |
| 3,3 -10 | 3,3 | 10, 20 | 2330 | 2,7 | 20, 10 |
| 3,9 -10 | 3,9 | 10, 20 | 2370 | 2,8 | 20, 10 |
| 4,7 -10 | 4,7 | 10, 20 | 2420 | 2,8 | 20, 10 |
| 5,6 -10 | 5,6 | 10, 20 | 2470 | 2,9 | 20, 10 |
| 6,8 -10 | 6,8 | 10, 20 | 2540 | 3,0 | 20, 10 |
| 8,2 -10 | 8,2 | 10, 20 | 2620 | 3,1 | 20, 10 |
| 10 -10 | 10 | 10, 20 | 2700 | 3,2 | 20, 10 |
| 12 -10 | 12 | 10, 20 | 2800 | 3,3 | 20, 10 |
| 15 -10 | 15 | 10, 20 | 3000 | 3,5 | 20, 10 |
| 18 -10 | 18 | 10, 20 | 3200 | 3,7 | 20, 10 |
| 22 -10 | 22 | 10, 20 | 3330 | 3,9 | 20, 10 |
| 27 -10 | 27 | 10, 20 | 3360 | 3,9 | 20, 10 |
| 33 -10 | 33 | 10, 20 | 3380 | 3,9 | 20, 10 |
| 39 -10 | 39 | 10, 20 | 3390 | 4,0 | 20, 10 |
| 47 -10 | 47 | 10, 20 | 3400 | 4,0 | 20, 10 |
| 56 -10 | 56 | 10, 20 | 3420 | 4,0 | 20, 10 |
| 68 -10 | 68 | 10, 20 | 3450 | 4,0 | 20, 10 |
| 82 -10 | 82 | 10, 20 | 3480 | 4,1 | 20, 10 |
| 100 -10 | 100 | 10, 20 | 3520 | 4,1 | 20, 10 |
| 120 -10 | 120 | 10, 20 | 3570 | 4,2 | 20, 10 |
| 150 -10 | 150 | 10, 20 | 3630 | 4,2 | 20, 10 |
| 180 -10 | 180 | 10, 20 | 3700 | 4,3 | 20, 10 |
| 220 -10 | 220 | 10, 20 | 3780 | 4,4 | 20, 10 |
| 270 -10 | 270 | 10, 20 | 4580 | 5,3 | 20, 10 |
| 330 -10 | 330 | 10, 20 | 4610 | 5,4 | 20, 10 |
| 390 -10 | 390 | 10, 20 | 4650 | 5,4 | 20, 10 |
| 470 -10 | 470 | 10, 20 | 4700 | 5,5 | 20, 10 |
| 560 -10 | 560 | 10, 20 | 4750 | 5,5 | 20, 10 |
| 680 -10 | 680 | 10, 20 | 4810 | 5,6 | 20, 10 |
| 820 -10 | 820 | 10, 20 | 4890 | 5,7 | 20, 10 |
| 1000 -10 | 1000 | 10, 20 | 5000 | 5,8 | 20, 10 |

654.10 Ag

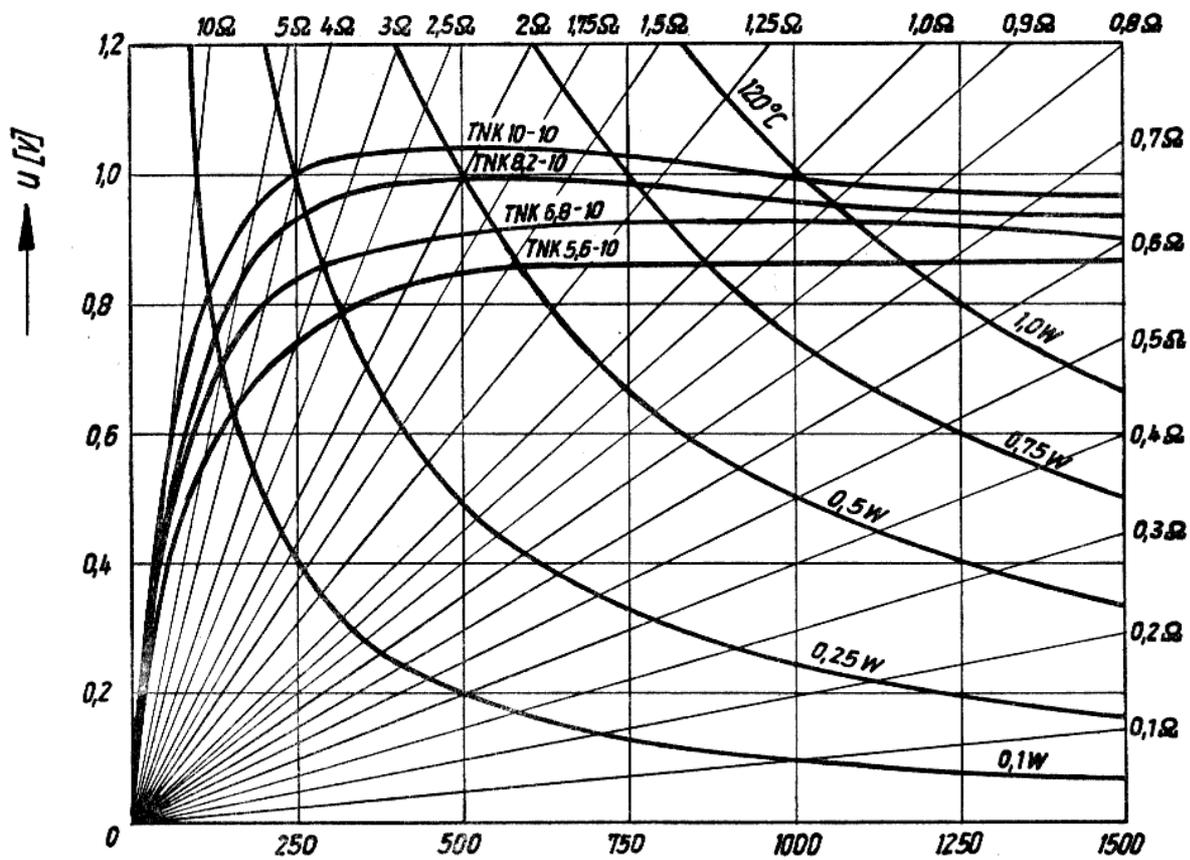
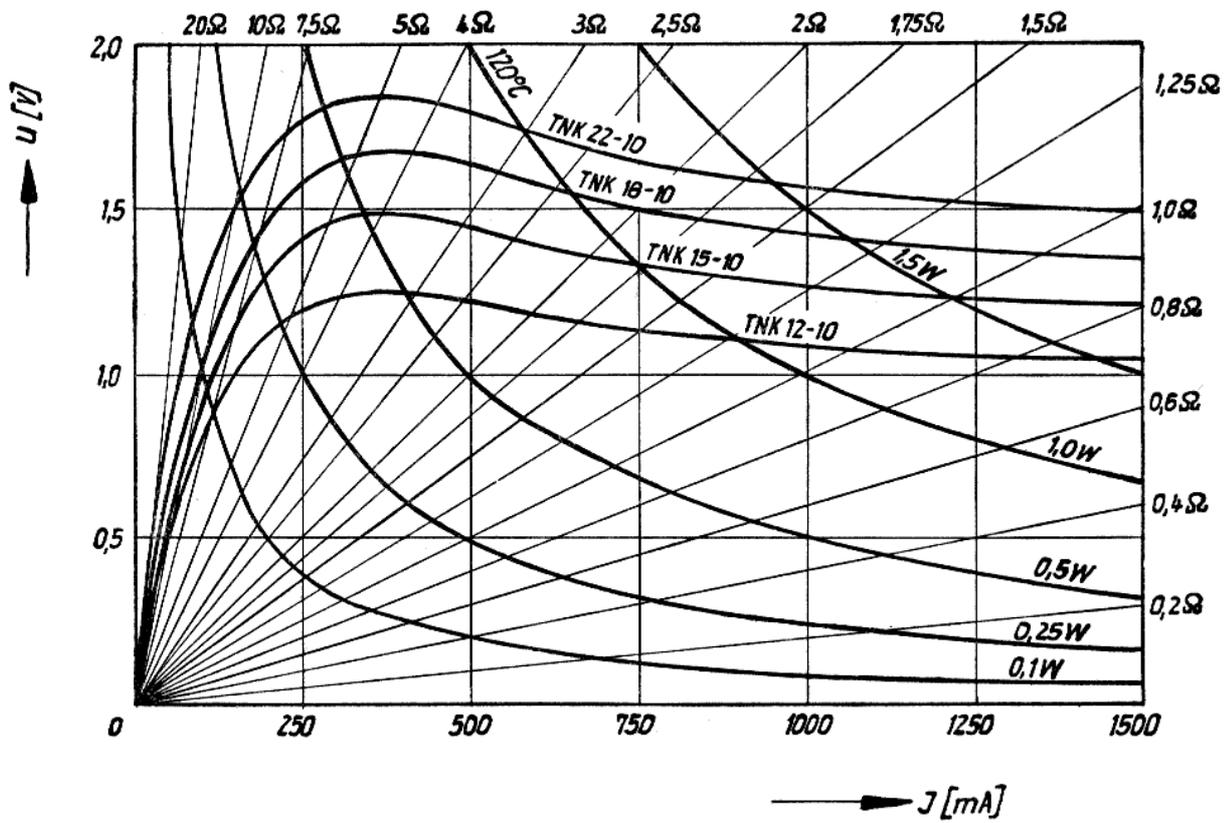
Bestellbeispiel: TNK 120/10 - 10 - 10

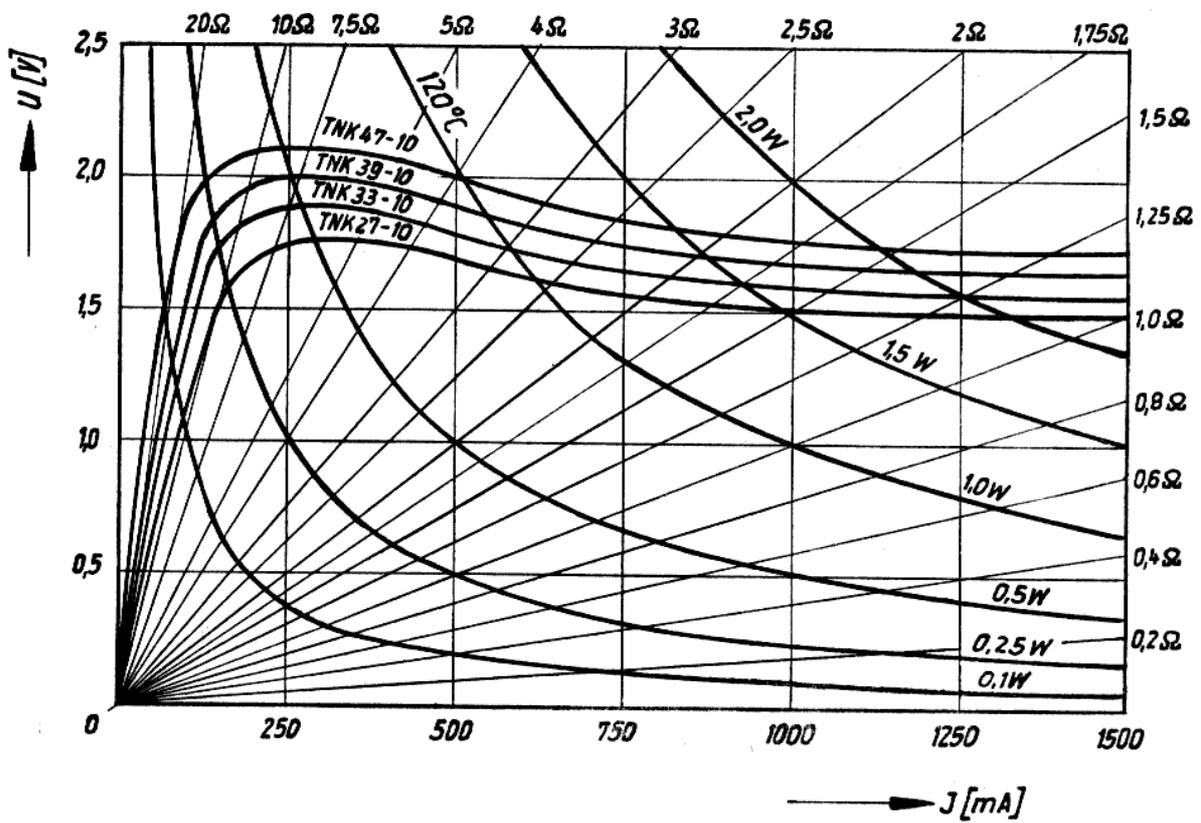
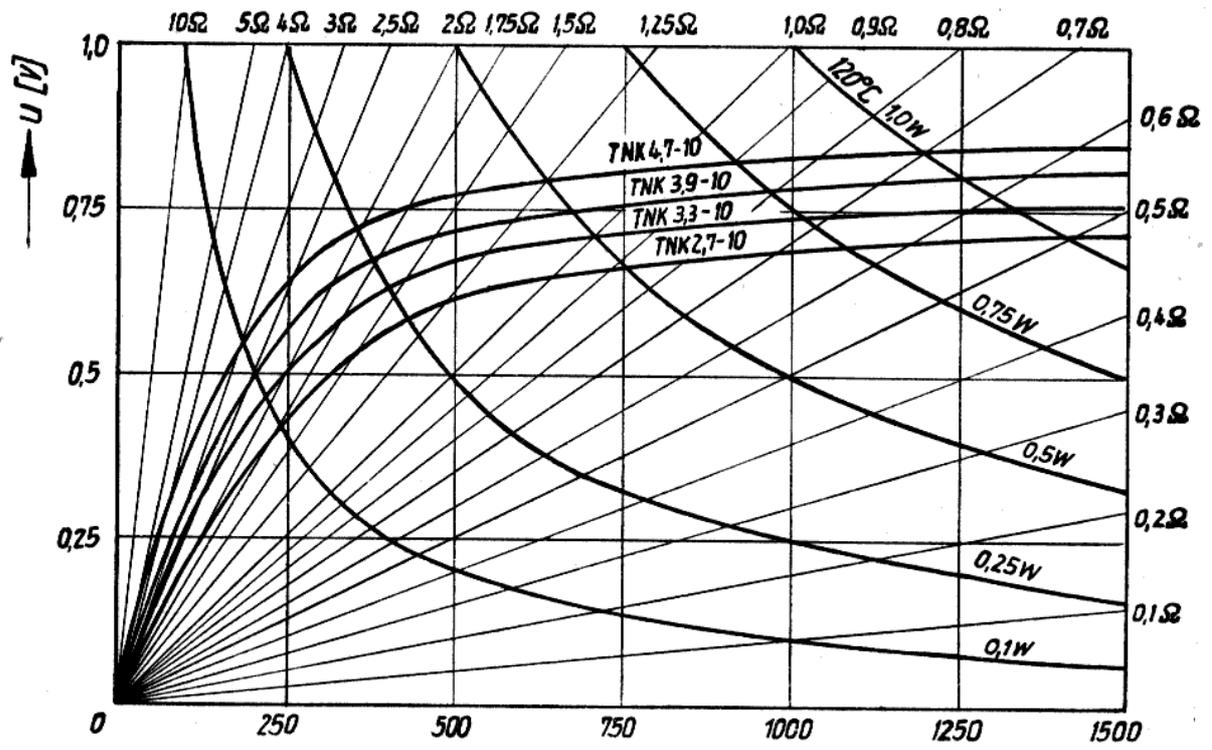
Bezeichnung eines temperaturabhängigen Widerstandes (T) mit negativem Temperaturkoeffizienten (N) für Kompensations- und Meßzwecke (K) mit einem Kaltwiderstand R_{20} bei 20 °C von 120 $\Omega \pm 10$ % (120/10) und einer Toleranz der Energiekonstante b und des $TK_{R_{20}}$ von ± 10 % (10) von Durchmesser 10 mm (10).

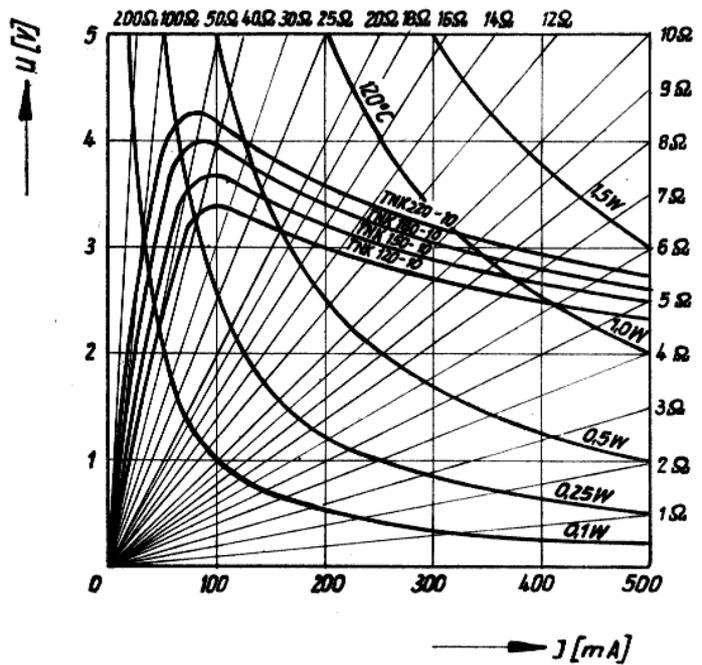
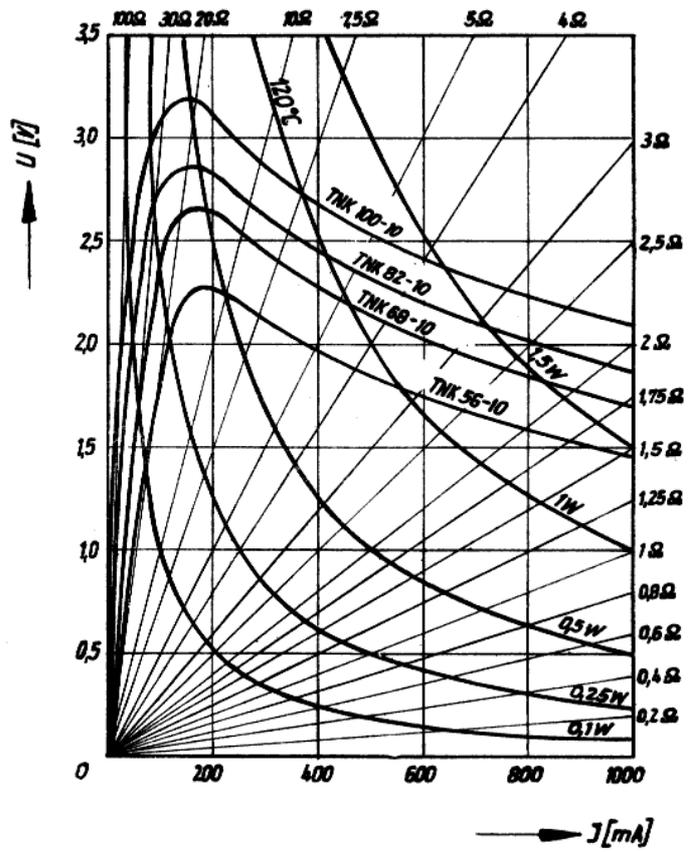
Grundfarbe grau mit Aufdruck

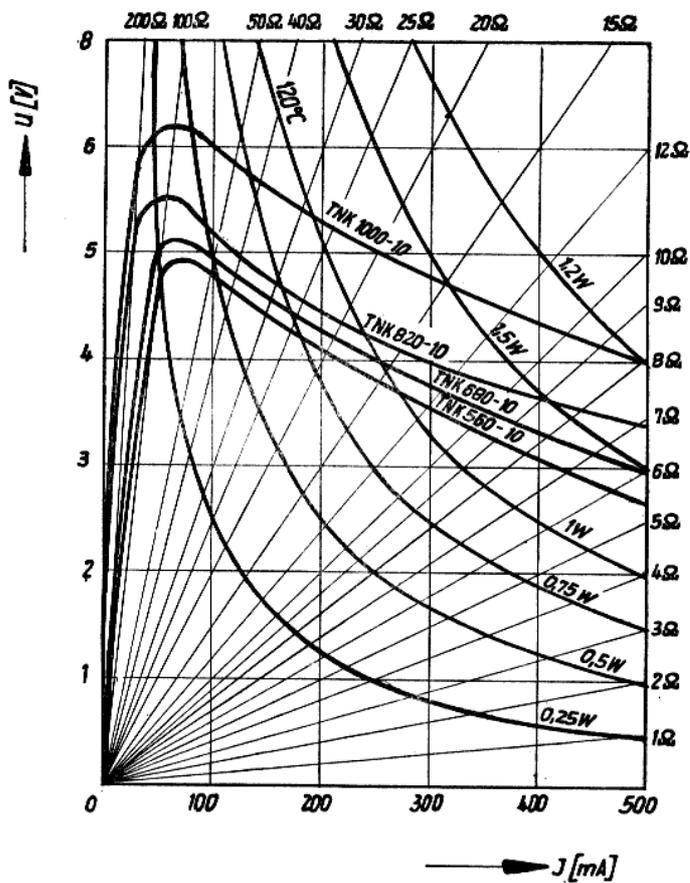
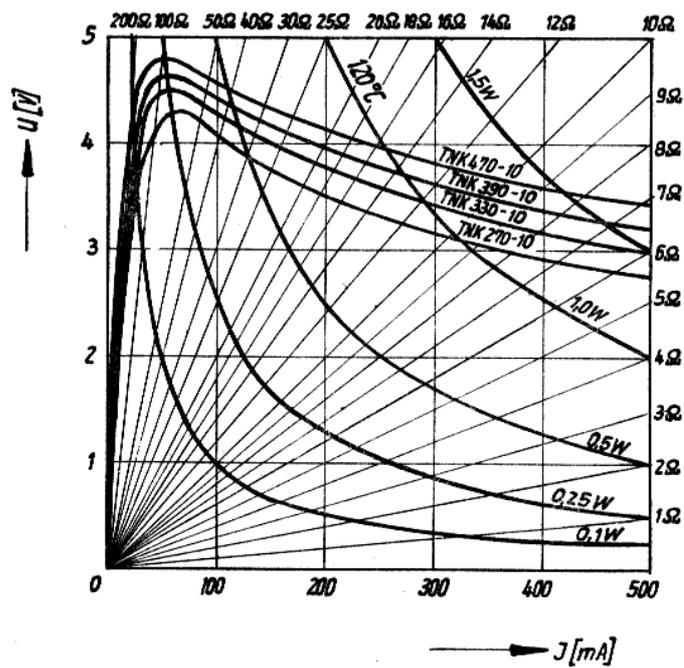


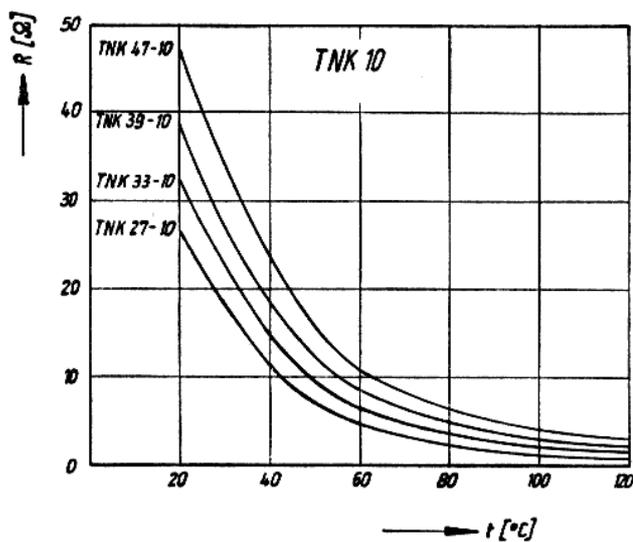
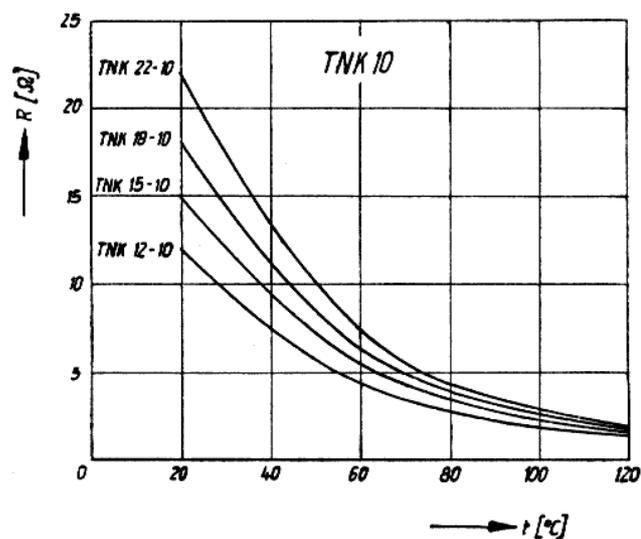
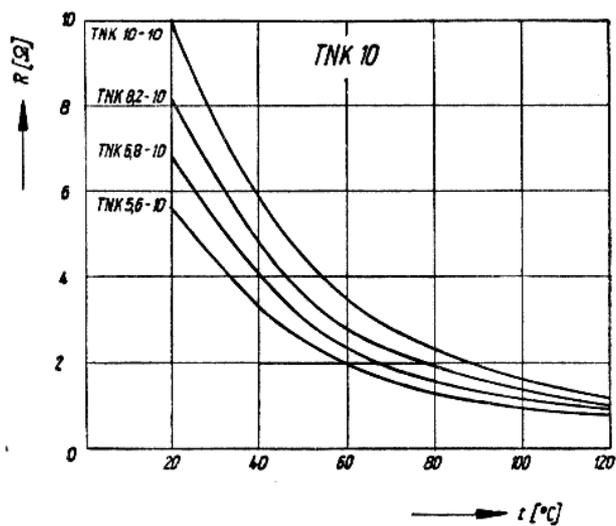
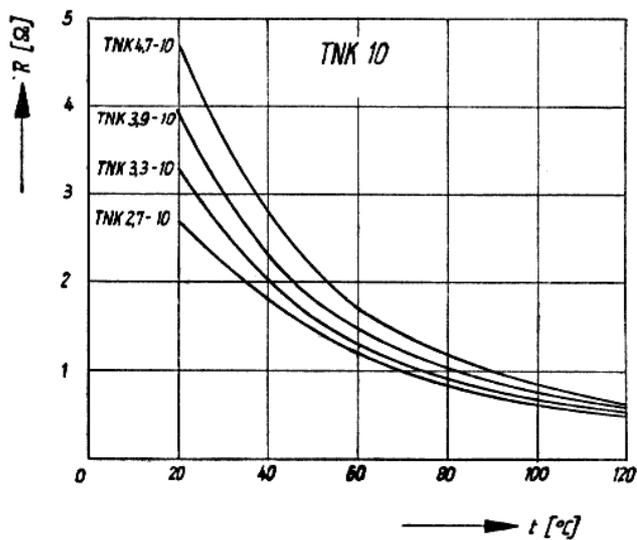
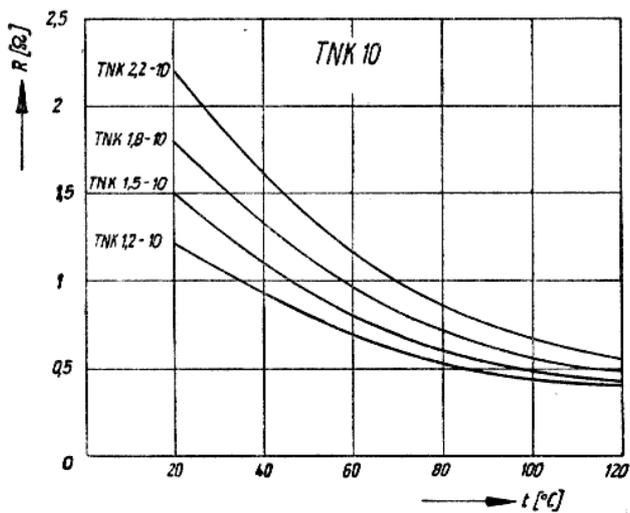
Herausdorfer Sinterwerkstoffe

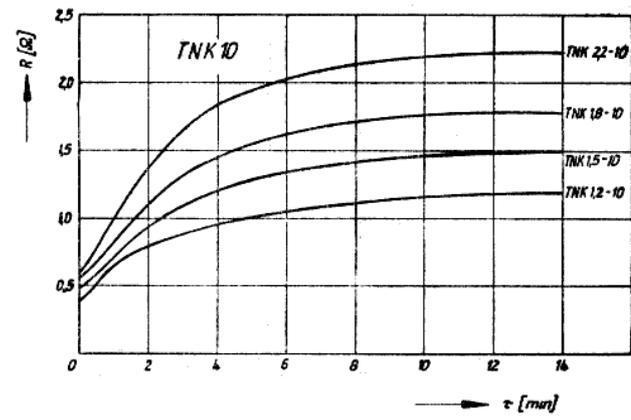
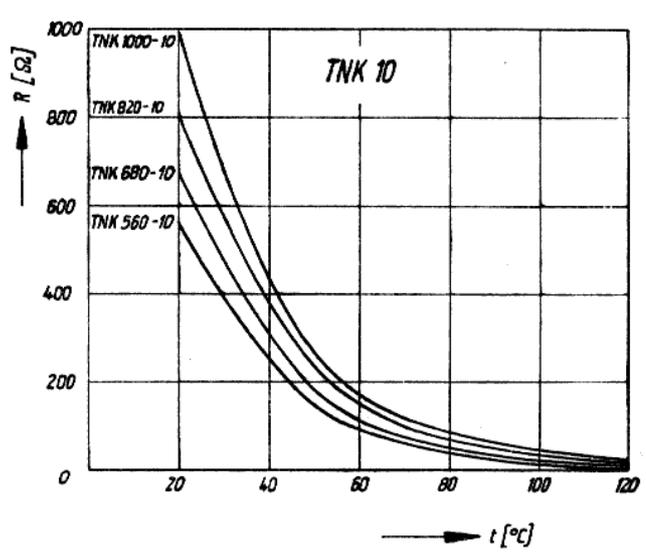
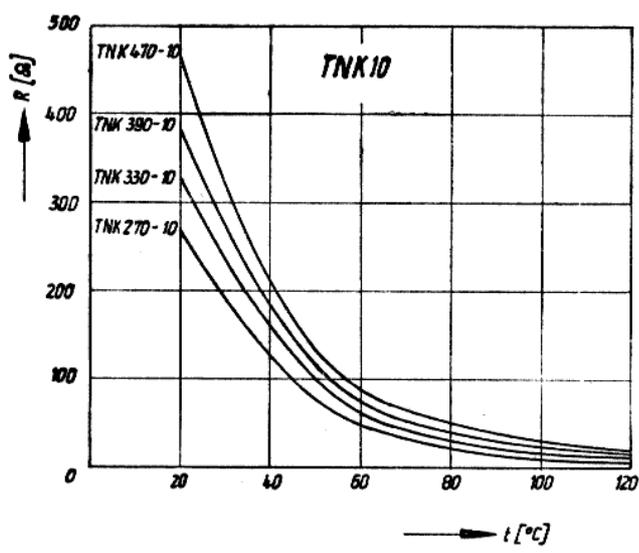
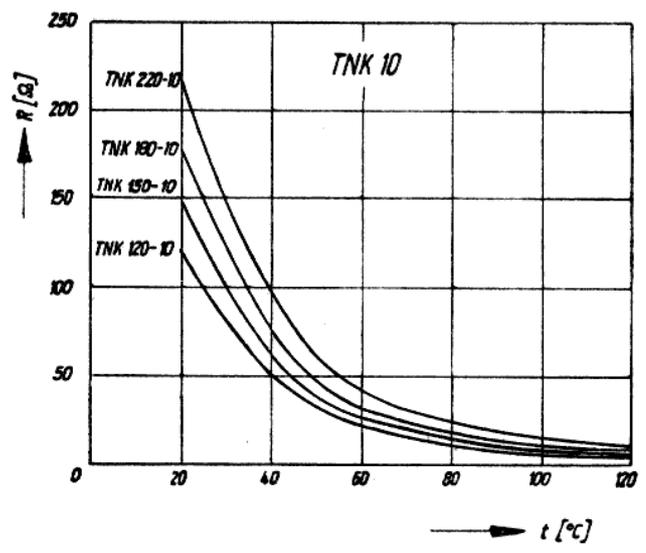
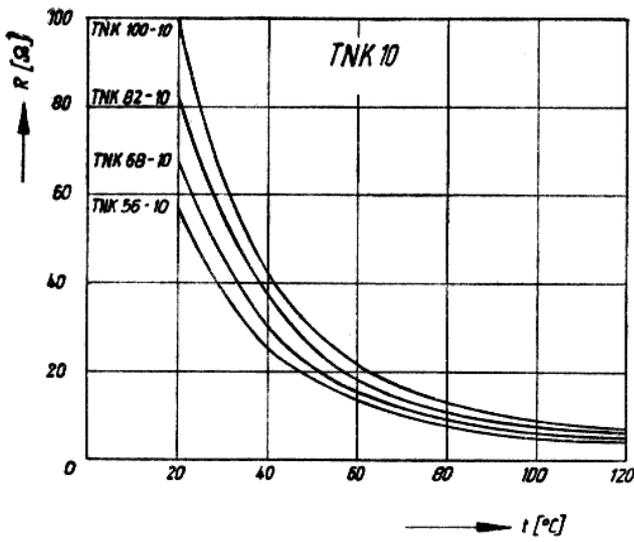


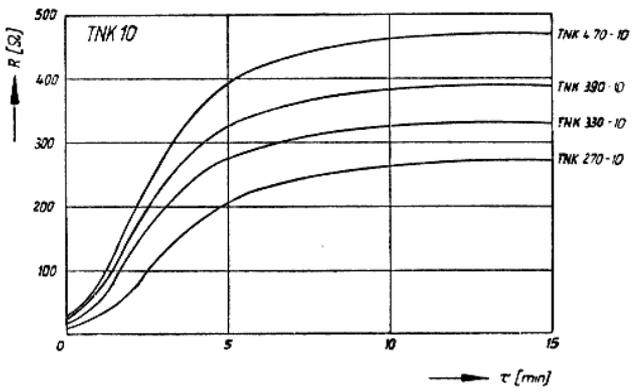
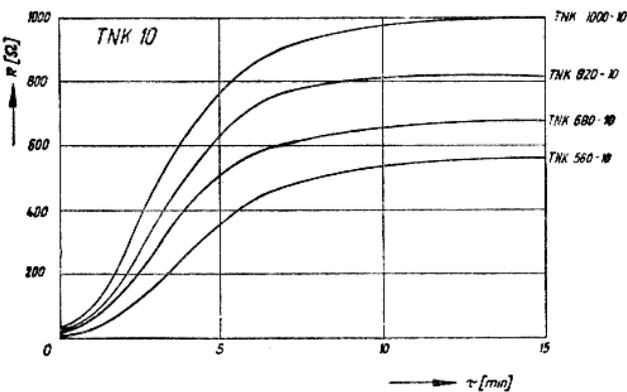
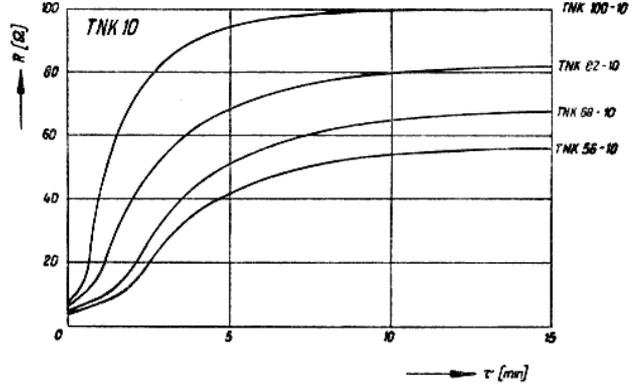
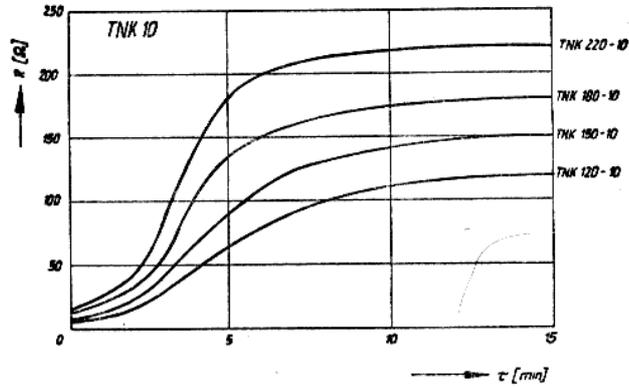
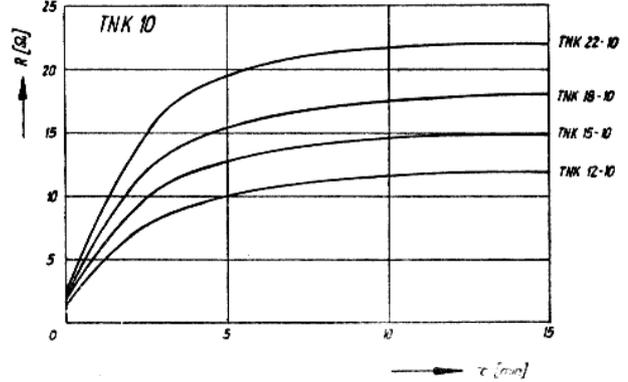
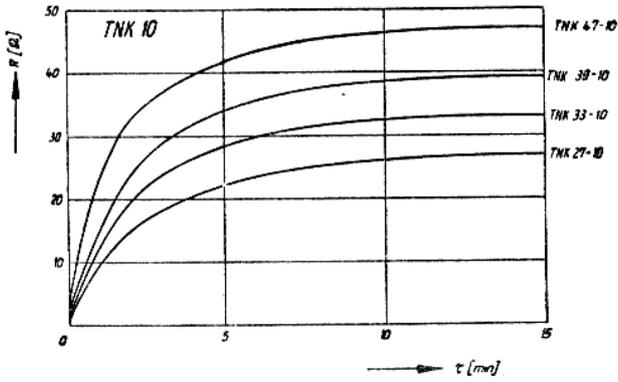
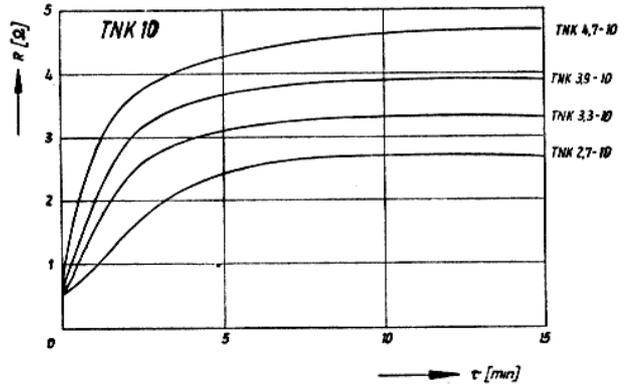
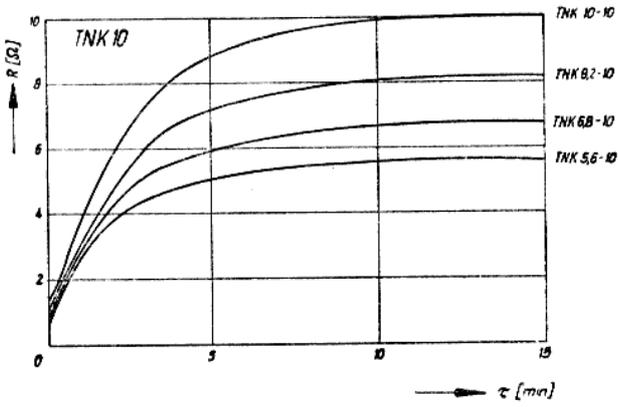




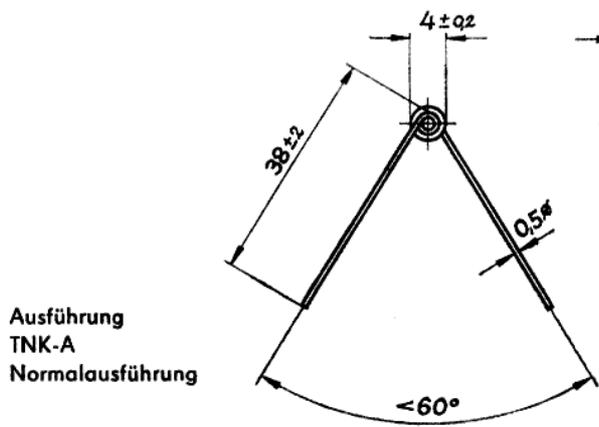




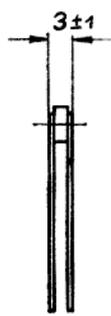




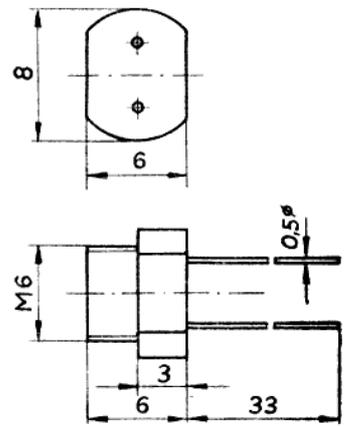
Thermistoren TNK-4 - Halbleiterwiderstände für Kompensations- und Meßzwecke



Ausführung
TNK-A
Normalausführung



Ausführung
TNK-B Einbauform
mit Schraubgewinde



max. Betriebstemperatur 120 °C
 max. Belastbarkeit in Luft 0,6 W
 Grenzleistung ohne Eigenerwärmung 1 mW
 Erholungszeit (bezogen auf 120 °C) 30 s ± 10 s
 Dissipationskonstante 7 mW/grad
 Gewicht 0,2 p

max. Betriebstemperatur 80 °C
 max. Belastbarkeit*) 1 W
 Erholungszeit (bezogen auf 80 °C)*) 15 s ± 5 s
 Dissipationskonstante*) 15 mW/grad
 Gewicht 0,6 p

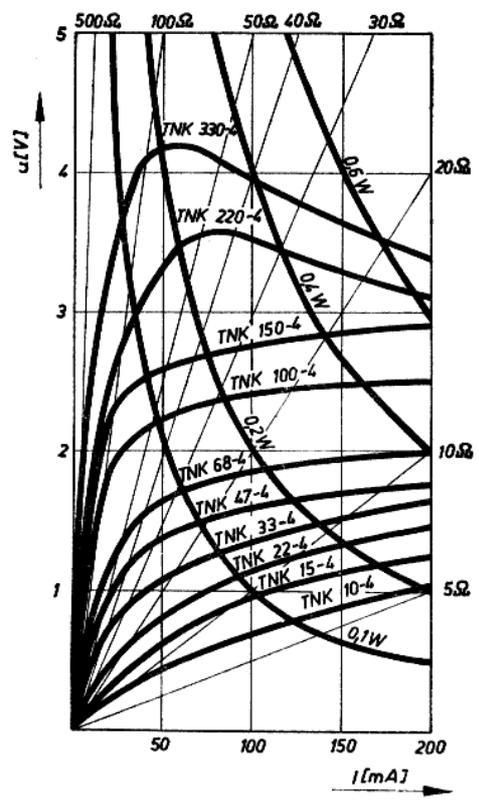
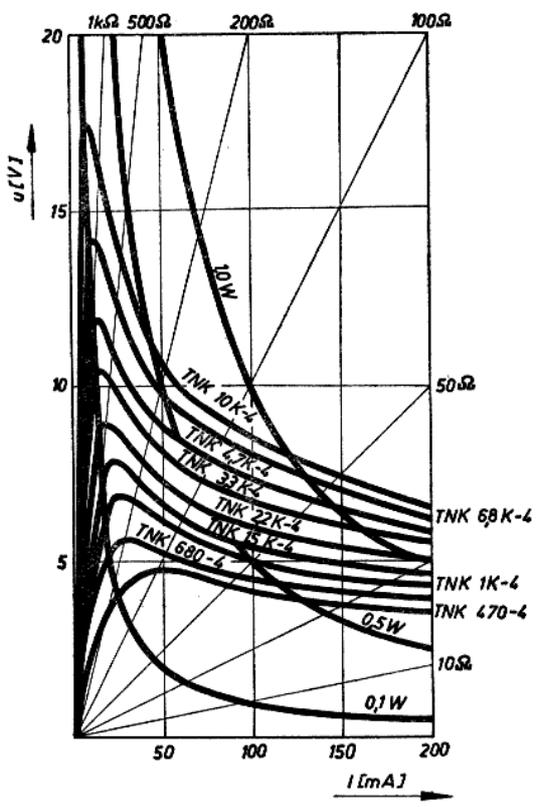
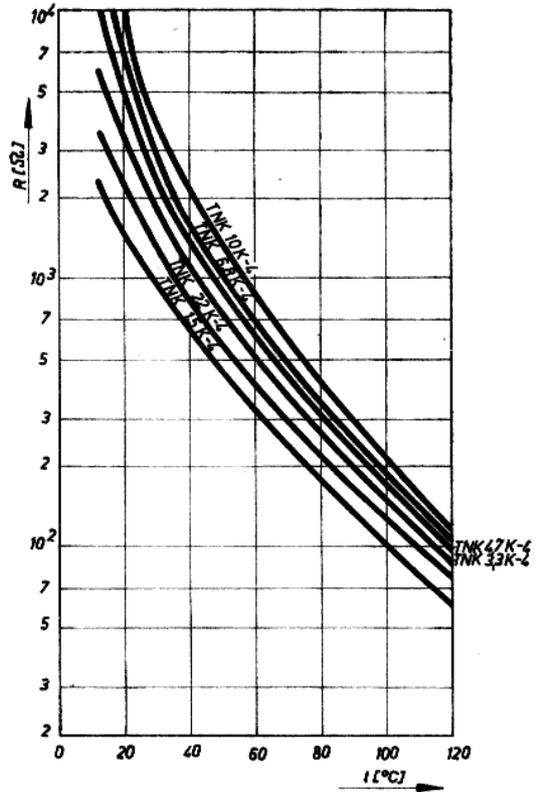
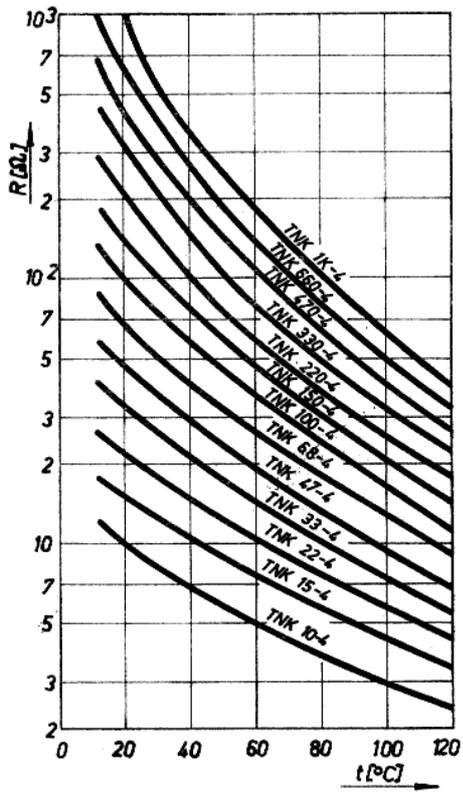
Farbkennzeichnung von der Armatur beginnend

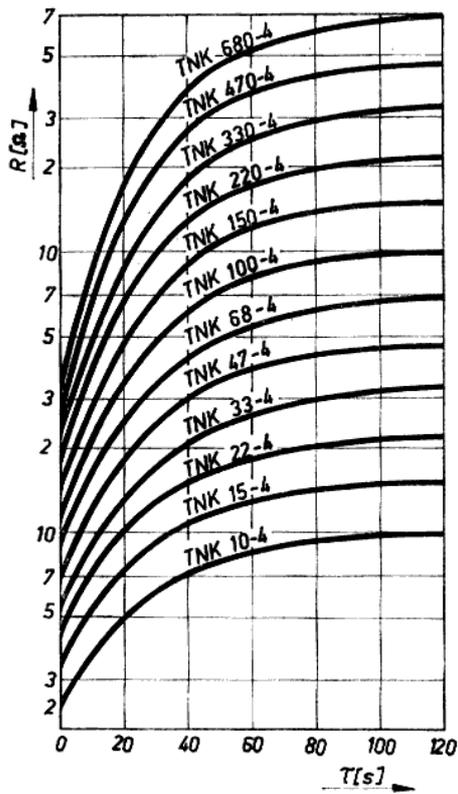
*) in Chassis eingeschraubt
 Kennzeichnung durch Aufdruck

Toleranz des Kaltwiderstandes bei beiden Ausführungen: ± 20; ± 10 %
 Toleranz der b-Konstante und des $TK_{R_{20}}$ bei beiden Ausführungen: ± 20; ± 10 %

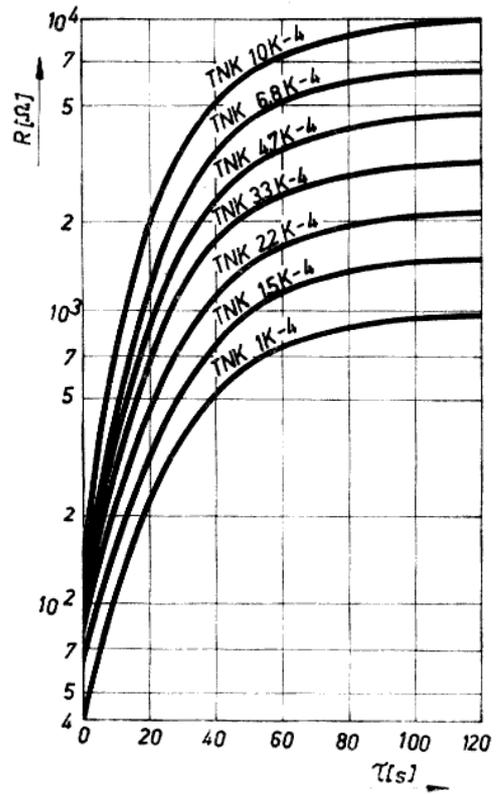
| TNK-Type | Kaltwiderstand R_{20} bei 20 °C (Ohm) | Energie- konstante b (°K) | $TK_{R_{20}}$ (- %/grad) | Farbkennzeichnung | | | Toleranzpunkt bei ± 10 % |
|----------|--|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------|--------------|--------------|---------------------------------|
| | | | | 1. Farbpunkt | 2. Farbpunkt | 3. Farbpunkt | |
| 10-4 | 10 | 1600 | 1,9 | braun | schwarz | schwarz | silber |
| 15-4 | 15 | 2000 | 2,3 | braun | grün | schwarz | silber |
| 22-4 | 22 | 2300 | 2,6 | rot | rot | schwarz | silber |
| 33-4 | 33 | 2600 | 3,1 | orange | orange | schwarz | silber |
| 47-4 | 47 | 2800 | 3,3 | gelb | violett | schwarz | silber |
| 68-4 | 68 | 3000 | 3,5 | blau | grau | schwarz | silber |
| 100-4 | 100 | 3300 | 3,9 | braun | schwarz | braun | silber |
| 150-4 | 150 | 3500 | 4,1 | braun | grün | braun | silber |
| 220-4 | 220 | 3600 | 4,2 | rot | rot | braun | silber |
| 330-4 | 330 | 3700 | 4,3 | orange | orange | braun | silber |
| 470-4 | 470 | 3800 | 4,4 | gelb | violett | braun | silber |
| 680-4 | 680 | 3900 | 4,5 | blau | grau | braun | silber |
| 1 k-4 | 1000 | 4000 | 4,7 | braun | schwarz | rot | silber |
| 1,5k-4 | 1500 | 4200 | 4,9 | braun | grün | rot | silber |
| 2,2k-4 | 2200 | 4500 | 5,2 | rot | rot | rot | silber |
| 3,3k-4 | 3300 | 4700 | 5,5 | orange | orange | rot | silber |
| 4,7k-4 | 4700 | 4800 | 5,7 | gelb | violett | rot | silber |
| 6,8k-4 | 6800 | 5000 | 5,8 | blau | grau | rot | silber |
| 10 k-4 | 10000 | 5300 | 6,2 | braun | schwarz | orange | silber |

Bestellbeispiel: TNK-A 470/10 - 10 - 4
 Bezeichnung eines temperaturabhängigen Widerstandes (T) mit negativem Temperaturkoeffizienten (N) für Kompensations- und Meßzwecke (K) in Normalausführung (A) mit einem Kaltwiderstand R_{20} bei 20 °C von $470 \pm 10 \%$ (470/10) und einer Toleranz der Energiekonstante b und des $TK_{R_{20}}$ von ± 10 % (10) vom Durchmesser 4 mm (4)





Ausführung TNK-A

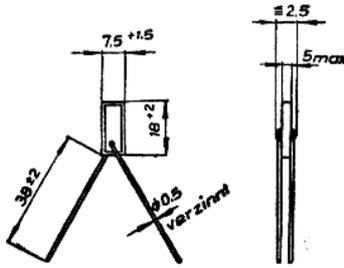


Ausführung TNK-A

Heraeusdorfer Sinterwerkstoffe

Thermistoren TNK

Halbleiterwiderstände zur Temperaturkompensation in Fernsehempfängern



Armierung auf Wunsch auch um 90° versetzt.

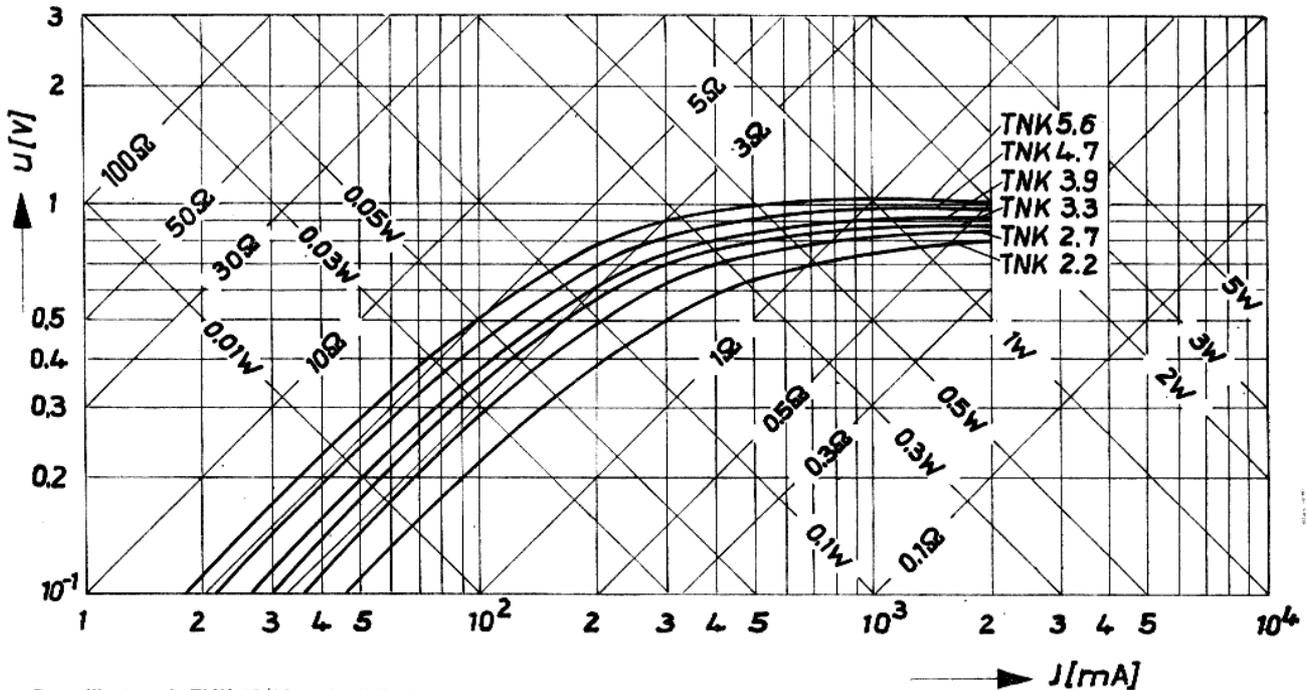
| | |
|--|--------------|
| max. Betriebstemperatur | 120 °C |
| max. Belastbarkeit in Luft | 2 W |
| Grenzleistung ohne Eigenerwärmung | 2 mW |
| Erholungszeit (bezogen auf 120 °C) | 2 ± 1 min |
| Dissipationskonstante | ~ 15 mW/grad |
| Gewicht | 1,5 p |

| TNK-Type | Kaltwiderstand R_{20} bei 20 °C [Ω] | Toleranz des Kaltwiderstandes [\pm %] | Energiekonstante b [°K] | $TK_{R_{20}}$ [—%/grad] | Toleranz der Energiekonstante b und des $TK_{R_{20}}$ [\pm %] |
|----------|---|---|------------------------------|----------------------------|---|
| 2,2 | 2,2 | 10, 20 | 2250 | 2,8 | 10, 20 |
| 2,7 | 2,7 | 10, 20 | 2300 | 2,9 | 10, 20 |
| 3,3 | 3,3 | 10, 20 | 2350 | 2,9 | 10, 20 |
| 3,9 | 3,9 | 10, 20 | 2400 | 3,0 | 10, 20 |
| 4,7 | 4,7 | 10, 20 | 2500 | 3,1 | 10, 20 |
| 5,6 | 5,6 | 10, 20 | 2620 | 3,2 | 10, 20 |
| 6,8 | 6,8 | 10, 20 | 2760 | 3,4 | 10, 20 |
| 8,2 | 8,2 | 10, 20 | 3000 | 3,6 | 10, 20 |
| 10 | 10 | 10, 20 | 3300 | 3,9 | 10, 20 |
| 12 | 12 | 10, 20 | 3400 | 4,0 | 10, 20 |
| 15 | 15 | 10, 20 | 3500 | 4,1 | 10, 20 |
| 18 | 18 | 10, 20 | 3600 | 4,2 | 10, 20 |
| 22 | 22 | 10, 20 | 3700 | 4,3 | 10, 20 |
| 27 | 27 | 10, 20 | 3800 | 4,4 | 10, 20 |
| 33 | 33 | 10, 20 | 3900 | 4,5 | 10, 20 |
| 820 | 820 | 10, 20 | 4700 | 5,7 | 10, 20 |
| 1000 | 1000 | 10, 20 | 4800 | 6,3 | 10, 20 |

Grundfarbe grau mit Aufdruck

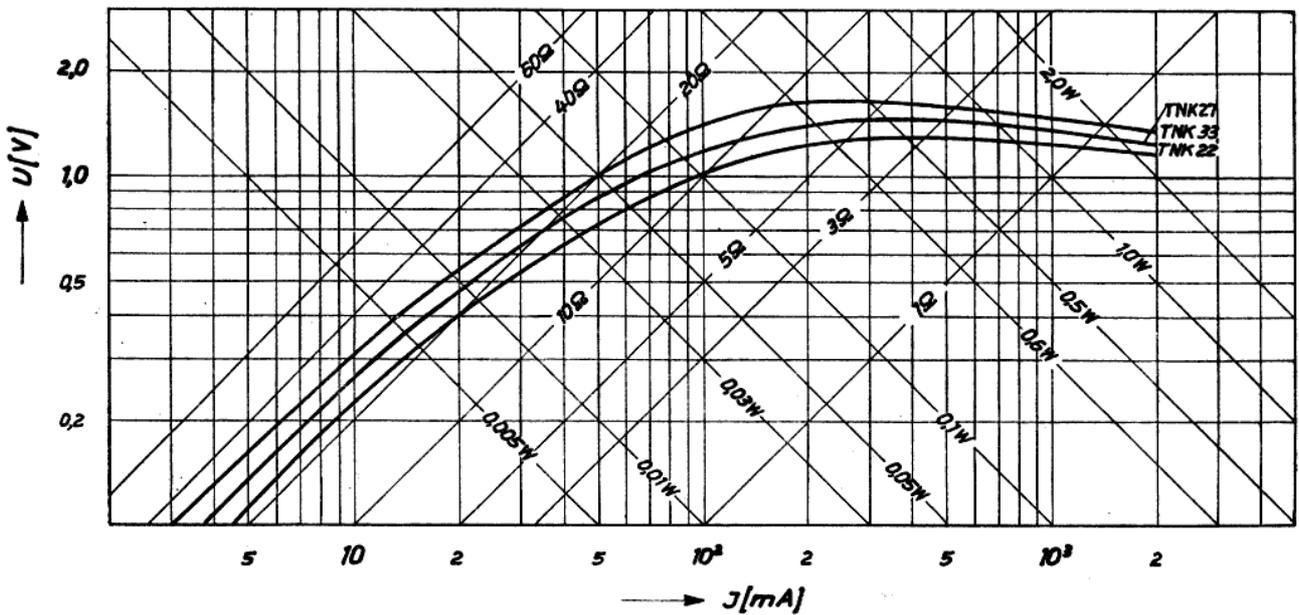
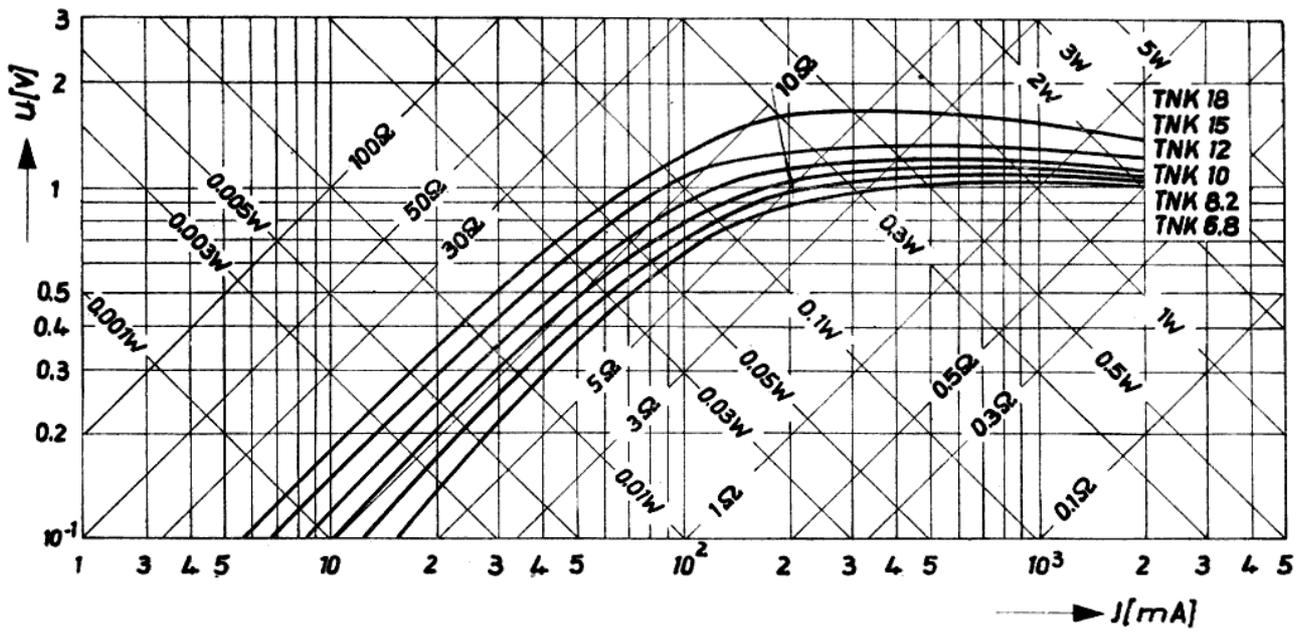
654.18 Ag

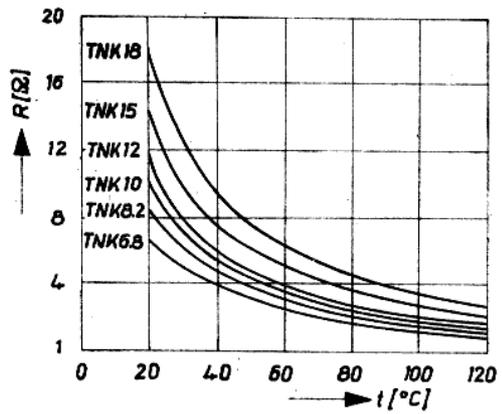
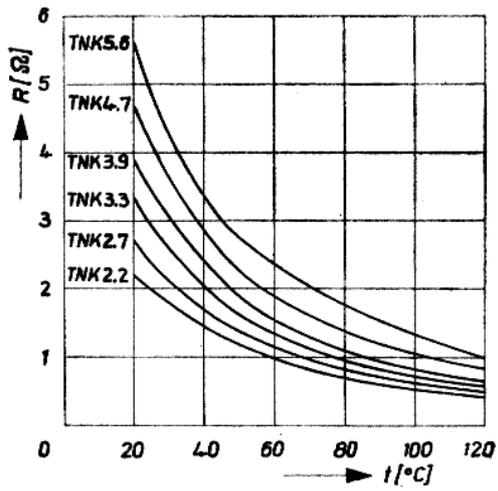
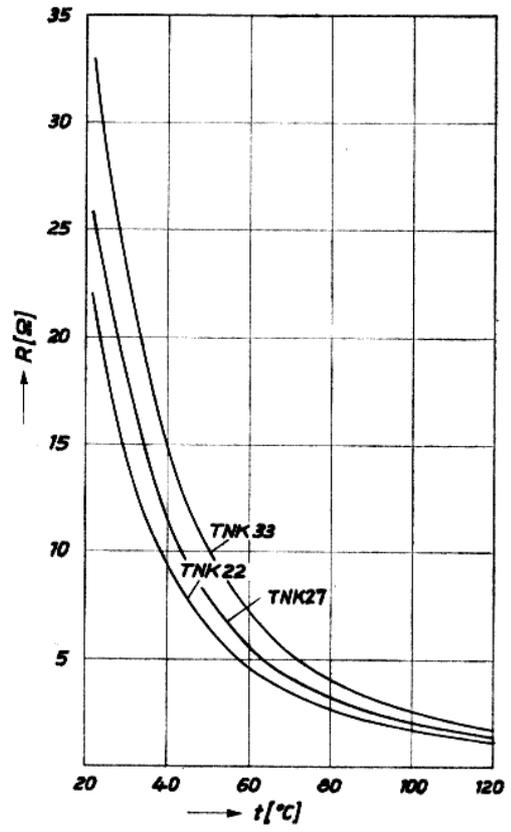
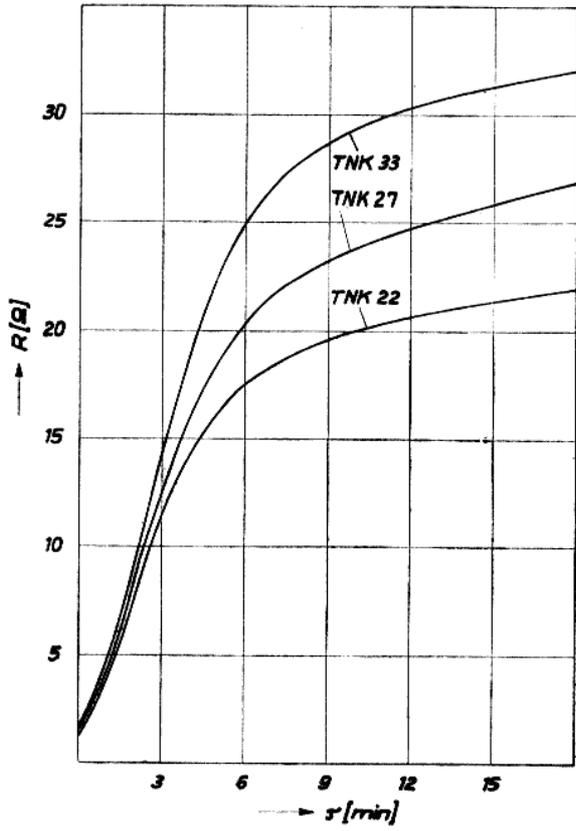
Kurven für TNK 1000 siehe TNK 1000-10

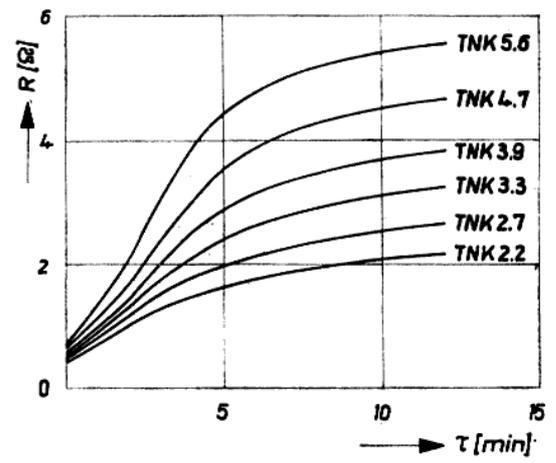
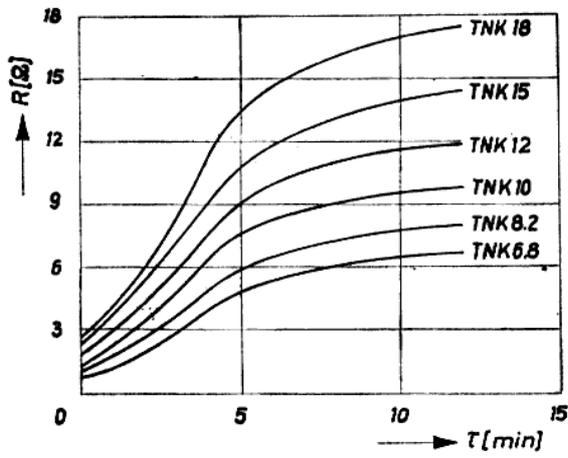


Bestellbeispiel: TNK 12/10 - 10 - 7,5.18

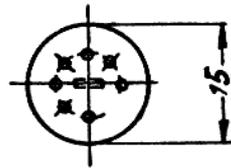
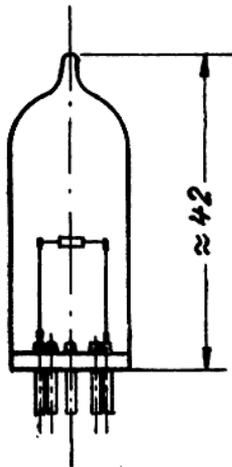
Bezeichnung eines temperaturabhängigen Widerstandes (T) mit negativem Temperaturkoeffizienten (N) für Kompensationszwecke (K) mit einem Kaltwiderstand R_{20} bei 20 °C von 12 ± 10 % (12/10) und einer Toleranz der Energiekonstante b und des $TK_{R_{20}}$ von ± 10 % (10) und von Breite \times Höhe = $7,5 \times 18$ mm (7,5.18).





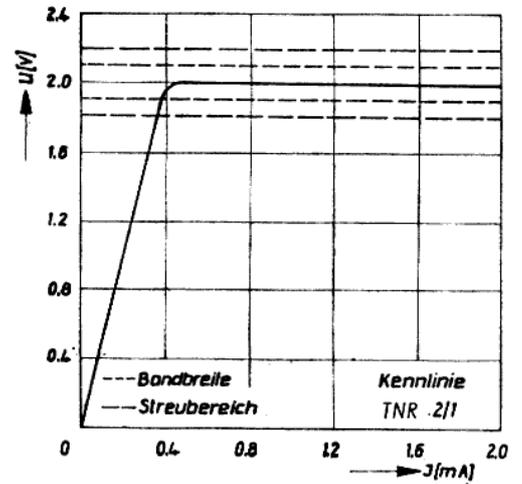


Thermistoren TNR



Sockelschaltung

Sockel 7polig Miniatur
Durchmesser
Glaskolben 15 mm



| Type | Nennspannung U_N | Streuung der Nennspannung | Bandbreite | Nennstrom | Regelbereich | Widerstand bei 20 °C |
|---------|-----------------------|---------------------------------|------------|-----------|--------------|----------------------------|
| | [V] | [± %] | [± %] | [mA] | [mA] | [kΩ] |
| TNR 2/1 | 2 | 20 | 5 | 1 | 0,4–2,0 | 15,0 ± 20 % |

656.6 Ag

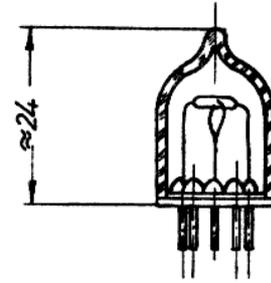
Bestellbeispiel: TNR 2 - 1

Bezeichnung eines temperaturabhängigen Widerstandes (T) mit negativem Temperaturkoeffizienten (N) für Regelzwecke (R), ausgelegt für eine Nennspannung von 2 V (2) bei einem Nennstrom von 1 mA (1).

Indirekt geheizte Thermistoren TNI

| | |
|--|-------------------------|
| Widerstand des Heizers | 100 Ω \pm 20 % |
| Maximale Leistung des Heizers | 50 mW |
| Spannungsfestigkeit zwischen Heizer und Thermistor | > 500 V |
| Kapazität zwischen Heizer und Thermistor | < 3 pF |
| Widerstand zwischen Heizer und Thermistor | > 10 ¹² |

Miniatursockel 7polig, Glaskolbendurchmesser ca. 15 mm.
7 Steckerstifte

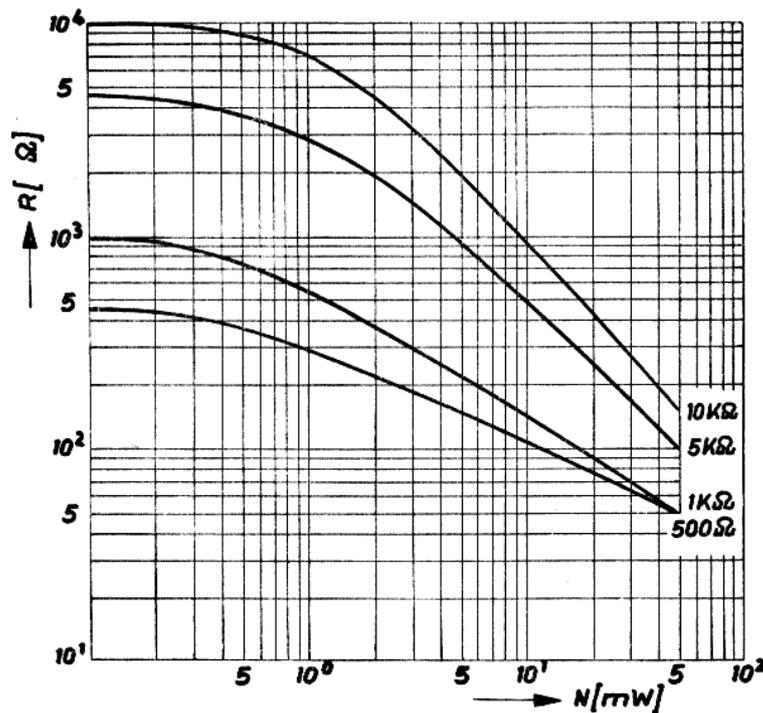


| TNI-Type | Kaltwiderstand des Thermistors R_{20} [k Ω] | Toleranz des Kaltwiderstandes [\pm %] | Regelverhältnis S*) |
|----------|---|--|---------------------|
| 470 | 0,470 | 20 | \cong 1 : 10 |
| 500** | 0,500 | 20 | \cong 1 : 10 |
| 680 | 0,680 | 20 | \cong 1 : 10 |
| 1 k | 1,0 | 20 | \cong 1 : 20 |
| 1,5 k | 1,5 | 20 | \cong 1 : 20 |
| 2,2 k | 2,2 | 20 | \cong 1 : 30 |
| 3,3 k | 3,3 | 20 | \cong 1 : 40 |
| 4,7 k | 4,7 | 20 | \cong 1 : 50 |
| 5,0 k** | 5,0 | 20 | \cong 1 : 50 |
| 6,8 k | 6,8 | 20 | \cong 1 : 60 |
| 8,2 k | 8,2 | 20 | \cong 1 : 70 |
| 10,0 k | 10,0 | 20 | \cong 1 : 80 |

*) $S = \frac{R_N}{R_{20}}$ R_N ist der Thermistorwiderstand bei N_{max}

656.3 Ag

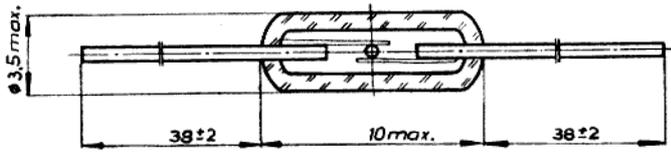
**) Nicht für Neuentwicklungen



Bestellbeispiel: TNI 470

Bezeichnung eines temperaturabhängigen Widerstandes (T) mit negativem Temperaturkoeffizienten (N) und indirekter Heizung (I) mit einem Kaltwiderstand R_{20} bei 20 °C von 470 (470).

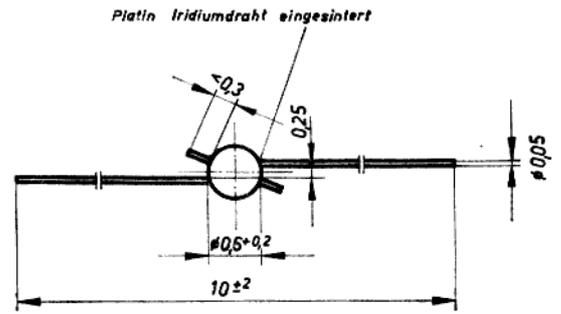
Mikrothermistoren TNS
Perlthermistoren für Spezialzwecke
Mikrothermistoren TNS-A



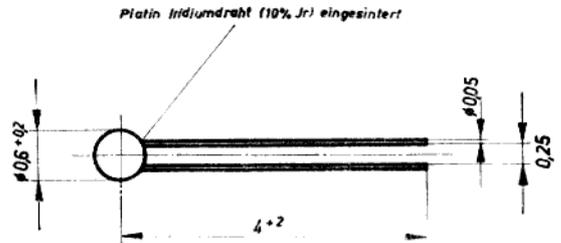
- Toleranz von R_{20} $\pm 20\%$; $\pm 10\%$
- Toleranz des b-Wertes $\pm 5\%$
- Max. zul. Betriebstemperatur (bei $N_{max.}$) $200\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Max. zul. Belastung 60 mW
- Dissipationskonstante $0,3\text{ mW/grad}$
- Anschlußdrähte Cu-Manteldraht
 $0,8\text{ mm } \varnothing$,
 galv. versilbert

Mikrothermistoren TNS-B und TNS-C

Ausführung TNS-B



Ausführung TNS-C



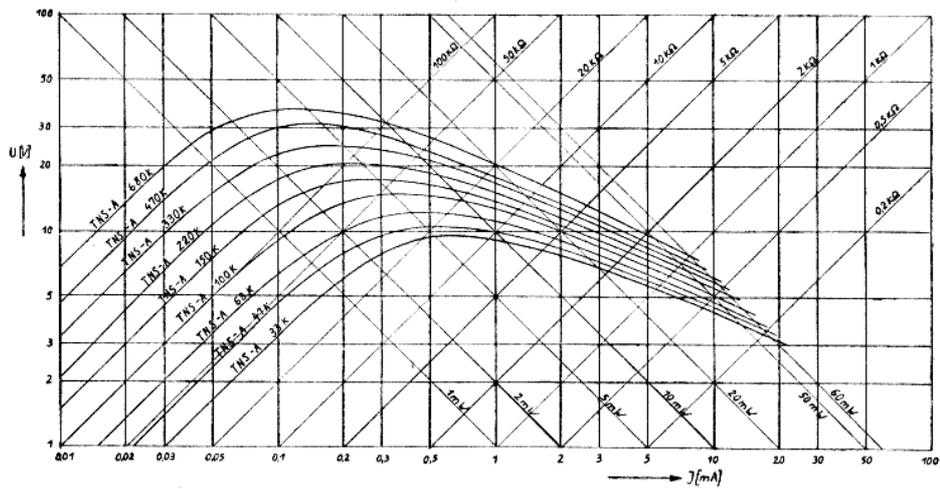
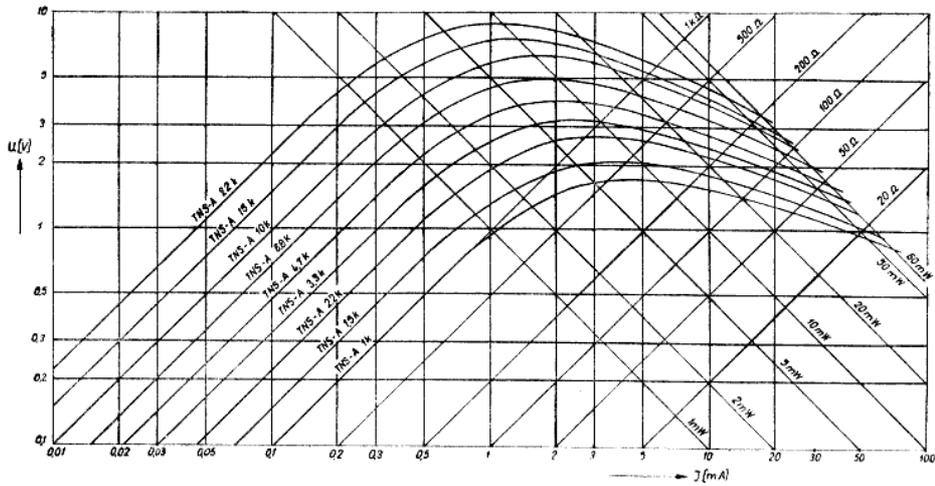
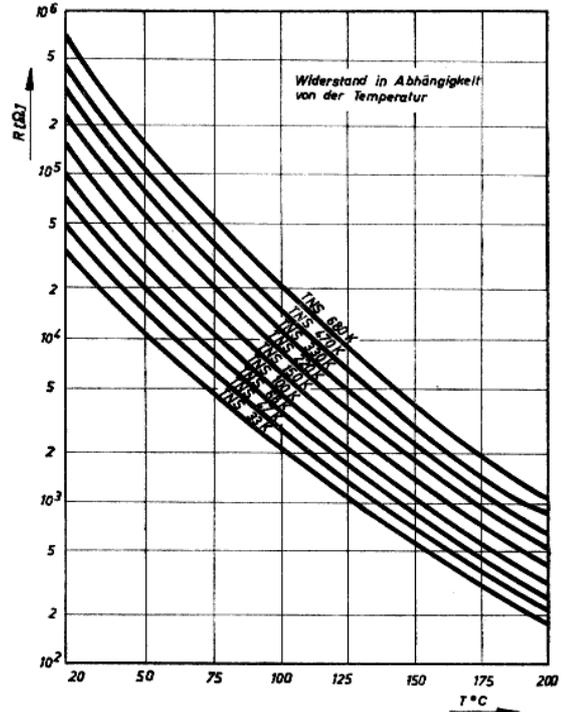
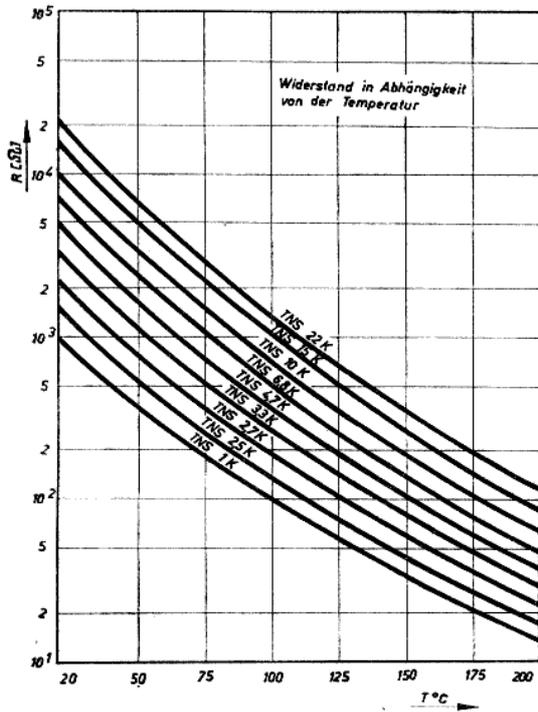
- Toleranz von R_{20} $\pm 20\%$; $\pm 10\%$
- Toleranz des b-Wertes $\pm 5\%$
- Max. zul. Betriebstemperatur $200\text{ }^{\circ}\text{C}$

Typenübersicht der Mikrothermistoren TNS

| Typ | Kaltwiderstand | Energiekonstante b | $TK_{R_{20}}$ | Farbkennzeichnung | | |
|-------|----------------|--------------------|---------------|-------------------|---------|--------|
| TNS-A | | | | | | |
| TNS-B | | | | | | |
| TNS-C | (kOhm) | (°K) | (—°/°/grad) | | | |
| 1 k | 1 | 3200 | 3,7 | braun | schwarz | rot |
| 1,5 k | 1,5 | 3250 | 3,8 | braun | grün | rot |
| 2,2 k | 2,2 | 3300 | 3,9 | rot | rot | rot |
| 3,3 k | 3,3 | 3350 | 3,9 | orange | orange | rot |
| 4,7 k | 4,7 | 3400 | 4,0 | gelb | violett | rot |
| 6,8 k | 6,8 | 3450 | 4,0 | blau | grau | rot |
| 10 k | 10 | 3500 | 4,1 | braun | schwarz | orange |
| 15 k | 15 | 3600 | 4,2 | braun | grün | orange |
| 22 k | 22 | 3650 | 4,3 | rot | rot | orange |
| 33 k | 33 | 3750 | 4,4 | orange | orange | orange |
| 47 k | 47 | 3800 | 4,4 | gelb | violett | orange |
| 68 k | 68 | 3850 | 4,5 | blau | grau | orange |
| 100 k | 100 | 4100 | 4,8 | braun | schwarz | gelb |
| 150 k | 150 | 4150 | 4,9 | braun | grün | gelb |
| 220 k | 220 | 4200 | 4,9 | rot | rot | gelb |
| 330 k | 330 | 4300 | 5,0 | orange | orange | gelb |
| 470 k | 470 | 4400 | 5,2 | gelb | violett | gelb |
| 680 k | 680 | 4450 | 5,2 | blau | grau | gelb |

Bestellbeispiel: TNS-A 10k/10-5

Bezeichnung eines temperaturabhängigen Widerstandes (T) mit negativem Temperaturkoeffizienten (N) für Spezialzwecke (S) in der Ausführung A mit einem R_{20} von $10\text{ k } \Omega \pm 10\%$ (10k/10) bei einer Toleranz des b-Wertes von $\pm 5\%$.

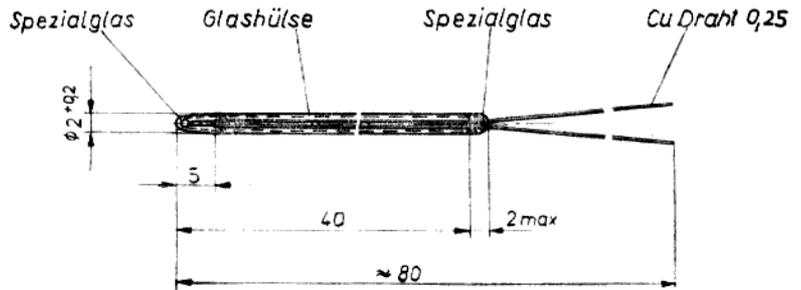


Thermistoren TNF

Die Thermistoren TNF sind Thermistoren in Fühlerform; sie enthalten einen in Spezialglas eingeschmolzenen Mikrothermistor.

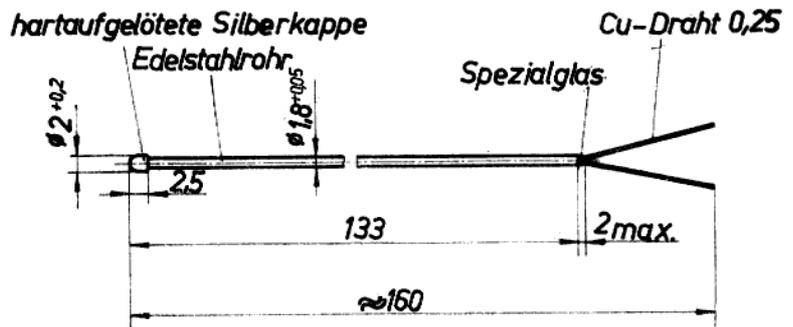
Glastemperaturfühler TNF-G

Zeichnung TNF-G



| | |
|--|-----------------------------------|
| Widerstandswerte | 1 bis 100 kOhm |
| Energie-Konstante b | siehe hierzu Typenübersicht TNS-A |
| Kennzeichnung | siehe Typenübersicht TNS-A |
| Toleranz von R_{20} | siehe Typenübersicht TNS-A |
| Toleranz des b-Wertes | ± 20 % |
| Max. zul. Betriebstemperatur | 10 % |
| Belastung bei vernachlässigbarer Eigenerwärmung | 200 °C |
| (Widerstandsänderung durch Eigenerwärmung 0,1 %) | ≥ 10 ⁻⁵ W |
| Erholungszeit (bezogen auf 150 °C) | ≥ 45 s (gemessen in Luft) |

Metalltemperaturfühler TNF-M



| Type | Widerstand bei 20°C R_{20} (kOhm) | Toleranz ± % | b (°K) ± 20 % |
|-------------|-------------------------------------|--------------|---------------|
| TNF-M 1 k | 1 | 20 | 2100 |
| TNF-M 1,5 k | 1,5 | 20 | 2150 |
| TNF-M 2,2 k | 2,2 | 20 | 2200 |
| TNF-M 3,3 k | 3,3 | 20 | 2300 |
| TNF-M 4,7 k | 4,7 | 20 | 2400 |
| TNF-M 6,8 k | 6,8 | 20 | 2500 |
| TNF-M 10 k | 10 | 20 | 2600 |

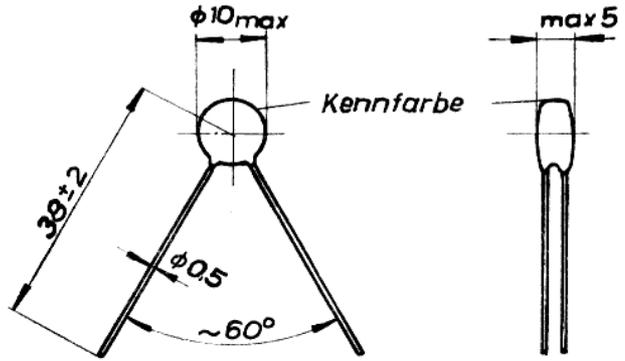
| | | |
|---|----------------------|-------------------------------|
| max. Betriebstemperatur | 200 °C | Toleranzen ± 10 % auf Anfrage |
| Erholungszeit (bezogen auf 150 °C) in Öl | ≥ 5 s | |
| in Luft | ≥ 45 s | |
| max. Belastbarkeit bei vernachlässigbarer Eigenerwärmung (Widerstandsänderung durch Eigenerwärmung < 0,1 %) | ≥ 10 ⁻⁵ W | |
| Dissipationskonstante | ca. 0,4 mW/grad | |

Alle Bauformen der Mikrothermistoren (TNS-A, TNS-B, TNS-C, TNF-G und TNF) sind sorgfältig gealtert. Die Widerstände werden, soweit sie nicht schon durch die Bauform in Glasumhüllung vorliegen, mit dünnem Glasurüberzug geliefert. Die Kennzeichnung erfolgt (außer bei TNF-M) durch drei Farbpunkte auf dem Bauelement bzw. auf der Verpackung.

Thermistoren mit positivem Temperaturkoeffizienten (TP-Typen)

Typenreihe TP - 10

Max. Betriebsspannung
(bei ca. 25 °C Umgebungstemperatur) 50 V
Dissipationskonstante $C \geq 10 \text{ mW/grad}$
Toleranz von R_{20} $\pm 50 \%$

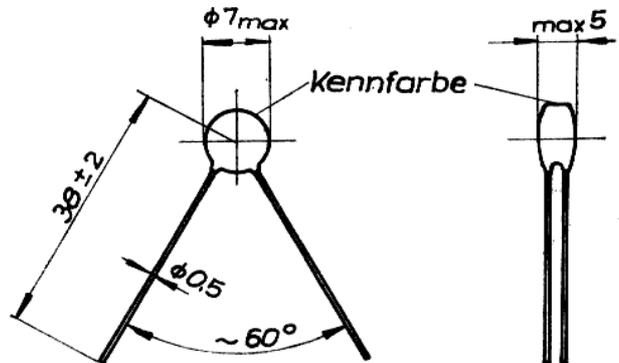


| Type | R_{20} (Ohm) | f_A * | t_s (°C) | t_M (°C) | Kennfarbe |
|--------------|----------------|----------|------------|------------|-----------|
| TP 30/ 50-10 | 30 | $> 10^3$ | 50 | 130 | gelb |
| TP 30/ 90-10 | 30 | $> 10^3$ | 90 | 170 | orange |
| TP 30/120-10 | 30 | $> 10^3$ | 120 | 190 | rot |

*) abhängig von anliegender Spannung

Typenreihe TP - 7

Max. Betriebsspannung
(bei ca. 25 °C Umgebungstemperatur) 40 V
Dissipationskonstante $C \geq 8 \text{ mW/grad}$
Toleranz von R_{20} $\pm 50 \%$



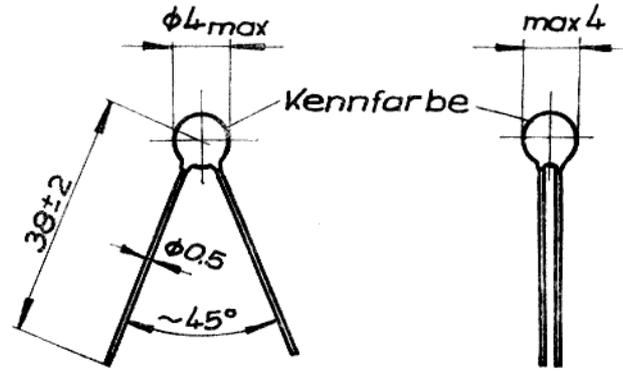
| Type | R_{20} (Ohm) | f_A * | t_s (°C) | t_M (°C) | Kennfarbe |
|-------------|----------------|----------|------------|------------|-----------|
| TP 40/ 50-7 | 40 | $> 10^3$ | 50 | 130 | gelb |
| TP 40/ 70-7 | 40 | $> 10^3$ | 70 | 150 | braun |
| TP 40/ 90-7 | 40 | $> 10^3$ | 90 | 170 | orange |
| TP 40/120-7 | 40 | $> 10^3$ | 120 | 190 | rot |

*) abhängig von anliegender Spannung

Typenreihe TP - 4

"vorläufige Daten"

Max. Betriebsspannung
(bei ca. 25 °C Umgebungstemperatur) 30 V
Dissipationskonstante C ≥ 4 mW/grad
Toleranz von R₂₀ ± 50 %



| Type | R ₂₀ (Ohm) | f _A *) | t _s (°C) | t _M (°C) | Kennfarbe |
|-------------|-----------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-----------|
| TP 60/ 50-4 | 60 | > 10 ³ | 50 | 130 | gelb |
| TP 60/ 70-4 | 60 | > 10 ³ | 70 | 150 | braun |
| TP 60/ 90-4 | 60 | > 10 ³ | 90 | 170 | orange |
| TP 60/120-4 | 60 | > 10 ³ | 120 | 190 | rot |

*) abhängig von anliegender Spannung
Diese Typen sind auch in der Bauform TMP lieferbar.

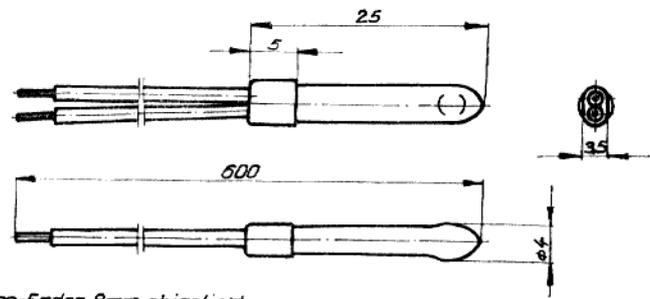
Bestellbeispiel: TP 40/50-7

Bezeichnung für einen temperaturabhängigen Widerstand (T) mit positivem Temperaturkoeffizienten (P) mit einem Kaltwiderstand R₂₀ bei 20 °C von 40 Ohm (40), einer Sprungtemperatur von 50 °C (50) vom Durchmesser 7 mm (7).

TP-Widerstände für den thermischen Wicklungsstand in Fühlerform

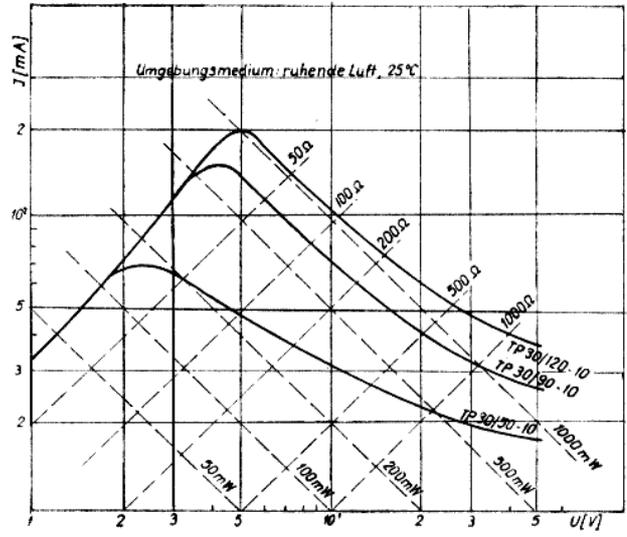
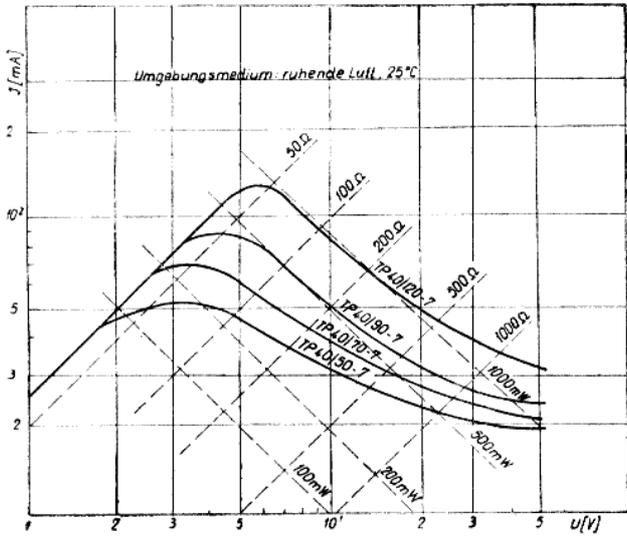
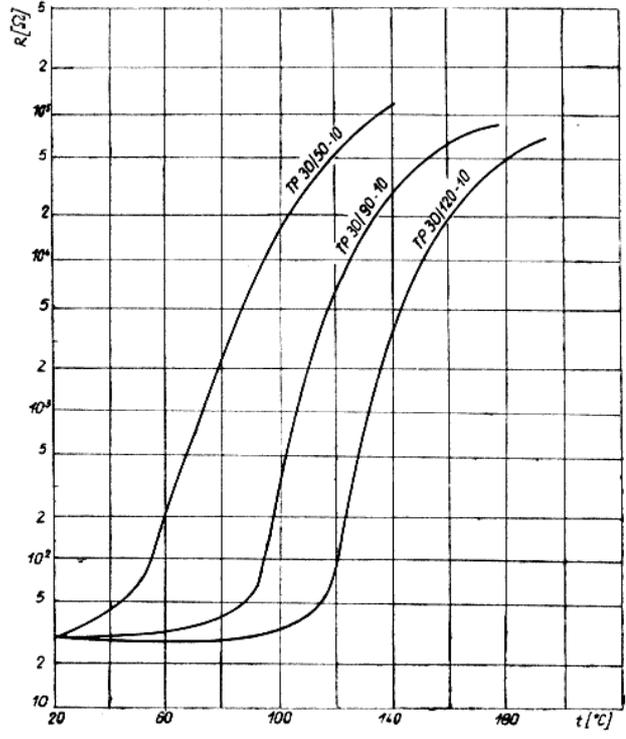
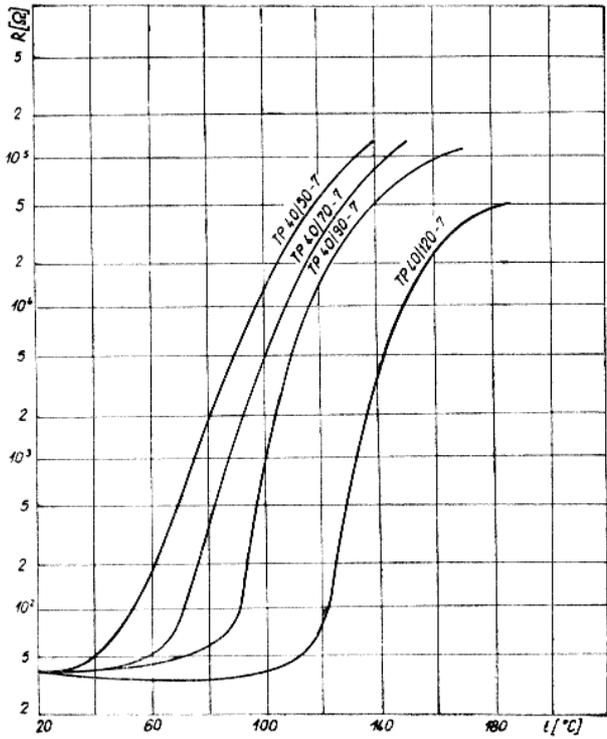
TPM

Durchschlagsspannung . . . > 3 kV
Material der Zuleitung . . . Schaltlitze, silikon-gummiisoliert
Li 2 Gv 0,25 mm²
Toleranzen von R₂₀ ± 50 %
Zeitkonstante 7 . . . 9 s



| Type | R ₂₀ (Ohm) | max. 300 Ohm | mind. 900 Ohm | Kennzeichnung |
|---------|-----------------------|--------------|---------------|---------------|
| TPM 90 | 60 | 80 °C | 90 °C | 90 °C |
| TPM 100 | 60 | 90 °C | 100 °C | 100 °C |
| TPM 110 | 60 | 105 °C | 110 °C | 110 °C |
| TPM 115 | 60 | 110 °C | 115 °C | 115 °C |
| TPM 120 | 60 | 115 °C | 120 °C | 120 °C |
| TPM 130 | 60 | 125 °C | 130 °C | 130 °C |

Die Lieferung des thermischen Wicklungsschutzes, bestehend aus Schaltrelais und zugehörigen Temperaturfühlern, erfolgt durch den VEB Wetron Weida, Weida, Geaer Straße 36.



Varistoren SV

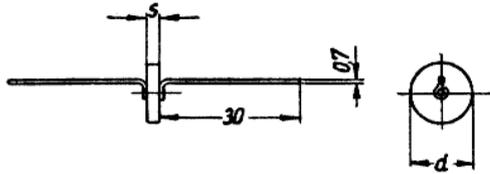


Abb. 1

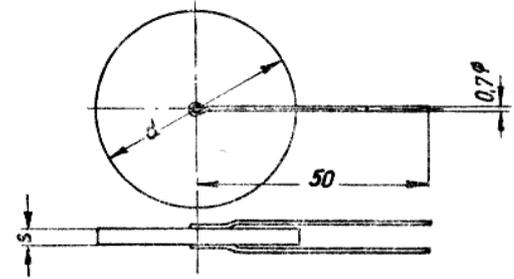
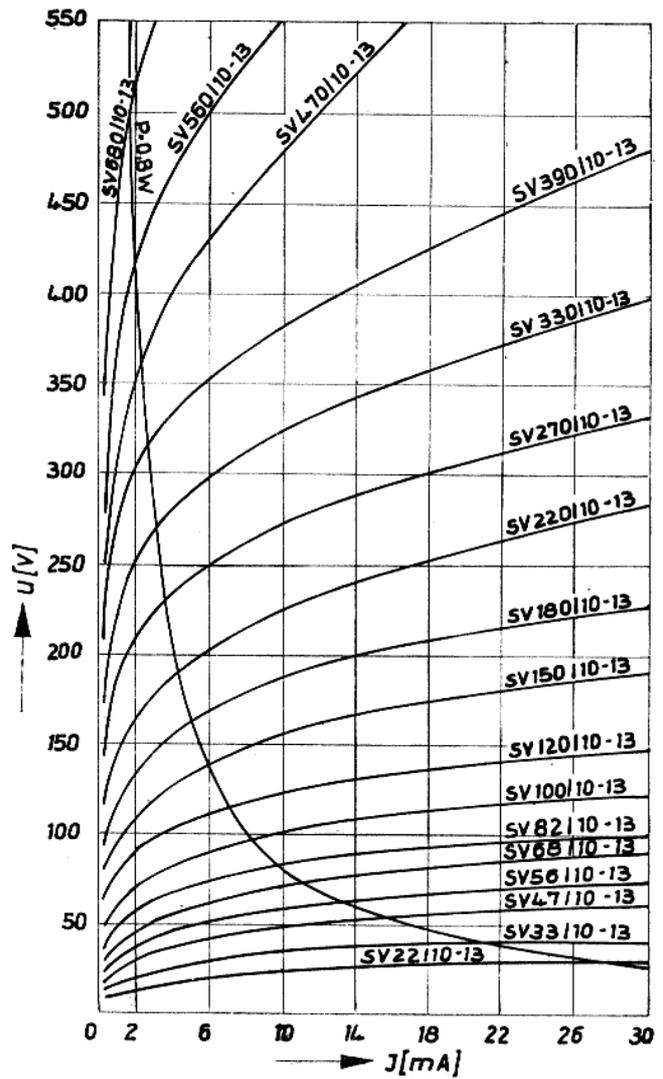
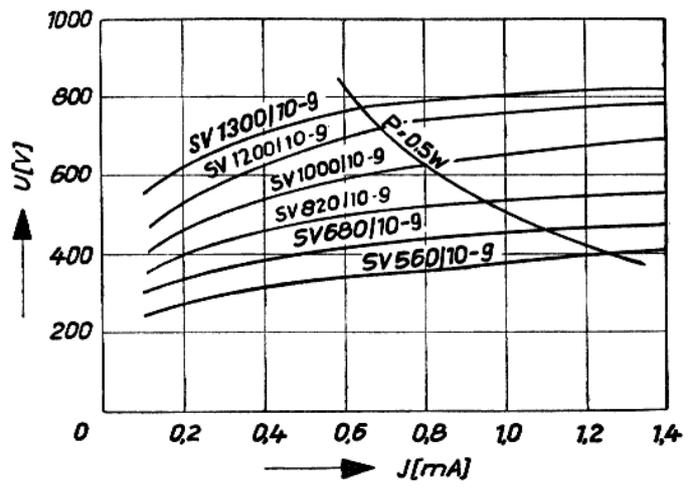


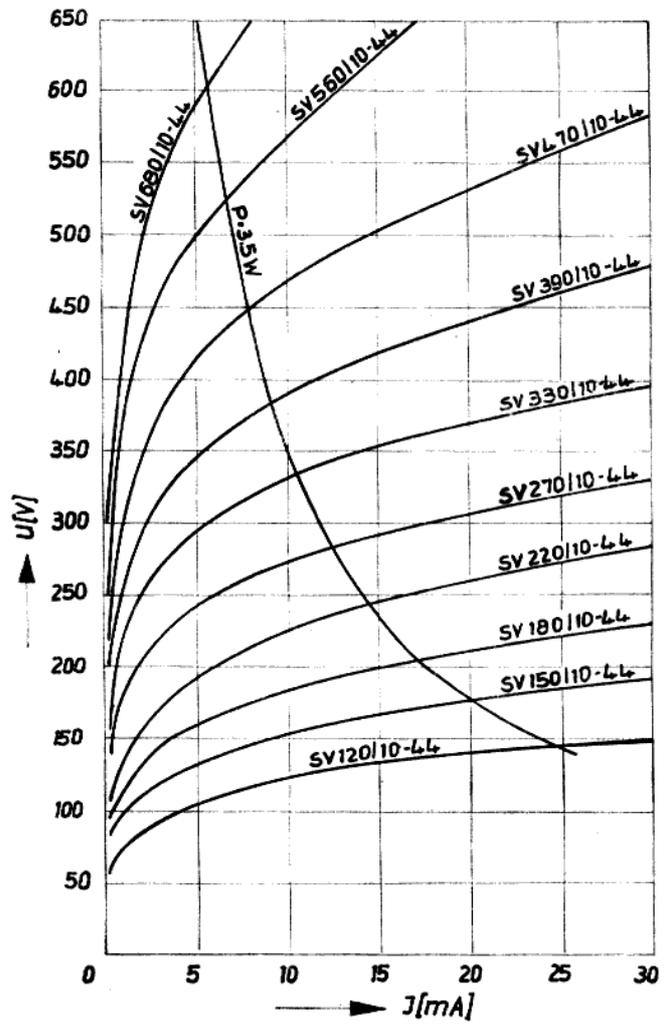
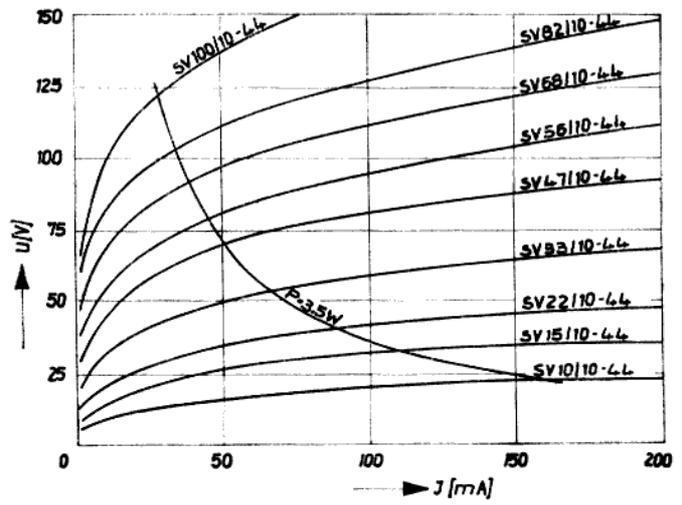
Abb. 2

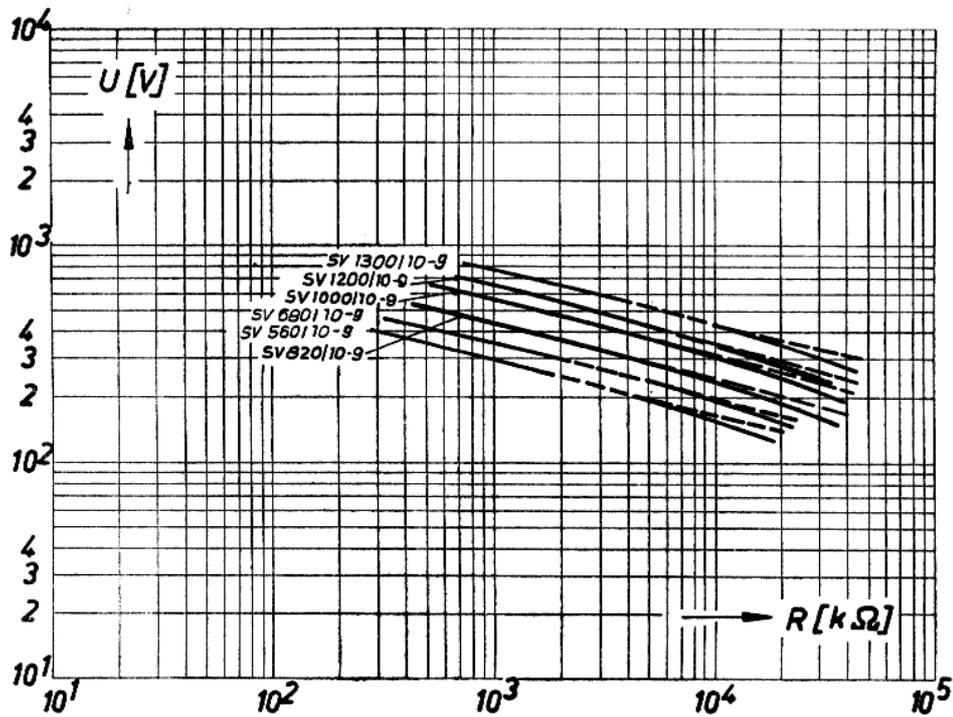
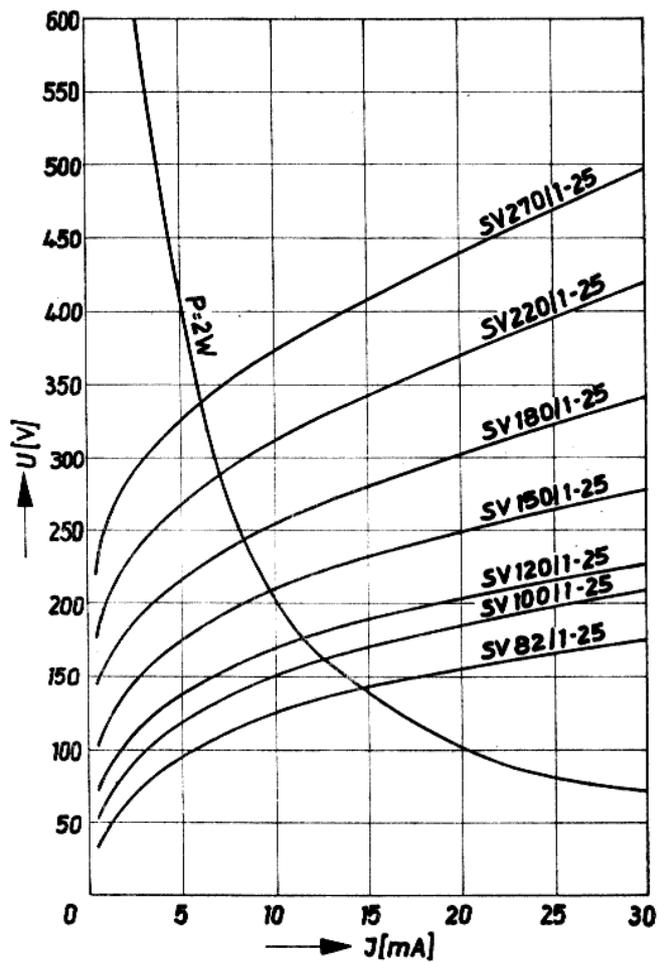
| Type | Spannung [V] | Toleranz [± %] | I*) [mA] | β [± 0,03] | P bei 120 °C [W] | d [mm] | h _{max} [mm] | Abbildung |
|----------------|-----------------|-------------------|-------------|---------------|------------------------|-----------|--------------------------|-----------|
| SV 560/10-9 | 560 | 10, 20 | 10 | 0,19 | 0,5 | 9 ± 1,5 | 8 | |
| SV 680/10-9 | 680 | 10, 20 | 10 | 0,19 | 0,5 | 9 ± 1,5 | 8 | |
| SV 820/10-9 | 820 | 10, 20 | 10 | 0,19 | 0,5 | 9 ± 1,5 | 11 | |
| SV 1000/10-9 | 1000 | 10, 20 | 10 | 0,19 | 0,5 | 9 ± 1,5 | 13 | 1 |
| SV 1200/10-9 | 1200 | 10, 20 | 10 | 0,19 | 0,5 | 9 ± 1,5 | 13 | |
| SV 1300/10-9** | 1300 | 10, 20 | 10 | 0,19 | 0,5 | 9 ± 1,5 | 14 | |
| SV 22/10-13 | 22 | 10, 20 | 10 | 0,25 | 0,8 | 13 ± 2 | 5 | |
| SV 33/10-13 | 33 | 10, 20 | 10 | 0,25 | 0,8 | 13 ± 2 | 5 | |
| SV 47/10-13 | 47 | 10, 20 | 10 | 0,25 | 0,8 | 13 ± 2 | 6 | |
| SV 56/10-13 | 56 | 10, 20 | 10 | 0,22 | 0,8 | 13 ± 2 | 6 | |
| SV 68/10-13 | 68 | 10, 20 | 10 | 0,22 | 0,8 | 13 ± 2 | 6 | |
| SV 82/10-13 | 82 | 10, 20 | 10 | 0,22 | 0,8 | 13 ± 2 | 6 | |
| SV 100/10-13 | 100 | 10, 20 | 10 | 0,22 | 0,8 | 13 ± 2 | 6 | |
| SV 120/10-13 | 120 | 10, 20 | 10 | 0,19 | 0,8 | 13 ± 2 | 7 | |
| SV 150/10-13 | 150 | 10, 20 | 10 | 0,19 | 0,8 | 13 ± 2 | 7 | 1 bez. 2 |
| SV 180/10-13 | 180 | 10, 20 | 10 | 0,19 | 0,8 | 13 ± 2 | 7 | |
| SV 220/10-13 | 220 | 10, 20 | 10 | 0,19 | 0,8 | 13 ± 2 | 7 | |
| SV 270/10-13 | 270 | 10, 20 | 10 | 0,18 | 0,8 | 13 ± 2 | 8 | |
| SV 330/10-13 | 330 | 10, 20 | 10 | 0,18 | 0,8 | 13 ± 2 | 8 | |
| SV 390/10-13 | 390 | 10, 20 | 10 | 0,18 | 0,8 | 13 ± 2 | 8 | |
| SV 470/10-13 | 470 | 10, 20 | 10 | 0,18 | 0,8 | 13 ± 2 | 8 | |
| SV 560/10-13 | 560 | 10, 20 | 10 | 0,18 | 0,8 | 13 ± 2 | 8 | |
| SV 680/10-13 | 680 | 10, 20 | 10 | 0,18 | 0,8 | 13 ± 2 | 8 | |
| SV 82/1-25 | 82 | 10, 20 | 1 | 0,18 | 2,0 | 25 ± 2 | 7 | |
| SV 100/1-25 | 100 | 10, 20 | 1 | 0,18 | 2,0 | 25 ± 2 | 7 | |
| SV 120/1-25 | 120 | 10, 20 | 1 | 0,18 | 2,0 | 25 ± 2 | 7 | |
| SV 150/1-25 | 150 | 10, 20 | 1 | 0,18 | 2,0 | 25 ± 2 | 8 | 1 bez. 2 |
| SV 180/1-25 | 180 | 10, 20 | 1 | 0,18 | 2,0 | 25 ± 2 | 8 | |
| SV 220/1-25 | 220 | 10, 20 | 1 | 0,18 | 2,0 | 25 ± 2 | 8 | |
| SV 270/1-25 | 270 | 10, 20 | 1 | 0,18 | 2,0 | 25 ± 2 | 8 | |
| SV 10/10-44 | 10 | 10, 20 | 10 | 0,3 | 3,5 | 44 ± 2 | 5 | |
| SV 15/10-44 | 15 | 10, 20 | 10 | 0,3 | 3,5 | 44 ± 2 | 5 | |
| SV 22/10-44 | 22 | 10, 20 | 10 | 0,3 | 3,5 | 44 ± 2 | 5 | |
| SV 33/10-44 | 33 | 10, 20 | 10 | 0,25 | 3,5 | 44 ± 2 | 6 | |
| SV 47/10-44 | 47 | 10, 20 | 10 | 0,25 | 3,5 | 44 ± 2 | 6 | |
| SV 56/10-44 | 56 | 10, 20 | 10 | 0,2 | 3,5 | 44 ± 2 | 6 | |
| SV 68/10-44 | 68 | 10, 20 | 10 | 0,2 | 3,5 | 44 ± 2 | 6 | |
| SV 82/10-44 | 82 | 10, 20 | 10 | 0,19 | 3,5 | 44 ± 2 | 7 | |
| SV 100/10-44 | 100 | 10, 20 | 10 | 0,19 | 3,5 | 44 ± 2 | 7 | |
| SV 120/10-44 | 120 | 10, 20 | 10 | 0,19 | 3,5 | 44 ± 2 | 7 | 2 |
| SV 150/10-44 | 150 | 10, 20 | 10 | 0,19 | 3,5 | 44 ± 2 | 7 | |
| SV 180/10-44 | 180 | 10, 20 | 10 | 0,19 | 3,5 | 44 ± 2 | 7 | |
| SV 220/10-44 | 220 | 10, 20 | 10 | 0,18 | 3,5 | 44 ± 2 | 8 | |
| SV 270/10-44 | 270 | 10, 20 | 10 | 0,18 | 3,5 | 44 ± 2 | 8 | |
| SV 330/10-44 | 330 | 10, 20 | 10 | 0,18 | 3,5 | 44 ± 2 | 8 | |
| SV 390/10-44 | 390 | 10, 20 | 10 | 0,18 | 3,5 | 44 ± 2 | 8 | |
| SV 470/10-44 | 470 | 10, 20 | 10 | 0,18 | 3,5 | 44 ± 2 | 8 | |
| SV 560/10-44 | 560 | 10, 20 | 10 | 0,18 | 3,5 | 44 ± 2 | 8 | |
| SV 680/10-44 | 680 | 10, 20 | 10 | 0,18 | 3,5 | 44 ± 2 | 8 | |

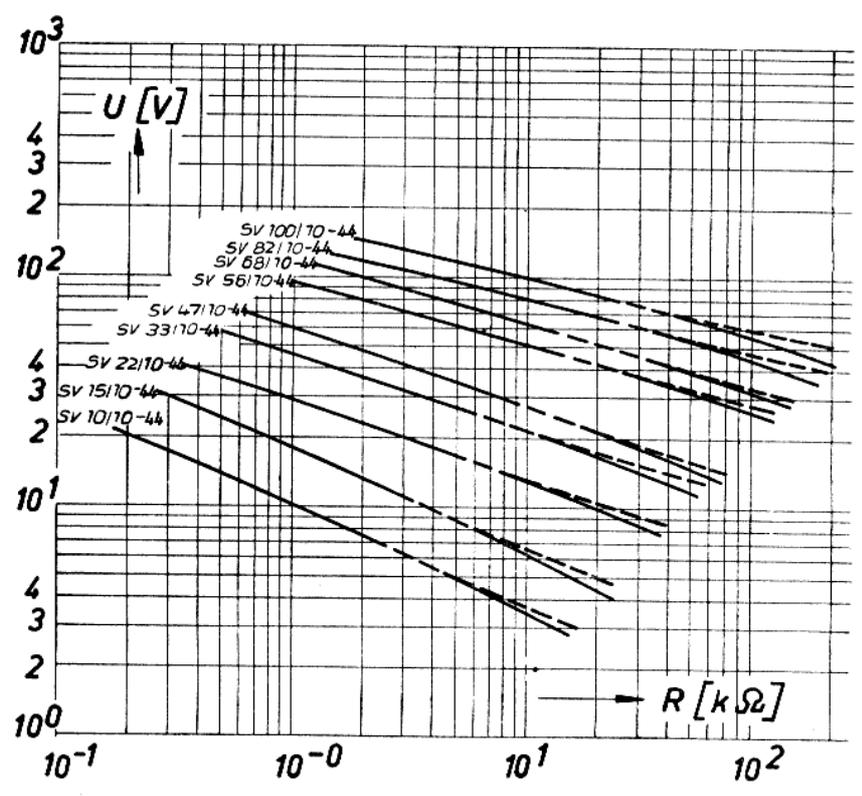
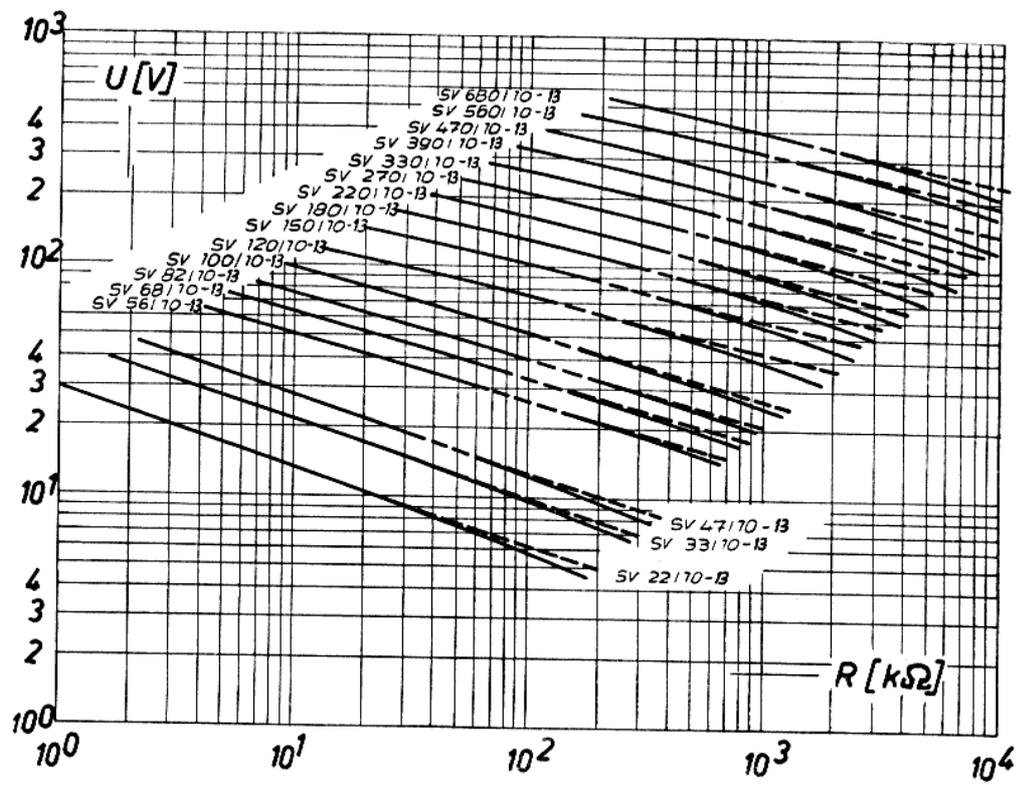
*) Meßdauer max. 200 ms bei d = 9 mm und d = 13 mm.

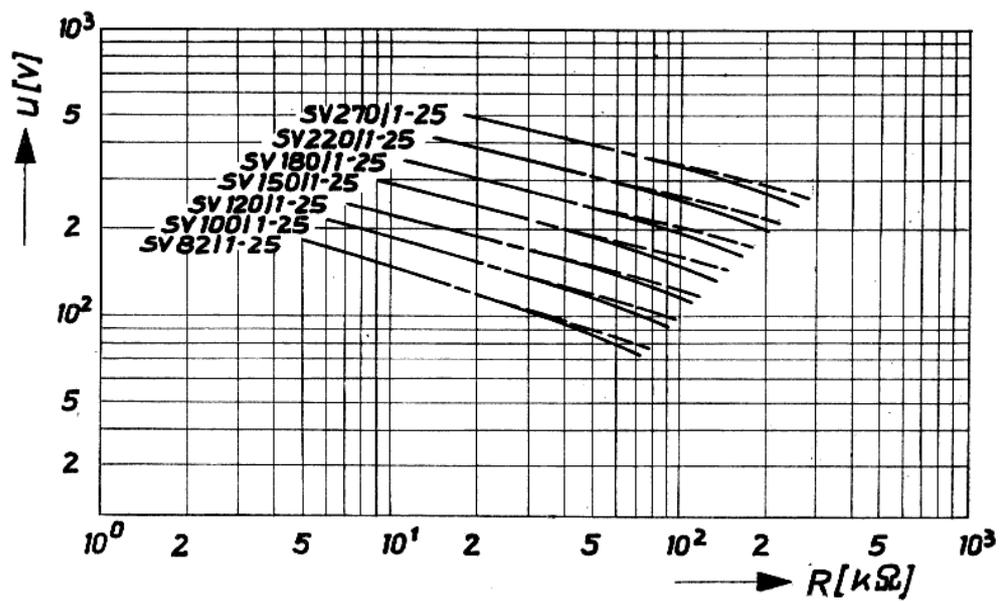
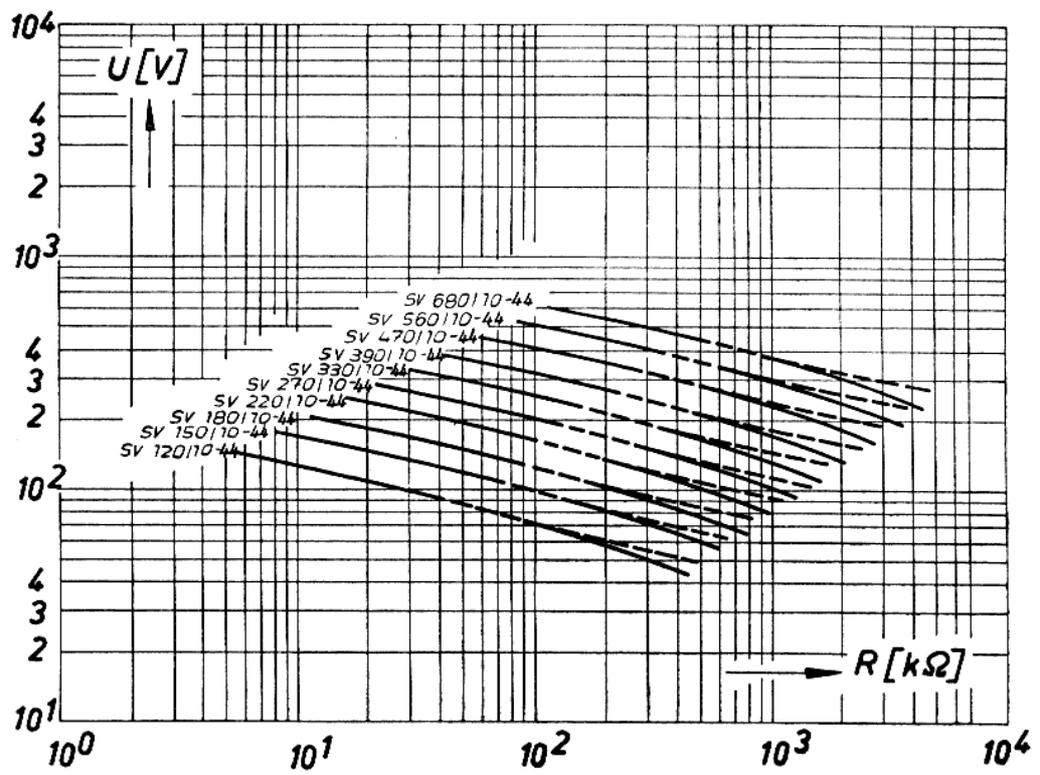
**) Nicht für Neuentwicklungen



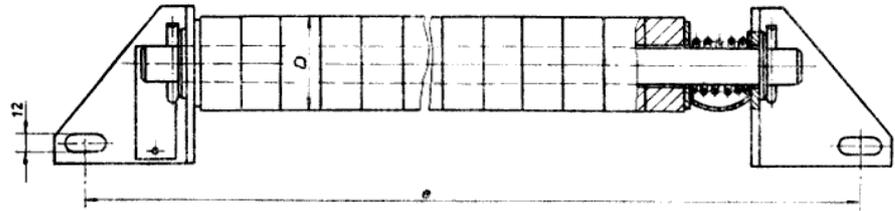








SBS-Typen

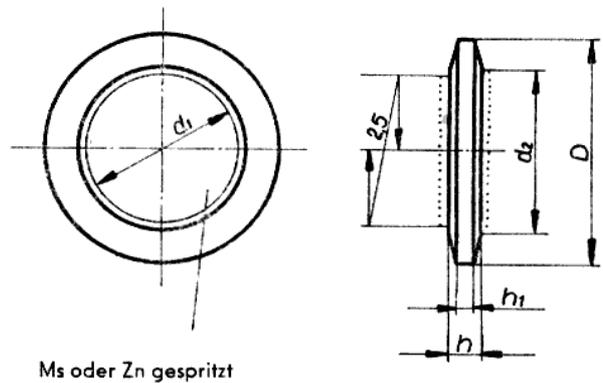


| Type | U_n Nennspannung (6 s belastb.) [kV] | U_a Betriebs- spannung [V] | U_r Restspannung bei Nennableit- stoßstrom [kV] | I_s Nennableit- stoßstrom (Welle 8/20 μ s) [kA] | I_a Betriebsstrom [mA] | β | D [mm] | e [mm] |
|---------------------|---|---------------------------------------|---|---|--------------------------------|------------|------------|--------------|
| SBS 6/2,5 - 60.480 | 6 | 400 | ≤ 45 | 2,5 | ≤ 10 | $\leq 0,3$ | 60 ± 3 | 480 ± 6 |
| SBS 10/2,5 - 60.380 | 10 | 665 | ≤ 60 | 2,5 | ≤ 15 | $\leq 0,3$ | 60 ± 3 | 380 ± 5 |
| SBS 20/2,5 - 60.580 | 20 | 1320 | ≤ 120 | 2,5 | ≤ 15 | $\leq 0,3$ | 60 ± 3 | 580 ± 8 |
| SBS 30/2,5 - 60.780 | 30 | 2000 | ≤ 180 | 2,5 | ≤ 15 | $\leq 0,3$ | 60 ± 3 | 780 ± 10 |

Bestellbeispiel: SBS 10 - 2,5 - 60.380

Bezeichnung eines spannungsabhängigen Widerstandes (S), der aus mehreren Bauteilen (B) zusammengesetzt ist, in Spezialausführung (S), mit einer Nennspannung von 10 kV (10), einem Nennableitstrom von 2,5 kA (2,5), einem Durchmesser von 60 mm und einem Anschlußmaß von 380 mm (60.380).

SW-Typen



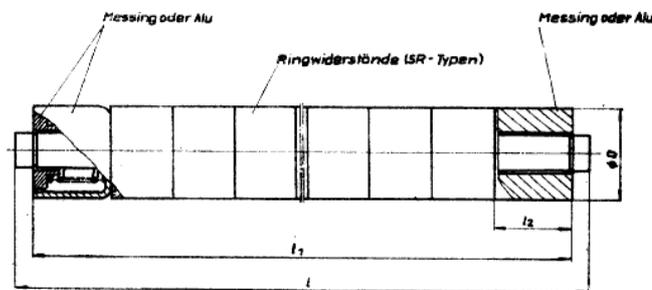
| Type | Nenn- spannung [V] | Nenn- strom [mA] | Toleranz [\pm %] | β | Toleranz [\pm] | P bei 200 °C [W] | D [mm] | d_1 [mm] | d_2 [mm] | h [mm] | h_1 [mm] | Gewicht ca. [g] |
|-----------------|--------------------------|------------------------|------------------------|---------|-----------------------|------------------------|----------------------|---------------|---------------|-------------|---------------|-----------------------|
| SW 30/125-50.7 | 30 | 125 | 20, 40 | 0,4 | 0,2 | 12 | $50 \pm \frac{1}{2}$ | 40 ± 1 | 42 ± 1 | $7 \pm 0,6$ | $4 \pm 0,5$ | 30 |
| SW 80/150-50.7 | 80 | 150 | 20, 40 | 0,35 | 0,2 | 12 | $50 \pm \frac{1}{2}$ | 40 ± 1 | 42 ± 1 | $7 \pm 0,6$ | $4 \pm 0,5$ | 30 |
| SW 110/140-50.7 | 110 | 140 | 20, 40 | 0,35 | 0,2 | 12 | $50 \pm \frac{1}{2}$ | 40 ± 1 | 42 ± 1 | $7 \pm 0,6$ | $4 \pm 0,5$ | 30 |
| SW 120/100-50.7 | 120 | 100 | 20, 40 | 0,35 | 0,2 | 12 | $50 \pm \frac{1}{2}$ | 40 ± 1 | 42 ± 1 | $7 \pm 0,6$ | $4 \pm 0,5$ | 30 |

653.16 Ag

Bestellbeispiel: SW 30 - 125/20

Bezeichnung eines spannungsabhängigen Widerstandes (S) für Hochleistungszwecke (W) mit einem Spannungswert von 30 V (30) bei einem Meßstrom von 125 mA \pm 20 % (125/20).

SB-Typen (mit Armaturen)



Toleranz $\pm 20\%$

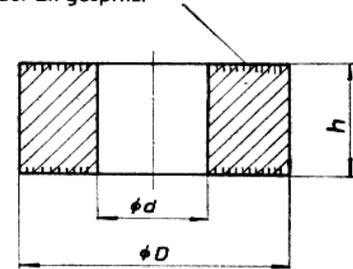
| Type | Meßspannung V | Nomenklatur Nr. | Meßstrom mA | β | Toleranz \pm | P bei 200 °C W | D mm | l mm | l ₁ mm | l ₂ mm | Masse ca g | |
|------|------------------|-----------------|-------------|---------|----------------|----------------|------|--------------|-------------------|-------------------|------------|-----|
| SB | 3,3/1000–30.160 | 3,3 | 4183.4–1312 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 60 | 30 \pm 1,5 | 160 \pm 3 | 150 \pm 4 | 25 \pm 1 | 450 |
| SB | 4,7/1000–30.160 | 4,7 | 4183.4–1313 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 60 | 30 \pm 1,5 | 160 \pm 3 | 150 \pm 4 | 25 \pm 1 | 450 |
| SB | 6,8/1000–30.160 | 6,8 | 4183.4–1314 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 60 | 30 \pm 1,5 | 160 \pm 3 | 150 \pm 4 | 25 \pm 1 | 450 |
| SB | 10 /1000–30.160 | 10 | 4183.4–1315 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 60 | 30 \pm 1,5 | 160 \pm 3 | 150 \pm 4 | 25 \pm 1 | 450 |
| SB | 15 /1000–30.160 | 15 | 4183.4–1316 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 60 | 30 \pm 1,5 | 160 \pm 3 | 150 \pm 4 | 25 \pm 1 | 450 |
| SB | 2,2/ 100–30.160 | 2,2 | 4183.4–1211 | 100 | 0,8 | 0,2 | 60 | 30 \pm 1,5 | 160 \pm 3 | 150 \pm 4 | 25 \pm 1 | 450 |
| SB | 3,3/ 100–30.160 | 3,3 | 4183.4–1212 | 100 | 0,8 | 0,2 | 60 | 30 \pm 1,5 | 160 \pm 3 | 150 \pm 4 | 25 \pm 1 | 450 |
| SB | 4,7/ 100–30.160 | 4,7 | 4183.4–1213 | 100 | 0,8 | 0,2 | 60 | 30 \pm 1,5 | 160 \pm 3 | 150 \pm 4 | 25 \pm 1 | 450 |
| SB | 6,8/ 100–30.160 | 6,8 | 4183.4–1214 | 100 | 0,8 | 0,2 | 60 | 30 \pm 1,5 | 160 \pm 3 | 150 \pm 4 | 25 \pm 1 | 450 |
| SB | 10 / 100–30.160 | 10 | 4183.4–1215 | 100 | 0,8 | 0,2 | 60 | 30 \pm 1,5 | 160 \pm 3 | 150 \pm 4 | 25 \pm 1 | 450 |
| SB | 15 / 100–30.160 | 15 | 4183.4–1216 | 100 | 0,8 | 0,2 | 60 | 30 \pm 1,5 | 160 \pm 3 | 150 \pm 4 | 25 \pm 1 | 450 |
| SB | 22 / 100–30.160 | 22 | 4183.4–1217 | 100 | 0,8 | 0,2 | 60 | 30 \pm 1,5 | 160 \pm 3 | 150 \pm 4 | 25 \pm 1 | 450 |
| SB | 33 / 100–30.160 | 33 | 4183.4–1218 | 100 | 0,8 | 0,2 | 60 | 30 \pm 1,5 | 160 \pm 3 | 150 \pm 4 | 25 \pm 1 | 450 |
| SB | 47 / 100–30.160 | 47 | 4183.4–1219 | 100 | 0,8 | 0,2 | 60 | 30 \pm 1,5 | 160 \pm 3 | 150 \pm 4 | 25 \pm 1 | 450 |
| SB | 68 / 100–30.160 | 68 | 4183.4–1221 | 100 | 0,8 | 0,2 | 60 | 30 \pm 1,5 | 160 \pm 3 | 150 \pm 4 | 25 \pm 1 | 450 |
| SB | 100 / 100–30.160 | 100 | 4183.4–1222 | 100 | 0,8 | 0,2 | 60 | 30 \pm 1,5 | 160 \pm 3 | 150 \pm 4 | 25 \pm 1 | 450 |
| SB | 150 / 100–30.160 | 150 | 4183.4–1223 | 100 | 0,8 | 0,2 | 60 | 30 \pm 1,5 | 160 \pm 3 | 150 \pm 4 | 25 \pm 1 | 450 |
| SB | 22 / 10–30.160 | 22 | 4183.4–1117 | 10 | 0,6 | 0,2 | 60 | 30 \pm 1,5 | 160 \pm 3 | 150 \pm 4 | 25 \pm 1 | 450 |
| SB | 33 / 10–30.160 | 33 | 4183.4–1118 | 10 | 0,6 | 0,2 | 60 | 30 \pm 1,5 | 160 \pm 3 | 150 \pm 4 | 25 \pm 1 | 450 |
| SB | 47 / 10–30.160 | 47 | 4183.4–1119 | 10 | 0,6 | 0,2 | 60 | 30 \pm 1,5 | 160 \pm 3 | 150 \pm 4 | 25 \pm 1 | 450 |
| SB | 100 / 10–30.160 | 100 | 4183.4–1122 | 10 | 0,6 | 0,2 | 60 | 30 \pm 1,5 | 160 \pm 3 | 150 \pm 4 | 25 \pm 1 | 450 |
| SB | 150 / 10–30.160 | 150 | 4183.4–1123 | 10 | 0,6 | 0,2 | 60 | 30 \pm 1,5 | 160 \pm 3 | 150 \pm 4 | 25 \pm 1 | 450 |
| SB | 220 / 10–30.160 | 220 | 4183.4–1124 | 10 | 0,6 | 0,2 | 60 | 30 \pm 1,5 | 160 \pm 3 | 150 \pm 4 | 25 \pm 1 | 450 |
| SB | 390 / 10–30.160 | 390 | 4183.4–1125 | 10 | 0,6 | 0,2 | 60 | 30 \pm 1,5 | 160 \pm 3 | 150 \pm 4 | 25 \pm 1 | 450 |
| SB | 470 / 10–30.160 | 470 | 4183.4–1126 | 10 | 0,6 | 0,2 | 60 | 30 \pm 1,5 | 160 \pm 3 | 150 \pm 4 | 25 \pm 1 | 450 |
| SB | 680 / 10–30.160 | 680 | 4183.4–1127 | 10 | 0,6 | 0,2 | 60 | 30 \pm 1,5 | 160 \pm 3 | 150 \pm 4 | 25 \pm 1 | 450 |
| SB | 1000 / 10–30.160 | 1000 | 4183.4–1128 | 10 | 0,6 | 0,2 | 60 | 30 \pm 1,5 | 160 \pm 3 | 150 \pm 4 | 25 \pm 1 | 450 |
| SB | 1500 / 10–30.160 | 1500 | 4183.4–1129 | 10 | 0,6 | 0,2 | 60 | 30 \pm 1,5 | 160 \pm 3 | 150 \pm 4 | 25 \pm 1 | 450 |
| SB | 6,8/1000–30.260 | 6,8 | 4183.4–2314 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 120 | 30 \pm 1,5 | 260 \pm 4 | 250 \pm 6 | 25 \pm 1 | 630 |
| SB | 10 /1000–30.260 | 10 | 4183.4–2315 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 120 | 30 \pm 1,5 | 260 \pm 4 | 250 \pm 6 | 25 \pm 1 | 630 |
| SB | 15 /1000–30.260 | 15 | 4183.4–2316 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 120 | 30 \pm 1,5 | 260 \pm 4 | 250 \pm 6 | 25 \pm 1 | 630 |
| SB | 22 /1000–30.260 | 22 | 4183.4–2317 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 120 | 30 \pm 1,5 | 260 \pm 4 | 250 \pm 6 | 25 \pm 1 | 630 |
| SB | 33 /1000–30.260 | 33 | 4183.4–2318 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 120 | 30 \pm 1,5 | 260 \pm 4 | 250 \pm 6 | 25 \pm 1 | 630 |
| SB | 4,7/ 100–30.260 | 4,7 | 4183.4–2213 | 100 | 0,8 | 0,2 | 120 | 30 \pm 1,5 | 260 \pm 4 | 250 \pm 6 | 25 \pm 1 | 630 |
| SB | 6,8/ 100–30.260 | 6,8 | 4183.4–2214 | 100 | 0,8 | 0,2 | 120 | 30 \pm 1,5 | 260 \pm 4 | 250 \pm 6 | 25 \pm 1 | 630 |
| SB | 10 / 100–30.260 | 10 | 4183.4–2215 | 100 | 0,8 | 0,2 | 120 | 30 \pm 1,5 | 260 \pm 4 | 250 \pm 6 | 25 \pm 1 | 630 |
| SB | 15 / 100–30.260 | 15 | 4183.4–2216 | 100 | 0,8 | 0,2 | 120 | 30 \pm 1,5 | 260 \pm 4 | 250 \pm 6 | 25 \pm 1 | 630 |
| SB | 22 / 100–30.260 | 22 | 4183.4–2217 | 100 | 0,8 | 0,2 | 120 | 30 \pm 1,5 | 260 \pm 4 | 250 \pm 6 | 25 \pm 1 | 630 |
| SB | 33 / 100–30.260 | 33 | 4183.4–2218 | 100 | 0,8 | 0,2 | 120 | 30 \pm 1,5 | 260 \pm 4 | 250 \pm 6 | 25 \pm 1 | 630 |
| SB | 47 / 100–30.260 | 47 | 4183.4–2219 | 100 | 0,8 | 0,2 | 120 | 30 \pm 1,5 | 260 \pm 4 | 250 \pm 6 | 25 \pm 1 | 630 |
| SB | 68 / 100–30.260 | 68 | 4183.4–2221 | 100 | 0,8 | 0,2 | 120 | 30 \pm 1,5 | 260 \pm 4 | 250 \pm 6 | 25 \pm 1 | 630 |

| Type | Meßspannung V | Nomenklatur-Nr. | Meßstrom mA | β | Toleranz \pm | P bei 200°C W | D mm | l mm | l ₁ mm | l ₂ mm | Masse ca. g |
|----------------------|---------------|-----------------|-------------|---------|----------------|---------------|----------|---------|-------------------|-------------------|-------------|
| SB 100 / 100-30.260 | 100 | 4183.4-2222 | 100 | 0,8 | 0,2 | 120 | 30 ± 1,5 | 260 ± 4 | 250 ± 6 | 25 ± 1 | 630 |
| SB 150 / 100-30.260 | 150 | 4183.4-2223 | 100 | 0,8 | 0,2 | 120 | 30 ± 1,5 | 260 ± 4 | 250 ± 6 | 25 ± 1 | 630 |
| SB 220 / 100-30.260 | 220 | 4183.4-2224 | 100 | 0,8 | 0,2 | 120 | 30 ± 1,5 | 260 ± 4 | 250 ± 6 | 25 ± 1 | 630 |
| SB 390 / 100-30.260 | 390 | 4183.4-2225 | 100 | 0,8 | 0,2 | 120 | 30 ± 1,5 | 260 ± 4 | 250 ± 6 | 25 ± 1 | 630 |
| SB 470 / 100-30.260 | 470 | 4183.4-2226 | 100 | 0,8 | 0,2 | 120 | 30 ± 1,5 | 260 ± 4 | 250 ± 6 | 25 ± 1 | 630 |
| SB 47 / 10-30.260 | 47 | 4183.4-2119 | 10 | 0,7 | 0,2 | 120 | 30 ± 1,5 | 260 ± 4 | 250 ± 6 | 25 ± 1 | 630 |
| SB 68 / 10-30.260 | 68 | 4183.4-2121 | 10 | 0,7 | 0,2 | 120 | 30 ± 1,5 | 260 ± 4 | 250 ± 6 | 25 ± 1 | 630 |
| SB 100 / 10-30.260 | 100 | 4183.4-2122 | 10 | 0,6 | 0,2 | 120 | 30 ± 1,5 | 260 ± 4 | 250 ± 6 | 25 ± 1 | 630 |
| SB 150 / 10-30.260 | 150 | 4183.4-2123 | 10 | 0,6 | 0,2 | 120 | 30 ± 1,5 | 260 ± 4 | 250 ± 6 | 25 ± 1 | 630 |
| SB 220 / 10-30.260 | 220 | 4183.4-2124 | 10 | 0,6 | 0,2 | 120 | 30 ± 1,5 | 260 ± 4 | 250 ± 6 | 25 ± 1 | 630 |
| SB 390 / 10-30.260 | 390 | 4183.4-2125 | 10 | 0,6 | 0,2 | 120 | 30 ± 1,5 | 260 ± 4 | 250 ± 6 | 25 ± 1 | 630 |
| SB 470 / 10-30.260 | 470 | 4183.4-2126 | 10 | 0,6 | 0,2 | 120 | 30 ± 1,5 | 260 ± 4 | 250 ± 6 | 25 ± 1 | 630 |
| SB 680 / 10-30.260 | 680 | 4183.4-2127 | 10 | 0,6 | 0,2 | 120 | 30 ± 1,5 | 260 ± 4 | 250 ± 6 | 25 ± 1 | 630 |
| SB 1000 / 10-30.260 | 1000 | 4183.4-2128 | 10 | 0,6 | 0,2 | 120 | 30 ± 1,5 | 260 ± 4 | 250 ± 6 | 25 ± 1 | 630 |
| SB 2200 / 10-30.260 | 2200 | 4183.4-2131 | 10 | 0,6 | 0,2 | 120 | 30 ± 1,5 | 260 ± 4 | 250 ± 6 | 25 ± 1 | 630 |
| SB 3300 / 10-30.260 | 3300 | 4183.4-2132 | 10 | 0,6 | 0,2 | 120 | 30 ± 1,5 | 260 ± 4 | 250 ± 6 | 25 ± 1 | 630 |
| SB 47 / 1000-60.500 | 47 | 4183.4-3319 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 650 | 60 ± 3 | 507 ± 5 | 485 ± 10 | 25 ± 1 | 4000 |
| SB 668 / 1000-60.500 | 668 | 4183.4-3321 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 650 | 60 ± 3 | 507 ± 5 | 485 ± 10 | 25 ± 1 | 4000 |
| SB 100 / 1000-60.500 | 100 | 4183.4-3322 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 650 | 60 ± 3 | 507 ± 5 | 485 ± 10 | 25 ± 1 | 4000 |
| SB 150 / 1000-60.500 | 150 | 4183.4-3323 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 650 | 60 ± 3 | 507 ± 5 | 485 ± 10 | 25 ± 1 | 4000 |
| SB 22 / 100-60.500 | 22 | 4183.4-3217 | 100 | 0,8 | 0,2 | 650 | 60 ± 3 | 507 ± 5 | 485 ± 10 | 25 ± 1 | 4000 |
| SB 33 / 100-60.500 | 33 | 4183.4-3218 | 100 | 0,8 | 0,2 | 650 | 60 ± 3 | 507 ± 5 | 485 ± 10 | 25 ± 1 | 4000 |
| SB 47 / 100-60.500 | 47 | 4183.4-3219 | 100 | 0,8 | 0,2 | 650 | 60 ± 3 | 507 ± 5 | 485 ± 10 | 25 ± 1 | 4000 |
| SB 68 / 100-60.500 | 68 | 4183.4-3221 | 100 | 0,8 | 0,2 | 650 | 60 ± 3 | 507 ± 5 | 485 ± 10 | 25 ± 1 | 4000 |
| SB 100 / 100-60.500 | 100 | 4183.4-3222 | 100 | 0,8 | 0,2 | 650 | 60 ± 3 | 507 ± 5 | 485 ± 10 | 25 ± 1 | 4000 |
| SB 150 / 100-60.500 | 150 | 4183.4-3223 | 100 | 0,8 | 0,2 | 650 | 60 ± 3 | 507 ± 5 | 485 ± 10 | 25 ± 1 | 4000 |
| SB 220 / 100-60.500 | 220 | 4183.4-3224 | 100 | 0,8 | 0,2 | 650 | 60 ± 3 | 507 ± 5 | 485 ± 10 | 25 ± 1 | 4000 |
| SB 390 / 100-60.500 | 390 | 4183.4-3225 | 100 | 0,8 | 0,2 | 650 | 60 ± 3 | 507 ± 5 | 485 ± 10 | 25 ± 1 | 4000 |
| SB 470 / 100-60.500 | 470 | 4183.4-3226 | 100 | 0,8 | 0,2 | 650 | 60 ± 3 | 507 ± 5 | 485 ± 10 | 25 ± 1 | 4000 |
| SB 680 / 100-60.500 | 680 | 4183.4-3227 | 100 | 0,7 | 0,2 | 650 | 60 ± 3 | 507 ± 5 | 485 ± 10 | 25 ± 1 | 4000 |
| SB 1000 / 100-60.500 | 1000 | 4183.4-3228 | 100 | 0,7 | 0,2 | 650 | 60 ± 3 | 507 ± 5 | 485 ± 10 | 25 ± 1 | 4000 |
| SB 1500 / 100-60.500 | 1500 | 4183.4-3229 | 100 | 0,7 | 0,2 | 650 | 60 ± 3 | 507 ± 5 | 485 ± 10 | 25 ± 1 | 4000 |
| SB 220 / 10-60.500 | 220 | 4183.4-3124 | 10 | 0,6 | 0,2 | 650 | 60 ± 3 | 507 ± 5 | 485 ± 10 | 25 ± 1 | 4000 |
| SB 390 / 10-60.500 | 390 | 4183.4-3125 | 10 | 0,5 | 0,2 | 650 | 60 ± 3 | 507 ± 5 | 485 ± 10 | 25 ± 1 | 4000 |
| SB 680 / 10-60.500 | 680 | 4183.4-3127 | 10 | 0,5 | 0,2 | 650 | 60 ± 3 | 507 ± 5 | 485 ± 10 | 25 ± 1 | 4000 |
| SB 1000 / 10-60.500 | 1000 | 4183.4-3128 | 10 | 0,5 | 0,2 | 650 | 60 ± 3 | 507 ± 5 | 485 ± 10 | 25 ± 1 | 4000 |
| SB 1500 / 10-60.500 | 1500 | 4183.4-3129 | 10 | 0,5 | 0,2 | 650 | 60 ± 3 | 507 ± 5 | 485 ± 10 | 25 ± 1 | 4000 |
| SB 2200 / 10-60.500 | 2200 | 4183.4-3131 | 10 | 0,5 | 0,2 | 650 | 60 ± 3 | 507 ± 5 | 485 ± 10 | 25 ± 1 | 4000 |
| SB 3300 / 10-60.500 | 3300 | 4183.4-3132 | 10 | 0,5 | 0,2 | 650 | 60 ± 3 | 507 ± 5 | 485 ± 10 | 25 ± 1 | 4000 |
| SB 4700 / 10-60.500 | 4700 | 4183.4-3133 | 10 | 0,5 | 0,2 | 650 | 60 ± 3 | 507 ± 5 | 485 ± 10 | 25 ± 1 | 4000 |
| SB 6800 / 10-60.500 | 6800 | 4183.4-3134 | 10 | 0,5 | 0,2 | 650 | 60 ± 3 | 507 ± 5 | 485 ± 10 | 25 ± 1 | 4000 |
| SB 10000 / 10-60.500 | 10000 | 4183.4-3135 | 10 | 0,4 | 0,2 | 650 | 60 ± 3 | 507 ± 5 | 485 ± 10 | 25 ± 1 | 4000 |
| SB 15000 / 10-60.500 | 15000 | 4183.4-3136 | 10 | 0,4 | 0,2 | 650 | 60 ± 3 | 507 ± 5 | 485 ± 10 | 25 ± 1 | 4000 |

Unter Vernachlässigung der Spannungsabhängigkeit entspricht obiges Typenangebot einem Widerstandsbereich von 3,3 Ω – 1,5 M Ω

SR-Typen

Al, Ms oder Zn gespritzt



| Type | Meßspannung V | Nomenklatur-Nr. | Meßstrom mA | β | Toleranz \pm | P bei 200 °C W | D mm | d mm | h mm | Masse ca. g |
|-----------------|---------------|-----------------|-------------|---------|----------------|----------------|----------|----------|----------|-------------|
| SR 0,68/1000-30 | 0,68 | 4182.3-1312 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 15 | 30 ± 1,5 | 13 ± 1 | 20 ± 1,5 | 30 |
| SR 1,5 /1000-30 | 1,5 | 4182.3-1313 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 15 | 30 ± 1,5 | 13 ± 1 | 20 ± 1,5 | 30 |
| SR 2,2 /1000-30 | 2,2 | 4182.3-1314 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 15 | 30 ± 1,5 | 13 ± 1 | 20 ± 1,5 | 30 |
| SR 3,3 /1000-30 | | | 1000 | 0,8 | 0,2 | 15 | 30 ± 1,5 | 13 ± 1 | 20 ± 1,5 | 30 |
| SR 0,47/ 100-30 | 0,47 | 4182.3-1211 | 100 | 0,8 | 0,2 | 15 | 30 ± 1,5 | 13 ± 1 | 20 ± 1,5 | 30 |
| SR 0,68/ 100-30 | 0,68 | 4182.3-1212 | 100 | 0,8 | 0,2 | 15 | 30 ± 1,5 | 13 ± 1 | 20 ± 1,5 | 30 |
| SR 1,5 / 100-30 | 1,5 | 4182.3-1213 | 100 | 0,8 | 0,2 | 15 | 30 ± 1,5 | 13 ± 1 | 20 ± 1,5 | 30 |
| SR 2,2 / 100-30 | 2,2 | 4182.3-1214 | 100 | 0,8 | 0,2 | 15 | 30 ± 1,5 | 13 ± 1 | 20 ± 1,5 | 30 |
| SR 3,3 / 100-30 | 3,3 | 4182.3-1215 | 100 | 0,8 | 0,2 | 15 | 30 ± 1,5 | 13 ± 1 | 20 ± 1,5 | 30 |
| SR 4,7 / 100-30 | 4,7 | 4182.3-1216 | 100 | 0,8 | 0,2 | 15 | 30 ± 1,5 | 13 ± 1 | 20 ± 1,5 | 30 |
| SR 6,8 / 100-30 | 6,8 | 4182.3-1217 | 100 | 0,8 | 0,2 | 15 | 30 ± 1,5 | 13 ± 1 | 20 ± 1,5 | 30 |
| SR 10 / 100-30 | 10 | 4182.3-1218 | 100 | 0,8 | 0,2 | 15 | 30 ± 1,5 | 13 ± 1 | 20 ± 1,5 | 30 |
| SR 15 / 100-30 | 15 | 4182.3-1219 | 100 | 0,8 | 0,2 | 15 | 30 ± 1,5 | 13 ± 1 | 20 ± 1,5 | 30 |
| SR 22 / 100-30 | 22 | 4182.3-1221 | 100 | 0,8 | 0,2 | 15 | 30 ± 1,5 | 13 ± 1 | 20 ± 1,5 | 30 |
| SR 39 / 100-30 | 33 | 4182.3-1222 | 100 | 0,8 | 0,2 | 15 | 30 ± 1,5 | 13 ± 1 | 20 ± 1,5 | 30 |
| SR 4,7 / 10-30 | 4,7 | 4182.3-1116 | 10 | 0,7 | 0,2 | 15 | 30 ± 1,5 | 13 ± 1 | 20 ± 1,5 | 30 |
| SR 6,8 / 10-30 | 6,8 | 4182.3-1117 | 10 | 0,7 | 0,2 | 15 | 30 ± 1,5 | 13 ± 1 | 20 ± 1,5 | 30 |
| SR 10 / 10-30 | 10 | 4182.3-1118 | 10 | 0,6 | 0,2 | 15 | 30 ± 1,5 | 13 ± 1 | 20 ± 1,5 | 30 |
| SR 15 / 10-30 | 15 | 4182.3-1119 | 10 | 0,6 | 0,2 | 15 | 30 ± 1,5 | 13 ± 1 | 20 ± 1,5 | 30 |
| SR 22 / 10-30 | 22 | 4182.3-1121 | 10 | 0,6 | 0,2 | 15 | 30 ± 1,5 | 13 ± 1 | 20 ± 1,5 | 30 |
| SR 33 / 10-30 | 33 | 4182.3-1122 | 10 | 0,5 | 0,2 | 15 | 30 ± 1,5 | 13 ± 1 | 20 ± 1,5 | 30 |
| SR 47 / 10-30 | 47 | 4182.3-1123 | 10 | 0,5 | 0,2 | 15 | 30 ± 1,5 | 13 ± 1 | 20 ± 1,5 | 30 |
| SR 68 / 10-30 | 68 | 4182.3-1124 | 10 | 0,5 | 0,2 | 15 | 30 ± 1,5 | 13 ± 1 | 20 ± 1,5 | 30 |
| SR 100 / 10-30 | 100 | 4182.3-1125 | 10 | 0,5 | 0,2 | 15 | 30 ± 1,5 | 13 ± 1 | 20 ± 1,5 | 30 |
| SR 150 / 10-30 | 150 | 4182.3-1126 | 10 | 0,5 | 0,2 | 15 | 30 ± 1,5 | 13 ± 1 | 20 ± 1,5 | 30 |
| SR 220 / 10-30 | 220 | 4182.3-1127 | 10 | 0,5 | 0,2 | 15 | 30 ± 1,5 | 13 ± 1 | 20 ± 1,5 | 30 |
| SR 330 / 10-30 | 330 | 4182.3-1128 | 10 | 0,5 | 0,2 | 15 | 30 ± 1,5 | 13 ± 1 | 20 ± 1,5 | 30 |
| SR 390 / 10-30 | 390 | 4182.3-1129 | 10 | 0,5 | 0,2 | 15 | 30 ± 1,5 | 13 ± 1 | 20 ± 1,5 | 30 |
| SR 1,5 /1000-60 | 1,5 | 4182.3-2313 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |
| SR 2,2 /1000-60 | 2,2 | 4182.3-2314 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |
| SR 3,3 /1000-60 | 3,3 | 4182.3-2315 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |
| SR 4,7 /1000-60 | 4,7 | 4182.3-2316 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |
| SR 6,8 /1000-60 | 6,8 | 4182.3-2317 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |
| SR 10 /1000-60 | 10 | 4182.3-2318 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |
| SR 1,5 / 100-60 | 1,5 | 4182.3-2213 | 100 | 0,8 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |
| SR 2,2 / 100-60 | 2,2 | 4182.3-2214 | 100 | 0,8 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |
| SR 3,3 / 100-60 | 3,3 | 4182.3-2215 | 100 | 0,8 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |
| SR 4,7 / 100-60 | 4,7 | 4182.3-2216 | 100 | 0,8 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |
| SR 6,8 / 100-60 | 6,8 | 4182.3-2217 | 100 | 0,8 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |
| SR 10 / 100-60 | 10 | 4182.3-2218 | 100 | 0,8 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |
| SR 15 / 100-60 | 15 | 4182.3-2219 | 100 | 0,8 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |
| SR 22 / 100-60 | 22 | 4182.3-2221 | 100 | 0,8 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |

| Type | Meßspannung V | Nomenklatur-Nr. | Meßstrom mA | β | Toleranz \pm | P bei 200°C W | D mm | d mm | h mm | Masse ca. g |
|-----------------|---------------|-----------------|-------------|---------|----------------|---------------|--------|----------|--------|-------------|
| SR 33 / 100-60 | 33 | 4182.3-2222 | 100 | 0,8 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |
| SR 47 / 100-60 | 47 | 4182.3-2223 | 100 | 0,8 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |
| SR 68 / 100-60 | 68 | 4182.3-2224 | 100 | 0,8 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |
| SR 100 / 100-60 | 100 | 4182.3-2225 | 100 | 0,8 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |
| SR 15 / 10-60 | 15 | 4182.3-2119 | 10 | 0,8 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |
| SR 22 / 10-60 | 22 | 4182.3-2121 | 10 | 0,5 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |
| SR 33 / 10-60 | 33 | 4182.3-2122 | 10 | 0,5 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |
| SR 47 / 10-60 | 47 | 4182.3-2123 | 10 | 0,5 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |
| SR 68 / 10-60 | 68 | 4182.3-2124 | 10 | 0,5 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |
| SR 100 / 10-60 | 100 | 4182.3-2125 | 10 | 0,5 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |
| SR 150 / 10-60 | 150 | 4182.3-2126 | 10 | 0,5 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |
| SR 220 / 10-60 | 220 | 4182.3-2127 | 10 | 0,5 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |
| SR 390 / 10-60 | 390 | 4182.3-2129 | 10 | 0,5 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |
| SR 470 / 10-60 | 470 | 4182.3-2131 | 10 | 0,4 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |
| SR 680 / 10-60 | 680 | 4182.3-2132 | 10 | 0,4 | 0,2 | 40 | 60 ± 3 | 25 ± 1,5 | 25 ± 2 | 150 |

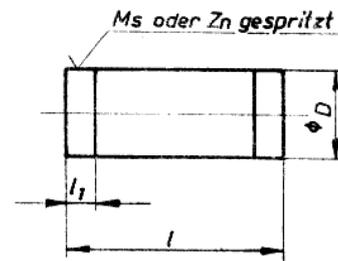
Toleranzen für alle Typen $\pm 20\%$

Unter Vernachlässigung der Spannungsabhängigkeit entspricht obenstehendes Typensortiment einem Widerstandsbereich von 0,68 Ω – 68 k Ω

Bestellbeispiel: SR 220 - 10 - 30

Bezeichnung eines spannungsabhängigen Widerstandes (S) in ringförmiger Ausführung (R) mit einem Spannungswert von 220 V (220) bei einem Meßstrom von 10 mA (10) und einem Außendurchmesser von 30 mm (30).

SS-Typen



Toleranz: $\pm 20\%$

| Type | Meßspannung V | Nomenklatur-Nr. | Meßstrom mA | β | Toleranz \pm | P bei 120°C W | D mm | l mm | l ₁ mm | Masse ca. g |
|---------------------|---------------|-----------------|-------------|---------|----------------|---------------|---------|--------|-------------------|-------------|
| SS 0,22/ 100- 6.30 | 0,22 | 4181.3-1211 | 100 | 0,8 | 0,2 | 1,2 | 6 ± 0,5 | 30 ± 1 | $\cong 4$ | 5 |
| SS 0,33/ 100- 6.30 | 0,33 | 4181.3-1212 | 100 | 0,8 | 0,2 | 1,2 | 6 ± 0,5 | 30 ± 1 | $\cong 4$ | 5 |
| SS 0,47/ 100- 6.30 | 0,47 | 4181.3-1213 | 100 | 0,8 | 0,2 | 1,2 | 6 ± 0,5 | 30 ± 1 | $\cong 4$ | 5 |
| SS 0,68/ 100- 6.30 | 0,68 | 4181.3-1214 | 100 | 0,8 | 0,2 | 1,2 | 6 ± 0,5 | 30 ± 1 | $\cong 4$ | 5 |
| SS 1,0 / 100- 6.30 | 1,0 | 4181.3-1215 | 100 | 0,8 | 0,2 | 1,2 | 6 ± 0,5 | 30 ± 1 | $\cong 4$ | 5 |
| SS 1,5 / 100- 6.30 | 1,5 | 4181.3-1216 | 100 | 0,8 | 0,2 | 1,2 | 6 ± 0,5 | 30 ± 1 | $\cong 4$ | 5 |
| SS 2,2 / 100- 6.30 | 2,2 | 4181.3-1217 | 100 | 0,8 | 0,2 | 1,2 | 6 ± 0,5 | 30 ± 1 | $\cong 4$ | 5 |
| SS 3,3 / 100- 6.30 | 3,3 | 4181.3-1218 | 100 | 0,8 | 0,2 | 1,2 | 6 ± 0,5 | 30 ± 1 | $\cong 4$ | 5 |
| SS 4,7 / 100- 6.30 | 4,7 | 4181.3-1219 | 100 | 0,8 | 0,2 | 1,2 | 6 ± 0,5 | 30 ± 1 | $\cong 4$ | 5 |
| SS 6,8 / 100- 6.30 | 6,8 | 4181.3-1221 | 100 | 0,8 | 0,2 | 1,2 | 6 ± 0,5 | 30 ± 1 | $\cong 4$ | 5 |
| SS 10,0 / 100- 6.30 | 10,0 | 4181.3-1222 | 100 | 0,8 | 0,2 | 1,2 | 6 ± 0,5 | 30 ± 1 | $\cong 4$ | 5 |
| SS 1,5 / 10- 6.30 | 1,5 | 4181.3-1116 | 10 | 0,8 | 0,2 | 1,2 | 6 ± 0,5 | 30 ± 1 | $\cong 4$ | 5 |

| Type | Meßspannung V | Nomenklatur-Nr. | Meßstrom mA | β | Toleranz \pm | P bei 200°C W | D mm | l mm | l ₁ mm | Masse ca. g |
|----------------------|---------------|-----------------|-------------|---------|----------------|---------------|---------|---------|-------------------|-------------|
| SS 2,2 / 10- 6.30 | 2,2 | 4181.3-1117 | 10 | 0,8 | 0,2 | 1,2 | 6 ± 0,5 | 30 ± 1 | IV 4 | 5 |
| SS 3,3 / 10- 6.30 | 3,3 | 4181.3-1118 | 10 | 0,8 | 0,2 | 1,2 | 6 ± 0,5 | 30 ± 1 | IV 4 | 5 |
| SS 4,7 / 10- 6.30 | 4,7 | 4181.3-1119 | 10 | 0,8 | 0,2 | 1,2 | 6 ± 0,5 | 30 ± 1 | IV 4 | 5 |
| SS 6,8 / 10- 6.30 | 6,8 | 4181.3-1121 | 10 | 0,8 | 0,2 | 1,2 | 6 ± 0,5 | 30 ± 1 | IV 4 | 5 |
| SS 10,0 / 10- 6.30 | 10,0 | 4181.3-1122 | 10 | 0,8 | 0,2 | 1,2 | 6 ± 0,5 | 30 ± 1 | IV 4 | 5 |
| SS 12,0 / 10- 6.30 | 12,0 | 4181.3-1123 | 10 | 0,8 | 0,2 | 1,2 | 6 ± 0,5 | 30 ± 1 | IV 4 | 5 |
| SS 15,0 / 10- 6.30 | 15,0 | 4181.3-1124 | 10 | 0,8 | 0,2 | 1,2 | 6 ± 0,5 | 30 ± 1 | IV 4 | 5 |
| SS 22,0 / 10- 6.30 | 22,0 | 4181.3-1125 | 10 | 0,8 | 0,2 | 1,2 | 6 ± 0,5 | 30 ± 1 | IV 4 | 5 |
| SS 33,0 / 10- 6.30 | 33,0 | 4181.3-1126 | 10 | 0,8 | 0,2 | 1,2 | 6 ± 0,5 | 30 ± 1 | IV 4 | 5 |
| SS 47,0 / 10- 6.30 | 47,0 | 4181.3-1127 | 10 | 0,8 | 0,2 | 1,2 | 6 ± 0,5 | 30 ± 1 | IV 4 | 5 |
| SS 68,0 / 10- 6.30 | 68,0 | 4181.3-1128 | 10 | 0,8 | 0,2 | 1,2 | 6 ± 0,5 | 30 ± 1 | IV 4 | 5 |
| SS 100,0 / 10- 6.30 | 100,0 | 4181.3-1129 | 10 | 0,8 | 0,2 | 1,2 | 6 ± 0,5 | 30 ± 1 | IV 4 | 5 |
| SS 0,68/ 100-18.60 | 0,68 | 4181.3-2214 | 100 | 0,8 | 0,2 | 15 | 18 ± 1 | 60 ± 2 | IV 10 | 40 |
| SS 1,0 / 100-18.60 | 1,0 | 4181.3-2215 | 100 | 0,8 | 0,2 | 15 | 18 ± 1 | 60 ± 2 | IV 10 | 40 |
| SS 1,5 / 100-18.60 | 1,5 | 4181.3-2216 | 100 | 0,8 | 0,2 | 15 | 18 ± 1 | 60 ± 2 | IV 10 | 40 |
| SS 2,2 / 100-18.60 | 2,2 | 4181.3-2217 | 100 | 0,8 | 0,2 | 15 | 18 ± 1 | 60 ± 2 | IV 10 | 40 |
| SS 3,3 / 100-18.60 | 3,3 | 4181.3-2218 | 100 | 0,8 | 0,2 | 15 | 18 ± 1 | 60 ± 2 | IV 10 | 40 |
| SS 4,7 / 100-18.60 | 4,7 | 4181.3-2219 | 100 | 0,8 | 0,2 | 15 | 18 ± 1 | 60 ± 2 | IV 10 | 40 |
| SS 6,8 / 100-18.60 | 6,8 | 4181.3-2221 | 100 | 0,8 | 0,2 | 15 | 18 ± 1 | 60 ± 2 | IV 10 | 40 |
| SS 10,0 / 100-18.60 | 10,0 | 4181.3-2222 | 100 | 0,8 | 0,2 | 15 | 18 ± 1 | 60 ± 2 | IV 10 | 40 |
| SS 15,0 / 100-18.60 | 15,0 | 4181.3-2224 | 100 | 0,8 | 0,2 | 15 | 18 ± 1 | 60 ± 2 | IV 10 | 40 |
| SS 22,0 / 100-18.60 | 22,0 | 4181.3-2225 | 100 | 0,8 | 0,2 | 15 | 18 ± 1 | 60 ± 2 | IV 10 | 40 |
| SS 33,0 / 100-18.60 | 33,0 | 4181.3-2226 | 100 | 0,8 | 0,2 | 15 | 18 ± 1 | 60 ± 2 | IV 10 | 40 |
| SS 47,0 / 100-18.60 | 47,0 | 4181.3-2227 | 100 | 0,8 | 0,2 | 15 | 18 ± 1 | 60 ± 2 | IV 10 | 40 |
| SS 6,8 / 10-18.60 | 6,8 | 4181.3-2121 | 10 | 0,8 | 0,2 | 15 | 18 ± 1 | 60 ± 2 | IV 10 | 40 |
| SS 10,0 / 10-18.60 | 10,0 | 4181.3-2122 | 10 | 0,8 | 0,2 | 15 | 18 ± 1 | 60 ± 2 | IV 10 | 40 |
| SS 15,0 / 10-18.60 | 15,0 | 4181.3-2124 | 10 | 0,8 | 0,2 | 15 | 18 ± 1 | 60 ± 2 | IV 10 | 40 |
| SS 22,0 / 10-18.60 | 22,0 | 4181.3-2125 | 10 | 0,8 | 0,2 | 15 | 18 ± 1 | 60 ± 2 | IV 10 | 40 |
| SS 33,0 / 10-18.60 | 33,0 | 4181.3-2126 | 10 | 0,8 | 0,2 | 15 | 18 ± 1 | 60 ± 2 | IV 10 | 40 |
| SS 47,0 / 10-18.60 | 47,0 | 4181.3-2127 | 10 | 0,8 | 0,2 | 15 | 18 ± 1 | 60 ± 2 | IV 10 | 40 |
| SS 3,3 /1000-18.120 | 3,3 | 4181.3-3318 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 28 | 18 ± 1 | 120 ± 4 | IV 10 | 80 |
| SS 4,7 /1000-18.120 | 4,7 | 4181.3-3319 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 28 | 18 ± 1 | 120 ± 4 | IV 10 | 80 |
| SS 6,8 /1000-18.120 | 6,8 | 4181.3-3321 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 28 | 18 ± 1 | 120 ± 4 | IV 10 | 80 |
| SS 10,0 /1000-18.120 | 10,0 | 4181.3-3322 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 28 | 18 ± 1 | 120 ± 4 | IV 10 | 80 |
| SS 1,5 / 100-18.120 | 1,5 | 4181.3-3216 | 100 | 0,8 | 0,2 | 28 | 18 ± 1 | 120 ± 4 | IV 10 | 80 |
| SS 2,2 / 100-18.120 | 2,2 | 4181.3-3217 | 100 | 0,8 | 0,2 | 28 | 18 ± 1 | 120 ± 4 | IV 10 | 80 |
| SS 3,3 / 100-18.120 | 3,3 | 4181.3-3218 | 100 | 0,8 | 0,2 | 28 | 18 ± 1 | 120 ± 4 | IV 10 | 80 |
| SS 4,7 / 100-18.120 | 4,7 | 4181.3-3219 | 100 | 0,8 | 0,2 | 28 | 18 ± 1 | 120 ± 4 | IV 10 | 80 |
| SS 6,8 / 100-18.120 | 6,8 | 4181.3-3221 | 100 | 0,8 | 0,2 | 28 | 18 ± 1 | 120 ± 4 | IV 10 | 80 |
| SS 10 / 100-18.120 | 10,0 | 4181.3-3222 | 100 | 0,8 | 0,2 | 28 | 18 ± 1 | 120 ± 4 | IV 10 | 80 |
| SS 15 / 100-18.120 | 15,0 | 4181.3-3224 | 100 | 0,8 | 0,2 | 28 | 18 ± 1 | 120 ± 4 | IV 10 | 80 |
| SS 22 / 100-18.120 | 22,0 | 4181.3-3225 | 100 | 0,8 | 0,2 | 28 | 18 ± 1 | 120 ± 4 | IV 10 | 80 |
| SS 33 / 100-18.120 | 33,0 | 4181.3-3226 | 100 | 0,8 | 0,2 | 28 | 18 ± 1 | 120 ± 4 | IV 10 | 80 |
| SS 47 / 100-18.120 | 47,0 | 4181.3-3227 | 100 | 0,8 | 0,2 | 28 | 18 ± 1 | 120 ± 4 | IV 10 | 80 |
| SS 68 / 100-18.120 | 68,0 | 4181.3-3228 | 100 | 0,8 | 0,2 | 28 | 18 ± 1 | 120 ± 4 | IV 10 | 80 |
| SS 100 / 100-18.120 | 100,0 | 4181.3-3229 | 100 | 0,8 | 0,2 | 28 | 18 ± 1 | 120 ± 4 | IV 10 | 80 |
| SS 15 / 10-18.120 | 15 | 4181.3-3124 | 10 | 0,8 | 0,2 | 28 | 18 ± 1 | 120 ± 4 | IV 10 | 80 |
| SS 22 / 10-18.120 | 22 | 4181.3-3125 | 10 | 0,8 | 0,2 | 28 | 18 ± 1 | 120 ± 4 | IV 10 | 80 |
| SS 33 / 10-18.120 | 33 | 4181.3-3126 | 10 | 0,8 | 0,2 | 28 | 18 ± 1 | 120 ± 4 | IV 10 | 80 |
| SS 47 / 10-18.120 | 47 | 4181.3-3127 | 10 | 0,8 | 0,2 | 28 | 18 ± 1 | 120 ± 4 | IV 10 | 80 |
| SS 68 / 10-18.120 | 68 | 4181.3-3128 | 10 | 0,8 | 0,2 | 28 | 18 ± 1 | 120 ± 4 | IV 10 | 80 |
| SS 100 / 10-18.120 | 100 | 4181.3-3129 | 10 | 0,8 | 0,2 | 28 | 18 ± 1 | 120 ± 4 | IV 10 | 80 |
| SS 3,3 /1000-18.200 | 3,3 | 4181.3-4318 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 44 | 18 ± 1 | 200 ± 6 | IV 10 | 125 |
| SS 10 /1000-18.200 | 10 | 4181.3-4322 | 1000 | 0,8 | 0,2 | 44 | 18 ± 1 | 200 ± 6 | IV 10 | 125 |
| SS 10 / 100-18.200 | 10 | 4181.3-4222 | 100 | 0,8 | 0,2 | 44 | 18 ± 1 | 200 ± 6 | IV 10 | 125 |
| SS 15 / 100-18.200 | 15 | 4181.3-4224 | 100 | 0,8 | 0,2 | 44 | 18 ± 1 | 200 ± 6 | IV 10 | 125 |
| SS 22 / 100-18.200 | 22 | 4181.3-4225 | 100 | 0,8 | 0,2 | 44 | 18 ± 1 | 200 ± 6 | IV 10 | 125 |

Dämpfungswiderstände

FD-Typenreihe

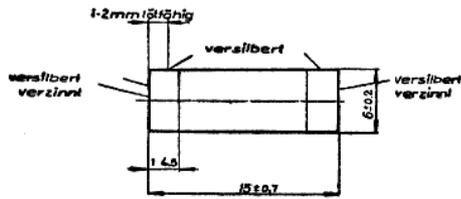


Abb. 1

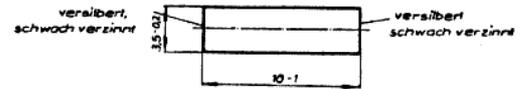


Abb. 2

| Type | Widerstands- | Toleranz | max. | max. zul. | Abmessung | Abmessung | Gewicht | Abbildung |
|---------------|--------------|------------|---------|------------|-----------|-----------|---------|-----------|
| | wert | des Wider- | Dauer- | Belastbar- | l | d | | |
| | [Ω] | stands- | belast- | wäh- | [mm] | [mm] | [p] | |
| | | wertes | barkeit | rend | | | | |
| | | [± %] | [W] | 5 s | | | | |
| FD 3,0 – 6 | 3 | 10, 20 | 2 | 35 | 15 ± 0,7 | 6 ± 0,2 | 2,6 | 1 |
| FD 1,0 – 3,5* | 1 | 10, 20 | 1 | 25 | 10 – 1 | 3,5 – 0,2 | 0,5 | 2 |
| FD 2,0 – 3,5 | 2 | 10, 20 | 1 | 25 | 10 – 1 | 3,5 – 0,2 | 0,5 | 2 |
| FD 2,5 – 3,5 | 2,5 | 10, 20 | 1 | 25 | 10 – 1 | 3,5 – 0,2 | 0,5 | 2 |
| FD 4,5 – 3,5 | 4,5 | 10, 20 | 1 | 25 | 10 – 1 | 3,5 – 0,2 | 0,5 | 2 |
| FD 7,0 – 3,5* | 7 | 10, 20 | 1 | 25 | 10 – 1 | 3,5 – 0,2 | 0,5 | 2 |

* nicht für Neuentwicklungen

maximale Betriebstemperatur 120 °C

TK_{R20} ± 0,2 %/grad.

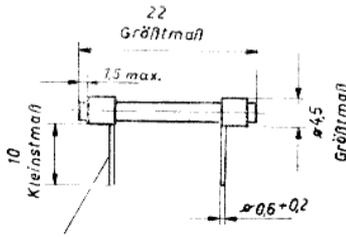
Meßspannung 1 V

655.11 Ag

Bestellbeispiel: FD 2/10 - 3,5

- Bezeichnung eines Widerstandes für Dämpfungszwecke (FD) mit einem Widerstandswert von 2Ω ± 10 % (2/10) und einem Durchmesser von 3,5 mm (3,5). -

Zündwiderstände FZ-Typen



Drahtanschluß korrosionsgeschützt,
schweißbar

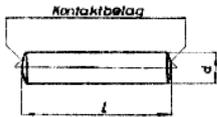
| | |
|---|--------------------------|
| Type | FZ 15 k |
| R_{20} | 15 k Ω |
| Toleranz des R_{20} nach 100 Std. Alterung | $\pm 40\%$ |
| max. Betriebstemperatur | 400 °C |
| R_{400} | 30 +15 kOhm - 20 kOhm |
| höchstzulässige Betriebslast | 4,0 W |
| höchstzulässige Betriebsdauerspannung | 160 V _{eff} |
| Gewicht | etwa 0,2 p |
| mech. Zugfestigkeit der Anschlußdrähte | 500 p |
| Bruchfestigkeit | 500 p |
| Kennzeichnung | auf Verpackung |

655.12 Kb

Bestellbeispiel: FZ 15/40

- Bezeichnung eines Widerstandes für Zündzwecke (FZ) mit einem Widerstandswert von 15 k \pm 40 % (15/40). -

Entstörwiderstände FE-Typen



| | |
|---------------------------------------|-----------------|
| R_{100} | 6-15 k Ω |
| maximale Betriebstemperatur | 400 °C |
| Kennzeichnung | Stempelaufdruck |

| Type | Kaltwiderstand R_{20} | Toleranz d. Kaltwiderst. | Abmessungen d | | Gewicht | zulässige Durchbiegung |
|--------|-------------------------|--------------------------|---------------|--------------------|---------|---|
| | [k Ω] | [$\pm\%$] | [mm] | [mm] | [p] | |
| FE 9 k | 9 | 33 | 25 +1 -2 | 5,3 + 0,2 - 0,3 | 1,6 | Der Widerstand muß locker durch ein Röhrchen von 5,75 mm Innen- \varnothing gleiten |

Bestellbeispiel: FE 9 K

- Bezeichnung eines Widerstandes für Entstörzwecke (FE) mit einem Widerstandswert von 9 k Ω .

655.10 Ag

KERAMISCHE HALBLEITERWERSTÄNDE

Exporteur:

Heimelectric, Deutsche Export- und Importgesellschaft mbH

102 Berlin 2, Liebknechtstraße 14

Deutsche Demokratische Republik



VEB KERAMISCHE WERKE HERMSDORF · HERMSDORF/THURINGEN DDR

Drahtwort: Kaweha Hermsdorfthür.

Fernsprecher: Hermsdorf, Sa.-Nr. 411 und 501

Telex: 058246