Wissenswertes über Schichtwiderstände

Neben dem Kondensator [1] gehört der Widerstand zu den in der Elektrotechnik verbreitetsten Bauelementen. Wird der in einer Schaltung befindliche Widerstand R von einem Strom I durchflossen, so tritt am Widerstand ein Spannungsabfall U auf. Ist dieser Spannungsabfall proportional dem durchfließenden Strom, so spricht man von einem linearen Widerstand. Das gilt stets für den ohmschen Widerstand, die Funktion U = f(I) ergibt als Kennlinie des Widerstands eine Gerade. Für die Berechnung der Größen der Schaltung gilt das Ohmsche Gesetz.

Neben der Erzeugung eines stromabhängigen Spannungsabfalls kann der ohmsche Widerstand zur Begrenzung des Stromes oder der Aufnahme elektrischer Leistung verwendet werden. Dabei wird die zugeführte elektrische Leistung in Wärme umgesetzt. Von der Ausführung her unterscheidet man Schichtwiderstände, Drahtwiderstände und Massewiderstände. Im Rahmen dieses Beitrags soll Wissenswertes zum Schichtwiderstand vermittelt werden.

1. Der Aufbau des Schichtwiderstands

Ein Schichtwiderstand besteht aus einem zylindrischen Keramikkörper, auf den eine leitende Schicht aufgebracht wird. Bei Metallschichtwiderständen wird im Hochvakuum die Metallschicht (Pt-AuLegierungen, Pt-Ag-Legierungen, Pt, Ni-Cr-Legierungen) auf den
zylindrischen Keramikkörper aufgedampft. Kohleschichtwiderstände
haben eine Schicht aus kristalliner Glanzkohle oder aus Borkohle.
Diese wird aus der Gasphase bei hohen Temperaturen auf den zylindrischen Keramikkörper abgeschieden und eingebrannt. Für Höchstohmwiderstände wird auf den zylindrischen Keramikkörper eine
Schicht aufgetragen, die ein Gemisch aus einer elektrisch leitenden
Substanz und einem organischen Bindemittel darstellt (Kolloidschichtwiderstand).

Der Widerstandswert wird durch einen Wendelschliff erhalten, wobei die Widerstandsschicht in ein längeres Widerstandsband aufgetrennt wird. Dicke, Breite, Länge und Zusammensetzung des Schichtbandes bestimmen den endgültigen Widerstandswert. Allerdings bildet die Wendel eine unerwünschte Induktivität, die mit zunehmender Frequenz störend wirkt. Deshalb werden für Einsatzgebiete über 30 MHz Spezialausführungen ohne Wendelschliff hergestellt. Der Widerstandsabgleich erfolgt durch Längenänderung der Schicht beziehungsweise durch axiale Einschliffe.

2. Begriffe zum Schichtwiderstand

Kenngröße

Sie faßt die äußeren Merkmale eines Schichtwiderstands zusammen, also Bauform, Kennfarbe und Abmessungen. Sie ist eine mehrstellige Zahl, wobei die Ziffern für Bauform und Kennfarbe von den Ziffern für die Abmessungen durch einen Punkt getrennt sind.

Beispiel: Kenngröße 11.310

Baureihe

1 - Bauform

1. - Kennfarbe

Abmessungen

3 - Durchmesser in mm

10 - Länge in mm

Baureihe

In einer Baureihe sind alle Schichtwiderstände zusammengefaßt, die eine einheitliche Bauform und eine einheitliche Kennfarbe haben.

Bauform

Sie beinhaltet die äußere Form, die Anschlußart und die Montageart.

Kennfarbe

Das ist die Farbe der Schutzumhüllung. Für die dafür angegebene Ziffer entnimmt man die Farbe dem internationalen Farbcode (siehe Tabelle 4¹. 1 – braun, 5 – grün).

Abmessungen

Die Größen werden als aufgerundete Maximalwerte in Millimetern angegeben.

Prüfcharakteristik

Sie besteht aus der elektrischen Prüfklasse und der Klimaprüfklasse

¹ Tabellen im Anhang des Buches

(TGL 4615, Blatt 3). Es lassen sich daraus die Einsatzbedingungen für einen Widerstand ableiten.

Elektrische Prüfklasse

Sie liefert Informationen über die zulässigen Widerstandsänderungen bei den hauptsächlichen Prüfungen, die Umgebungstemperatur und die Grenze des Temperaturkoeffizienten. Angegeben wird sie in Form einer Zahlengruppe, wobei die drei Zahlen durch Schrägstriche getrennt sind.

- 1. Zahl Maximal zulässige Änderung in Prozent gegenüber dem Wert vor der Prüfung, bei Prüfung der Dauerhaftigkeit 1000 h, der klimatischen Folge und der feuchten Wärmekonstantprüfung.
- Zahl Maximalwert der Umgebungstemperatur, bis zu dem der Widerstand mit der Nennverlustleistung betrieben werden kann.
- 3. Zahl Grenze des Temperaturkoeffizienten in 10-6/grd.

Beispiel: 1/70/400

- 1 Die maximale Änderung des Widerstandswertes beträgt 1%.
- 70 Die maximal zulässige Umgebungstemperatur für die Nennverlustleistung ist 70 °C.
- 400 Die Grenze des Temperaturkoeffizienten ist \pm 400 \times 10⁻⁶/grd.

Klimaprüfklasse

Da nicht alle in der Praxis vorkommenden Anwendungsfälle nachgebildet werden können, charakterisiert die Klimaprüfklasse nur einige davon durch entsprechende Prüfungen. Sie wird durch 3 Ziffern dargestellt, die mit waagerechtem Strich an die Zahlengruppe der elektrischen Prüfklasse angehängt werden.

Beispiel: 1/70/400-435

- 1. Ziffer (4) Schärfegrad der Prüfung bei Kälte (TGL 9204)
- 2. Ziffer (3) Schärfegrad der Prüfung bei trockener Wärme (TGL 9205)
- Ziffer (5) Schärfegrad der Prüfung bei feuchter Wärme-Konstantprüfung und/oder Wechselbeanspruchung (TGL 9206)

Genaue Ausführungen zur Prüfcharakteristik findet man in den angegebenen TGLs und in [2] sowie [5].

Auslieferungstoleranz

Diese wird entweder durch Stempelaufdruck von Buchstaben oder mittels Farbcode angegeben. Die Buchstaben bedeuten:

ohn	e =	20 %	F = 1%
\mathbf{K}	=	10%	D = 0.5%
J	=	5%	C = 0.25%
G	==	2%	B = 0.1%

In Abhängigkeit von der Auslieferungstoleranz entsprechen die Widerstandswertstufungen nach einer *IEC*-Empfehlung sogenannten E-Reihen. Tabelle 1 gibt diese Stufungen der Widerstandswerte an (siehe Tabellenanhang des vorliegenden Jahrbuchs).

Grenzspannung

Das ist die höchstzulässige Gleichspannung, die an einem Widerstand anliegen darf. Für den Scheitelwert einer Wechselspannung oder einer Impulsspannung darf der V2fache Wert der Grenzspannung nicht überschritten werden.

Nennverlustleistung

Das ist die höchstzulässige Verlustleistung bei einer bestimmten, von der elektrischen Prüfklasse abhängigen Umgebungstemperatur. Für höhere Umgebungstemperaturen muß eine Lastminderung nach den vom Hersteller angegebenen Deratingkurven (Bild 1) erfolgen.

Temperaturkoeffizient

Mit dem Temperaturkoeffizienten lassen sich die maximalen Widerstandsänderungen bei Temperaturänderungen angeben. Die Angabe erfolgt je Grad für den Temperaturbereich $-55\,^{\circ}\text{C}$ bis $+100\,^{\circ}\text{C}$ (Tabelle 2).

Kennzeichnung

Sie kann durch Stempelaufdruck oder durch Farbringe erfolgen. Für den Stempelaufdruck gibt es Kombinationen von 1 Buchstaben und

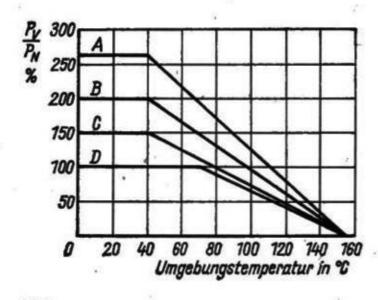


Bild 1
Deratingkurven für Schichtwiderstände der Baureihe 11
A - 11.310 und 11.511
B - 11.816
C - 11.720 und 11.1030
D - für alle Kenngröβen
(> 100 Ohm)
(A, B, C gilt für ≤ 100 Ohm)

2 Ziffern bzw. 1 Buchstaben und 3 Ziffern. Die Buchstaben ersetzen das Dezimalkomma und gelten als Multiplikator (Tabelle 3).

Wird der internationale Farbcode angewendet, so ist der Nennwiderstandswert immer in Ohm angegeben. Für den Farbcode gilt Tabelle 4.

Herstellungsdatum

Ab 1970 werden für die Angabe des Herstellungsjahres kleine Buchstaben verwendet, die sich im 10-Jahres-Rhythmus wiederholen. Dabei gilt folgende Zuordnung:

1970 = e	1975 = v
1971 = d	1976 = u
1972 = b	1977 = s
1973 = a	1978 = r
1974 = z	1979 = k

Bis 1969 galt die in Tabelle 5 wiedergegebene Kennzeichnung, wobei das Herstellungsjahr oberhalb der Beschriftung, das Herstellungsquartal unterhalb der Beschriftung angegeben wurde.

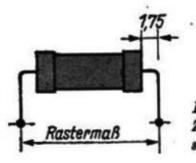
Rastermaß

Werden Schichtwiderstände zur Bestückung von Leiterplatten verwendet, so darf das zulässige Abwinkelmaß für die Anschlüsse nicht unterschritten werden. Allgemein gilt das Mindestmaß 1,75 mm zwischen Widerstandskörper und Abwinkelung (Bild 2).

Baureihe 11	Baureihen 25 und 250
11.310 = 15,0 mm	$25.207/250.207 = 12,5 \mathrm{mm}$
11.511 = 15,0 mm	25.311/250.311 = 15.0 mm
$11.618 = 22,5 \mathrm{mm}$	$25.412/250.412 = 17.5 \mathrm{mm}$
$11.720 = 25,0 \mathrm{mm}$	$25.518/250.518 = 22,5 \mathrm{mm}$
$11.1030 = 35,0 \mathrm{mm}$	25.732/250.732 = 37,5 mm
	$25.948/250.948 = 52,5 \mathrm{mm}$
•	$25.1048/250.1048 = 52,5 \mathrm{mm}$

Einbauhinweise

Schichtwiderstände dürfen nicht mit PVC-haltigem Isolierschlauch überzogen werden. Diese enthalten einen Weichmacher, der bei höhe-



Bud 2 Zulässiges Abwinkelmaß der Anschlüsse bei Schichtwiderständen der Baureihen 11, 25 und 250

ren Temperaturen die Lackschicht zerstört. Liegt zwischen Widerstandsschichten und PVC-Schlauch ein Spannungspotential, so können sogenannte »Ringbrenner« auftreten.

Bei Belastung der Widerstände, die kleiner als die Nennverlustleistung ist, werden die zulässigen Änderungen wesentlich unterschritten. Daraus resultiert eine höhere Zuverlässigkeit. Zu beachten ist,
daß der in Betrieb befindliche Widerstand zur Temperaturerhöhung
des Geräts beitragen kann. Durch Wärmeabstrahlung benachbarter
Bauelemente können die Temperaturen bei Widerständen ansteigen.
Außerdem wird die Oberflächentemperatur des Widerstands von der
Art der Montage beeinflußt. Man soll deshalb belastete Widerstände
nicht konzentriert, sondern abwechselnd mit weniger belasteten
Widerständen anordnen.

3. Schichtwiderstände der DDR-Produktion

Der Hersteller von Schichtwiderständen ist das Kombinat VEB Elektronische Bauelemente, Werk Carl von Ossietzky, 153 Teltow, Ernst-Thälmann-Straße 10.

Baureihe 11

Die Metallschichtwiderstände der Baureihe 11 sind besonders für Schaltungen geeignet, in denen es auf eine hohe zeitliche Konstanz des Widerstandswertes ankommt. Ein hochwertiger Oberflächenschutz garantiert eine gute Klimafestigkeit und die Verwendbarkeit bei höheren Umgebungstemperaturen.

Widerstände der Baureihe werden auch als Widerstände mit verringerter Frequenzabhängigkeit für Frequenzen bis 100 MHz geliefert. Die Kennzeichnung dieser Widerstände erfolgt mit einem weiBen Farbring. Der Farbring gibt die nicht voll ausgewendelte Seite
und damit die Erdseite und Einbaulage an. Bei Schichtwiderständen
mit ungewendelter Widerstandsschicht erfolgt die Festlegung der
Erdseite willkürlich. Die mittleren Kapazitäten liegen unterhalb 1 pF.

Im Widerstandsbereich bis $100\,\Omega$ eignen sich diese Metallschichtwiderstände für extrem hohe Verlustleistungen bei geringer zeitlicher Konstanz des Widerstandswertes (siehe Bild 1).

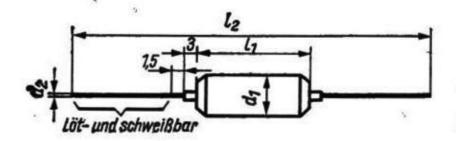
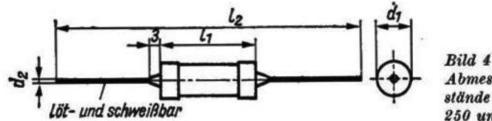


Bild 3 Abmessungen der Widerstände der Baureihe 11



Bud 4 Abmessungen der Widerstände der Baureihen 25, 250 und 21

Auslieferungstoleranzen: $\pm 0.5\%$, $\pm 1\%$, $\pm 2\%$, $\pm 5\%$.

E-Reihen: E24, E48

Tabelle 6 enthält die wichtigsten elektrischen und mechanischen Werte (Bild 3).

Baureihe 25

Diese Widerstände sind für Schaltungen geeignet, in denen es nicht auf eine zeitliche Konstanz des Widerstandswertes ankommt. Die Kohleschichtwiderstände werden in der Rundfunk-, Phono- und Fernsehtechnik und in der Elektronik für den allgemeinen Industriegebrauch verwendet.

Auslieferungstoleranzen: $\pm 2\%$, $\pm 5\%$, $\pm 10\%$, $\pm 20\%$.

Tabelle 7 enthält die wichtigsten elektrischen und mechanischen Werte (Bild 4).

Bauréihe 250

Diese Kohleschichtwiderstände sind Präzisionswiderstände mit höherer Verlustleistung und hoher zeitlicher Konstanz; sie können mit hoher Flächenlast eingesetzt werden. Einsatzgebiete sind die Meßtechnik, die Nachrichtentechnik und die Regelungstechnik.

Tabelle 8 enthält die wichtigsten elektrischen und mechanischen Werte.

Die Baureihe 250 wird auch mit eingeengtem Temperaturkoeffizienten nach TGL 8728 geliefert. Diese Metallschichtwiderstände sind besonders für Schaltungen geeignet, in denen es auf eine hohe zeitliche Konstanz des Widerstandswertes ankommt. Einsatzgebiete sind vor allem Meßgeräte hoher Präzision.

Tabelle 9 enthält die wichtigsten elektrischen und mechanischen Werte.

Baureihe 21

Die Kohleschichtwiderstände der Baureihe 21 werden durch eine Spezialschicht gegen äußere Einflüsse geschützt, die eine wesentlich höhere Flächenbelastung ermöglicht. Sie eignen sich in Geräten mit gedrängtem Aufbau.

Tabelle 10 enthält die wichtigsten elektrischen und mechanischen Werte.

Baureihe 81

Die Kohleschichtwiderstände dieser Baureihe sind für höhere Belastungen, für den allgemeinen Einsatz in Industrieanlagen bestimmt, vor allem dort, wo eine hohe Grenzspannung und eine kleine Eigeninduktivität gefordert wird.

Tabelle 11 enthält die wichtigsten elektrischen und mechanischen Werte.

Baureihe 410

Diese Höchstohm-Kolloidschichtwiderstände sind zum Schutz gegen Feuchtigkeit glasgekapselt und hydrophobiert. Die Glaskapsel darf nicht berührt werden, da das zur Widerstandsänderung führt (mit reinem Alkohol reinigen!). Verwendet werden sie für Röntgendosimeter, Isolationsmeßgeräte und in der Vakuum- und Kerntechnik.

Tabelle 12 enthält die wichtigsten elektrischen und mechanischen Werte.

Baureihe 510

Diese Höchstohm-Kolloidschichtwiderstände sind mit einem Dielektrikum umgeben, sie sind spannungsfest und vollisoliert. Sie werden als Hochspannungsteiler und als Generatorschutzwiderstände verwendet.

Tabelle 13 enthält die wichtigsten elektrischen und mechanischen Werte.

Baureihe 65

Diese Kolloidschichtwiderstände mit hohen Widerstandswerten sind für Rundfunk- und Fernsehgeräte bestimmt, außerdem setzt man sie dort ein, wo keine sehr hohe zeitliche Konstanz des Widerstandswertes gefordert wird.

Tabelle 14 enthält die wichtigsten elektrischen und mechanischen Werte.

Baureihe 75

Bei niedrigen Widerstandswerten handelt es sich um Kohleschichtwiderstände, bei den hohen Werten um Kolloidschichtwiderstände. Sie sind für den allgemeinen Gebrauch gedacht, so u.a. in der Rundfunk- und Fernsehgerätetechnik.

Tabelle 15 enthält die wichtigsten elektrischen und mechanischen Werte.

Baureihe 35

Diese HF-Widerstände sind ungewendelt und für den Klemmeinbau bestimmt. Hauptanwendungsgebiet ist der Frequenzbereich 30 bis 300 MHz. Tabelle 16 enthält die wichtigsten elektrischen und mechanischen Werte.

Baureihe 310

Für diese ungewendetelte Kohleschichtwiderstände wird ein geschliffener Trägerkörper verwendet. Vorgesehen sind sie für den Klemmeinbau. Bei guter Anpassung sind sie im Frequenzbereich 300 bis 3000 MHz einsetzbar, vor allem als Abschlußwiderstände und in Richtfunkgeräten.

Tabelle 17 enthält die wichtigsten elektrischen und mechanischen Werte.

Literatur

- Lesche, J.: Wissenswertes über Kondensatoren, Elektronisches Jahrbuch 1975, Seite 127 bis 143, Militärverlag der DDR, Berlin 1974
- [2] Handbuch Schichtwiderstände, Kombinat VEB Elektronische Bauelemente, Werk Carl von Ossietzky, Teltow
- [3] Hahn, Munke u.a.: Werkstoffkunde für die Elektrotechnik und Elektronik, VEB Verlag Technik, Berlin 1973
- [4] Semrad/Otto: Grundlagen der Elektronik, VEB Verlag Technik, Berlin 1970
- [5] Ausborn, W.: Elektronikbauelemente, VEB Verlag Technik, Berlin 1973
- [6] Wahl, R.: Elektronik für Elektromechaniker, VEB Verlag Technik, Berlin 1973
- [7] Fertigungsprogramm 1974/75, VVB Bauelemente und Vakuumtechnik, Berlin/DDR
- [8] Kundendienstmitteilung Nr. 12, Kombinat VEB Elektronische Bauelemente, Werk Carl von Ossietzky, Teltow

Tabellen über Schichtwiderstände

(Siehe Beitrag Wissenswertes über Schichtwiderstände, Seite 109 bis 117).

Tabelle 1 Stufung der Widerstandswerte in Abhängigkeit von der Auslieferungstoleranz

E 6	E 12		E 24				E 48							
± 20 %	± 10 %		± 5%		4		± 2%	und kle	iner					
1.00	1.00	8.30	1.00	1.80	3.30	5.60	1.00	1.30	1.80	2.40	3.30	4.30	5.60	7.50
1.50	1.20	3.90	1.10	2.00	3.60	6.20	1.05	1.40	1.90	2.55	3.45	4.50	5.90	7.85
2.20	1.50	4.70	1.20	2.20	3.90	6.80	1.10	1.50	2.00	2.70	3.60	4.70	6.20	8.20
3.30	1.80	5.60	1.30	2.40	4.30	7.50-	1.15	1.55	2.10	2.85	3.75	4.90	6.50	8.60
4.70	2.20	6.80	1.50	2.70	4.70	8.20	1.20	1.60	2.20	3.00	3,90	5.10	6.80	9.10
6.80	2.70	8.20	1.60	3.00	5.10	9.10	1.25	1.70	2.30	3.15	4.10	5.35	7.15	9.55

Tabelle 2 Verschlüsselte Darstellung des Temperaturkoeffizienten

Werte des TK	Darstellung	
200 · 10-6/grd.	1:	-
100 · 10-6/grd.	1	
50 · 10-6/grd.	11	
25 · 10-6/grd.	•	
15 · 10-6/grd.	:	
$>200 \cdot 10^{-6}/grd.$	ohne	

Tabelle 3 Nennwiderstandswerte

Bu	chstat	enschlüssel	Beispiel							
R :	- 1	(Ohm)	R 08 =	0,08	Ω					
K :	$= 10^3$	(Kiloohm)	5 K5 =	5,5	kΩ					
M :	= 106	(Megaohm)	10 M =	10,0	MΩ					
G :	= 109	(Gigaohm)	1 G0 =	1,0	$G\Omega$					
		2 (Teraohm)	1 T5 =	1,5	$\mathbf{T}\Omega$					

Tabelle 4 Internationaler Farbcode für Widerstände

Farbe	1. Ring	2. Ring	3. Ring	4. Ring	
Silber	_	-	10-2	± 10 %	
Gold	-	-	10-1	± 5 %	
Schwarz	-	0	1	-	90
Braun	1	1	101	±1%	
Rot	. 2	2	102	± 2 %	
Orange '	3	8	103	-	
Gelb	4	4	104	-	
Grün .	5	5	105		
Blau	6	6	106	-	*
Violett	7	7	107	-	
Grau	8	8	108	-	
Weiß	9	9	109	_	, W
keine	_	=	-	± 20 %	

Tabelle 5 Kennzeichnung des Herstellungsdatums

Jahr	Oberes Zeichen	Quartal	Unteres Zeichen
1964		1. Qu.	-
1965		2. Qu.	
1966	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	3. Qu.	-
1967		4. Qu.	
1968 -	'		
1969			

Tabelle 6 Werte zur Baureihe 11

, v	Nenn- Grenz-		Widers	standswerte	Körper- Ø	Draht- Ø	Körper-	Gesamt-		Verlustle	istung
	verlust- leistung W	eistung	von Ω	bis MΩ	mm	mm	länge l ₁ mm	länge l ₂ mm		bis 40 °C	bis 70 °C
11.310	0,125	250	4,7	0,83	3,0 -	0,6	10,2	74	4,7 Ω	0,33 W	0,25 W
11.511	0,25	350	4,7	0,51	4,7	0,8	11,4	74	bis	0,66 W	0,5 W
11.618	0,5	500	4,7	1,0	5,8	0,8	17,8	84	100 Ω	1,0 W	0,75 W
11.720	1,0	750	4,7	1,5	7,2	0,8	20,2	86		1,5 W	1,1 W
11.1030	2,0	750	4,7	0,1	10,2	0,8	30,2	96		3,0 W	2,2 W

Tabelle 7 Werte zur Baureihe 25

Kenngröße	Nenn- verlust- leistung W	Grenz spannung	Widerst	andswerte	Körper- Ø	Draht- Ø-	Körperlänge	Gesamtlänge
		v	von Ω	bis MΩ	mm	mm	mm	mm
25.207	0,25	150	100	1,0	2,3	0,6	6,7	46,5
25.311	0,33	250	4,7	2,2	2,5	0,6	11,1	76
25.412	0,66	350	4,7	5,6	4,4	0,8	11,8	76
25.518	1,0	500	4,7	6,8	5,1	0,8	17,9	86
25.732	1,5	750	4,7.	10,0	7,2	0,8	31,9	96
25.948	2,5	750	4,7	12,0	9,4	0,8	47,8	107
25.1048	5,0	750	4,7	0,068	10,4	0,8	48,0	109

Auslieferungstoleranz: 2%, 5%, 10%, 20% - höhere Widerstandswerte nur 10% und 20%.

Tabelle 8 Werte zur Baureihe 250

Kenngröße	Nennverlust-			ndswerte	Körper- Ø	Draht- Ø	Körperlänge	Gesamtlänge
	leistung spannur		von bis		- α ₁	α2	l ₁	l ₂
	W	W V Ω		MΩ	mm	mm	mm	mm
250.311	0,125	150	4,7	0,68	2,5	. 0,6	11,1	76
250.412	0,25	250	4,7	2,2	4,4	0,8	11,8	76
250.518	0,5	350	4,7	4,7	5,1	0,8	17,9	86
250.732	1,0	500	4.7	4,7	7,2	0,8	31,9	96
250.948	2,0	750	4,7	10,0	9,4	0,8	47,8	107

Auslieferungstoleranz: 2%, 5%, 10% - 0,5% und 1% auf Anfrage bzw. nicht bei den hochohmigen Werten.

Tabelle 9 Werte zur Baureihe 250 TK

Kenngröße	Nennverlust-	Grenz-	Wider	stands	swerte		Körper- Ø	Draht- Ø	Körperlänge	Gesamtlänge	
	leistung	spannung	von	m	bis		α ₁	αg	11	12	
	W	v	Ω		kΩ		mm	mm	mm	mm	
250.207	0,125	150	1	30.	180		2,3	0,6	6,7	73,0	
250.412	0,25	250	33		220	g = 0	4,4	0,8	11,9	76,0	

Auslieferungstoleranz: 2%, 5%, 10%.

Tabelle 10 Werte zur Baureihe 21

Kenngröße Nennverlust- Grenz- leistung spannung W V		Widerstandswerte ·		werte ·	Körper- Ø	Draht- Ø	Körperlänge	Gesamtlänge	
	spannung	von		bis	- α ₁	α ₂	11	12	
	Ω		mm	mm /	mm	mm			
21.948	5	750	4,7		68	9,4	0,8	47,8	107

Auslieferungstoleranz: 2%, 5%, 10%, 20%.

Tabelle 11 Werte zur Baureihe 81

Kenngröße	Nennverlust-	Grenz-	Widerstandswerte		Körper- Ø	Körper- Innen-Ø	Körperlänge	Anschluß- abstand	
		leistung W	spannung kV	von Ω	bis MΩ	mm	α ₂ mm	mm	abstand l ₂ mm
81.1777		10	2	4,7	30	17,0	7,5	76,5	64
81.28121	5	25	3	4.7	30	28,4	15,0	121,0	105
81.45225		100	6,8	4.7	30	45,4	25,5	225,0	204
81.58364		175	10	4,7	30	58,0	36,0	364,0	324
81.70610		400	20	4,7	30	71,0	50,0	610,0	570

Auslieferungstoleranz: 2%, 5%, 10%, 20%.

Tabelle 12 Werte zur Baureihe 410

Kenngröße	Nennverlust-	Grenz-	Widersta	indswerte	Körper- Ø	Draht- Ø	Körperlänge	Gesamtlänge
	leistung	spannung .	von	bis	- α1	α2	, 11	12
	\mathbf{w}	v	$M\Omega$	$\mathbf{T}\mathbf{\Omega}$	mm	mm	mm	mm '
410.652	0,02	1000	10	100	5,5	0,6	52	114

Auslieferungstoleranz: 2% (<0,01 T Ω), 5% (<1,0 T Ω), 10% (<10,0 T Ω), 20% (<100,0 T Ω).

Tabelle 13 Werte zur Baureihe 510

. leistung	Nennverlust-	Grenz-	Widerstandswerte			Körper- Ø	Draht- Ø	Körperlänge	Gesamtlänge
	100000000000000000000000000000000000000	spannung	von	$\begin{array}{ccc} \mathbf{von} & \mathbf{bis} \\ \mathbf{M}\Omega & \mathbf{G}\Omega \end{array}$		α ₁ mm'	α ₂ mm	mm	mm
	W kV	kV	MΩ						
510.1445	0,75	10	10	10	1120	13,5	0,8	45	100
510.1466	1,0	20	100	10		13,5	0,8	66	124
510.1487	1,5	30	100	10		13,5	0,8	87	145

Auslieferungstoleranz: 5%, 10%, 20% (5% auf Anfrage).

Tabelle 14 Werte zur Baureihe 65

le	Nennverlust-	Grenz-	Widerstandswerte		Körper- Ø	Anschluß-	Körperlänge	Anschluß-
	leistung	spannung	von	bis	- α1	breite b mm	mm	länge l ₂ mm
	w	v .	MΩ	GΩ	mm			
65.409	0,05	250	2,2	0,01	3,5	0,6	8,7	19
65.413	0,125	500	2,2	0,01	3,5	0,6	12,7	19
65.616	0,25	500	5,6	1,0	5,6	1,5	15,5	33
65.626	0,5	1000	8,2	10,0	5,6	1,5	25,5	33
65.732	1,0	1250	12,0	10,0	7,4	1,5	31,7	33

Auslieferungstoleranz: 5% (auf Anfrage), 10%, 20%.

Tabelle 15 Werte zur Baureihe 75

Kenngröße	Nennverlust-	Grenz-	Widerstan	dswerte	Körper- Ø	Körper-	Körperlänge	Anschluß-
	leistung W	spannung V	von Ω	bis MΩ	mm ·	Innen-Ø a₂ mm	mm	abstand mm
75.1046 75.1262	2 '8	2000	(15 M) 4,7	(10 G) 18	9,6 11,6	4,3 5,3	46 63	38 53

Auslieferungstoleranz: 5% (auf Anfrage), 10%, 20%; 75.1262 nur noch für Ersatzbedarf, Ablösung durch 250.948.

Tabelle 16 Werte zur Baureihe 35

Kenngröße		Nennverlust-	Auslieferungs-	Widerstan	ndswerte	Körper- Ø	Körperlänge	Schichtlänge	
		· leistung W	toleranz	von	bis kΩ	— α ₁ mm	mm'	mm	
35.312		0,125	1%, 2%,	10	2,2	2,6	12,0	8,7	•
35.415		0,25	5%, 10%	10	2,2	4,3	14,5	9,2	
35.425	7.	0,5	1	10	8,8	4,3	24,5	18,0	
35.631		1 .	1%,2%	10	3,3	6,3	30,5	24,0	
35.846		2) = 0/	10	4,7	8,8	46,0	37,0	
35.1063		3	5%,	10	4,7	10,45	63,0	55,0	
35.1577		5	10%	10	4,7	15,4	76,5	64,5	

Tabelle 17 Werte zur Baureihe 310

Kenngröße	Nennverlust- leistung	Auslieferungs- toleranz	Widerstandswerte	Körper- Ø	Körperlänge	Schichtlänge . l ₂
	w		in Ω	mm /	mm	mm
310.207	`0,05	,	25; 30;	2,0	7,0	4,0
310.312	0,125	1%, 2%,	50; 60;	2,5	12,0	8,0
310.415	0,25	5%	70; 75;	4,4	15,0	8,5
310.846	2,0	5 70	100	8,2	46,9	35,0
310.1576	5,0	,	,	14,9	76,0	60,0