

Anwendung

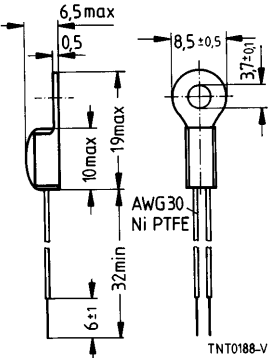
- Temperaturmessung an Oberflächen,  
z. B. an Gehäusen und Rohren

Merkmale

- Hohe Genauigkeit
  - Einfache Montage
  - Guter Wärmekontakt durch Metallöse
  - Heißleiter vergossen in Metallöse
  - Anschlußdrähte: AWG 30/PTFE, isoliert
- Innenleiter: Nickel,  $\varnothing$  0,25 mm

Optionen

Auf Anfrage: andere Widerstandswerte,  
Nenntemperaturen und Toleranzen,  
verschiedene Drahtlängen



Maße in mm, Gewicht ca. 0,8 g

Klimaprüfklasse (IEC 68-1)		55/125/56	
Max. Leistung bei 25 °C	$P_{25}$	150	mW
Widerstandstoleranz	$\Delta R/R_N$	$\pm 2 \%$	
Nenntemperatur	$T_N$	25	°C
B-Wert-Toleranz	$\Delta B/B$	$\pm 1 \%$	
Wärmeleitwert (Luft)	$\delta_{th}^{1)}$	ca. 2,6	mW/K
Therm. Abkühlzeitkonstante (Luft)	$\tau_c^{1)}$	ca. 28	s
Wärmekapazität	$C_{th}^{1)}$	ca. 73	mJ/K
Spannungsprüfung ( $t = 1$ s)		1	kV

Typ	$R_{25}$	$R/T$ -Kennlinie	$B_{25/100}$	Bestell-Nummer
	$\Omega$	Nr.	K	
M 703/10 k/G	10 k	2001	3920	B57703-M103-G

1) abhängig vom Einbau

### Zuverlässigkeitsdaten

Prüfung	Norm	Prüfbedingungen	$\Delta R_{25}/R_{25}$ (typisch)	Bemerkung
Lagerung bei trockener Wärme	DIN IEC 68-2-2	Lagerung bei oberer Kategorietemperatur T: 125 °C t: 1000 h	< 1 %	keine sichtbaren Schäden
Lagerung bei konstanter Feuchte	DIN IEC 68-2-3	Lufttemperatur: 40 °C Relative Luftfeuchte: 93 % Dauer: 56 Tage	< 0,5 %	keine sichtbaren Schäden
Rascher Temperaturwechsel	DIN IEC 68-2-14	Untere Prüftemperatur: – 55 °C Obere Prüftemperatur: 125 °C Anzahl der Zyklen: 10	< 1 %	keine sichtbaren Schäden
Lagerung unter maximaler elektrischer Belastung		$P_{\max}$ : 150 mW Zeit: 1000 h	< 1 %	keine sichtbaren Schäden
Langzeitstabilität (Erwartungswert)		Temperatur: 125 °C Zeit: 10 000 h	< 2 %	keine sichtbaren Schäden

# Normierte R/T-Kennlinien

## 1 Einführung

Die nachfolgend angeführten R/T-Kennlinien sind auf den Widerstandswert 25 °C normiert. Die tatsächlichen Widerstandswerte der betreffenden Heißeiter erhält man durch Multiplikation der Verhältniszahlen  $R_T/R_{25}$  (Tabellenwert) mit dem Widerstandswert bei 25 °C (in den Datenblättern angegeben).

$$R_T = \frac{R_T}{R_{25}} \cdot R_{25} \quad (1)$$

Der Temperaturkoeffizient  $\alpha$  ermöglicht innerhalb des jeweils nächstfolgenden Temperaturintervalls die Berechnung des Widerstandswertes für dazwischenliegende Temperaturen.

Die Berechnung erfolgt nach folgender Formel:

$$R_T = R_{T_x} \cdot \exp \left[ \frac{\alpha_x}{100} \cdot (T_x + 273,15)^2 \cdot \left( \frac{1}{T + 273,15} - \frac{1}{T_x + 273,15} \right) \right] \quad (2)$$

$R_T$	Widerstandswert bei der Temperatur $T$
$R_{T_x}$	Widerstandswert am Beginn des betreffenden Temperaturintervalls
$T_x$	Temperatur in °C am Beginn des betreffenden Temperaturintervalls
$T$	Interessierende Temperatur in °C ( $T_x < T < T_{x+1}$ )
$\alpha_x$	Temperaturkoeffizient bei der Temperatur $T_x$

*Beispiel:*

angegeben: Kennlinie 1006  
 $R_{25} = 4,7 \text{ k}\Omega$   
 $\alpha_5 = 4,4$

gesucht: Widerstand bei 7 °C ( $R_7$ )

a) Berechnung des Widerstandswertes am Beginn des interessierenden Temperaturintervalls ( $T_x = 5 \text{ °C}$ )

$$R_{T_x} = R_5 = 2,2739 \cdot 4,7 \text{ k}\Omega = 10,6873 \text{ k}\Omega$$

b) Einsetzen in Formel (2) ergibt:

$$R_7 = R_5 \cdot \exp \left[ \frac{\alpha_5}{100} \cdot (5 + 273,15)^2 \cdot \left( \frac{1}{7 + 273,15} - \frac{1}{5 + 273,15} \right) \right]$$

$$R_7 = 10,6873 \text{ k}\Omega \cdot \exp \left[ \frac{4,4}{100} \cdot 278,15^2 \cdot \left( \frac{1}{280,15} - \frac{1}{278,15} \right) \right]$$

$$R_7 = 10,6873 \text{ k}\Omega \cdot \exp [-0,08737] = 10,6873 \cdot 0,9163$$

$$R_7 = 9,7932 \text{ k}\Omega$$

### 2 Widerstandstoleranz

Das Widerstandstoleranzband lässt sich ausgehend von der jeweiligen Nenntemperatur und der zugehörigen Nenntoleranz berechnen (Siehe auch Kap. 3.1.3.).

In der Praxis wird folgende Formel verwendet:

$$\left| \frac{\Delta R_T}{R_T} \right| = \left| \frac{\Delta R_N}{R_N} \right| + \left| \frac{\Delta B}{B} \cdot B \cdot \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_N} \right) \right| \quad (3)$$

$|\Delta R_T/R_T|$  Maximale Streuung des Widerstandswertes bei der Temperatur  $T$  in %

$|\Delta R_N/R_N|$  Nenntoleranz des Widerstandswertes bei der Temperatur  $T_N$  (siehe Datenblatt) in %

$|\Delta B/B|$  Nenntoleranz des B-Wertes entspricht Datenblatt in %

$B$   $B_{25/100}$ -Wert entsprechend Datenblatt in K

$T, T_N$  Temperaturen in K

*Beispiel:*

angegeben: NTC B57820-M561-A5

Kennlinie 1009

$B_{25/100} = 3930$

B-Wert-Toleranz  $|\Delta B/B| = 1,5 \%$

Nenntemperatur  $T_N = 100 \text{ °C}$

Nennwiderstand  $R_N = R_{100} = 39,6 \text{ } \Omega$

Widerstandstoleranz bei  $100 \text{ °C}$   $|\Delta R_N/R_N| = 5 \%$

gesucht: Widerstandswert bei  $35 \text{ °C}$  ( $R_T = R_{35}$ )

Widerstandstoleranz bei  $35 \text{ °C}$  ( $|\Delta R_T/R_T| = |\Delta R_{35}/R_{35}|$ )

a) Berechnung des Bezugswiderstandes  $R_{25}$  (Dies ist notwendig, um mit den normierten R/T-Kennlinien arbeiten zu können; der Schritt entfällt, wenn die Nenntemperatur  $25 \text{ °C}$  beträgt.) mit Hilfe von Formel (1):

$$R_{100} = \frac{R_{100}}{R_{25}} \cdot R_{25} \quad R_{25} = \left( \frac{R_{100}}{R_{25}} \right)^{-1} \cdot R_{100}$$

$$R_{25} = \frac{1}{0,070690} \cdot 39,6 \text{ } \Omega = 560,2 \text{ } \Omega$$

(0,070690 = Faktor der Kennlinie 1009 bei  $100 \text{ °C}$ )

b) Berechnung des Widerstandes bei  $35 \text{ °C}$ :

$$R_{35} = \frac{R_{35}}{R_{25}} \cdot R_{25} = 0,65726 \cdot 560,2 \text{ } \Omega = 368,2 \text{ } \Omega$$

(0,65726 = Faktor der Kennlinie bei  $35 \text{ °C}$ )

c) Berechnung der Widerstandstoleranz mit Hilfe von Formel (3):

$$\begin{aligned} \left| \frac{\Delta R_{35}}{R_{35}} \right| &= \left[ 5 + 1,5 \cdot 3930 \cdot \left( \frac{1}{(35 + 273,15)} - \frac{1}{(100 + 273,15)} \right) \right] \% \\ &= \left[ 5 + 5895 \cdot \left| \frac{1}{308,15} - \frac{1}{373,15} \right| \right] \% \\ &= (5 + 5895 \cdot 0,00056529) \% \\ &= 5,0 \% + 3,3 \% = 8,3 \% \end{aligned}$$

Werden die normierten Kennlinien im Rechner gespeichert, so lassen sich mit einem entsprechenden Programm die Widerstandstoleranzen für alle Temperaturen leicht berechnen.

### 3 Temperaturtoleranz

Die Umrechnung der Widerstandstoleranz in die jeweilige Temperaturtoleranz erfolgt mittels

$$\Delta T = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{\Delta R_T}{R_T} \quad (4)$$

$\alpha$  Temperaturkoeffizient bei  $T$  in %/K (siehe R/T-Kennlinie)  
 $|\Delta R_T/R_T|$  Widerstandstoleranz in % bei  $T$

Für das Beispiel unter Punkt 2 gilt:

$$\Delta T(100 \text{ °C}) = \frac{1}{2,9} \cdot 5 \text{ K} = 1,72 \text{ K}$$

$$\Delta T(35 \text{ °C}) = \frac{1}{4,1} \cdot 8,3 \text{ K} = 2,02 \text{ K}$$

Der dargestellte Berechnungsmodus stellt eine Näherung der tatsächlichen Verhältnisse dar (B-Wert als temperaturunabhängig angenommen, Toleranzen symmetrisch), ist aber für praktische Anwendungen hinreichend genau.

# Normierte R/T-Kennlinien

Nummer	1309		2001		2002		2003	
$T (^{\circ}\text{C})$	$B_{25/100} = 3520 \text{ K}$		$B_{25/100} = 3920 \text{ K}$		$B_{25/100} = 3940 \text{ K}$		$B_{25/100} = 3980 \text{ K}$	
	$R_T/R_{25}$	$\alpha (\%/K)$	$R_T/R_{25}$	$\alpha (\%/K)$	$R_T/R_{25}$	$\alpha (\%/K)$	$R_T/R_{25}$	$\alpha (\%/K)$
- 55,0	48,460	6,1	87,762	7,1	88,463	7,2	97,578	7,5
- 50,0	35,800	6,0	61,922	6,9	62,368	6,9	67,650	7,2
- 45,0	26,694	5,8	44,168	6,7	44,461	6,7	47,538	7,0
- 40,0	20,085	5,6	31,833	6,5	32,032	6,5	33,831	6,7
- 35,0	15,247	5,4	23,173	6,3	23,312	6,3	24,359	6,5
- 30,0	11,674	5,3	17,030	6,1	17,130	6,1	17,753	6,3
- 25,0	9,0124	5,1	12,621	5,9	12,695	5,9	13,067	6,0
- 20,0	7,0136	4,9	9,4515	5,8	9,5068	5,8	9,7228	5,8
- 15,0	5,5001	4,8	7,1273	5,6	7,1700	5,6	7,3006	5,6
- 10,0	4,3451	4,6	5,4270	5,5	5,4595	5,5	5,5361	5,5
- 5,0	3,4569	4,5	4,1522	5,3	4,1779	5,3	4,2332	5,3
0,0	2,7688	4,4	3,2063	5,1	3,2263	5,1	3,2660	5,1
5,0	2,2321	4,2	2,5019	4,9	2,5112	4,9	2,5392	5,0
10,0	1,8105	4,1	1,9679	4,7	1,9707	4,7	1,9902	4,8
15,0	1,4773	4,0	1,5623	4,6	1,5618	4,6	1,5709	4,7
20,0	1,2122	3,9	1,2488	4,5	1,2465	4,5	1,2492	4,5
25,0	1,0000	3,8	1,0000	4,3	1,0000	4,3	1,0000	4,4
30,0	0,82924	3,7	0,81105	4,2	0,80868	4,2	0,80575	4,3
35,0	0,69105	3,6	0,65930	4,1	0,65735	4,1	0,65326	4,1
40,0	0,57861	3,5	0,53922	4,0	0,53754	4,0	0,53290	4,0
45,0	0,48666	3,4	0,44345	3,9	0,44242	3,8	0,43715	3,9
50,0	0,41110	3,3	0,36674	3,7	0,36605	3,8	0,36064	3,8
55,0	0,34872	3,3	0,30513	3,6	0,30398	3,7	0,29908	3,7
60,0	0,29699	3,2	0,25514	3,5	0,25373	3,5	0,24932	3,6
65,0	0,25390	3,1	0,21457	3,4	0,21310	3,4	0,20886	3,5
70,0	0,21786	3,0	0,18131	3,4	0,17982	3,4	0,17578	3,4
75,0	0,18759	3,0	0,15360	3,3	0,15227	3,3	0,14863	3,3
80,0	0,16208	2,9	0,13064	3,2	0,12948	3,2	0,12621	3,2
85,0	0,14050	2,8	0,11155	3,1	0,11034	3,2	0,10763	3,1
90,0	0,12217	2,8	0,095606	3,0	0,094357	3,0	0,092159	3,1
95,0	0,10656	2,7	0,082347	3,0	0,081215	3,0	0,079225	3,0
100,0	0,093213	2,6	0,071180	2,9	0,070155	2,9	0,068356	2,9
105,0	0,081767	2,6	0,061779	2,8	0,060801	2,8	0,059247	2,8
110,0	0,071922	2,5	0,053799	2,8	0,052869	2,8	0,051531	2,8
115,0	0,063428	2,5	0,046970	2,7	0,046109	2,7	0,044921	2,7
120,0	0,056078	2,4	0,041132	2,6	0,040336	2,6	0,039282	2,7
125,0	0,049702	2,4	0,036141	2,6	0,035408	2,6	0,034387	2,6
130,0	0,044155	2,3	0,031847	2,5	0,031170	2,5	0,030186	2,5
135,0	0,039316	2,3	0,028153	2,4	0,027502	2,5	0,026650	2,5

Nummer	<b>1309</b>		<b>2001</b>		<b>2002</b>		<b>2003</b>	
$T (^{\circ}\text{C})$	$B_{25/100} = 3520 \text{ K}$		$B_{25/100} = 3920 \text{ K}$		$B_{25/100} = 3940 \text{ K}$		$B_{25/100} = 3980 \text{ K}$	
	$R_T/R_{25}$	$\alpha (\%/K)$	$R_T/R_{25}$	$\alpha (\%/K)$	$R_T/R_{25}$	$\alpha (\%/K)$	$R_T/R_{25}$	$\alpha (\%/K)$
140,0	0,035086	2,3	0,024955	2,4	0,024329	2,4	0,023594	2,4
145,0	0,031377	2,2	0,022158	2,4	0,021563	2,4	0,020931	2,4
150,0	0,028119	2,2	0,019722	2,3	0,019157	2,3	0,018616	2,3
155,0	0,025250	2,1	0,017607	2,2	0,017074	2,3	0,016612	2,3
160,0	0,022717	2,1	0,015756	2,2	0,015253	2,2	0,014861	2,2
165,0	0,020478	2,1	0,014132	2,2	0,013654	2,2	0,013327	2,2
170,0	0,018493	2,0	0,012703	2,1	0,012248	2,1	0,011980	2,1
175,0	0,016731	2,0	0,011444	2,1	0,011016	2,1	0,010794	2,1
180,0	0,015162	2,0	0,010331	2,1	0,009927	2,1	0,0097471	2,1