

## PT100 - Temperatur Sensor

Bezeichnungen: Widerstandsthermometer, PT100, Platinum-sensor, RTD Resistance Temperature Detector

### Messprinzip / Physikalisches Gesetz

Für einen fadenförmigen Leiter gilt das Ohmsche Gesetz  $U/I=R$  mit dem elektrischen Widerstand:

$$R = \rho \cdot l_L / A$$

mit  $\rho$  dem spezifischen Widerstand,  $l_L$  der Leiterlänge und  $A$  der Querschnittfläche. Die Temperaturabhängigkeit des Widerstandes von Festkörpern ergibt sich bei metallischen Leitern durch die mit der Temperatur ansteigende Wechselwirkung zwischen den Leitungselektronen und den Gitterschwingungen (Streuung der Elektronen an Phononen). Die Streuung der Leitungselektronen im Gitter bewirkt eine nahezu lineare Zunahme des Widerstandes:

$$R_{\vartheta} = R_0 (1 + \vartheta \alpha)$$

mit dem Widerstandswert  $R_0$  bei der Referenztemperatur  $\vartheta=0^{\circ}\text{C}$ , der Temperatur  $\vartheta$  in  $^{\circ}\text{C}$  und dem linearen Temperaturkoeffizient  $\alpha$  in  $1/^{\circ}\text{C}$ . Für Platin beträgt der genäherte mittlere Temperaturkoeffizient  $\alpha = 0.00385 / ^{\circ}\text{C}$  im Temperaturbereich von 0 bis  $100^{\circ}\text{C}$ . Die genaue Analyse für Platinwiderstände zeigt, dass diese einfache Linearisierung z.B. bei  $50^{\circ}\text{C}$  zu einem systematischen Fehler von  $0.38^{\circ}\text{C}$  führt wobei der Fehler bei  $300^{\circ}\text{C}$  sogar  $9^{\circ}\text{C}$  beträgt. Die nachfolgende Polynomnäherung, auch Callender-Van Dusen Formel genannt, führt zu einem wesentlich kleineren Temperaturfehler von kleiner  $0.01^{\circ}\text{C}$  zwischen 0 bis  $100^{\circ}\text{C}$  bzw. kleiner  $0.1^{\circ}\text{C}$  im Temperaturbereich zwischen  $-196^{\circ}\text{C}$  und  $300^{\circ}\text{C}$ . Dazu sind allerdings zwei unterschiedliche Koeffizientensätze für Temperaturen kleiner und grösser  $0^{\circ}\text{C}$  notwendig. (Angaben nach DIN 43760 Okt. 1980)

$$\text{Bereich } 0^{\circ}\text{C} < \vartheta < 850^{\circ}\text{C} \quad R_{\vartheta} = 100\Omega \cdot \left(1 + 3.90802 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \cdot \vartheta - 5.802 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{1}{^{\circ}\text{C}^2} \cdot \vartheta^2\right)$$

$$\text{Bereich } -200^{\circ}\text{C} < \vartheta < 0^{\circ}\text{C} \quad R_{\vartheta} = 100\Omega \cdot \left(1 + 3.90802 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \cdot \vartheta - 5.802 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{1}{^{\circ}\text{C}^2} \cdot \vartheta^2 - 4.2735 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{1}{^{\circ}\text{C}^4} \cdot (\vartheta - 100^{\circ}\text{C}) \cdot \vartheta^3\right)$$

### Skizze mechanisch / elektrisch

#### Prinzip / Bauform

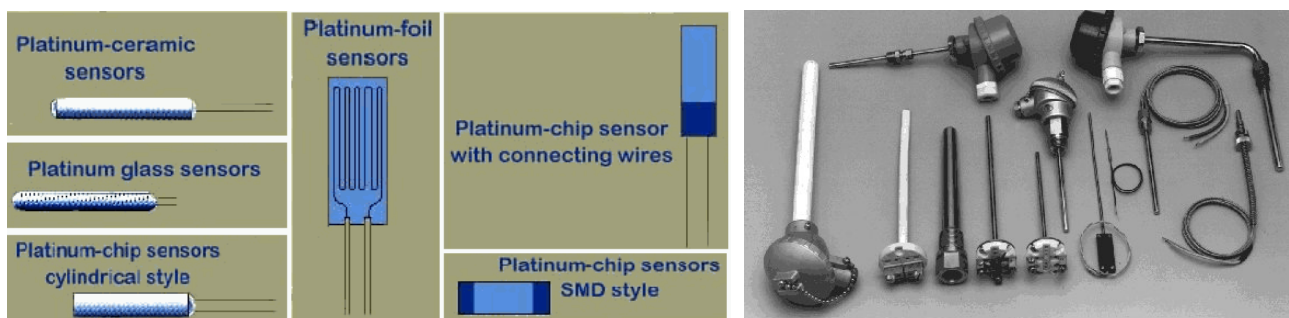


Bild 1. Bauformen PT100 (www.heraeus.de)

### Funktionsweisen / Produktvarianten

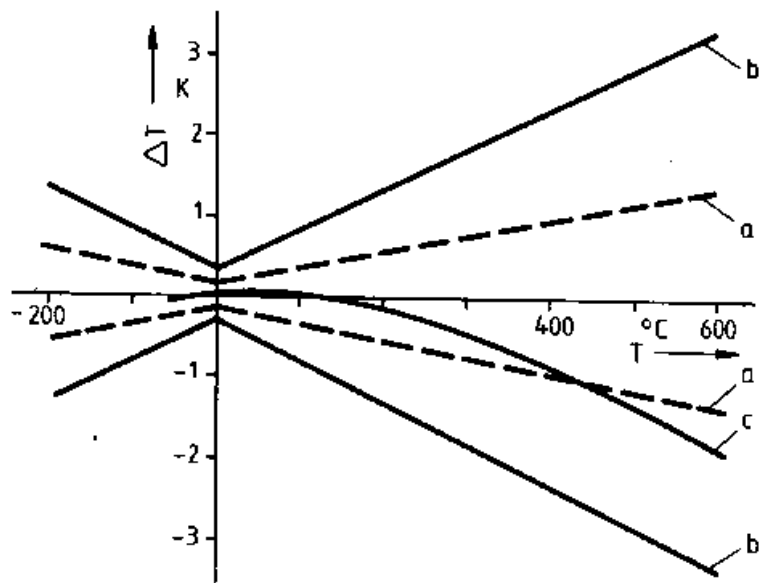
Eine Präzisionsstromquelle stellt den Konstantstrom zur Verfügung. Bei einer Temperaturänderung wird nun der Spannungsabfall über den Widerstand grösser oder kleiner. Dieser Spannungsabfall wird gemessen und zur Bestimmung der Temperatur genutzt. Die kleinen geometrischen Abmessungen und die damit verbundenen geringen Wärmekapazitäten bei gleichzeitig grosser Oberfläche führen zu kurzen Ansprechzeiten von ca. 0.1s in Wasser ( $v=0.2\text{m/s}$ ) und 3 bis 6s in Luft ( $v=1\text{m/s}$ ). Eingebaut in Schutzröhrchen (zylindrische Messwiderstände) ergeben sich immer noch Ansprechzeiten von nur 0.5 bis 2s in Wasser bzw. 8 bis 25s in Luft. Damit die zu messende Temperatur durch Eigenerwärmung nicht wesentlich (max  $0.1^{\circ}\text{C}$ ) verfälscht wird, sollten niedrige Messströme (max. 2mA in Luft bzw. 10mA in Wasser) verwendet werden. Aufgrund der geringen Baugrösse und der mäanderförmigen Widerstandsstruktur sind Induktivitäten und Kapazitäten praktisch nicht messbar. Die Messwiderstände sind daher auch in Ex-Bereichen einsetzbar, wo nur geringe Energien eingebracht werden dürfen. Sie sind ferner auch mit Scannern hoher Abtastrate einsetzbar, ohne dass unzulässig hohe Einschaltspitzen zu erwarten wären.



IEC751 PT100 Widerstandskennwerte

<b>T in C</b>	<b>-200</b>	<b>-190</b>	<b>-180</b>	<b>-170</b>	<b>-160</b>	<b>-150</b>	<b>-140</b>	<b>-130</b>	<b>-120</b>	<b>-110</b>
R in Ohm	18.52	22.83	27.10	31.34	35.54	39.72	43.88	48.00	52.11	56.19
<b>T in C</b>	<b>-100</b>	<b>-90</b>	<b>-80</b>	<b>-70</b>	<b>-60</b>	<b>-50</b>	<b>-40</b>	<b>-30</b>	<b>-20</b>	<b>-10</b>
R in Ohm	60.26	64.3	68.33	72.33	76.33	80.31	84.27	88.22	92.16	96.09
<b>T in C</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>80</b>	<b>90</b>
R in Ohm	100.00	103.90	107.79	111.67	115.54	119.40	123.24	127.08	130.90	134.71
<b>T in C</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>	<b>160</b>	<b>170</b>	<b>180</b>	<b>190</b>
R in Ohm	138.51	142.29	146.07	149.83	153.58	157.33	161.05	164.77	168.48	172.17
<b>T in C</b>	<b>200</b>	<b>210</b>	<b>220</b>	<b>230</b>	<b>240</b>	<b>250</b>	<b>260</b>	<b>270</b>	<b>280</b>	<b>290</b>
R in Ohm	175.86	179.53	183.19	186.84	190.47	194.1	197.71	201.31	204.9	208.48
<b>T in C</b>	<b>300</b>	<b>310</b>	<b>320</b>	<b>330</b>	<b>340</b>	<b>350</b>	<b>360</b>	<b>370</b>	<b>380</b>	<b>390</b>
R in Ohm	212.05	215.61	219.15	222.68	226.21	229.72	233.21	236.7	240.18	243.64

Bild 3. Grenzabweichungen nach DIN IEC 751 in °C:  
 (a) Klasse A; (b) Klasse B;  
 (c) Abweichung der Pt-Dünnschicht-Meßwiderstände von der genormten Grundwertreihe



Zwei PT100 Bauformen von Endress&Hauser

Links Typ: **Compact Thermometers smartgrad TMD833**; Rechts: Typ: **omnigrad TST 44N Sanitary, Food**

