

## Funktion und Aufbau von Widerstandsthermometern

Platin hat sich als Widerstandsmaterial zur Herstellung von Pt 100-Temperatursensoren, für die industrielle Temperaturmessung im Temperaturbereich von -200 bis +850 °C weltweit durchgesetzt. Vorteile, wie chemische Resistenz, hohe Temperaturbeständigkeit, die präzise Darstellung und gute Reproduzierbarkeit seiner thermoelektrischen Eigenschaften, sowie die fast lineare Kennlinie haben dazu maßgebend beigetragen.

Um einen universellen Austausch zu gewährleisten sind in der Europeanorm **DIN EN 60 751** der elektrische Widerstand und die zulässige Abweichung in Abhängigkeit zur Temperatur, sowie der Temperaturkoeffizient für Pt 100-Temperatursensoren definiert.

Die DIN EN 60 751 legt zwei Toleranzklassen, die Klasse „B“ und die Klasse „A“ fest.

Zur Erfassung von Temperaturen in industriellen Prozessabläufen ist die Klasse „B“ mit einer Abweichung von  $\pm 0,3$  K bei 0°C vollkommen ausreichend.

**Daher sind alle im Katalog abgebildeten Widerstandsthermometer mit einem Pt 100-Temperatursensor dieser Toleranzklasse aufgebaut.**

Der Nennwert des Pt 100-Temperatursensors beträgt bei 0°C = 100,000 Ohm. Neben dem Pt 100 sind seit der Entwicklung der Dünnschicht-Temperatursensoren auch Pt 500 und Pt 1000 im Einsatz.

Hier werden die Widerstandswerte des Pt 100 für den Pt 500 mit dem Faktor 5 und für den Pt 1000 mit dem Faktor 10 multipliziert. Die in K angegebenen Toleranzen bleiben gleich.

Um den Temperatursensor vor äußeren Einflüssen wie Schmutz, Feuchtigkeit, usw. zu schützen wird er in ein Schutzrohr eingebaut. Dessen Material hängt vom Medium und der Einsatztemperatur ab. Ein gute thermische Anbindung des Sensors zum Schutzrohr wird durch den Einsatz von Wärmeleitpaste bis ca. 300°C oder durch erschütterungsfestes Einrütteln mit Aluminiumoxyd (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) bis 800°C erreicht.

Je nach Anwendung werden Ausführungen mit Anschlusskopf oder fest angeschlossener Anschlussleitung eingesetzt.

### Temperaturmesstechnik mit Widerstandsthermometern

Um den temperaturabhängigen Widerstandswert des Pt 100-Temperatursensors erfassen zu können, wird der von einem konstanten Messstrom verursachte Spannungsabfall gemessen. Hier gilt nach dem Ohmschen Gesetz:

$$U = R \times I$$

Um eine Erwärmung des Sensors durch den Messstrom zu minimieren, sollte dieser nicht mehr als 1 mA betragen. Bei diesem Strom entsteht am Pt 100 ein Spannungsabfall von 0,1 Volt. Diese Messspannung muß durch die Anschlussleitung möglichst unverfälscht zur Auswertung übertragen werden.

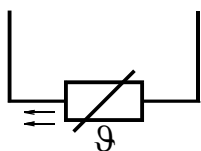
### Toleranzklassen nach DIN EN 60 751

Toleranzklasse	Temperaturbereich	Toleranz in K	Toleranz bei 0°C	Toleranz bei 100°C
Klasse A	-200...+600°C	$\pm (0,15 \text{ K} + 0,0020 \cdot t)$	$\pm 0,15 \text{ K}$	$\pm 0,35 \text{ K}$
Klasse B	-200...+850°C	$\pm (0,30 \text{ K} + 0,0050 \cdot t)$	$\pm 0,30 \text{ K}$	$\pm 0,80 \text{ K}$

## Dazu stehen folgende Anschlusstechniken zur Verfügung:

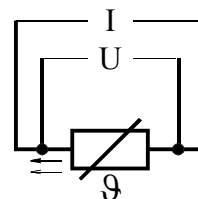
### Zweileitertechnik

Auswertelektronik und Temperatursensor werden mit einer zweiadrigen Leitung verbunden. Wie jeder elektrische Leiter hat auch diese einen bestimmten Widerstand, der mit dem Sensor in Reihe geschaltet ist und zu einer erhöhten Temperaturanzeige führt. Beim Pt 100 führen 0,385 Ohm zu einer Abweichung von 1 K. An Geräten mit Zweileiteranschluss ist meist ein Leitungsabgleich durch Abwickeln eines eingeeichten Vorwiderstandes vorgesehen.



### Vierleitertechnik

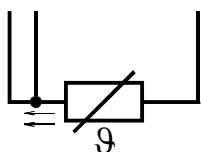
Die Vierleitertechnik bietet eine von den Zuleitungen unabhängige Widerstandsmessung des Temperatursensors. Je zwei Leiter sind mit den Sensoranschlussdrähten verbunden. Es entstehen zwei getrennte Messkreise. Ein Messkreis wird zur Stromversorgung „I“, der zweite zur Messung des Spannungsabfalls „U“ genutzt. Liegt der Eingangswiderstand der Auswertelektronik um ein Vielfaches höher als der Leitungswiderstand ist der ermittelte Spannungsabfall dann unabhängig von den Eigenschaften der Zuleitungen.



### Dreileitertechnik

Bei Verwendung der Dreileitertechnik ist ein Leitungsabgleich nicht erforderlich. Hierbei wird ein dritter Leiter zu einem Anschlussdraht des Temperatursensors geführt und bildet so einen weiteren Messkreis, der den Widerstand der Zuleitung ohne Temperatursensor darstellt. Dieser Widerstand wird durch eine Brückeneingangsschaltung vom Widerstandswert des Messkreises mit Sensor subtrahiert.

Voraussetzung für das Funktionieren einer Dreileiterschaltung sind gleiche elektrische Eigenschaften der Zuleitungen.



### Zweidraht-Messumformer

Der Zweidraht-Messumformer wandelt das Sensorsignal in ein normiertes, wesentlich stör-sicheres und temperaturlineares Stromsignal von 4...20 mA um. Der Anschluss erfolgt über eine zweiadrige Leitung, wobei diese als Stromversorgungs- und Messleitung dient. Um die unverstärkte Strecke zwischen Sensor und Messumformer so gering wie möglich zu halten, wird dieser vorzugsweise im Thermometeranschlusskopf eingebaut.

Ein weiterer Vorteil ist, dass an einem Messumformer mehrere Auswertegeräte wie z. B. Regler, Schreiber und Anzeigeräte, die über einen 4...20 mA-Eingang verfügen, angeschlossen werden können. Man spart so mehrere Messstellen oder Thermometer mit zwei oder drei Temperatursensoren.

## Grundwerte nach DIN EN 60 751 für Pt 100-Temperatursensoren gestuft in Ohm von jeweils 1 zu 1 °C

°C	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9
-200	18,520	---	---	---	---	---	---	---	---	---
-190	<b>22,825</b>	<b>22,397</b>	<b>21,967</b>	<b>21,538</b>	<b>21,108</b>	<b>20,677</b>	<b>20,247</b>	<b>19,815</b>	<b>19,384</b>	<b>18,952</b>
-180	27,096	26,671	26,245	25,819	25,392	24,965	24,538	24,110	23,682	23,254
-170	<b>31,335</b>	<b>30,913</b>	<b>30,490</b>	<b>30,067</b>	<b>29,643</b>	<b>29,220</b>	<b>28,796</b>	<b>28,371</b>	<b>27,947</b>	<b>27,522</b>
-160	35,543	35,124	34,704	34,284	33,864	33,443	33,022	32,601	32,179	31,757
-150	<b>39,723</b>	<b>39,306</b>	<b>38,889</b>	<b>38,472</b>	<b>38,055</b>	<b>37,637</b>	<b>37,219</b>	<b>36,800</b>	<b>36,382</b>	<b>35,963</b>
-140	43,876	43,462	43,048	42,633	42,218	41,803	41,388	40,972	40,556	40,140
-130	<b>48,005</b>	<b>47,593</b>	<b>47,181</b>	<b>46,769</b>	<b>46,356</b>	<b>45,944</b>	<b>45,531</b>	<b>45,117</b>	<b>44,704</b>	<b>44,290</b>
-120	52,110	51,700	51,291	50,881	50,470	50,060	49,649	49,239	48,828	48,416
-110	<b>56,193</b>	<b>55,786</b>	<b>55,378</b>	<b>54,970</b>	<b>54,562</b>	<b>54,154</b>	<b>53,746</b>	<b>53,337</b>	<b>52,928</b>	<b>52,519</b>
-100	60,256	59,850	59,445	59,039	58,633	58,227	57,821	57,414	57,007	56,600
-90	<b>64,300</b>	<b>63,896</b>	<b>63,492</b>	<b>63,088</b>	<b>62,684</b>	<b>62,280</b>	<b>61,876</b>	<b>61,471</b>	<b>61,066</b>	<b>60,661</b>
-80	68,325	67,924	67,522	67,120	66,717	66,315	65,912	65,509	65,106	64,703
-70	<b>72,335</b>	<b>71,934</b>	<b>71,534</b>	<b>71,134</b>	<b>70,733</b>	<b>70,332</b>	<b>69,931</b>	<b>69,530</b>	<b>69,129</b>	<b>68,727</b>
-60	76,328	75,929	75,530	75,131	74,732	74,333	73,934	73,534	73,134	72,735
-50	<b>80,306</b>	<b>79,909</b>	<b>79,512</b>	<b>79,114</b>	<b>78,717</b>	<b>78,319</b>	<b>77,921</b>	<b>77,523</b>	<b>77,125</b>	<b>76,726</b>
-40	84,271	83,875	83,479	82,083	82,687	82,290	81,894	81,497	81,100	80,703
-30	<b>88,222</b>	<b>87,827</b>	<b>87,432</b>	<b>87,038</b>	<b>86,643</b>	<b>86,248</b>	<b>85,853</b>	<b>85,457</b>	<b>85,062</b>	<b>84,666</b>
-20	92,160	91,767	91,373	90,980	90,586	90,192	89,798	89,404	89,010	88,616
-10	<b>96,086</b>	<b>95,694</b>	<b>95,302</b>	<b>94,909</b>	<b>94,517</b>	<b>94,124</b>	<b>93,732</b>	<b>93,339</b>	<b>92,946</b>	<b>92,553</b>
0	100,000	99,609	99,218	98,827	98,436	98,044	97,653	97,261	96,870	96,478

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	100,000	100,391	100,781	101,172	101,562	101,953	102,343	102,733	103,123	103,513
10	<b>103,903</b>	<b>104,292</b>	<b>104,682</b>	<b>105,071</b>	<b>105,460</b>	<b>105,849</b>	<b>106,238</b>	<b>106,627</b>	<b>107,016</b>	<b>107,405</b>
20	107,794	108,182	108,570	108,959	109,347	109,735	110,123	110,510	110,891	111,286
30	<b>111,673</b>	<b>112,060</b>	<b>112,447</b>	<b>112,835</b>	<b>113,221</b>	<b>113,608</b>	<b>113,995</b>	<b>114,382</b>	<b>114,768</b>	<b>115,155</b>
40	115,541	115,927	116,313	116,699	117,085	117,470	117,856	118,241	118,627	119,012
50	<b>119,397</b>	<b>119,782</b>	<b>120,167</b>	<b>120,552</b>	<b>120,936</b>	<b>121,321</b>	<b>121,705</b>	<b>122,090</b>	<b>122,474</b>	<b>122,858</b>
60	123,242	123,626	124,009	124,393	124,777	125,160	125,543	125,926	126,309	126,692
70	<b>127,075</b>	<b>127,458</b>	<b>127,840</b>	<b>128,223</b>	<b>128,605</b>	<b>128,987</b>	<b>129,370</b>	<b>129,752</b>	<b>130,133</b>	<b>130,515</b>
80	130,897	131,278	131,660	132,041	132,422	132,803	133,184	133,565	133,946	134,326
90	<b>134,707</b>	<b>135,087</b>	<b>135,468</b>	<b>135,848</b>	<b>136,228</b>	<b>136,608</b>	<b>136,987</b>	<b>137,367</b>	<b>137,747</b>	<b>138,126</b>
100	138,506	138,885	139,264	139,643	140,022	140,400	140,779	141,158	141,536	141,914
110	<b>142,293</b>	<b>142,671</b>	<b>143,049</b>	<b>143,426</b>	<b>143,804</b>	<b>144,182</b>	<b>144,559</b>	<b>144,937</b>	<b>145,314</b>	<b>145,691</b>
120	146,068	146,445	146,822	147,198	147,575	147,951	148,328	148,704	149,080	149,456
130	<b>149,832</b>	<b>150,208</b>	<b>150,583</b>	<b>150,959</b>	<b>151,334</b>	<b>151,710</b>	<b>152,085</b>	<b>152,460</b>	<b>152,835</b>	<b>153,210</b>
140	153,584	153,959	154,333	154,708	155,082	155,456	155,830	156,204	156,578	156,952
150	<b>157,325</b>	<b>157,699</b>	<b>158,072</b>	<b>158,445</b>	<b>158,818</b>	<b>159,191</b>	<b>159,564</b>	<b>159,937</b>	<b>160,309</b>	<b>160,682</b>
160	161,054	161,427	161,799	162,171	162,543	162,915	163,286	163,658	164,030	164,401
170	<b>164,772</b>	<b>165,143</b>	<b>165,514</b>	<b>165,885</b>	<b>166,256</b>	<b>166,627</b>	<b>166,997</b>	<b>167,368</b>	<b>167,738</b>	<b>168,108</b>
180	168,478	168,848	169,218	169,588	169,958	170,327	170,696	171,066	171,435	171,804
190	<b>172,173</b>	<b>172,542</b>	<b>172,910</b>	<b>173,279</b>	<b>173,648</b>	<b>174,016</b>	<b>174,384</b>	<b>174,752</b>	<b>175,120</b>	<b>175,488</b>
200	175,856	176,224	176,591	176,959	177,326	177,693	178,060	178,427	178,794	179,161
210	<b>179,528</b>	<b>179,894</b>	<b>180,260</b>	<b>180,627</b>	<b>180,993</b>	<b>181,359</b>	<b>181,725</b>	<b>182,091</b>	<b>182,456</b>	<b>182,822</b>
220	183,188	183,553	183,918	184,283	184,648	185,013	185,378	185,743	186,107	186,472
230	<b>186,836</b>	<b>187,200</b>	<b>187,564</b>	<b>187,928</b>	<b>188,292</b>	<b>188,656</b>	<b>189,019</b>	<b>189,383</b>	<b>189,746</b>	<b>190,110</b>
240	190,473	190,836	191,199	191,562	191,924	192,287	192,649	193,012	193,374	193,736
250	<b>194,098</b>	<b>194,460</b>	<b>194,822</b>	<b>195,183</b>	<b>195,545</b>	<b>195,906</b>	<b>196,268</b>	<b>196,629</b>	<b>196,990</b>	<b>197,351</b>
260	197,712	198,073	198,433	198,794	199,154	199,514	199,875	200,235	200,595	200,954
270	<b>201,314</b>	<b>201,674</b>	<b>202,033</b>	<b>202,393</b>	<b>202,752</b>	<b>203,111</b>	<b>203,470</b>	<b>203,829</b>	<b>204,188</b>	<b>204,546</b>
280	204,905	205,263	205,622	205,980	206,338	206,696	207,054	207,411	207,769	208,127
290	<b>208,484</b>	<b>208,841</b>	<b>209,198</b>	<b>209,555</b>	<b>209,912</b>	<b>210,269</b>	<b>210,626</b>	<b>210,982</b>	<b>211,339</b>	<b>211,695</b>
300	212,052	212,408	212,764	213,120	213,475	213,831	214,187	214,542	214,897	215,252

