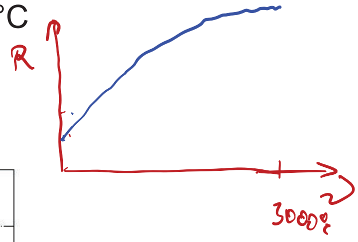
Beispiel

Die nichtlineare Temperaturabhängigkeit beim **Pt-100** - Widerstandsthermometer ist nach DIN EN 60751(IEC 751) gegeben durch

$R(\vartheta) = R_0 \cdot (1 + 3{,}9083 \cdot 10^{-3} °C^{-1} \cdot \vartheta - 5{,}775 \cdot 10^{-7} °C^{-2} \cdot \vartheta^2)$ für $\vartheta > 0$ °C

mit R_0 = 100 Ω .



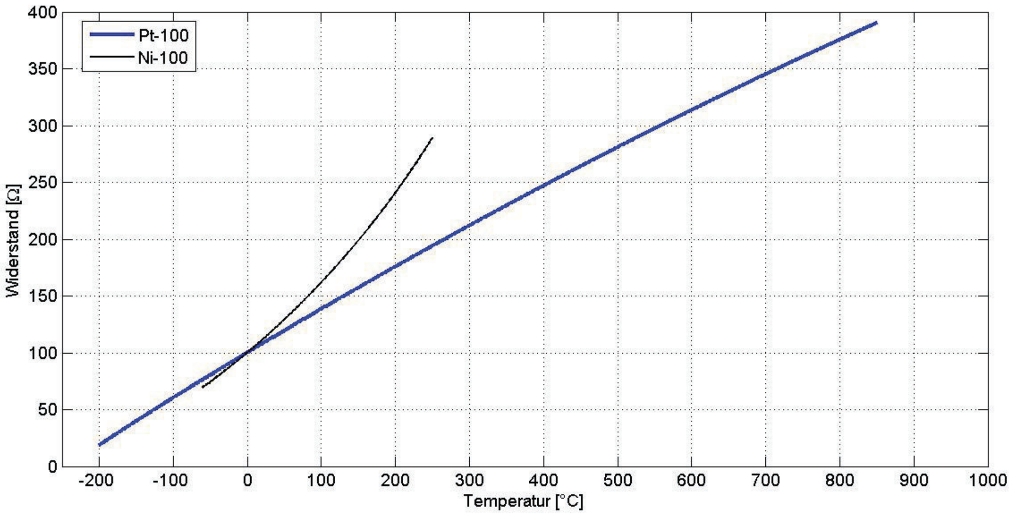


Abbildung 3.7: Kennlinien von Platin- und Nickel-Temperatursensorelementen

ϑ aus R : Umkehrfunktion

$$\vartheta(R) = -\frac{A}{2B} - \sqrt{\left(\frac{A}{2B}\right)^2 + \frac{R-R_0}{R_0 B}}$$

hinterlegt im LabVIEW-VI und im Multimeter als "RTD"

$\Delta\vartheta$

Linearitätsfehler

Vereinfachte Rechnung mit Linearisierung

Bei Pt-100 oft mittels Näherung

$$R(\vartheta) = R_0 \cdot \left(1 + 3{,}85 \cdot 10^{-3} \frac{1}{°C} \cdot \vartheta\right)$$

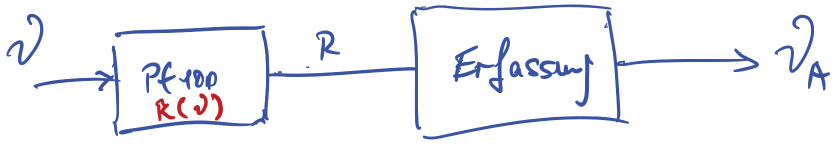
$$\vartheta = \frac{1}{3{,}85 \cdot 10^{-3}} \cdot \left(\frac{R(\vartheta)}{R_0} - 1\right) °C$$

3.4 Übungen "Sensorkennlinien, Linearitätsfehler"

3.4.1 Temperaturabhängiger Kupfer-Widerstand

Der Temperaturkoeffizient des elektrischen Widerstands eines Leiterstücks aus Kupfer sei mit $\alpha_{20} = 0{,}0043\ °C^{-1}$ angegeben. Welche Empfindlichkeit bezüglich der Umsetzung der Temperatur in eine Messspannung hat dieses Kupferelement, wenn es mit einem Konstantstrom von 10 mA gespeist wird und bei 0°C den Widerstand R = 50 Ω hat?

Messkette / Nichtlinearität, Beispiel Pt 100



(angezeigte Temp./Messwert)

Erfassung im Labor

1.) R aus Multimeter
ϑ_A durch Rechnung

$$\vartheta_A = -\frac{A}{2B} - \sqrt{\left(\frac{A}{2B}\right)^2 + \frac{R-R_0}{R_0 B}}$$

Umkehrfunktion zu $R(\vartheta)$

2.) "RTD" - Messung
des Multimeters zeigt ϑ_A an (Umkehrfunktion im Gerät implementiert)

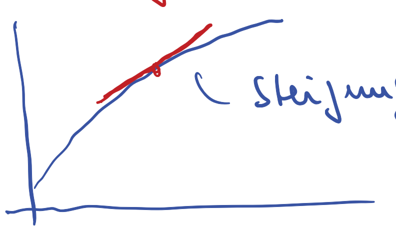
3.) LabVIEW - VI
Bibliotheksblock zur Berechnung von ϑ_A

Erfassung und Anzeige bedeutet immer Bilden der Umkehrfunktion der Sensorcharakteristik.

Wird die Umkehrfunktion nicht exakt gebildet, sondern z.B. nur eine lineare Näherung, dann entstehen <u>Linearitätsfehler</u>.

Verwendet man eine "Linearisierung im Arbeitspunkt" dann sind die Abweichungen in der Nähe des Arbeitspunktes klein.

$\rightsquigarrow$ Tangentennäherung



Steigung = "lokale Empfindlichkeit"

3.4.2 Lokale Empfindlchkeit

Bestimmen Sie die lokale Empfindlichkeit eines Platin-Sensorelementes bei 200°C und vergleichen Sie die Werte mit denen bei 0°C. Geben Sie für den Arbeitspunkt 200°C die linearisierte Kennlinien an (= Tangente an die Originalkennlinie).

$R(\vartheta) = R_0 \cdot (1 + A\vartheta + B\vartheta^2) \qquad E(200°C) = \left.\frac{dR(\vartheta)}{d\vartheta}\right|_{\vartheta=200°C} = R_0(A + 2B\vartheta)\Big|_{\vartheta=200°C} \approx 0{,}368\ \frac{\Omega}{°C}$

3.4.3 Kennlinienabweichungen

Eine Temperatur-Anzeigeeinheit zeigt ϑ_A = –20 °C bei einer (Eingangs-)

Messspannung U_M = -1 V und ϑ_A = 60 °C bei U_M = 3 V an.

a) Geben Sie die entsprechende lineare Kennlinie der Anzeigeeinheit $\vartheta_A(U_M)$ an (Formel und Skizze).

Mit Hilfe einer Konstant-Stromquelle (I_M = 1 mA) und eines NI-100-Sensorelementes mit der Charakteristik $R(\vartheta) = R_0 \cdot (1 + 5{,}5 \cdot 10^{-3} °C^{-1} \cdot \vartheta + 6{,}7 \cdot 10^{-6} °C^{-2} \cdot \vartheta^2)$ wird die Messspannung durch eine Verstärkerschaltung wie folgt erzeugt:

$U_M = 86{,}7 \cdot I_M \cdot R(\vartheta) - 8{,}74\,V$

b) Bestimmen Sie die Kennlinie $\vartheta_A(\vartheta)$ dieser Messanordnung (nur Formel!).

c) Bestimmen Sie den Offsetfehler der Temperaturanzeige bei $\vartheta = 0$ °C sowie die Abweichung bei 100 °C.

d) Bestimmen Sie die Gleichung für die nach Korrektur des Offsetfehlers verbleibende nichtlineare Kennlinienabweichung $\Delta\vartheta_A(\vartheta)$.

e) Bei welchen Temperaturen ist der Linearitätsfehler gleich Null?

3.5 Übungen "Sensorkennlinien, Linearisierung"

3.5.1 Quadratische Kennlinie eines Temperatursensorelementes

Für einen Si-Widerstands-Temperatursensor mit

$R(\vartheta) = R_{25} \cdot (1 + 0{,}01\ °C^{-1} \cdot \Delta\vartheta + 5 \cdot 10^{-5} °C^{-2} \cdot \Delta\vartheta^2)$,

$R_{25} = R(\vartheta = 25°C) = 2\ k\Omega$, $\Delta\vartheta = \vartheta - 25°C$

ist eine lineare Kennlinie $R_{lin}(\vartheta) = R_{off} + E \cdot \vartheta$ zu bestimmen.

1. Bestimmen Sie als Linearisierung die Tangente an die Kennlinie bei $\vartheta = 25\ °C$.
2. Bestimmen Sie als weitere Linearisierung die Ausgleichsgerade, die sich aus den Punkten der Kennlinie bei ϑ = 0 °C, ϑ = 20 °C, ϑ = 50 °C und bei ϑ = 80 °C ergibt.
3. Geben Sie für beide Linearisierungen den Offsetfehler bei ϑ = 0 °C und die Kennlinienabweichung (absolut und relativ) bei ϑ = 100 °C an.