

Fach : Meßsysteme Lehrer: H. Schneider Datum :15.06.01	Konstruktion eines PT100-Meßverstärker	Klasse : ELT 7 Name : Dirk Faust Seite 1 von 10
--	--	---

# **Konstruktion**

**eines**

**PT100 - Meßverstärker**

Fach : Meßsysteme Lehrer: H. Schneider Datum :15.06.01	Konstruktion eines PT100-Meßverstärker	Klasse : ELT 7 Name : Dirk Faust Seite 2 von 10
--	--	---

## Inhaltsverzeichnis

		Seite
1	Allgemeines zur Temperaturmessung.....	3
1.1	Bauformen PT100 .....	3
1.2	Widerstandstabelle.....	3
2.	Aufgabenstellung.....	3
3.	Konstantstromquelle.....	3
4.	Impedanzwandler.....	3
5.	Offseteinstellung.....	3
6.	Verstärkung.....	3
7.	Schutzbeschaltung für AD-Wandler.....	2
8.	Gesamtschaltung.....	3
9.	Schlußbemerkung.....	2
10.	Quellenverzeichnis.....	3

Fach : Meßsysteme Lehrer: H. Schneider Datum : 15.06.01	Konstruktion eines PT100-Meßverstärker	Klasse : ELT 7 Name : Dirk Faust Seite 3 von 10
---	--	---

## 1. Allgemeines zur Temperaturmessung:

**Vorteile** des PT100 gegenüber den Thermoelementen:

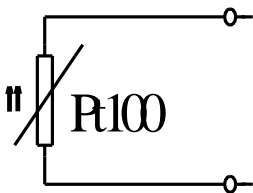
- wesentlich höheres elektrisches Signal, daher unempfindlicher gegen Störungen
- weitgehend lineare Kennlinie
- höhere Langzeitstabilität
- keine Vergleichstabelle notwendig

**Nachteil:** - maximaler Temperaturbereich bis ca. +800°C

Widerstandstabelle

### Anschlußarten:

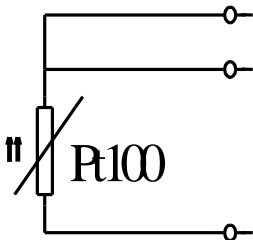
#### 2-Leiter Schaltung:



Vergleichsweise geringer Leitungsaufwand notwendig. Genauer Abgleich des Widerstandes der Anschlußleitung ist erforderlich, da dieser in Reihe zum Messwiderstand liegt. Widerstandsänderung der Zuleitung gehen als Meßfehler ein

➔ **ungeeignet für lange Leitungslängen !**

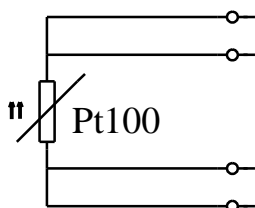
#### 3-Leiter Schaltung



Getrennte Leitungsverlegung für Energieversorgung des Messwertgebers und Abgriff des Meßsignals. Eine gemeinsame Leitung dient als Bezugspotential. Bei gleichem Widerstandswert der Leitungsadern kann der Leitungsabgleich entfallen.

Nur geringer Einfluß durch Änderungen der Leitungswiderstände infolge von Temperaturschwankungen

#### 4-Leiter Schaltung



Ein Adernpaar versorgt den Messwertgeber mit Energie, das Messsignal wird hochohmig über ein zweites Adernpaar abgegriffen. Kein Leitungsabgleich notwendig. Änderung der Zuleitungswiderstände bleiben ohne Einfluß auf das Messergebnis.

➔ **geeignet auch für lange Leitungslängen !**

Fach : Meßsysteme Lehrer: H. Schneider Datum :15.06.01	Konstruktion eines PT100-Meßverstärker	Klasse : ELT 7 Name : Dirk Faust Seite 4 von 10
--	--	---

## **2. Aufgabenstellung:**

Die Temperatur einer Flüssigkeit soll mit einem PT100 Temperaturfühler erfasst werden.

Dieses Meßsignal wird über eine Elektronik in ein 0-5 V Spannungssignal umgewandelt werden.

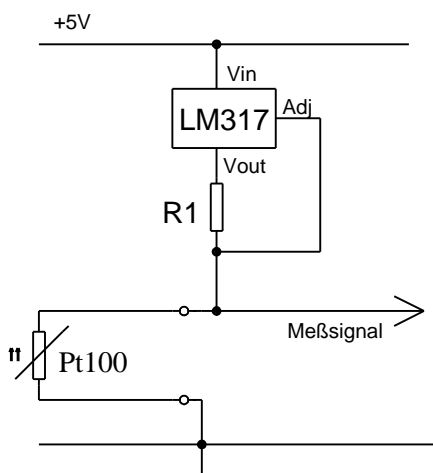
Diese Spannung wird mit einem 8-Bit Analog-Digital-Wandler in die Zahlenwerte 0-255 digitalisiert.

Fach : Meßsysteme Lehrer: H. Schneider Datum : 15.06.01	Konstruktion eines PT100-Meßverstärker	Klasse : ELT 7 Name : Dirk Faust Seite 5 von 10
---	--	---

### 3. Umwandlung Widerstandswert in eine Spannung durch Kontantstromquelle:

Um das temperaturabhängige Widerstandssignal des Fühlers in ein Spannungssignal zu wandeln, läßt man durch den Meßfühler einen konstanten Strom fließen, und misst dann den Spannungsabfall. Dieses Spannungssignal ist proportional zu dem Widerstandswert. Der gewählte Meßstrom sollte 5 mA nicht übersteigen, um eine Eigenerwärmung des Fühlers zu vermeiden.

#### Konstantstromquelle



$$R1 = \frac{V_{ref}}{I} = \frac{1.25 \text{ V}}{1 \text{ mA}} = 1.25 \text{ K Ohm}$$

Der Baustein LM317 hat eine interne Spannungsreferenz von 1,25 V. Bei der links gezeigten Schaltung regelt der LM317 den Strom durch **R1** so, daß 1,25 V an ihm abfallen. Soll ein konstanter Meßstrom von z.B. 1 mA erzeugt werden, muß der Widerstands **R1** einen Wert von 1,25 KOhm haben. In der Praxis wird man hier ein Trimpotentiometer einsetzen.

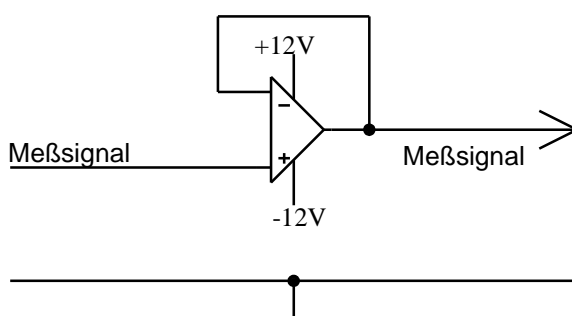
Durch diese Schaltung hat die Widerstandsänderung des PT100 bei Erwärmung keinen Einfluß auf den Meßstrom.

Bei steigender Temperatur am Fühler, steigt dessen Widerstand, und bei konstantem Strom steigt der Spannungsabfall (Meßsignal) ebenfalls.

#### Beispiel :

Es soll ein Temperaturbereich von 0 bis 255 °C erfaßt werden. Der PT100 Meßfühler ändert seinen Widerstandswert von 100 Ohm auf 195.906 Ohm. Das **Meßsignal** verändert sich bei einem konst. Meßstrom (1 mA) von **100 mV auf 195.906 mV**.

### 4. Impedanzwandler:



Damit die nachfolgende Schaltung keinen Einfluß auf das Meßsignal nehmen kann, wird das Meßsignal über eine Impedanzwanlerschaltung mit einem Operationsverstärker abgekoppelt.

Das so aufbereitete Meßsignal kann jetzt mit einigen mA belastet werden, ohne daß sich das Signal verändert.

**Eingangssignal = Ausgangssignal**

**5. Offseteinstellung:**

Das Meßsignal hat am Meßbereichsbeginn ( 0 °C ) eine Größe von 100 mV.  
 Mit der nachfolgenden Schaltung soll dieser Offset eliminiert werden .

$$U_{e2} = U_b * \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\frac{U_{e2}}{U_b} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

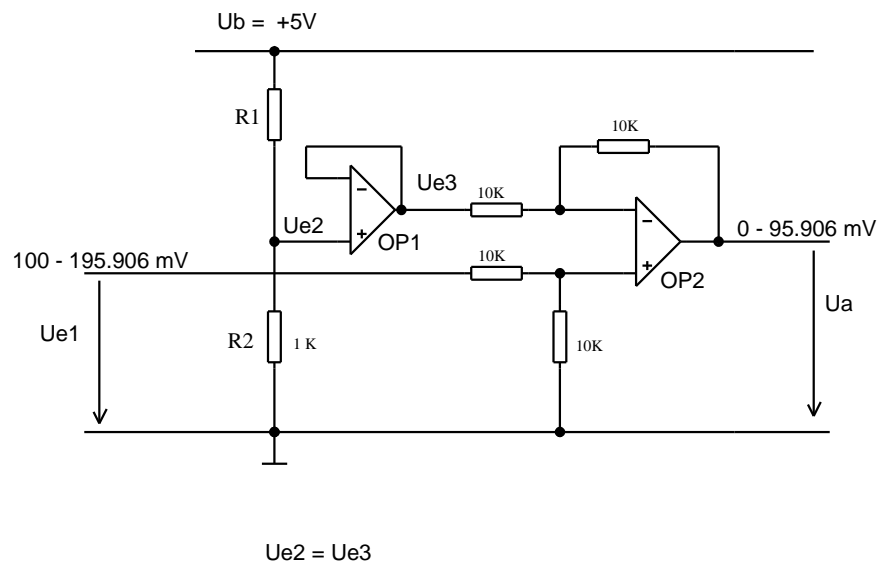
$$\frac{U_b}{U_{e2}} = \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

$$\frac{U_b}{U_{e2}} = \frac{R_1}{R_2} + 1$$

$$R_1 = \left( \frac{U_b}{U_{e2}} - 1 \right) * R_2$$

$$R_1 = \left( \frac{5 \text{ V}}{100 \text{ mV}} - 1 \right) * 1 \text{ K}$$

$$R_1 = 49 \text{ K}$$



**Funktionsweise:**

Über den Spannungsteiler 49K / 1K wird aus der stabilisierten Betriebsspannung von 5 V eine Spannung (U<sub>e2</sub>) von 100 mV erzeugt. Dieses Spannungssignal wird ebenfalls über einen Impedanzwandler abgekoppelt (OP1).

Die Schaltung um OP2 stellt eine Subtrahierschaltung dar. Sind alle vier Widerstände **gleich groß**, dann gilt :

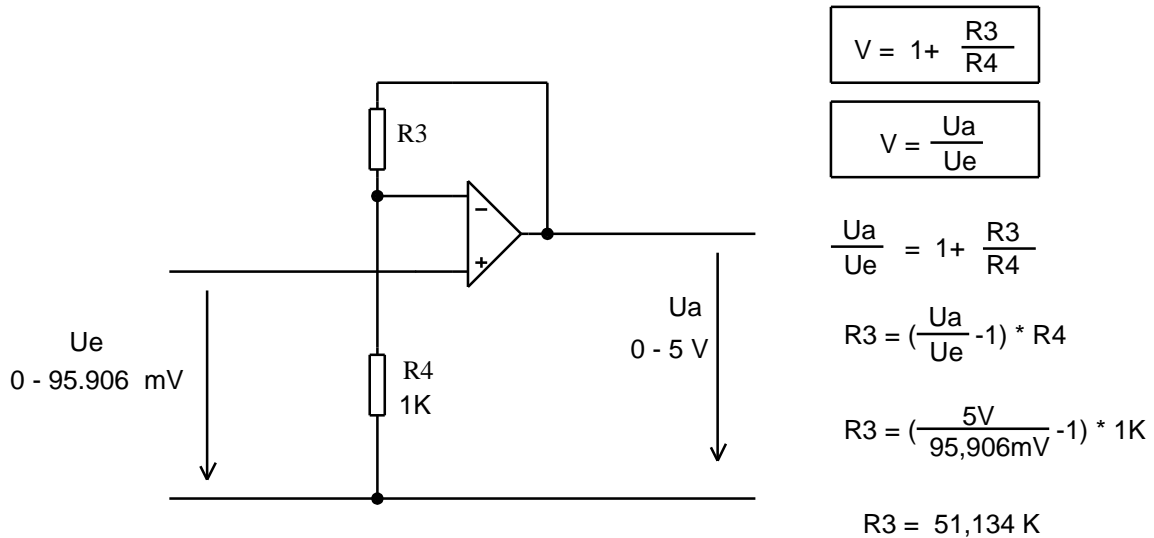
$$U_a = U_{e1} - U_{e2}$$

Bei einem Meßbereich von 0°C bis 255 °C wird das Eingangssignal von 100 mV bis 195.906 mV wird durch Subtraktion von 100 mV in ein Ausgangssignal von 0 V bis 95.906 mV gewandelt.

Fach : Meßsysteme Lehrer: H. Schneider Datum :15.06.01	Konstruktion eines PT100-Meßverstärker	Klasse : ELT 7 Name : Dirk Faust Seite 7 von 10
--	--	---

## 6. Verstärkung:

Um das Meßsignal auf 5 V zu verstärken, wird die u.g. nicht-invertierende Verstärkerschaltung eingesetzt. Auch hier wird in der Praxis der Widerstand R3 für den Feinabgleich als Trimpotentiometer ausgeführt.

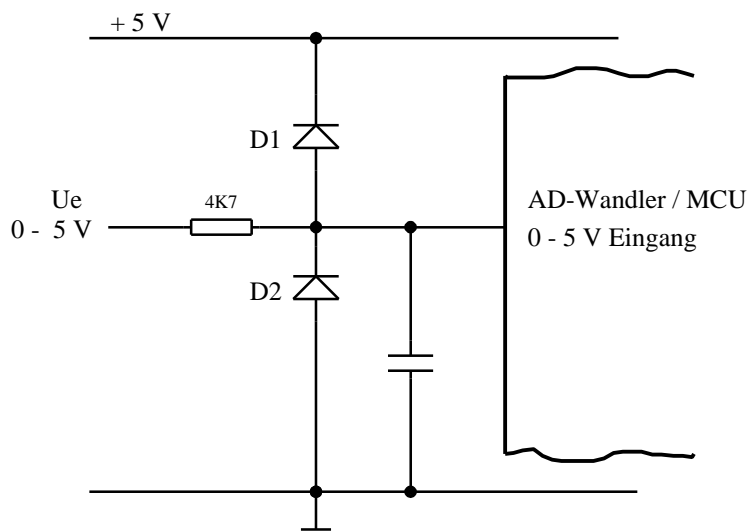


## 7. Schutzbeschaltung des AD-Wandler:

AD-Wandler mit einem Eingangsspannungsbereich von 0-5 V DC werden bei Spannungen über +5,7 V oder unterhalb - 0,7 V zerstört.

Bei einem Drahtbruch in der Fühlerleitung oder einem Kurzschluß verändert sich das Meßsignal auf unzulässige Werte.

Mit der u.g. Schutzbeschaltung wird der AD-Wandler oder Mikrokontroller zuverlässig geschützt:



Im normalen Spannungsbereich (0-5V) sind beide Dioden gesperrt . Es fließt aufgrund des hohen Innenwiderstandes des AD-Wandlers fast kein Strom über R. Die Eingangsspannung liegt auch am AD-Wandler an.

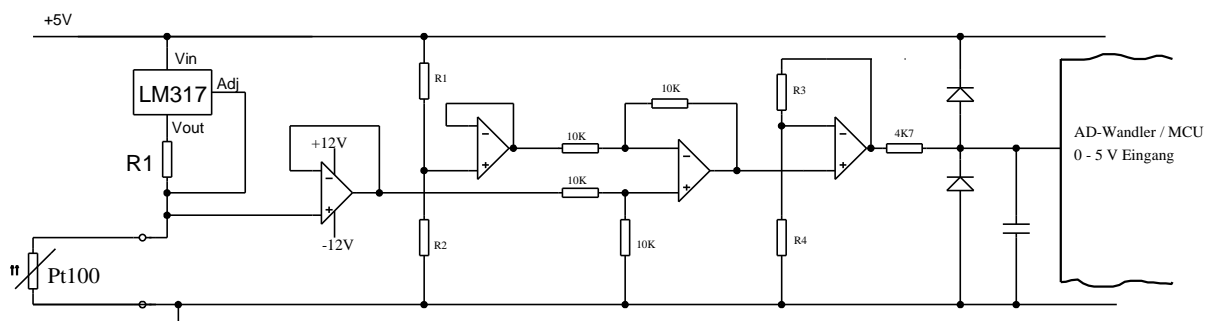
Bei Spannungen oberhalb von 5,7 V wird die Diode D1 leitend. Es fließt ein Strom vom Eingang der Schaltung über R und D1 nach +5V. An R fällt dann die restliche Spannung oberhalb 5,7 V ab.

Die Diode D2 ist für negative Spannungsableitung zuständig.

Bei einem 8-Bit Analog-Digital-Wandler wird die Spannung von 0-5 V intern in eine 8-Bit Zahl von 0-255 gewandelt.

Diese Meßergebnisse können somit sehr einfach ohne Umrechnung weiterverarbeitet werden, da eine Temperaturänderung von 1 °C genau 1 Digit entspricht.

## 8. Gesamtschaltung:



## 9. Beispielrechnung:

Um die o.g. Schaltung zu überprüfen, nehmen wir eine Fühlertemperatur von 100 °C an.



Fach : Meßsysteme Lehrer: H. Schneider Datum : 15.06.01	Konstruktion eines PT100-Meßverstärker	Klasse : ELT 7 Name : Dirk Faust Seite 9 von 10
---	--	---

Der PT100 Fühler hat bei dieser Temperatur laut Widerstandstabelle einen Wert von 138,506 Ohm.

Bei einem Meßstrom von 1 mA fallen an ihm 138,506 mV ab.

Die Offsetschaltung zieht von diesem Signal 100 mV ab. Es stehen also noch 38,506 mV an.

Die nachfolgende Verstärkerschaltung hat einen Verstärkungsfaktor von :

$$V = U_a / E_e = 52,134$$

Somit wird das Meßsignal wie folgt verstärkt :

$$38,506 \text{ mV} * 52,134 = \mathbf{2,007 \text{ V}}$$

Zu erwarten wäre aber folgendes Ergebnis :

$$100 \text{ }^\circ\text{C} / 255 \text{ }^\circ\text{C} * 5 \text{ V} = 1,961 \text{ V}$$

Dieser Fehler von rund 2 % entsteht aufgrund der Nichtlinearität des PT100.

### **10. Schlußbemerkung:**

Die Gesamtschaltung sieht vielleicht etwas kompliziert und teuer aus.

Aber das Gegenteil ist der Fall :

Es werden 4 Operationsverstärker benötigt. Hier könnte man **einen** 4-fach OP, z.B. LM324 verwenden. (Stückpreis ca. 1 DM.)

Der Spannungsregler LM317 liegt bei etwa 2 DM.

Der Gesamtpreis für alle Bauteile liegt also noch unter 5 DM !!!

### **10. Quellenverzeichnis :**

- Datenblatt LM324
- Datenblatt LM317 ; National Semiconductor
- Friedrich Tabellenbuch S. 7-34
- PT100 Widerstandstabelle ;Fa. JUMO
- Datenblatt PIC 16C74 ; (www.Microchip.com)