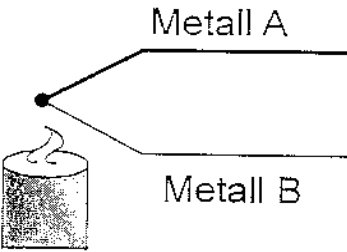


6. Messsysteme mit spannungs- und ladungs-liefernden Sensoren

6.1 Thermoelemente TE

Prinzip (Seebeck-Effekt)



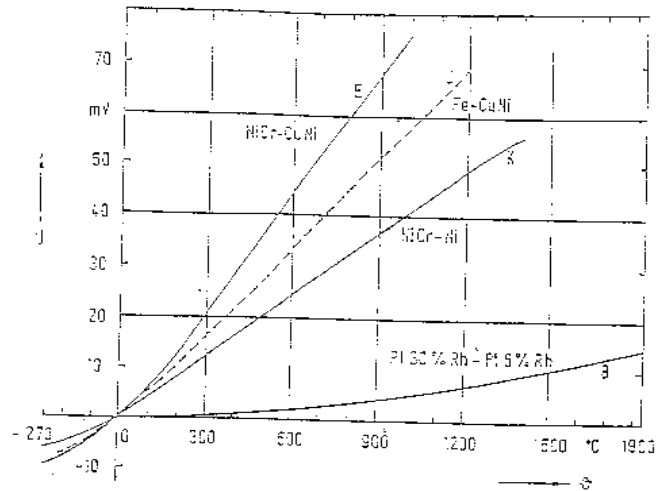
Seebeck-Effekt: Thermospannung bei Kontakt zweier Metalle mit unterschiedlicher Austrittsarbeit
 ! Seebeck-Spannung nicht direkt messbar, da bei der Messung zwangsweise weitere TE entstehen
 (Peltier-Effekt: Umkehrung des Seebeck-Effektes --> Heizen, Kühlen)

Thermoempfindlichkeit k_{X-Pt} : Metall X gegen Platin Pt angegeben als mV/100K

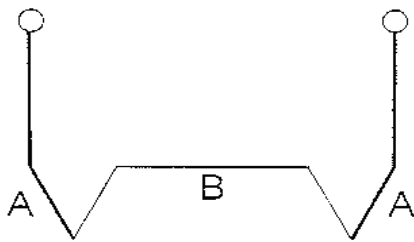
Material X	k_{X-Pt} in mV/100K
Konstantan (CuNi)	-3,37 ... 3,04
Nikel (Ni)	-1,9
Platin (Pt)	0,0
Wolfram (W)	0,7
Kupfer (Cu)	0,7
Eisen (Fe)	1,9
Nickel-Chrom (NiCr)	2,2
Silizium (Si)	44

typische Paarungen
• Pt-PtRh
• NiCr-Ni
• Fe-CuNi

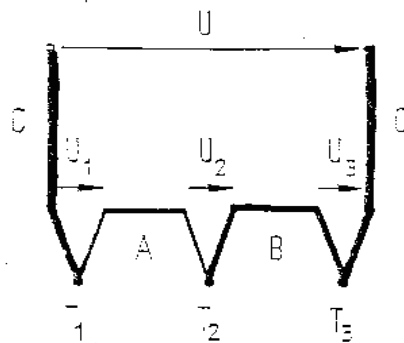
Kennlinien von Thermoelementen



2 Metalle in einem Stromkreis



3 Metalle in einem Stromkreis

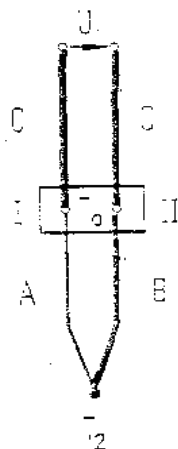
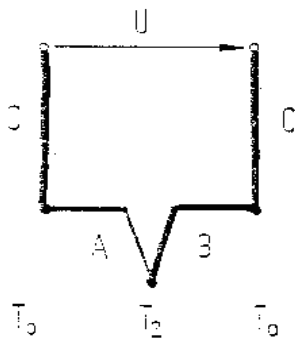


$$U_1 = k_{CA} T_1 = (k_{C,Pt} - k_{A,Pt}) T_1$$

$$U_2 = k_{AB} T_2 = (k_{A,Pt} - k_{B,Pt}) T_2$$

$$U_3 = k_{BC} T_3 = (k_{B,Pt} - k_{C,Pt}) T_3$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = k_{C,Pt} (T_1 - T_3) + k_{A,Pt} (T_2 - T_1) + k_{B,Pt} (T_3 - T_2)$$



$$T_1 = T_3 = T_0$$

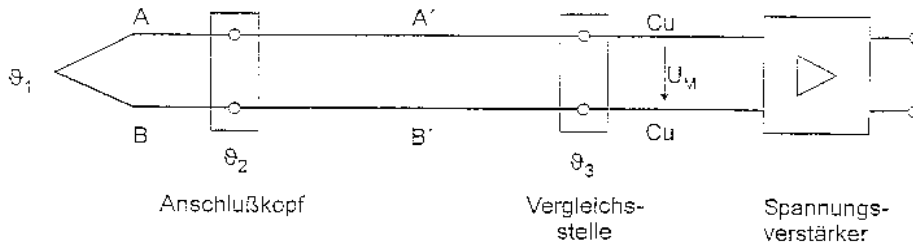
$$U = k_{A,Pt} (T_2 - T_1) + k_{B,Pt} (T_3 - T_2)$$

$$= k_{A,Pt} (T_2 - T_0) - k_{B,Pt} (T_0 - T_2)$$

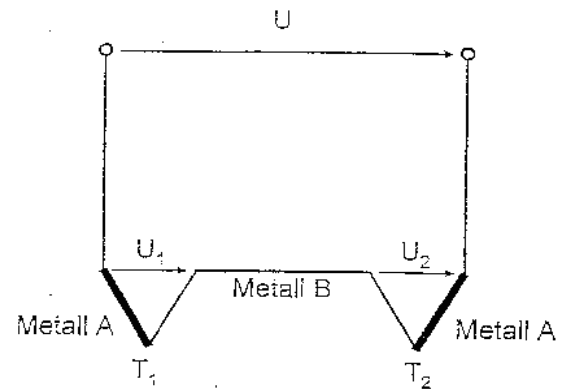
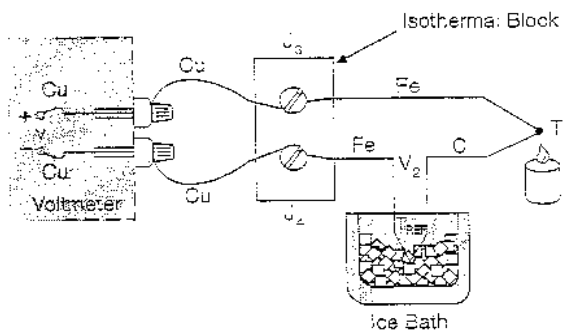
$$= k_{AB} (T_2 - T_0)$$

technische Realisierung

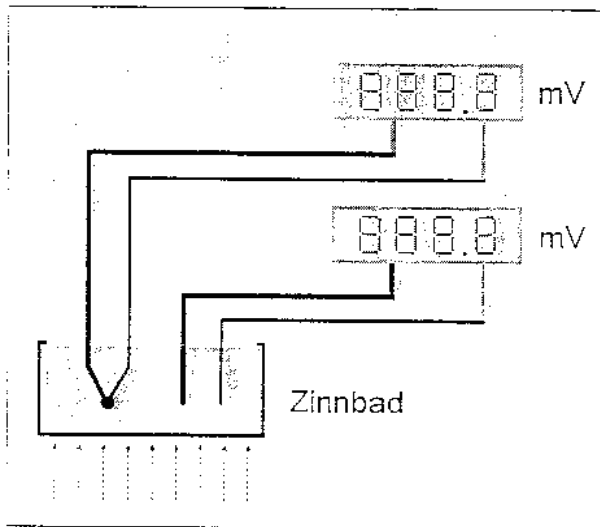
• Variante 1



• Variante 2



Versuch: Thermoelemente



Geräte

Cu-Ko-Thermoelement, Cu- Konst.-Drähte, Zinnbad

Daten:

$k_{Cu,Pt} = 0.7 \text{ mV/100 K}$; $k_{Konst,Pt} = -(3,47 \dots 4,04) \text{ mV/100 K}$

Ausführungsformen von Thermoelementen

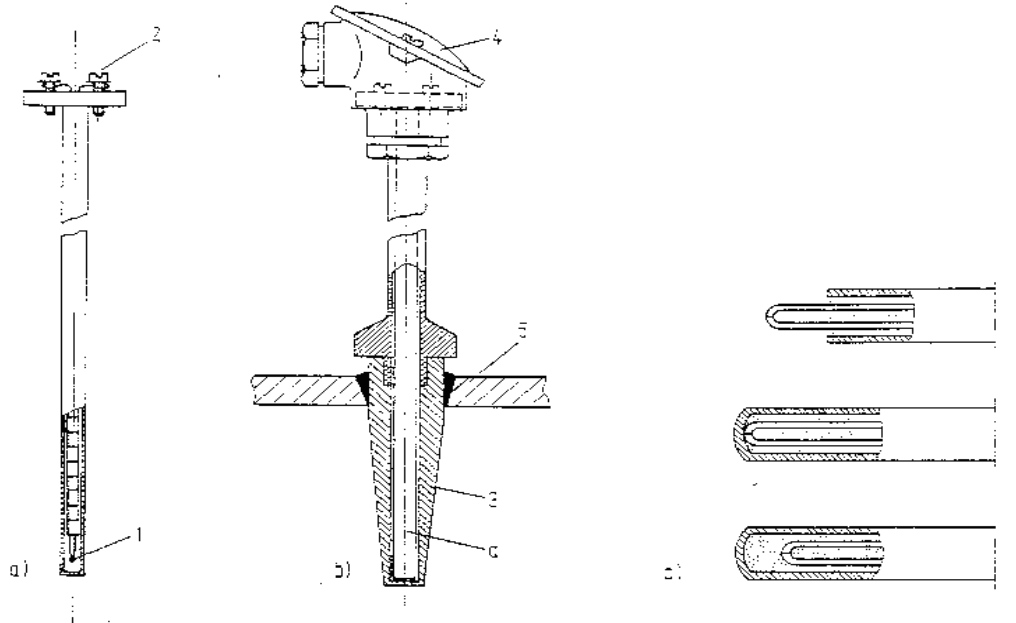


Bild 2.120: Ausführungsformen von Thermoelementen
 a) Meßeinsatz mit Thermopaar 1 und Anschlußklemmen 2
 b) Armatur mit Meßeinsatz a; 3 Schutzrohr, 4 Anschlußkopf, 5 Wand der Rohrleitung oder des Behälters
 c) Mantelthermoelemente; 1 Thermopaar offen, 2 Thermopaar mit dem Mantel verschweißt, 3 Thermopaar vom Mantel isoliert

gen. Silizium-Thermosäulen werden mit bis 1024 einzelnen Thermoelementen hergestellt.

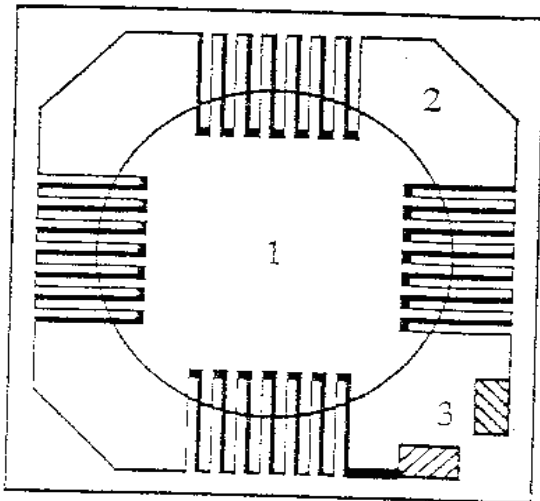
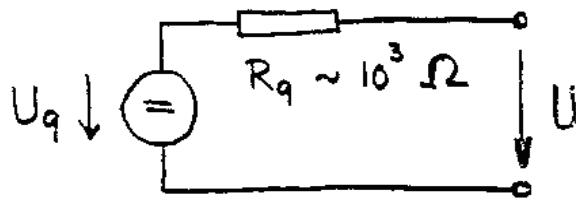
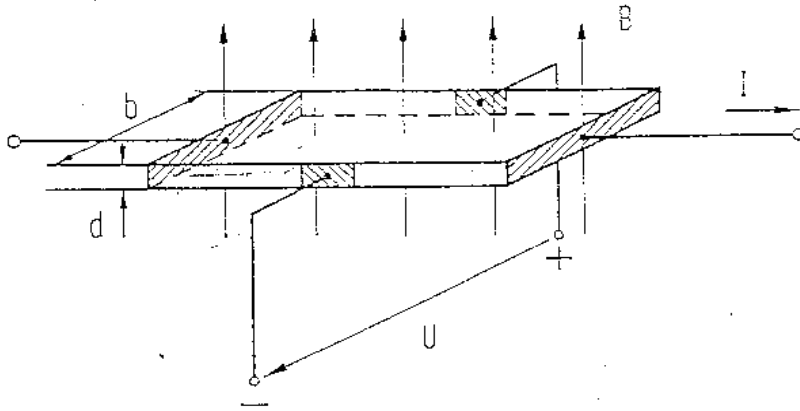
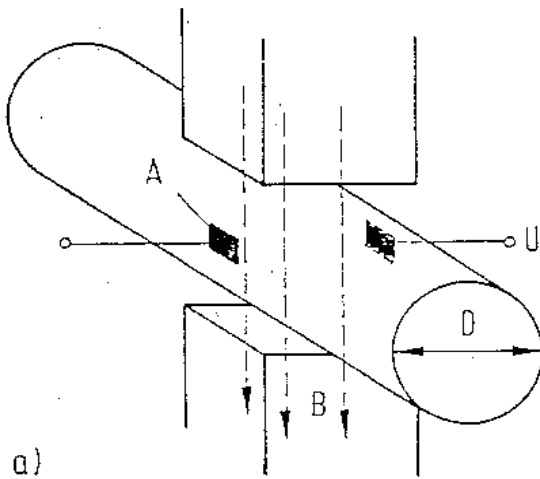


Bild 3.12 Prinzipschaltung einer Thermosäule
 1 Membran mit heißen Kontaktstellen,
 2 Substrat mit kalten Kontaktstellen,
 3 Anschlußpunkte

6.2 Sensoren mit Halleffekt (→Spannung)



6.3 Induktionsdurchflussmesser (→Spannung)



$$F_m = qvB$$

$$F_e = q \frac{U}{D}$$

$$F_m = F_e$$

$$U = DvB$$

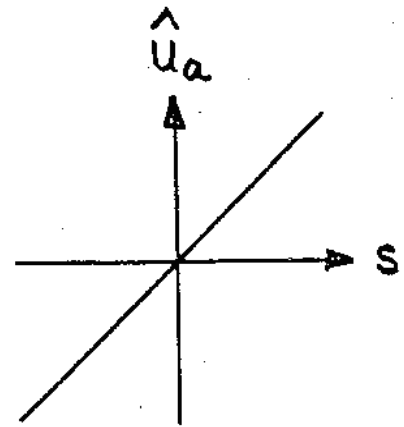
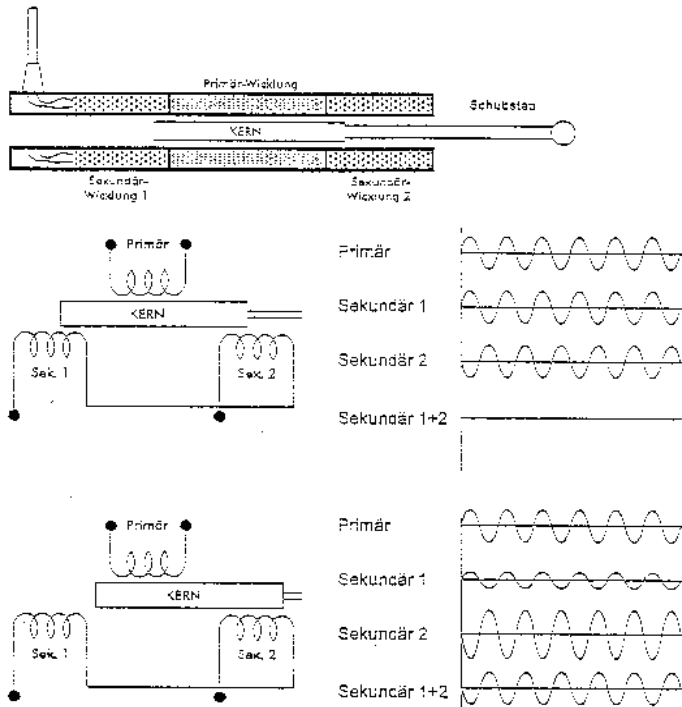
a)

$$R_q = \frac{1}{\sigma} \frac{D}{A}$$

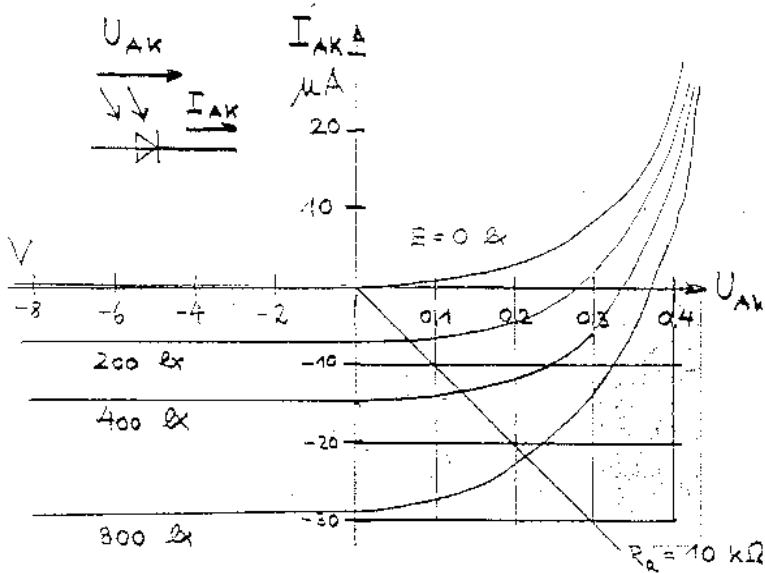
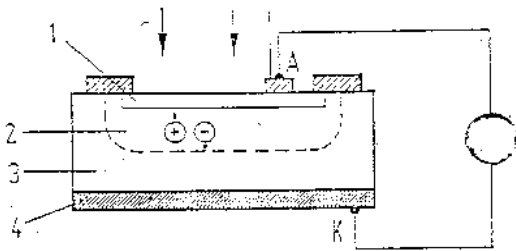
z.B. $= \frac{1 \text{ cm}}{10^{-5} \text{ S}} \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ cm}^2} = 10^7 \Omega$

6.4 Differential-Transformator (→Spannung)

(linear voltage dependent transformer LVDT)



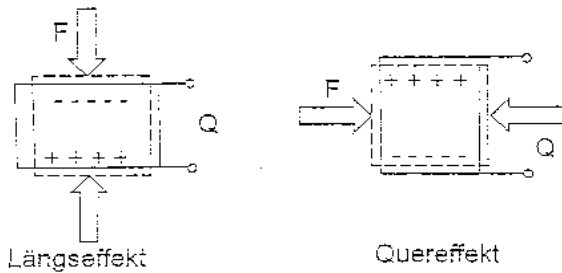
6.5 Photoelement (→Spannung)



6.6 Piezo-Sensoren (→Ladung)

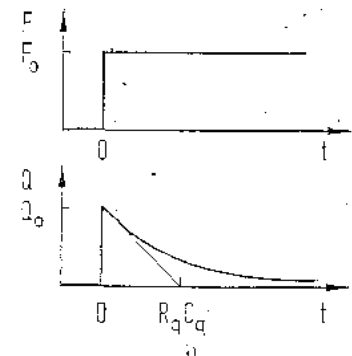
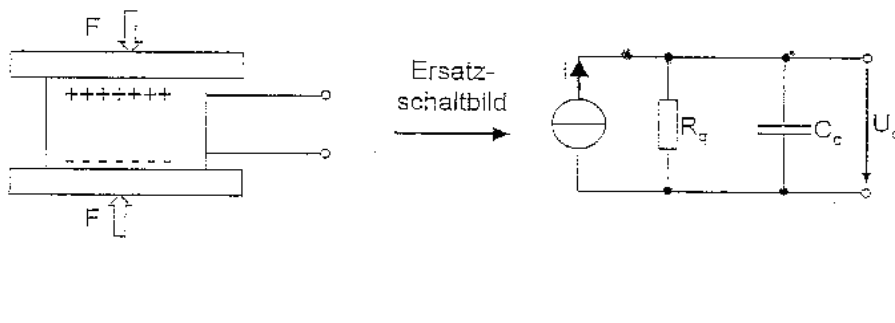
Piezelektrizität

Wirkungsrichtungen des piezelektrischen Effektes

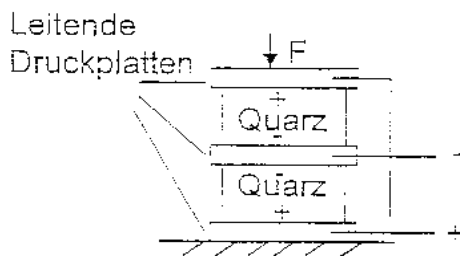


Aufbau und Ersatzschaltung eines Piezo-Sensors

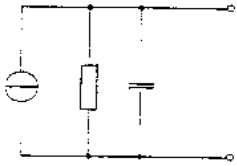
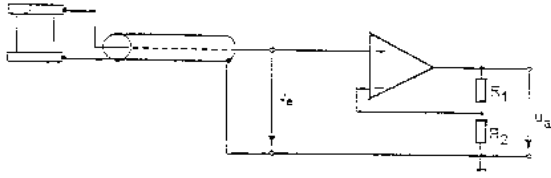
• Einzel-Element



• Doppel-Element



Auswertung mit Spannungsverstärker



Auswertung mit Ladungsverstärker

