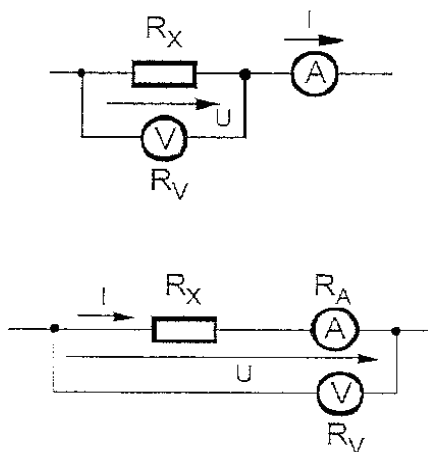


7. Messsysteme mit widerstandsliefernden Sensoren

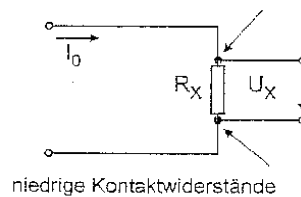
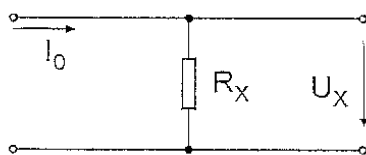
Messsystem

7.1 Auswerteschaltungen zur Widerstandbestimmung

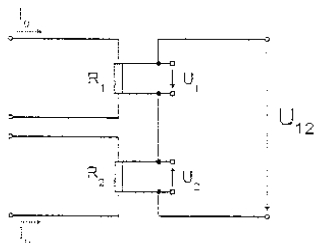
getrenntes Messen von Strom und Spannung



Messanordnung mit Konstantstrom



Messen einer Widerstandsdifferenz mit Konstantstrom



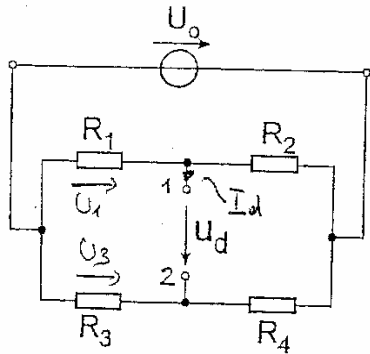
zu 7.1 Gleichstrom- / Gleichspannungs-Brücken

7.1.1 prinzipieller Aufbau

U_d : Brücken diagonal-Spg. \rightarrow Ausschlagbrücke U_d

\rightarrow Abgleich $\sim U_d = 0$

a) Spannungsgespeiste Brücke



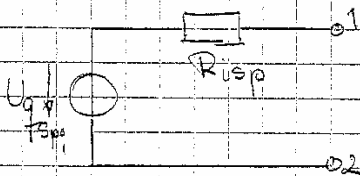
unbelastet: $I_d = 0$

$$U_d = U_3 - U_1$$

$$U_3 = U_0 \frac{R_3}{R_3 + R_4}, \quad U_1 = U_0 \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$\Rightarrow U_d = U_0 \frac{R_2 R_3 - R_1 R_4}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} \quad (1)$$

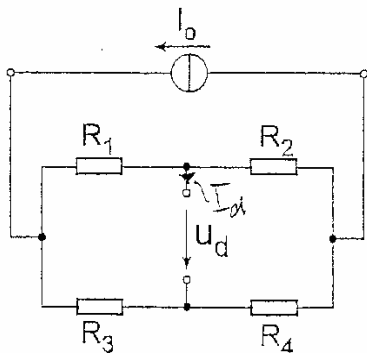
Ersatzschaltung:



$$U_{0,sp} = U_d (I_d = 0) \text{ nach (1)}$$

$$R_i = R_1 \parallel R_2 + R_3 \parallel R_4$$

b) Stromgespeiste Brücke



unbelastet $I_d = 0$

$$U_d = I_0 \frac{R_2 R_3 - R_1 R_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} \quad (2)$$

Ersatzschaltung: $R_{i,StH}, U_{0,StH}$

$$U_{0,StH} = U_d (I_d = 0) \text{ nach (2)}$$

$$R_{i,StH} = (R_1 + R_3) \parallel (R_2 + R_4)$$

7.1.2 Abgleichbrücken

$$U_d = 0 \quad \text{aus (1) bzw. (2)}$$

$$\underline{R_1 R_4 = R_2 R_3} \quad \text{Abgleichbedingung}$$

BSP. Bestimmung eines unbekannten Widerstandes

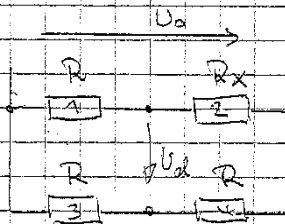
$$R_1 = R_x \Rightarrow R_x = \frac{R_2 R_3}{R_4} \quad \text{mit } R_2, R_3, R_4 \text{ bekannt}$$

7.1.3 Ausschlagbrücken (U_d beliebig nach (1) bzw. (2))

typisch bei Sensoren mit Widerstand $R_x = f(\text{Messgröße})$

$$\text{z.B. } R_x = R + \Delta R$$

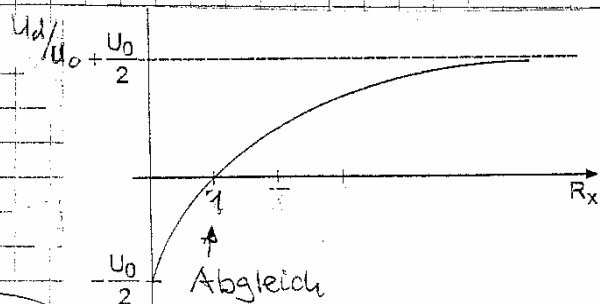
a) U_0 -Viertelbrücke (1/4 m)



$$\text{Wies. } R_2 = R_x, R_1 = R_3 = R_4 = R$$

aus (1):

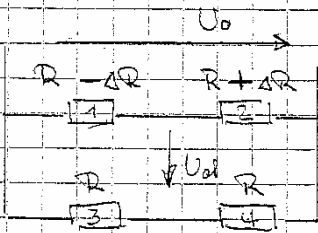
$$\underline{U_d / U_0 = \frac{R_x R - R R}{(R_x + R)(R + R)} = \frac{1}{2} - \frac{1}{1 + R/R_x}}$$



bei Sensor $R_x = R + \Delta R$:

$$\underline{U_d / U_0 = \frac{\Delta R}{2R + \Delta R} \cdot \frac{1}{2} \approx \frac{1}{4} \frac{\Delta R}{R}}$$

b) U_0 -Halbbrücke ($1/2$)



2 Sensoren $R_1 = R - \Delta R$

$R_2 = R + \Delta R$

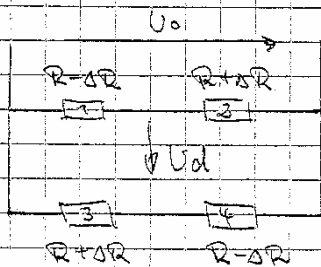
restl. Wid $R_3 = R_4 = R$

aus (*)

$$\frac{U_d}{U_0} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta R}{R}$$

- genaue Lösung $U_d/U_0 = \dots$
- doppelte Empfindlichkeit gegenüber $1/4$ -Brücke

c) U_0 -Vollbrücke ($1/1$)



4 Sensoren $R_1 = R_4 = R - \Delta R$

$R_2 = R_3 = R + \Delta R$

$$\frac{U_d}{U_0} = \frac{\Delta R}{R}$$

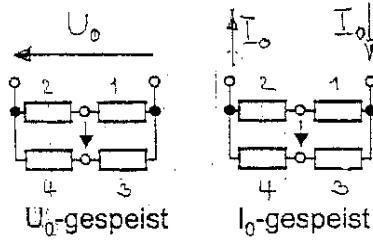
- genaue Lösung: $U_d/U_0 = \dots$
- vierfache Empfindlichkeit gegenüber $1/4$ -Brücke

Störeinflüsse: $\Delta R_{\text{gesamt}} = \Delta R + \Delta R(\frac{1}{2})$ ($\Delta R(\frac{1}{2})$ Störeinfluss)

$1/4$ -Brücke: ja

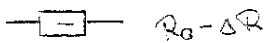
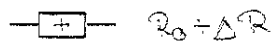
$1/2$ -Brücke: nein (Sperrleiter R_1, R_2)

$1/1$ -Brücke: nein (Sperrleiter R_1, R_2 bzw. R_3, R_4)



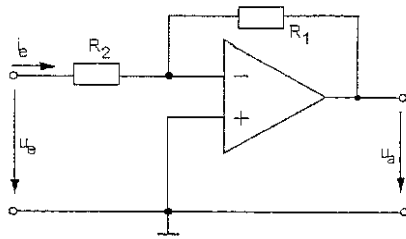
a		$U_d \approx \frac{U_0 \Delta R}{4 R_0}$	$U_d \approx \frac{I_0}{4} \Delta R$
b		$U_d \approx -\frac{U_0 \Delta R}{4 R_0}$	$U_d \approx -\frac{I_0}{4} \Delta R$
c			
d		$U_d \approx \frac{U_0 \Delta R}{2 R_0}$	$U_d = \frac{I_0}{2} \Delta R$
e		$U_d \approx \frac{U_0 \Delta R}{2 R_0}$	$U_d = \frac{I_0}{2} \Delta R$
f		$U_d \approx -\frac{U_0 \Delta R}{2 R_0}$	$U_d = \frac{I_0}{2} \Delta R$
g		$U_d \approx -\frac{U_0 (\Delta R)^2}{4 R_0}$	$U_d = -\frac{I_0 \Delta R}{4 R_0} \Delta R$
h		$U_d = U_0 \frac{\Delta R}{R_0}$	$U_d = I_0 \Delta R$

Beschaltungen von Ausschlagmessbrücken

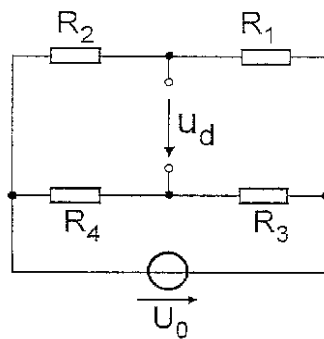


HT INF/SS0003 Brücken 4/4

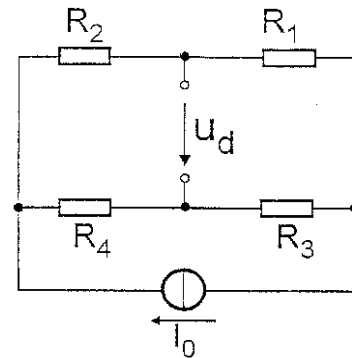
Messanordnung mit Messverstärkern



Brückenschaltungen (---> siehe getrennte Arbeitsblätter)



Gleichspannungs-Brücke

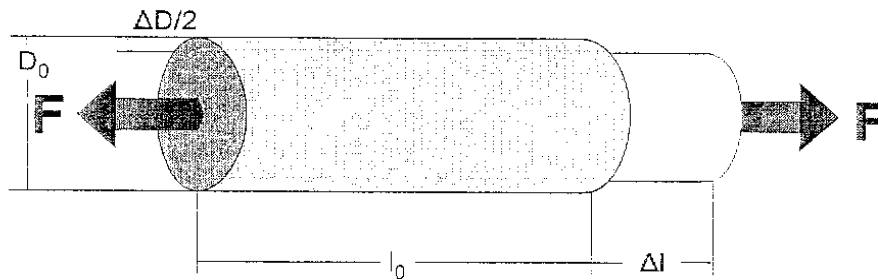


Gleichstrom-Brücke

7.2 Dehnungsmesstreifen DMS

Messsystem

Wirkprinzip eines DMS



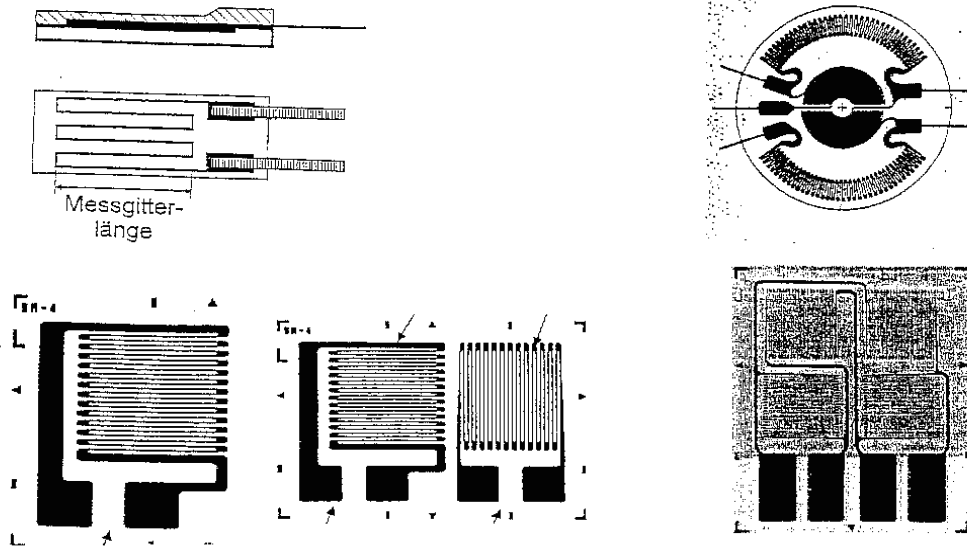
Zugbeanspruchung

Druckbeanspruchung

Metall-DMS

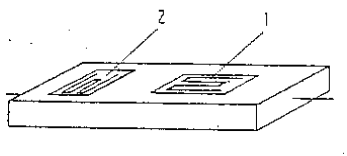
Halbleiter-DMS (piezoresistiver Sensor)

Ausführungsformen von DMS

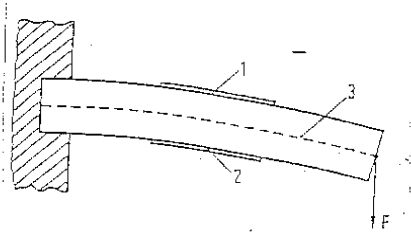


Anwendungen von DMS

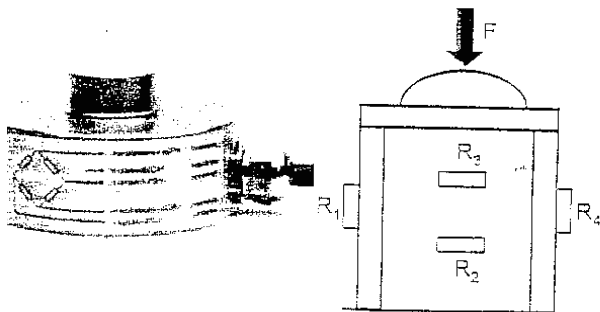
- Messen einer Normalkraft



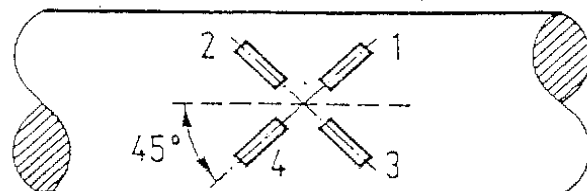
- Kraftmessung am Biegebalken



- Kraftmessdose

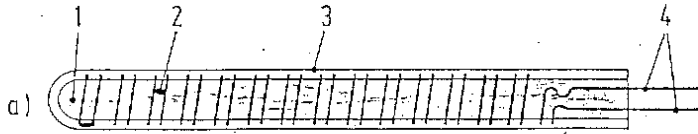


- Messung von Torsion und Drehmoment



7.2 Widerstandsthermometer

Metall-Widerstandsthermometer (Platin)



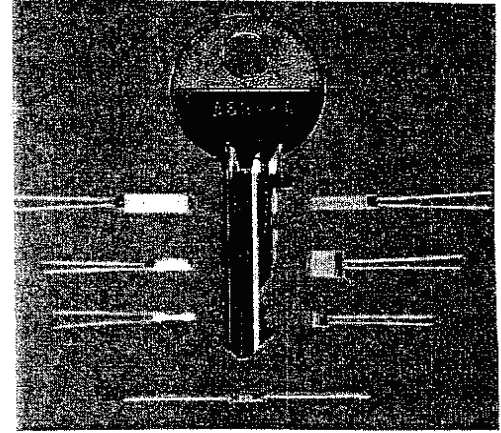
$$R = R_0 [1 + \alpha(T - T_0) + \beta(T - T_0)^2] \Omega$$

$$R = R_0 [1 + \alpha(\vartheta - \vartheta_0)]$$

$$= R_0 (1 + \alpha \vartheta) \quad \Omega$$

$$E = \frac{dR}{d\vartheta} = R_0 \alpha \quad \frac{\Omega}{K}$$

$$\alpha = \frac{1}{R_0} \frac{dR}{d\vartheta} \quad K^{-1}$$



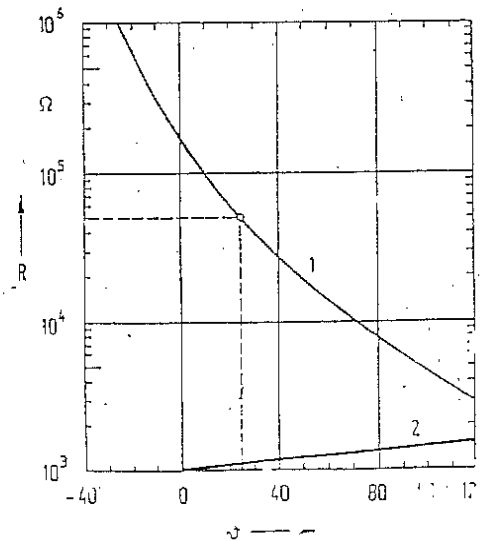
NTC (negative temperature coefficient; Heissleiter)

$$R = R_0 e^{b(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0})}$$

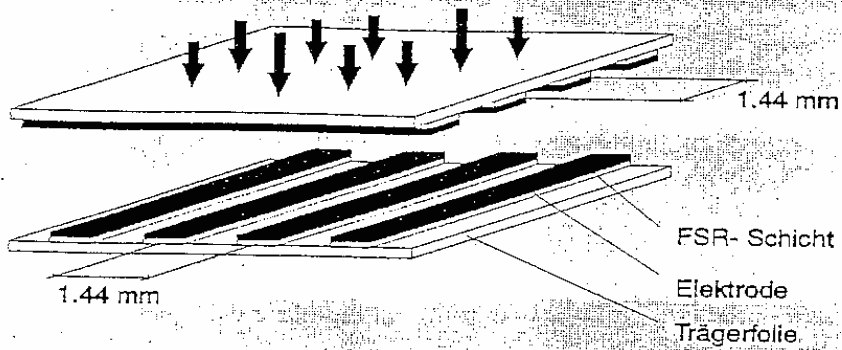
$$\therefore R_0 e^{-\frac{b}{T_0}} \cdot e^{\frac{b}{T}} = K_0 e^{\frac{b}{T}} \quad \Omega$$

$$E = \frac{dR}{dT} = K_0 e^{b/T} \left(-\frac{b}{T^2} \right) = -\frac{b}{T^2} R \quad \frac{\Omega}{K}$$

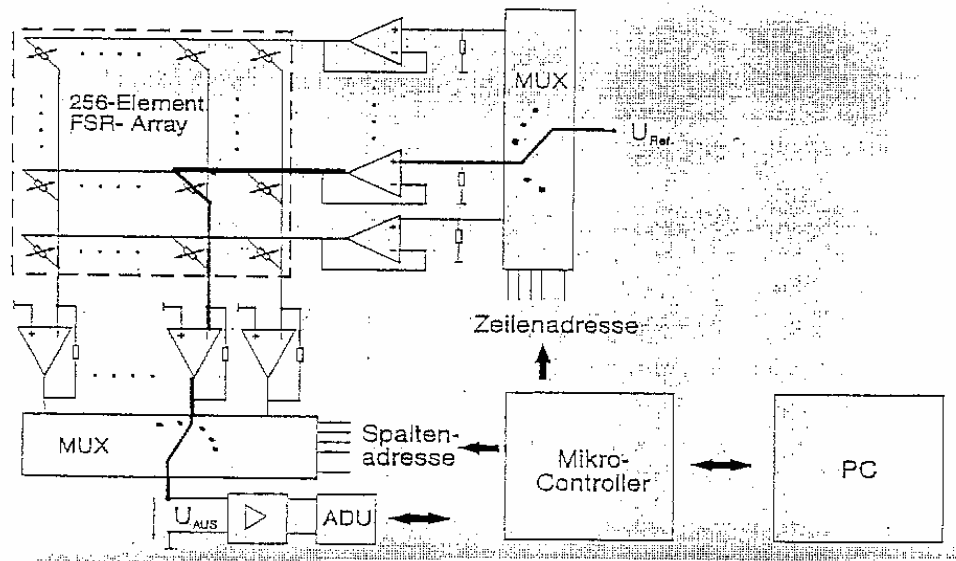
$$\alpha = \frac{1}{R} \frac{dR}{dT} = -\frac{b}{T^2} \quad K^{-1}$$



FSR-Sensoren (force sensing resistors)



Prinzipieller Aufbau des Meßsystems



DMS in Si-Technologie

