



## 6.2 Ausschlagbrücke

### 6.2.1 Hintergrund

Viele Sensoren, wie z.B.

- Dehnungsmessstreifen (DMS)
- Pt100-Widerstandsthermometer

verändern ihren Widerstandswert  $R$  abhängig von einer physikalische Größe.

- Die Widerstandsänderung ist meist sehr klein und
- je nach Sensortyp (näherungsweise) proportional zur physikal. Größe.

**Beispiel:** DMS ( $R=300\Omega$ ,  $k=2$ )

$$\Delta R = k \cdot \frac{\Delta l}{l} \cdot R = 2 \cdot 0.001 \cdot 300 = 0.6\Omega$$

bei 1mm Längenänderung  
auf 1m (=0.1%)

**Beispiel:** Pt100 (  $\alpha_{Pt} = 3.9 \cdot 10^{-3} / K$ ,  $\beta_{Pt} = -0.58 \cdot 10^{-6} / K^2$  )

$$\frac{\Delta R}{R} = 1 + \alpha \cdot \Delta T + \beta \cdot (\Delta T)^2 = 0.39\% (\hat{=} 0.39\Omega)$$

bei 1° Temperaturänderung  
20°C → 21°C

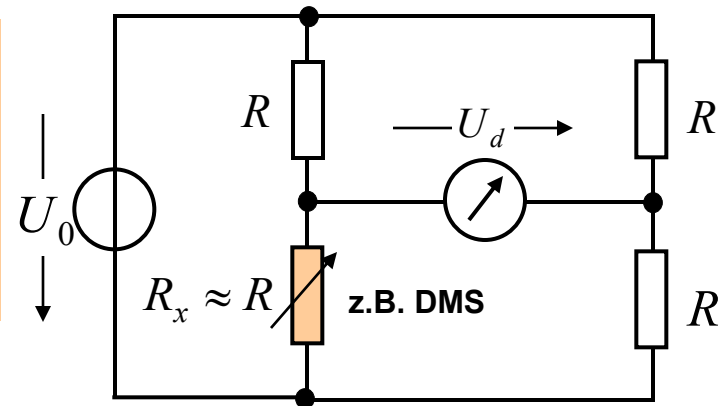
## 6.2.2 Prinzip der Viertelbrücke

Da  $U_d$  sehr empfindlich auf die Verstimmung  $v$  reagiert, können sehr kleine Widerstandsänderungen mit einer Brücke gemessen werden.

Anders als bei der Abgleichbrücke wird aber jetzt die Spannung  $U_d$  als Messwert verwendet.

Für die verstimmte Brücke gilt exakt (s.u.):

$$U_d = \frac{U_0}{2} \cdot \frac{v}{v+2} \quad \text{mit} \quad v = \frac{\Delta R_x}{R}$$



Brückenverhältnis  $a=1$

Für kleine  $v$  gilt näherungsweise der lineare Zusammenhang:

$$U_d \approx \frac{U_0}{4} \cdot v$$

**Beispiel:** Im Falle des DMS gilt somit für kleine  $v$  die Näherungsformel:  $U_d \approx \frac{U_0}{4} \cdot \frac{\Delta R}{R} = \frac{U_0}{4} \cdot k \cdot \frac{\Delta l}{l}$

$U_d$  ist also (näherungsweise) proportional zur Dehnung.

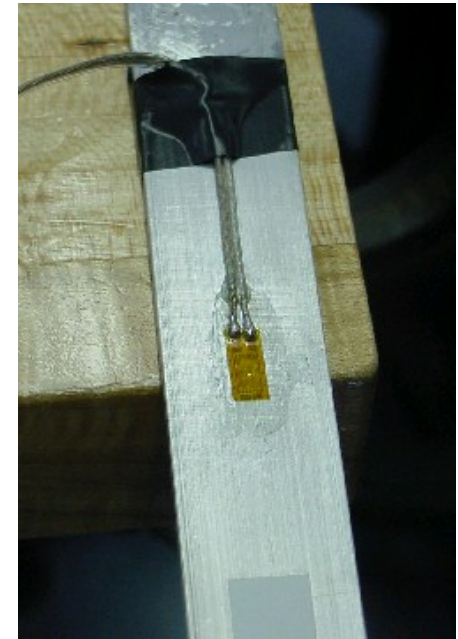
## Herleitung : Verstimmung einer Brückenschaltung (Viertelbrücke)

1. Zeigen Sie dass gilt:

$$U_d = \frac{U_0}{2} \cdot \frac{v}{v+2}$$

2. Zeigen Sie, dass die folgende Vereinfachung gilt:

$$U_d \approx \frac{U_0}{4} \cdot v$$



3. Zeigen Sie, dass für den systematischen Fehler der Näherungslösung gilt (Fehler = halbe Verstimmung) :

$$F_{lin} = \frac{\Delta U_d}{U_d} = \frac{v}{2} \cdot 100\%$$

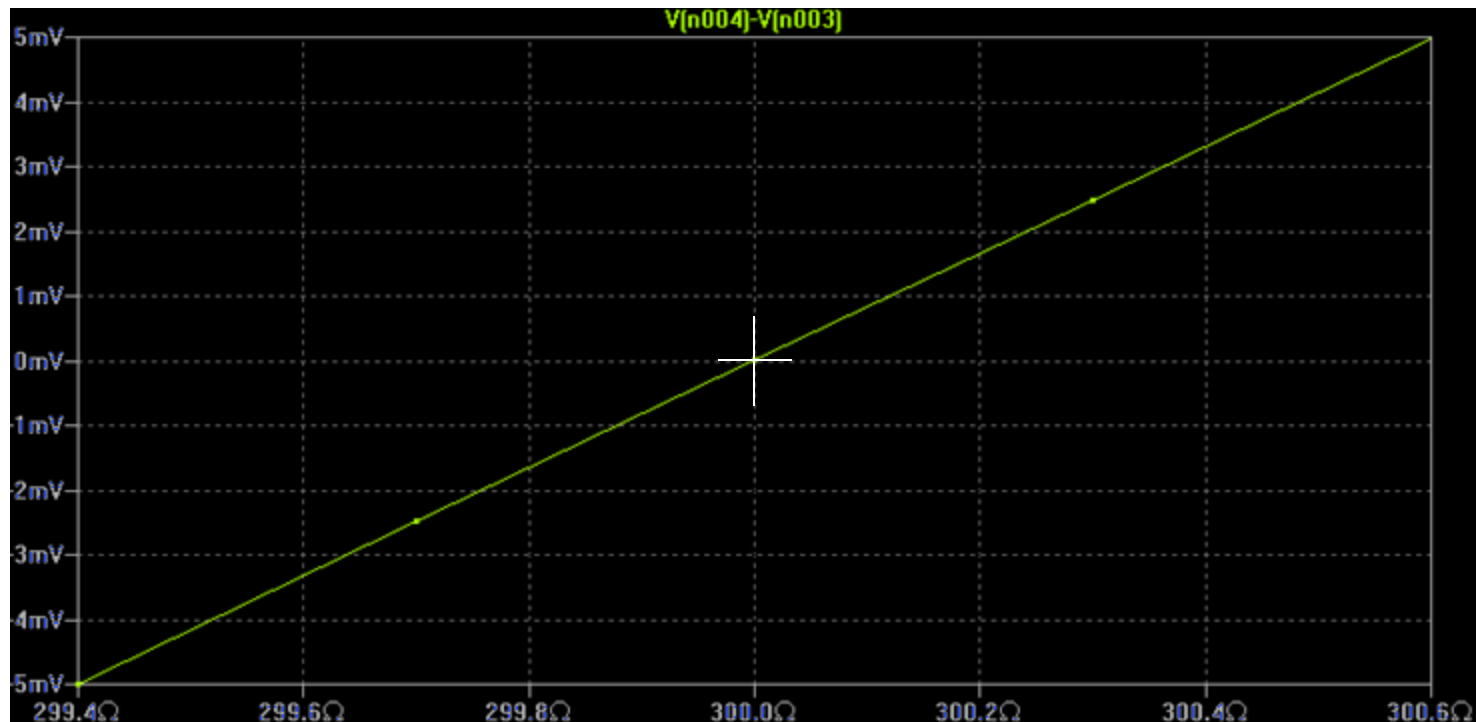
**Beispiel:** Im Falle des DMS ( $k=2$ , Dehnung  $\Delta l/l = 0.001$ ) wäre der Fehler:

$$v = \frac{\Delta R}{R} = k \cdot \frac{\Delta l}{l} = 0.002 \longrightarrow F_{lin} = \frac{v}{2} \cdot 100\% = \frac{0.002}{2} \cdot 100\% = \underline{\underline{0.1\%}}$$

## Simulation „Linearität der Viertelbrücke bei geringer Verstimmung“

$$v = \frac{\Delta R}{R} = \frac{0.6\Omega}{300\Omega} = 0.002$$

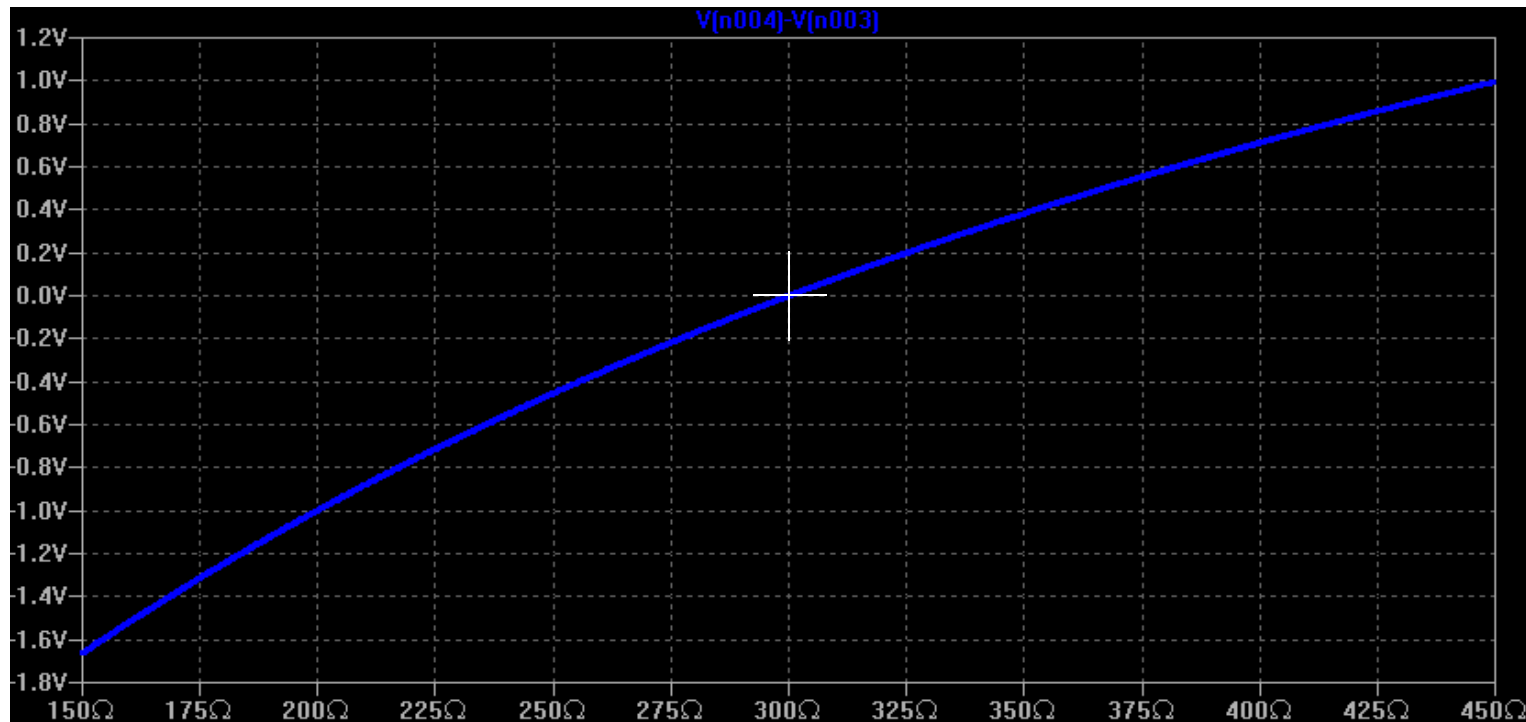
$$F_{lin} = \frac{v}{2} \cdot 100\% = \frac{0.002}{2} \cdot 100\% = 0.1\%$$



## Simulation „Linearität der Viertelbrücke bei starker Verstimmung“

$$v = \frac{\Delta R}{R} = \frac{150\Omega}{300\Omega} = 0.5$$

$$F_{lin} = \frac{v}{2} \cdot 100\% = \frac{0.5}{2} \cdot 100\% = 25\%$$



### 6.2.3 Halbbrücke

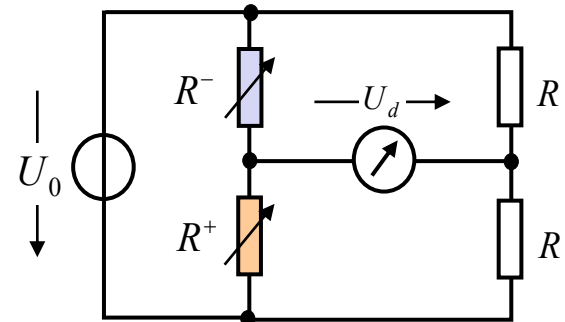
Bei der Halbbrücke wird nicht nur ein Widerstand (z.B. durch Dehnung) verändert, sondern 2 Widerstände.

**Es gilt:**  $\Delta R^+ = -\Delta R^-$  das bedeutet: wenn  $R^+$  größer wird, dann wird  $R^-$  kleiner (u.u.).

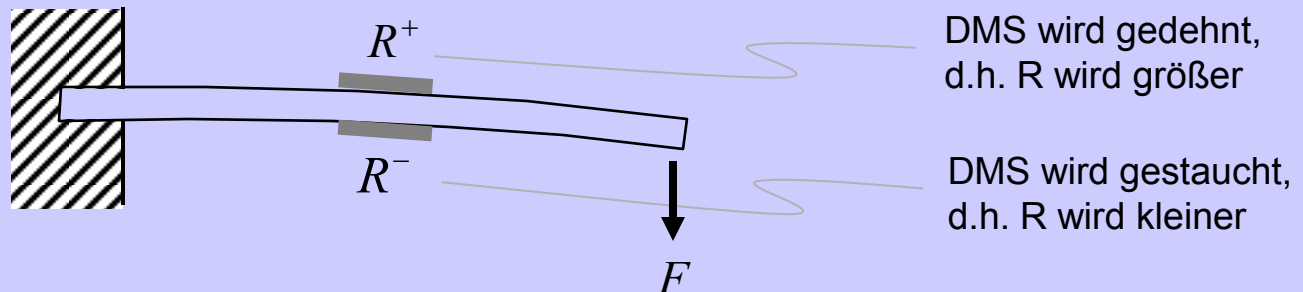
Für die verstimmte Brücke gilt exakt:

$$U_d = \frac{U_0}{2} \cdot v \quad \text{mit} \quad v = \frac{\Delta R_1}{R_1}$$

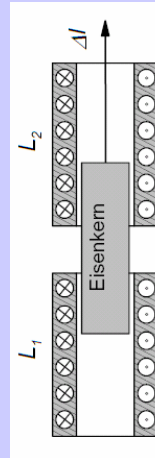
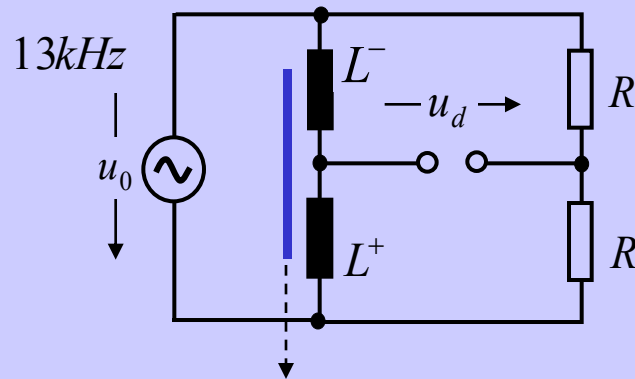
**Variante 1**



#### Beispiel: Balkenwaage



## Beispiel: Induktive Messtaster



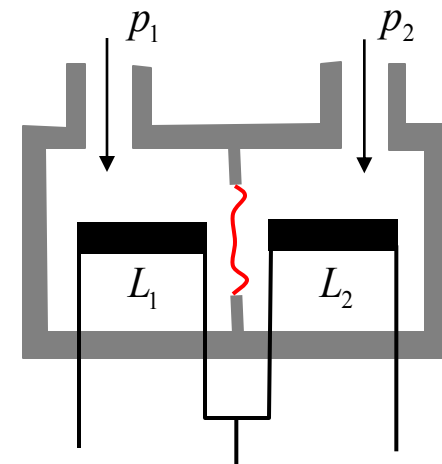
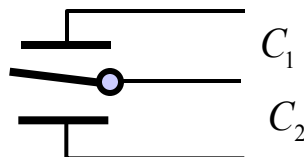
Durch Verschiebung des **Eisenkerns** ändert sich das Induktivitätsverhältnis.



z.B. Linearitätsfehler 0.5%  
im Messbereich  $\pm 2\text{mm}$   
Wiederholungsstreuung  $0.05\mu\text{m}$

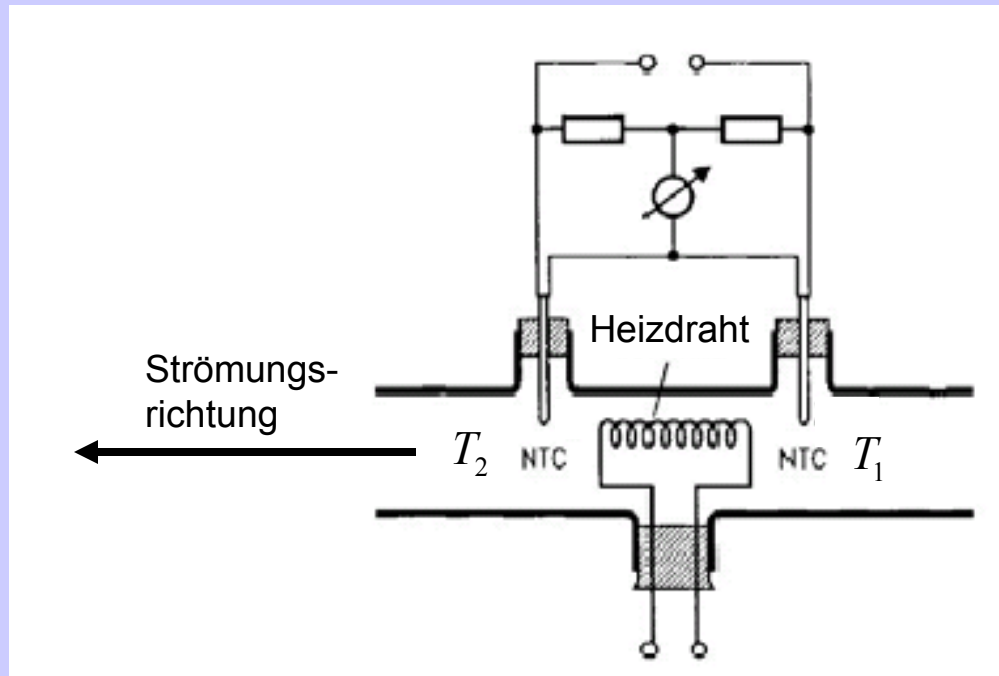
## Ähnliche Anwendungen:

- Differential-Druckmessdose
- Beschleunigungssensor mit Differentialkondensator



## Beispiel: Durchflussmessung

Je nach Strömungsgeschwindigkeit wird das Gas mehr oder weniger aufgeheizt. Die Temperaturdifferenz ist ein Maß für den Volumenstrom.

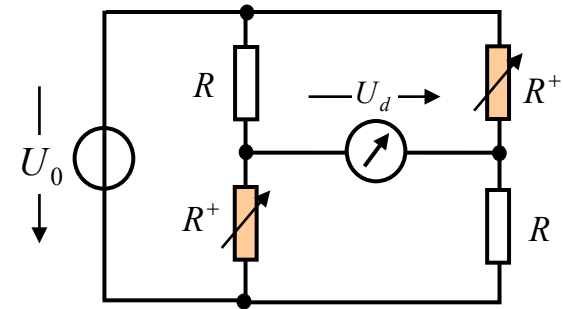




## andere Variante: Quasi-Halbbrücke

Für die verstimmte Brücke gilt näherungsweise:

$$U_d \approx \frac{U_0}{2} \cdot v \quad \text{mit} \quad v = \frac{\Delta R_1}{R_1}$$



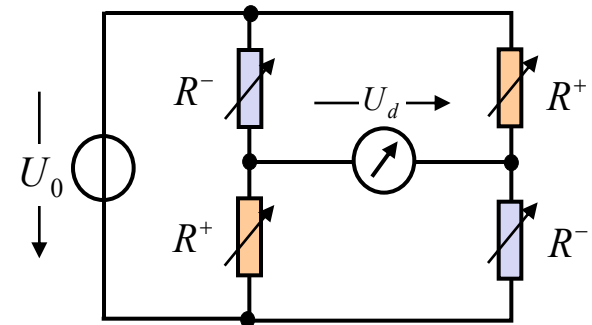
Wird anstelle der Spannungsquelle  $U_0$  eine Stromquelle verwendet, dann ist der Zusammenhang zwischen der Diagonalspannung  $U_d$  und  $v$  exakt linear.

## 6.2.4 Vollbrücke

Bei der Vollbrücke wird nicht nur ein Widerstand (z.B. durch Dehnung) verändert, sondern 4 Widerstände.

Für die verstimmte Brücke gilt exakt:

$$U_d = U_0 \cdot v \quad \text{mit} \quad v = \frac{\Delta R_1}{R_1}$$



### Vorteile der Vollbrücke:

- 4-fache Empfindlichkeit
- hohe Linearität
- Temperatureinflüsse kompensieren sich

