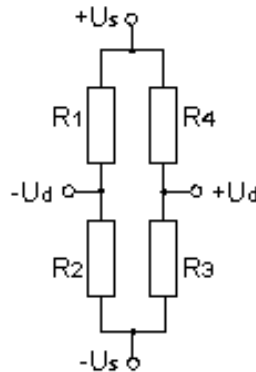


Grundlagen zur Brückenschaltung

1-Kanal Rotations-Telemetriesysteme sind für den Anschluss von Dehnungsmessstreifen (DMS) in einer Wheatstone-Brückenschaltung vorbereitet. Durch die Verwendung von Ergänzungsschaltungen können auch einzelne Dehnungsmessstreifen (Viertelbrücke) oder zwei Dehnungsmessstreifen (Halbbrücke) zu einer Vollbrücke ergänzt werden.



Die DMS-Vollbrücke erlaubt die Bestimmung kleinster Dehnungen bei guter Kompensation temperaturbedingter Dehnungen. Die zwei Leitungen U_S dienen der Speisung des DMS. Über die zwei anderen Leitungen wird die Spannung am Ausgang U_D der DMS-Vollbrücke zum DMS-Eingang der Telemetrie geführt. Im üblichen Messbereich von Dehnungsmessstreifen besteht ein linearer Zusammenhang zwischen der Spannung U_D und der Widerstandsänderung bzw. der Dehnung. Der Zusammenhang zwischen der Brückenverstimmung U_D und der Widerstandsänderung DR/R für die Vollbrücke lautet:

$$U_D/U_S = 1/4 \cdot (DR_1/R_1 - DR_2/R_2 + DR_3/R_3 - DR_4/R_4) \quad (1)$$

darin bedeuten:

DR/R : Widerstandsänderung

U_D/U_S : Brückenverstimmung U_D pro Speisespannung U_S

Der **Zusammenhang** zwischen **Widerstandsänderung DR/R** und **Dehnung ε** wird durch den k-Faktor definiert. Für den aktiven DMS einer Viertelbrücke gilt:

$$DR_1/R_1 = k \cdot \varepsilon_1 \quad (2)$$

mit

k: k-Faktor des DMS, z.B. $k = 2 \pm 0,5\%$

ε : mechanische Dehnung des Bauteils, z.B. $e = 1000 \mu\text{m/m}$ (= 1‰)

Der **Zusammenhang** zwischen **Brückenverstimmung, Speisespannung und Dehnung** folgt aus Gleichung (1) und (2):

$$U_D/U_S = 1/4 \cdot k \cdot (\varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3 - \varepsilon_4) \quad (3)$$

Für eine Viertelbrücke gilt wegen $\varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \varepsilon_4 = 0$:

$$U_D/U_S = 1/4 \cdot k \cdot \varepsilon_1 \quad (4)$$

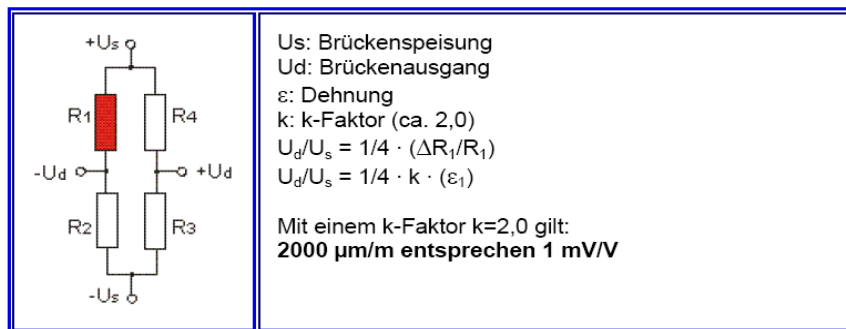
Geeignete Messgeräte zeigen die Brückenverstimmung im Verhältnis zur Speisespannung U_D/U_S an. Die Einheit der Anzeige ist mV/V. Durch die Normierung der Brückenverstimmung U_D auf die Speisespannung U_S werden die Anzeigewerte auf Messverstärkern mit unterschiedlicher Speisespannung U_S unmittelbar vergleichbar. Die Standardeinstellung der Einheit in der Anzeige des Messgerätes ist daher mV/V.

Das Verhältnis U_D/U_S wird auch als Empfindlichkeit der Messbrücke bezeichnet.

Aus Gleichung (4) erhält man den Zusammenhang zwischen Anzeige U_D/U_S und Dehnung ε für eine Viertelbrücke:

$$\varepsilon = U_D/U_S \cdot 4/k \quad (5)$$

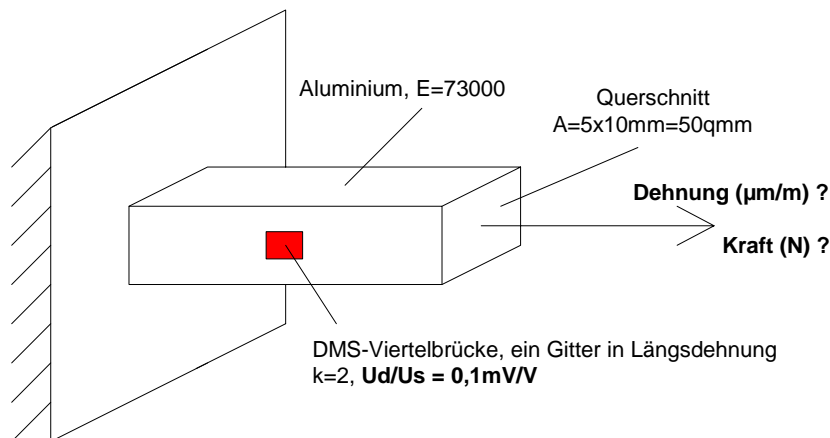
Kraftmessung mit Viertelbrücke



Messbeispiel:

Welche Dehnung (ε_1) und Zugkraft (F) erfährt ein Metallstab aus Aluminium, wenn die Ausgangsspannung (U_D) der aufgebrauchten DMS-Viertelbrücke eine Spannung von 0,1mV/V abgibt?

Vorgaben: E : Elastizitätsmodul, für Aluminium $E=73\text{kN/mm}^2$, A : Querschnitt der Fläche, 50mm^2



→ Berechnung der Dehnung (ε_1):

$$\varepsilon_1 = U_D/U_S \cdot 4/k = 0,0001 \cdot 4/2,0 = 0,0002 = 0,2\text{‰} = 200\mu\text{m/m}$$

→ Berechnung der Zugkraft (F):

$$F = \varepsilon_1 \cdot E \cdot A = 200 \cdot 10^{-6} \times 73000 \times 50 = 730\text{N} \text{ oder } 14,6\text{N/mm}^2$$

Vorteile der Dehnungsmessstreifen-Brückenschaltung

1.) Bei abgeglicherer Brückenschaltung ($R1/R2 = R4/R3$) ist die Differenzspannung zwischen $+U_D$ und $-U_D$ gleich Null. Da nur Widerstandsänderungen erfasst werden, kann der Messbereich den Erfordernissen angepasst werden. "Die Verstärkung kann beliebig hoch gewählt werden"

2.) Die unterschiedlichen Vorzeichen in Gleichung (3) ermöglichen die Kompensation von Störgrößen.

a) die Temperaturdehnung lässt sich kompensieren: $e_1 - e_2 + e_3 - e_4 = 0$

b) mechanische Dehnungen, die nicht in der gewünschten Messrichtung liegen, lassen sich kompensieren. Dies kann man ausnutzen, indem man gezielt Dehnungen unterschiedlichen Vorzeichens mit Dehnungsmessstreifen erfasst.

Für jeden Belastungsfall (Biegung, Torsion, Stauchung, Scherung) gibt es Verdrahtungspläne, die nur die Dehnung in einer Messrichtung erfassen.

Kalkulation mit Berechnungssoftware: <http://www.me-systeme.de/calculate/clc.pl>

Dehnungsmessstreifen Brückenschaltung

Eingabeparameter:	gemessene Brückenverstimmung, Brückenart, k-Faktor, Querkontraktionszahl
Ausgabeparameter:	Dehnung, mechanische Spannung

Berechnung der Dehnung

Brückenart:

k-Faktor:

Querkontraktionszahl:

Brückenverstimmung in mV/V:

Dehnung in $\mu\text{m}/\text{m}$:	200	
mechanische Spannung in N/mm^2 :	14.6	für Aluminium mit $E=73000 \text{ N}/\text{mm}^2$
	42	für Stahl mit $E=210000 \text{ N}/\text{mm}^2$

Für die Berechnung der Brückenverstimmung U_D/U_S aus dem k-Faktor, der Dehnung ϵ und der Querkontraktionszahl μ gilt in guter Näherung:

Gleichung für
die Viertelbrücke

$$U_D/U_S = 1/4 \cdot k \cdot \epsilon$$

• Faktor für die Brückenart:

- 4 Vollbrücke
- 2 Halbbrücke
- 1 Viertelbrücke
- (2+2 μ) Vollbrücke, 2 Gitter Längs-, 2 Gitter Querdehnung
- (1+1 μ) Halbbrücke, 1 Gitter Längs-, 1 Gitter Querdehnung