6. Brückenschaltung

6.1 Gleichspannungs - Abgleichbrücke

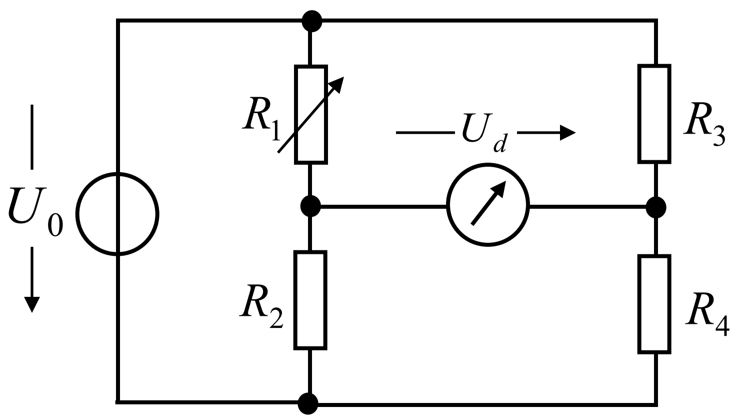
6.1.1 Prinzip

Bei einer Brückenschaltung kann durch Einstellen eines geeigneten Widerstandsverhältnisses R_1/R_2 die Diagonalspannung auf Null gebracht werden (*Abgleichbedingung*).

Die *Abgleichbedingung* $U_d = 0$
ist genau dann erfüllt, wenn gilt:

$$\boxed{\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} = a}$$

Herleitung



$\boldsymbol{a}$ wird als ***Brückenverhältnis*** bezeichnet.

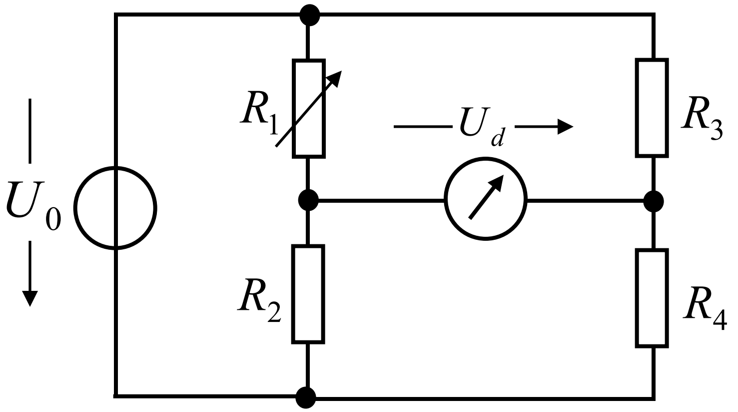
U_d : Diagonalspannung

Da die Abgleichbedingung (U_d=0) <u>sehr exakt überprüft werden</u> kann, ist die Brückenschaltung besonders für Präzisionsmessungen geeignet.

Hierzu benötigt man <u>nur ein empfindliches</u> (kein genaues) Instrument.

6.1.2 Begriffe : Empfindlichkeit unf Verstimmung einer Abgleichbrücke

Für den Abgleich der Brücke ist es gut, wenn sich U_d bei einer Änderung von R_1 möglichst stark ändert.



$$\boxed{E = \lim_{\Delta R_1 \to 0} \frac{\Delta U_d}{\Delta R_1}}$$

Die ***Empfindlichkeit*** E ist ein Maß dafür, wie empfindlich die Diagonalspannung auf eine Änderung von R_1 reagiert.

Die ***Verstimmung*** v ist ein relatives Maß dafür, wie weit die Brücke von der Abgleichbedingung entfernt ist:

$$\boxed{v = \frac{\Delta R_1}{R_{1,abgeglichen}} = \frac{R_1 - R_{1,abgeglichen}}{R_{1,abgeglichen}}}$$

Herleitung : Verstimmung einer Brückenschaltung

Es ist zu zeigen, dass für eine **<u>leicht</u>** <u>verstimmte Brücke</u> der folgende vereinfachte Zusammenhang gilt:

$$\boxed{\Delta U_d \approx -U_0 \cdot \frac{a}{(a+1)^2} \cdot v}$$

mit dem Brückenverhältnis $a = \frac{R_{1,abgeglichen}}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$

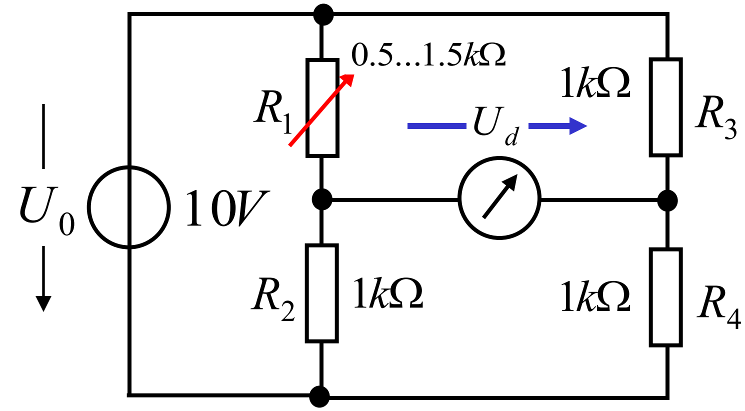
➡ $\Delta U_d(v)$ ist näherungsweise eine Gerade.

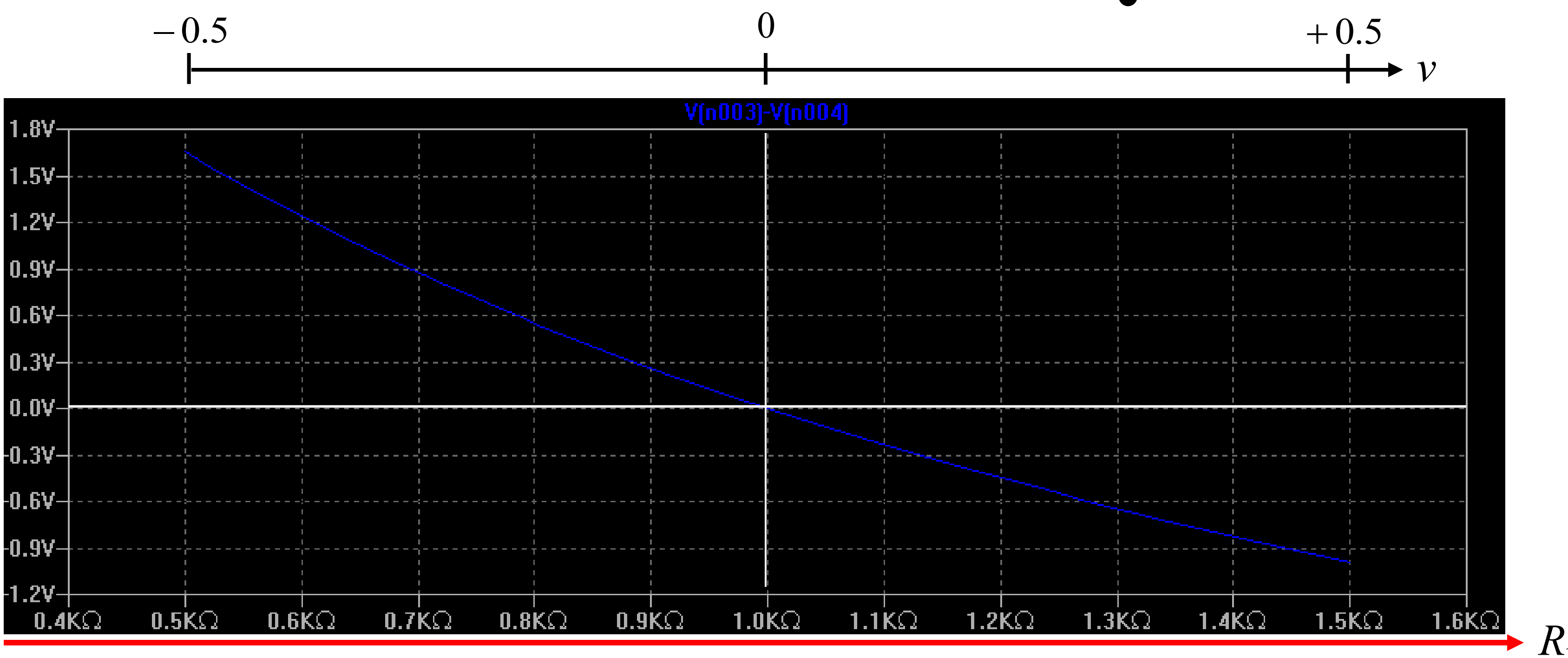
Beispiel: Simulation „Brückenabgleich“

$$a = \frac{R_3}{R_4} = 1$$

$$v_{\min} = \frac{\Delta R_1}{R_1} = \frac{500 - 1000}{1000} = -0.5$$

$$v_{\max} = \frac{\Delta R_1}{R_1} = \frac{1500 - 1000}{1000} = +0.5$$





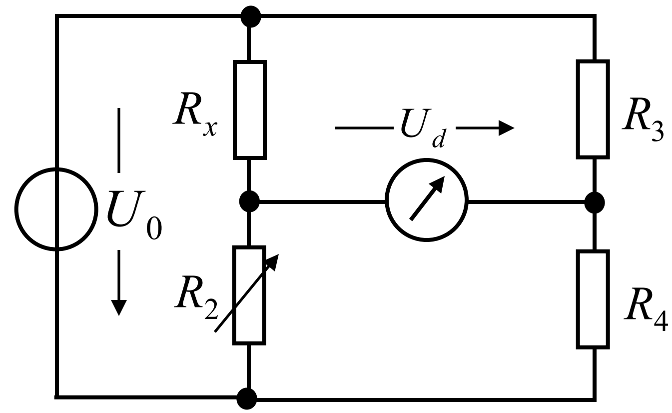
6.1.3 Widerstandsmessung mit der Abgleichbrücke

Messaufbau:

R_x zu bestimmender Widerstand

R_3/R_4 bekannte und feste Präzisionswiderstände

R_2 einstellbarer Präzisionswiderstand



Im abgeglichenen Zustand gilt : $\boxed{R_x = R_2 \cdot \frac{R_3}{R_4}}$

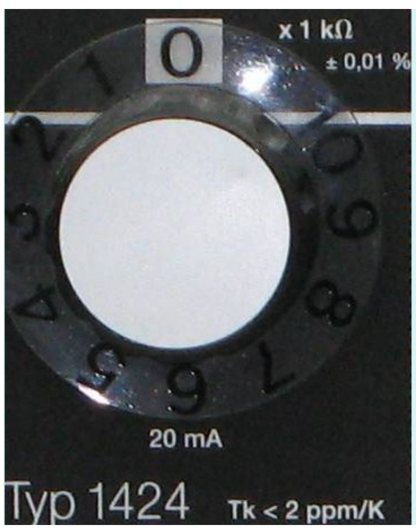
und für die Messunsicherheit :
Anm.: Add. der rel. Unsicherheiten

$$\boxed{\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_3}{R_3} + \frac{\Delta R_4}{R_4} + \left(\frac{\Delta R}{R}\right)_{erk}}$$

$\frac{\Delta R_j}{R_j}$ relative Unsicherheit der Widerstände 2-4

$\left(\frac{\Delta R}{R}\right)_{erk}$ ist die kleinste Variation eines der Widerstände (2-4), welche einen gerade noch sichtbaren Ausschlag erzeugt (= kleinste sichtbare Verstimmung).

BEISPIEL : Widerstandsdekade als einstellbarer Präzisionswiderstand



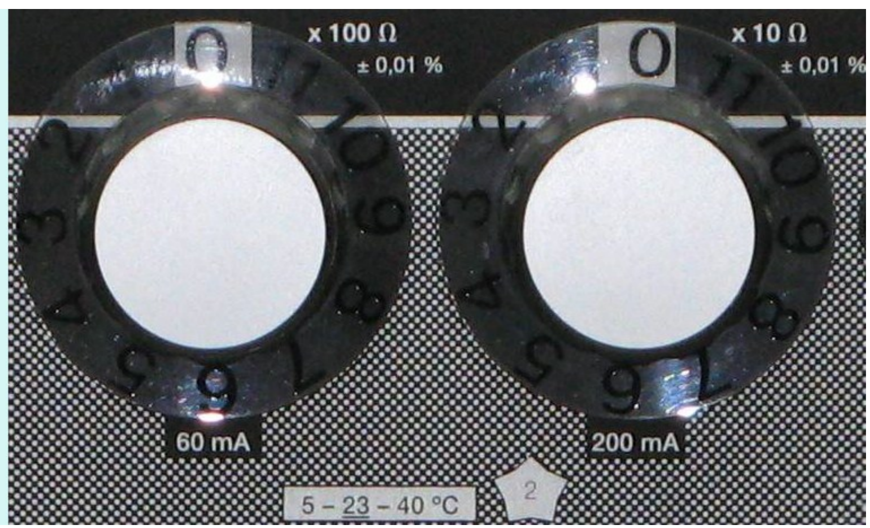


Bild von: http://www.amplifier.cd/Test_Equipment/other/Burster-1424-Widerstandsdekade.html

ÜBUNG: Widerstandsmessung mit einer Abgleichbrücke

Die folgende Brückenschaltung (im abgeglichenen Zustand) ist gegeben:

$$R_3 = 1.0k\Omega\ (0.02\%)$$
$$R_4 = 100.0k\Omega\ (0.02\%)$$
$$R_2 = 1\times 100\Omega\ (0.02\%) + 5\times 10\Omega\ (0.05\%) + 6\times 1.0\Omega\ (0.1\%) + 1\times 0.1\Omega\ (0.5\%)$$
$$U_0 = 6V$$

Eine Widerstandsänderung an R_4 von 40Ω führt gerade zu einem Ausschlag

a) Wie groß ist R_2 (mit Unsicherheit)?

b) Wie groß ist R_x (mit Unsicherheit)?

c) Wie groß ist Empfindlichkeit E der Schaltung bezüglich Änderungen von R_x ?

d) Warum darf das Brückenverhältnis nicht a=1 gewählt werden?