

<b>LABOR FÜR GRUNDLAGEN DER ELEKTROTECHNIK</b>		
Studiengruppe:	<b>ETP1-2</b>	Protokollführer (Name, Vorname):
Übungstag:		Weitere Übungsteilnehmer:
Professor:	Testat:	
<b>Nichtlineare Kennlinien &amp; Brückenschaltung</b>		

## 1 Übersicht

Im ersten Teil dieser Laborübung soll die nichtlineare I-U-Kennlinie einer Glühlampe errechnet und gemessen werden. Der zweite Teil beschäftigt sich mit einer Brückenschaltung und deren Abgleichkennlinie. Die Kennlinien sind punktweise theoretisch und messtechnisch zu bestimmen und grafisch darzustellen. Im dritten Teil wird eine Waage durch einen Biegebalken mit Dehnungsmessstreifen realisiert, um eine Wheatstone'sche Viertelbrücke mit einer Vollbrücke zu vergleichen.

Theoretische Grundlagen

1. Bauelemente mit nichtlinearer I-U-Kennlinie
2. Gleichstromwiderstand, differentieller Widerstand
3. Darstellung von Messergebnissen in linearer und logarithmischer Skalierungen
4. Lineare Zweipolersatzschaltung eines nichtlinearen Bauelements
5. Theorie der Brückenschaltung, Brückengleichung

## 2 I-U-Kennlinie einer Glühlampe

Im Laborpraktikum wird als nichtlinearer Widerstand eine Glühlampe mit den Nenndaten 15 V / 0.6 W eingesetzt. Die bei der Glühlampe vorliegende nichtlineare Beziehung zwischen Strom  $I$  und angelegter Spannung  $U$  lässt sich theoretisch in guter Näherung durch folgendes Potenzgesetz beschreiben:

$$\frac{I}{\text{mA}} = a \left( \frac{U}{\text{V}} \right)^b \quad \text{mit } a=20 \text{ und } b=0.5$$

Dieser Sachverhalt soll durch Messung nachgewiesen werden.

## 2.1 Vorbereitung

- 2.1.1 Berechnen Sie nach der obigen Gleichung den Glühlampenstrom als Funktion der anliegenden Spannung, z. B. Für  $U = 0.01 \text{ V}, 0.05 \text{ V}, 0.1 \text{ V}, 0.2 \text{ V}, 0.5 \text{ V}, 1 \text{ V}, 2 \text{ V}, 5 \text{ V}, 10 \text{ V}, 12 \text{ V}$  und  $15 \text{ V}$ .
- 2.1.2 Zeichnen Sie mit den Ergebnissen ein Kennliniendiagramm  $\frac{I}{\text{mA}} = f\left(\frac{U}{\text{V}}\right)$ , in das Sie später zum Vergleich auch die Messwerte eintragen können.
- 2.1.3 Stellt man die Kennlinie in doppelt-logarithmischem Maßstab dar, so ergibt sich eine Gerade. Wie lassen sich daraus die Parameter  $a$  und  $b$  bestimmen?

## 2.2 Messungen

Durch gleichzeitige Strom- und Spannungsmessung ist die I-U-Kennlinie der Glühlampe punktweise zu bestimmen und grafisch darzustellen. Als Spannungsquelle benutzen Sie das Netzgerät HM7042-5. Der genaue Aufbau muss aus dem Schaltplan hervorgehen.

- 2.2.1 Im Spannungsbereich von  $U \approx 10 \text{ mV}$  bis  $U \approx 15 \text{ V}$  sind  $U$  und  $I$  spannungsrichtig zu messen und in einer Tabelle festzuhalten (ca. 12 Messpunkte).
- 2.2.2 Tragen Sie Ihre Messpunkte in das vorausberechnete Diagramm ein und vergleichen Sie die gemessenen Werte mit den theoretisch erwarteten.
- 2.2.3 Bestimmen Sie aus der Messung den Gleichstromwiderstand  $R_A$  und den differentiellen Widerstand  $r_d$  bei den Spannungen  $U = 0.5 \text{ V}, 5.0 \text{ V}$  und  $10.0 \text{ V}$ . Tragen Sie die Ergebnisse in eine Tabelle ein.
- 2.2.4 Stellen Sie die theoretische Kennlinie  $I = f(U)$  und Ihre Messwerte auf doppeltlogarithmischem Papier dar. Legen Sie eine Ausgleichsgerade durch die Messpunkte. Überprüfen Sie die Gültigkeit der obigen Formel im unteren und oberen Spannungsbereich.
- 2.2.5 Bestimmen Sie die Parameter  $a$  und  $b$  anhand einer Ausgleichsgeraden aus dem Diagramm.
- 2.2.6 Ab welchen Strömen aufwärts verhält sich die Glühlampe annähernd linear? Geben Sie die für diesen Bereich gültige Ersatzzweipolquelle an (Schaltung und Werte).

## 3 Brückenschaltung

In der Brückenschaltung Abb. 1 soll die Brückenspannung  $U_{ab}$  mit dem Potentiometer  $R_1$  zu Null abgeglichen werden. Für  $R_1$  ist eine Widerstandsdekade zu verwenden. Des Weiteren gelten für die Schaltung folgende Werte:

$$\begin{aligned}U_V &= 6.0 \text{ V} \\R_2 &= 100 \Omega \\R_3 &= R_4 = 1.0 \text{ k}\Omega\end{aligned}$$

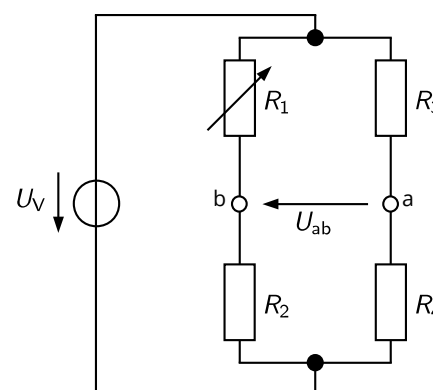


Abb. 1: Brückenschaltung

### 3.1 Vorbereitung

- 3.1.1 Berechnen oder simulieren (z. B. Mit LTspice) Sie die Brückenspannung  $U_{ab} = f(R_1)$  für  $R_1 = 600 \dots 1800 \Omega$  in  $200 \Omega$  - Schritten. Stellen Sie die Wertepaare grafisch in folgendem Maßstab dar:  $U_{ab}$  (Ordinate):  $100 \text{ mV/cm}$ ,  $R_1$  (Abszisse):  $100 \Omega/\text{cm}$ .
- 3.1.2 Bestimmen Sie den Wert von  $R_1$ , bei dem die Brücke abgeglichen ist. Dies sei der Wert  $R_{10}$ .

### 3.2 Messungen

- 3.2.1 Bauen Sie die Brücke gemäß der obigen Schaltung auf. Benutzen Sie für den variablen Widerstand  $R_1$  eine Widerstandsdekade. Messen Sie zunächst den Wert von  $R_1$ , bei dem die Brücke abgeglichen ist. Ist dieser gleich dem theoretisch berechneten  $R_{10}$ ?
- 3.2.2 Messen Sie die Brückenspannung  $U_{ab} = f(R_1)$  für  $R_1 = 500 \Omega, 750 \Omega, 1 \text{ k}\Omega, 1.25 \text{ k}\Omega, 1.5 \text{ k}\Omega$  und  $2.0 \text{ k}\Omega$ .
- 3.2.3 Halten Sie die Messwerte und die relative Verstimmung  $v = \frac{R_1 - R_{10}}{R_{10}}$  in einer Tabelle fest.
- 3.2.4 Stellen Sie die Funktion  $U_{ab} = f(R_1)$  grafisch dar und vergleichen Sie die Messwerte mit dem theoretisch erwarteten Verlauf.
- 3.2.5 Konstruieren Sie die Tangente im Abgleichpunkt und bestimmen Sie die Empfindlichkeit  $E_0 = \frac{\Delta U_{ab}}{\Delta R_1}$  des Brückenabgleichs.

## 4 Aufbau einer Waage mit einem Biegebalken

### 4.1 Wheatstone'sche Viertelbrücke

Bauen Sie mit dem Dehnungsmessstreifen  $DMS_1$  des Biegebalkens als  $R_1$ , der Widerstandsdekaden als  $R_2$  sowie den Festwiderständen  $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$  und  $R_4 = 1 \text{ k}\Omega$  eine Viertelbrücke gemäß Schaltung Abb. 1 auf. Die Versorgungsspannung der Brücke beträgt  $U_V = 6 \text{ V}$ .

Die Brückenspannung  $U_{ab}$  ist mit dem Präzisionsdigitalmultimeter anzuzeigen und mittels Veränderung des Widerstandes  $R_2$  - ohne Belastung des Biegebalkens - auf null abzugleichen. Messen Sie dann die Spannung  $U_{ab}$  bei Belastung des Biegebalkens mit einer Masse  $m = 0 \text{ g}, 100 \text{ g}, 200 \text{ g}, 300 \text{ g}, 400 \text{ g}$  und  $500 \text{ g}$ .

Berechnen Sie den maximalen Fehler des Dehnungsmessstreifens der abgeglichenen Brücke. Dabei sind die Fehler der Widerstände  $R_2, R_3$  und  $R_4$  zu benutzen, die auf den Widerständen angegeben sind. Zusätzlich bestimmen Sie die Empfindlichkeit der Anordnung für  $m = 500 \text{ g}$ .

### 4.2 Wheatstone'sche Vollbrücke

Bauen Sie mit den Dehnungsmessstreifen  $DMS_1$  bis  $DMS_4$  als Brückenwiderstände eine Vollbrücke auf. Bei einer Masse  $m = 0 \text{ g}$  ist die Brücke durch Parallelschalten eines Abgleichwiderstands (Widerstandsdekade) auf eine Brückenspannung von  $U_{ab} = 0 \text{ V}$  einzustellen.

Messen Sie die Brückenausgangsspannung  $U_{ab}$  bei Belastung des Biegebalkens mit einer Masse  $m = 0 \text{ g}, 100 \text{ g}, 200 \text{ g}, 300 \text{ g}, 400 \text{ g}$  und  $500 \text{ g}$ .

Wie groß muss die Versorgungsspannung  $U_V$  gewählt werden, damit sich bei der Belastung des Biegebalkens mit den genannten Massen die Spannung  $U_{ab}$  um 1 mV pro 100 g verändert?

Vergleichen Sie die Empfindlichkeit der Vollbrücke mit der der Viertelbrücke.