


Department Informations- und Elektrotechnik		LABOR FÜR GRUNDLAGEN DER ELEKTROTECHNIK		 Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg <small>Hamburg University of Applied Sciences</small>	
Studiengruppe:		<b>GEP1 – Versuch 2</b>		Protokollführer (Name, Vorname):	
Übungstag:				Weitere Übungsteilnehmer:	
Professor:		Testat:			
<b>Brückenschaltungen</b>					

BRM 09/10, KPL 04/12, GNZ 10/13

## 1. Einführung

In diesem Versuch soll eine Wägeeinrichtung mit Hilfe der Wheatstone'schen Brückenschaltung entworfen und untersucht werden. Dieser Versuch soll verdeutlichen, unter welchen Bedingungen die Empfindlichkeit der Brückenschaltung erhöht werden kann.

## 2. Vorbereitung

Damit die Vorlesungsinhalte im Laborversuch praktisch vertieft werden können, müssen Sie sich auf jeden Laborversuch vorbereiten. Ihre Vorbereitung wird stichprobenartig überprüft. Sollten Sie nicht ausreichend vorbereitet zu einem Laborversuch erscheinen, können Sie von der Laborteilnahme ausgeschlossen werden. Folgende Fragestellungen sind vorzubereiten:

1. Welchen physikalischen Effekt nutzen Halbleiter-Dehnungsmessstreifen?
2. Was ist eine Wheatstone Messbrücke?
3. Wann ist eine Wheatstone Messbrücke abgeglichen. Was ergibt sich in diesem Fall für die Brückenspannung?
4. Gehen Sie von der Schaltung in Abb. 1 aus. Es gelte:  $U_0 = 6V$ ,  $R_1 = R_4 = 605\Omega$ ,  $R_2 = R_3 = 595\Omega$ . Bestimmen Sie  $U_5$ .

## 3. Bestimmung des Widerstands eines Dehnungsmessstreifens

In diesem Versuch ist der Widerstandswert  $R_1$  eines der 4 Dehnungsmessstreifen-Widerstände auf dem zunächst unbelasteten Biegebalken nacheinander mit den folgenden 3 Messinstrumenten zu messen:

- a) der Schleifdrahtmessbrücke Pontavi
- b) dem Digitalmultimeter METRAHit TECH
- c) dem Universalmessinstrument Unigor A43

Der Biegebalken ist jetzt mit einer Masse von  $m = 200\text{ g}$  zu belasten

- d) Der Widerstand  $R_1$  des Dehnungsmessstreifens ist dann erneut mit dem Digitalmultimeter METRAHit TECH zu messen.

Vergleichen Sie die beiden Messungen aus den Aufgabenteilen b) und d). Bestimmen Sie die aufgetretene Widerstandsänderung und begründen Sie diese Änderung.

#### 4. Bestimmung des Widerstands eines Dehnungsmessstreifens nach dem Abgleichverfahren mit einer Wheatstone'schen Messbrücke

Es ist eine Brückenschaltung gemäß der Abb. 1 aufzubauen und abzugleichen. Als Widerstand  $R_1$  wird der Widerstand  $R_1$  der 4 Dehnungsmessstreifen-Widerstände des unbelasteten Biegebalkens verwendet.

Das Ziel dieser Messung ist es, den Widerstand  $R_1$  unter der Abgleichbedingung und der Kenntnis der 3 Widerstände  $R_2$ ,  $R_3$  und  $R_4$  zu bestimmen.

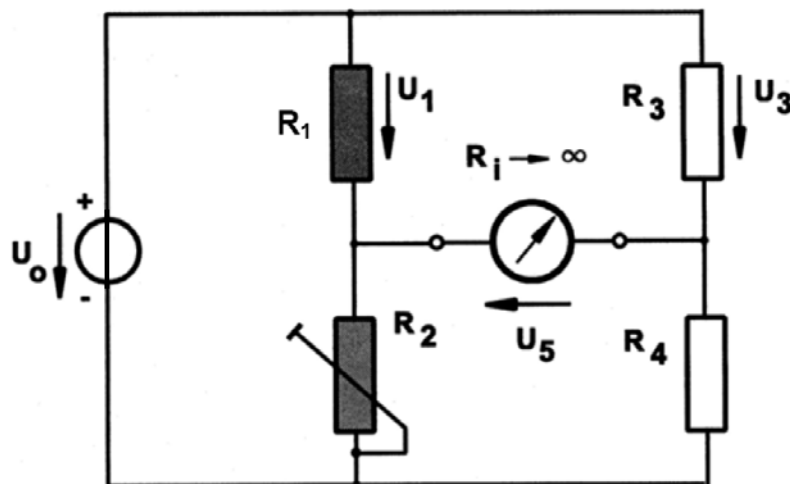


Abb. 1: Messschaltung zur Bestimmung von  $R_1$

Der Widerstand  $R_2$  wird mit Hilfe einer Präzisions-Widerstandsdekade Typ 4107 aufgebaut. Die Referenzwiderstände  $R_3$  und  $R_4$  sind Präzisionswiderstände mit  $1 \text{ k}\Omega$  (0,02% Toleranz) aus dem hps Board. Die Versorgungsspannung beträgt  $U_0 = 6 \text{ V}$ . Die Spannung  $U_5$  wird mit dem Digitalmultimeter METRAHit TECH gemessen.

Führen Sie jetzt den Abgleich der Messbrücke durch, indem Sie den Widerstand  $R_2$  der Präzisions-Widerstandsdekade verändern.

Wie groß ist der unbekannte Widerstand  $R_1$  des Dehnungsmessstreifens?

## 5. Ermittlung der Übertragungsfunktion der Wheatstone'schen Messbrücke

Es ist eine Brückenschaltung gemäß der Abb. 2 aufzubauen und zu untersuchen. Die Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  werden mit 2 Präzisions-Widerstandsdekaden Typ 4107 aufgebaut. Die Referenzwiderstände  $R_3$  und  $R_4$  sind Präzisionswiderstände mit 0,02% Toleranz aus dem hps Board. Die Versorgungsspannung beträgt  $U_0 = 6\text{ V}$ . Die Spannung  $U_5$  wird mit dem Digitalmultimeter METRAHit TECH gemessen.

Das Ziel dieser Messung ist es, die Empfindlichkeit und den Linearitätsfehler der Brückenschaltung bei unterschiedlichem Widerstandsverhältnis  $R_4/R_3$  zu bestimmen.

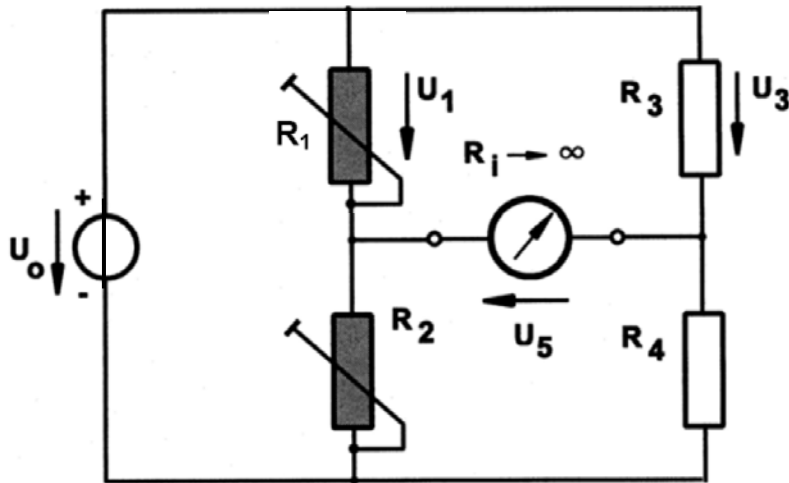


Abb. 2: Messschaltung zur Bestimmung der Übertragungsfunktion

- a) Wählen Sie das Widerstandsverhältnis  $R_4/R_3 = 1\text{ k}\Omega / 1\text{ k}\Omega$ . Stellen Sie die Widerstandsdekade von  $R_1$  auf  $600\ \Omega$  ein und verändern Sie  $R_2$  so lange, bis die Brücke abgeglichen ist. Während der Messungen darf  $R_2$  nicht mehr verändert werden. Variieren Sie jetzt  $R_1$  zwischen  $300\ \Omega$  und  $1,2\text{ k}\Omega$  in  $100\ \Omega$ -Schritten und messen Sie die sich einstellende Brückenspannung  $U_5$ .

Tragen Sie  $U_5 = f(R_1)$  in ein Diagramm ein.

- b) Wählen Sie das Widerstandsverhältnis  $R_4/R_3 = 100\ \Omega / 1\text{ k}\Omega$ . Stellen Sie die Widerstandsdekade von  $R_1$  auf  $600\ \Omega$  ein und verändern Sie  $R_2$  so lange, bis die Brücke abgeglichen ist. Während der Messungen darf  $R_2$  nicht mehr verändert werden. Variieren Sie jetzt  $R_1$  zwischen  $300\ \Omega$  und  $1,2\text{ k}\Omega$  in  $100\ \Omega$ -Schritten und messen Sie die sich einstellende Brückenspannung  $U_5$ .

Tragen Sie  $U_5 = f(R_1)$  mit in das gleiche Diagramm aus Aufgabenteil a) ein.

- c) Berechnen Sie theoretisch die Spannung  $U_5$  bei  $R_1 = 300\ \Omega$  und  $R_1 = 1,2\text{ k}\Omega$  für die beiden Fälle  $R_4/R_3 = 1\text{ k}\Omega / 1\text{ k}\Omega$  sowie  $R_4/R_3 = 100\ \Omega / 1\text{ k}\Omega$  und vergleichen Sie das Ergebnis mit den gemessenen Werten.

- d) **Empfindlichkeit und Linearitätsfehler**

Ermitteln Sie für a) und b) die Empfindlichkeit  $S$  bei  $R_1 = 600\ \Omega$ , indem Sie in diesem Punkt jeweils eine Tangente an die Kurve legen. Beachten Sie dabei die Hinweise aus Abschnitt 8. Kennzeichnen Sie für den Aufgabenteil a) den Bereich des Linearitätsfehlers in Ihrem Diagramm.

## 6. Aufbau einer Wägeeinrichtung mit dem Biegestab (Viertelbrücke)

Es ist eine Wägeeinrichtung mit Brückenschaltung gemäß der Abb. 3 aufzubauen und zu untersuchen. Als Widerstand  $R_1$  wird der Widerstand  $R_1$  der 4 Dehnungsmesstreifen-Widerstände des Biegebalkens verwendet. Die Widerstände  $R_3$  und  $R_4$  sind Präzisionswiderstände mit  $R_3 = R_4 = 1 \text{ k}\Omega$  (0,02% Toleranz) aus dem hps Board. Der Widerstand  $R_2$  wird mit Hilfe einer Präzisions-Widerstandsdekade Typ 4107 aufgebaut. Die Versorgungsspannung beträgt  $U_0 = 6 \text{ V}$ . Die Brückenspannung  $U_5$  wird mit dem Digitalmultimeter METRAHit TECH gemessen.

Die Messbrücke ist **ohne Belastung des Biegebalkens** abzugleichen. Dies geschieht, indem Sie den Widerstand  $R_2$  der Präzisions-Widerstandsdekade verändern. Während der Messungen darf  $R_2$  nicht mehr verändert werden.

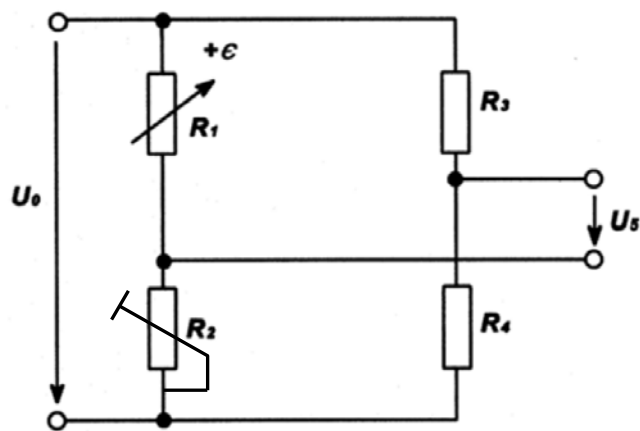


Abb. 3: Messschaltung der Viertelbrücke

Messen Sie die Brückenspannung  $U_5$  bei Belastung des Biegebalkens mit einer Masse  $m = 0\text{g}, 100\text{g}, 200\text{g}, 300\text{g}, 400\text{g}, 500\text{g}$ .

Tragen Sie  $U_5 = f(m)$  in ein Diagramm ein und bestimmen Sie die Empfindlichkeit für  $m = 500\text{g}$  (siehe hierzu Abschnitt 8 – beachten Sie, dass  $R_1$  jetzt durch  $m$  ersetzt ist).

## 7. Aufbau einer Wägeeinrichtung mit dem Biegestab (Vollbrücke)

Bauen Sie mit den 4 Dehnungsmesstreifen DMS1 ( $R_1$ ) bis DMS4 ( $R_4$ ) eine Wägeeinrichtung als Vollbrücke gemäß der Abb. 4 auf.

Wheatstone'sche Brückenschaltungen, die im Ausschlagverfahren betrieben werden, weisen meist einen Nullpunktfehler, bedingt durch die Toleranzen der Widerstände, auf. Zum exakten Nullabgleich ist daher ein Zusatzwiderstand nötig, der den Fehlableich kompensiert.

Schalten Sie daher bei einer Masse von  $m = 0 \text{ g}$ , wie in der Abb. 4 gezeigt, mit Hilfe einer Präzisions-Widerstandsdekade einen Widerstand  $R_a$  parallel zu einem der übrigen Widerstände, um so die Abgleichbedingung  $U_5 = 0 \text{ V}$  der Brückenschaltung einzustellen und den Nullpunktfehler zu beseitigen. Die Anordnung des Widerstands  $R_a$  ist durch Probieren zu ermitteln. Beim Probieren überprüft man, ob die Anzeige beim Parallelschalten einen kleineren Ausschlag oder einen Polaritätswechsel mit Nulldurchgang ausführt. In diesem Fall ist der richtige Brückenwiderstand ausgewählt worden. Vergrößert sich die Anzeige, ist ein anderer Widerstand auszuwählen.

Die Versorgungsspannung beträgt  $U_0 = 6\text{ V}$ . Die Brückenspannung  $U_5$  wird mit dem Digitalmultimeter METRAHit TECH gemessen.

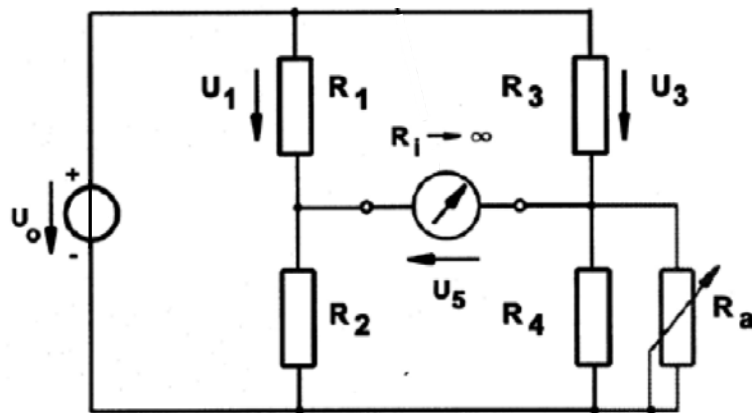


Abb. 4: Messschaltung der Vollbrücke

- a) Messen Sie die Brückenspannung  $U_5$  bei Belastung des Biegebalkens mit einer Masse  $m = 0\text{g}, 100\text{g}, 200\text{g}, 300\text{g}, 400\text{g}, 500\text{g}$ .

Tragen Sie  $U_5 = f(m)$  in ein Diagramm ein und bestimmen Sie die Empfindlichkeit für  $m=500\text{g}$  (siehe hierzu Abschnitt 8 – beachten Sie, dass  $R_1$  jetzt durch  $m$  ersetzt ist).

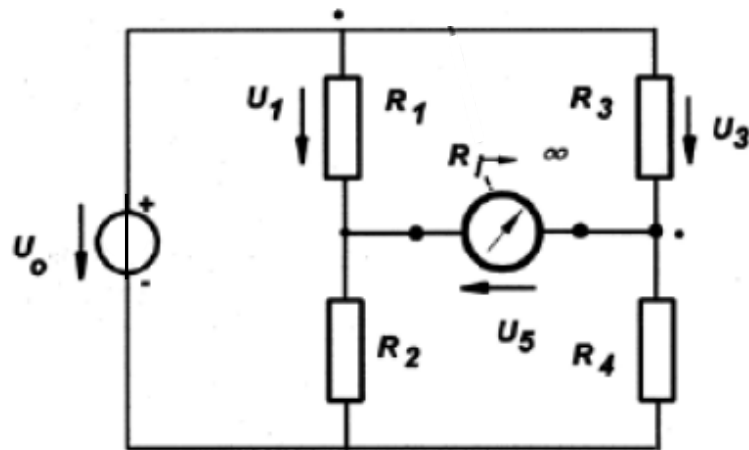
Vergleichen Sie die Empfindlichkeit der Vollbrücke mit der der Viertelbrücke.

- b) Wie groß muss die Versorgungsspannung  $U_0$  gewählt werden, damit bei der Belastung des Biegebalkens mit den Massen  $m = 100\text{ g}, 200\text{ g}, 300\text{ g}, 400\text{ g}$  und  $500\text{ g}$  die Brückenspannung die dementsprechenden Werte  $U_5 = 1\text{ mV}$  für  $100\text{ g}$ ,  $U_5 = 2\text{ mV}$  für  $200\text{ g}$ ,  $U_5 = 3\text{ mV}$  für  $300\text{ g}$ ,  $U_5 = 4\text{ mV}$  für  $400\text{ g}$  und  $U_5 = 5\text{ mV}$  für  $500\text{ g}$  annimmt?

## 8. Hinweise zu Versuchsauswertung und Protokoll

### Berechnung der Brückenspannung

Wir betrachten beispielhaft die folgende Schaltung:



Es gilt:  $U_1 = U_0 \frac{R_1}{R_1 + R_2}$  und  $U_3 = U_0 \frac{R_3}{R_3 + R_4}$

Die Spannung  $U_5$  ergibt sich aus dem Maschenumlauf:

$$U_5 = U_1 - U_3$$

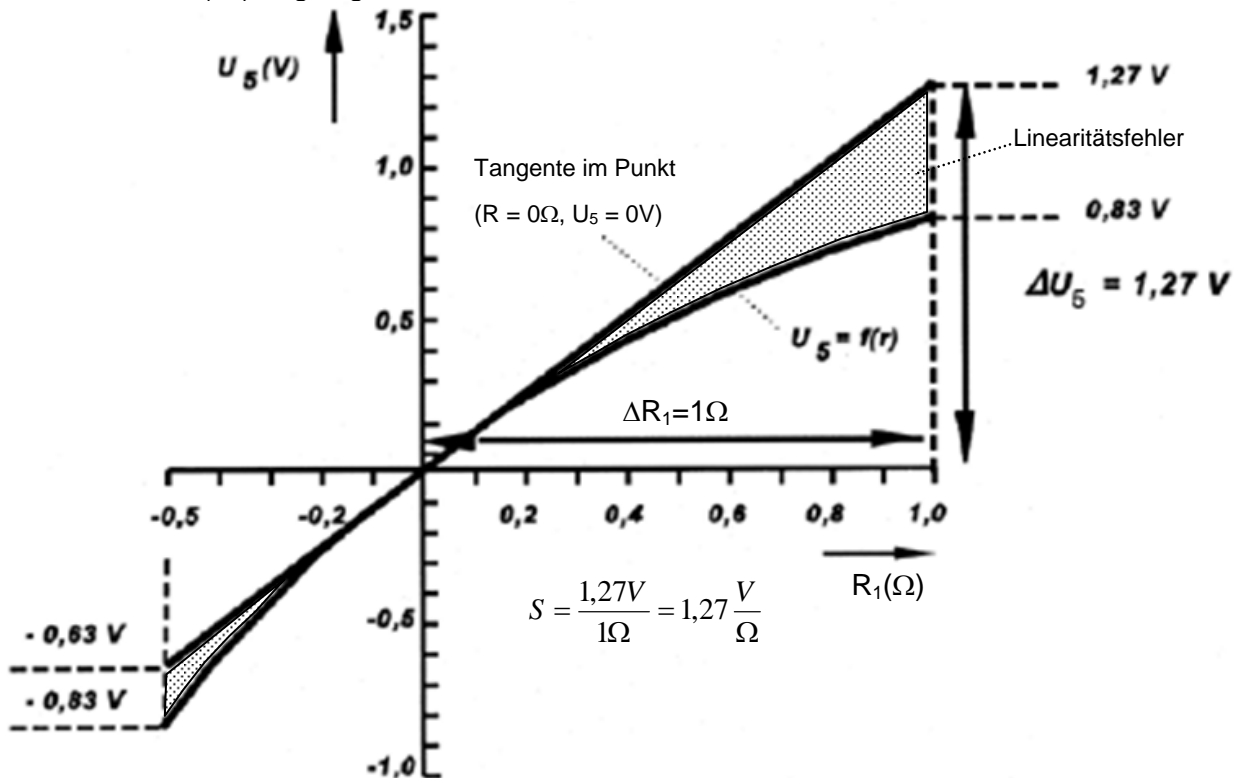
Eingesetzt ergibt sich:  $U_5 = U_0 \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} - \frac{R_3}{R_3 + R_4} \right)$

### Empfindlichkeit und Linearitätsfehler

Bei der Wheatstone Messbrücke ist die Empfindlichkeit  $S$  der Quotient aus Brückenspannungsänderung  $\Delta U_5$  und Messwiderstandsänderung  $\Delta R_1$ .

$$S = \frac{\Delta U_5}{\Delta R_1}$$

Die Empfindlichkeit entspricht der Steigung einer Tangente, die an einem Punkt der Messkurve  $U_5 = f(R_1)$  angelegt wird:



Der Bereich zwischen der Messkurve  $U_5 = f(R_1)$  und der Tangente stellt den Linearitätsfehler dar.