

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

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.

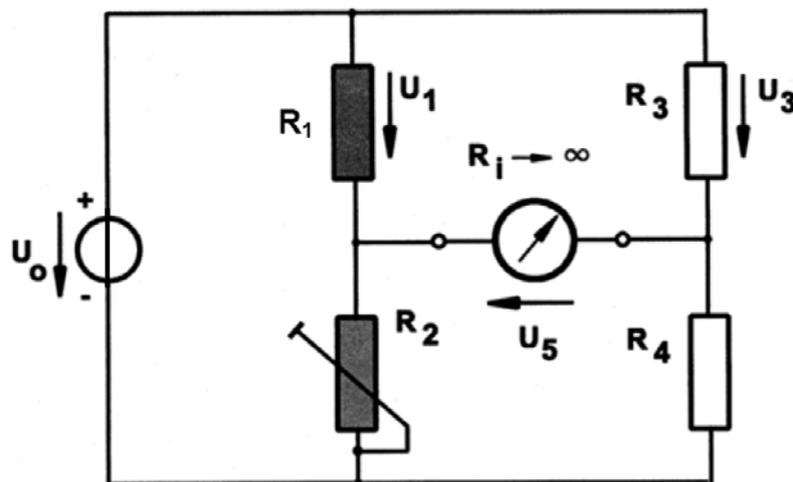


Abb. 1: Messschaltung zur Bestimmung von R_1

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.

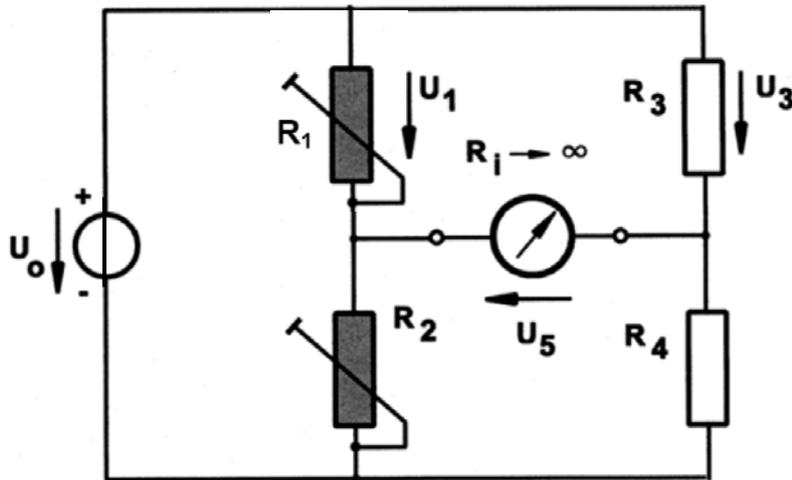


Abb. 2: Messschaltung zur Bestimmung der Übertragungsfunktion

- 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.

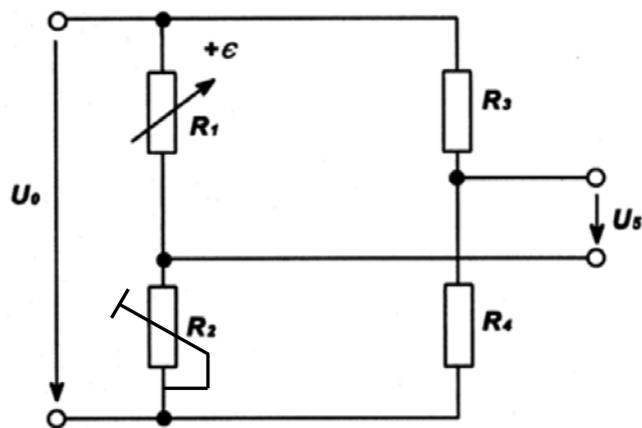


Abb. 3: Messschaltung der Viertelbrücke

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.

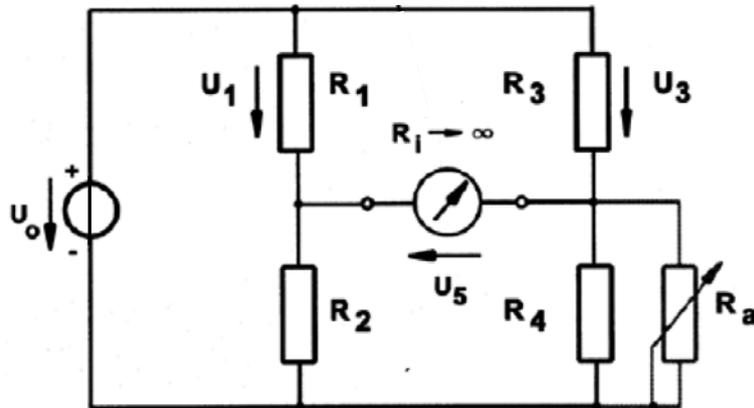


Abb. 4: Messschaltung der Vollbrücke

- 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).

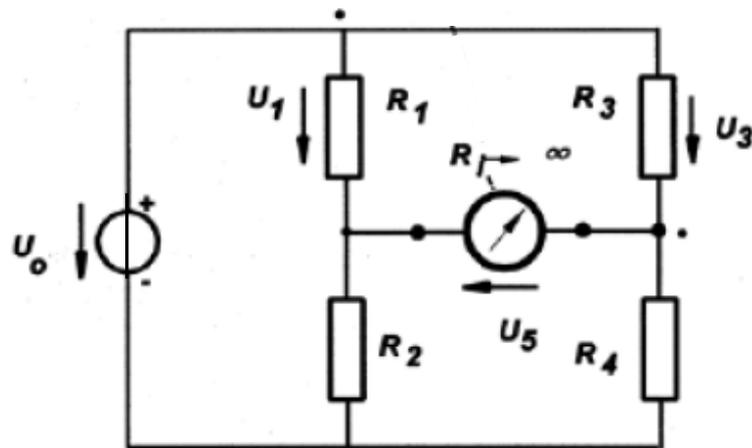
Vergleichen Sie die Empfindlichkeit der Vollbrücke mit der der Viertelbrücke.

- 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 g die Brückenspannung die dementsprechenden Werte $U_5 = 1\text{ mV}$ für 100 g , $U_5 = 2\text{ mV}$ für 200 g , $U_5 = 3\text{ mV}$ für 300 g , $U_5 = 4\text{ mV}$ für 400 g und $U_5 = 5\text{ mV}$ für 500 g annimmt?

8. Hinweise zu Versuchsauswertung und Protokoll

Berechnung der Brückenspannung

Wir betrachten beispielhaft die folgende Schaltung:



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

Die Spannung U_5 ergibt sich aus dem Maschenumlauf:

$$U_5 = U_1 - U_3$$

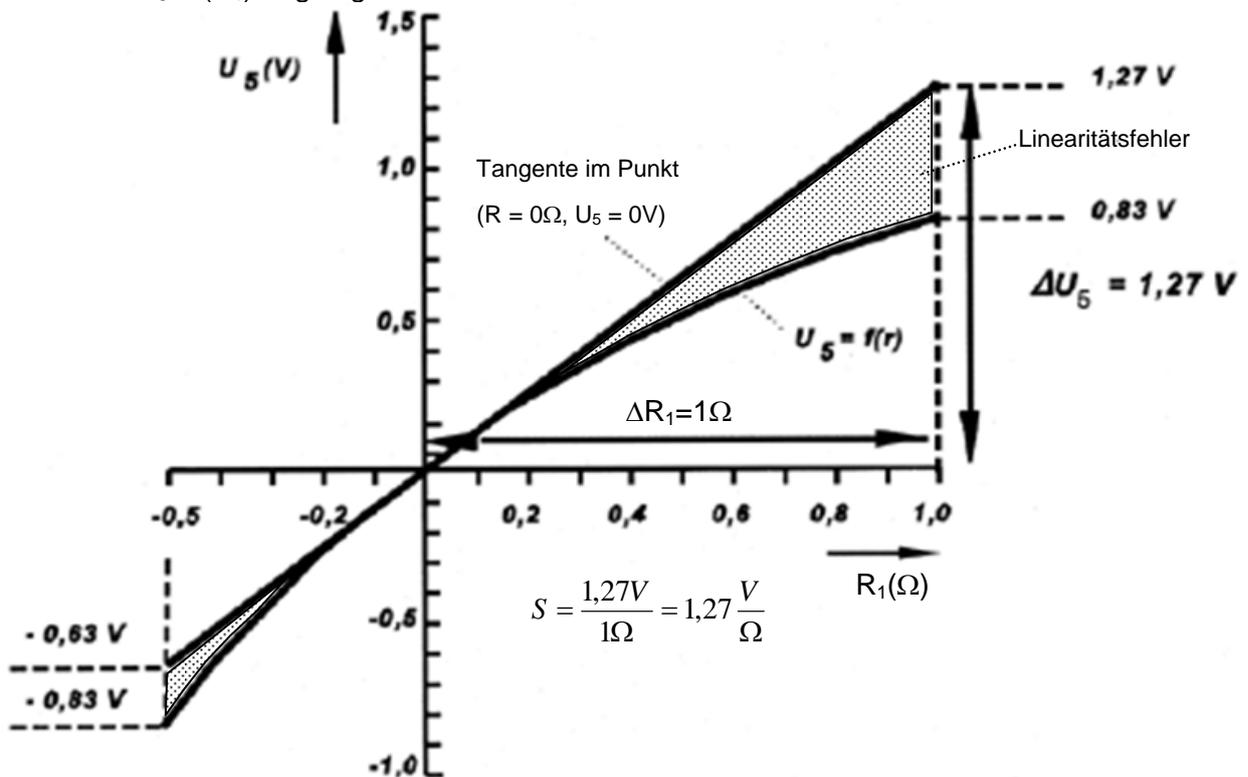
$$\text{Eingesetzt ergibt sich: } U_5 = U_0 \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} - \frac{R_3}{R_3 + R_4} \right)$$

Empfindlichkeit und Linearitätsfehler

Bei der Wheatstone Messbrücke ist die Empfindlichkeit S der Quotient aus Brückenspannungsänderung ΔU_5 und Messwiderstandsänderung ΔR_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.