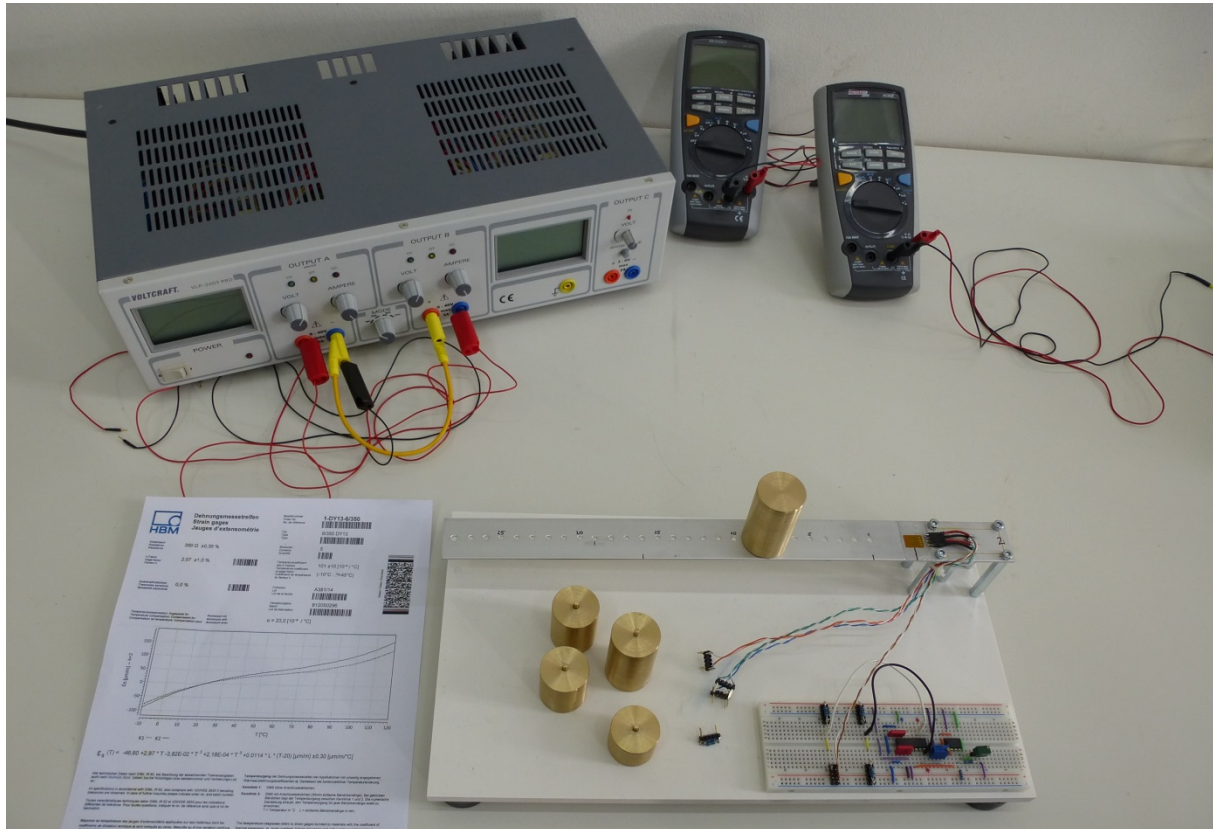




Versuch 3: Wheatstonebrücke, Messen mit DMS:



1. Ziele:

- Messen der Biegung eines Balkens mit DMS-Brückenschaltungen, in Abhängigkeit von diversen aufgelegten Gewichten und Hebelarmen.
- Messen an Viertel-, Halb- und Vollbrücke.
- Ermittlung von Massen mit Hilfe der genannten Messungen.

2. Grundlagen:

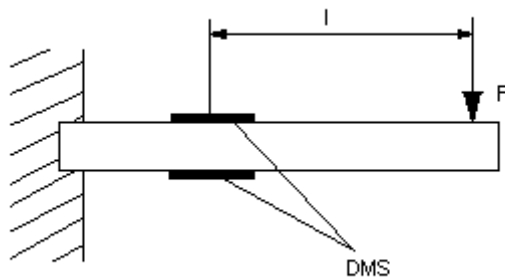
2.1

- Brückenschaltungen für Widerstände, Halb-, Viertel, Vollbrücke.
 - Entsprechendes Kapitel aus der Vorlesung „Sensorik“.
- Dehnmessstreifen (DMS)
 - Entsprechendes Kapitel aus der Vorlesung „Sensorik“.
 - Datenblatt zu den verwendeten DMS.



- Instrumentenverstärker:
 - Entsprechendes Kapitel der Vorlesung „Sensorik“.
 - Datenblätter der verwendeten Bausteine.

2.2 Vorbetrachtungen: Kraft auf einen Biegebalken und resultierende Dehnung. (ergänzend zum Vorlesungsskript)



Daten des Biegebalkens:

Kraft auf den Balken in y-Richtung: **F**

Dicke des Balkens: **h=2,1mm**

Breite des Balkens: **b=30 mm**

Länge von der Mitte des DMS zum
Kraftangriffspunkt: **l**

- Die **Biegespannung** σ_B beschreibt die Kraft **F**, die senkrecht auf die Querschnittsfläche **A** des Balkens wirkt.

$$\sigma_B = \frac{F \cdot l}{I_B} \cdot \frac{h}{2}$$

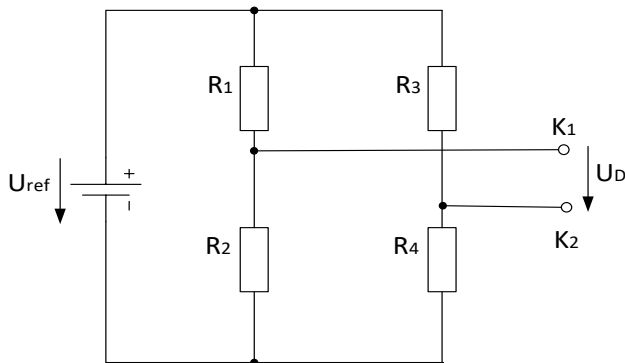
- Biegemoment: $M_B = F \cdot l$
- Flächenträgheitsmoment für rechtwinklige Querschnitte: $I_B = \frac{b \cdot h^3}{12}$
- Innerhalb der Elastizitätsgrenze des Balkens gilt das Hooksche Gesetz:

$$\sigma_B = E \cdot \varepsilon$$

- Elastizitätsmodul des Biegekörpers: **E** ($E_{\text{ALUMINIUM}} = 70 \text{ kN/mm}^2$)
- Dehnung $\varepsilon(F) = \frac{6 \cdot l}{b \cdot h^2 \cdot E} \cdot F$
- Wird der Biegebalken durch eine Kraft **F** belastet, so wird die Oberseite gestreckt ($\varepsilon > 0$), die Unterseite gestaucht ($\varepsilon < 0$).



2.3. Verwendete Brückenschaltung



$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 350 \, \Omega,$$
$$U_{\text{ref}} = 15\text{V}$$

Je nach zu realisierender Brücke werden Festwiderstände und/oder DMS-Elemente genutzt.

Beachte: Da sich die Messbrücke nicht vollständig abgleichen lässt, existiert immer eine Offset-Spannung, die gemessen und vom Ergebnis abgezogen werden muss.

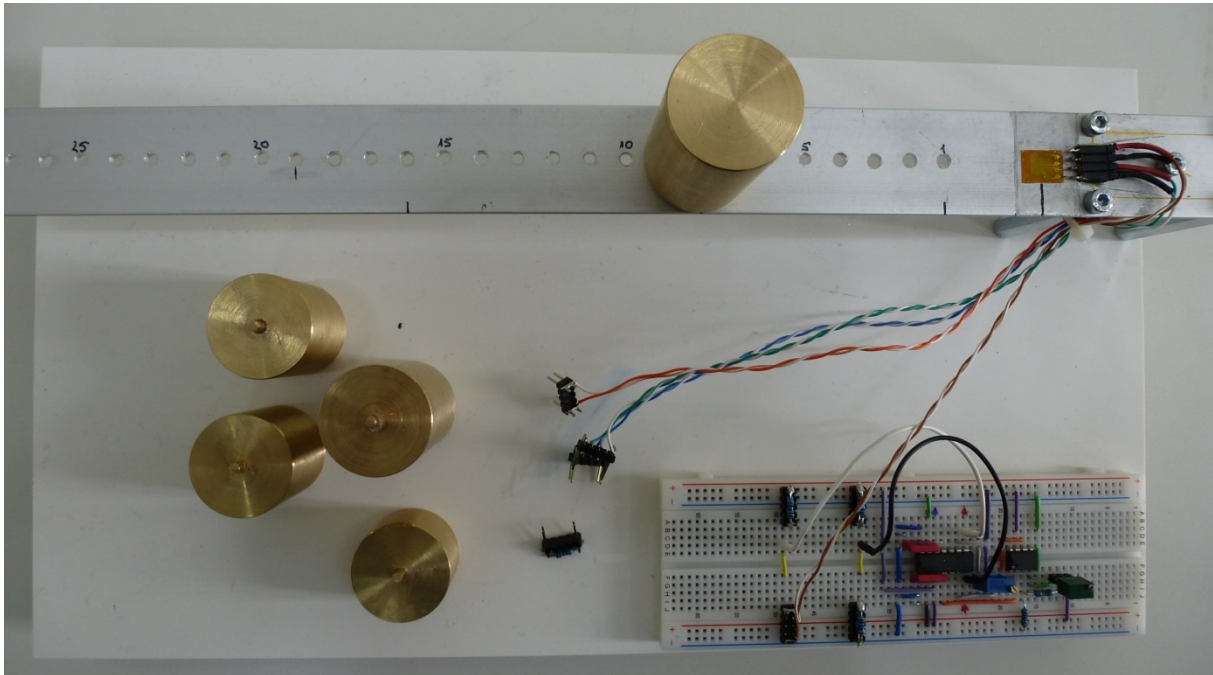


3. Zum Ablauf

- Bereiten Sie den Versuch zu Hause vor:
Verschaffen Sie sich einen Überblick!
Bearbeiten Sie vorab zu Hause die in den einzelnen Kapiteln gegebenen Aufgaben.
Diese Ausarbeitung müssen Sie namentlich kennzeichnen und abgeben!
- Führen Sie die Versuche während der Laborveranstaltung durch.
- **WICHTIG 1: Vor jeder Inbetriebnahme einer Schaltung den Aufbau durch den Laborbetreuer abnehmen lassen! Nach jeder Messung den Betreuer gegenzeichnen lassen.**
- **WICHTIG 2: Das Netzgerät (und auch das Oszilloskop) bleibt während der Versuche eingeschaltet. Beim Umbauen wird die Spannung auf null Volt eingestellt. GRUND: Ständiges EIN- und Ausschalten schadet den Geräten.**
- Schreiben Sie im Nachgang einen Versuchsbericht, in dem Sie die geforderten Aufgaben bearbeiten. Abgabe spätestens eine Woche nach Durchführung des Labors.
Die von Ihnen ermittelten Messwerte (Tabellen aus diesem Skript) sind als Anhang mit abzugeben.
- **WICHTIG 3:**
 - Maßeinheiten, physikalische Größen, Zahlenwerte z.B. in Tabellen sind normgerecht nach DIN 22 / DIN 1301 / DIN 1338 anzugeben. Siehe gegebene Unterlagen.
 - Grafische, quantitative Diagramme sind normgerecht nach DIN 461 darzustellen. Siehe z.B. Wikipedia: „DIN 461“.

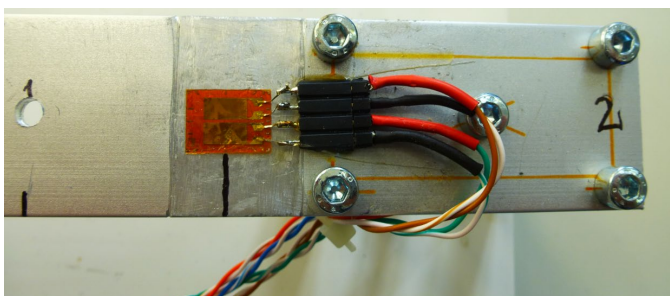
4. Geräte- und Materialliste:

4.1 Versuchsträger mit Biegebalken und Steckbrett



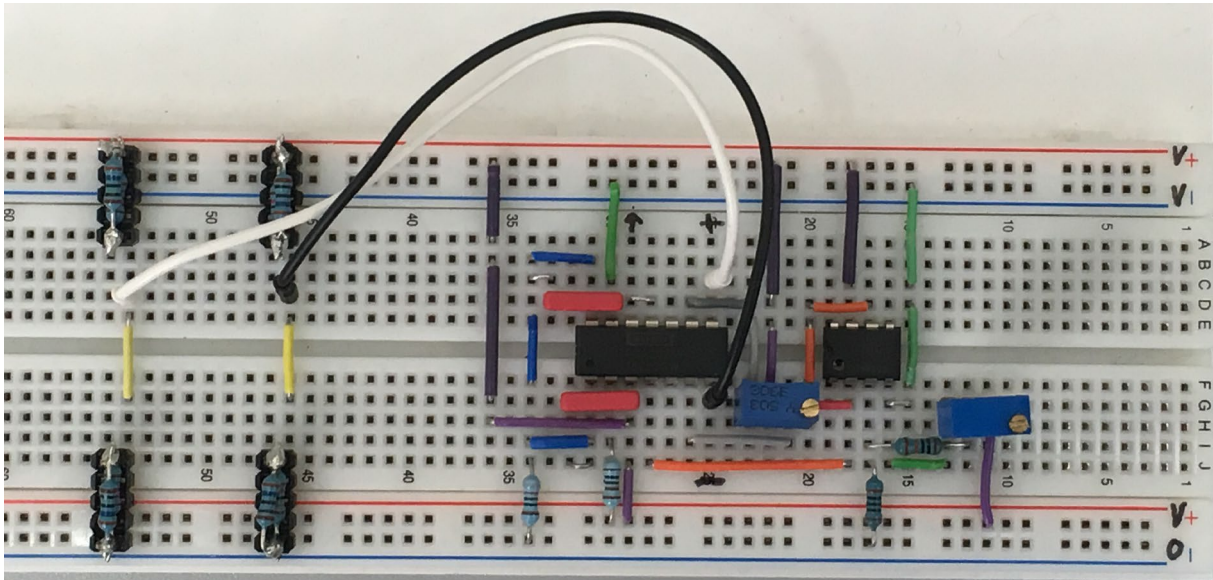
Versuchsträger:

- Biegebalken aus Aluminium.
- Vier auf dem Biegebalken aufgeklebte DMS-Elemente:
 $R_0 = 350 \, \Omega$ (Toleranz 0,35%), **k-Faktor**: siehe Datenblatt.
Die DMS sind temperaturkompensiert und für ein Aluminium-Trägermaterial angepasst.
Jeder DMS kann über ein Anschlusselement mit dem Steckbrett verbunden werden.
- Steckbrett.



- Diverse Gewichte zur Belastung des Biegebalkens.

4.2. Steckbrett



- Brückenschaltung, zunächst bestückt mit vier Widerständen ($R_{1,2,3,4} = 350 \Omega$).
- Instrumentenverstärker mit Verstärkung $V=100$, fertig aufgebaut und abgeglichen mit programmierbarem Instrumentenverstärker-Baustein PGA202 und Zusatzbaustein OPA602 (Schaltung: Datenblatt PGA 202, Seite 7, Fig.2).

WICHTIG: Diese Schaltung ist bereits fertig aufgebaut und auf die Messbrücke fein abgestimmt. Es darf nichts an der Schaltung verändert werden!



4.3 Spannungsversorgung: Dreifach-Labornetzteil



Spannungsversorgung:

- OUTPUT A:** Referenzspannung $U_{ref} = +15\text{ V}$ und **gleichzeitig** OPV-Versorgungsspannung $+U_{cc}$.
(Wird auf die obere und untere rote Schiene des Steckbretts gelegt und **muss** mit einem Multimeter kontrolliert werden!)
- OUTPUT B:** - $U_{cc} = -15\text{ V}$, zweite Spannungsversorgung für den OPV
(wird gelegt auf die obere blaue Schiene des Steckbretts)
- 0 Volt:** gemeinsames Bezugspotenzial
(wird gelegt auf die untere blaue Schiene des Steckbretts)

4.4. Sonstiges

- Zwei Multimeter.
- Diverse Messkabel, Verbindungsdrähte.
- Diverse Gewichte zur Belastung des Biegebalkens.



5. Aufgaben

5.1. Biegemessungen mit einer Viertel- Halb- und Vollbrücke

5.1.1. Vorbereitung (schriftlich vorab, müssen Sie dem Betreuer zeigen und abgeben!)

- Klären Sie folgende Fragen (handschriftlich, d.h. zum Beispiel mit Text, Zeichnung etc.):
 - a. Wo auf dem Steckbrett finden Sie die Messbrücke, wo die Verstärkerschaltung?
 - b. Wie werden die Widerstände der Messbrücke bzw. die DMS für eine Viertel, Halb- und Vollbrücke auf dem Steckbrett aufgebaut?
 - c. Wo findet sich der Ausgangspin des Verstärkerbausteins PGA202, wo die Eingangspins?
 - d. Wie hängen die Spannung U_A am Verstärkerausgang und die eigentliche Diagonalspannung U_D zusammen?
 - c. Wie ermitteln Sie aus einer am Verstärkerausgang gemessenen Spannung die Masse eines auf den Balken gesteckten Gewichtes?
 - d. Zeichnung/Bild: Wo auf dem Steckbrett werden die Anschlüsse der Spannungsquellen und der Multimeters angeschlossen?
Wie werden die Eingänge des PGA 202 an die Messbrücke angeschlossen?
Wie werden die Spannungsquellen angeschlossen, um eine negative Versorgungsspannung $U_{CC} = -15V$ zu realisieren?

5.1.2 Durchführung und Auswertung

Führen Sie die folgenden Aufgaben für alle drei Brückenschaltungen durch:

- Bauen Sie die jeweilige Messbrücke auf. Ersetzen Sie dazu die Widerstände durch die notwendigen DMS.
- Kontrollieren Sie zur die Referenzspannung mit einem Multimeter!
- Verbinden Sie die Brückenschaltung (Anschlüsse K_1 , K_2) mit den beiden Eingängen des Instrumentenverstärkers (Verbindungskabel an den Pins 7 und 8 des PGA202). Der Messverstärker hat eine Verstärkung von $V = 100$.
→ Betreuer kontaktieren.
- Belasten Sie den Biegebalken mit den vorhandenen Gewichten auf den Längenabschnitten l_1 und l_2 .
- Messen Sie die Ausgangsspannung U_A am Verstärkerausgang (am PGA202). Nutzen Sie dafür das genauere der beiden Multimeter.

Achtung: Durch Hysterese-Effekte an Balken und DMS ist es notwendig, vor jeder Messung die Offsetspannung U_{OFFSET} vorzeichenrichtig zu ermitteln und zu berücksichtigen!



- Tragen Sie die Messwerte in die unten stehenden Tabellen ein.
- Beachten Sie: U_A = gemessene Ausgangsspannung am Verstärkerausgang.
 U_{OFFSET} (vorzeichenrichtig!) = vor Aufsetzen des Gewichts
gemessene Offsetspannung
- Ermitteln Sie die Abmessungen der Gewichte (Tabelle 4) und bestimmen Sie damit Kontrollwerte für Ihre errechneten Massen. Material: Messing.

Hinweis: Längen genau nachmessen! Die Löcher am Biegebalken entsprechen nicht genau einem Längenmaßstab. Wählen Sie das Loch, das dem geforderten Nennwert am nächsten liegt und messen Sie die Länge genau nach!

Notieren Sie sich Ihre Platznummer und die Bezeichnungen der Gewichte! Geben Sie diese im Bericht an!

Auswertung:

- Versuchsbeschreibung: Erstellen Sie eine aussagefähige, schematische Skizze der Messanordnung/Messkette.
- Berechnen Sie aus den Messdaten aller Brückenschaltungen die bisher unbekannten Massen m_i der Gewichte G_1 bis G_5 . Berücksichtigen Sie dabei alle verfügbaren Daten. Geben Sie den Rechenweg an.
- Erstellen Sie Diagramme (jeweils eines für die Viertel-, Halb- und Vollbrücke):
- Zusammenhang zwischen Masse und Diagonalspannung, jeweils zwei Kurven im Diagramm, eine für die Länge l_1 und eine für l_2 .
- Erklären Sie die Messergebnisse bzw. die erstellten Diagramme. Stellen Sie transparent (und unter Angabe der passenden Formeln) dar, wie die Masse m die Ausgangsgröße U_A am Verstärkerausgang erzeugt.



Messaufgabe 1: Viertelbrücke mit $U_{ref} = +15 \text{ V}$, $l_1 \approx 100 \text{ mm}$, $l_2 \approx 150 \text{ mm}$
 (Nächstes Loch im Raster verwenden, genaue Länge messen!)

Gewicht	$U_{\text{OFFSET}}(l_1)$ in mV	$U_A(l_1)$ in mV	$U_D(l_1)$ in mV		$U_{\text{OFFSET}}(l_2)$ in mV	$U_A(l_2)$ in mV	$U_D(l_2)$ in mV
G_1							
G_2							
G_3							
G_4							
G_5							

Betreuer:

--



Messaufgabe 2: Halbbrücke mit $U_{ref} = +15\text{ V}$, $l_1 \approx 100\text{ mm}$, $l_2 \approx 150\text{ mm}$
 (nächstes Loch im Raster)

Gewicht	$U_{\text{OFFSET}}(l_1)$ in mV	$U_A(l_1)$ in mV	$U_D(l_1)$ in mV		$U_{\text{OFFSET}}(l_2)$ in mV	$U_A(l_2)$ in mV	$U_D(l_2)$ in mV
G ₁							
G ₂							
G ₃							
G ₄							
G ₅							

Betreuer:

--



Messaufgabe 3: Vollbrücke mit $U_{ref} = 15 \text{ V}$, $l_1 \approx 100 \text{ mm}$, $l_2 \approx 150 \text{ mm}$

(nächstes Loch im Raster)

Gewicht	$U_{\text{OFFSET}}(l_1)$ in mV	$U_A(l_1)$ in mV	$U_D(l_1)$ in mV		$U_{\text{OFFSET}}(l_2)$ in mV	$U_A(l_2)$ in mV	$U_D(l_2)$ in mV
G_1							
G_2							
G_3							
G_4							
G_5							

Tabelle 4: Abmessungen der Gewichte

Gewicht Nr.	Höhe / mm	Durchmesser/mm
G_1		
G_2		
G_3		
G_4		
G_5		

Betreuer:

--