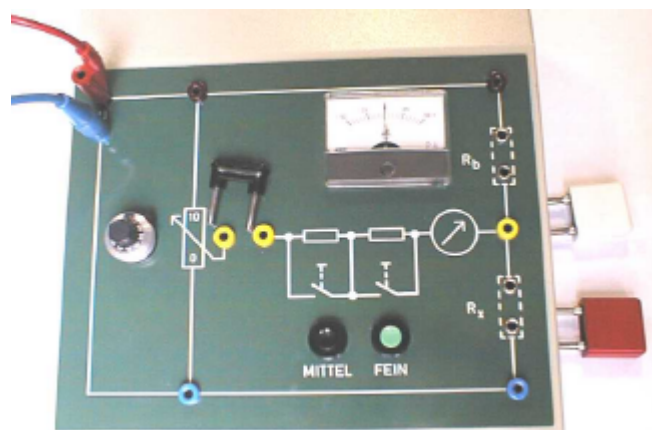
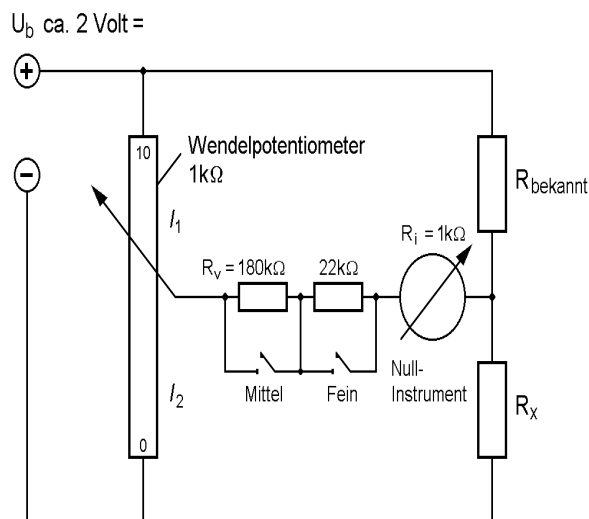


Versuchsanleitung: Wheatstonesche Brücke - DMS

Bei der Ermittlung chemischer, physikalischer Messgrößen werden bei hohen Anforderungen an die Messgenauigkeit die entsprechenden Sensoren in Form der Wheatstonesche Brückenschaltung angeordnet. Tragen die erhöhten Kosten der Brückenschaltung nicht wesentlich zu den Systemkosten bei, hat sich in der industriellen Messtechnik die Wheatstonesche Brücke zum Standard entwickelt.

Untenstehend befindet sich eine Skizze des prinzipiellen elektrischen Aufbaus der Versuchsanordnung. Den mechanischen Aufbau zeigt das Bild daneben.



Laboraufbau Wheatstonesche Brücke & Widerstände

Die Wheatstonesche Brücke wird aus zwei Halbbrücken gebildet. Das Potentiometer bildet eine Halbbrücke. Diese kann als zwei in Serie geschaltete Widerstände R_1, R_2 betrachtet werden für die gilt: $R_1 + R_2 = 1 \text{ k}\Omega$. Der Wert für R_2 ergibt sich unmittelbar aus der Skala des Drehknopfs ($10 = 1 \text{ k}\Omega$). Das Potentiometer ist ein $1 \text{ k}\Omega$ 10-Gang Präzisionspotentiometer. Sein Fehler ist mit 0,5 % angegeben. Die andere Halbbrücke wird aus einem Vergleichswiderstand R_b ($\pm 0,1\%$) der bekannt ist und aus dem zu messenden Widerstand R_x gebildet. R_x stellt dabei den Sensorwiderstand dar. Die Formel für R_x wird besonders einfach und insbesondere unabhängig von der Betriebsspannung U_b wenn die Brücke abgeglichen wird. Dazu muss die Spannungsdifferenz ΔU zwischen den Halbbrücken $\Delta U = 0$ sein, was durch Messung des Brückenstroms $I_b = 0$ möglich ist. Durch Drehen des Potentiometers lässt sich diese Halbbrücke einstellen und daher der Abgleich vornehmen. Die Empfindlichkeit des Nullinstruments lässt sich erhöhen, wenn der Knopf "Mittel" gedrückt wird. Die höchste Empfindlichkeit ("Fein") erzielt man durch gleichzeitiges Drücken beider Knöpfe.

1. Aufgabe: Widerstandsmessung

Ziel: Das Funktionsprinzip soll erprobt werden, einfache Messaufgaben werden bearbeitet. Beachten sie, dass viele Sensoren RESISTIV sind, d.h. die physikalische Größe ändert den Widerstand des Sensorelements.

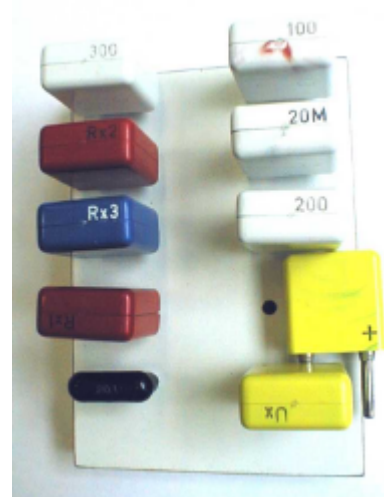
Aufbau: Schließen sie den Drehregler (Potentiometer) mit einer Kurzschlussbrücke an das Instrument an (gelbe-gelbe Buchse). Den Brückenaufbau versorgen sie mittels eines Labornetzteils mit einer Spannung von 10,0 Volt. Den bekannten Widerstand R_b und einen unbekanntem Widerstand R_x schließen sie an der anderen Halbbrücke an, wie bezeichnet. Die bekannten Widerstände R_b haben einen Fehler von 0,1 %.

Messung: Führen sie mit dem Drehregler (Potentiometer) einen groben Nullabgleich durch. Liegt die Anzeige des Potentiometers unterhalb 2,0 bzw. oberhalb 8,0 sollen sie einen geeigneteren bekannten Widerstand R_b wählen und den Abgleich wiederholen. Zeigt das Instrument 0, so kann durch Drücken der Knöpfe die Empfindlichkeit gesteigert werden (Überbrückung von Vorwiderständen) um den Feinabgleich auszuführen. Drücken sie zunächst die Taste Mittel, danach gleichzeitig Fein.

Mit der Brückenschaltung sind folgende Widerstände zu ermitteln:

- R_{x_1} (rot)
- R_{x_2} (rot)
- Reihenschaltung $R_{x_1} + R_{x_2}$ (auf Steckbrett)
- Parallelschaltung $R_{x_1} \parallel R_{x_2}$ (auf Steckbrett)
- Versuchsweise: R_{x_3} (blau), wähle $R_b = 20 \text{ M}\Omega$

Eintrag der Messungen ins Protokoll



Widerstände und U_quelle (gelb)

2. Aufgabe: Spannungsmessung ohne Belastung

Ziel: Die direkte Messung einer Spannungsquelle führt zu einem Strom durch das Messgerät und deshalb zur Verfälschung (durch Belastung) des Messwertes. Dieses Problem (Innenwiderstand der Spannungsquelle) soll im folgenden Versuch erkannt werden. In der Brückenschaltung kann durch Vergleich mit einer Gegenspannung die Spannungsquelle stromlos gemessen werden.

Aufbau: Stecken sie die unbekannte Spannungsquelle (gelbes Steckteil) anstelle des unbekannten Widerstands. Fußangel 1: Der + Pol der Spannungsquelle muss zur Mitte der Brücke zeigen. Fußangel 2: Der bekannte Widerstand R_b muss entfernt sein, da die Spannungsquelle stromlos gemessen werden soll.

Holz-Messung: Versuchen sie den Abgleich! Ergebnis ins Messprotokoll.

3. Aufgabe: Höhere Empfindlichkeit

Die Probleme in Aufgabe 1e) und in Aufgabe 2 ergeben sich aus der mangelnden Empfindlichkeit des analogen Messinstruments. In dieser Aufgabe werden die problembehafteten Messungen mit einem Digitalvoltmeter mit wesentlich höherer Empfindlichkeit wiederholt.

Aufbau: Entfernen sie die Kurzschlussbrücke, die das analoge Messinstrument mit dem Potentiometer verbindet. Schließen sie an die beiden gelben Buchsen der Halbbrücken das Digitalvoltmeter im Gleichspannungsbereich (DC) an.

Jetzt Aber-Messung: Wiederholen sie die Messung aus Aufgabe 2 mit dem Digitalvoltmeter als Messinstrument. Ergebnis ins Messprotokoll. Dann wiederholen sie Aufgabe 1e). Ergebnis ins Messprotokoll.

Um die direkte, fehlerhafte Messung der Spannungsquelle zu demonstrieren, messen sie zum Abschluss die Spannungsquelle direkt mit dem Digitalvoltmeter. Ergebnis ins Messprotokoll.

4. Aufgabe: Dehnmessstreifen (DMS) - Waage

Eine der wichtigsten physikalischen Größen in der Mechanik ist die Kraft und deren abgeleitete Größen wie Drehmoment, Zugspannung oder Druck. Bei festen Körpern geht die Kraft mit einer Verformung des Körpers einher. Die Verformung - Stauchung oder Streckung - wird von einem Dehnmessstreifen als kleine Widerstandsänderung umgewandelt. Da die resistive Änderung sehr klein ist, wird die wheatstonesche Messbrücke als Messprinzip angewandt.

Ziel: In dieser Aufgabe wird die Durchbiegung eines Balkens zur Gewichtsmessung verwandt. Bestimmen sie die Eignung (Linearität, Fehler) der Anordnung als Waage.

Aufbau: Entfernen sie Spannungsquelle / Widerstand und Digitalvoltmeter. Schließen sie wieder das Potentiometer mit der Kurzschlussbrücke (gelbe-gelbe Buchse) an. Beachten sie nochmals richtige Polung und Spannung = 10,0 Volt des Labor Netzteils. An Stelle der Widerstände wird nun das Biegebrett angeschlossen (Polung bzw. Farben beachten).

Biegebrett:

Im Biegebrett ist ein elastischer glasfaser-verstärkter Epoxydharzstreifen einseitig eingespannt. Ein DMS befindet sich auf Ober und Unterseite des Streifens unmittelbar an der Einspannstelle. Bei mechanischer Belastung (Gewichte) des Biegestreifens erfolgt eine lastabhängige Biegung. Die Oberseite wird gedehnt → Erhöhung des DMS - Widerstandes. Die Unterseite wird gestaucht → Erniedrigung des DMS-Widerstandes. Beide DMS Widerstände befinden sich an Stelle der Widerstände

R_x und R_{bekannt} . Eine abgegliche Brücke wird also bei Belastung verstimmt → Anzeige $\neq 0$.

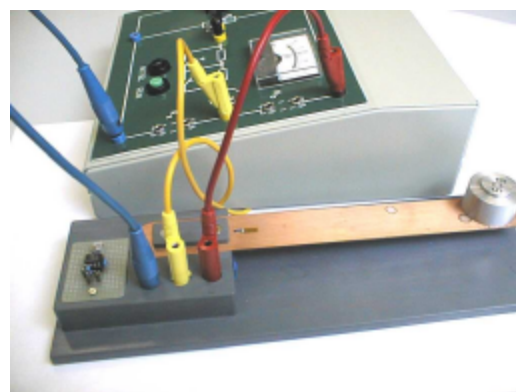
Messung: a) ohne Gewicht (Waage = 0g): gleichen sie die Brücke ab, Protokolleintrag!

b) belasten sie den Biegestreifen mit 50 gr. Gewicht: Abgleich, Protokolleintrag!

c) wiederholen sie mit 100 gr. Gewicht: Abgleich, Protokolleintrag!

d) Ermittlung eines unbekanntes Gewichts: Abgleich, Protokolleintrag!

Zur Fehlerabschätzung werden die Messungen a) - d) jeweils 5 mal vorgenommen. Wichtig ist das Tauschen der Gewichte, da die Genauigkeit des Aufliegens der Gewichte, sowie der Lastwechsel zur Reproduzierbarkeit und zum Fehler beiträgt.



Biegebalken (&DMS) mit Anschluss

5. Aufgabe: Messung einer gedämpften Schwingung

Mit moderner Elektronik können 100.000 und mehr Messungen pro sek an einem DMS durchgeführt werden. Verformungen lassen sich dadurch auch dynamisch messen → Vibration, Bewegung.

Ziel: Die mechanische Schwingung mit Dämpfung eines einseitig eingespannten Balkens soll visualisiert und analysiert werden.

Aufbau: Schließen sie die gelbe Signaltaste des Dehnmessstreifens und Masse (schwarz) zusätzlich an das digitale Speicheroszilloskop (Kanal 1) an.

Osziilloskopeinstellungen: Y-Empfindlichkeit: AC, ca. 50 mV/DIV

Zeitbasis: 20 msec/DIV, Trigger auto, CH I, Zeittaste auf msec

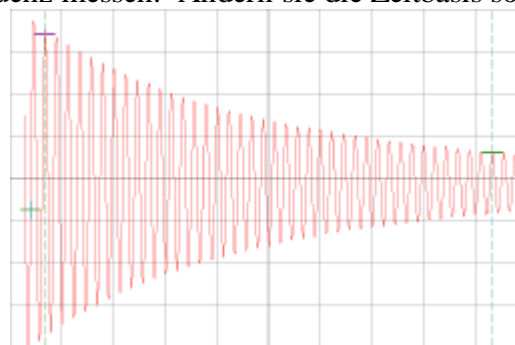
Speicherung: einschalten, Refr/Single abwechseln = sehen/messen

Messung: Bestimmen sie die (Eigen-) Schwingungsfrequenz der Messplatte. Versetzen sie durch Anstupsen der Platte die Platte in Schwingung und drücken sie die Single-Taste am Speicheros-

zilloskop (0,2sek später) zur Messung. Mit etwas Probieren werden sie die mechanische Schwingung der Platte aufzeichnen und können die Frequenz messen. Ändern sie die Zeitbasis so, dass sie eine genaue Messung ausführen können. Eintrag ins Messprotokoll. Ändern sie die Zeitbasis auf ca. 0,2 sek/DIV (msek/sek Taste!) Was beobachten sie? → Messprotokoll.

Bestimmen sie die Dämpfung Messplatte: Bestimmen sie dazu eine größere Amplitude zu Beginn der Messung und eine kleinere Amplitude zu einem späteren Zeitpunkt der Messung. Eintrag ins Messprotokoll. Ggf. Schwingung mit PC aufzeichnen und auf Diskette speichern.

Wiederholen sie den Versuch mit einem 20g Gewicht auf dem Messstreifen. Bestimmen sie nur die Schwingungsfrequenz.



Biegebalken Schwingung
Messpunkt1 Amplitude & Zeit Messpunkt2

6. Aufgabe: Bestimmung der mechanischen Resonanz

Mechanische Resonanzen sind gefährlich und können zur Zerstörung der Konstruktion führen, wenn sie nicht ausreichend gedämpft werden. Denken sie an eine kleine Unwucht von nur 10-20 g an einem mehrere kg schweren Autorad.

Ziel: Die Resonanzkurve des Balkens im Bereich der Grundschiwingung soll gemessen werden.

Aufbau: Erhöhen sie die Oszilloskopempfindlichkeit auf ca. 10 mV/DIV und verwenden die Speicherung im Refresh Mode. Stellen sie den Lautsprecher mit dem Abstandshalter so über den Streifen, dass das Loch direkt über dem Ende des Streifens liegt. Schließen sie den Lautsprecher an den Frequenzgenerator an.

Frequenzgenerator Einstellungen: max. Amplitude, ca. 25 Hz, Sinus (tiefer Ton ist leise hörbar).

Messung: Variieren sie die Frequenz in der Nähe der Eigenschwingungsfrequenz des Streifens (Aufg. 5) bis die Amplitude maximal wird. Notieren sie die Amplitude A_{res} und die Frequenz f_{res} im Resonanzpunkt. Messen sie jetzt die Amplitude A bei f_{res} und $f_{res} \pm 0,25$ Hz, $\pm 0,5$ Hz, ± 1 Hz, ± 2 Hz (insgesamt 9 Messungen incl. f_{res}). Eintrag ins Messprotokoll.

7. Aufgabe: Lagerschaden – Oberschwingungen

Viele Maschinen zeichnen sich durch ein individuelles typisches Arbeitsgeräusch aus. Mit zunehmendem Verschleiß der Maschine (z.B. Lagerschaden) ändert sich das Arbeitsgeräusch in dem zusätzliche (höhere) Frequenzen durch schlagende Lager erzeugt werden.

Ziel: Schadenserkennung durch Oberschwingung

Messung: Stellen sie die Resonanzfrequenz aus Aufgabe 6 wieder ein und optimieren sie die Amplitude. Schlagen sie mit der Hand leicht auf den Tisch um der Lagerung des Balkens einen Schlag zu versetzen. Etwa 0.2sek später (mehrfach probieren) müssen sie die Wirkung des Schlags mit der Single Taste der Speicherung einfrieren. Schätzen sie (messender Weise) die Frequenz der höheren durch Schlag ausgelösten Schwingung ab. Eintrag ins Messprotokoll.

Anmerkung: Das Auftreten Maschinenexemplar untypischer Schwingungen deutet bereits frühzeitig auf Verschleiß und bevorstehenden Schaden hin. In der Industrie sind solche selbst diagnostizierende Systeme bei hochwertigen Maschinen üblich (z.B. Turbinen: Jets, Tornado u.a.).