

# Sensoren

Frederik Strothmann, Henrik Jürgens

4. Dezember 2014

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Lichtmessung</b>	<b>3</b>
2.1	Photowiderstand . . . . .	3
2.2	Photodiode . . . . .	4
2.3	Phototransistor . . . . .	7
2.4	Leuchtdiode als Lichtquelle . . . . .	10
<b>3</b>	<b>Temperaturmessung</b>	<b>14</b>
3.1	PTCs . . . . .	15
3.2	NTCs . . . . .	16
3.3	Thermoelemente . . . . .	17
<b>4</b>	<b>Induktion</b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>Kraft</b>	<b>20</b>
5.1	Elementare Dehnungsmessstreifen . . . . .	21
5.2	Dehnungsmessstreifen in Wheatstonscher Messbrücke, Wägezelle . . . . .	22
<b>6</b>	<b>Luftdruckschwankungen/Schall</b>	<b>24</b>
6.1	Dynamische Mikrofone . . . . .	24
6.2	Kondensator- oder Elektretmikrofone . . . . .	27
<b>7</b>	<b>Feuchte</b>	<b>29</b>
<b>8</b>	<b>Fazit</b>	<b>31</b>

# 1 Einleitung

In diesem Versuch werden Verschieden Sensoren zur Messung von Licht, Temperatur, Induktion, Kraft, Luftdruck/Schall und Feuchte. Dazu werden jeweils unterschiedliche Sensoren getestet.

## 2 Lichtmessung

In diesem Versuchsteil soll mit verschiedenen Messinstrumenten die Lichtstärke bestimmt werden und Leuchtdioden als Lichtquelle, sowie deren Anwendung zur Pulsmessung untersucht werden.

### 2.1 Photowiderstand

Der Photowiderstand ist ein Halbleiterverbindung, der bei Lichteinstrahlung seinen Widerstand stark verändert. Cadmiumsulfid ist eine der Halbleiterverbindungen, aus denen ein Photowiderstand hergestellt werden kann.

#### Verwendete Geräte

Es wird ein Photowiderstand und ein DMM verwendet.

#### Versuchsaufbau

1 ist der Photowiderstand und 2 ist das DMM.

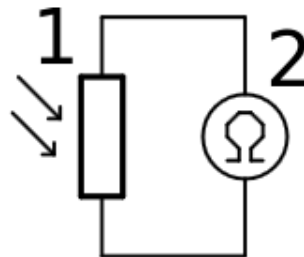


Abbildung 1: Schaltskizze zur Messung des Photowiderstandes<sup>1</sup>

#### Versuchsdurchführung

Der Photowiderstand wird in das DMM eingesteckt und der Widerstand bei starker Beleuchtung (Fenster, Lampe), mittlerer Beleuchtung und schwacher Beleuchtung (abgedeckt mit der Hand). Dann wird noch ein Lichtstärkefilter von 20%-100%, der in 20% Schritten skaliert ist verwendet und für jede Einstellung der Widerstand gemessen.

---

<sup>1</sup>Abbildung entnommen von [http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep6\\_14.pdf](http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep6_14.pdf) Seite 2 am 01.12.2014

## Messergebnisse

Der Fehler des Widerstandwertes wurde mit dem Ablesefehler und dem angegebenen Fehler bestimmt und beträgt bei allen Werten  $6\Omega$  außer bei dem  $25500\Omega$  Widerstandswert, da liegt er bei  $60\Omega$

Filter/%	Widerstand/ $\Omega$
100	435
80	570
60	600
40	830
20	1300
0	25500

Tabelle 1: Messdaten des Widerstandes in Abhängigkeit der Lichtstärke

## Auswertung

Plottet man die gemessenen Werte aus Tabelle 1 so ergibt sich der Plot in Abbildung 2.

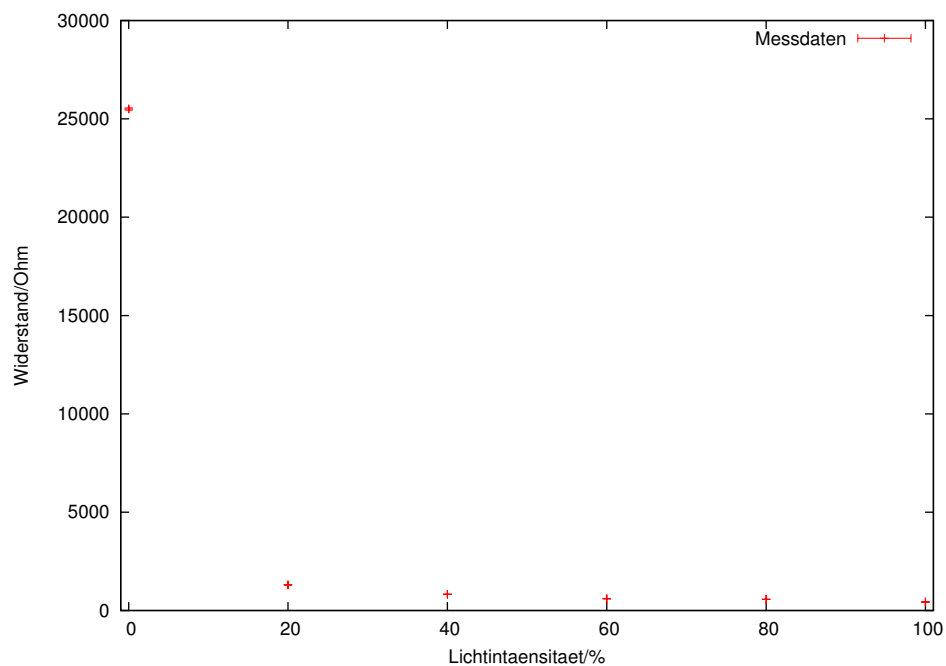


Abbildung 2: Daten aus der Messung des Widerstandes in Abhängigkeit der Lichtintensität

## Diskussion

Wie erwartet stieg der Widerstand bei sinkender Intensität.

## 2.2 Photodiode

In diesem Versuchsteil wird eine Photodiode zur Bestimmung der Lichtintensität verwendet. Die Abhängigkeit der Lichtintensität ist linear zum erzeugten Strom und die Änderung der Stromstärke erfolgt näherungsweise instantan. Jedoch ist der Photostrom sehr klein und die Messung ist stark von der Wellenlänge des Lichtes abhängig.

## Verwendete Geräte

Es werden eine Photodiode und ein DMM verwendet.

## Versuchsaufbau

1 ist die Photodiode, 2 und 3 ist das DMM.

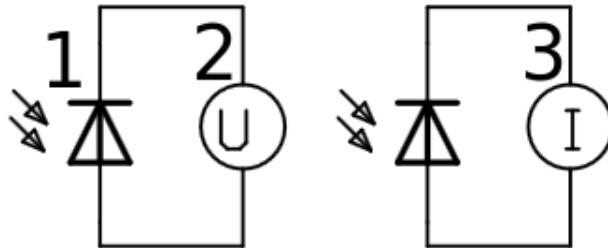


Abbildung 3: Schaltskizze zur Messung der Photodiode<sup>2</sup>

## Versuchsdurchführung

Die Photodiode wird in das DMM eingesetzt, einmal so das der Photostrom und ein mal die Photospannung gemessen werden. Dann wird wieder der Lichtstärkefilter von 20% bis 100%, mit 20% Schritten verwendet und jeweils der Photostrom und die Photospannung gemessen.

## Messergebnisse

Der Fehler wurde mit dem Ablesefehler und dem angegebenen Fehler bestimmt, er beträgt 0,006mA bzw. 0,006V.

Filter/%	Strom/mA	Spannung/V
100	0,005	0,303
80	0,004	0,297
60	0,003	0,292
40	0,002	0,274
20	0,001	0,256
0	0	0,136

Tabelle 2: Messdaten des Stroms/der Spannung in Abhängigkeit der Lichtstärke

## Auswertung

Plottet man die Werte aus Tabelle 2 für die Spannung, ergibt sich die Grafik in Abbildung 4. Es ist deutlich der logarithmische Verlauf zu erkennen.

<sup>2</sup>Abbildung entnommen von [http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep6\\_14.pdf](http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep6_14.pdf) Seite 3 am 01.12.2014

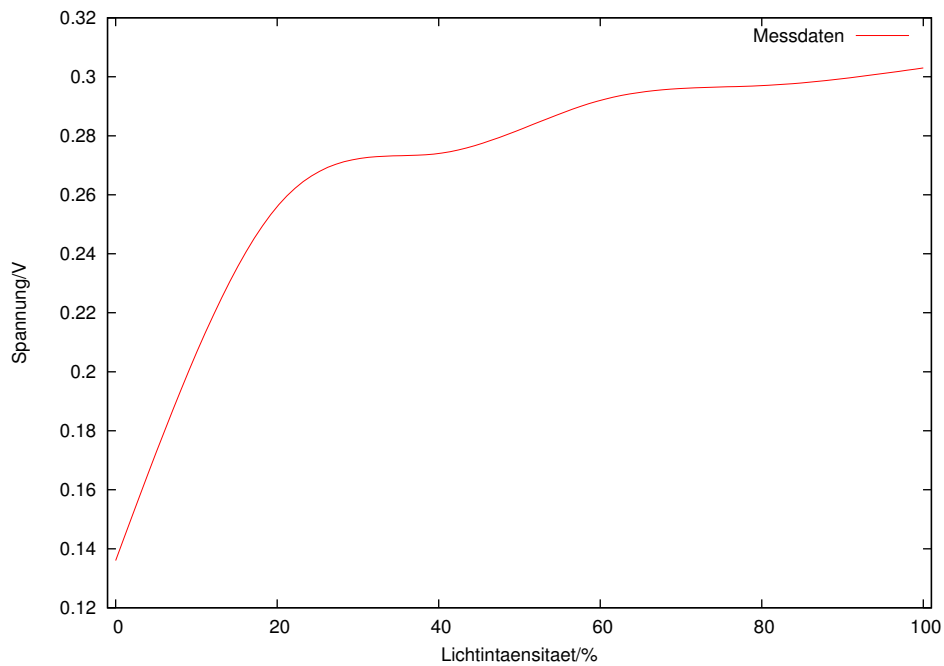


Abbildung 4: Daten aus der Messung der Spannung in Abhängigkeit der Lichtintensität

Plottet man die Werte aus Tabelle 2 für den Strom, ergibt sich die Grafik in Abbildung 5. Es lässt sich deutlich der lineare Verlauf erkennen.

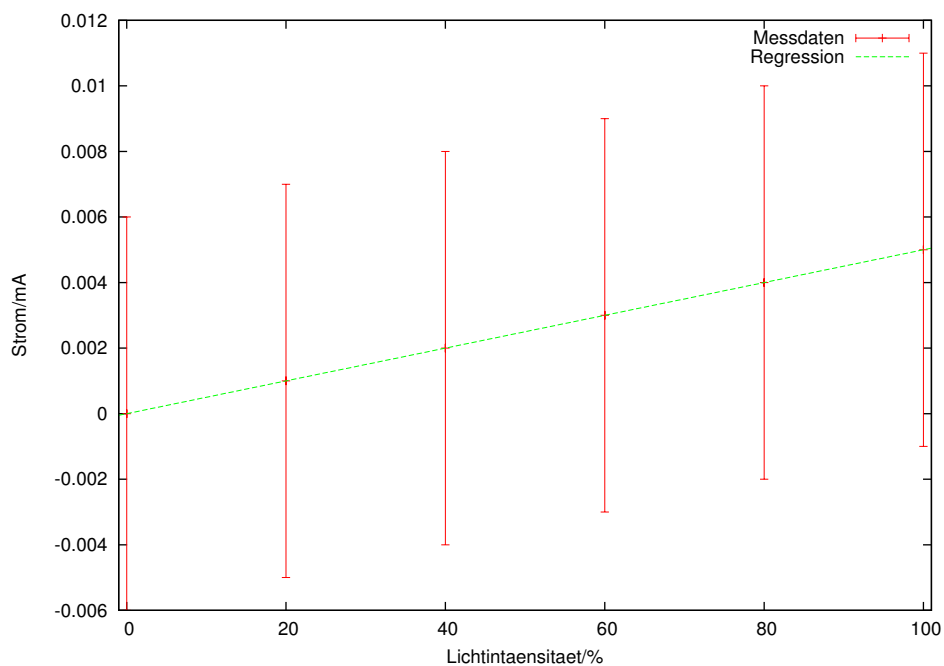


Abbildung 5: Daten aus der Messung des Stroms in Abhängigkeit der Lichtintensität

## Diskussion

Wie erwartet ergab sich für die Spannungsmessung ein logarithmischer Verlauf und für die Strommessung ein linearer Verlauf. Besser wäre es gewesen den Strom über dem Innenwiderstand des DVMs zu messen, da unsere Fehler nun größer als die Ströme selber sind.

## 2.3 Phototransistor

In diesem Versuchsteil wird die Lichtstärke mittels eines Phototransistors gemessen. Der Phototransistor hat den Vorteil, dass die Photostrom um das bis zu 100-fache verstärkt wird.

### Verwendete Geräte

Es werden ein Widerstände, ein Phototransistor, ein DMM, eine Photodiode, ein Oszilloskop, ein Funktionsgenerator und eine Spannungsquelle verwendet.

### Versuchsaufbau

$U_0$  ist eine 10V Spannungsquelle,  $R_1$  ein  $1k\Omega$  Widerstand,  $I$  ein DMM und  $T_1$  der Phototransistor.

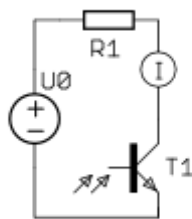


Abbildung 6: Schaltskizze zur Messung mit dem Phototransistor<sup>3</sup>

1 ist der Funktionsgenerator, 2 ein  $1k\Omega$  Widerstand, 3 eine Photodiode, 4 ein  $100k\Omega$  Widerstand und 5 der Phototransistor.

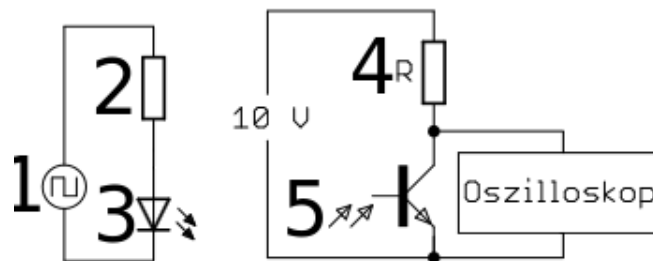


Abbildung 7: Schaltskizze zur Messung mit Photodiode und Phototransistor<sup>4</sup>

### Versuchsdurchführung

In diesem Versuchsteil wird die Schaltung in Abbildung 6 aufgebaut um den Strom durch den Transistor in Abhängigkeit der Lichtintensität zu messen. Zuerst wird das Raumlicht als Lichtquelle verwendet, im zweiten Teil 10 eine LED. Um die Lichtintensität zu regulieren wird ein Lichtstärkefilter von 20% bis 100%, mit 20% Schritten verwendet. Im zweiten Teil wird die Schaltung aus Abbildung 7 aufgebaut, der Phototransistor mit der Photodiode beleuchtet und die Kurve mit dem Oszilloskop aufgenommen. Die Diode ist dabei an ein Rechtecksignal angeschlossen, welches mit dem Phototransistor über das Oszilloskop aufgenommen wird.

<sup>3</sup>Abbildung entnommen von [http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep6\\_14.pdf](http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep6_14.pdf) Seite 3 am 01.12.2014

<sup>4</sup>Abbildung entnommen von [http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep6\\_14.pdf](http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep6_14.pdf) Seite 3 am 01.12.2014

## Messergebnisse

Der Fehler des Stroms wurde mit dem Ablesefehler und dem angegebenen Fehler bestimmt und beträgt 0,006mA.

Filter/%	Strom/mA
100	0,058
80	0,047
60	0,037
40	0,025
20	0,014
0	0,002

Tabelle 3: Messdaten des Stroms in Abhängigkeit der Lichtstärke für den Phototransistor

Der Fehler des Stroms wurde mit dem Ablesefehler und dem angegebenen Fehler bestimmt und beträgt 0,06mA.

Filter/%	Strom/mA
100	9,15
80	9,15
60	9,14
40	9,14
20	9,14
0	9,14

Tabelle 4: Messdaten des Stroms in Abhängigkeit der Lichtstärke für die Photodiode

## Auswertung

Plottet man die Daten aus Tabelle 3 so ergibt sich die Grafik in Abbildung 8. Der lineare Verlauf ist gut zu sehen.



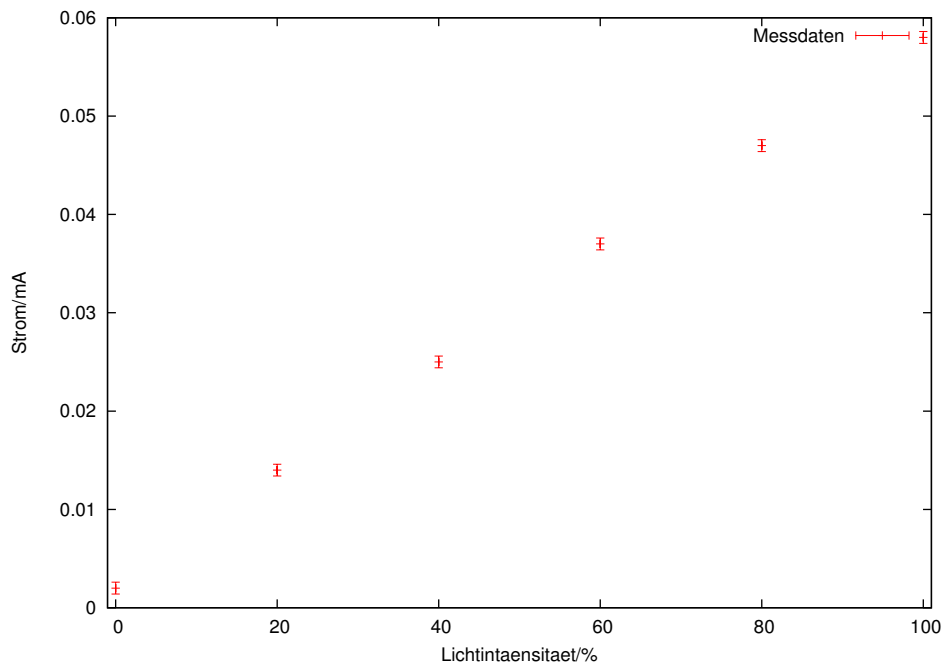


Abbildung 8: Daten aus der Messung des Stroms in Abhängigkeit der Lichtintensität für den Phototransistor

Plottet man die Daten aus Tabelle 4 so ergibt sich die Grafik in Abbildung 9. Da des Auflösungsvermögen der Messapertur zu gering ist lässt sich kein linearer Verlauf erkennen. (Eine Möglichkeit wäre wie im letzten Versuchsteil die Messung des Stromes über den Innenwiderstand des DVMs für eine bessere Auflösung.)

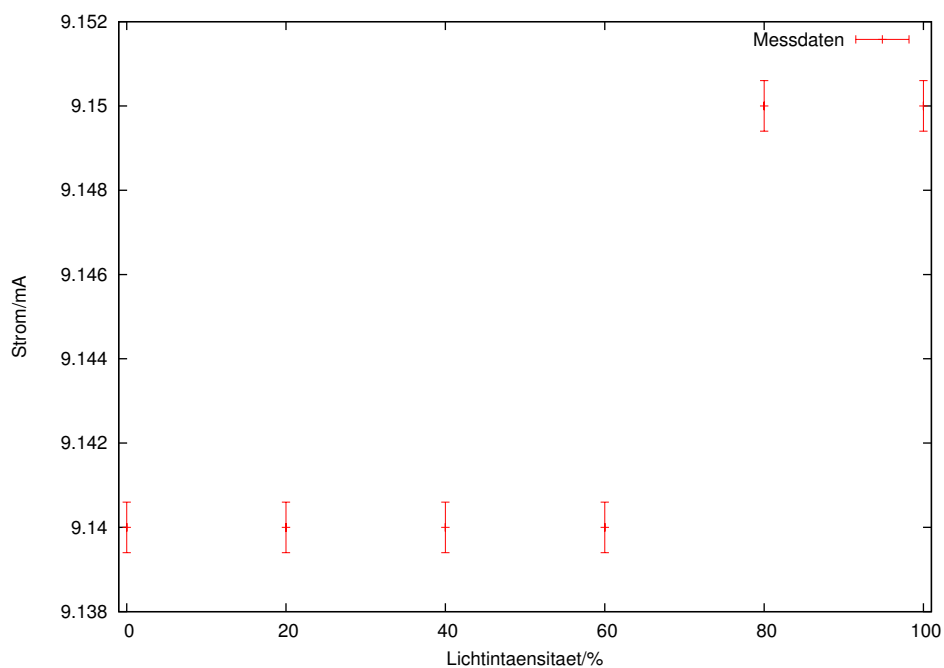


Abbildung 9: Daten aus der Messung des Stroms in Abhängigkeit der Lichtintensität für die Photodiode

Legt man das Signal des Phototransistors auf das Oszilloskop, welches von der Photodiode ausgesendet wird, so ergibt sich der Verlauf in Abbildung 7. Die Pulssignale sind deutlich in der Abbildung zu sehen.

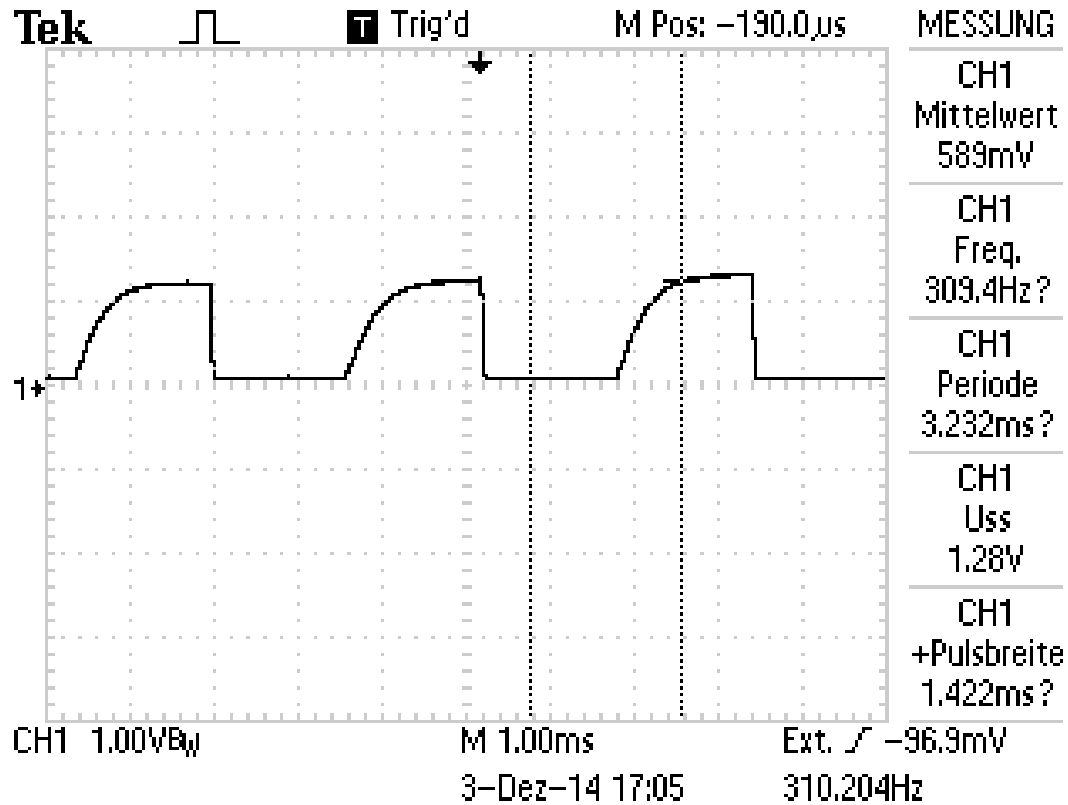


Abbildung 10: Aufnahme des Signals mit dem Oszilloskop

## Diskussion

Wie erwartet ergibt sich ein linearer Zusammenhang zwischen der Lichtintensität und dem Strom. Der Zusammenhang ist bei der Messung mit der Photodiode nicht gut zu sehen, da die Auflösung des Messgerätes zu gering ist. Für diese Messung wäre es besser gewesen den Strom über den Innenwiderstand des DVMs zu messen. Der zeitlich unmittelbare Zusammenhang zwischen der Spannung und Lichteinstrahlung ist in Abbildung 10 zu sehen.

## 2.4 Leuchtdiode als Lichtquelle

In diesem Versuchsteil wird die Leuchtdiode als Lichtquelle untersucht. Dazu wird bei verschiedenen Dioden die darüber abfallende Spannung gemessen.

## Verwendete Geräte

Es werden verschiedenfarbige Leuchtdioden, ein Netzgerät, Widerstände, eine Photodiode, ein Phototransistor, ein Oszilloskop, ein Potentiometer und ein Fingerpulsaufnehmer verwendet.

## Versuchsaufbau

R ist ein  $1\text{k}\Omega$  Widerstand, 1 ist die Leuchtdiode und U ein DMM.

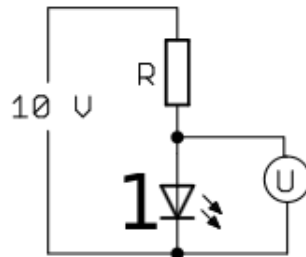


Abbildung 11: Schaltskizze zur Messung mit Photodiode und Phototransistor<sup>5</sup>

1 ist die Photodiode, 2 der Phototransistor,  $R_{\text{LED}}$  ist ein  $470\Omega$  Widerstand und  $R_{\text{Ph-Tr}}$  ist ein 10 bis  $100\text{k}\Omega$  Widerstand.

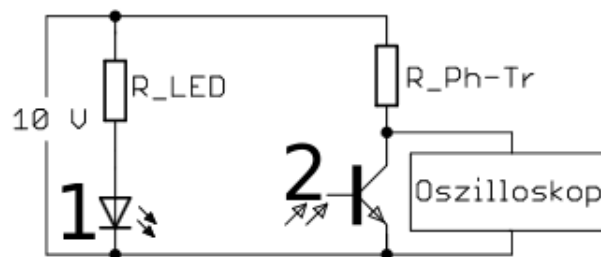


Abbildung 12: Schaltskizze zur Messung mit Photodiode und Phototransistor<sup>6</sup>

1 ist die Photodiode und 2 der Phototransistor.

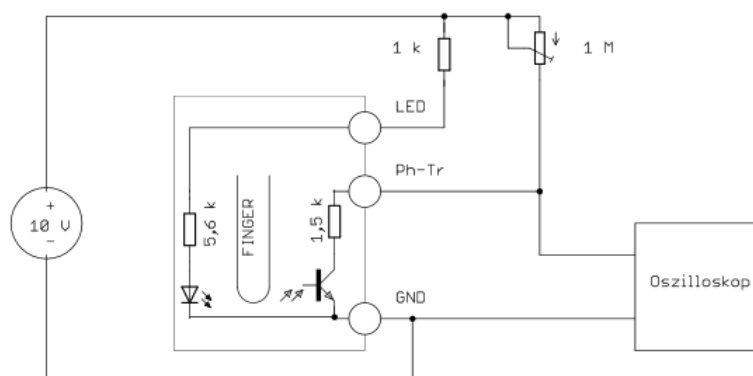


Abbildung 13: Schaltskizze zur Messung des Pulses<sup>7</sup>

<sup>5</sup>Abbildung entnommen von [http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep6\\_14.pdf](http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep6_14.pdf) Seite 4 am 01.12.2014

<sup>6</sup>Abbildung entnommen von [http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep6\\_14.pdf](http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep6_14.pdf) Seite 4 am 01.12.2014

<sup>7</sup>Abbildung entnommen von [http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep6\\_14.pdf](http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep6_14.pdf) Seite 5 am 01.12.2014

## Versuchsdurchführung

Es wird die Schaltung aus Abbildung 11 aufgebaut, verschiedene Dioden eingesetzt und jeweils die Spannung gemessen. Im zweiten Teil wird die Schaltung aus Abbildung 12 aufgebaut. Mit der Leuchtdiode wird ein Signal an den Phototransistor geschickt dieses wird mit dem 0% Intensitätsfilter geblockt. Die resultierend Kurve wird mit dem Oszilloskop aufgenommen. Im letztem Teil wird die Schaltung aus Abbildung 13 aufgebaut und der Puls mit dem Fingerpulsaufnehmer aufgenommen auf auf dem Oszilloskop ausgegeben.

## Messergebnisse

Der Fehler der Spannung wurde mit dem Ablesefehler bestimmt und beträgt 0,1V.

Farbe	Spannung/V
Rot	1,79
Gelb	1,89
Blau	3,69
Dunkel	1,09
Grün	1,97
Weis	3,13

Tabelle 5: Spannungen die über den Dioden abfallen

## Auswertung

Die Spannung, die über den Dioden abfällt in Abhängigkeit der Farbe finden sich in Tabelle 5.

Legt man das Signal des Phototransistors auf das Oszilloskop und stört die Signal Übertragung so ergibt sich der Verlauf in Abbildung 14. Es ist deutlich zu sehen, das die Spannung ansteigt, sobald die Übertragung unterbrochen wird.

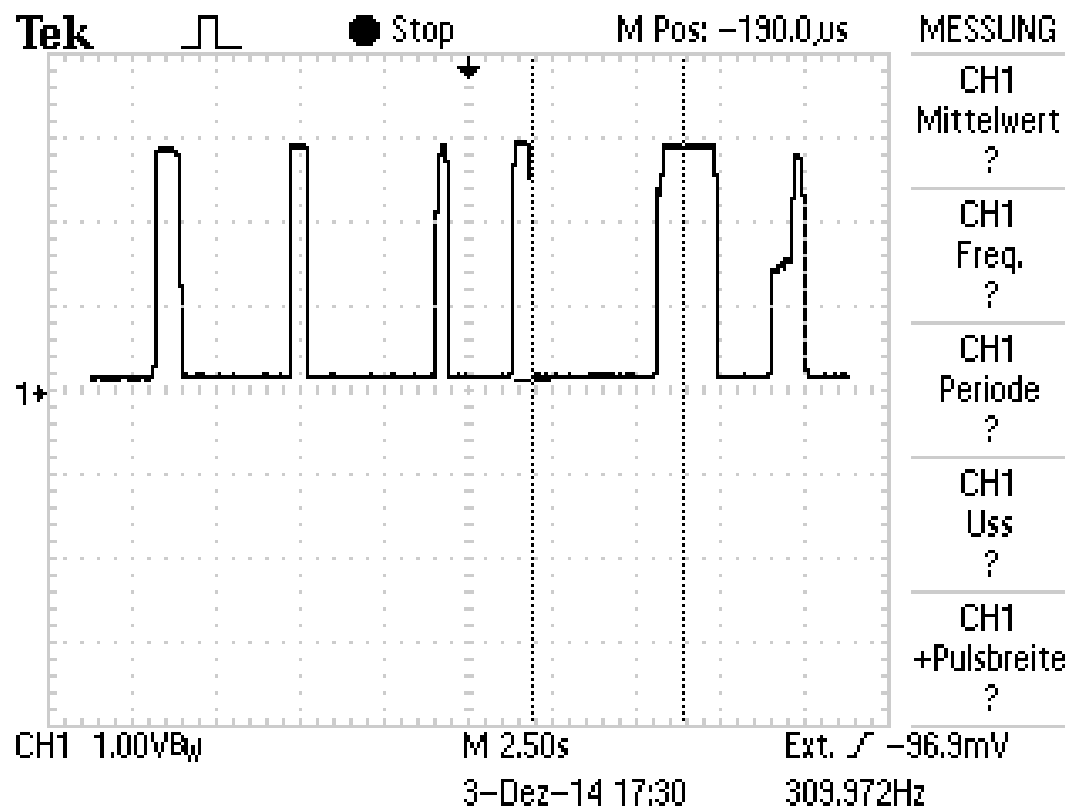


Abbildung 14: Aufnahme des Signals mit dem Oszilloskop

Bei der Messung des Pulses ergab sich der Verlauf in Abbildung 13. Es ist deutlich der Puls der Person zu sehen.

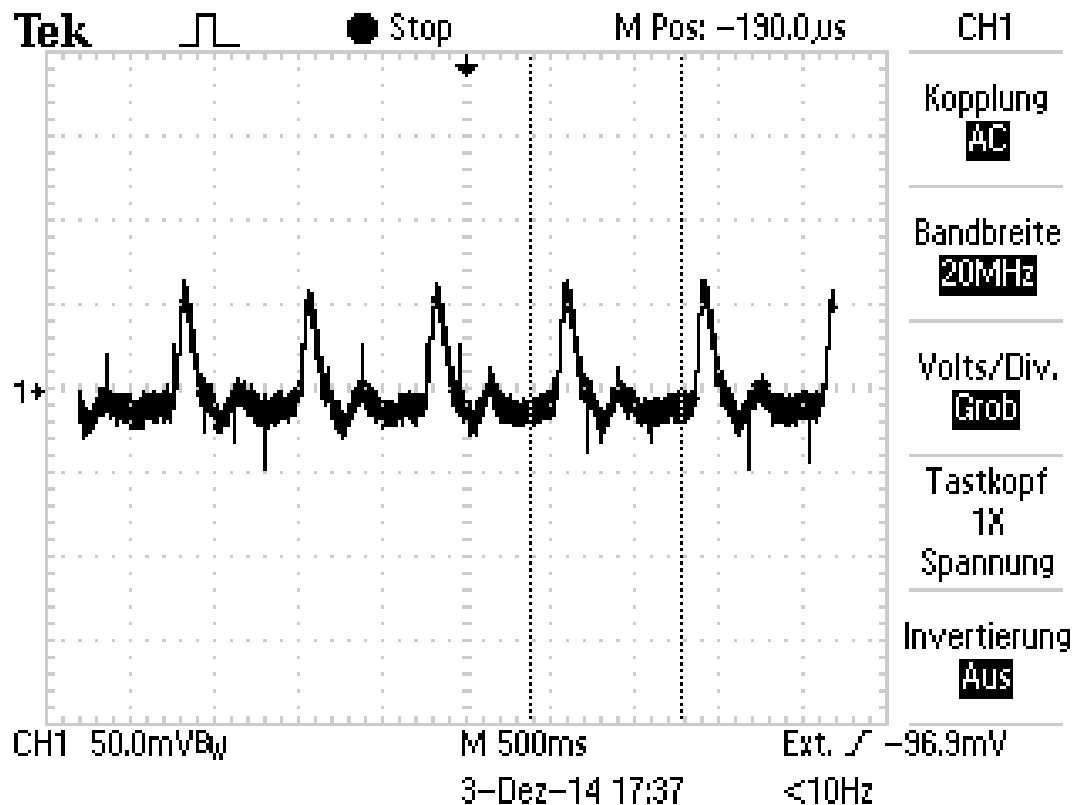


Abbildung 15: Aufnahme des Signals mit dem Oszilloskop

## Diskussion

Die Spannung der Photodioden entsprechen den erwarteten Werten. Im Teil danach ist wie erwartet zu erkennen, dass wenn das Signal unterbrochen wird die Spannung ansteigt, was so erwartet wurde. Der Puls konnte deutlich gemessen werden.

## 3 Temperaturmessung

In diesem Versuchsteil soll mit PTCs, NTCs und einem Thermoelement eine Temperaturmessung durchgeführt werden und im Anschluss die Eignung der verschiedenen Sensoren besprochen werden.

### 3.1 PTCs

Der PTC ist ein Material, welches einen Temperaturabhängigen Widerstand hat, welcher bei Temperaturerhöhung ansteigt. Es wird sehr häufig Platin verwendet, da Platin einen sehr linearen Widerstandsanstieg in Abhängigkeit der Temperatur hat.

#### Verwendete Geräte

Verwendet werden ein Pt1000 Sensor und ein DMM.

#### Verwendete Formeln

Der Zusammenhang zwischen der Temperatur und dem Widerstand ist durch Gleichung 1 gegeben.

$$R(T) = R_0(1 + \alpha T) \quad (1)$$

#### Versuchsaufbau

1 ist der Pt1000 und 2 das DMM.

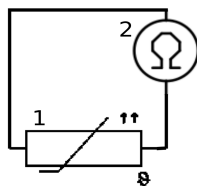


Abbildung 16: Schaltskizze zur Messung der Temperatur mit einem PTC<sup>8</sup>

#### Versuchsdurchführung

Der PTC wird an das DMM angeschlossen und der Widerstand bei Raumtemperatur und bei Handtemperatur gemessen.

#### Messergebnisse

Die Fehler des Widerstandes wurde mit dem angegebenen Fehler und der Ableseungenauigkeit bestimmt und beträgt  $6\Omega$ . Der Fehler der Temperatur wurde über die Ableseungenauigkeit bestimmt und beträgt  $0,1^\circ\text{C}$ .

Temperatur/ $^\circ\text{C}$	Widerstand/ $\Omega$
24,4	1102
35,5	1135

Tabelle 6: Widerstand in Abhängigkeit der Temperatur

<sup>8</sup>Abbildungsteile entnommen von [http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep6\\_14.pdf](http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep6_14.pdf) am 01.12.2014

## Auswertung

Fittet man die Messdaten auf Tabelle 6 nach Gleichung 1 so ergibt sich  $\alpha$  mit  $0,0039 \pm 0,0002$ , das reduzierte Chi-Quadrat ergibt sich mit 2,45.

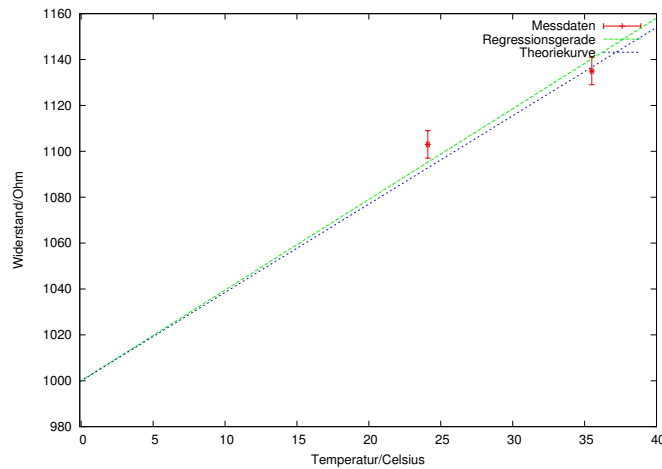


Abbildung 17: Daten der Messung, des Widerstandes in Abhängigkeit der Temperatur

## Diskussion

Die Regression liegt nah an der theoretischen Kurve, erwartet wurde ein  $\alpha$  von 0,0038, bestimmt wurde ein Wert von 0,0039.

## 3.2 NTCs

NTCs sind Temperaturabhängige Widerstände, bei denen Temperaturerhöhung eine absinken des Widerstandes bewirkt. NTCs haben einen exponentiellen Zusammenhang zwischen Temperatur und Widerstand.

### Verwendete Geräte

Es wird ein 10-k $\Omega$ -NTC und ein DMM zur Widerstandsmessung.

### Verwendete Formeln

Der Zusammenhang zwischen Widerstand und Temperatur ist durch Gleichung 2 gegeben.  $R_{25}$  ist der Widerstand bei 25°C

$$R_{\text{NTC}}(T) = R_{25} \exp \left( -B \left( \frac{1}{T_{25}} - \frac{1}{T} \right) \right) \quad (2)$$

### Versuchsaufbau

1 ist das DMM und 2 der 10-k $\Omega$ -NTC.



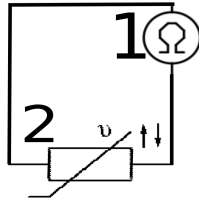


Abbildung 18: Schaltskizze zur Messung der Temperatur mit einem NTC<sup>9</sup>

### Versuchsdurchführung

Der PTC wird an das DMM angeschlossen und der Widerstand bei Raumtemperatur und bei Handtemperatur gemessen.

### Messergebnisse

Die Fehler des Widerstandes wurde mit dem angegebenen Fehler und der Ableseungenauigkeit bestimmt und beträgt  $6\Omega$ . Der Fehler der Temperatur wurde über die Ableseungenauigkeit bestimmt und beträgt  $0,1^\circ\text{C}$ .

Temperatur/ $^\circ\text{C}$	Widerstand/ $\Omega$
25,1	10330
35,5	8050

Tabelle 7: Widerstand in Abhängigkeit der Temperatur

### Auswertung

### Diskussion

## 3.3 Thermoelemente

Thermoelemente bestehen aus einem Verbund von zwei verschiedenen Metallen. Sie können sehr große Temperaturbereiche abdecken, z.B.  $-90^\circ\text{C}$  bis  $1370^\circ\text{C}$ .

### Verwendete Geräte

Es werden ein Thermoelement und DVM verwendet.

### Versuchsaufbau

1 ist das Thermoelement und 2 Das DVM.

<sup>9</sup>Abbildungsteile entnommen von [http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep6\\_14.pdf](http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep6_14.pdf) am 01.12.2014

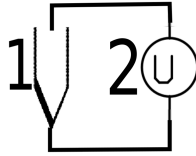


Abbildung 19: Schaltskizze zum betreiben des Thermoelements

### Versuchsdurchführung

Das Thermoelement wird an das DVM angeschlossen und die Spannung gemessen.

### Messergebnisse

Der Fehler des Widerstandes wurde mit dem angegebenen Fehler und der Ableseungenauigkeit bestimmt und beträgt 0,06mV. Der Fehler der Temperatur wurde über die Ableseungenauigkeit bestimmt und beträgt 0,1C.

Temperatur/C	Spannung/mV
33,3	6

Tabelle 8: Spannung in Abhängigkeit der Temperatur

### Auswertung

Es wurde eine Spannung von  $6,0 \pm 0,6$  mV bei Erwärmung mit der Hand (33,3C) gemessen.

### Diskussion

PTCs lassen sich gut für Messungen mit einer kleinen Temperaturbandbreite, wo man die Temperatur leicht abgelesen können soll. NTCs können gut eingesetzt werden, wenn bei zu geringer Temperatur kein Strom mehr fließen soll. Thermoelemente können gut eingesetzt werden, wenn ein großer Temperaturbereich abgedeckt werden soll.

## 4 Induktion

Mittels Induktion kann ein Magnetfeld vermessen werden. In diesem Versuchsteil wird mit einem Draht eine Spule gebaut und über die Induktionsspannung, die ein durch die Spule fallender Magnet erzeugt, die Induktionsspannung gemessen.

### Verwendete Geräte

Es werden ein Blatt Papier, Kupferdraht, ein Oszilloskop und ein Adapter, mit dem der Draht an das Oszilloskop angeschlossen werden kann, verwendet.

## **Versuchsaufbau**

Mit dem Kupferdraht wird eine Spule mit wenigen Windungen gebaut, dann wird ein Blatt Papier genommen und zu einem Zylinder mit ca. 2cm Durchmesser gedreht. Um den Papierzylinder werden 100 Windungen mit dem Kupferdraht aufgedreht und an das Oszilloskop angeschlossen.

## **Versuchsdurchführung**

Es wird veränderliches Magnetfeld erzeugt, indem man einen Dauermagnet durch die Spule fallen lässt. Die Induktionsspannung wird auf dem Oszilloskop aufgenommen.

## **Auswertung**

Lässt man den Permanentmagneten durch die Spule fallen, ergibt sich der Verlauf aus Abbildung 20. Da der zweite Peak größer ist als der erste, kommt daher, dass sich der Magnet beim Verlassen der Spule schneller bewegt als beim Eintreten.

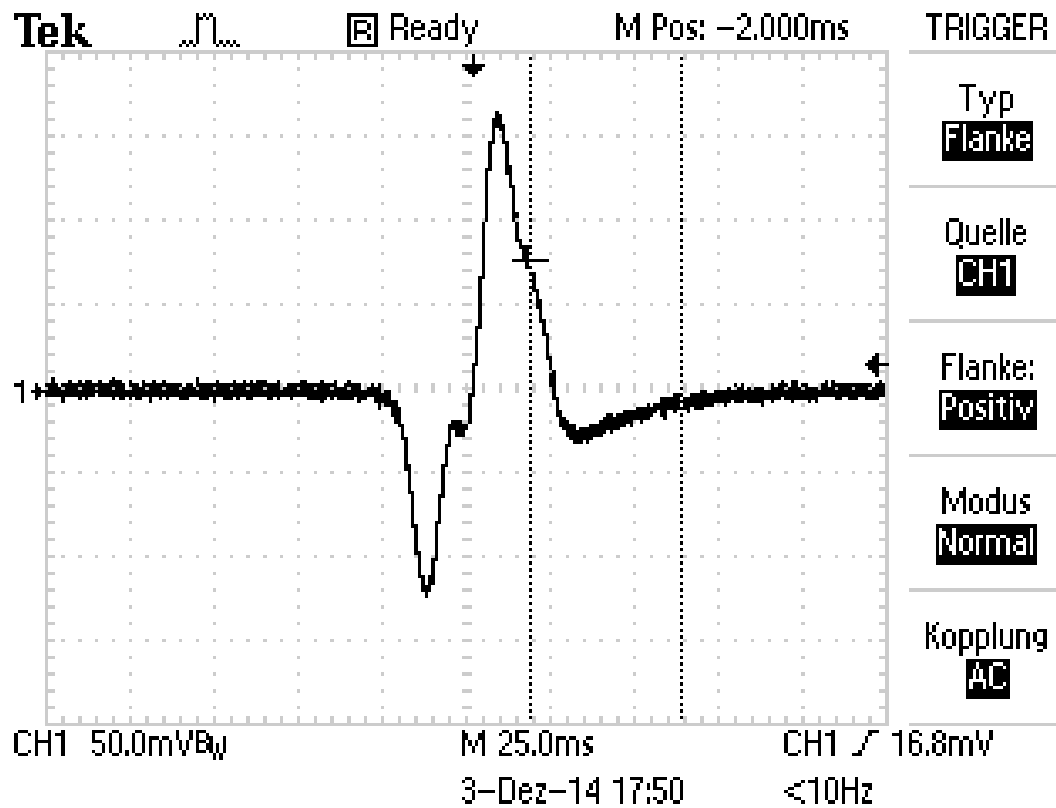


Abbildung 20: Aufnahme Induktionsspannung

## Diskussion

Wie erwartet konnte das zeitlich ändernde Magnetfeld mit der Spule gemessen werden.

## 5 Kraft

Kraft kann über zwei verschiedene Wege in ein elektrisches Signal umgewandelt werden. Dies kann einmal über einen Dehnungsstreifen oder über den piezoelektrischen Effekt realisiert werden. In diesem Versuchsteil werden beide Methoden untersucht.

## 5.1 Elementare Dehnungsmessstreifen

Der Dehnungstreifen besteht aus einer dünnen Schicht Widerstandsdraht, welcher in Kunststoff eingebunden ist. Durch dehnen bzw. stauchen steigt bzw. sinkt der Widerstand, da der Widerstandsdraht länger/kürzer gemacht wird und die Dicke ab- bzw. zunimmt.

### Verwendete Geräte

Es werden ein Dehnungstreifen und dein DMM verwendet.

### Versuchsaufbau

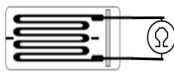


Abbildung 21: Schaltskizze zur Messung der Kraft mit einem Dehnungstreifen

### Versuchsdurchführung

Es wird der Versuch nach Abbildung 21 aufgebaut und danach der Widerstand bei Stauchung, Ruhelage und Dehnung mit dem DMM gemessen.

### Messergebnisse

Der Fehler des Widerstandes wurde mit dem angegebenen Fehler und dem Ablesefehler bestimmt und beträgt  $0,6\Omega$ .

Zustand	Widerstand/ $\Omega$
Stauchung	119,8
Ruhelage	120
Dehnung	120,1

Tabelle 9: Widerstand in Abhängigkeit des Zustandes, des Dehnungstreifens

### Auswertung

Wie an den Werten in Tabelle 9 zu sehen ist die Änderung bei Stauchung und Streckung sehr gering.

### Diskussion

Wie erwartet sind die Widerstandsänderungen sehr gering.

## 5.2 Dehnungsmessstreifen in Wheatstonscher Messbrücke, Wägezelle

Bei der Wägezelle wird über eine Wheatstonsche Brücke ein exakteres Messen der Kraft ermöglicht.

### Verwendete Geräte

Es werden eine Wägezelle, ein DMM, ein Netzgerät und ein variables Gewicht verwendet.

### Versuchsaufbau

1 ist das variable Gewicht und 2 die Wägezelle. An das Kabel werden noch die 10V Spannungsversorgung (roter und schwarzer Stecker) und das DMM (grüne Stecker) angeschlossen.

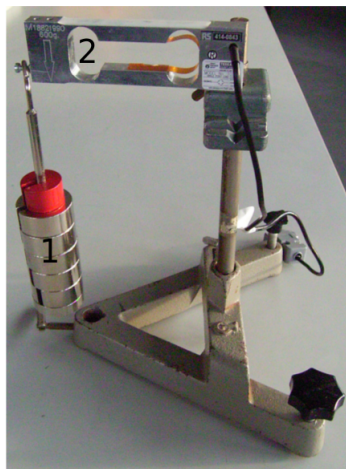


Abbildung 22: Aufbau zur Kraftmessung mit der Wägezelle<sup>10</sup>

### Versuchsdurchführung

Es wird der Versuch nach Abbildung 22 und der Beschreibung aufgebaut. Dann werden Gewichte von 0g bis 600g an die Wägezelle angehängt und die Spannung gemessen. Zudem wird im Bereich von 100g bis 150g noch einmal in 10g Schritten gemessen, um die Exaktheit der Wägezelle zu verdeutlichen.

### Messergebnisse

Der Fehler für die Spannung wurde mit der Ableseungenauigkeit und dem angegebenen Fehler bestimmt. Der Fehler beträgt 0,06mV.

<sup>10</sup>Abbildung entnommen von [http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep6\\_14.pdf](http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep6_14.pdf) Seite 9 am 01.12.2014

Gewicht/g	Spannung/mV	Spannung pro Volt
0	-0,1	-0,01
50	0,6	0,06
100	1,3	0,13
110	1,4	0,14
120	1,6	0,16
130	1,7	0,17
140	1,9	0,19
150	2	0,2
200	2,7	0,27
250	3,5	0,35
300	4,2	0,42
350	4,9	0,49
400	5,6	0,56
450	6,4	0,64
500	7,1	0,71
550	7,8	0,78
600	8,5	0,85

Tabelle 10: Spannung in Abhängigkeit des Gewichtes und die Spannung pro Volt in Abhängigkeit des Gewichtes

## Auswertung

Da ein linearer Zusammenhang zwischen dem Gewicht und der Spannung vermutet wird, werden die Messdaten aus Tabelle 10 mit der Funktion  $f(x)=m \cdot x+b$  gefittet. Die graphische Auswertung der Messwerte ist in Abbildung 23 dargestellt. Durch den Fit ergibt sich  $f(x)=0.01443(\pm 0,0004) \cdot x - 0.142716(\pm 0.01)$ , das reduzierte Chi-Quadrat ergibt sich mit 0,26 was für eine sehr gute Übereinstimmung der Messwerte mit der Theorie spricht.

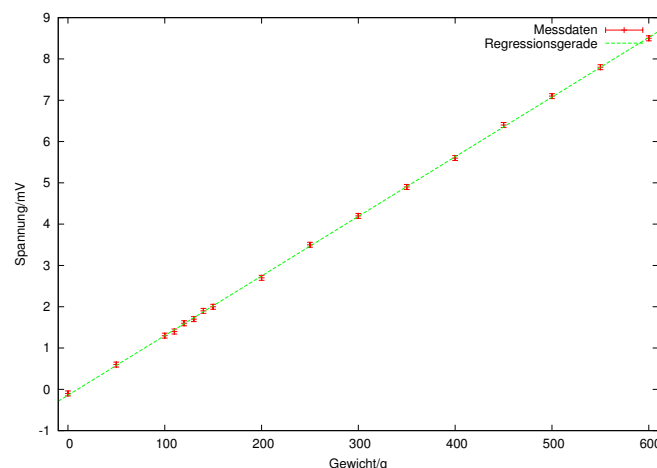


Abbildung 23: Schaltskizze zur Messung der Kraft mit einem Dehnungsstreifen

Die Kalibrationswerte für 0g und 600g wurden mit -0,01 mv/V und 0,85 mV/V bestimmt.

## Diskussion

Der lineare Zusammenhang zwischen der Kraft und der Spannung konnte gezeigt werden. Als Kalibrationswerte wurden für 0g  $-0,0094 \text{ mV/V}$  und für 600g  $0,8569 \text{ mV/V}$  in der Praktikumsanleitung angegeben. Die von uns bestimmten Kalibrationswerte liegen bei  $-0,01 \text{ mV/V}$  für 0g und  $0,85 \text{ mV/V}$  für 600g, was zeigt, dass die Messung erfolgreich war.

## 6 Luftdruckschwankungen/Schall

Hochfrequente Änderungen des Luftdrucks können eine Membran zum schwingen bringen. Dies wird in Mikrofonen ausgenutzt um Schall in elektrische Signale umzuwandeln. Dazu bieten sich hauptsächlich zwei Bauformen an. Das Elektret- oder Kondensatormikrofon und das dynamische Mikrofon.

### 6.1 Dynamische Mikrofone

Dynamische Mikrofone haben an ihrer Membran eine kleine Spule befestigt, welche im Feld eines starken Dauermagneten mit der Membran zusammen schwingt. Durch die Bewegung der Spule im Magnetfeld werden kleine Induktionsspannungen erzeugt.

#### Verwendete Geräte

Verwendet wird ein Oszilloskop, ein dynamisches Mikrofon, welches über einen Adapter im ersten Teil direkt an das Oszilloskop angeschlossen wird. Im zweiten Teil werden zusätzlich ein Op-Amp, Bananenkabel, ein  $100 \text{ k}\Omega$  Widerstand, ein  $100 \text{ nF}$  Kondensator und zwei  $9 \text{ V}$  Spannungsquellen (Funktionsgenerator) verwendet.

#### Versuchsaufbau

In dieser Schaltung werden die Mikrofonsignale mit dem Op-Amp verstärkt.

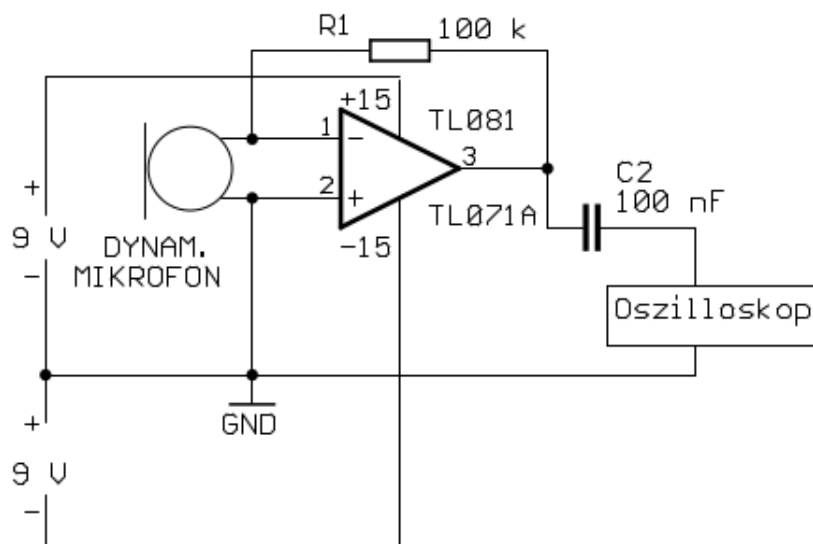


Abbildung 24: Schaltskizze für das dynamische Mikrofon<sup>11</sup>

<sup>11</sup>Abbildung entnommen von [http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep6\\_14.pdf](http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep6_14.pdf) Seite 11 am 01.12.2014

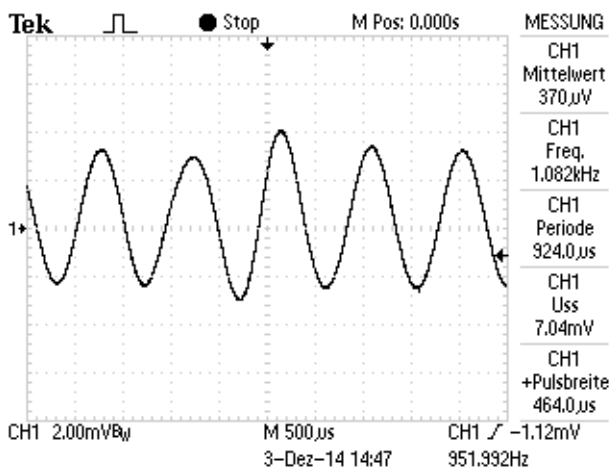


## Versuchsdurchführung

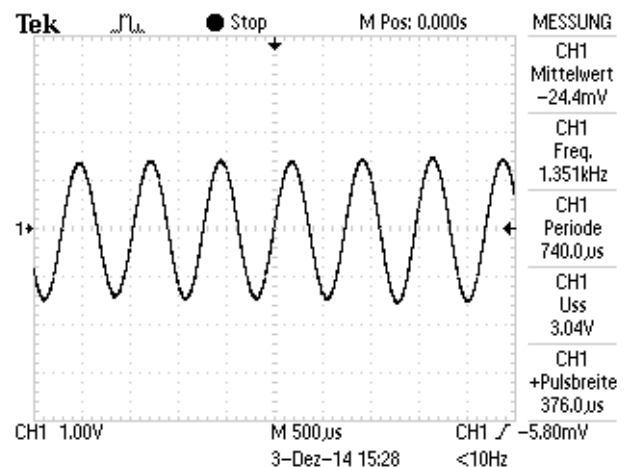
Im ersten Teil des Versuches wird das dynamische Mikrofon über einen Adapter direkt mit dem Oszilloskop verbunden, und in das Mikrofon hineingepfeift. Im zweiten Teil des Versuches wird eine Verstärkerschaltung nach Abb. 24 aufgebaut um die Mikrophonsignale zu verstärken. Mit einem Lautsprecher wird das Mikrofon angeregt, und untersucht, bis zu welcher Frequenz bzw. ab welcher Frequenz das Mikrofon arbeitet. Es ist darauf zu achten, dass der Lautsprecher nicht zu nah an das Mikrofon gehalten wird, damit keine Induktiven Effekte die Messung beeinflussen.

## Auswertung

In Abb. 25 wurde der Pfeifton einmal ohne Verstärkerschaltung Abb. 25a und einmal mit Verstärkerschaltung Abb. 25b aufgenommen. Am Oszilloskop wurde das Signal über 128 Werte gemittelt. Man sieht, dass das Signal sich ca. um den Faktor 400 verstärkt hat.



(a) nichtverstärkte Aufnahme mit dem dynamischen Mikrofon



(b) verstärkte Pfeifaufnahme mit dem dynamischen Mikrofon

Abbildung 25: Pfeifaufnahme mit und ohne Verstärkung

In Abb. 26 wurde ein Lautsprechersignal aufgenommen und über 128 Werte gemittelt. Die Spitzenspannung ist kleiner als bei der Pfeifaufnahme, da der Lautsprecher leiser war.

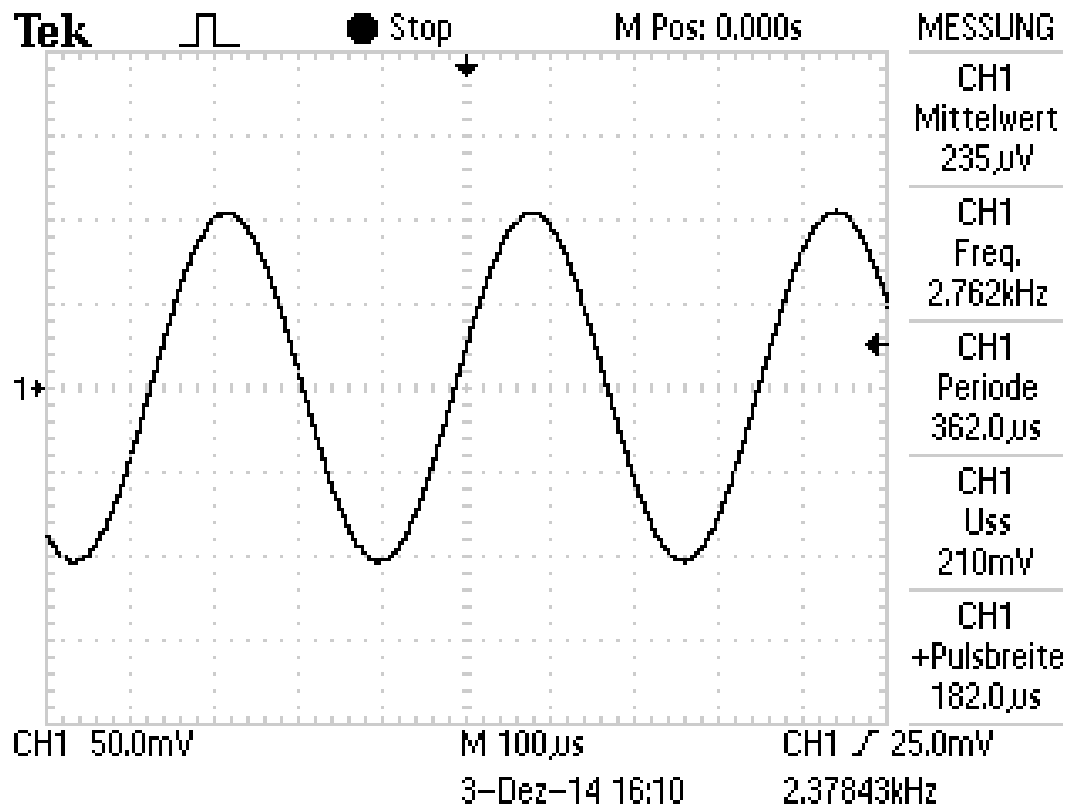


Abbildung 26: verstärkte Lautsprecheraufnahme mit dem dynamischen Mikrofon

Beim verstellen der Frequenz des Lautsprechers war ab ca. 70 Hz ein Signal messbar und ab ca. 3 kHz brach das Signal zusammen.

### Diskussion

Wie erwartet wurde die Amplitude des Signals mit der Verstärkerschaltung verstärkt und es konnten ohne Probleme auch leisere Signale am Oszilloskop aufgenommen werden. Das dynamische Mikrofon arbeitet ab einer Frequenz von ca. 850 Hz und das Signal bricht bei ca. 3 kHz zusammen.

## 6.2 Kondensator- oder Elektretmikrofone

Elektretmikrofone haben eine Membran aus einer dünnen elektrisch leitenden Folie, welche eine der Elektroden eines Kondensators darstellt. Der Abstand der beiden "Platten" ist näherungsweise proportional zur Spannung, sodass durch Schwingung der Folie bei aufgeladenem Kondensator eine Wechselspannung erzeugt werden kann. Der Vorteil dieses Mikrofons ist eine bessere Klangqualität, der Nachteil ist die je nach Schaltung benötigte hohe Vorspannung. Elektretmikrofone werden in ca. 90 % der modernen Sprachkommunikationsmittel verwendet.<sup>12</sup>

### Verwendete Geräte

Verwendet werden im ersten Aufbau 27 ein Elektretmikrofon, ein  $4,7\text{ k}\Omega$  Widerstand, ein  $10\text{ nF}$  Kondensator, eine  $1,5\text{ V}$  Spannungsquelle und das Oszilloskop. Im zweiten Aufbau wird ein  $100\text{ nF}$  Kondensator, ein Op-Amp, ein  $100\text{ k}\Omega$  Widerstand, zwei  $9\text{ V}$  Spannungsquellen und ein Oszilloskop verwendet.

### Versuchsaufbau

Der Widerstand stellt einen Spannungsteiler und der Kondensator einen Hochpass dar. (d.h. Gleichspannungen werden herausgefiltert)

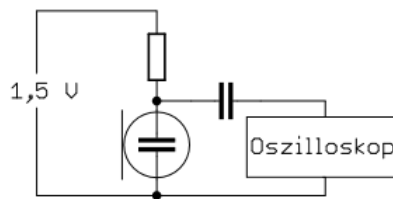


Abbildung 27: Schaltskizze für das Elektretmikrofon<sup>13</sup>

Die Impedanzwandlerschaltung Abb. 28, welche aus dem Versuch mit dem Op-Amp bekannt ist, soll die Signalqualität verbessern.

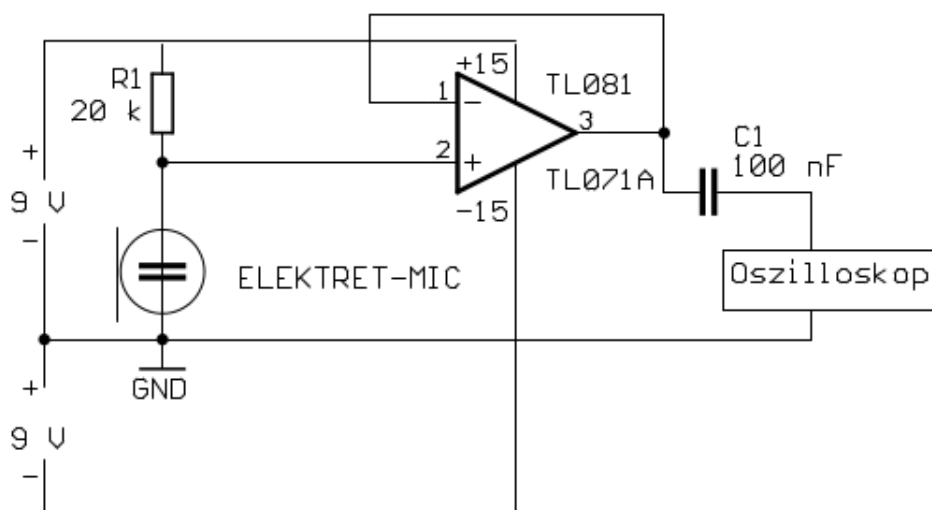


Abbildung 28: Verstärkerschaltskizze für das Elektretmikrofon<sup>14</sup>

<sup>12</sup>vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Elektretmikrofon>

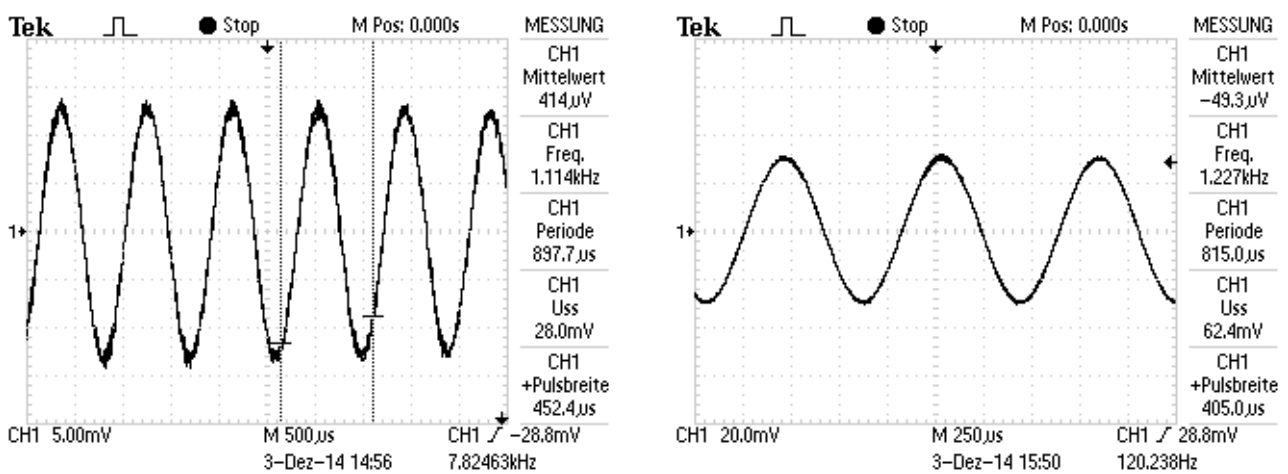
<sup>13</sup>Abbildung entnommen von [http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep6\\_14.pdf](http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep6_14.pdf) Seite 11 am 01.12.2014

## Versuchsdurchführung

Im ersten Teil des Versuches wird die Schaltung nach Abb. 27 aufgebaut und in das Mikrofon gepfeifen. Im zweiten Teil des Versuches wird der Impedanzwandler aufgebaut um eine besseres Signal zu erhalten.

## Auswertung

In Abb. 29 wurde der Pfeifton einmal ohne Impedanzwandler Abb. 29a und einmal mit Impedanzwandler Abb. 29b aufgenommen. Am Oszilloskop wurde das Signal über 128 Werte gemittelt.



(a) nichtverstärkte Aufnahme mit dem dynamischen Mikrofon

(b) verstärkte Pfeifaufnahme mit dem Elektret-Mikrofon

Abbildung 29: Pfeifaufnahme mit und ohne Verstärkung

In Abb. 30 wurde ein Lautsprechersignal aufgenommen und über 128 Werte gemittelt.

<sup>14</sup>Abbildung entnommen von [http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep6\\_14.pdf](http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep6_14.pdf) Seite 11 am 01.12.2014

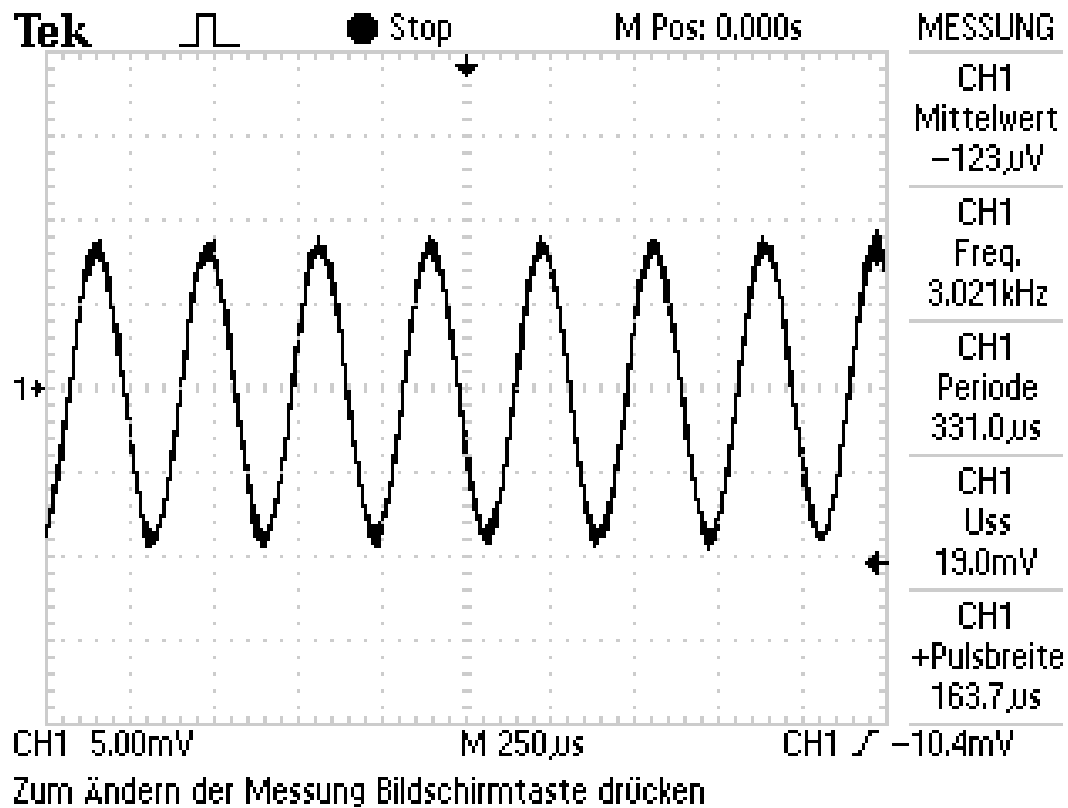


Abbildung 30: verstärkte Lautsprecheraufnahme mit dem Elektret-Mikrofon

Beim verstellen der Frequenz des Lautsprechers war ab ca. 70 Hz ein Signal messbar und ab ca. 3,5 kHz brach das Signal zusammen.

## Diskussion

Wie erwartet wurde das Signals mit dem Impedanzwandler verbessert. Das Elektret-Mikrofon arbeitet ab einer Frequenz von ca. 70 Hz und das Signal bricht bei ca. 3,5 kHz zusammen.

## 7 Feuchte

In diesem Versuchsteil geht es um die Messung der Luftfeuchtigkeit.

## Verwendete Geräte

Es werden eine Spule, ein Luftfeuchtigkeitssensor, ein Funktionsgenerator und eine Oszilloskop verwendet.

## Versuchsaufbau

Der Funktionsgenerator, die Spule und der Feuchtigkeitssensor werden in reihe geschaltet. Das Oszilloskop wird parallel zum Feuchtigkeitssensor geschaltet.

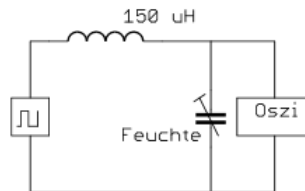


Abbildung 31: Schaltskizze für die Feuchtigkeitsmessung

## Versuchsdurchführung

Es wird die Schaltung in Abbildung 31 aufgebaut. Dann wurde das

## Auswertung

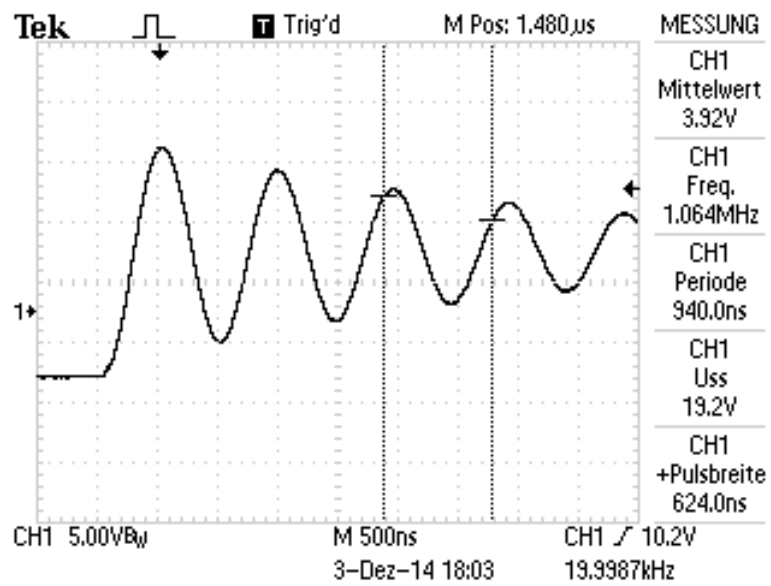


Abbildung 32: Aufnahme des Oszilloskops bei Raumluftfeuchtigkeit

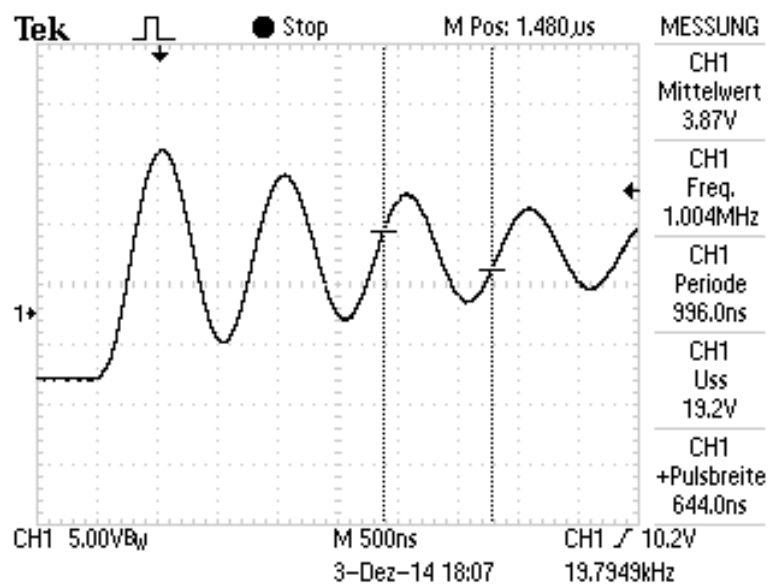


Abbildung 33: Aufnahme des Oszilloskops nach längerem Anhauchen des Luftfeuchtigkeitssensors

## Diskussion

## 8 Fazit