



**Hochschule Konstanz**  
Technik, Wirtschaft und Gestaltung

**Signale, Systeme und Sensoren**

## **Versuch 1: Abstandsmesser**

**Sarah Tiefert, Dominic Fellbaum**

**Konstanz, 14. November 2020**

## **Zusammenfassung (Abstract)**

|           |                             |                                   |
|-----------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Thema:    | Versuch 1: Abstandsmesser   |                                   |
| Autoren:  | Sarah Tiefert               | sarah.tiefert@htwg-konstanz.de    |
|           | Dominic Fellbaum            | dominic.fellbaum@htwg-konstanz.de |
| Betreuer: | Prof. Dr. Matthias O. Franz | mfranz@htwg-konstanz.de           |
|           | Jürgen Keppler              | juergen.keppler@htwg-konstanz.de  |
|           | Mert Zeybek                 | me431zey@htwg-konstanz.de         |

Zusammenfassung etwa 100 Worte.

# Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Abbildungsverzeichnis</b>                                 | <b>IV</b> |
| <b>Tabellenverzeichnis</b>                                   | <b>V</b>  |
| <b>Listingverzeichnis</b>                                    | <b>VI</b> |
| <b>1 Versuch 1</b>   | <b>2</b>  |
| 1.1 Fragestellung, Messprinzip, Aufbau, Messmittel . . . . . | 2         |
| 1.2 Messwerte . . . . .                                      | 5         |
| 1.3 Auswertung . . . . .                                     | 6         |
| 1.3.1 Prinzip der Auswertung . . . . .                       | 6         |
| 1.3.2 Tabelle: Mittelwerte und Standardabweichung . . . . .  | 7         |
| 1.3.3 Plots . . . . .  | 8         |
| 1.4 Interpretation . . . . .                                 | 8         |
| <b>2 Versuch 2</b>   | <b>9</b>  |
| 2.1 Fragestellung, Messprinzip, Aufbau, Messmittel . . . . . | 9         |
| 2.2 Messwerte . . . . .                                      | 10        |
| 2.3 Auswertung . . . . .                                     | 11        |
| 2.4 Interpretation . . . . .                                 | 13        |
| <b>3 Versuch 3</b>   | <b>14</b> |
| 3.1 Fragestellung, Messprinzip, Aufbau, Messmittel . . . . . | 14        |
| 3.1.1 Fragestellung . . . . .                                | 14        |
| 3.1.2 Messprinzip, Aufbau, Messmittel . . . . .              | 14        |
| 3.2 Messwerte . . . . .                                      | 14        |
| 3.3 Auswertung . . . . .                                     | 15        |
| 3.3.1 Teil a: Ermittlung des Messfehlers . . . . .           | 15        |

|               |                                  |           |
|---------------|----------------------------------|-----------|
| 3.3.2         | Teil b: Flächenmessung . . . . . | 16        |
| 3.4           | Interpretation . . . . .         | 17        |
| <b>Anhang</b> |                                  | <b>18</b> |
| A.1           | Quellcode . . . . .              | 18        |
| A.2           | Messergebnisse . . . . .         | 18        |

# **Abbildungsverzeichnis**

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1.1 | Fig: Aufbau des Versuchs . . . . .               | 3  |
| 1.2 | Fig: Plot zum Mittelwert . . . . .               | 8  |
| 1.3 | Fig: Plot zum Standardabweichung . . . . .       | 8  |
| 2.1 | Plot zu den rohen Messwerten . . . . .           | 11 |
| 2.2 | Plot zu den logarithmierten Messwerten . . . . . | 12 |
| 3.1 | fig: von Hand gemessene Werte . . . . .          | 14 |

# **Tabellenverzeichnis**

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1.1 | Tab: gemessene Werte . . . . .                              | 5  |
| 1.2 | Tab: gefundene Mittelwerte und Standardabweichung . . . . . | 7  |
| 2.1 | Messwerte von vorherigen Studenten . . . . .                | 10 |

# **Listingverzeichnis**

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 4.1 Python Code . . . . . | 18 |
|---------------------------|----|

# **Einleitung**

Im Folgenden werden die Ergebnisse des Versuchs zur Abstandsmessung präsentiert und ausgewertet. Obwohl es sich um ein Experiment zur Abstandsmessung handelt war der eigentliche Sinn die Anwendung von Techniken zur Kalibrierung, Fehleranalyse und Fehlerrechnung, weshalb diesen der Großteil der Aufmerksam gewidmet wird.

Aufgrund der Covid-19 Pandemie und der mit ihr verknüpften Einschränkungen handelt es sich nicht um selbstständig erfasste Messergebnisse, die gegebenen Werte stammen von früheren Studenten und wurden von Herrn Franz und Herrn Keppler zur Verfügung gestellt.

# **Kapitel 1**

## **Versuch 1**

### **1.1 Fragestellung, Messprinzip, Aufbau, Messmittel**

Bei Versuch 1 ging es um die Messung von Abständen mittels eines Entfernungssensors.

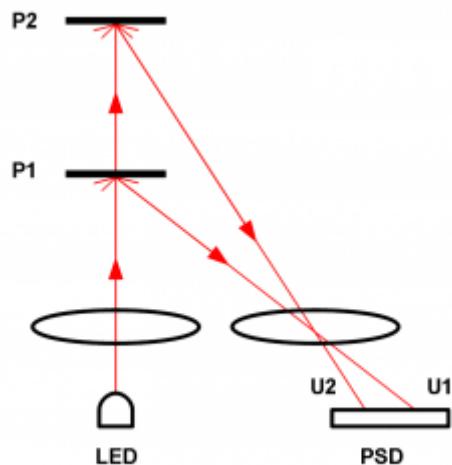
#### **Fragestellung**

Bei der Messung soll die Standardabweichung der einzelnen Messungen ermittelt werden. Hierzu wird für 20 verschiedene Abstände jeweils eine Messung durchgeführt und die vom Sensor zurückgegebene Spannung einerseits als csv Datei gespeichert und zusätzlich handschriftlich notiert.

## Messprinzip

Der Sensor sendet mit einer LED ein rotes Licht aus, das vom Objekt reflektiert und dann von einem optischen Positionssensor (OPS) wider erfasst wird. Die Leitfähigkeit des OPS ist von der Einfallposition des Lichts abhängig, so ergeben unterschiedliche Einfallspositionen unterschiedliche Spannungen, aus denen sich dann der Einfallswinkel berechnen lässt. Aus diesen kann man dann über das Triangulationsprinzip die Entfernung ermittelt.

(Quellverweis einfüge: ist von der Versuchsanleitung)



## Aufbau

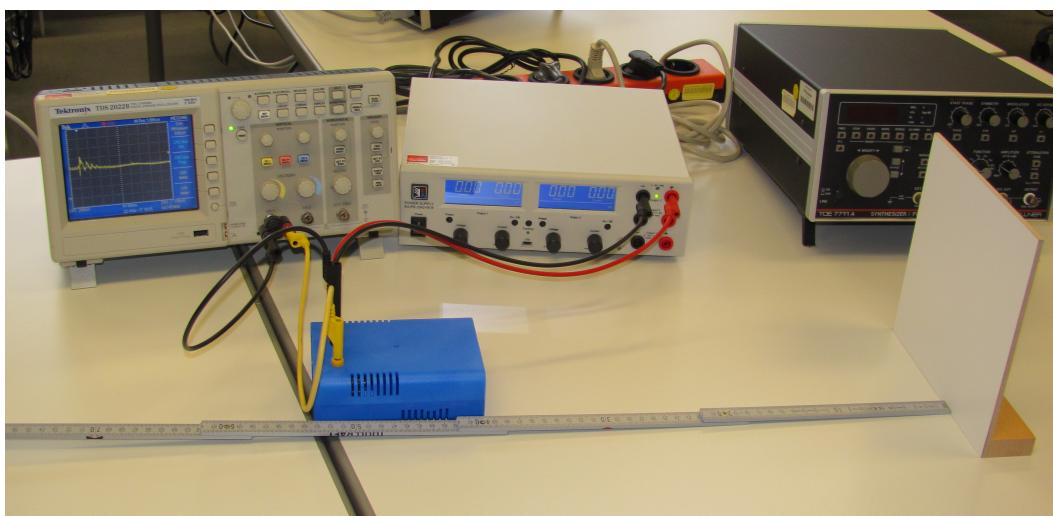


Abbildung 1.1: Fig: Aufbau des Versuchs

## **Messmittel**

Zur Messung wurden folgende Messmittel benutzt:

- Sensor(Abstandmessungssensor)
- Oszilloskop
- Metermaß
- Brett (als Objekt dessen Abstand gemessen wird)

## 1.2 Messwerte

Tabelle der von Hand notierten Werte:

| Abstand in cm | Spannung in V |
|---------------|---------------|
| 10            | 1,363         |
| 13            | 1,212         |
| 16            | 1,078         |
| 19            | 0,973         |
| 22            | 0,897         |
| 25            | 0,822         |
| 28            | 0,765         |
| 31            | 0,699         |
| 34            | 0,656         |
| 37            | 0,637         |
| 40            | 0,599         |
| 43            | 0,560         |
| 46            | 0,541         |
| 49            | 0,523         |
| 52            | 0,523         |
| 55            | 0,504         |
| 58            | 0,485         |
| 61            | 0,485         |
| 64            | 0,485         |
| 67            | 0,485         |
| 70            | 0,466         |

Tabelle 1.1: Tab: gemessene Werte

## 1.3 Auswertung

### 1.3.1 Prinzip der Auswertung

Ziel ist es, die Standardabweichung der Messung zu ermitteln und Zunächst werden aus der CSV Dateien die Mittelwerte für die gemessenen Spannungswerte ermittelt, der als Näherung an den wahren Wert verwendet wird. Formel für den Mittelwert:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1.1)$$

Erläuterung:

- $\bar{x}$  ist der arithmetische Mittelwert

Aus diesen Mittelwert lässt sich dann die Standardabweichung nach folgender Formel ermittelt:

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2} = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (1.2)$$

- $s_{\bar{x}}$  ist die Standardabweichung für den Mittelwert
- s ist die empirische Standardabweichung
- $\bar{x}$  ist der Mittelwert

### 1.3.2 Tabelle: Mittelwerte und Standardabweichung

| Entfernung in cm | Spannung in V | Mittelwert der Spannung in V | Standardabweichung |
|------------------|---------------|------------------------------|--------------------|
| 10               | 1,363         | 1.341                        | 0.028              |
| 13               | 1,212         | 1.196                        | 0.017              |
| 16               | 1,078         | 1.078                        | 0.017              |
| 19               | 0,973         | 0.983                        | 0.017              |
| 22               | 0,897         | 0.907                        | 0.017              |
| 25               | 0,822         | 0.807                        | 0.017              |
| 28               | 0,765         | 0.749                        | 0.018              |
| 31               | 0,699         | 0.709                        | 0.018              |
| 34               | 0,656         | 0.671                        | 0.017              |
| 37               | 0,637         | 0.632                        | 0.018              |
| 40               | 0,599         | 0.612                        | 0.017              |
| 43               | 0,560         | 0.575                        | 0.017              |
| 46               | 0,541         | 0.535                        | 0.017              |
| 49               | 0,523         | 0.496                        | 0.017              |
| 52               | 0,523         | 0.473                        | 0.017              |
| 55               | 0,504         | 0.453                        | 0.017              |
| 58               | 0,485         | 0.434                        | 0.018              |
| 61               | 0,485         | 0.396                        | 0.018              |
| 64               | 0,485         | 0.375                        | 0.018              |
| 67               | 0,485         | 0.356                        | 0.018              |

Tabelle 1.2: Tab: gefundene Mittelwerte und Standardabweichung

### 1.3.3 Plots

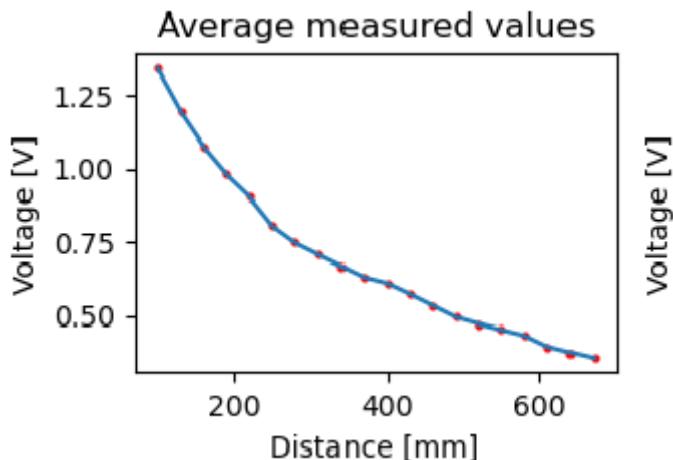


Abbildung 1.2: Fig: Plot zum Mittelwert

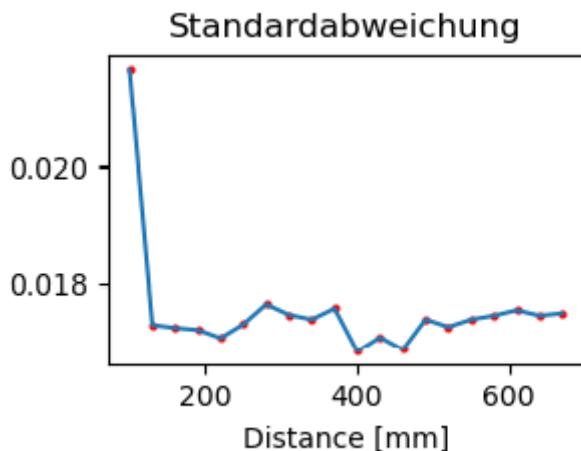


Abbildung 1.3: Fig: Plot zum Standardabweichung

## 1.4 Interpretation

Die Standardabweichung ist bei einer Entfernung von 10 cm am höchsten, fast doppelt so hoch wie bei den anderen Messungen, daraus lässt sich schließen das er der ungenaueste Wert ist. Bei den andern Werten bleibt die Standardabweichung sehr konstant. Die Standardabweichung sollte idealerweise nur vom Rauschen, also zufälligen Störungen durch die Umgebung, verursacht werden. Da die Standardabweichung bei einem Wert deutlich höher ist als bei den anderen vermute ich das es bei dieser zu einer stärkeren Störung von außen kam, z.B. durch anstoßen des Sensors oder Lichteinfall.

# **Kapitel 2**

## **Versuch 2**

### **2.1 Fragestellung, Messprinzip, Aufbau, Messmittel**

Bei Versuch 2 ging es um die Modellierung der Kennlinie durch lineare Regression.

#### **Fragestellung**

Da es sich bei diesem Abstandssensor um einen mit nicht linearer Funktion handelt, sondern um eine Potenzfunktion:

$$y = x^a$$

muss diese erst logarithmiert werden. Im nach hinein muss die Ausgleichsgerade mit Hilfe der linearen Regression erzeugt werden.

## 2.2 Messwerte

| Abstand (cm) | Spannung (Volt) |
|--------------|-----------------|
| 10           | 1,363           |
| 13           | 1,212           |
| 16           | 1,078           |
| 19           | 0,973           |
| 22           | 0,897           |
| 25           | 0,0215          |
| 28           | 0,7653          |
| 31           | 0,6992          |
| 34           | 0,6567          |
| 37           | 0,6374          |
| 40           | 0,5986          |
| 43           | 0,5604          |
| 46           | 0,5415          |
| 49           | 0,5227          |
| 52           | 0,5228          |
| 55           | 0,5037          |
| 58           | 0,4848          |
| 61           | 0,4847          |
| 64           | 0,4846          |
| 67           | 0,4846          |
| 70           | 0,4657          |

Tabelle 2.1: Messwerte von vorherigen Studenten

## 2.3 Auswertung

Die Kennlinie aus den rohen Daten sieht so aus:

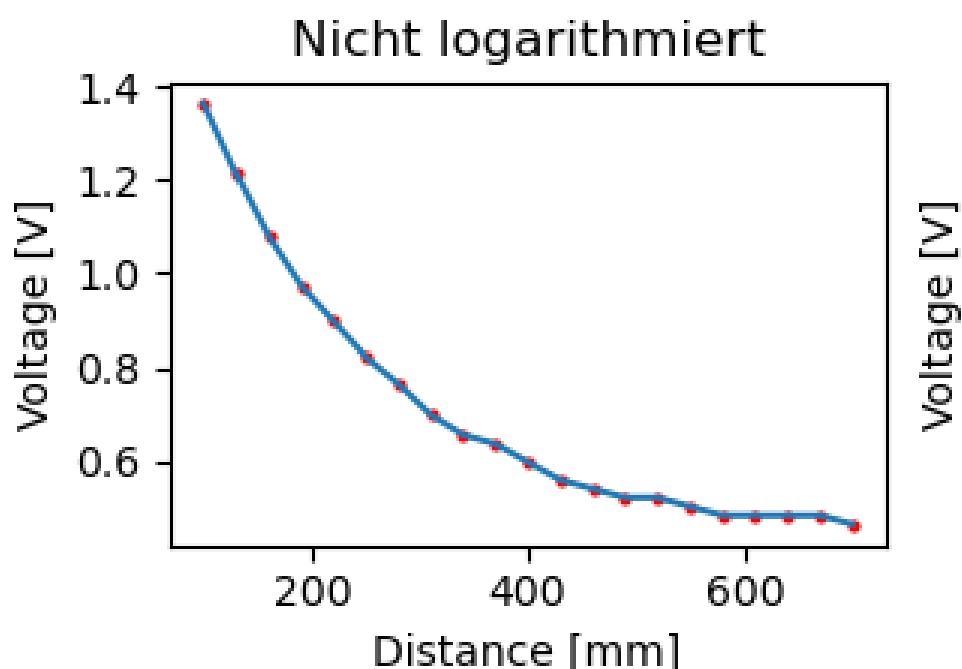


Abbildung 2.1: Plot zu den rohen Messwerten

Dann nach der Logarithmierung der Kennlinie sieht sie folgendermaßen aus:

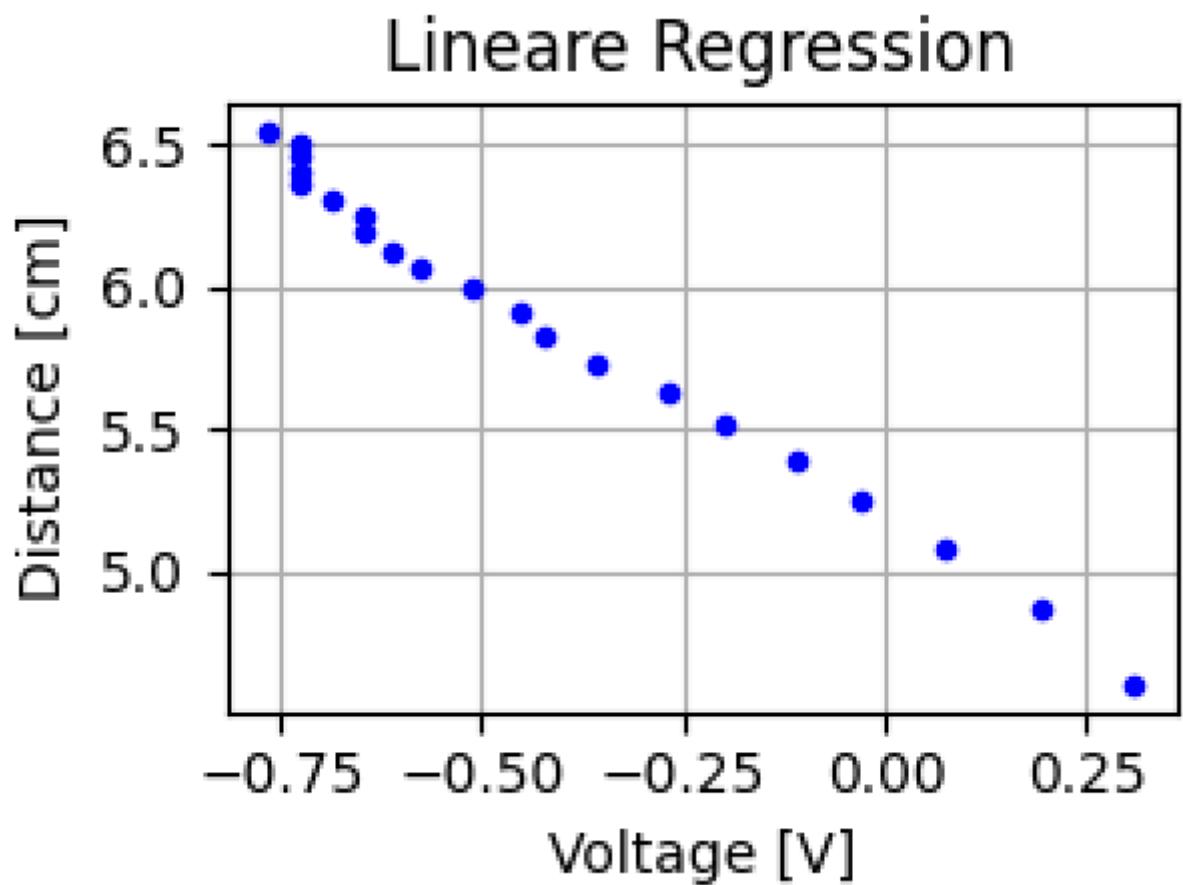


Abbildung 2.2: Plot zu den logarithmierten Messwerten

Jetzt muss die Ausgleichsgerade ermittelt werden nach dem Schema:

$$y = x^a \quad (2.1)$$

Jedoch bevor es möglich ist  $a$  und  $b$  zu berechnen, muss erst der Mittelwert  $\bar{x}$  ermittelt werden.

Dann berechnet sich  $a$  wie folgt:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) * (y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.2)$$

Und  $b$ :

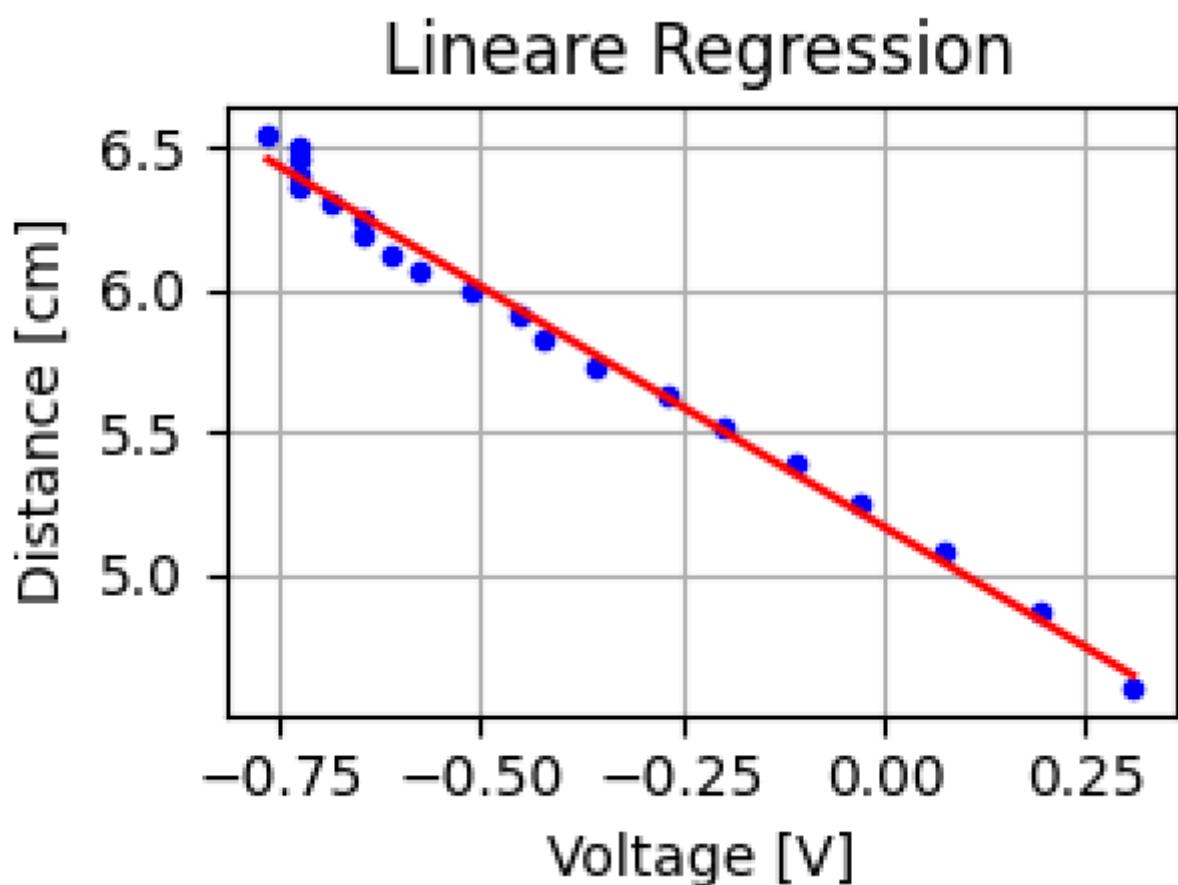
$$b = \bar{y} - a * \bar{x} \quad (2.3)$$

## 2.4 Interpretation

Im vorherigen Abschnitt wurden bereits  $a$  und  $b$  berechnet. Daraus ergibt sich bei den gegebenen werten folgende Geradengleichung:

$$y = -1,689x + 5,169$$

Und die Lineare Regression sieht dann folgendermaßen aus:



# Kapitel 3

## Versuch 3

### 3.1 Fragestellung, Messprinzip, Aufbau, Messmittel

#### 3.1.1 Fragestellung

Im dritten Versuch geht es um die Ermittlung der Fehlerfortpflanzung. Hierzu werden die Seiten eines DinA4 Blattes gemessen und dann dessen Flächeninhalt ermittelt.

#### 3.1.2 Messprinzip, Aufbau, Messmittel

Das Messprinzip, der Aufbau und die Messmittel sind wie in den obrigen Versuchen, nur das ein DinA4 Blatt als Basis für den Abstand verwendet wird.

### 3.2 Messwerte

|             |          |
|-------------|----------|
| Din A4 lang | 675,6 mV |
| Din A4 kurz | 885,9 mV |

Abbildung 3.1: fig: von Hand gemessene Werte

## 3.3 Auswertung

### 3.3.1 Teil a: Ermittlung des Messfehlers

Zunächst wird der Fehler der Spannungsmessung wie in Versuch 1 über die Standardabweichung für die Messung der langen Seite ermittelt:

$$s_{\bar{l}_v} = 0,0177 \quad (3.1)$$

- $l_v$  = Spannung der Messung der langen Seite

Der Messfehler muss zusätzlich mit einem Korrekturfaktor ausgeglichen werden. Da lediglich einmal gemessen wurde ist der verwendete Korrekturfaktor  $t = 1,84$ . Daraus ergibt sich für die **gemessene Volt der langen Seite** ein Fehler von:

$$l_v = 0,6758 \pm 1,84 * 0,0177V = 0,6758 \pm 0,0326V \quad (3.2)$$

Dabei liegt der wahre Wert der Messung mit einer Wahrscheinlichkeit von 68,27 im Vertrauensbereich  $[0.6432V, 0.7084V]$  und mit einer Wahrscheinlichkeit von 95,45% im Bereich von  $[0.4508V, 0.9008V]$ .

Da die Entfernung indirekt aus der gemessenen Spannung berechnet wird muss für die Umrechnung die Fehlerfortpflanzung berechnet werden. Der Messfehler für die Distanz ergibt sich aus der Formel für die Umrechnung

$$\Delta l_d = f'(l_v) * \Delta l_v \quad (3.3)$$

- $\Delta l_d$  ist der Messfehler für die Distanz
- $\Delta l_v$  ist der Messfehler für die gemessene Spannung
- $f'(l_v)$  ist die Ableitung der Übertragungsfunktion

die Übertragungsfunktion:

$$f(l_v) = e^b * x^a \quad (3.4)$$

$$f'(l_v) = e^b * a * l_v^{a-1} \quad (3.5)$$

d.h. der konkrete Messfehler  $\Delta l_d$  ist:

$$\Delta l_d = e^5,17 * -1,69 * l_v^-2,69 * \Delta l_v = 2,71 \quad (3.6)$$

Unter Berücksichtigung des oben genannten Korrekturfaktor ergibt sich folgendes als Ergebnis für die **Länge der langen DinA 4 Seite**:

$$l_d = 34.04 - 2.77 \text{ cm} \quad (3.7)$$

### 3.3.2 Teil b: Flächenmessung

Formel zur Flächenberechnung:

$$F = l * b = f(x) \quad (3.8)$$

- F = Fläche
- l = Länge lange Seite des DinA 4 Blattes
- b = Länge kurze Seite des DinA 4 Blattes

Wird nun die Fläche berechnet ergibt sich der Messfehler laut Gaußschem Fehlerfortpflanzungsgesetz aus den partiellen Ableitungen der einzelnen Messgrößen

$$\Delta F = \sqrt{\left(\frac{\delta}{\delta l} f(x) * \Delta l\right)^2 + \left(\frac{\delta}{\delta b} f(b) * \Delta b\right)^2} \quad (3.9)$$

mit:

$$\frac{\delta}{\delta l} f(x) * \Delta l = b * \Delta l \quad (3.10)$$

$$\frac{\delta}{\delta b} f(b) * \Delta b = l * \Delta b \quad (3.11)$$

Die Länge der langen Seite und ihr Fehler sind aus 3.3.1 bekannt, nach der selben Methode wurde für die kurze Seite folgende Länge und Fehler ermittelt:

$$L_{\text{ngekurze Seite}} = 21,6 \pm 1.20 \text{ cm} \quad (3.12)$$

Damit ergibt sich ein Messfehler von:

$$\Delta F = 74.103 \quad (3.13)$$

somit ist das Ergebnis der Flächenrechnung:

$$F = 733.78 \pm 74.10 \text{ cm}^2 \quad (3.14)$$

### **3.4 Interpretation**

# **Anhang**

## **A.1 Quellcode**

Listing 4.1: Python Code

```
test
```

## **A.2 Messergebnisse**

| Ablauf                          | Vorst.   | Messungen SSS Versuch 1                            |
|---------------------------------|----------|--|
| -10 cm                          | 1,363 mV |  |
| 13 cm                           | 1,712 mV |  |
| Menung von<br>Bohrstand<br>aus: | 16 cm    | 1,078 mV   |
| 1 Welleform<br>im Puffer        | 19 cm    | 1,973 mV ist zwischen 1,972,8 u 1,973,5 angenommen |
|                                 | 22 cm    | 897 mV   |
|                                 | 25 cm    | 821,5 mV   |
| 4 KG                            | 28 cm    | 765,3 "  |
|                                 | 31       | 699,2 " springt stark                              |
|                                 | 34       | 556,7 mV   |
|                                 | 37       | 627,4 mV   |
|                                 | 40       | 598,6 mV   |
|                                 | 43       | 560,4 mV   |
| o                               | 46       | 541,5 mV   |
| o                               | 49       | 522,7 mV   |
| o                               | 52       | 522,8 mV   |
|                                 | 55       | 503,7 mV   |
| (O)                             | 58       | 484,8 mV   |
|                                 | 61       | 484,7 mV   |
|                                 | 64       | 484,6 mV   |
|                                 | 67       | 484,6 mV   |
|                                 | 70       | 465,7 mV   |
|                                 |          | Din A4 lang 675,6 mV                               |
|                                 |          | Din A4 kurz 885,9 mV                               |