

## Versuch 23: Schallwellen

(durchgeführt am 08.10.2018 bei Pascal Wunderlin)

Gruppe 14: Andréz Gockel

Gruppe: 13 Marouan Zouari

12. Oktober 2018

### Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Ziel des Versuchs</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Teil 1</b>	<b>2</b>
2.1	Aufbau . . . . .	2
2.2	Durchführung . . . . .	2
2.3	Auswertung . . . . .	2
2.4	Diskussion . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Teil 2</b>	<b>4</b>
3.1	Aufbau . . . . .	4
3.2	Durchführung . . . . .	4
3.3	Auswertung . . . . .	4
3.4	Diskussion . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Teil 3</b>	<b>5</b>
4.1	Aufbau . . . . .	5
4.2	Durchführung . . . . .	5
4.3	Auswertung . . . . .	5
4.4	Diskussion . . . . .	5
<b>5</b>	<b>Anhang</b>	<b>6</b>

# 1 Ziel des Versuchs

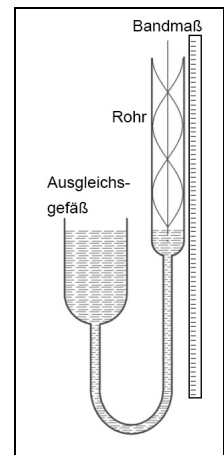
Dieser Versuch hat drei Teile die es ermöglichen die Schallgeschwindigkeit durch drei verschiedene Verfahren zu bestimmen. In dem ersten Teil wird mit einem Quinckeschen Rohr die abstände der Minima und Maxima der Schallwelle bestimmt. In dem zweiten teil wird mit einem Sender und entgegengesetztem Empfänger mittels Oszilloskop die Wellenlänge gemessen. In dem dritten Teil wird Sender und Empfänger nebeneinander gesetzt und gegen eine Fläche gerichtet, dann wird mit dem Oszilloskop die Zeit gemessen die die Welle braucht um reflektiert zu werden und wieder zum Empfänger zu gelangen.

## 2 Teil 1

### 2.1 Aufbau

In diesem Teil wird ein Quinckesches Rohr verwendet: dies besteht aus einem Lautsprecher und Mikrofon die über dem Rohr und auf das Wasser gerichtet. Die Wasserhöhe kann mit einer Centimeterskala die an dem Rohr befestigt ist abgelesen werden, die Wasserhöhe wird mit einem Ausgleichsgefäß bestimmt (siehe Abbildung 1) dessen höhe mit einer Kurbel verstellt wird.

Hier ist zu beachten, dass das einstellen der Höhe eine Verzögerung hat. Der Lautsprecher ist an einem Frequenzgenerator verbunden, hiermit kann die Tonfrequenz eingestellt werden. Lautsprecher und Mikrofon sind mit einem Oszilloskop verbunden der es ermöglicht die Minima und Maxima auch visuell zu bestimmen.



### 2.2 Durchführung

Als erstes wird eine beliebige Frequenz zwischen 2 kHz und 7 kHz eingestellt und Wasserhöhe zum Nullpunkt gebracht. Dann wird der Wasserspiegel gesunken bis sich ein Maxima bemerkbar macht und die entsprechende Höhe wird notiert. Es ist zu beachten, dass das Oszilloskop richtig eingestellt ist um die Maxima zu erkennen. Dies wird für mehrere Maxima wiederholt, dann wird die Frequenz geändert um eine weitere Reihe von Maxima zu messen. Dies wurde für drei Messreihen durchgeführt.

Abbildung 1:  
Quinckesche Rohr  
[1]

### 2.3 Auswertung

Aus den Messwerten in Tabelle 1 wird eine lineare Regression durchgeführt mit den Lagen  $l_k$  über den Maxima  $k$ . Die Fitfunktionen sind

$$\begin{aligned}a_1 + b_1 x &= 3.3(9) + 7.6(3)x \\a_2 + b_2 x &= 3.1(9) + 4.1(4)x \\a_3 + b_3 x &= 5.29(7) + 2.57(1)x\end{aligned}$$

Welche mit

$$\begin{aligned}a &= \frac{\sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i \sum x_i y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \\b &= \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}.\end{aligned}$$

berechnet wurden und deren Unsicherheiten wurde mit der Streuung  $s$  berechnet:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n [y_i - (a + bx_i)]^2}$$

$$\Delta a = s \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}}$$

$$\Delta b = s \sqrt{\frac{n}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}}$$

Mit der Frequenz  $\nu$  und der Steigung die eine halbe Wellenlänge  $\lambda$  entspricht kann man nun die Gleichung für die Schallgeschwindigkeit in Luft  $c_L$  lösen.  $c_L = \nu \lambda$

$$c_{L_1} = 330(13) \text{ m/s}$$

$$c_{L_2} = 343(33) \text{ m/s}$$

$$c_{L_3} = 339.8(13) \text{ m/s}$$

$$\overline{c_L} = 338(12) \text{ m/s}$$

Wobei die Unsicherheit hier die Standardabweichung des Mittelwerts ist:

$$s_{\overline{c_L}} = \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (c_{L_i} - \overline{c_L})^2}{n-1}}$$

## 2.4 Diskussion

## 3 Teil 2

### 3.1 Aufbau

Der Aufbau vom zweiten Teil besteht aus den folgenden Komponenten: ein Ultraschallsender und -Empfänger, ein Oszilloskop, ein Signalgenerator und eine Bank mit Zentimeterskala worauf eine Halterung für den Sender und eine durch Mikrometerschraube verstellbare Halterung für den Empfänger platziert werden können.

Der Sender und Empfänger werden so platziert, dass sie auf einander Zeigen. Hier ist zu Beachten, dass der Sender weg von der Wand zeigt um Störung durch Reflektionen zu vermeiden. Mittels der Mikrometerschraube kann der Abstand zwischen Sender und Empfänger variiert und die genaue Position notiert werden. Das Oszilloskop, woran beide Sender und Empfänger angeschlossen sind, ermöglicht die Beobachtung der Ultraschallwellen.

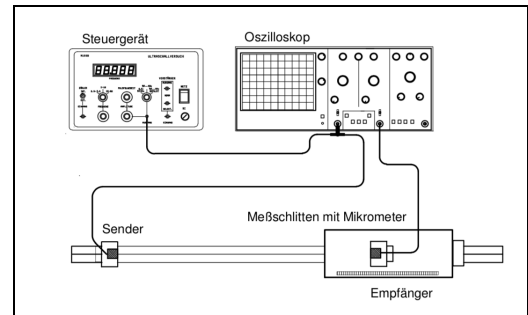


Abbildung 2: Aufbau für Teil 2 [1]

### 3.2 Durchführung

Der Signalgenerator wurde eingeschaltet und auf ein durchgehendes in dem 40 kHz Frequenzbereich Ton geschaltet. Anschliessend wurde der Oszilloskop angeschaltet und justiert, sodass beide Signale im Bildschirm zu sehen waren.

Mittels der Mikrometerschraube wird der Empfänger verschoben, bis die zwei angezeigten Signale in dem Oszilloskop überlagert waren. Dann wurde seine Position notiert. Bei einer fixierten Startposition von der Empfängerhalterung wurden neun weitere Überlagerungen notiert. Dies wurde für vier verschiedene Startpositionen wiederholt.

### 3.3 Auswertung

Die vier Messreihen wurden in einem in einer Graphik eingetragen: Abbildung 7. Dann wurden Ausgleichsgeraden eingesetzt dessen Steigung die Wellenlänge entspricht. Die Werte in der dritten Messreihe sind offensichtlich fehlerhaft und wir vermuten, dass Empfänger und Sender zu nah zu einander waren und das Oszilloskop welches eine gemittelte Kurve anzeigte durch reflektionen verwirrt wurde. Aus diesem Grund wird diese Messreihe aus der Mittelwertsrechnung gelassen. Wie in Teil 1 wird die Gleichung  $c_L = \nu \lambda$  benutzt.

$$\overline{c_L} = 345.5(3) \text{ m/s}$$

### 3.4 Diskussion

## 4 Teil 3

### 4.1 Aufbau

In diesem Versuchsteil wird ein ähnlicher Aufbau wie in Teil 2 verwendet, aber Sender und Empfänger werden in einer Platte parallel montiert, und sie zeigen auf eine geschlossene Platte die als Reflektor dient. Für die Messungen ist zusätzlich ein Massband benötigt.

### 4.2 Durchführung

Der Signalgenerator wurde jetzt auf ein gepulsten 40 kHz Ton gestellt, dieser wird nach 25 Schwingungen für 50 ms blockiert. und auf ein durchgehendes in dem Das Oszilloskop wurde dann anders eingestellt, sodass der Anfang von einem puls, und der Anfang von der empfangenen Reflexion gut zu erkennen waren. Mit dem Massband wurden die Abstände zwischen der Platte mit dem Empfänger und Sender und der Reflektor Platte gemessen. Die Zeitdauer zwischen der ausgesandten Schallwelle und reflektierter Schallwelle wurde dann mit dem Oszilloskop für 10 verschiedene Abstände gemessen.

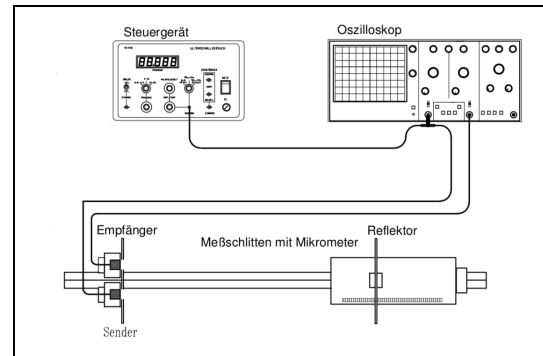


Abbildung 3: Aufbau für Teil 3 [1]

### 4.3 Auswertung

Die Schallgeschwindigkeit wird in diesem Teil bestimmt in dem die Abstände (wobei die gemessenen Abstände erst verdoppelt werden müssen) gegen die Zeit in einem Diagramm eingetragen werden, und mittels lineare Regression die Steigung bestimmt. (Abbildung 8)

Steigung aus der linearen Regression ist:  $347 \pm 4$  Hierraus ergibt sich die Schallgeschwindigkeit:

$$c_L = 347(4) \text{ m/s}$$

Wobei die Unsicherheit der ausgleichsgerade  $u_b = 3.7$  ist und die Streuung der Messwerte  $s = 0.017$  ist.

### 4.4 Diskussion

## Literatur

- [1] Physikalisches Institut der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg (Hrsg.) (08/2018): Versuchsanleitungen zum Physiklabor für Anfänger\*innen, Teil 1, Ferienpraktikum im Sommersemester 2018.

## 5 Anhang

Tabelle 1: Messwerte aus Teil 1

	Start Frequenz	2176 Hz	4186 Hz	6610 Hz
	Stopp Frequenz	2173 Hz	4186 Hz	6610 Hz
	Maxima $k$	Lage $l_k$ in cm		
	1	11.1	7.0	8.0
	2	18.5	11.5	10.5
Unsicherheiten:	3	25.5	15.5	13.0
Wasserhöhe: $\pm 0.5$ cm	4	35.0	19.5	15.5
Frequenz 1: $\pm 1$ Hz	5	41.0	23.5	18.0
Frequenz 2: $\pm 0.5$ Hz	6		27.5	20.6
Frequenz 3: $\pm 0.5$ Hz	7		31.5	23.5
	8		35.5	25.8
	9		40.0	28.5
	10		44.0	31.0
	11			33.7
	12			36.2

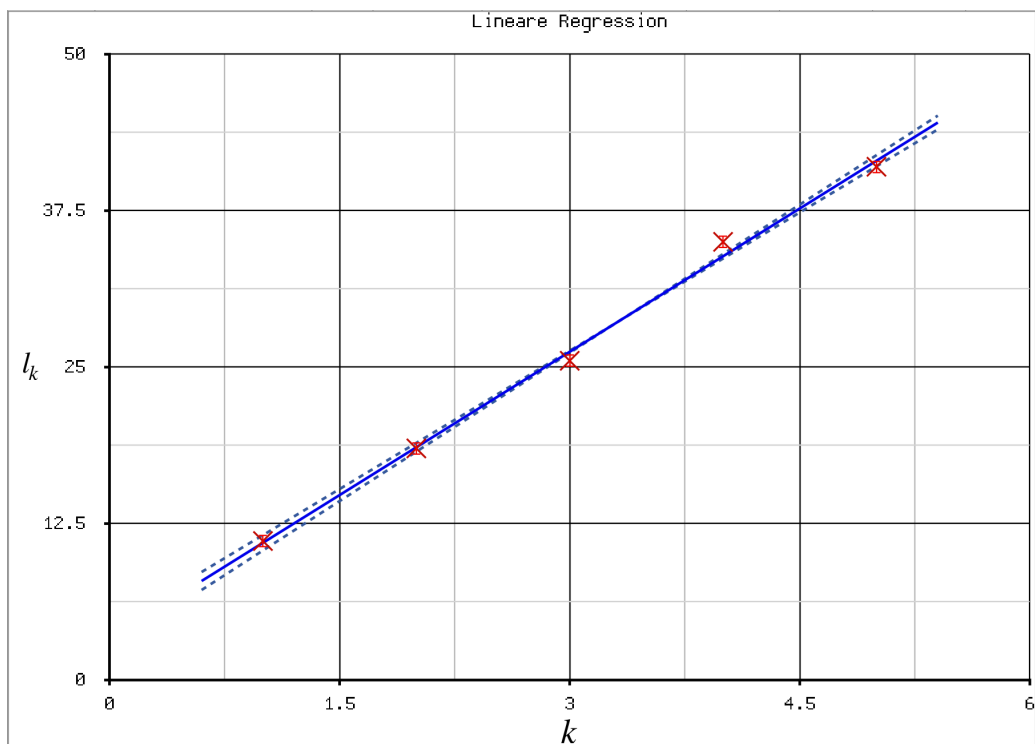


Abbildung 4: 2176 Hz - 2173 Hz

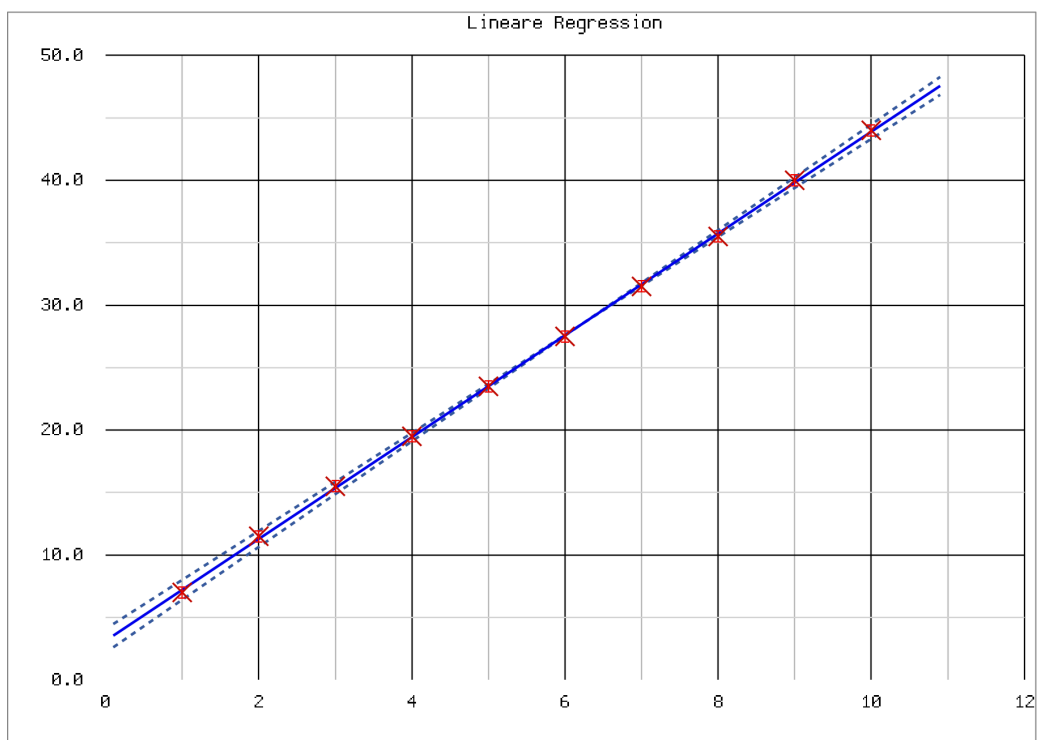


Abbildung 5: 4186 Hz

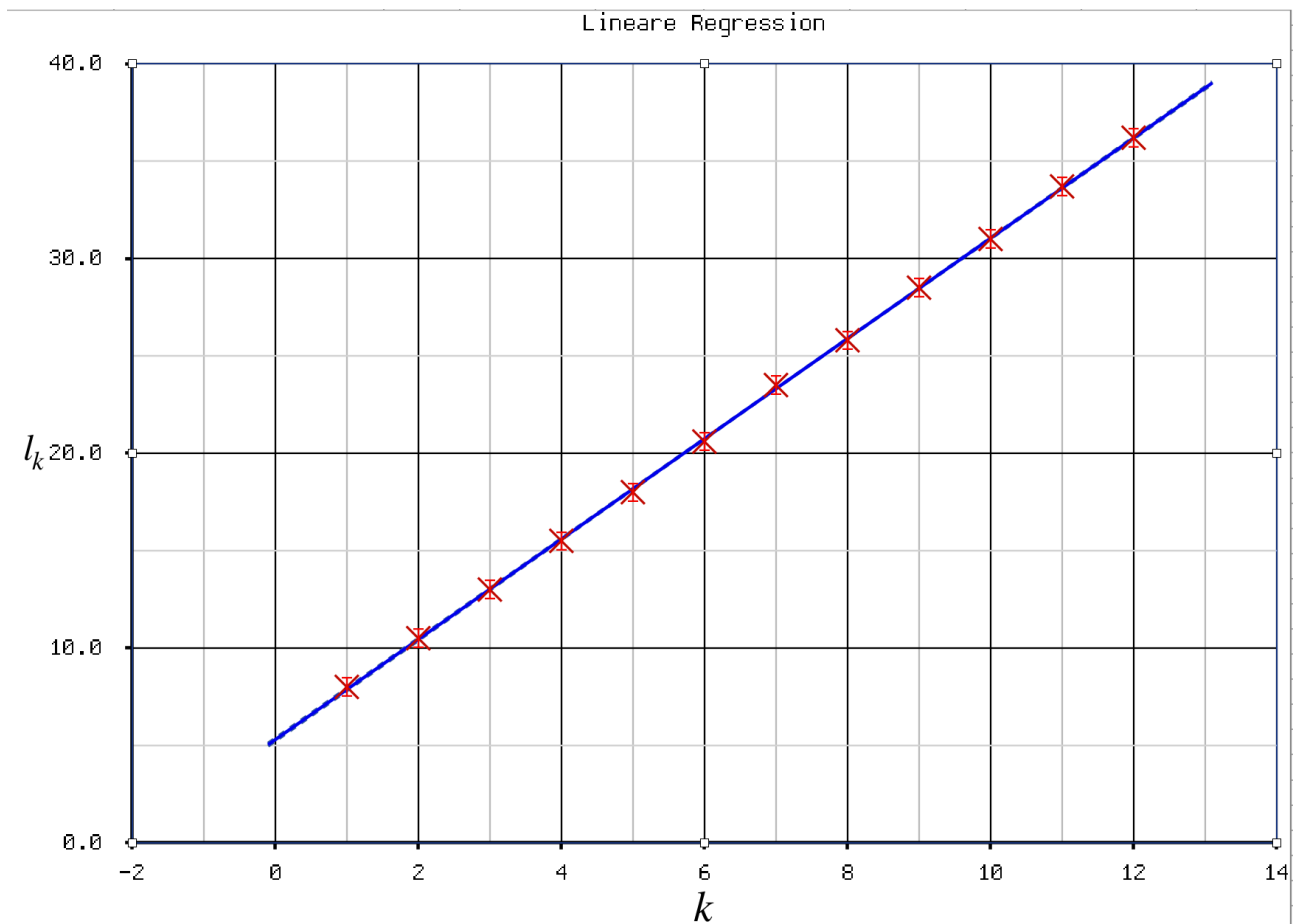


Abbildung 6: 6610 Hz

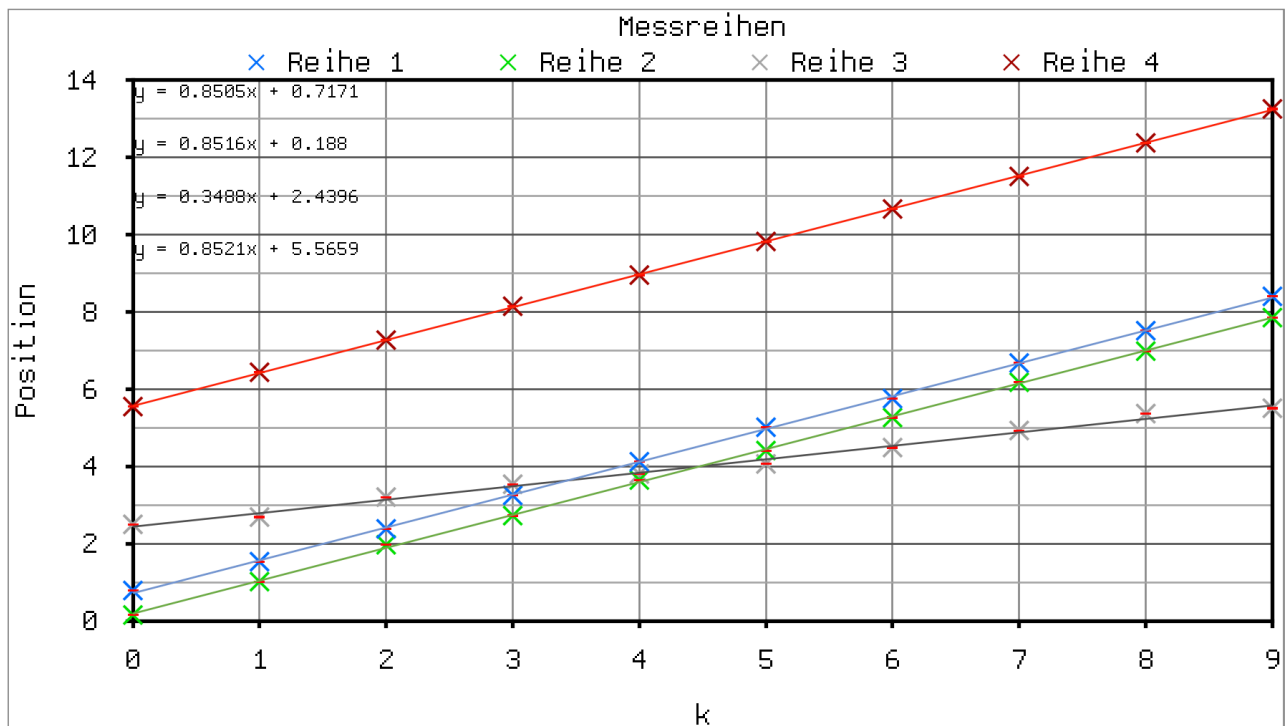


Abbildung 7: Ausgleichslinien Teil 2



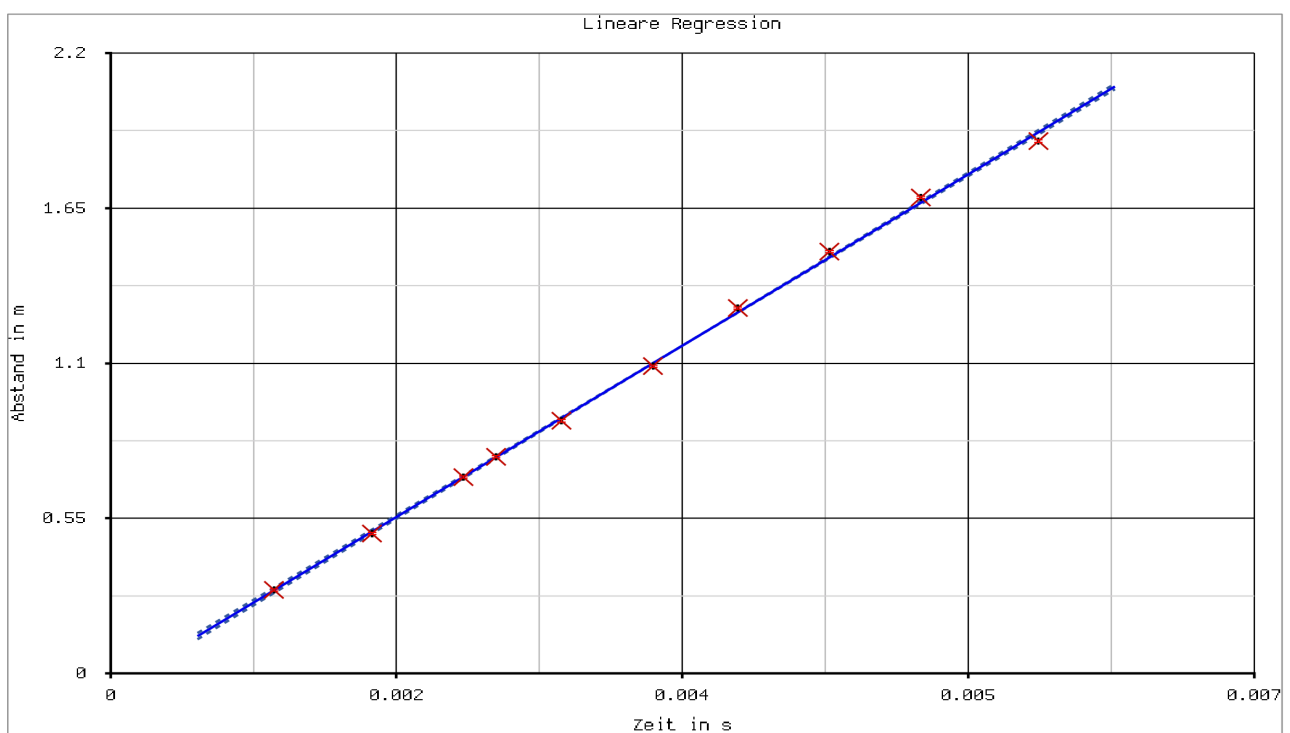


Abbildung 8: Lineare Regression Teil 3 (Fehlerbalken sind sehr klein und deswegen schwer zu sehen)