

# Versuchsprotokoll E1

Gleich- und Wechselstrom

03.12.2014



Alexander Schlüter, Josh Wewers, Frederik Edens

Gruppe 15/mi

`alx.schlueter@gmail.com`

`joshw@muenster.de`

`f_eden01@wwu.de`

# Inhaltsverzeichnis

|          |                     |           |
|----------|---------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einführung</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>Versuche</b>     | <b>2</b>  |
| 2.1      | Aufgabe 4 . . . . . | 2         |
| 2.2      | Aufgabe 5 . . . . . | 2         |
| 2.3      | Aufgabe 6 . . . . . | 5         |
| 2.4      | Aufgabe 7 . . . . . | 8         |
| 2.5      | Aufgabe 8 . . . . . | 10        |
| <b>3</b> | <b>Diskussion</b>   | <b>12</b> |

## 1 Einführung

Eine reale Spannungsquelle wird durch das Modell des Innenwiderstandes beschrieben. Dabei wird gerechnet, als wäre ein Innenwiderstand  $R_i$  in Reihe mit der eigentlichen Spannungsquelle mit Leerlaufspannung  $U_0$  geschaltet. Es ergibt sich bei Belastung durch einen Außenwiderstand  $R_a$  (Strom  $I$ ):

$$U_0 = R_i \cdot I + R_a \cdot I \quad (1.1)$$

Die tatsächlich gemessene Spannung an der Quelle weicht von der Leerlaufspannung ab und heißt Klemmspannung  $U_{\text{Kl}}$ :

$$U_{\text{Kl}} = U_0 - R_i \cdot I = R_a \cdot I \quad (1.2)$$

Beim Kurzschluss für  $R_a = 0$  fließt der endliche Strom

$$I_{\text{Ks}} = U_0 / R_i. \quad (1.3)$$

Die an den Verbraucher abgegebene Leistung beträgt

$$P = U_0^2 \frac{R_a}{(R_a + R_i)^2}. \quad (1.4)$$

Wir leiten die Bedingung für maximale Leistungsabgabe her:

$$\frac{dP}{dR_a} = \frac{U_0^2}{(R_a + R_i)^2} - 2 \cdot \frac{R_a U_0^2}{(R_a + R_i)^3} = 0 \quad (1.5)$$

$$\implies (R_a + R_i) = 2R_a \implies R_a = R_i \quad (1.6)$$

$$R_a = R_i. \quad (1.7)$$

Da die Le

## 2 Versuche

Da es keine weiteren Angaben zur Frequenz der Wechselspannung gab, wurde von den normalen 50 Hz ausgegangen.

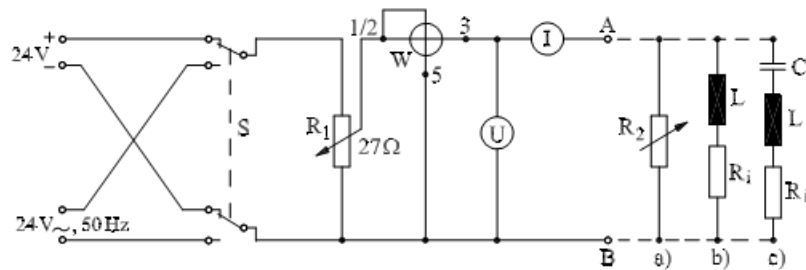


Abbildung 1: Schaltplan für die Aufgaben 4-8<sup>1</sup>

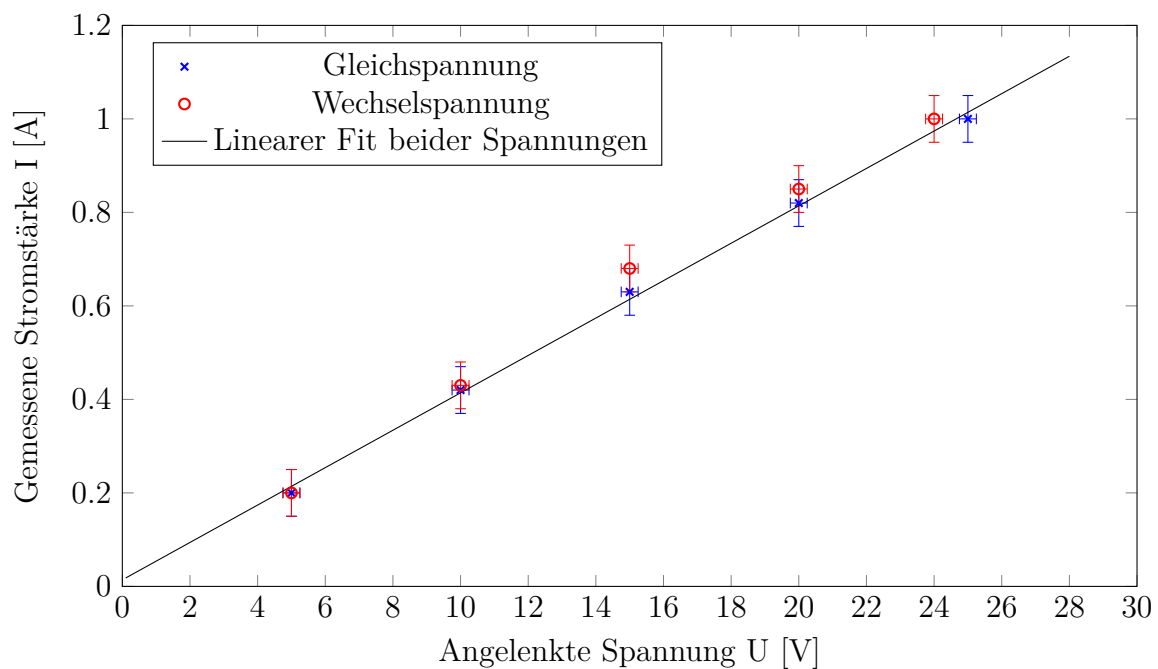
### 2.1 Aufgabe 4

In dem Aufbau wird kein Verbraucher angeschlossen um die Verlustleistung des Voltmeters zu bestimmen. Diese beträgt bei maximaler Spannung,  $U_{\text{Gleich}} = 27V$  oder  $U_{\text{Wechsel}} = 25,5V$ ,  $P_{\text{verlust}} = 1W$  und nimmt bei sinkenden Spannungen weiter ab.

### 2.2 Aufgabe 5

An den Punkten A und B wird ein ohmscher Widerstand angeschlossen, für den bei Wechsel- und Gleichspannung die möglichen Messwerte bestimmt werden.

| Spannungsart    | Spannung U [V] $\pm 0,25$ | Stromstärke I [A] $\pm 0,05$ | Leistung P [W] $\pm 0,5$ |
|-----------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------|
| Wechselspannung | 24                        | 1,00                         | 23,7                     |
|                 | 20                        | 0,85                         | 17,0                     |
|                 | 15                        | 0,68                         | 9,8                      |
|                 | 10                        | 0,43                         | 4,0                      |
|                 | 5                         | 0,20                         | 1,0                      |
| Gleichspannung  | 25                        | 1,00                         | 24,5                     |
|                 | 20                        | 0,82                         | 16,0                     |
|                 | 15                        | 0,63                         | 9,0                      |
|                 | 10                        | 0,42                         | 3,9                      |
|                 | 5                         | 0,20                         | 0,6                      |

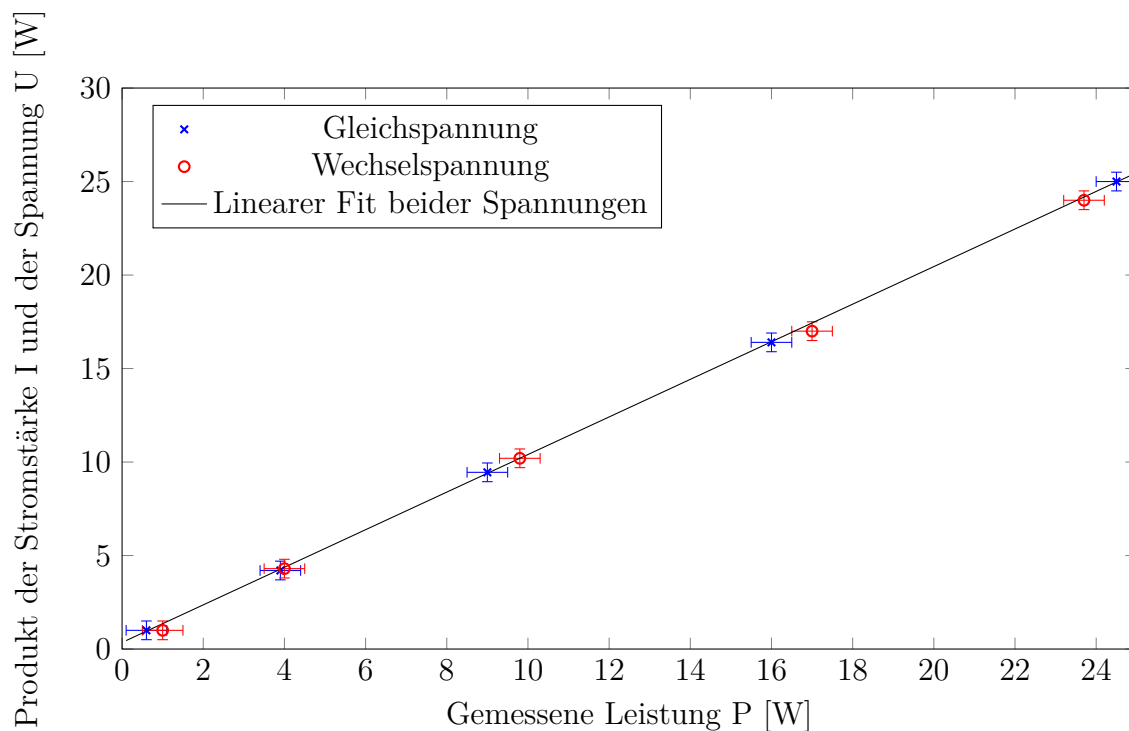
**Tabelle 1:** Messwerte des ohmschen Widerstands**Abbildung 2:** Versuch mit ohmschen Widerstand (Spannung gegen Stromstärke)

In dem Diagramm wurde nur der Fit für Gleichspannung eingetragen, da sich dieser fast mit dem von der Wechselspannung deckt und so eine größere Übersichtlichkeit erreicht wurde.

Aufgrund des anscheinend sehr linearen Verlaufs der Messwerte für beide Spannungsarten und in Deckung mit der zu erwarteten Formel ?? wurde mit *gnuplot* nach dem *least-squares*-Verfahren die Werte der beiden Spannungsarten gegen die Funktion  $f(x) = m \cdot x + b$  gefittet. Ausgabe:

| Spannungsart    | Variabel m | Variabel b | Varianz der Residuals |
|-----------------|------------|------------|-----------------------|
| Gleichspannung  | 0,04       | 0,014      | 0,00024               |
| Wechselspannung | 0,0422     | 0,007      | 0,00077               |

**Tabelle 2:** Linearer Fit zu Abbildung 2



**Abbildung 3:** Versuch mit ohmschen Widerstand (Leistung gegen Produkt aus Spannung und Stromstärke)

In dem Diagramm wurde nur der Fit für Gleichspannung eingetragen, da sich dieser fast mit dem von der Wechselspannung deckt und so eine größere Übersichtlichkeit erreicht wurde. Der Fehler des Produktes von Stromstärke und Spannung wurde nach der Gaußschen Fehlerfortpflanzung bestimmt.

Aufgrund des anscheinend linearen Verlaufs der Messwerte für beide Spannungsarten und in Deckung mit der zu erwarteten Formel 1.4 wurde mit *gnuplot* nach dem *least-squares*-Verfahren die Werte der beiden Spannungsarten gegen die Funktion  $f(x) = m \cdot x + b$  gefittet. Ausgabe:

| Spannungsart    | Variabel m | Variabel b | Varianz der Residuals |
|-----------------|------------|------------|-----------------------|
| Gleichspannung  | 1,005      | 0,352      | 0,004                 |
| Wechselspannung | 1,003      | 0,164      | 0,45                  |

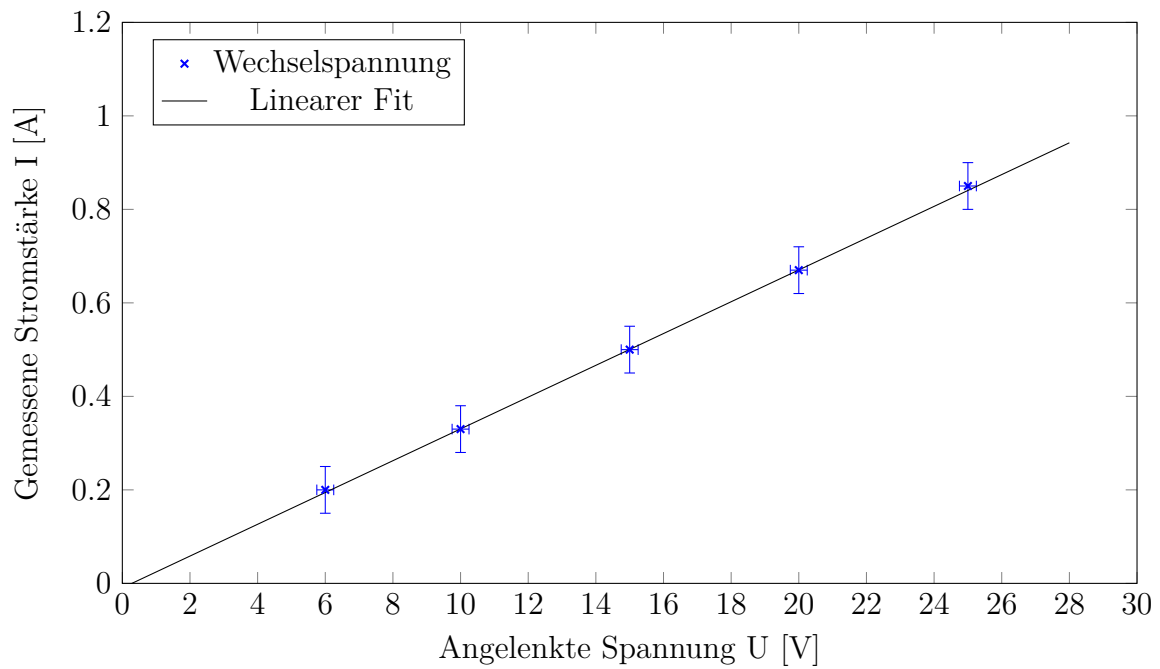
**Tabelle 3:** Linearer Fit zu Abbildung 3

## 2.3 Aufgabe 6

In diesem Versuchsteil wird eine Spule an den Punkten A und B angeschlossen (Aufbau b), und für Wechselspannung die Messwerte bestimmt.

| Spannung U [V] $\pm 0,25$ | Stromstärke I [A] $\pm 0,05$ | Leistung P [W] $\pm 0,5$ |
|---------------------------|------------------------------|--------------------------|
| 25                        | 0,85                         | 16,2                     |
| 20                        | 0,67                         | 10,8                     |
| 15                        | 0,50                         | 6,0                      |
| 10                        | 0,33                         | 2,5                      |
| 5                         | 0,20                         | 1,0                      |

**Tabelle 4:** Messwerte der Spule bei Wechselspannung

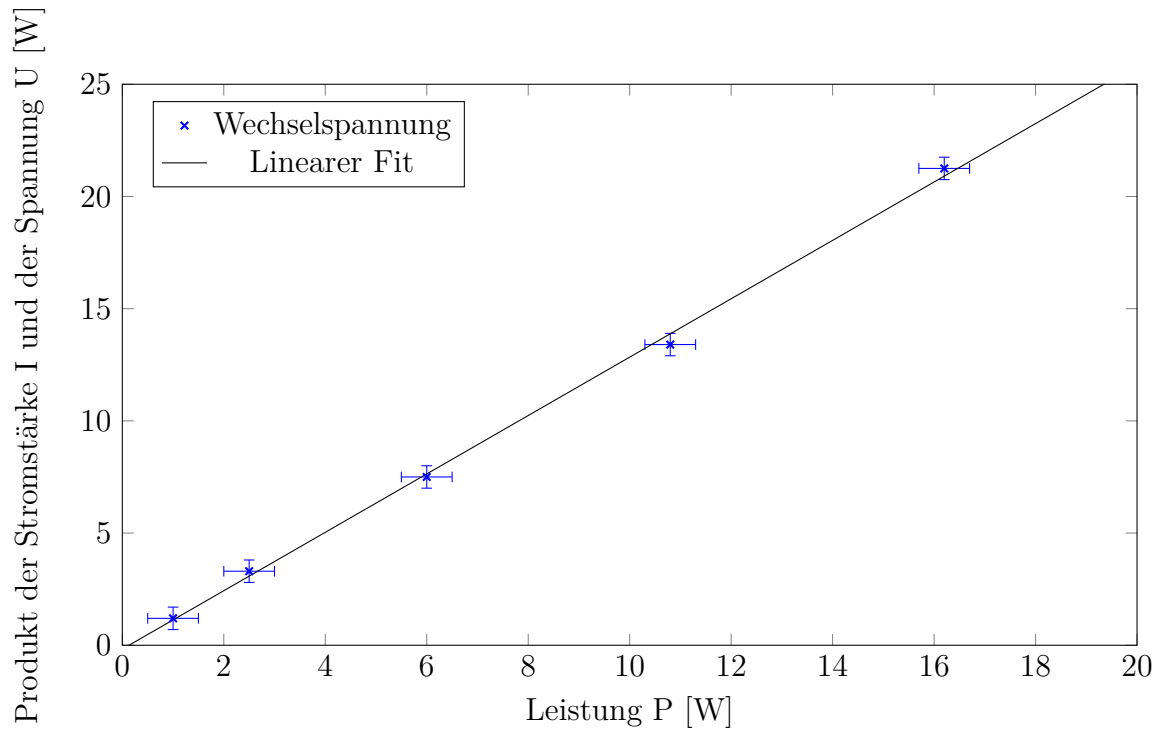


**Abbildung 4:** Versuch mit Spule (Spannung gegen Stromstärke)

| Spannungsart    | Variabel m | Variabel b | Varians der Residuals |
|-----------------|------------|------------|-----------------------|
| Wechselspannung | 0,034      | -0,0096    | $2,54 \cdot 10^{-5}$  |

**Tabelle 5:** Linearer Fit zu Abbildung 4





**Abbildung 5:** Versuch mit Spule (Leistung gegen Produkt aus Spannung und Stromstärke)

Der Fehler des Produktes von Stromstärke und Spannung wurde nach der Gaußschen Fehlerfortpflanzung bestimmt.

| Spannungsart    | Variabel m | Variabel b | Varianz der Residuals |
|-----------------|------------|------------|-----------------------|
| Wechselspannung | 1,301      | -0,171     | 0,14                  |

**Tabelle 6:** Linearer Fit zu Abbildung 5

Aus dem Fit 6 ergibt sich, wenn man den  $b$  Achsenabschnitt, der aus Messungenauigkeiten folgt, vernachlässigt,

$$U \cdot I = 1,301 \cdot P. \quad (2.1)$$

Wenn man dies nun in ?? einsetzt und nach dem Phasenwinkel  $\varphi$  auflöst, erhält man

$$\varphi = \pm \arccos\left(\frac{1}{1,301}\right) = \pm 39,77^\circ. \quad (2.2)$$

Da es sich um eine Schaltung bestehend aus nur einer Spule handelt, kann man allgemein

sagen, dass die Stromstärke der Spannung folgt, woraus folgt, dass gilt

$$\varphi = 39,77^\circ. \quad (2.3)$$

Aus dem Fit 5 ergibt sich unter der Vernachlässigung von  $b$

$$I = 0,034\Omega^{-1} \cdot U. \quad (2.4)$$

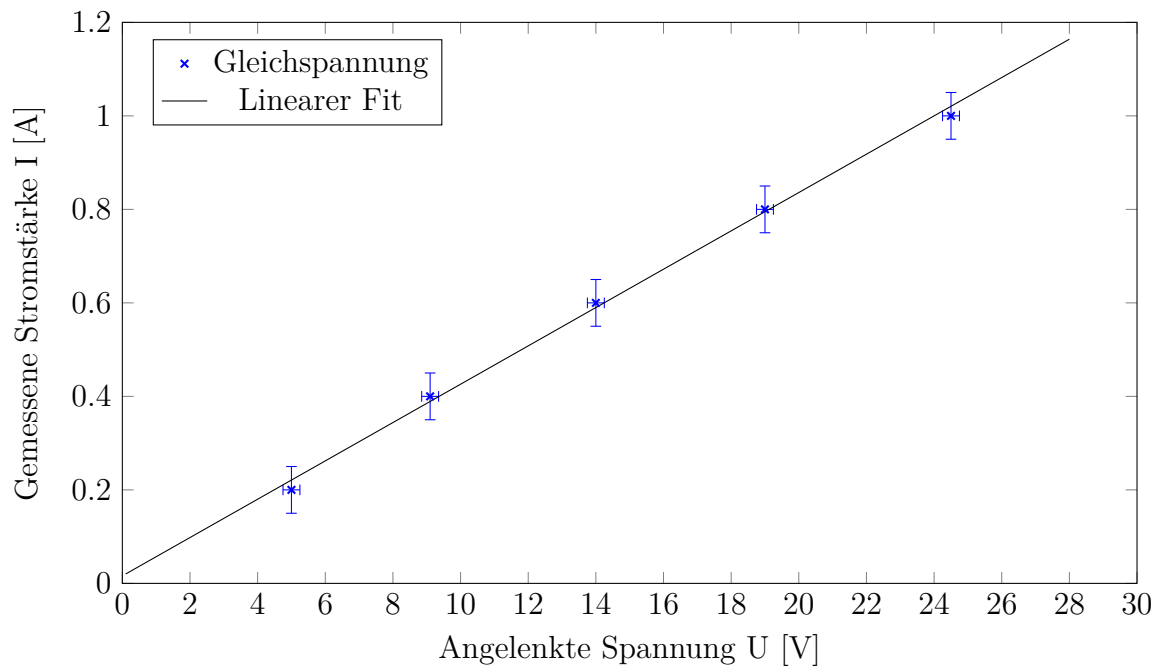
Wenn man dies nun in die Formel ?? einsetzt erhält man

$$R_W = \frac{U}{I} \cos(\varphi) = \frac{U}{0,034\Omega^{-1} \cdot U} \cos(\varphi) = \frac{1}{0,034\Omega^{-1}} \cos(\varphi) = \frac{500}{17} \cos(\varphi) \Omega \approx 22,61\Omega \quad (2.5)$$

## 2.4 Aufgabe 7

| Spannung U [V] $\pm 0,25$ | Stromstärke I [A] $\pm 0,05$ |
|---------------------------|------------------------------|
| 24,5                      | 1,0                          |
| 19,0                      | 0,8                          |
| 14,0                      | 0,6                          |
| 9,1                       | 0,4                          |
| 5,0                       | 0,2                          |

**Tabelle 7:** Messwerte der Spule bei Wechselspannung

**Abbildung 6:** Versuch mit Spule

| Spannungsart   | Variabel m | Variabel b | Varianz der Residuals |
|----------------|------------|------------|-----------------------|
| Gleichspannung | 0,041      | 0,016      | 0,00035               |

**Tabelle 8:** Linearer Fit zu Abbildung 6

Aus dem Fit 8 ergibt sich unter der Vernachlässigung von b

$$I = 0,041\Omega^{-1} \cdot U. \quad (2.6)$$

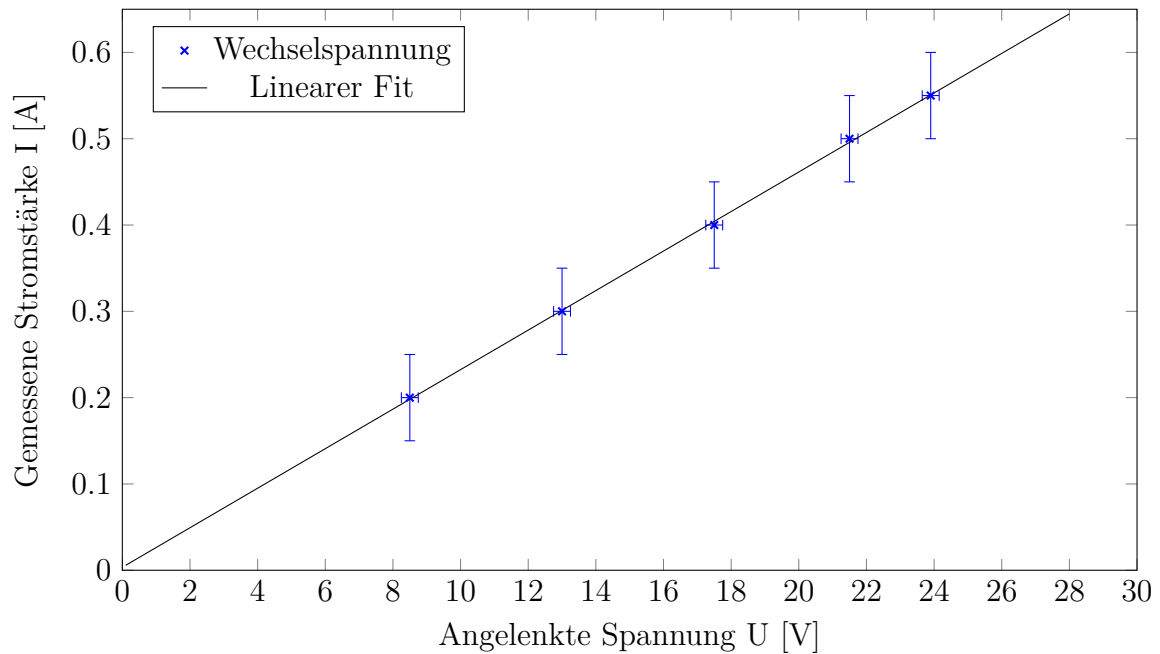
Wenn man dies nun in die Formel ?? einsetzt erhält man

$$R_i = \frac{U}{I} = \frac{U}{0,041\Omega^{-1} \cdot U} = \frac{1}{0,041\Omega^{-1}} = \frac{1000}{41}\Omega = 24,39024\Omega \quad (2.7)$$

Aus der Formel ?? folgt

$$L = \sqrt{\frac{|Z|^2 - R^2}{\omega^2}} \approx 0,96H \quad (2.8)$$

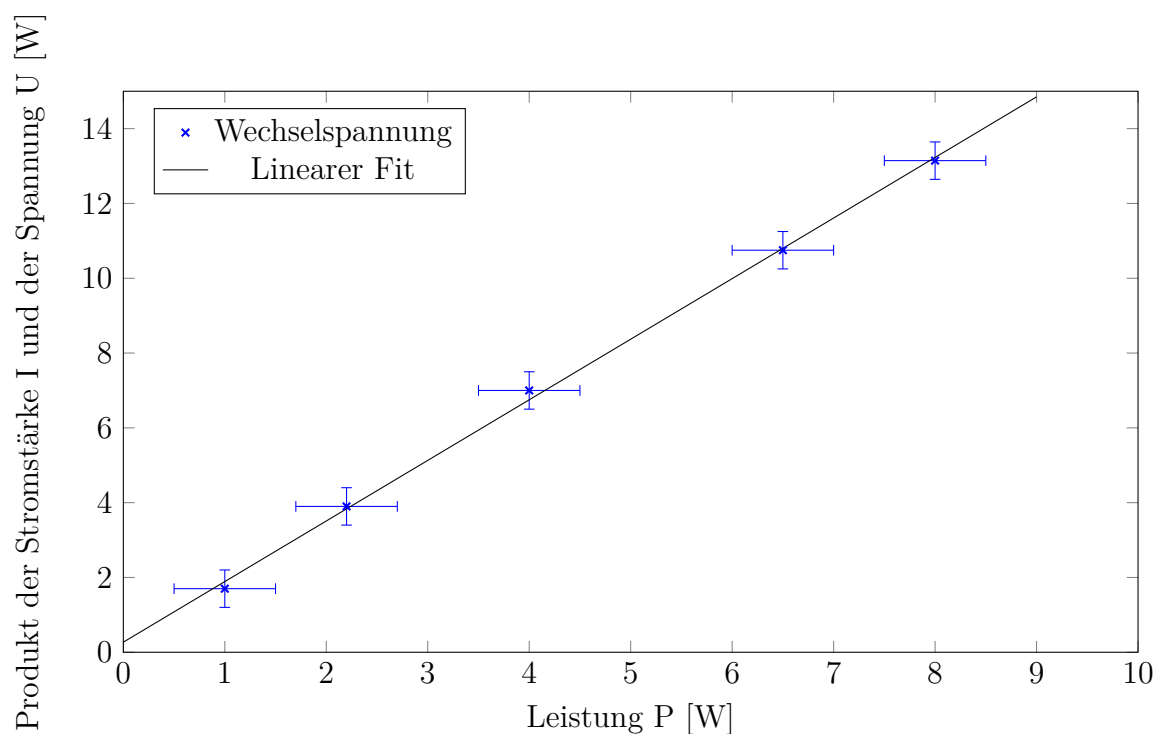
## 2.5 Aufgabe 8



**Abbildung 7:** Versuch mit Spule und Kondensator (Spannung gegen Stromstärke)

| Spannungsart    | Variabel m | Variabel b | Varianz der Residuals |
|-----------------|------------|------------|-----------------------|
| Wechselspannung | 0,023      | 0,003      | $1,36 \cdot 10^{-5}$  |

**Tabelle 9:** Linearer Fit zu Abbildung 7



**Abbildung 8:** Versuch mit Spule (Leistung gegen Produkt aus Spannung und Stromstärke)

Der Fehler des Produktes von Stromstärke und Spannung wurde nach der Gaußschen Fehlerfortpflanzung bestimmt.

| Spannungsart    | Variabel m | Variabel b | Varianz der Residuals |
|-----------------|------------|------------|-----------------------|
| Wechselspannung | 1,62       | 0.27       | 0,038                 |

**Tabelle 10:** Linearer Fit zu Abbildung 8

Der Phasenwinkel lässt sich analog zu Aufgabe 6 berechnen

$$\varphi = \arccos(1,62^{-1}) = 51,88^\circ. \quad (2.9)$$

Ebenso kann man den Widerstand  $|Z|$  so wie bei Aufgabe 6 berechnen.

$$|Z| = \frac{1}{0,023\Omega^{-1}} = \frac{1000}{23}\Omega \approx 43,48\Omega \quad (2.10)$$

Damit kann nun die Kapazität des Kondensators berechnet werden

$$C = \frac{1}{\omega^2 L + \omega \sqrt{|Z|^2 - R^2}} = 10,54 \mu F \quad (2.11)$$

### **3 Diskussion**

## **Literatur**

Donath, Markus und Anke Schmidt. *Anleitung zu den Experimentellen Übungen zur Mechanik und Elektrizitätslehre*. Auflage Wintersemester 2014/2015. Westfälische Wilhelms-Universität Münster. Physikalisches Institut, Oktober 2014.