

VERSUCHSBERICHT ZU

E1 - GLEICH- UND WECHSELSTROM

Gruppe 6Mi

Alexander Neuwirth (E-Mail: a\_neuw01@wwu.de)  
Leonhard Segger (E-Mail: l\_segg03@uni-muenster.de)

durchgeführt am 20.12.2017  
betreut von  
Philipp Eickholt

8. Januar 2018

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Kurzfassung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Methoden</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Ergebnisse und Diskussion</b>	<b>3</b>
3.1	Beobachtung . . . . .	3
3.1.1	Innenwiderstand . . . . .	3
3.1.2	Wechselstrom . . . . .	4
3.2	Diskussion . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Schlussfolgerung</b>	<b>6</b>

Tabelle 1: Gemessener Innenwiderstand.

Innenwiderstand	Ein Akku	3 Akkus Reihe	3 Akkus Parallel
aus Klemmspannung	$(27,19 \pm 0,47) \Omega$	$(81,24 \pm 1,06) \Omega$	$(9,73 \pm 0,20) \Omega$
aus Leistung	$(29,51 \pm 0,59) \Omega$	$(77,53 \pm 1,55) \Omega$	$(9,79 \pm 0,19) \Omega$

## 1 Kurzfassung

## 2 Methoden

## 3 Ergebnisse und Diskussion

### 3.1 Beobachtung

#### 3.1.1 Innenwiderstand

In Abb. 1 ist die Klemmspannung gegen den Strom, der sich aus  $I = U/R$  ergeben hat, aufgetragen. Es wurde ein linearer Fit durchgeführt, da nach der Theorie ein linearer Zusammenhang besteht. Die Steigung der Geraden ist der (negative) Innenwiderstand  $R_i = (27,19 \pm 0,47) \Omega$ .

Trägt man die Leistung gegen den Außenwiderstand, ist zu erwarten, dass (genau) ein Maximum bei  $R_i R_a$  liegt. Abb. 2 stellt dies und einen Fit mit dem „Scaled Levenberg-Marquardt“-Algorithmus, welcher die Methode der kleinsten Quadrate verwendet, dar. Die Funktion des Fits ist:

$$f(x) = a \frac{x}{(x + b)^2} \quad (1)$$

Es ergibt sich ein Parameter  $b = 29,51$  ohne Unsicherheit, deshalb haben wir diese als relative Unsicherheit mit 2% abgeschätzt. Folglich ist  $R_i = (29,51 \pm 0,59) \Omega$ .

Analog kann man aus Abb. 3 bis 6 die Innenwiderstände für drei parallel, bzw. in Reihe, geschaltete Akkus erhalten. In Tabelle 1 sind die ermittelten Innenwiderstände aufgelistet. Aus diesen Widerständen lässt der Innenwiderstand eines einzelnen Akkus bestimmen. Tabelle 2 zeigt diese.

### Zusatzfrage

Eine Stromquelle soll einen möglichst konstanten Strom liefern. Das wird erreicht durch einen möglichst hohen Innenwiderstand, also eine Reihenschaltung der Spannungsquellen. Für eine Spannungsquelle bietet sich eine Parallelschaltung an, da der Innenwiderstand gering und somit die Spannung konstant gehalten werden kann.

Tabelle 2: Gemessener Innenwiderstand.

Innenwiderstand	Ein Akku	Akku Reihe	Akku Parallel
aus Klemmspannung	$(27,19 \pm 0,47) \Omega$	$(27,08 \pm 0,35) \Omega$	$(29,19 \pm 0,60) \Omega$
aus Leistung	$(29,51 \pm 0,59) \Omega$	$(25,84 \pm 0,52) \Omega$	$(29,37 \pm 0,57) \Omega$

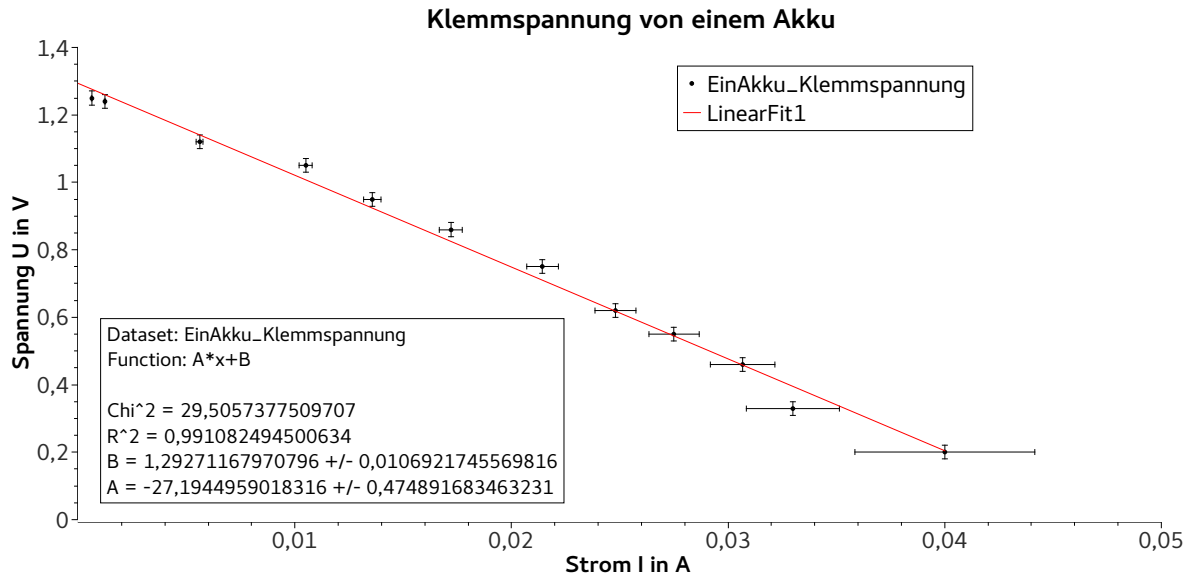


Abbildung 1: Die gemessene Klemmspannung bei einem Akku ist gegen den Strom aufgetragen.

### 3.1.2 Wechselstrom

#### Widerstand

In Abb. 7 und Abb. 8 ist die Spannung über einen Widerstand gegen den Strom aufgetragen. Die Steigung der linearen Fits entspricht dem Widerstand  $R$   $(15,72 \pm 0,04) \Omega$  bzw.  $(15,55 \pm 0,04) \Omega$ . Der eingestellte Widerstand war  $(14,0 \pm 1,7) \Omega$ .

In Abb. 9 und Abb. 10 ist die Leistung gegen das Produkt von Strom und Spannung über den Widerstand aufgetragen. Es ist in beiden Fällen eine Steigung von 1 zu erwarten, da  $P = UI$  gilt. Im Fall des Wechselstroms wurden nur Effektivwerte gemessen, da dies einen Faktor von  $\frac{1}{2}$  für die Leistung und 2 Faktoren von  $\sqrt{2}$  für  $UI$  bedeutet, bleibt die Steigung dieselbe.

#### Spule

Die gemessene effektive Wechselspannung über die Spule ist gegen den effektiven Strom in Abb. 11 aufgetragen. Die Steigung des linearen Fits ist der Scheinwiderstand  $|Z|$   $(30,00 \pm 0,06) \Omega$ .

Der Widerstand der Spule findet sich in Abb. 13 wieder. In diesem Graphen wurde die Gleichspannung über die Spule gegen den Gleichstrom aufgetragen und analog ist

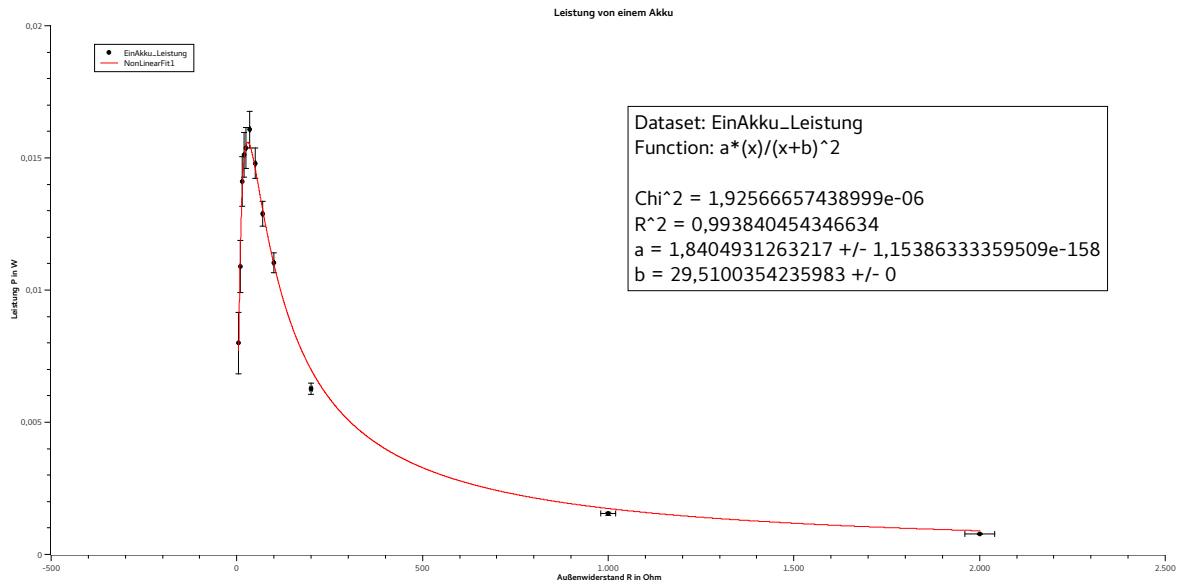


Abbildung 2: Die gemessene Leistung bei einem Akku ist gegen den Außenwiderstand aufgetragen.

die Steigung des Fits der Widerstand  $R_i$  ( $24,04 \pm 0,06$ )  $\Omega$ .

Aus der Theorie ist folgender Zusammenhang bekannt:

$$\bar{P} = U_{\text{eff}} I_{\text{eff}} \cos(\phi) \quad (2)$$

Abb. 12 beinhaltet die Messwerte für die effektive Leistung in Abhängigkeit von dem Produkt der effektiven Spannung und des effektiven Stroms. Der linearer Fit hat die Steigung  $0,7965 \pm 0,0041$ , was  $\cos(\phi)$  entsprechen sollte. Es folgt also ein  $\phi$  von  $(37,202 \pm 0,385)^\circ$ .

Die Induktivität der Spule lässt sich durch die bereits bestimmten Werte und Gleichung (3) bestimmen.

$$|Z| = \sqrt{R_W^2 + (\omega L)^2} \quad (3)$$

$$L = \frac{1}{\omega} \sqrt{|Z|^2 - R_W^2} \quad (4)$$

$$R_W = |Z| \cos(\phi) \quad (5)$$

$$L = \frac{1}{\omega} \sin \phi |Z| \quad (6)$$

Das Stromnetz hat eine Frequenz von 50 Hz. Es ergibt sich ein Wirkwiderstand von  $(23,90 \pm 0,06) \Omega$  Daraus folgt eine Induktivität von  $(0,05770 \pm 0,00019) \text{ H}$ .

## Spule und Kondensator

Die gemessene effektive Wechselspannung über die Spule und den Kondensator ist gegen den effektiven Strom in ?? aufgetragen. Die Steigung des linearen Fits ist der Betrag des Wechselstromwiderstandes  $|Z|$  ( $41,81 \pm 0,07$ )  $\Omega$ .

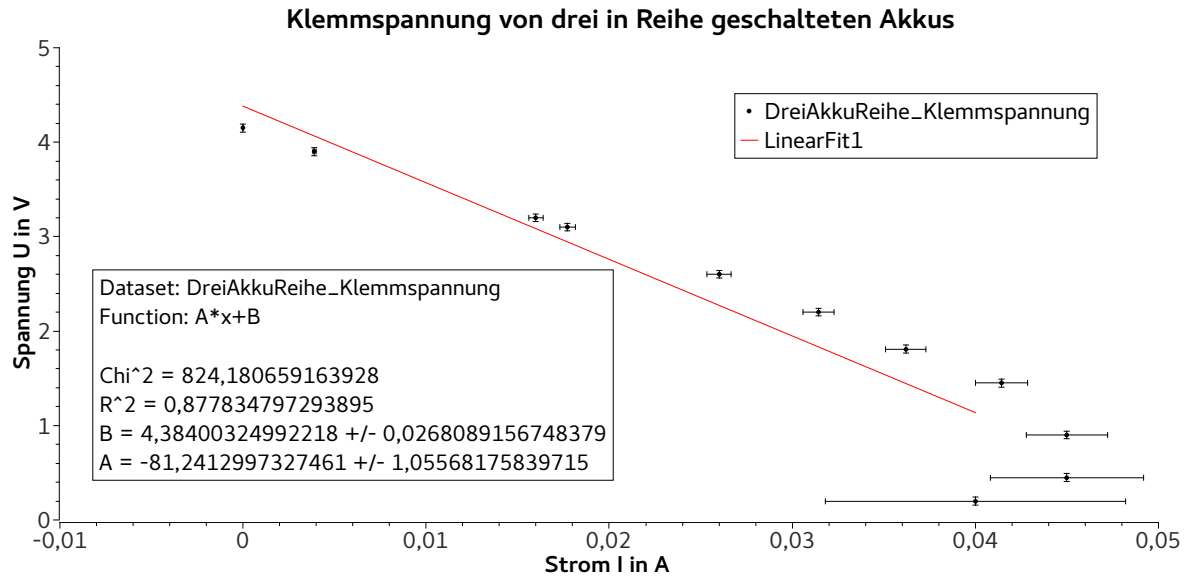


Abbildung 3: Die gemessene Klemmspannung bei drei in Reihe geschalteten Akkus ist gegen den Strom aufgetragen.

Aus der Theorie ist folgender Zusammenhang bekannt:

$$\bar{P} = U_{\text{eff}} I_{\text{eff}} \cos(\phi) \quad (7)$$

Abb. 15 beinhaltet die Messwerte für die effektive Leistung in Abhängigkeit von dem Produkt der effektiven Spannung und des effektiven Stroms. Der linearer Fit hat die Steigung  $0,651 \pm 0,004$ , was  $\cos(\phi)$  entsprechen sollte. Es folgt also ein  $\phi$  von  $-(49,38 \pm 0,30)^\circ$ .

Die Kapazität lässt sich mittels Gleichung (8) bestimmen.

$$|Z| = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad (8)$$

$$C = \frac{1}{\omega^2 L - \omega \sqrt{Z^2 - R^2}} \quad (9)$$

$$C = \frac{1}{\omega^2 L - \omega |Z| \sin \phi} \quad (10)$$

Durch Einsetzen ergibt sich eine Kapazität  $C$  von  $(63,8 \pm 2,1) \mu\text{F}$ . Auf dem Kondensator war eine Kapazität von  $60 \mu\text{F}$  angegeben.

## 3.2 Diskussion

## 4 Schlussfolgerung

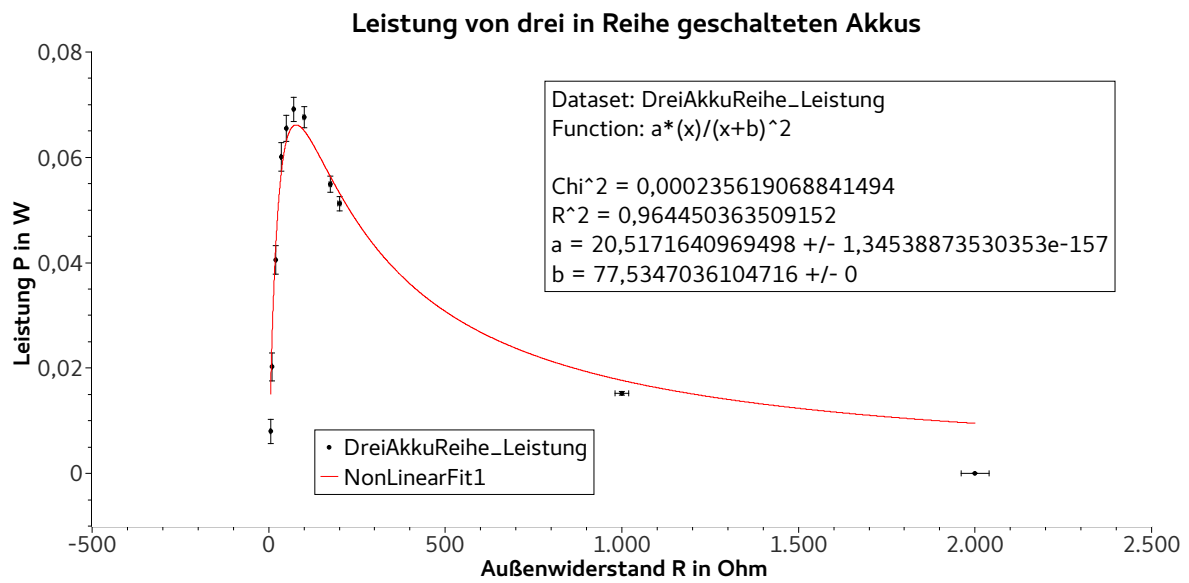


Abbildung 4: Die gemessene Leistung bei drei in Reihe geschalteten Akkus ist gegen den Außenwiderstand aufgetragen.

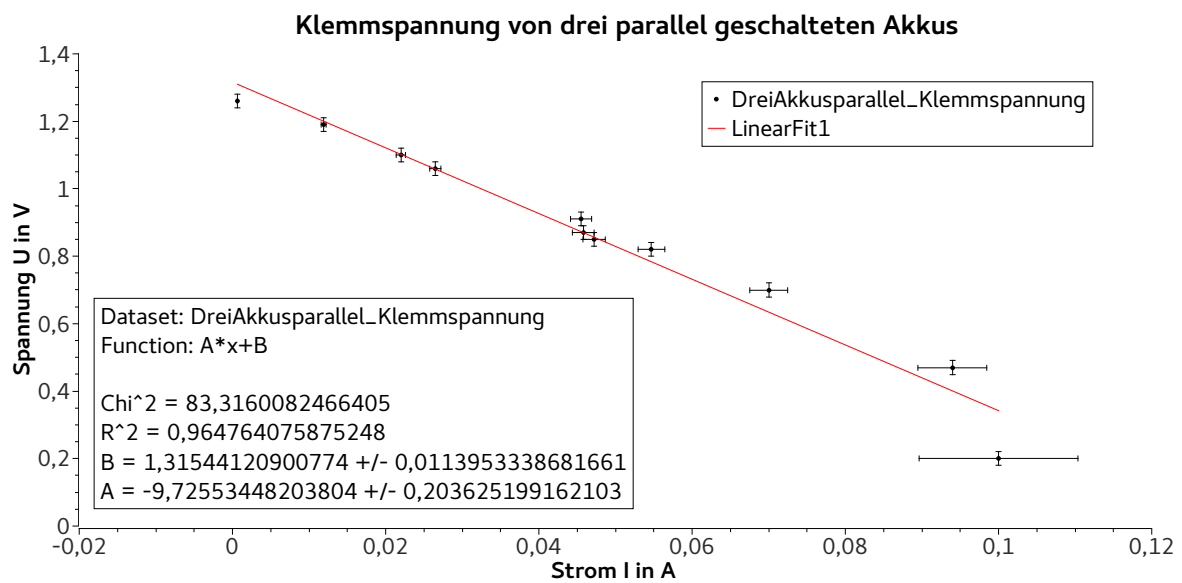


Abbildung 5: Die gemessene Klemmspannung bei 3 parallelen Akkus ist gegen den Strom aufgetragen.

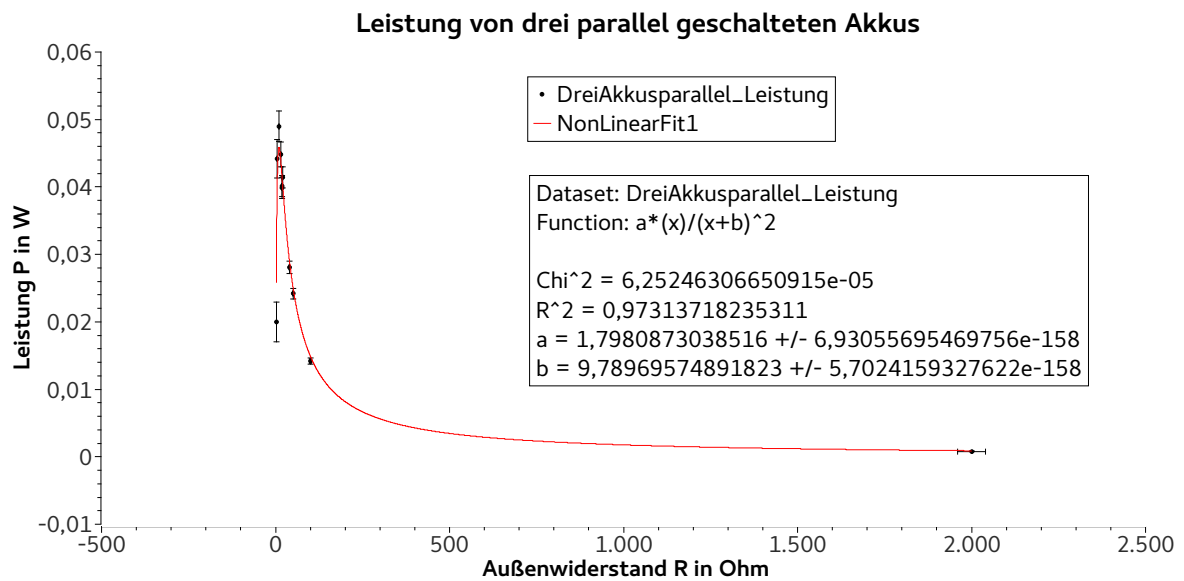


Abbildung 6: Die gemessene Leistung bei drei parallelen Akkus ist gegen den Außenwiderstand aufgetragen.

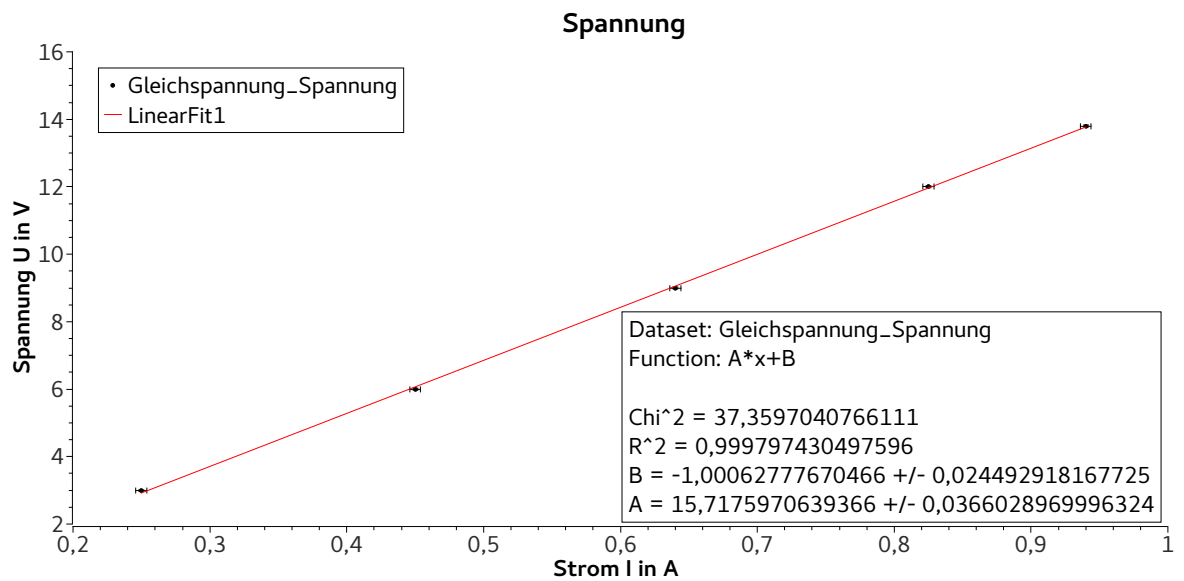


Abbildung 7: Die gemessene Gleichspannung über einen Widerstand ist gegen den Gleichstrom aufgetragen.



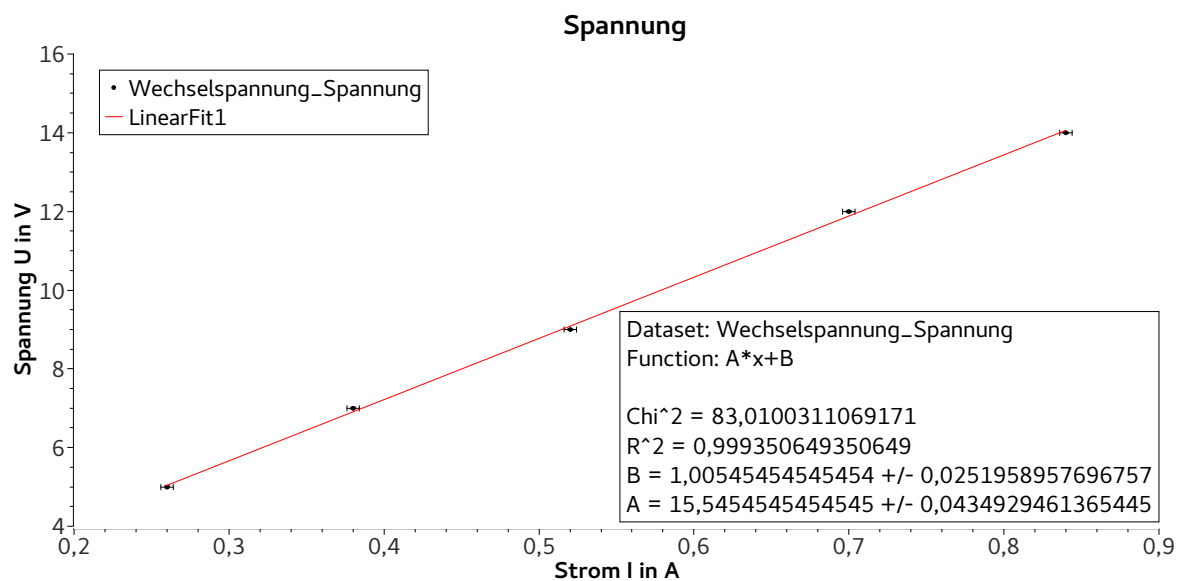


Abbildung 8: Die gemessene effektive Wechselspannung über einen Widerstand ist gegen den effektiven Wechselstrom aufgetragen.

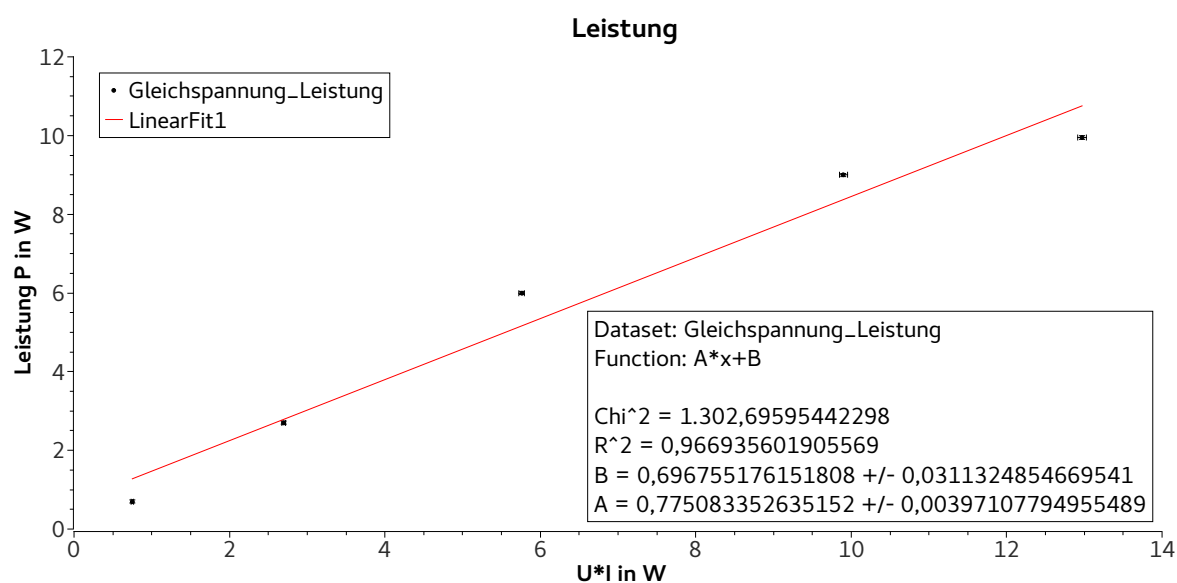


Abbildung 9: Die gemessene Leistung ist gegen das Produkt aus Gleichstrom und Gleichspannung über einen Widerstand aufgetragen.

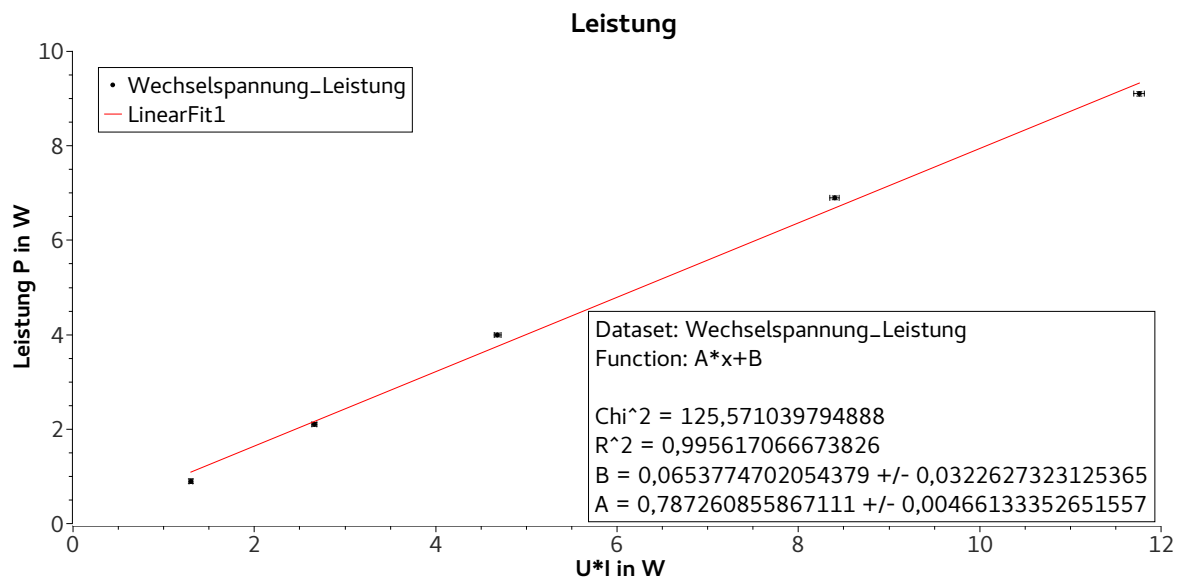


Abbildung 10: Die gemessene effektive Leistung ist gegen das Produkt aus effektivem Wechselstrom und effektiver Wechselspannung über einen Widerstand aufgetragen.

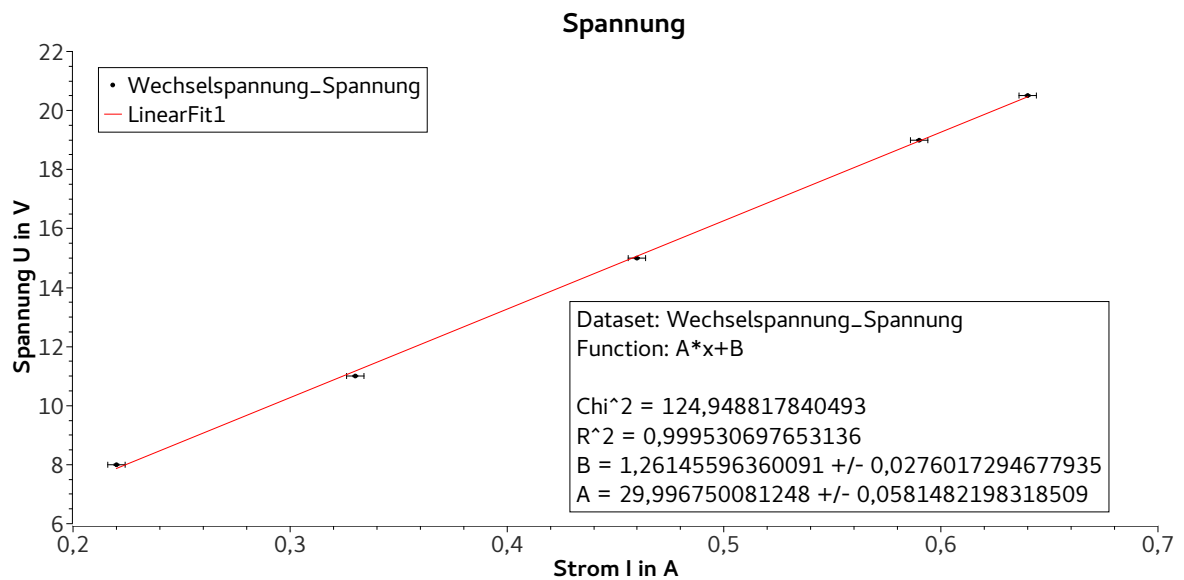


Abbildung 11: Die gemessene effektive Wechselspannung über eine Spule ist gegen den effektiven Wechselstrom aufgetragen.

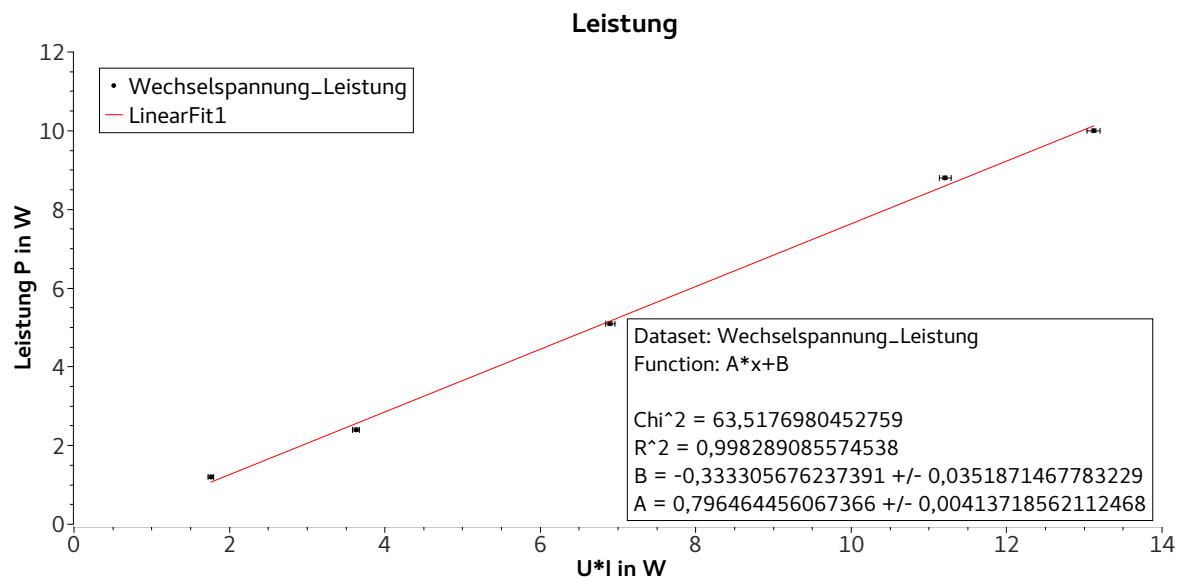


Abbildung 12: Die gemessene effektive Leistung ist gegen das Produkt aus Wechselstrom und Wechselspannung über eine Spule aufgetragen.

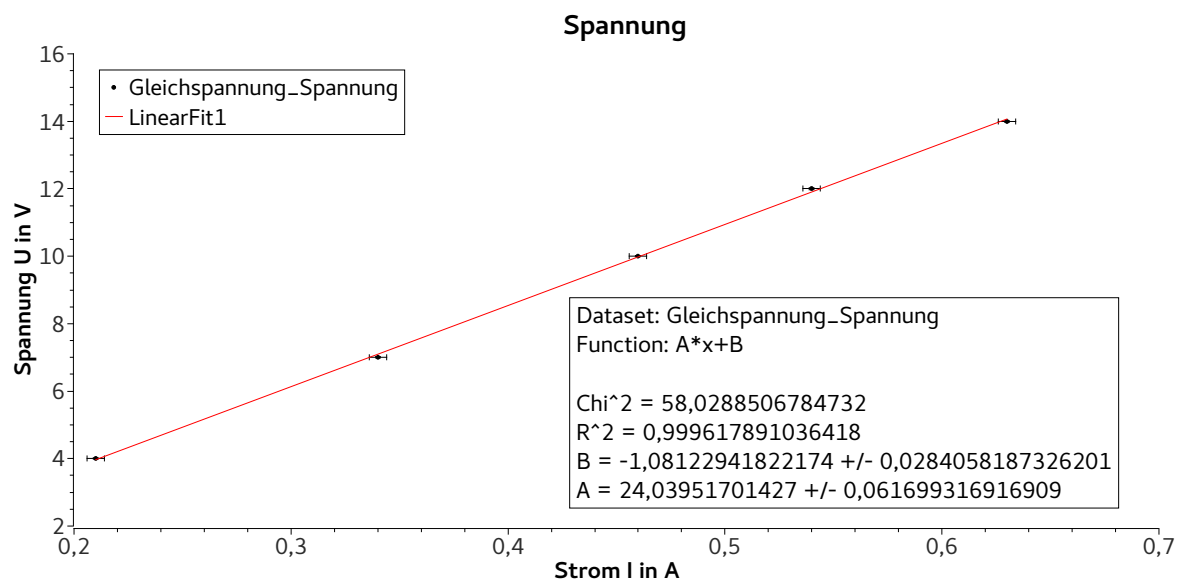


Abbildung 13: Die gemessene Spannung über eine Spule ist gegen den Strom aufgetragen.

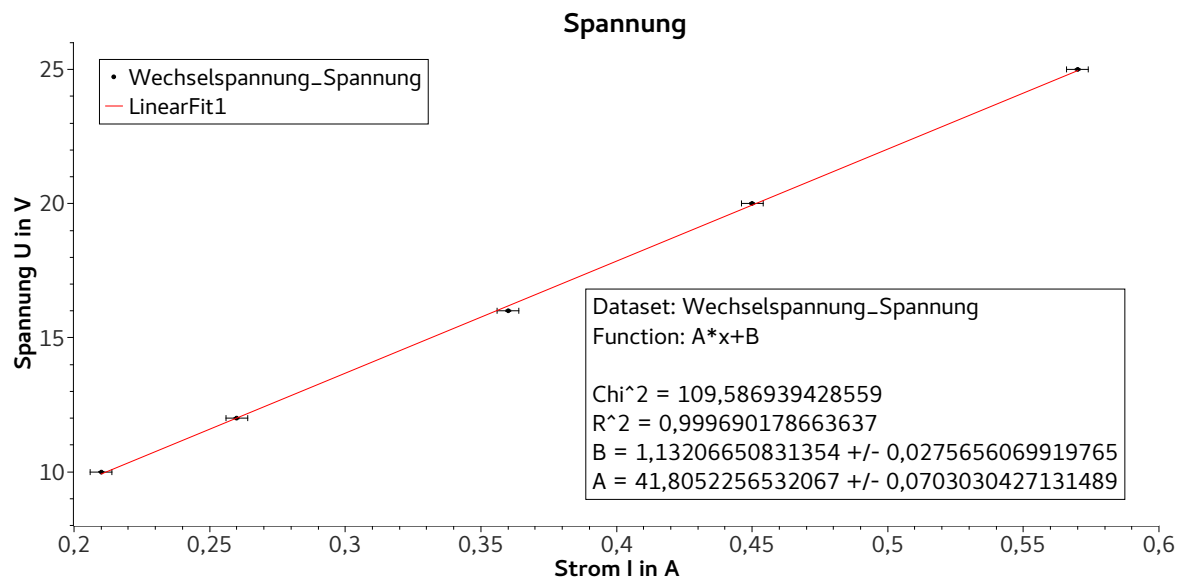


Abbildung 14: Die gemessene Wechselspannung über eine Spule und einen Kondensator ist gegen den Wechselstrom aufgetragen.

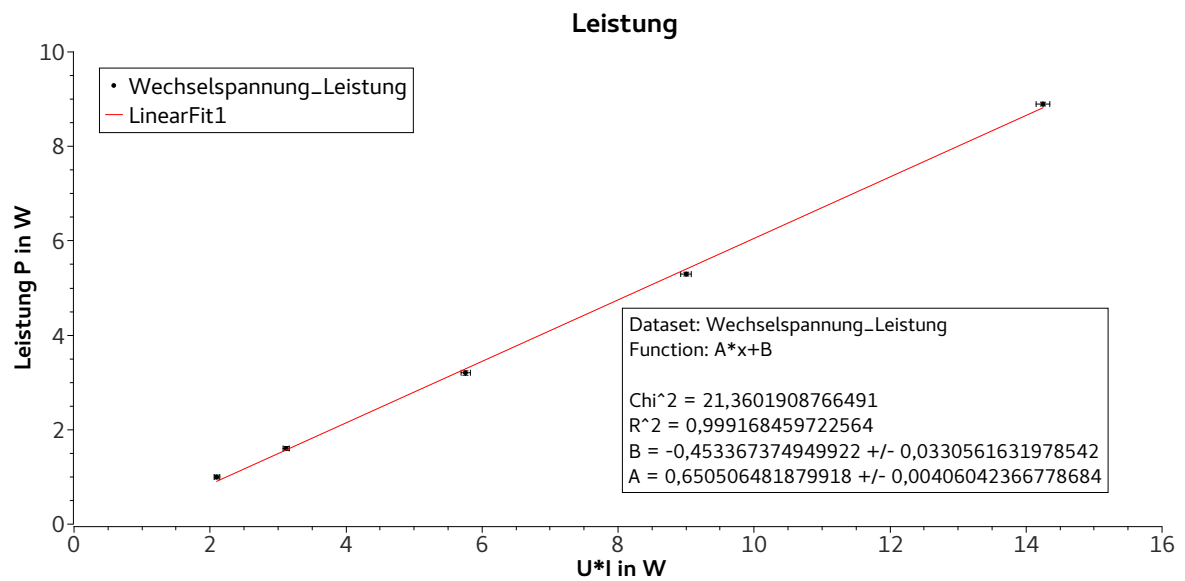


Abbildung 15: Die gemessene effektive Leistung ist gegen das Produkt aus Wechselstrom und Wechselspannung über eine Spule und einen Kondensator aufgetragen.