

Experimentelle Übungen I

Versuchsprotokoll E1

Gleich-und Wechselstrom

Hauke Hawighorst, Jörn Sieveneck

Gruppe 9

`h.hawighorst@uni-muenster.de`

`j_siev11@uni-muenster.de`

betreut von

Katharina Ritter

10. Januar 2017

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung	1
2. Innenwiderstand einer Batterie	1
2.1. Methoden	1
2.2. Daten und Analyse	1
3. Leistungsaufnahme eines Widerstandes	3
3.1. Methoden	3
3.2. Analyse	4
4. Eigenschaften einer Spule	6
4.1. Methoden	6
4.2. Analyse	7
5. Schlussfolgerung	9
A. Anhang	10
A.1. Verwendete Gleichungen	10
Literatur	11

1. Zusammenfassung

[1]

2. Innenwiderstand einer Batterie

Es sollte der Innenwiderstand einer Schaltung aus Akkumulatoren bestimmt werden. Zur Verdeutlichung des Effektes wurde vor jeden Akkumulator ein Widerstand geschaltet.

2.1. Methoden

Zur Bestimmung des Innenwiderstandes wurde die Klemmspannung der Spannungsquelle für verschiedene Außenwiderstände gemessen. Aus Spannung und Widerstand wurden die Spannung U in Abhängigkeit der Stromstärke I (Abb. 1) und die Leistung P in Abhängigkeit des Außenwiderstandes R_a (Abb. 2) berechnet. Aus den Ausgleichskurven folgen jeweils die Klemmspannung ohne Last U_0 sowie der Innenwiderstand R_i . Betrachtet wurden als Spannungsquelle: eine einzelne Monozelle, eine Parallelschaltung sowie eine Reihenschaltung aus drei Monozellen.

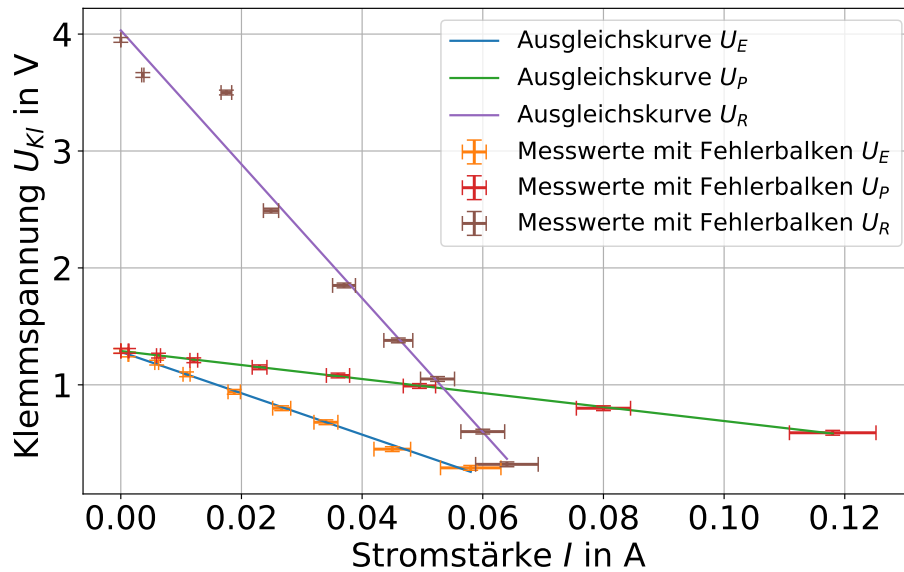
Aus der Ableseungenauigkeit des Voltmeters folgt als Standardunsicherheit $u(U)=0,2\text{ V}$, die relative Unsicherheit der Steckwiderstände wurde mit 5% abgeschätzt.

2.2. Daten und Analyse

Aus den Messpunkten $U(R_a)$ folgt mit dem Ohmschen Gesetz Abb. 1. Aus $U_{Kl} = U_0 - R_a I$ folgt, dass die Steigung der Ausgleichsgerade dem negativen des Innenwiderstandes entspricht. Ohne Stromfluss gilt $U_0 = U_{Kl}$, deswegen entspricht der Y-Achsenabschnitt der Leerlaufspannung U_0 der „idealen Spannungsquelle“ [1]. Die aus den Parametern der Anpassungsgerade gefundenen Werte sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Leerlaufspannung und Innenwiderstand der Spannungsquellen aus den Kennlinien

Schaltung	Leerlaufspannung U_0	Innenwiderstand R_i
Einzelne Monozelle	$(1,28 \pm 0,01) \text{ V}$	$(17,7 \pm 0,4) \Omega$
Parrallelschaltung	$(1,289 \pm 0,003) \text{ V}$	$(5,99 \pm 0,06) \Omega$
Reihenschaltung	$(4,03 \pm 0,12) \text{ V}$	$(57 \pm 3) \Omega$

**Abbildung 1:** Spannungsverläufe der Monozelle U_E , der Parrallelschaltung von drei Monozellen U_P und der Reihenschaltung von drei Monozellen U_R in Abhängigkeit der Stromstärke I .

Die Leistung am äußeren Widerstand ist gegeben durch

$$P = \frac{U_{Kl}^2}{R_a} \quad (2.1)$$

$$= U_0^2 \frac{R_a}{(R_a + R_i)^2}. \quad (2.2)$$

Gleichung 2.1 wurde verwendet um die Leistungen zu berechnen, die Ausgleichskurve wurde nach Gleichung 2.2 erstellt. Die Werte für U_0 und R_i ergeben sich aus der Ausgleichskurve und sind in Tabelle 2 dargestellt. Die Maximale Leistung ergibt sich, bedingt durch den gewählten Ansatz in Gleichung 2.2, für $R_a = R_i$.

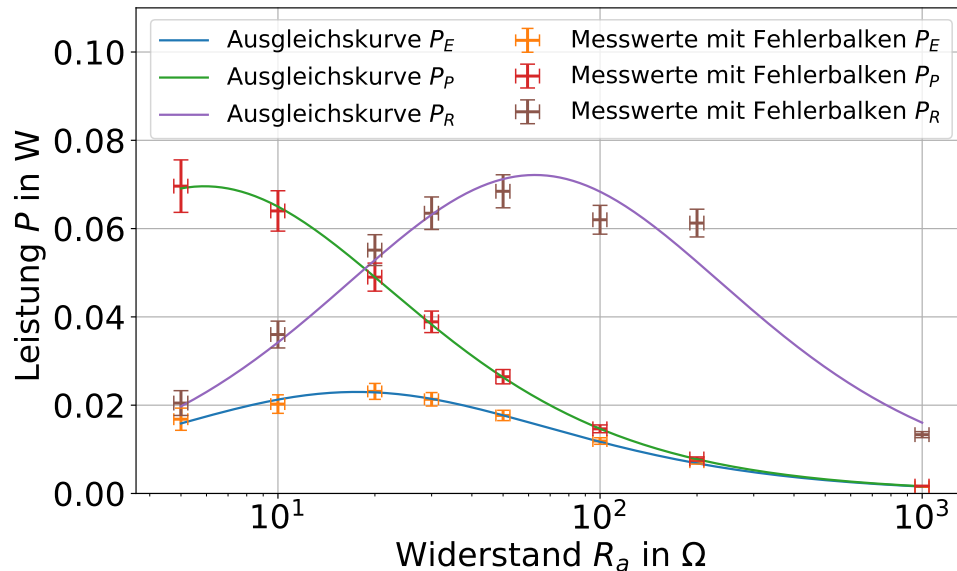


Abbildung 2: Leistung P am Lastwiderstand R_a in dessen Abhängigkeit

Tabelle 2: Leerlaufspannung und Innenwiderstand der Spannungsquellen aus der Leistung

Schaltung	Leerlaufspannung U_0	Innenwiderstand R_i
Einzelne Monozelle	$(1,27 \pm 0,02) \text{ V}$	$(17,6 \pm 0,6) \Omega$
Parrallelschaltung	$(1,282 \pm 0,007) \text{ V}$	$(5,91 \pm 0,09) \Omega$
Reihenschaltung	$(4,26 \pm 0,21) \text{ V}$	$(63 \pm 5) \Omega$

3. Leistungsaufnahme eines Widerstandes

Zusätzlich zu der Spannung U und der Stromstärke I ist die Leistungsaufnahme P eine Kenngröße in elektrischen Schaltungen. Der Zusammenhang obiger Größen wird für einen Widerstand untersucht.

3.1. Methoden

Es werden in einer Schaltung gemäß Position a) in ?? Leistung und Stromstärke bezüglich des Widerstandes R_2 bei fünf verschiedenen Spannungen bei Gleich- und Wechselstrom gemessen. Anschließend wird der Zusammenhang zwischen der Spannung U und der Stromstärke I , welcher mithilfe des Widerstandes definiert ist, untersucht. Der Zusam-

menhang zwischen Leistung P und dem Produkt aus Spannung und Stromstärke UI wurde in Abb. 5 graphisch dargestellt.

3.2. Analyse

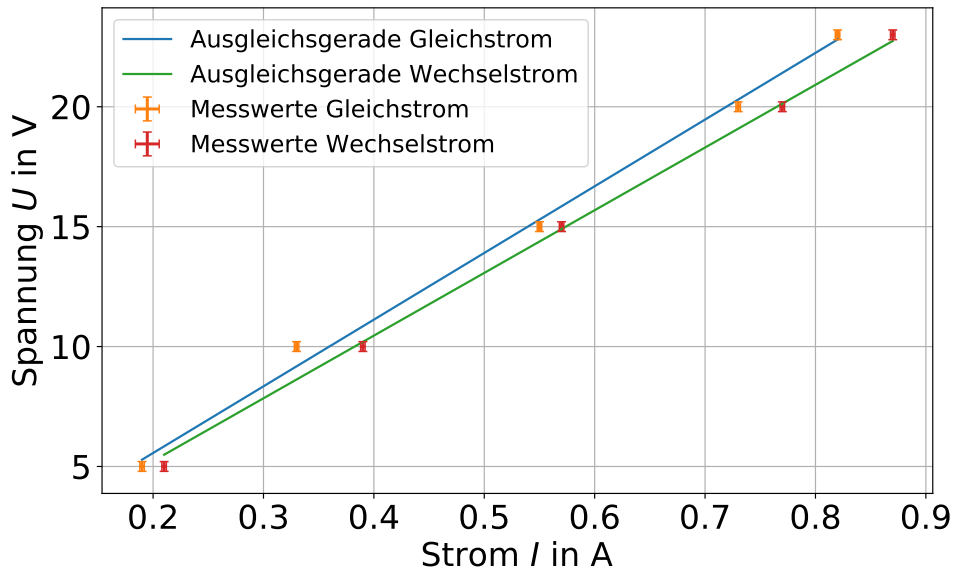


Abbildung 3: Relation von Spannung und Stromstärke an dem Verbrauchswiderstand R_2 .

In Abb. 3 ist zu erkennen, dass Spannung und Stromstärke proportional zueinander sind. Die Steigung der Ausgleichsgeraden gibt den Widerstand an. Bei Gleichstrom betrug der Widerstand $(27,8 \pm 0,7) \Omega$, bei Wechselstrom $(26,1 \pm 0,5) \Omega$. Der Widerstand hat laut Hersteller 27Ω . Folglich stimmen alle drei Angaben im Rahmen des 2σ -Intervalls überein. Um die Abweichungen detaillierter betrachten zu können, sind die Widerstände R_a in Abb. 4 gegen die Spannung U aufgetragen. Zu erkennen ist, dass die ersten Messpunkte jeweils unterhalb des Mittelwertes lagen, dies lässt vermuten dass der Widerstand bei Beginn der Messung noch kälter war. Der Messpunkt bei $U_{eff} = 10 \text{ V}$ ist auf einen groben Fehler bei der Messung oder Laborbuchführung zurückzuführen.

Die Leistung ist bei Gleichstrom definiert als $P = UI$ folglich sollte die Steigung der Ausgleichsgeraden eins sein. Die Anpassung bezieht die Steigung der Ausgleichsgeraden

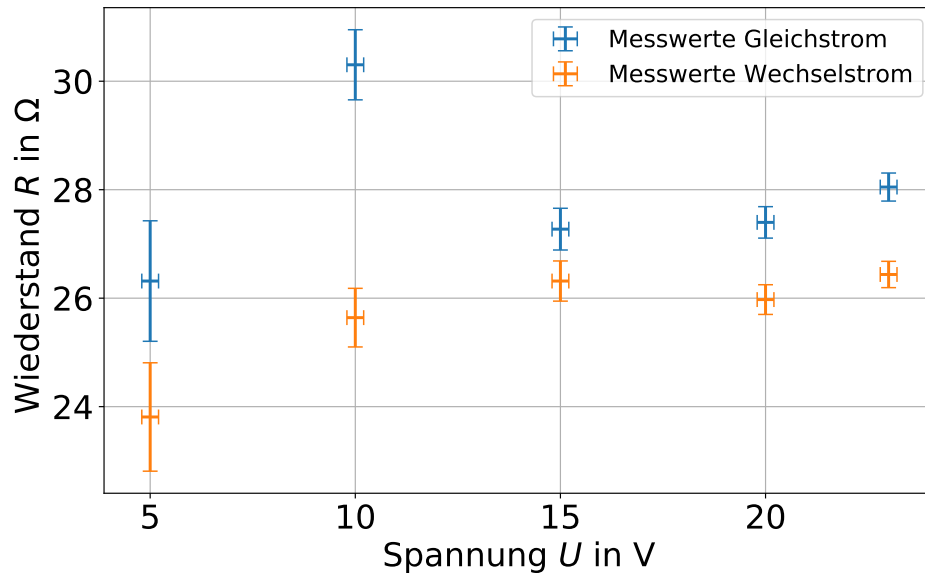


Abbildung 4: Widerstand $R = \frac{U}{I}$ gegen Spannung U bei Gleich- bzw. Wechselstrom.

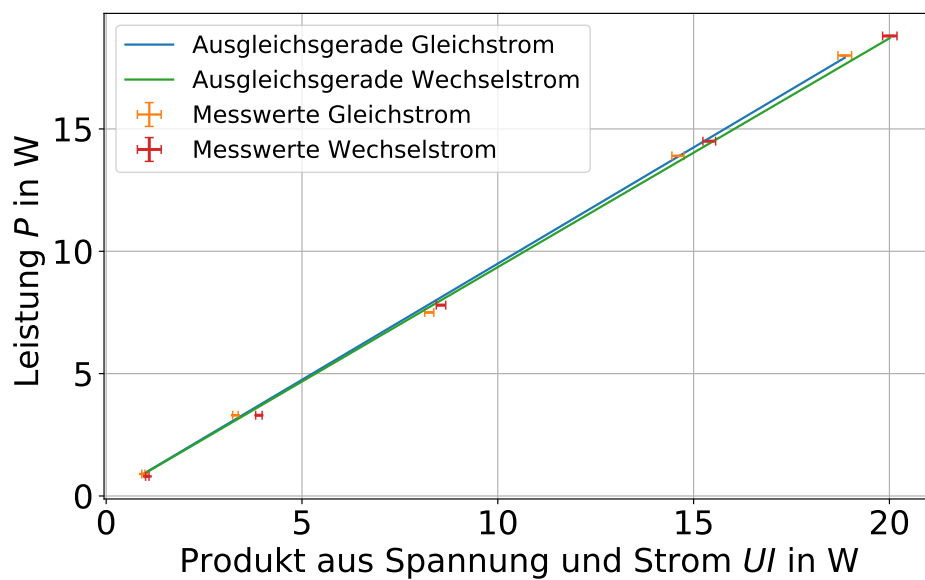


Abbildung 5: Zusammenhang zwischen Leistung P und dem Produkt aus Spannung und Stromstärke UI für Gleich- und Wechselstrom.

für Gleichstrom in Abb. 5 mit $S_G = (95,0 \pm 0,8) \%$. Analog gilt für Wechselstrom $P_{eff} = U_{eff} I_{eff} \cos(\phi)$ mit $\phi = 0$, da ein Ohmscher Widerstand verwendet wurde. Die Steigung der Ausgleichsgeraden für Wechselstrom in Abb. 5 beträgt $S_W = (93,5 \pm 0,8) \%$. Beide Werte weichen um mehr als 6σ von dem theoretisch vorhergesagten Wert ab. Da jedoch bei der Messung der Leerlaufleistung des Voltmeters festgestellt wurde, dass diese negativ war und mit zunehmender Spannung weiter sank, ist es in sich konsistent, dass die gemessenen Leistungen unterhalb der Erwartungen liegen.

4. Eigenschaften einer Spule

In diesem Kapitel werden der Phasenwinkel ϕ , der Wirkwiderstand R_W sowie die Induktivität L einer Spule berechnet

4.1. Methoden

Um die oben genannten Größen zu berechnen wurde die Spannung U , der Strom I und die Leistung P für den in Abb. ?? zu sehenden Stromkreis gemessen. Es handelt sich hier um die Position b). Die Spannung und der Strom wurden sowohl bei Wechselstrom als auch bei Gleichstrom bestimmt, während die Leistung nur bei Wechselstrom gemessen wurde. Zu beachten ist dass es sich bei allen im weiteren genannten Werte für U, I , die bei Wechselstrom gemessen wurden, um Effektivwerte handelt und P nur gemittelt angegeben werden kann. Die Messungen wurden mit einem Multimeter, einem Amperemeter und einem Wattmeter durchgeführt. All diese Messgeräte wahren mit einem analogen Skala versehen. Aus diesem Grund sind alle Unsicherheiten der Messwerte durch eine Dreiecksverteilung abzuschätzen.

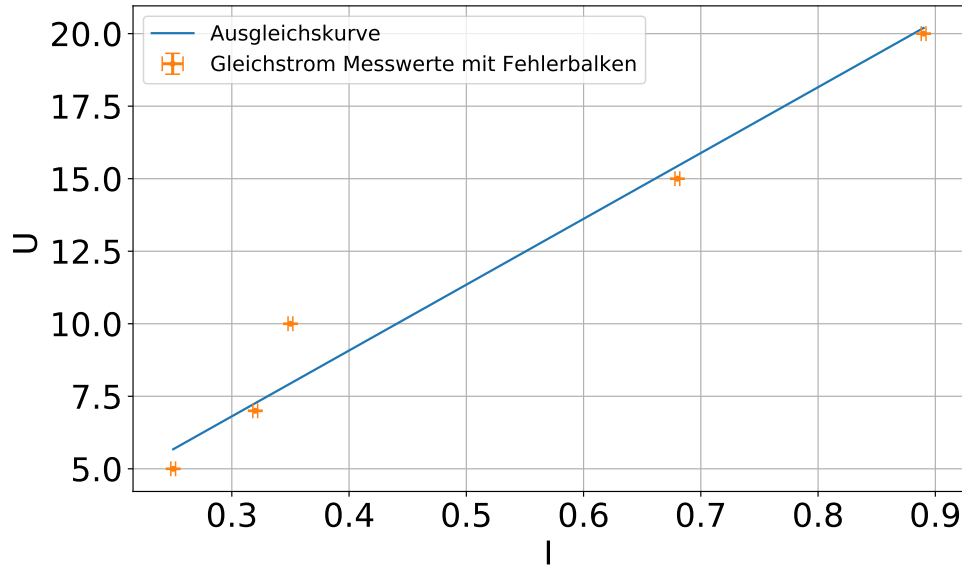


Abbildung 6: Die Spannung $U_{eff.}$ gegen den Strom $I_{eff.}$ für Gleichstrom.

4.2. Analyse

Die gemessenen Werte wurden in den Abbildungen 7,6 und 8 dargestellt. Die für die weitere Auswertung wichtigen Gleichungen lauten:

$$|Z| = \sqrt{R_W + \omega^2 L^2} \quad (4.1)$$

$$L = \frac{\sqrt{|Z|^2 - R^2}}{\omega} \quad (4.2)$$

$$|Z| = \frac{U_{eff.}}{I_{eff.}} \quad (4.3)$$

$$\phi = \arccos\left(\frac{\bar{P}}{U_{eff.} I_{eff.}}\right) \quad (4.4)$$

$$R_W = |Z| \cdot \cos(\phi). \quad (4.5)$$

(Alle oben genannten Gleichungen Gelten für Wechselstrom mit $\omega = 2\pi \cdot 50 \text{ Hz.}$)

$$R_i = \frac{U}{I} \quad (4.6)$$

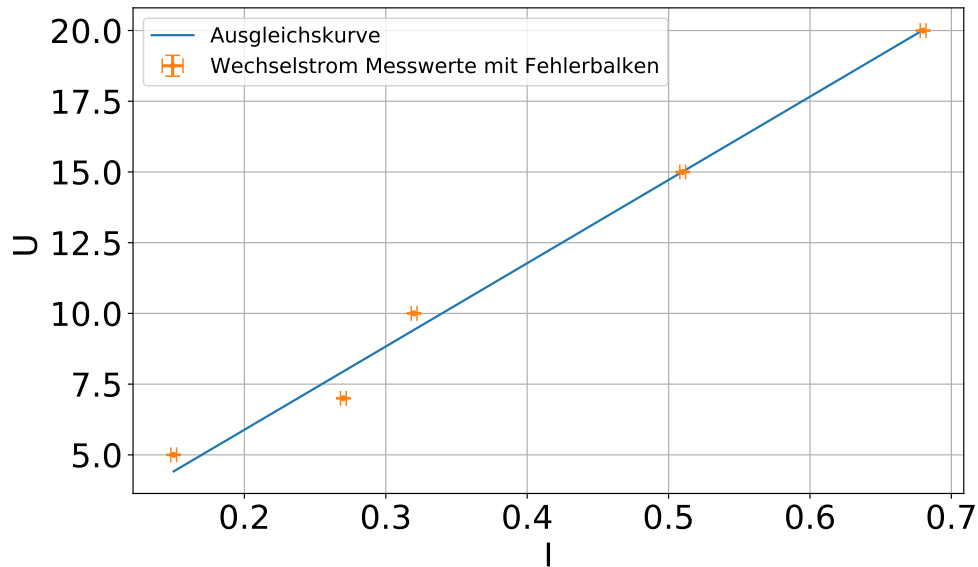


Abbildung 7: Die Spannung U_{eff} gegen den Strom I_{eff} für Wechselstrom.

(Gilt für Gleichstrom.)

Entnimmt man die Steigungen aus den Abbildungen 7,6 und 8 und setzt sie in die oben genannten Gleichungen ein so erhält man die in Tabelle 3 zu sehenden Werte. Hierbei wurde jedoch in Gleichung 4.3 R_i eingesetzt, da R_i direkt aus der Steigung der Abb. 6 bagelesen wurde während R_W durch Gleichung 4.5 berechnet werden musste. Vergleicht man die beiden Werte von R_w und R_i miteinander so erkennt man das R_W in der 2σ -Umgebung von R_i liegt.

Tabelle 3: Die Werte für $|Z|$, ϕ , R_W , R_i , L .

Z	$(29,4 \pm 0,4) \Omega$
ϕ	$(0,7548 \pm 0,0003) \text{ rad}$
R_W	$(21,4 \pm 0,3) \Omega$
R_i	$(22,7 \pm 0,8) \Omega$
L	$(0,060 \pm 0,004) \text{ H}$

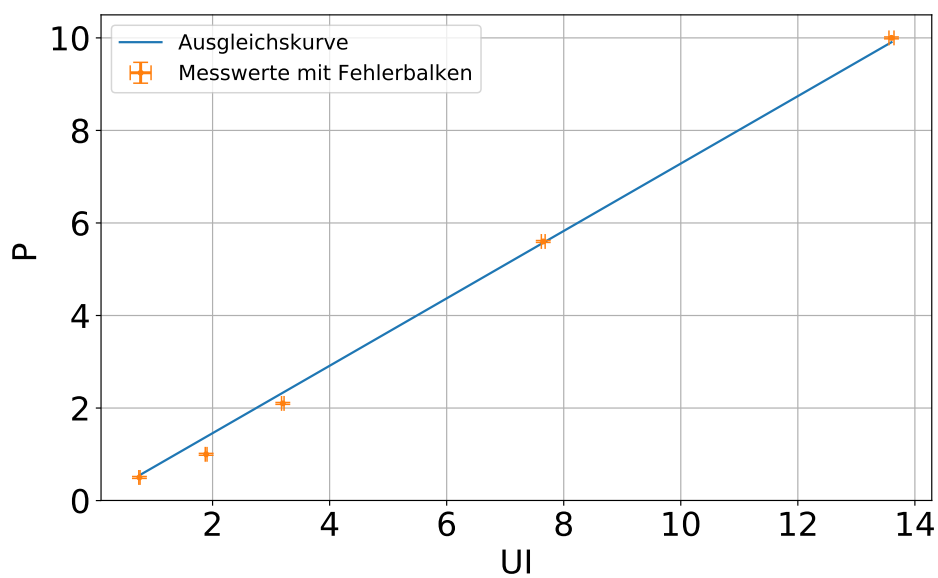


Abbildung 8: Die Leistung $P_{eff.}$ gegen $U_{eff.} \cdot I_{eff.}$ für Wechselstrom.

5. Schlussfolgerung

A. Anhang

A.1. Verwendete Gleichungen

Literatur

- [1] Markus Donath und Anke Schmidt. *Begleitkurs zu den Experimentellen Übungen I*. 2017. URL: <https://sso.uni-muenster.de/LearnWeb/learnweb2/course/view.php?id=28561> (besucht am 13.01.2018).