

# 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

<b>1. Zusammenfassung</b>	<b>1</b>
<b>2. Innenwiderstand einer Batterie</b>	<b>1</b>
2.1. Methoden . . . . .	1
2.2. Daten und Analyse . . . . .	1
<b>3. Leistungsaufnahme eines Widerstandes</b>	<b>3</b>
3.1. Methoden . . . . .	3
3.2. Analyse . . . . .	4
<b>4. Eigenschaften einer Spule</b>	<b>5</b>
4.1. Methoden . . . . .	5
4.2. Analyse . . . . .	6
<b>5. Schlussfolgerung</b>	<b>8</b>
<b>A. Anhang</b>	<b>9</b>
A.1. Verwendete Gleichungen . . . . .	9
<b>Literatur</b>	<b>10</b>

## 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.

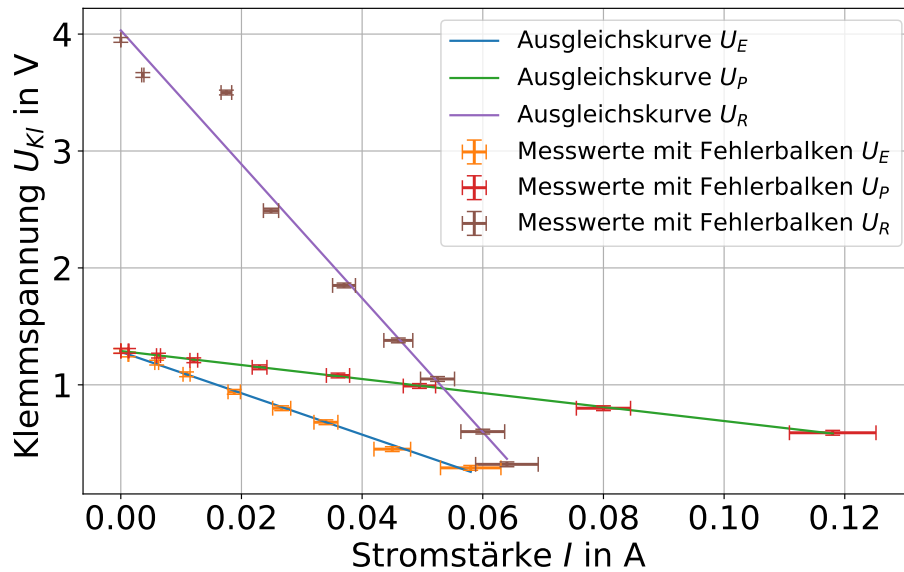
Aus der Ableseungenauigkeit des Voltmeters folgt als Standardunsicherheit  $u(U)=0,2\text{ V}$ , die relative Unsicherheit der Steckwiderstände wurde mit 5% abgeschätzt.

### 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  $R_a = R_i$ .

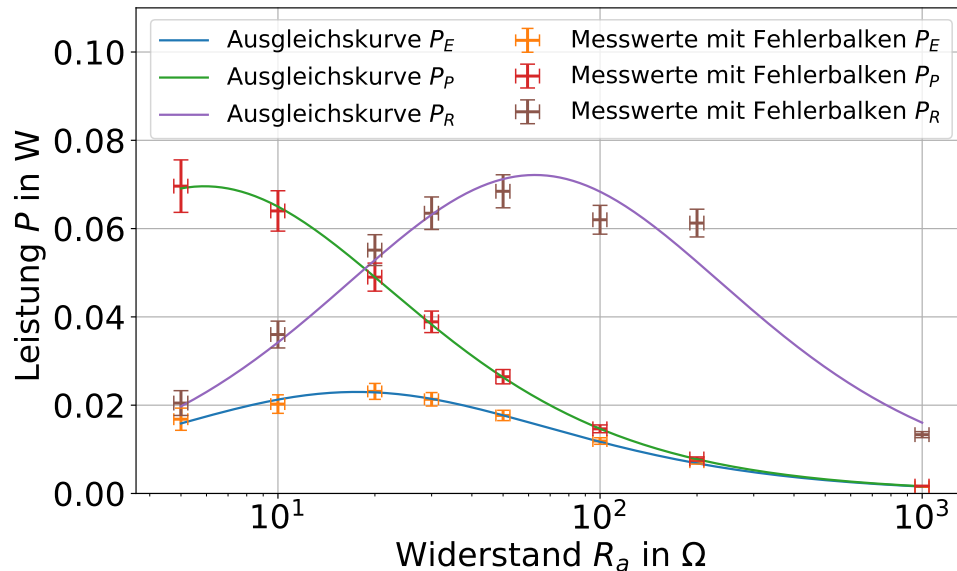
Abbildung 2: Leistung  $P$  am Lastwiderstand  $R_a$  in dessen Abhängigkeit

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.

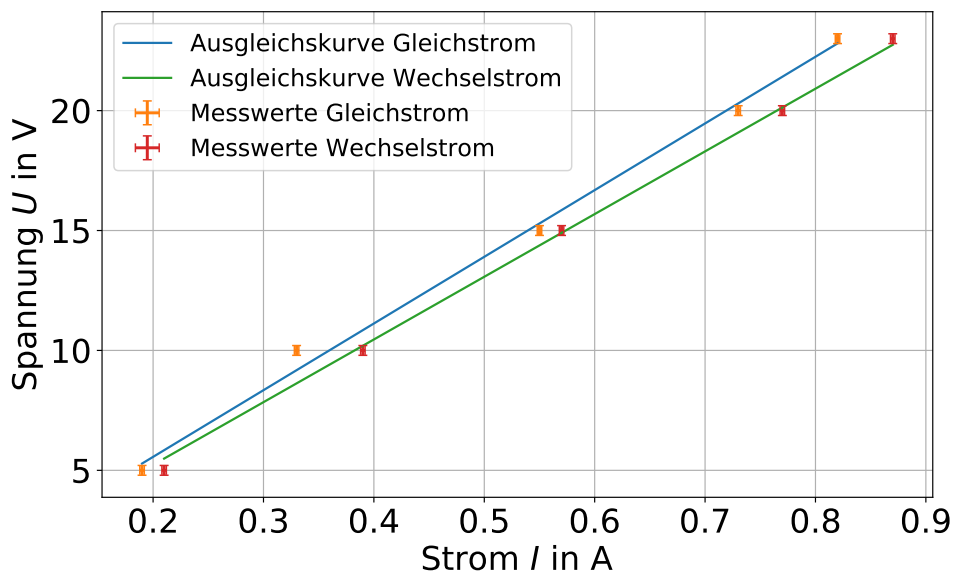
#### 3.1. Methoden

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  $I$  sowie die Relation zwischen der Leistung  $P$  und dem Produkt aus Spannung

und Stromstärke  $UI$  graphisch dargestellt.

### 3.2. Analyse

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  $27 \Omega$ . Folglich stimmen alle drei Angaben im Rahmen des  $2\sigma$ -Intervalls überein.



**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  $27 \Omega$ . Folglich stimmen alle drei Angaben im Rahmen des  $2\sigma$ -Intervalls überein.

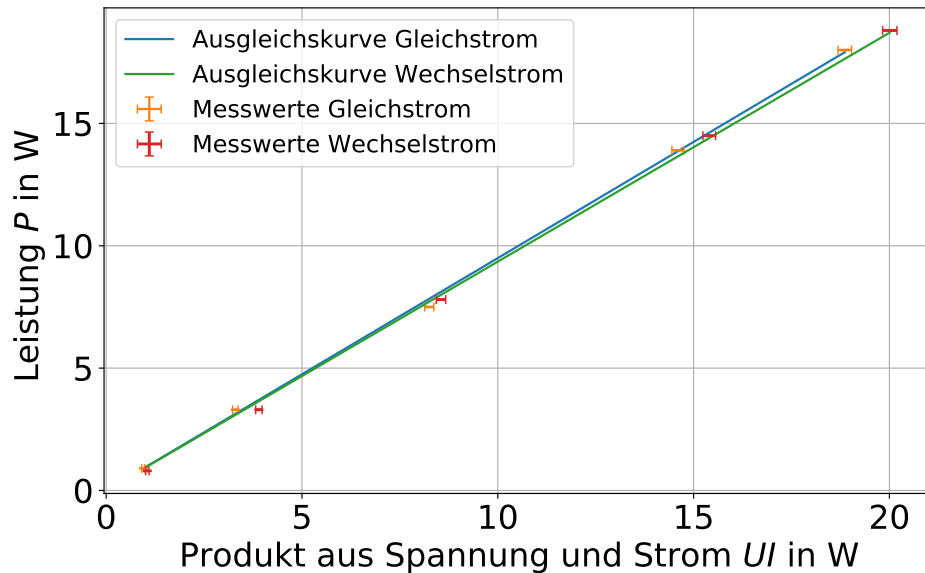


Abbildung 4

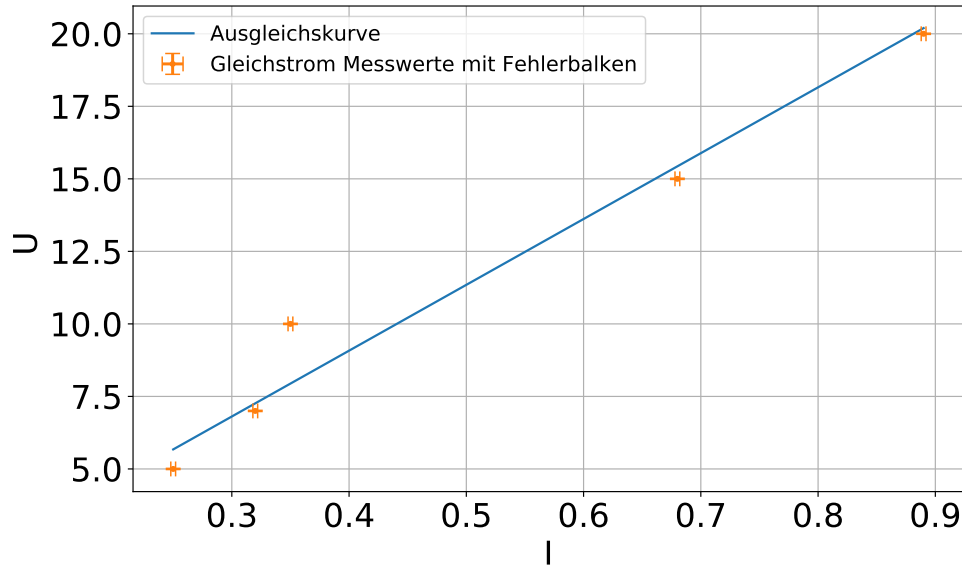
## 4. Eigenschaften einer Spule

In diesem Kapitel werden der Phasenwinkel  $\phi$ , 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.

## 4.2. Analyse



**Abbildung 5:** Die Spannung  $U_{eff.}$  gegen den Strom  $I_{eff.}$  für Gleichstrom.

Die gemessenen Werte wurden in den Abbildungen 6,5 und 7 dargestellt. Die für die weitere Auswertung wichtigen Gleichungen lauten:

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

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

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

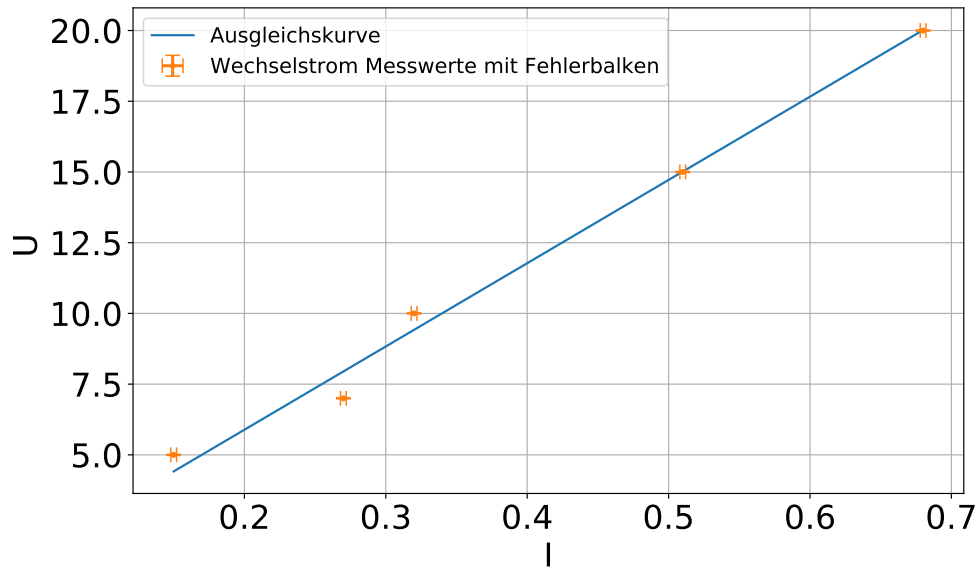
$$\phi = \arccos\left(\frac{\bar{P}}{U_{eff.} I_{eff.}}\right) \quad (4.4)$$

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

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

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





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

(Gilt für Gleichstrom.)

Entnimmt man die Steigungen aus den Abbildungen 6,5 und 7 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. 5 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  $2\sigma$ -Umgebung von  $R_i$  liegt.

**Tabelle 3:** Die Werte für  $|Z|, \phi, R_W, R_i, L$ .

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

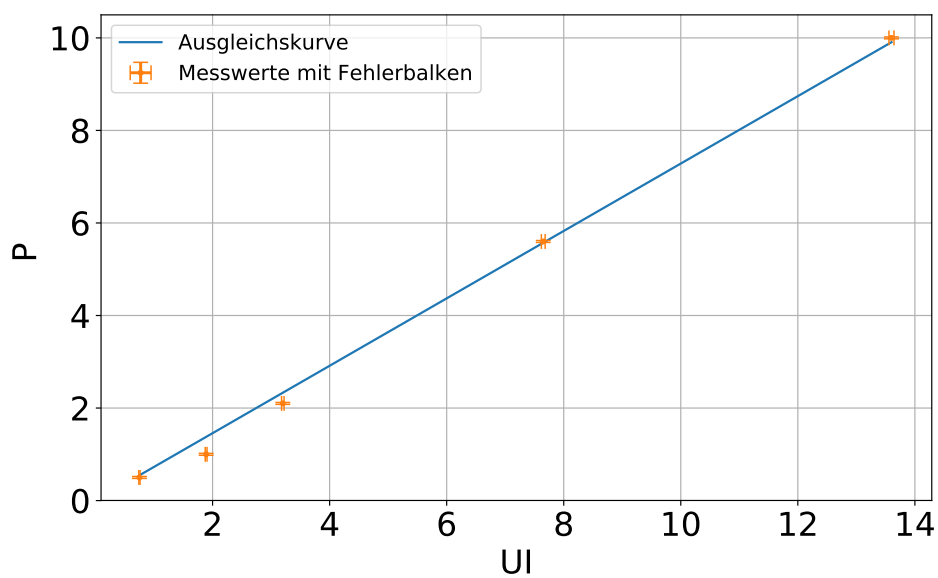


Abbildung 7: Die Leistung  $P_{eff.}$  gegen  $U_{eff.} \cdot I_{eff.}$  für Wechselstrom.

## 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).