

**Versuchsnummer: 311**

## **Hall-Effekt**

Konstantin Mrozik  
konstantin.mrozik@udo.edu

Marcel Kebekus  
marcel.kebekus@udo.edu

Durchführung: 07.01.2020

Abgabe: 14.01.2020

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Theorie</b>	<b>3</b>
1.1	Bandstruktur und elektrische Leitfähigkeit von Kristallen . . . . .	3
1.2	Elektrischer Widerstand homogener Leiter . . . . .	4
1.3	Der Hall Effekt - Bestimmung von Ladungsträgerdichte $n$ . . . . .	4
1.4	Leitfähigkeitsparameter . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Durchführung</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Auswertung</b>	<b>5</b>
3.1	Magnetfeldmessung . . . . .	5
3.2	Die Bestimmung der mikroskopischen Parameter . . . . .	7
3.3	Kupfer . . . . .	8
3.3.1	Geometrische Messungen und Widerstand . . . . .	8
3.3.2	Hall Spannung bei konstantem B-Feld . . . . .	8
3.3.3	Hall Spannung bei konstantem Querstrom . . . . .	10
3.4	Silber . . . . .	12
3.4.1	Geometrische Messungen und Widerstand . . . . .	12
3.4.2	Hall Spannung bei konstantem B-Feld . . . . .	12
3.4.3	Hall Spannung bei konstantem Querstrom . . . . .	14
3.5	Zink . . . . .	16
3.5.1	Geometrische Messungen und Widerstand . . . . .	16
3.5.2	Hall Spannung bei konstantem B-Feld . . . . .	16
3.5.3	Hall Spannung bei konstantem Querstrom . . . . .	18
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>20</b>
	<b>Literatur</b>	<b>21</b>

# 1 Theorie

## Ziel

Mit dem Versuch sollen verschiedene mikroskopische Parameter verschiedener Metallproben (Kupfer, Silber und Zink) bestimmt und ausgewertet werden.

### 1.1 Bandstruktur und elektrische Leitfähigkeit von Kristallen

Atome sind eng benachbart. Aus diesem Grund folgen die Elektronen dem Pauli-Prinzip. D.h. innerhalb eines Systems dürfen die Elektronen nicht im gleichen Quantenzustand vorliegen. Somit besitzt jedes Elektron eine geringfügig unterschiedliche Energie. Die Energiebänder gehen dabei aus diesen Energieniveaus hervor.

**Energiebänder überlappen sich** Elektronen können in einem spontanen Übergang vom unteren in das obere Band übergehen. Sie bilden dabei Leerstellen, welche als "Löcher" bezeichnet werden. Beim Einfluss eines äußeren elektrischen Feldes verhalten sich diese wie positive Ladungen und sind somit ortsveränderlich. Dies hat Einfluss auf die elektrische Leitfähigkeit. Das Resultat bildet der anomale Hall-Effekt.

**Energiebänder bilden Löcher** Tritt zwischen zwei Bändern eine endliche Lücke auf, so wird diese "verbotene Zone" genannt. Diese beeinhaltet Energien, welche die Elektronen im Festkörper nicht annehmen können.

Sind die Atomschalen komplett gefüllt, so können die Elektronen keine Energien aufnehmen und abgeben, folglich tragen sie nicht zur Leitfähigkeit bei. Ist die äußere Schale nicht komplett gefüllt, so können die Elektronen Energien aufnehmen/abgeben. Wird nun ein elektrisches Feld angelegt, so nimmt das Elektron Energie auf und bewegt sich auf den elektrischen Feldlinien, ein makroskopischer Strom ist messbar. Diese Elektronen werden Leistungselektronen genannt.

Generell wechselwirken die Leistungselektronen nicht miteinander und nicht mit den zurückgelassenen Ionenrümpfen. Idealisiert hat das Material somit eine unendlich hohe Leitfähigkeit.

Praktisch führen Gitterfehler und Verschmutzungen zu Zusammenstößen zwischen den bewegten Elektronen und den Fehlstellen. Die mittlere Flugzeit  $\bar{\tau}$  spiegelt dabei das Zeitintervall zwischen zwei Zusammenstößen wieder.

Wird nun ein elektrisches Feld an eine Probe angelegt, so bewegt sich das Elektron gleichmäßig beschleunigt in der Zeit  $\bar{\tau}$  entlang von  $\vec{E}$ .

Die Beschleunigung  $\vec{b}$  ist abhängig von der Ladung des Elektrons (also  $-e_0$ ) und dessen Ruhemasse  $m_0$

$$\vec{b} = -\frac{e_0}{m_0} \vec{E} \quad (1)$$

Daraus resultiert die Geschwindigkeitsänderung  $\Delta \vec{v}$

$$\Delta \vec{v} = -\frac{e_0}{m_0} \vec{E} \bar{\tau} \quad (2)$$

Für die Driftgeschwindigkeit  $\vec{v}_d$  gilt:

$$\vec{v}_d = \frac{1}{2} \Delta \vec{v} = \mu \vec{E} \quad (3)$$

mit der Beweglichkeit  $\mu$

## 1.2 Elektrischer Widerstand homogener Leiter

Die Leitfähigkeit  $S$ :

$$S = \frac{1}{2} \frac{e_0^2}{m_0} n \bar{\tau} \frac{Q}{L} \quad (4)$$

Der Strom  $I$  ist:

$$I = S \cdot U \quad (5)$$

Der elektrische Widerstand  $R$  ergibt sich somit aus:

$$R = 2 \frac{m_0}{e_0^2} \frac{1}{n \bar{\tau}} \frac{L}{Q} = \frac{1}{S} \quad (6)$$

Daraus folgende die geometrieunabhängigen Größen:  
spezifische Leitfähigkeit  $\sigma$

$$\sigma = \frac{1}{2} \frac{e_0^2}{m_0} n \bar{\tau} \quad (7)$$

Spezifischer Widerstand  $\rho$

$$\rho = 2 \frac{m_0}{e_0^2} \frac{1}{n \bar{\tau}} \quad (8)$$

## 1.3 Der Hall Effekt - Bestimmung von Ladungsträgerdichte $n$

Für die entstehende Spannung (genannt Hallspannung ( $U_H$ )) bei einer stromdurchflossenen  $I_q$  elektrischen Leiterplatte der Dicke  $b$  im Magnetfeld  $\vec{B}$  gilt

$$U_H = E_y \cdot b = \bar{v}_d B \cdot b = -\frac{1}{n e_0} \frac{B \cdot I_q}{d} \quad (9)$$

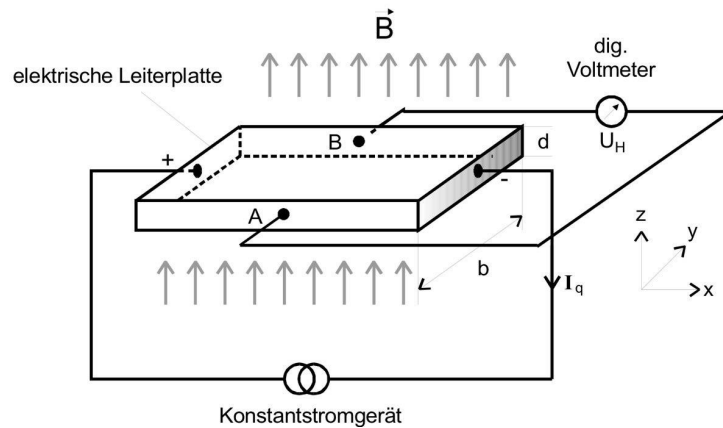


Abbildung 1: Anordnung zur Beobachtung des Hall Effektes [8, S. 265]

## 1.4 Leitfähigkeitsparameter

Mittlere freie Weglänge

$$\bar{l} = \bar{\tau} \cdot |v| \approx \bar{\tau} \sqrt{\frac{2 E_F}{m_0}} \quad (10)$$

mit der Totalgeschwindigkeit  $|v|$  bei der Fermi-Energie  $E_F$

$$|v| \approx \sqrt{\frac{2 E_F}{m_0}} \quad (11)$$

## 2 Durchführung

Um passende Werte für das Magnetfeld  $\vec{B}$  zu erhalten muss zu Beginn des Versuchs mit einer Hall Sonde das Magnetfeld in Abhängigkeit des Spulenstroms  $I_{Spule}$  gemessen werden.

Nachdem das Magnetfeld gemessen wurde können die Proben in die Halterung eingespannt werden. Sie beinhalten ein dünnes Plättchen der Materialien Kupfer, Silber, Zink.

Bei konstantem Durchflussstrom  $I_{Spule}$  wird nun der Spulenstrom von 0 Ampere bis auf 5 Ampere erhöht und die Hall Spannung  $U_H$  des Material gemessen.

Anschließend wird der Spulenstrom konstant auf 5 Ampere eingestellt und die Hall Spannung in Abhängigkeit von dem Durchflussstrom gemessen. Die Messungen der Hall Spannung werden für jedes der 3 Materialien wiederholt (Kupfer,Silber,Zink).

## 3 Auswertung

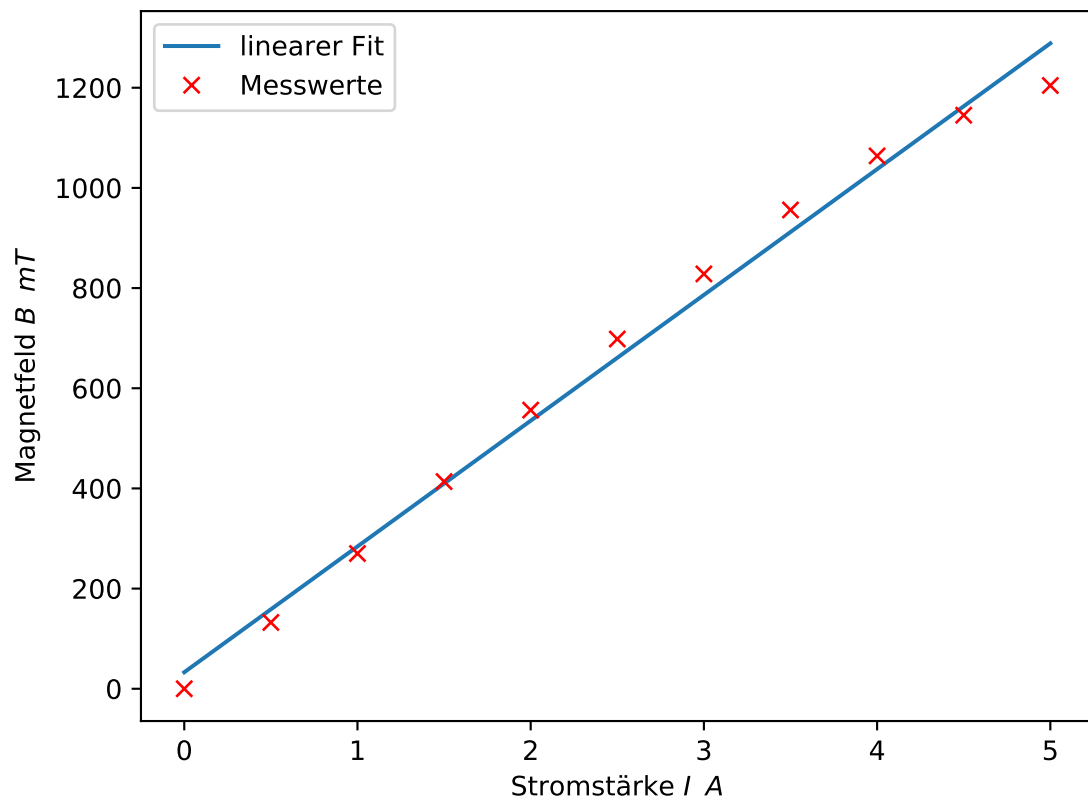
### 3.1 Magnetfeldmessung

Zu Beginn des Experiments wird das Magnetfeld in Abhängigkeit des Spulenstroms bestimmt (1). Zwischen den beiden Größen besteht ein linearer Zusammenhang, daher

lässt sich die Kurve durch eine Ausgleichsgerade annähern.

$I_{Spule} / A$	$B / mT$
0,0	0,0
0,5	132,4
1,0	270,0
1,5	413,7
2,0	556,4
2,5	698,3
3,0	828,3
3,5	956,0
4,0	1063,9
4,5	1145,2
5,0	1204,5

**Tabelle 1:** Magnetfeldmessung (reihe)



**Abbildung 2:** B-Feld Messung

Mit der Ausgleichsgeraden

$$y = mx + b$$

$$m = (251 \pm 8) \frac{\text{mT}}{\text{A}}$$

$$b = (32 \pm 24) \text{mT}$$

Aus der Umkerfunktion dieser Ausgleichsrechnung lässt sich in den folgenden Berechnungen das B-Feld aus dem angelegten Spulenstrom bestimmen.

### 3.2 Die Bestimmung der mikroskopischen Parameter

Über eine Ausgleichsgerade lässt sich die Anzahl der Ladungsträger pro Volumen sowohl in Abhängigkeit vom B-Feld (bei konstantem  $I_{quer}$ ) als auch in Abhängigkeit vom Querstrom (bei konstantem  $B$ ) bestimmen. Die folgenden Rechnungen werden für jedes Material somit einmal mit dem aus dem B-Feld berechneten und einmal mit dem aus dem Querstrom berechneten Wert durchgeführt. Die Anzahl der Ladungsträger bestimmt sich mit

$$n = -\frac{1}{e_0 U_H d} \cdot B \cdot I_q$$

$$y = \quad m \quad \cdot \quad x \quad + b$$

Weiterhin lässt sich mit den so errechneten Werten für  $n$  der Energie Parameter  $E_F$  berechnen.

$$E_F = \frac{h^2}{2m_0} \cdot \left( \frac{3}{8\pi} \cdot n \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$\Delta E_F = \left( \frac{9h^2 (\Delta n)^2}{192\pi^2 m_0} \cdot \left( \frac{9}{64\pi^2} \Delta n^2 \right)^{-\frac{2}{3}} \right)$$

Über  $E_F$  lässt sich der nächste Parameter, die Totalgeschwindigkeit  $|\bar{v}|$ , berechnen.

$$|\bar{v}| = \left( \frac{2E_F}{m_0} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\Delta|\bar{v}| = \frac{1}{2} \left( \frac{2\Delta E_F}{m_0} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

Außerdem lässt sich aus  $n$  und der zuvor berechneten spezifischen Leitfähigkeit  $\rho$  die mittlere Flugzeit  $\bar{\tau}$  berechnen.

$$\bar{\tau} = 2 \frac{m_0}{e_0^2} \cdot \frac{1}{n\rho}$$

$$\Delta\bar{\tau} = \sqrt{\left( -2 \frac{m_0}{e_0^2} \cdot \frac{1}{n^2\rho} \cdot \Delta n \right)^2 + \left( -2 \frac{m_0}{e_0^2} \cdot \frac{1}{n\rho^2} \cdot \Delta\rho \right)^2}$$

Aus der mittleren Flugzeit  $\bar{\tau}$  kann dann noch die mittlere freie Weglänge  $\bar{l}$  bestimmt werden.

$$\bar{l} = \bar{\tau} \cdot |\bar{v}|$$

$$\Delta \bar{l} = \sqrt{(|\bar{v}| \cdot \Delta \bar{\tau})^2 + (\bar{\tau} \cdot |\Delta \bar{v}|)^2}$$

Nun muss noch die Beweglichkeit der Ladungsträger  $\mu$  über das äußere elektrische Feld  $\vec{E}$  und die Driftgeschwindigkeit  $\vec{v}_d$  bestimmt werden

$$\vec{v}_d = -\frac{n \cdot e_0}{j}$$

$$\Delta \vec{v}_d = -\frac{e_0}{j} \Delta n$$

$$\mu = 2 \frac{m_0 j}{e_0^2} \cdot \frac{1}{n \bar{\tau}}$$

$$\Delta \bar{\mu} = \sqrt{\left(-2 \frac{m_0 j}{e_0^2} \cdot \frac{1}{n^2 \bar{\tau}} \cdot \Delta n\right)^2 + \left(-2 \frac{m_0 j}{e_0^2} \cdot \frac{1}{n \bar{\tau}^2} \cdot \Delta \bar{\tau}\right)^2}$$

### 3.3 Kupfer

#### 3.3.1 Geometrische Messungen und Widerstand

Die Dicke des Kupferblatts konnte auf der Apparatur abgelesen werden. Die Länge des Kupferdrahts konnte auch abgelesen werden, der Widerstand wurde jedoch gemessen.

$$d_{Cu} = 18 \mu\text{m}$$

$$l_{Cu} = 137 \text{ cm}$$

$$R_{Cu} = 2,734 \Omega$$

$$r_{Cu} = \frac{1}{2} \cdot 0,218 \text{ mm}$$

Daraus lässt sich die spezifische Leitfähigkeit des Materials berechnen.

$$\rho_{Cu} = R_{Cu} \cdot \frac{\pi r_{Cu}^2}{l_{Cu}}$$

$$\rho_{Cu} = (0,074 \pm 0,007) \mu\Omega \text{ m}$$

$$\rho_{Cu, \text{literatur}} = 0,018 \mu\Omega \text{ m}$$

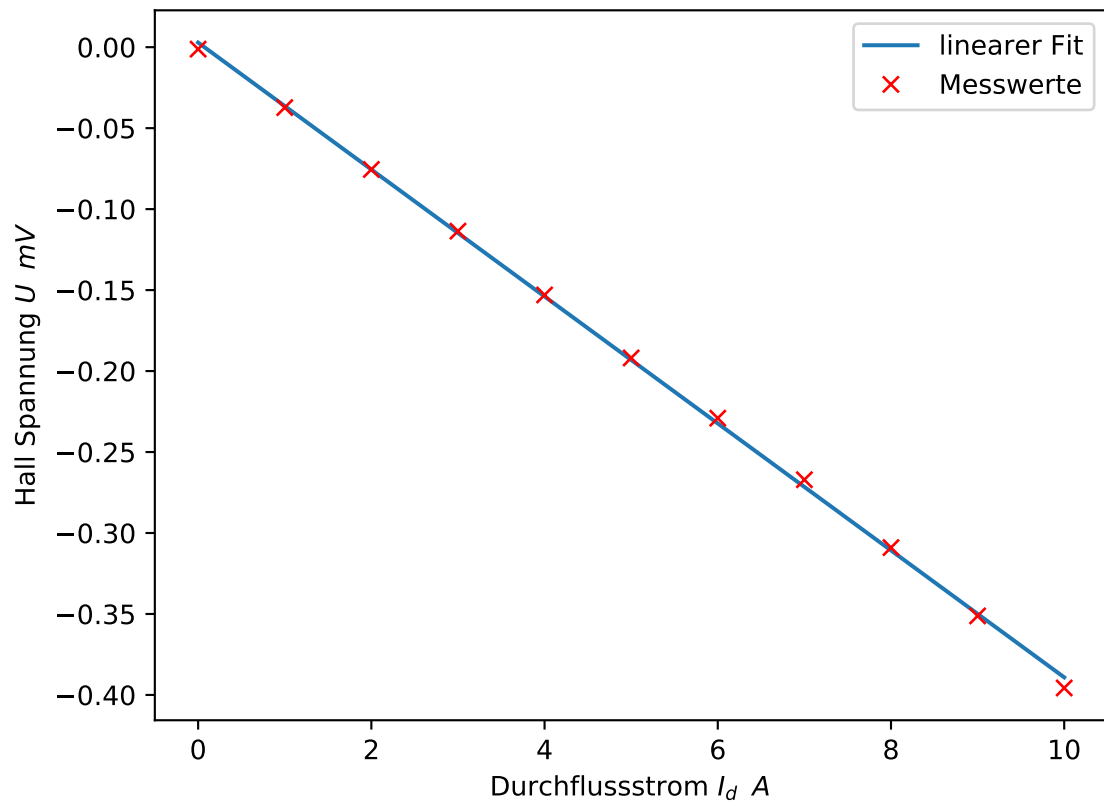
#### 3.3.2 Hall Spannung bei konstantem B-Feld

Um die Abhängigkeit der Hall Spannung vom anliegenden Querstrom  $I_q$  festzustellen wurde der Spulenstrom  $I_B$  konstant auf 5 Ampere gehalten.



$I_B / \text{A}$	$U_H / \text{mV}$	$I_q / \text{A}$
5	0,0029	0
5	0,0005	1
5	-0,0015	2
5	-0,0030	3
5	-0,0044	4
5	-0,0056	5
5	-0,0075	6
5	-0,0088	7
5	-0,0110	8
5	-0,0129	9
5	-0,0140	10

**Tabelle 2:** Hall Spannung für Kupfer- konstantes Magnetfeld



**Abbildung 3:** Hall Spannung in Abhängigkeit vom Querstrom - Kupfer

Mit der Ausgleichsgeraden

$$y = mx + b$$

$$m = (-164 \pm 4) \cdot 10^{-1} \frac{\text{V}}{\text{A}}$$

$$b = (2,3045 \pm 0,2119) \text{ V}$$

Größe	Wert
$n$	$(2,71 \pm 0,06) \cdot 10^{29} \frac{1}{\text{m}^3}$
$z$	$3,21 \pm 0,07$
$\bar{\tau}$	$(1,454 \pm 0,032) \cdot 10^{-14} \text{ s}$
$\vec{v}_d$	$(2,30 \pm 0,05) \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{s}}$
$\mu$	$0,0179 \frac{\text{C s}}{\text{kg}}$
$v_{total}$	$(2,318 \pm 0,017) \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
$\bar{l}$	$(3,37 \pm 0,05) \cdot 10^{-8} \text{ m}$

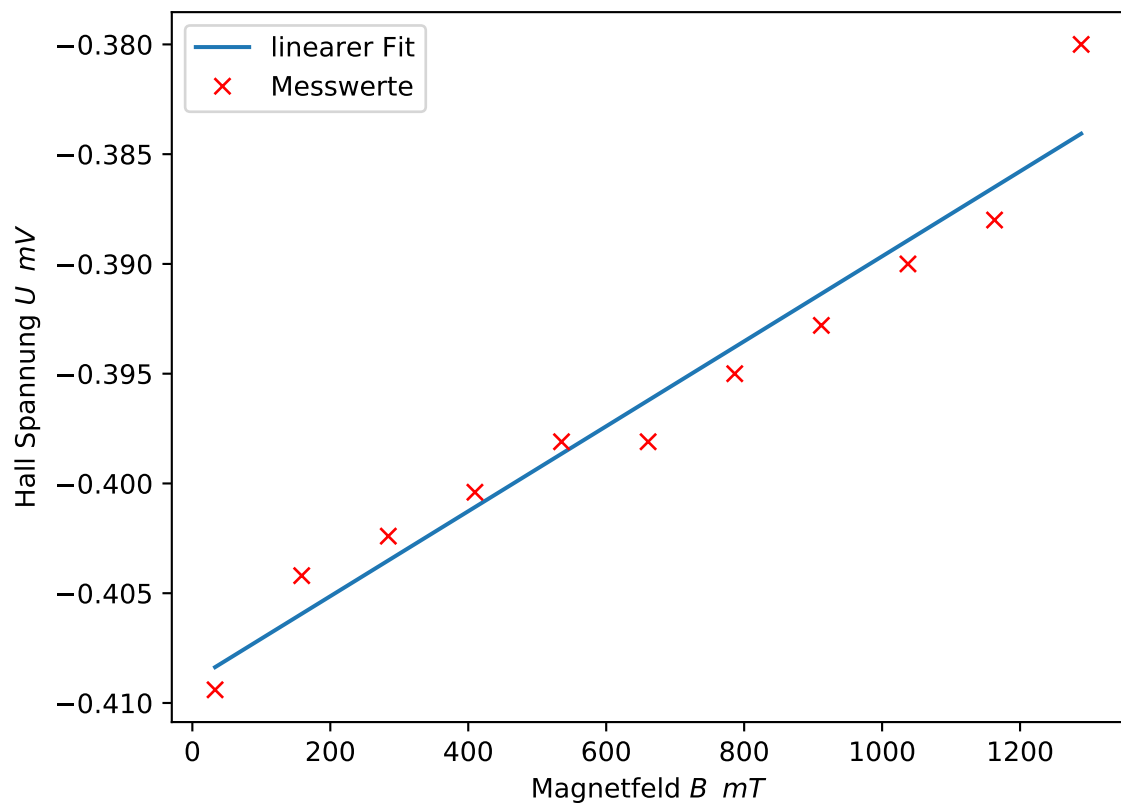
**Tabelle 3:** Hall Spannung für Kupfer- konstanter Durchflussstrom

### 3.3.3 Hall Spannung bei konstantem Querstrom

Um die Abhängigkeit der Hall Spannung vom äußeren Magnetfeld  $B$  festzustellen wurde der Querstrom  $I_q$  konstant auf 10 Ampere gehalten.

$I_B / \text{A}$	$U_H / \text{mV}$	$I_q / \text{A}$
0	0,0081	10
0,5	0,0055	10
1,0	0,0039	10
1,5	0,0012	10
2,0	-0,0008	10
2,5	-0,0025	10
3,0	-0,0048	10
3,5	-0,0068	10
4,0	-0,0086	10
4,5	-0,0097	10
5,0	-0,0110	10

**Tabelle 4:** Hall Spannung für Kupfer- konstanter Durchflussstrom



**Abbildung 4:** Hall Spannung in Abhängigkeit vom Magnetfeld - Kupfer

Mit der Ausgleichsgeraden

$$y = a \cdot x + b$$

$$a = (-15,4 \pm 0,5) \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$b = (7,9 \pm 0,4) \text{ V}$$

Größe	Wert
$n$	$(2,24 \pm 0,06) \cdot 10^{29} \frac{1}{\text{m}^3}$
$z$	$2,65 \pm 0,08$
$\bar{\tau}$	$(1,76 \pm 0,05) \cdot 10^{-14} \text{ s}$
$\vec{v}_d$	$(2,79 \pm 0,08) \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{s}}$
$\mu$	$0,018 \frac{\text{C s}}{\text{kg}}$
$v_{total}$	$(2,175 \pm 0,021) \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
$\bar{l}$	$(3,83 \pm 0,07) \cdot 10^{-8} \text{ m}$

**Tabelle 5:** Hall Spannung für Kupfer- konstanter Durchflussstrom

## 3.4 Silber

### 3.4.1 Geometrische Messungen und Widerstand

Die Dicke des Silberblatts konnte nicht gemessen werden, da keine Probe vorlag. Die Länge des Silberdrahts konnte auf der Apparatur abgelesen werden, der Widerstand und die Drahtdicke wurde gemessen.

$$d_{Ag} = 18 \mu\text{m}$$

$$l_{Ag} = 137 \text{ cm}$$

$$R_{Ag} = 0,5873 \Omega$$

$$r_{Ag} = \frac{1}{2} \cdot 0,218 \text{ mm}$$

Daraus lässt sich die spezifische Leitfähigkeit des Materials berechnen.

$$\rho_{Ag} = R_{Ag} \cdot \frac{\pi r_{Ag}^2}{l_{Ag}}$$

$$\rho_{Ag} = (0,0127 \pm 0,0012) \mu\Omega \text{ m}$$

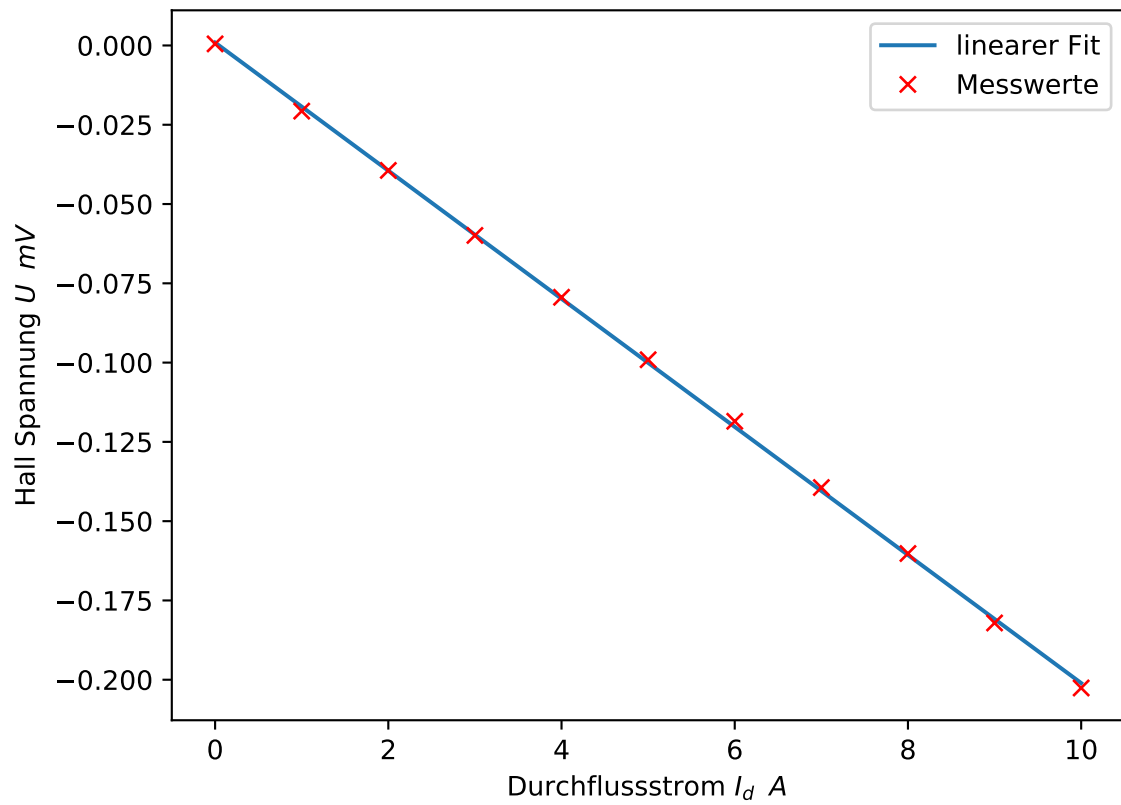
$$\rho_{Ag, \text{literatur}} = 0,016 \mu\Omega \text{ m}$$

### 3.4.2 Hall Spannung bei konstantem B-Feld

Um die Abhängigkeit der Hall Spannung vom anliegenden Querstrom  $I_q$  festzustellen wurde der Spulenstrom  $I_B$  konstant auf 5 Ampere gehalten.

$I_{Spule} / \text{A}$	$U_H / \text{mV}$	$I_{durch} / \text{A}$
5	0,0005	0
5	-0,0207	1
5	-0,0394	2
5	-0,0599	3
5	-0,0794	4
5	-0,0991	5
5	-0,1185	6
5	-0,1394	7
5	-0,1602	8
5	-0,1821	9
5	-0,2026	10

**Tabelle 6:** Hall Spannung für Silber- konstantes Magnetfeld



**Abbildung 5:** Hall Spannung in Abhängigkeit vom Querstrom - Silber

Mit der Ausgleichsgeraden

$$y = mx + b$$

$$m = (-201 \pm 1) \cdot 10^{-2} \frac{\text{V}}{\text{A}}$$

$$b = (0,9 \pm 0,6) \text{ V}$$

Mithilfe der Steigung konnten nun die mikroskopischen Parameter berechnet werden.

Größe	Wert
$n$	$(1,019 \pm 0,006) \cdot 10^{26} \frac{1}{\text{m}^3}$
$z$	$0,001\,740 \pm 0,000\,009$
$\bar{\tau}$	$(4,353 \pm 0,024) \cdot 10^{-11} \text{ s}$
$\vec{v}_d$	$(0,061\,24 \pm 0,000\,33) \frac{\text{m}}{\text{s}}$
$\mu$	$0,0159 \frac{\text{C s}}{\text{kg}}$
$v_{total}$	$(1,6729 \pm 0,0030) \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
$\bar{l}$	$(7,281 \pm 0,026) \cdot 10^{-6} \text{ m}$

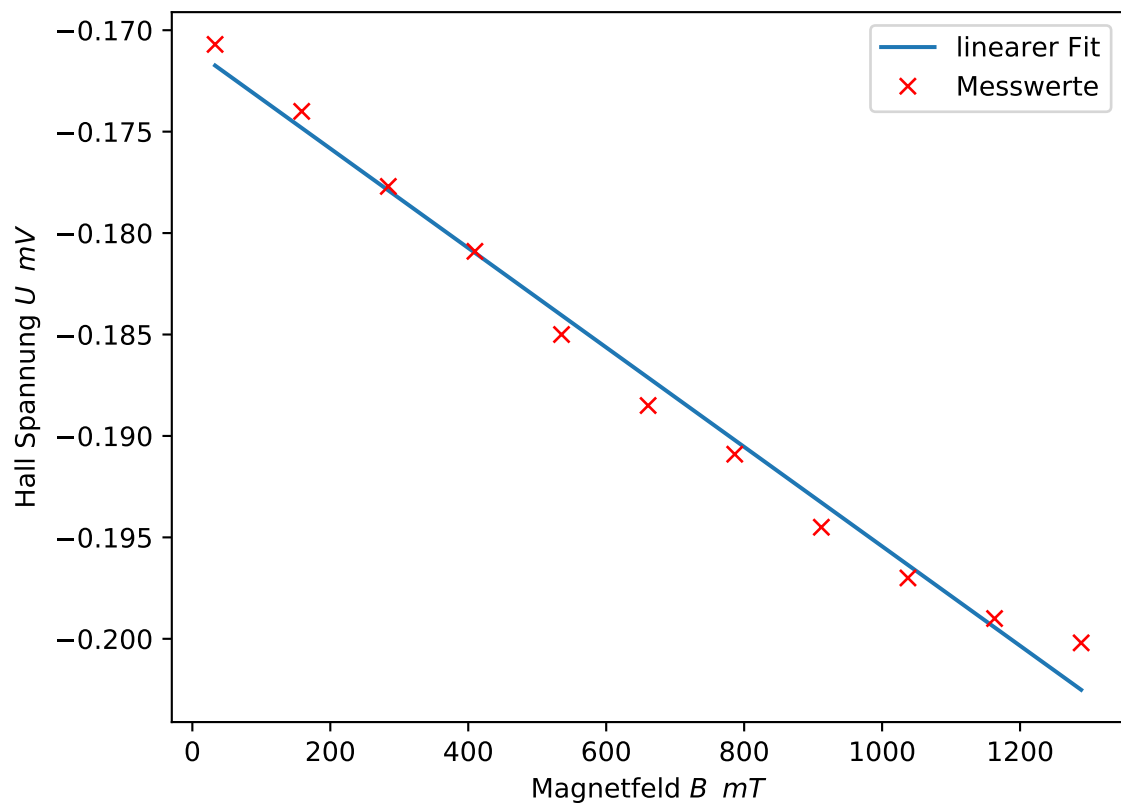
**Tabelle 7:** Hall Spannung für Kupfer- konstanter Durchflussstrom

### 3.4.3 Hall Spannung bei konstantem Querstrom

Um die Abhängigkeit der Hall Spannung vom äußeren Magnetfeld  $B$  festzustellen wurde der Querstrom  $I_q$  konstant auf 10 Ampere gehalten.

$I_{Spule} / \text{ A}$	$U_H / \text{ mV}$	$I_{durch} / \text{ A}$
0	-0,1707	10
0,5	-0,1740	10
1,0	-0,1777	10
1,5	-0,1809	10
2,0	-0,1850	10
2,5	-0,1885	10
3,0	-0,1909	10
3,5	-0,1945	10
4,0	-0,1970	10
4,5	-0,1990	10
5,0	-0,2002	10

**Tabelle 8:** Hall Spannung für Silber- konstanter Durchflussstrom



**Abbildung 6:** Hall Spannung in Abhängigkeit vom Magnetfeld - Silber

Mit der Ausgleichsgeraden

$$y = mx + b$$

$$m = (-24,5 \pm 0,8) \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$b = (-170,9 \pm 0,6) \text{ V}$$

Über die Steigung wurden die mikroskopischen Parameter berechnet.

Größe	Wert
$n$	$(2,55 \pm 0,09) \cdot 10^{28} \frac{1}{\text{m}^3}$
$z$	$0,435 \pm 0,016$
$\bar{\tau}$	$(1,74 \pm 0,06) \cdot 10^{-13} \text{ s}$
$\bar{v}_d$	$(0,000\,245 \pm 0,000\,009) \frac{\text{m}}{\text{s}}$
$\mu$	$0,016 \frac{\text{C s}}{\text{kg}}$
$v_{total}$	$(1,054 \pm 0,013) \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
$\bar{l}$	$(1,84 \pm 0,04) \cdot 10^{-7} \text{ m}$

**Tabelle 9:** Hall Spannung für Kupfer- konstanter Durchflussstrom

## 3.5 Zink

### 3.5.1 Geometrische Messungen und Widerstand

Für Zink geb es keine Probe um die geometrischen Werte zu Messen, daher mussten die Werte recherchiert werden.

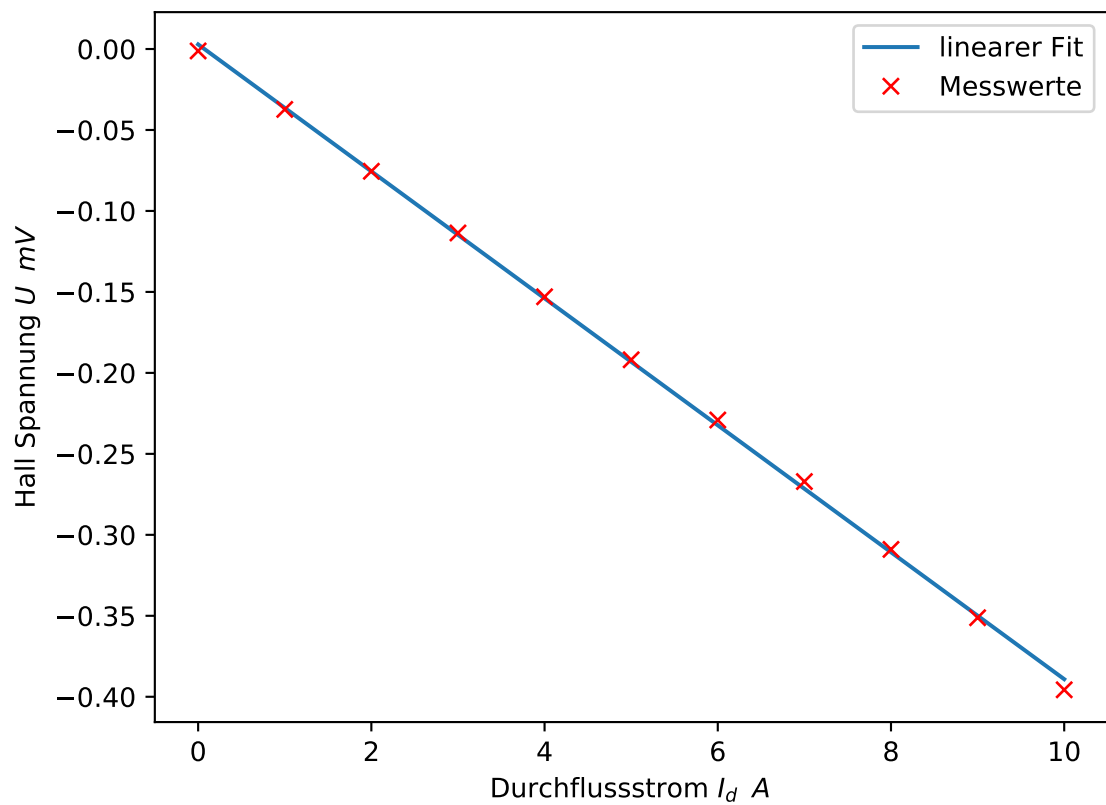
$$\rho_{Zn,literatur} = 0,06 \mu\Omega \text{ m}$$

### 3.5.2 Hall Spannung bei konstantem B-Feld

$I_{Spule} / \text{ A}$	$U_H / \text{ mV}$	$I_{durch} / \text{ A}$
5	-0,0012	0
5	-0,0373	1
5	-0,0755	2
5	-0,1136	3
5	-0,1530	4
5	-0,1919	5
5	-0,2291	6
5	-0,2671	7
5	-0,3090	8
5	-0,3512	9
5	-0,3957	10

**Tabelle 10:** Hall Spannung für Zink- konstantes Magnetfeld





**Abbildung 7:** Hall Spannung in Abhängigkeit vom Querstrom - Zink

Mit der Ausgleichsgeraden

$$y = mx + b$$

$$m = (-391 \pm 3) \cdot 10^{-2} \frac{\text{V}}{\text{A}}$$

$$b = (2 \pm 1) \text{ V}$$

Aus der Steigung der Ausgleichsgeraden werden die mikroskopischen Parameter berechnet.

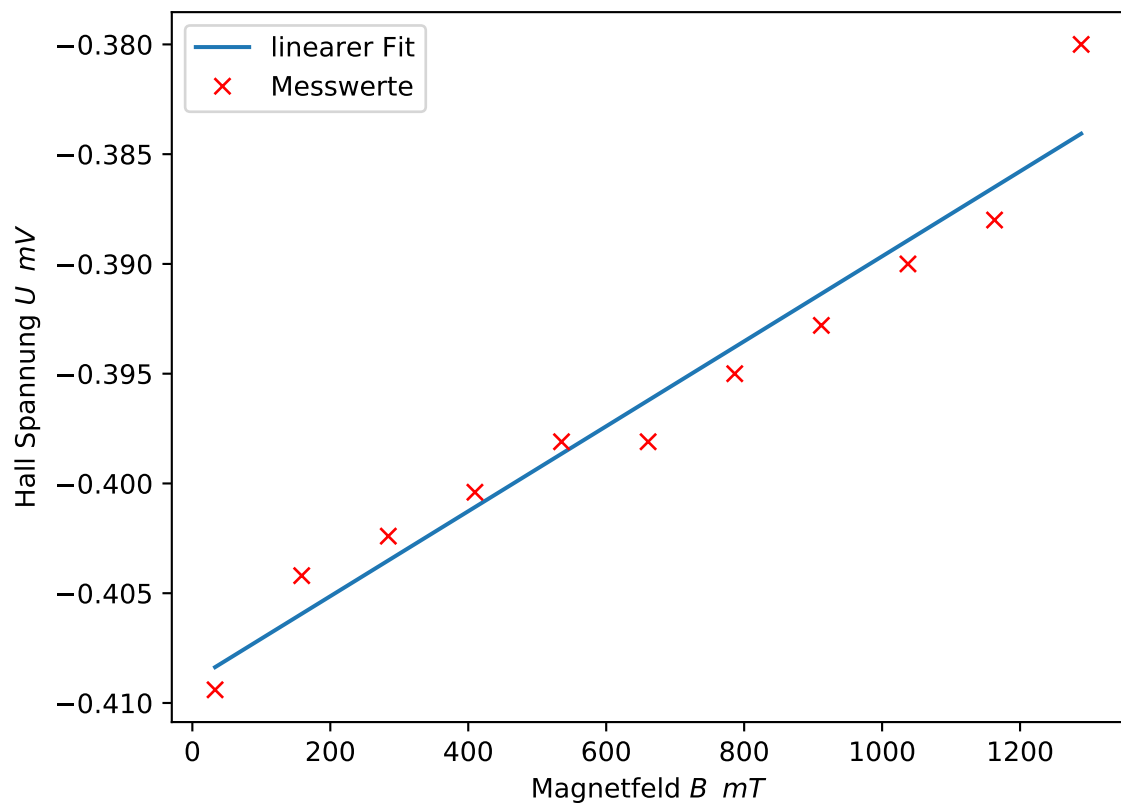
Größe	Wert
$n$	$(2,052 \pm 0,017) \cdot 10^{27} \frac{1}{\text{m}^3}$
$z$	$0,031\,21 \pm 0,000\,25$
$\bar{\tau}$	$(5,76 \pm 0,05) \cdot 10^{-13} \text{ s}$
$\bar{v}_d$	$(0,003\,042 \pm 0,000\,025) \frac{\text{m}}{\text{s}}$
$\mu$	$0,06 \frac{\text{C s}}{\text{kg}}$
$v_{total}$	$(4,551 \pm 0,012) \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
$\bar{l}$	$(2,624 \pm 0,014) \cdot 10^{-7} \text{ m}$

**Tabelle 11:** Hall Spannung für Kupfer- konstanter Durchflussstrom

### 3.5.3 Hall Spannung bei konstantem Querstrom

$I_{Spule} / \text{ A}$	$U_H / \text{ mV}$	$I_{durch} / \text{ A}$
0	-0,4094	10
0,5	-0,4042	10
1,0	-0,4024	10
1,5	-0,4004	10
2,0	-0,3981	10
2,5	-0,3981	10
3,0	-0,3950	10
3,5	-0,3928	10
4,0	-0,3900	10
4,5	-0,3880	10
5,0	-0,3800	10

**Tabelle 12:** Hall Spannung für Zink- konstanter Durchflussstrom



**Abbildung 8:** Hall Spannung in Abhängigkeit vom Magnetfeld - Zink

Mit der Ausgleichsgeraden

$$y = mx + b$$

$$m = (19 \pm 1) \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$b = (-409 \pm 1) \text{ V}$$

Mithilfe der Steigung  $m$  wurden die mikroskopischen Parameter bestimmt.

Größe	Wert
$n$	$(3,23 \pm 0,24) \cdot 10^{28} \frac{1}{\text{m}^3}$
$z$	$0,49 \pm 0,04$
$\bar{\tau}$	$(3,67 \pm 0,28) \cdot 10^{-14} \text{ s}$
$\bar{v}_d$	$(0,000\,194 \pm 0,000\,015) \frac{\text{m}}{\text{s}}$
$\mu$	$0,06 \frac{\text{C s}}{\text{kg}}$
$v_{total}$	$(1,140 \pm 0,029) \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
$\bar{l}$	$(4,18 \pm 0,21) \cdot 10^{-8} \text{ m}$

**Tabelle 13:** Hall Spannung für Kupfer- konstanter Durchflussstrom

## 4 Diskussion

Durch die gemessenen Dicken der Platten und des Drahts weichen die berechneten spezifischen Widerstände ab von den Literaturwerten([7]). Bei Kupfer weicht die berechnete Leitfähigkeit  $\rho = 0,074$  um 311 % vom Literaturwert ab, bei Silber weicht das berechnete  $\rho = 0,0127$  um 20% vom Literaturwert ab. Da die Werte für die weiteren Berechnungen weiter verwendet werden, haben wir uns aufgrund der großen Fehler entschlossen dass wir mit den Literaturwerten weiterrechnen. Die gemessenen Werte für unsere Materialkonstanten liegen in den richtigen Größenordnungen, allerdings fällt auch hier auf, dass die Werte von den Literaturwerten abweichen.

Die Hall Konstante  $A_H = \frac{1}{n \cdot e_0}$  wird für Kupfer einmal als  $(-2,79 \pm 0,08) \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{C}$  und als  $(-2,30 \pm 0,05) \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{C}$  bestimmt, beide Werte liegen zwar in der richtigen Größenordnung, weichen jedoch stark vom Literaturwert  $A_H = -5,30 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{C}$  ab. Für Silber liegen die Hall Konstanten bei  $(-2,45 \pm 0,09) \cdot 10^{-10} \text{ m}^3/\text{C}$  und  $(-6,124 \pm 0,033) \cdot 10^{-8} \text{ m}^3/\text{C}$ , also auch mit großem Abstand zum Literaturwert  $-9,0 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{C}$ . Die Werte für Zink,  $(-1,94 \pm 0,15) \cdot 10^{-10} \text{ m}^3/\text{C}$  und  $(-3,042 \pm 0,025) \cdot 10^{-9} \text{ m}^3/\text{C}$ , liegen auch in der richtigen Größenordnung aber haben große Abweichung zum Literaturwert  $6,4 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{C}$ . Anhand der großen Abweichungen ist zu vermuten, dass Fehler in den Messungen enthalten sind, somit sind die berechneten Werten nicht aussagekräftig.

## Literatur

- [1] Karl Scheel Arnold Berliner. *Physikalisches Handwörterbuch*. 2nd edition. Verlag von Julius Springer 1932, 1932, S. 277.
- [2] *Hall-Konstante*. URL: <https://physik.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Hall-Konstante>.
- [3] John D. Hunter. „Matplotlib: A 2D Graphics Environment“. Version 1.4.3. In: *Computing in Science & Engineering* 9.3 (2007), S. 90–95. URL: <http://matplotlib.org/>.
- [4] *Kupfer - Eigenschaften*. URL: <https://www.chemie.de/lexikon/Kupfer.html>.
- [5] Travis E. Oliphant. „NumPy: Python for Scientific Computing“. Version 1.9.2. In: *Computing in Science & Engineering* 9.3 (2007), S. 10–20. URL: <http://www.numpy.org/>.
- [6] *Silber - Eigenschaften*. URL: <https://www.chemie.de/lexikon/Silber.html>.
- [7] *Spezifische Widerstände und Leitfähigkeiten wichtiger Werkstoffe der Elektrotechnik*. URL: <https://www.elektrotechnik-fachwissen.de/tabellen/spezifische-widerstaende-leitwerte.php>.
- [8] *Versuchsaneitung V311 - Hallspannung*. TU Dortmund, 2019.
- [9] *Zink - Eigenschaften*. URL: <https://www.chemie.de/lexikon/Zink.html>.