

## TODO

René

1. ...

2. ...

Vivi

1. ...

2. ...

*Fortgeschrittenenpraktikum*  
**Quantenhalleffekt**

Vivien Sleziona \*

René Vollmer †

Betreut durch

Nils Gayer‡

September 2015

---

\*vivi.s@arcor.de

†rene.vollmer@studium.uni-hamburg.de

‡ngayer@physnet.uni-hamburg.de

# Contents

<b>1</b>	<b>Theoretische Grundlagen</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Experimentelle Durchführung und Beobachtungen</b>	<b>2</b>
2.1	Gleichstrommessungen . . . . .	2
2.2	Wechselstrommessung . . . . .	2
2.3	Winkelabhängigkeit . . . . .	3
2.4	Temperaturabhängigkeit . . . . .	3
2.5	Gatespannungsabhängigkeit . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Auswertung</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Fazit</b>	<b>5</b>
	List of figures	<b>B</b>
<b>5</b>	<b>Appendix</b>	<b>C</b>

# 1 Theoretische Grundlagen

$$\vec{j} = \sigma \cdot \vec{E} \quad \Leftrightarrow \quad \vec{E} = \rho \cdot \vec{j} \quad (1)$$

## 2 Experimentelle Durchführung und Beobachtungen

Der Versuchsaufbau besteht aus einem im Boden eingelassenen Kryostaten und sich in einem Rack befindlicher Steuerungs- und Messelektronik, welche mit Hilfe eines Computers gesteuert bzw. ausgelesen und aufgezeichnet werden kann. Der Kryostat ist ein Vakuumentank mit einer heliumgefüllten Kammer im Inneren. Darin befindet sich ein Probeneinschub. Mit einer Pumpe wird der Druck in diesem auf wenigen Millibar gehalten. Durch die Verdunstungskälte kann die Innentemperatur auf unter 1,5 K gehalten werden.

Für den Versuch wird als erstes die Probe an der Spitze eines Stabes montiert und in den Probeneinschub eingeführt. Anschließend wird dieser mehrfach mit Helium geflutet und abgepumpt, um Luftreste zu entfernen und Vereisungen zu vermeiden. Bei laufender Pumpe wird eine Einstellung für die Heliumzufuhr gesucht, sodass sich in dem Probeneinschub der gewünschte Druck einstellt.

Im Nachfolgenden werden in den ersten beiden Abschnitten zwei unterschiedliche Messmethoden erprobt und in den anschließenden werden Winkel, Temperatur und Elektronendichte verändert und die Folgen auf den Quanten-Hall Effekt und die Shubnikov-de Haas Oszillationen untersucht.

### 2.1 Gleichstrommessungen

In diesem Versuchsabschnitt werden die beiden zu untersuchenden Effekte gemessen, während an der Probe ein Gleichstrom anliegt. Hierzu wird gleichzeitig der Spannungsabfall über die Länge und über die Breite der Probe mit der Software erfasst. Angelegt wird ein konstanter Gleichstrom von  $1\text{ }\mu\text{A}$  in x-Richtung an die Probe. Um eine stabile Temperatur zu erhalten wurde die Kammer wieder auf 2 K geheizt. Jetzt wurde das Magnetfeld auf -7 T gefahren. Dies dauert rund sieben Minuten, da es sich um supraleitende Spulen handelt und das anlegen eines Stromes eine Gegeninduktion verursacht. Sobald das Magnetfeld aufgebaut ist, wird die Hallspannung  $U_H = U_{xx}$  sowie  $U_{xy}$  aufgezeichnet während das Magnetfeld mit etwa  $1\text{ T/min}$  auf 7 T gefahren wird.

Diese Messdaten sind zusammen mit einer weiteren Messung im Bereich von -2 bis +2 T in Abbildung 1 aufgetragen.

Es sind deutlich die Plateaus des Hall- und Shubnikov-de Haas-Widerstandes zu erkennen.

### 2.2 Wechselstrommessung

Im folgendem Abschnitt werden die Messungen des letzten Versuchteils im wesentlichen wiederholt, mit dem Unterschied, dass anstatt eines Gleichstromes eine Wechselspannung mit  $U_{RMS} = 1\text{ V}$  angelegt wird und ein  $9,9\text{... M}\Omega$  Widerstand in Reihe geschaltet wird. Da der Eigenwiderstand des Hall-Streifen bei einigen Megaohm liegt, kann ein Strom von  $I = U/R = 1\text{ V}/9,9\text{... M}\Omega = 0,99\text{... }\mu\text{A}$  angenommen werden. Erneut kann die Formel (1) genutzt werden, um den Widerstand aus dem Spannungsabfall zu erhalten.

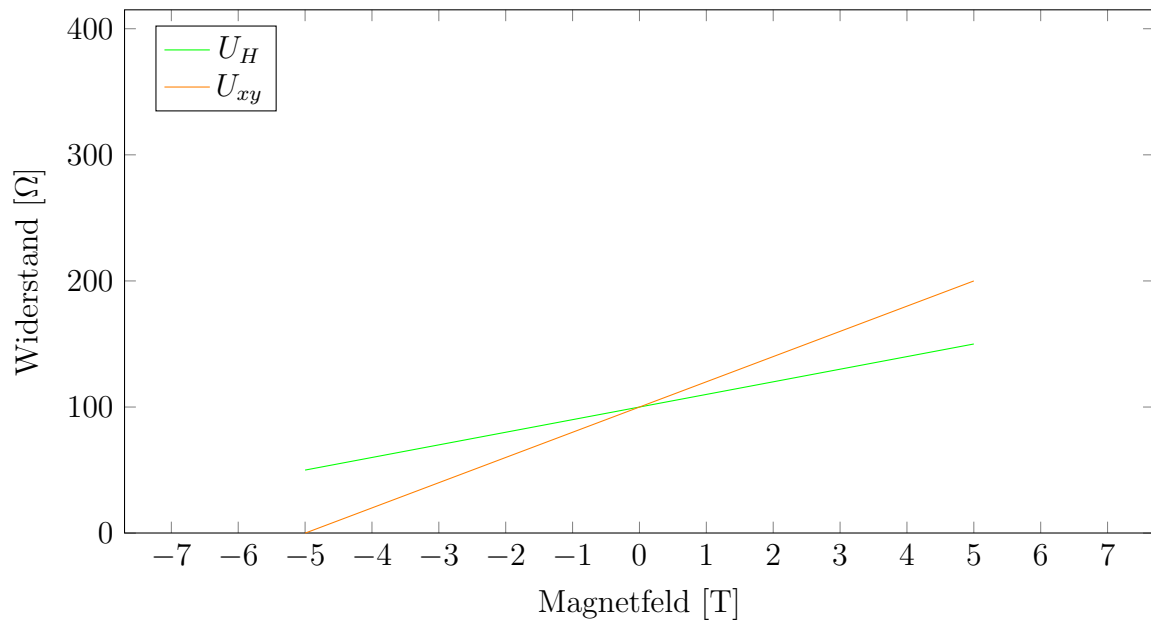


Figure 1: Hall-Widerstand und Shubnikov-de Haas Oszillationen eines mit Gleichstrom durchflossenen 2DES.

### 2.3 Winkelabhängigkeit

### 2.4 Temperaturabhängigkeit

### 2.5 Gatespannungsabhängigkeit

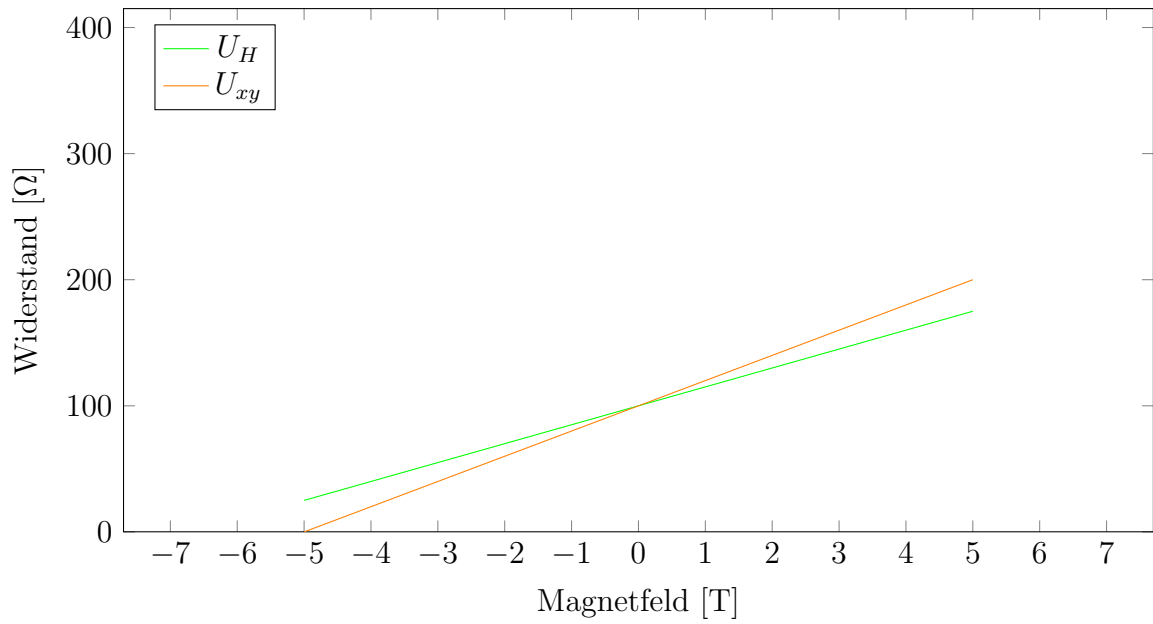


Figure 2: Hall-Widerstand und Shubnikov-de Haas Oszillationen eines mit Wechselstrom durchflossenen 2DES.

**3    Auswertung**

**4    Fazit**



## References

## List of Figures

1	Gleichstrommessung im maximalen Magnetfeldbereich . . . . .	3
2	Gleichstrommessung im maximalen Magnetfeldbereich . . . . .	4

## 5 Appendix