

Berichte aus der Physik

Annette Bäker

**Frequenzabhängige Leitfähigkeit
im Quanten-Hall-Effekt**

Shaker Verlag
Aachen 2005

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 2004

Copyright Shaker Verlag 2005

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-4413-1

ISSN 0945-0963

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurden die dissipative und die Hall-Leitfähigkeit in zweidimensionalen Quanten-Hall-Systemen untersucht, wobei das Hauptaugenmerk auf dem Einfluss der Frequenz lag. Die dynamischen Leitfähigkeiten wurden in der Theorie der Linearen Antwort von Kubo betrachtet und numerisch berechnet. Hierfür wurde die rekursive Greensfunktionsmethode nach A. MacKinnon verwendet, wobei ein Tight-Binding-Modell mit einer Rechteckverteilung als unkorreliertem Zufallspotential zu Grunde gelegt wurde.

Obwohl die Frequenzabhängigkeit der Leitfähigkeit das zentrale Thema dieser Arbeit ist, wurde auch die frequenzunabhängige Leitfähigkeit untersucht. Es zeigte sich, dass sich mit zunehmender Unordnung nicht nur die Zustandsdichte verbreitert, sondern dass sich auch die Hall-Leitfähigkeits-Plateaus verkürzen und schließlich zusammenbrechen. Bei Erreichen einer kritischen Unordnung geht auch die longitudinale Leitfähigkeit gegen Null und der longitudinale Widerstand divergiert, so dass ein Übergang zum Hall-Isolator stattfindet. Die Zustände negativer Chernzahl wandern zu den Bandrändern und vernichten nach und nach die Zustände mit positiven Chernzahlen. Die Ergebnisse zeigen somit, dass in diesem Modell ein direkter Übergang von der Quanten-Hall-Flüssigkeit zum Hall-Isolator auch von höheren Subbändern aus möglich ist.

Für die frequenzabhängige longitudinale Leitfähigkeit konnte gezeigt werden, dass die Verbreiterung des Leitfähigkeitspeaks Skalenverhalten zeigt. Es ergab sich ein kritischer Exponent von $\gamma \simeq 0.2$ und damit ein dynamischer kritischer Exponent von 2, der mit theoretischen Analysen für den Fall nicht-wechselwirkender Elektronen übereinstimmt. Diese Ergebnisse weichen deutlich von experimentellen Werten ($\gamma \approx 0.4$, dynamischer kritischer Exponent 1) ab, wobei die Abweichung dadurch zu erklären ist, dass die Elektron-Elektron-Wechselwirkung im Experiment nicht vernachlässigt werden kann.

Für den Imaginärteil der longitudinalen Leitfähigkeit zeigt sich eine deutliche Abhängigkeit von der Stärke der Unordnung: Bei kleinen Unordnungen liegt zunächst eine Doppelppeakstruktur im positiven Bereich vor, im oberen Bereich des Subbandes wird der Imaginärteil dann negativ. Erhöht man die Unordnung, so gibt es im Gegensatz dazu einen Doppelppeak im negativen Bereich.

Bei kleinen Füllfaktoren und Unordnung $W = 0.1V$ zeigt der Realteil der longitudinalen Leitfähigkeit einen frequenzunabhängigen Bereich bei sehr kleinen Frequenzen und geht dann in einen frequenzabhängigen Bereich über, wobei die Steigung vom Füllfaktor abhängt. Der Imaginärteil ist unabhängig vom Füllfaktor bei kleinen Frequenzen proportional zur Frequenz. Bei einer Unordnung $W = 1.0V$ steigt der Imaginärteil der frequenzabhängigen longitudinalen Leitfähigkeit bei kleinen Frequenzen linear und der Realteil proportional $\omega^2 \ln^2(1/\omega^2)$ an, wie von analytischen Berechnungen für kleine Unordnungen und kleine Füllfaktoren vorhergesagt.

Bei Füllfaktor $1/2$ würde man nach der klassischen Drude-Theorie einen Lorentz-artigen Abfall des Realteils der longitudinalen Leitfähigkeit erwarten. Die berechneten Ergebnisse zeigen deutliche Abweichungen hiervon und sind eher mit einem linearen Abfall konsistent. Der Imaginärteil wurde in diesem Bereich bisher weder analytisch noch numerisch untersucht. Die hier vorgestellten Ergebnisse zeigen eine Proportionalität zur Frequenz bei kleinen Frequenzen und Unordnungen.

Schließlich wurden auch erste Ergebnisse für die Hall-Leitfähigkeit vorgestellt. Es zeigte sich, dass das Konvergenzverhalten stärker frequenzabhängig und dass für verlässliche Ergebnisse eine größere Statistik notwendig ist als im Fall der longitudinalen Leitfähigkeit.