

# Katrin Buth

## Darstellung der Forschungsaktivitäten

Der Quanten-Hall-Effekt ist 20 Jahre nach seiner Entdeckung noch immer ein interessantes Forschungsgebiet mit vielen offenen Fragen. Eine entscheidende Voraussetzung für die Ausbildung der sogenannten Hall-Plateaus ist das Vorhandensein von Unordnung. Mit Unordnung sind Störstellen und andere Defekte gemeint, die ein zusätzliches, meist zufälliges Potential hervorrufen. Im Rahmen dieser Doktorarbeit wird der Einfluß von Unordnung auf die Eigenschaften von quasi zweidimensionalen Elektronensystemen untersucht. Dazu werden modulationsdotierte GaAs/GaAlAs-Heterostrukturen verwendet, in denen sich 2-3 nm unterhalb des Elektronensystems eine  $\delta$ -Dotierschicht aus negativ geladenen Beryllium-Akzeptoren befindet. Diese speziellen Proben werden von Herrn Dr. K. Eberl am Max-Planck-Institut für Festkörperforschung in Stuttgart hergestellt.

Die negativ geladenen Beryllium-Akzeptoren erzeugen eine zufällige Potentiallandschaft. In hohen Magnetfeldern oder bei kleinen Elektronendichten sind alle Elektronen in sogenannten Quantum-Hall-Droplets lokalisiert. Das Elektronensystem ist dann ein Isolator. Der Übergang vom Quanten-Hall-Effekt zum Isolator läßt sich anhand von Magnetotransportmessungen beobachten. Aufgrund der starken Unordnung findet dieser Übergang bereits ungefähr beim Füllfaktor  $\nu = 1$  statt. Im Bereich des Quanten-Hall-Effektes führt das Vorhandensein von überwiegend negativ geladenen Störstellen zu einer Verschiebung der Zentren der Hall-Plateaus zu höheren Magnetfeldern, d.h. zu kleineren Füllfaktoren.

Unordnung beeinflusst aber nicht nur die Transporteigenschaften von zweidimensionalen Elektronensystemen, sondern auch die Zyklotronresonanz. Hier besteht eine enge Zusammenarbeit mit dem Doktoranden Michael Widmann (DFG-Schwerpunktprogramm „Quanten-Hall-Systeme“), der die gleichen Proben mit Hilfe von Ferninfrarotspektroskopie untersucht. Der Vorteil der Spektroskopie besteht darin, daß damit das Elektronensystem selbst dann noch untersucht werden kann, wenn Transportmessungen infolge der Lokalisierung der Elektronen unmöglich geworden sind.

In Be- $\delta$ -dotierten GaAs/GaAlAs-Heterostrukturen läßt sich neben der Lokalisierung in hohen Magnetfeldern auch eine Delokalisierung von Elektronen in kleinen Magnetfeldern beobachten. Abbildung 1 zeigt den spezifischen longitudinalen Widerstand in Abhängigkeit vom Magnetfeld für verschiedene Temperaturen. Normalerweise wird im klassischen Bereich ein konstanter longitudinaler Widerstand erwartet. Stattdessen wird jedoch ein deutlicher Anstieg des Widerstandes für  $B \rightarrow 0$  beobachtet, der bei kleinen Elektronendichten besonders stark ausgeprägt ist. Das Temperaturverhalten des Widerstandes deutet darauf hin, daß das Elektronensystem bei  $B = 0$  ein Isolator ist. Im Bereich des Quanten-Hall-Effektes wechselt das System mehrfach zwischen isolierenden und metallischen Phasen. Diese Metall-Isolator-Übergänge sind durch kritische Magnetfeldstärken gekennzeichnet, an denen der Widerstand einen temperaturunabhängigen Wert annimmt. Da die Messungen bisher nur

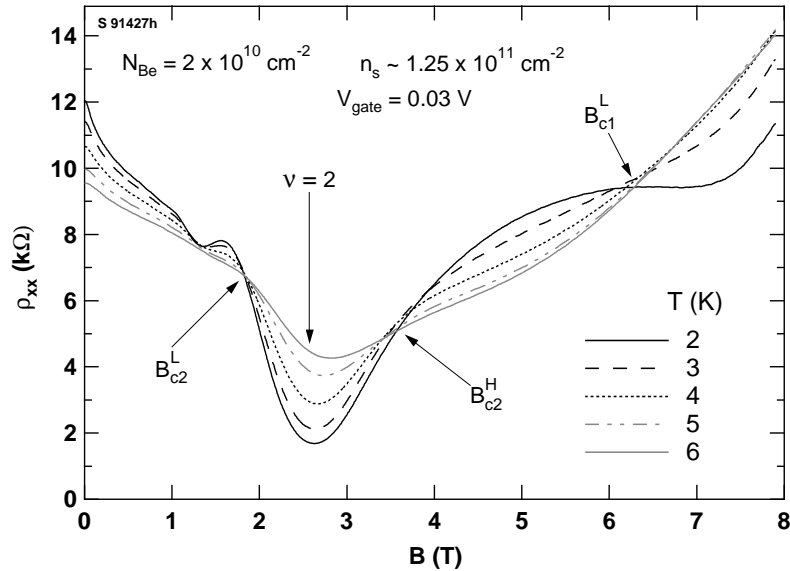


Abbildung 1: Magnetfeldabhängige Messungen des longitudinalen Widerstandes für verschiedene Temperaturen. Die nominelle Be-Konzentration der Probe beträgt  $N_{Be} = 2 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ . Die Elektronenkonzentration beträgt etwa  $n_s \approx 1.25 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ .

bis zu einem maximalen Magnetfeld von  $B = 8 \text{ T}$  durchgeführt werden konnten, war der endgültige Übergang in den isolierenden Zustand der Quantum-Hall-Droplets noch nicht beobachtbar.

## Zusammenarbeit mit anderen Mitgliedern des Graduiertenkollegs

*Experiment:* Die untersuchten Proben stammen wegen der Be-Dotierung aus Stuttgart. In Zukunft sollen aber modulationsdotierte GaAs/GaAlAs-Heterostrukturen mit einer  $\delta$ -Dotierschicht aus positiv geladenen Silizium-Donatoren in der Hamburger MBE-Anlage der Forschungsgruppe von

- Prof. Dr. W. Hansen

hergestellt werden.

*Theorie:* Nähere Kontakte bestehen zur Forschungsgruppe von

- Prof. Dr. B. Kramer.

Vor allem die Diskussionen mit Dr. S. Kettmann tragen zu einem besseren Verständnis der Delokalisierung in kleinen Magnetfeldern bei.

## Ausblick

In Zukunft sollen die bisherigen Untersuchungen der Lokalisierungs- und Delokalisierungseffekte in Be- $\delta$ -dotierten GaAs/GaAlAs-Heterostrukturen fortgesetzt werden. Der neue  $^3\text{He}$ - $^4\text{He}$ -Mischkryostat ermöglicht Magnetotransportmessungen in einem Temperaturbereich von 30 bis 200 mK und in Magnetfeldern bis zu 16 T. Die Magnetotransportmessungen werden

mit Ergebnissen der Ferninfrarotspektroskopie verglichen, da das Zusammenspiel von Lokalisierung und Elektron-Elektron-Wechselwirkung auch die Zyklotronresonanz entscheidend beeinflusst. Es ist außerdem geplant, neben den Be- $\delta$ -dotierten Proben (repulsive Störstellen) auch Si- $\delta$ -dotierte Proben (attraktive Störstellen) zu untersuchen.

## Publikationen

Angehörige und Gäste des Graduiertenkollegs sind unterstrichen

- [1] K. Buth, M. Widmann, U. Merkt und K. Eberl: *Quantum Hall effect and cyclotron resonance in disordered  $\delta$ -doped GaAs/AlGaAs-heterojunctions*, Ann. Phys. (Leipzig) Special Issue **8**, SI 29 – 32 (1999), Proceedings of the International Conference *Localization 1999: Disorder and Interaction in Transport Phenomena*.

## Teilnahme an Tagungen

- “Zyklotronresonanz und Quanten-Hall-Effekt in ungeordneten Elektronensystemen  $\delta$ -dotierter GaAs/AlGaAs-Heterostrukturen“  
M. Widmann, K. Buth, R. Sellin, U. Merkt und K. Eberl  
Frühjahrstagung des Arbeitskreises Festkörperphysik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG)  
in Münster, 22.3-26.3.1999  
Beitragsform: Vortrag
- 219th International WEH workshop  
Interactions and Quantum Transport Properties of Lower Dimensional Systems  
in Hamburg, 27.7.-28.7.1999
- “Quantum Hall effect and cyclotron resonance in disordered  $\delta$ -doped GaAs/AlGaAs-heterojunctions“  
K. Buth, M. Widmann, U. Merkt und K. Eberl  
Localization 1999: Disorder and Interaction in Transport Phenomena  
in Hamburg, 29.7.-3.8.1999  
Beitragsform: Poster
- “Quanten-Hall-Effekt und Zyklotronresonanz in ungeordneten  $\delta$ -dotierten GaAs/GaAlAs-Heterostrukturen“  
K. Buth, M. Widmann, R. Sellin, U. Merkt und K. Eberl  
Frühjahrstagung des Arbeitskreises Festkörperphysik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG)  
in Regensburg, 27.3-31.3.2000  
Beitragsform: Poster
- “Quantum Hall effect and cyclotron resonance in disordered two-dimensional electron systems“  
K. Buth, M. Widmann, U. Merkt und K. Eberl  
1. Workshop zum DFG-Schwerpunktprogramm “Quanten-Hall-Systeme“

in Bad Elster, 28.4.-30.4.2000

Beitragsform: Vortrag

- “Quantum Hall effect and cyclotron resonance in disordered two-dimensional electron systems“

K. Buth, M. Widmann, U. Merkt und K. Eberl

2. Workshop zum DFG-Schwerpunktprogramm “Quanten-Hall-Systeme“  
auf Schloß Ringberg (Rottach-Egern am Tegernsee), 5.7.-7.7.2000

Beitragsform: Poster

- “Quantum Hall effect and cyclotron resonance in disordered two-dimensional electron systems“

K. Buth, M. Widmann, U. Merkt und K. Eberl

TMR Advanced Research School “Space-, Frequency- and Time-Resolved Quantum Transport“

in Hamburg, 3.9-8.9.2000

Beitragsform: Vortrag und Poster

## **Forschungsaufenthalte und eingeladene Vorträge**

- „Quanten-Hall-Effekt und Zyklotronresonanz in ungeordneten zweidimensionalen Elektronensystemen“

Seminarvortrag an der Universität Würzburg

Einladung durch: Prof. Dr. E. Batke

in Würzburg, 22. November 1999

## Besuchte Lehrveranstaltungen

Vorl.-Nr	Titel	Dozent(en)	SWS
<b>Sommersemester 99</b>			
12.285	GrK - Physik der Mikrostrukturen	W. Hansen, D. Heitmann, U. Merkt, R. Wiesendanger u.a.	2 Std.
12.473	Seminar über Nanostrukturphysik	A. Bock, T. Matsuyama, U. Merkt, M. Schilling	2 Std.
12.471	Seminar über Halbleiterphysik	D. Grundler, W. Hansen, D. Heitmann	2 Std.
<b>Wintersemester 99/00</b>			
12.388	GrK - Physik der Mikrostrukturen	W. Hansen, D. Heitmann, U. Merkt, R. Wiesendanger u.a.	2 Std.
12.572	Seminar über Nanostrukturphysik	G. Meier, U. Merkt, M. Rübhausen, M. Schilling	2 Std.
<b>Sommersemester 00</b>			
12.285	GrK - Physik der Mikrostrukturen	W. Hansen, D. Heitmann, U. Merkt, R. Wiesendanger u.a.	2 Std.
12.473	Seminar über Nanostrukturphysik	U. Merkt, M. Schilling	2 Std.
12.471	Seminar über Halbleiterphysik	D. Grundler, W. Hansen, D. Heitmann, C. Schüller	2 Std.
<b>Wintersemester 00/01</b>			
12.388	GrK - Physik der Mikrostrukturen	W. Hansen, D. Heitmann, U. Merkt, H.P. Oepen, R. Wiesendanger u.a.	2 Std.
12.572	Seminar über Nanostrukturphysik	G. Meier, U. Merkt, T. Matsuyama, M. Rübhausen, M. Schilling	2 Std.

Folgende GrK-Vorlesungen habe ich bereits während meiner regulären Studienzeit besucht:

Vorl.-Nr	Titel	Dozent(en)	SWS
<b>Wintersemester 96/97</b>			
12.324	Physikalische Meßverfahren in der Atom- und Festkörperphysik	T. Möller	2 Std.
<b>Wintersemester 97/98</b>			
12.330	Nanostrukturierte Halbleitersysteme	D. Grundler, D. Heitmann	2 Std.

Vorl.-Nr	Titel	Dozent(en)	SWS
12.331	Übungen zu Nanostrukturierte Halbleitersysteme	D. Grundler, D. Heitmann	1 Std.

## Eigene Vorträge im Rahmen des Graduiertenkollegs

- „Quanten-Hall-Effekt in ungeordneten zweidimensionalen Elektronensystemen“  
3. Workshop des Graduiertenkollegs “Physik nanostrukturierter Festkörper“  
in Niederkleevez, 25.5.-27.5.1999
- „Quanten-Hall-Effekt und Zyklotronresonanz in ungeordneten zweidimensionalen Elektronensystemen“  
Ringvorlesung des Graduiertenkollegs “Physik der Mikrostrukturen“  
Sommersemester 2000
- „Quanten-Hall-Effekt und Zyklotronresonanz in Be- $\delta$ -dotierten GaAs/GaAlAs-Heterostrukturen“  
4. Workshop des Graduiertenkollegs “Physik nanostrukturierter Festkörper“  
in Schwerin, 16.10.-18.10.2000