

# Till Vorrath

## Darstellung der Forschungsaktivitäten

In dieser Arbeit werden Elektron-Phonon-Wechselwirkungen in Nanostrukturen theoretisch behandelt. Eine besonders gut geeignete Methode zur Untersuchung von Nanostrukturen wie Quantenpunkten und Quantendrähten stellen Elektron-Transportexperimente dar. Diese ermöglichen es, Energien bis in den  $\mu\text{eV}$  Bereich aufzulösen. Einige solcher Experimente deuten auf Wechselwirkungen der Elektronen mit den Phononen des Festkörpers hin, die bei diesen Größen und Energieverhältnissen einen stärkeren Einfluß ausüben als Photonen. So treten die Phononen im Fall der Quantenpunkte, die auch als künstliche Atome bezeichnet werden, an Stelle der Photonen als wichtigste bosonische Wechselwirkungspartner. Wechselwirkungen zwischen Atomen und Photonen werden in der Quantenoptik jedoch seit geraumer Zeit intensiv studiert. Daher erscheint es vielversprechend, solche Effekte auf ein System von einem oder mehreren Quantenpunkten mit Ankopplung an das Phononensystem des Festkörpers zu übertragen.

Im ersten Jahr der Arbeit wurden hauptsächlich Wechselwirkungen von Elektronen mit Oberflächenwellen untersucht. Die leitenden Elektronen in Halbleiter-Heterostrukturen sind üblicherweise nur wenige 100 nm von der Oberfläche der Probe entfernt. So kann es zu einem starken Einfluß der Oberflächenwellen kommen, deren Eindringtiefe in die Probe in etwa einer Wellenlänge entspricht. Beispielsweise werden Oberflächenwellen in Experimenten zur Leitfähigkeit im Quanten-Hall-Regime eingesetzt. Wir haben den piezoelektrischen Elektron-Phonon-Wechselwirkungskoeffizienten im anisotropen Kristall berechnet (eine ähnliche Rechnung ist bei S. Simon, [Phys. Rev. B **54**, 13878 (1996)], zu finden, allerdings ohne die Quantisierung der Oberflächenwelle). Der Vergleich mit entsprechenden Ergebnissen zum isotropen Kristall [A. Knäbchen et al., Phys. Rev. B **54**, 10696 (1996)] zeigt, dass beide an der Oberfläche in etwa übereinstimmen, die Eindringtiefe im isotropen Modell aber leicht übertrieben wird. Beide Modelle zeigen den gleichen nicht-monotonen Abfall in die Tiefe. Mit Hilfe dieses Koeffizienten haben wir den inelastischen Strom durch einen doppelten Quantenpunkt berechnet, der durch Emission von Oberflächenphononen hervorgerufen wird. Das Ergebnis liegt leicht unter dem Strom für den Fall von Emission von bulk-Phononen [T. Brandes, B. Kramer, Phys. Rev. Lett. **83**, 3021 (1999)]. Wir nehmen daher an, dass den Oberflächenwellen im entsprechenden Experiment [T. Fujisawa et al., Science **282**, 932 (1998)] keine dominierende Rolle zukommt.

## Ausblick

Im weiteren soll ein Effekt aus der Quantenoptik, die Superradianz, und insbesondere seine mögliche Übertragung auf Nanostrukturen untersucht werden. Bei der Superradianz, auch Dicke-Effekt genannt, handelt es sich um kohärente spontane Emission von einem Ensemble

aus angeregten Atomen. Dabei sinkt die Lebensdauer des angeregten Zustandes mit der Zahl der Atome, was bei einer grösseren Anzahl von Atomen zu einem sehr schmalen Maximum der emittierten Strahlung führt. Ein System von doppelten Quantenpunkten, deren Parameter so gewählt werden, dass zwei Zustände unterschiedlicher Energie für die Beschreibung ausreichen, soll anstelle der Atome treten. Die ursprünglich elektromagnetische Kopplung der Atome wird dann von Phononen geleistet.

## Publikationen

Angehörige und Gäste des Graduiertenkollegs sind unterstrichen

- [1] T. Vorrath und R. Blümel: *Thomson-Atome*, Physik in unserer Zeit **31**, 115 (2000).
- [2] S. Debold, T. Vorrath, T. Brandes und B. Kramer: *Phonons and Phonon Confinement in Transport through Double Quantum Dots*, Proceedings of the 25th International Conference on the Physics of Semiconductors (2000).

## Teilnahme an Tagungen

- 219th International WEH workshop on Interactions and Quantum Transport Properties of Lower Dimensional Systems  
Hamburg, 27.-28.7.99
- Localization 1999 - International Conference on Disorder and Interaction in Transport Phenomena  
Hamburg, 29.7.-2.8.99
- TMR workshop on Quantum Transport in the Frequency and Time Domains  
Genua (Italien), 1.10.-4.10.99
- „Influence of surface acoustic waves on the electronic transport properties of a double quantum dot“  
DPG Frühjahrstagung, Arbeitskreis Festkörperphysik  
Regensburg, 27.3.-31.3.2000  
Beitragsform: Vortrag
- „Spontaneous emission of Phonons from coupled quantum dots“  
236. WE-Heraeus-Seminar on Interacting Electrons in Nanostructures  
Bad Honnef, 12.6.-16.6.2000  
Beitragsform: Poster
- First International WEH Summer School on mesoscopic physics between photonic and electronic systems  
Wittenberg, 17.7.-27.7.2000
- TMR Advanced Research School on Space-, Frequency- and Time-Resolved Quantum Transport  
Hamburg, 3.9.-9.9.2000

## Eigene Vorträge im Rahmen des Graduiertenkollegs

- „Grundzustandsenergien und Struktur von Thomson-Atomen“  
Sonderseminar des Graduiertenkollegs, April 1999
- „Transport through Quantum Dots“  
3. Workshop des Graduiertenkollegs, Niederkleveez, Mai 1999
- „Spontaneous emission of surface acoustic waves from a double quantum dot“  
4. Workshop des Graduiertenkollegs, Schwerin, Oktober 2000