Zusammenfassung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit den elektronische Eigenschaften von isolierten Quantenpunkten sowie Transporteigenschaften von Quantenpunkten die mittels Tunnelbarrieren an zwei elektronische Reservoire gekoppelt sind.

Zunächst wird das Regime schwacher Tunnelankopplung untersucht, welches mittels einer Master-Gleichung mit Tunnelraten nach Fermis Goldener Regel beschrieben wird. Tragen mehr als zwei Quantenpunktzustände zum Transport bei, wird gezeigt, dass die Position der differenziellen Leitfähigkeitsspitzen im Allgemeinen von der Anzahl der beitragenden Zustände sowie von der Temperatur abhängt. Dadurch können Transportspektren in der Regel nicht unmittelbar mit Hilfe der Energieniveaus des isolierten Quantenpunktes interpretiert werden. Gleichzeitig wird ein Weg aufgezeigt, der es erlaubt mit Hilfe dieser Abhänigkeiten Entartungen in Quantenpunktspektren direkt zu messen. Desweiteren wird ein Mechanismus am Beispiel eines spärischen Quantuenpunktes der mit zwei bis drei wechselwirkenden Elektronen besetzt ist, untersucht. Er führt zu einer Erweiterung des Coulomb-Blockadebereichs, indem der Quantenpunkt für Transport vollständig blockiert ist. Dieser Mechanismus kann durch eine Kaskade von Tunnelübergängen erklärt werden, die in einem Quantenpunktzustand endet welche für weiteren Transport durch Spinauswahlregeln blockiert ist.

Im zweiten Teil dieser Arbeit wird die elektronische Struktur sphärischer Quantenpunkte mittels eines effektiven Massenmodells für wechselwirkende Elektronen berechnet. Um Korrelationen in den Quantenpunktzuständen zu berücksichtigen, wird die Vielteilchen Schrödinger Gleichung mittels exakter Diagonalisierung gelöst. Die berechnete elektronische Struktur steht im Einklang mit Transportexperimenten an Halbleiternanokristallen, die mittels Rastertunnelspektroskopie durchgeführt wurden. Bei der Berechnung des Starkeffekts aufgrund des durch die Rastertunnelspitze induzierten elektrische Feldes wird gezeigt, dass bestimmet Grundzustandsdichten eine torusförmige Symmetrie besitzen. Diese Symmetrie wurde experimentell in sogenannten Wellenfunktionskartierungsexperimenten nachgewiesen. Eine Größenabhängigkeit der Symmetrie gibt es im Grundzustand für fünf Elektronen aufgrund eines Wechselspiels zwischen Starkenergie und Austauschenergie.

Des weiteren zeigt die Berechnung der Anregungspektren des isolierten Quantenpunkts, dass die Coulombwechselwirkung zu einer Reduktion der tiefliegenden Anregungen als Funktion der Elektronenzahl führen kann. Diese Reduktion erkärt aktuelle experimentelle Befunde an selbstorganisierten Halbleiterquantenpunkten.

Der letzte Teil behandelt die Untersuchung von Co-Tunnel-Prozesse im Bereich der Coulomb-Blockade. Dazu wird der Tunnelstrom in vierter Ordnung

Störungstheorie in der Tunnelankopplung mittels eines Echtzeit-Greensfunktionenansatzes im Nichtgleichgewicht berechnet. Für einen Quantenpunkt, der mit bis zu zwei wechselwirkenden Elektronen besetzt werden kann zeigt die berechnete differenzielle Leitfähigkeit eine komplexe Struktur des Anregungsspektrums innerhalb des Coulomb-Blockadebereichs. Dabei zeigen die Rechnungen neben Stufen insbesondere Spitzen in der differentiellen Leitfähigkeit, die auch experimentell gefunden wurden.