

LV 704103, SS 2016

Seminar mit Bachelorarbeit: Experimentalphysik

Themenauswahl aus dem Forschungsgebiet
Supraleitende Schaltkreise

Betreuung: Gerhard Kirchmair

Themenauswahl

1. Digitale Quantensimulation mit Supraleitenden Quantenbits
2. Mikromechanische Oszillatoren gekoppelt an Supraleitende Schaltkreise
3. Die Quantenzustandsentwicklung eines Supraleitenden Qubits während einer Messung

1. Digitale Quantensimulation mit Supraleitenden Quantenbits

Der Quantensimulator wurde von Richard Feynmann 1981 vorgeschlagen um komplexe quantenmechanische Probleme zu lösen die zu komplex für klassischen Computer sind. Sein Vorschlag war es ein gut kontrolliertes Quantensystem zu verwenden um ein anderes zu simulieren. In den heutigen Labors stehen verschiedene solche gut kontrollierten Quantensysteme zur Verfügung. Diese Quantensysteme werden unter anderem dazu verwendet um Experimente zur Quantensimulation durchzuführen.

Supraleitende Schaltkreise sind eine des vielversprechendsten Quantensystems zur Realisierung eines Quantencomputers und von Quantensimulation. Diese Plattform verspricht eine gute Skalierbarkeit, hohe Gatter-Güten und eine Flexibilität im Design der Wechselwirkungen kombiniert mit hohen Kohärenzzeiten.

Die Bachelorarbeit soll die Grundprinzipien Supraleitender Schaltkreise erklären und erläutern wie diese für Quantensimulation verwendet werden können. Des Weiteren soll ein Einblick in die digitale Quantensimulation von Spin Systemen gegeben werden.

Literatur:

- **Digital Quantum Simulation of Spin Models with Circuit Quantum Electrodynamics**
Y. Salathé, M. Mondal, M. Oppliger, J. Heinsoo, P. Kurpiers, A. Potočnik, A. Mezzacapo, U. Las Heras, L. Lamata, E. Solano, S. Filipp, and A. Wallraff
Phys. Rev. X **5**, 021027 (2015)
[PhysRevX](#)
- **Digitized adiabatic quantum computing with a superconducting circuit**
R. Barends et.al. (2015).
[arXiv:1511.03316](#)
- **Digital quantum simulation of fermionic models with a superconducting circuit**
R. Barends, L. Lamata, J. Kelly, L. García-Álvarez, A. G. Fowler, A. Megrant, E. Jeffrey, T. C. White, D. Sank, J. Y. Mutus, B. Campbell, Yu Chen, Z. Chen, B. Chiaro, A. Dunsworth, I.-C. Hoi, C. Neill, P. J. J. O'Malley, C. Quintana, P. Roushan, A. Vainsencher, J. Wenner, E. Solano, John M. Martinis
Nature Communications **6**, **7654** (2015). [Nature Communications](#)

2. Mikromechanische Oszillatoren gekoppelt an Supraleitende Schaltkreise

Mikromechanische Oszillatoren sind vielversprechende Quantensysteme mit einer breiten Palette an Anwendungen. Diese Anwendungen reichen von Tests der Quantenmechanik bis zu sensiblen Kraft und Beschleunigungssensoren. Eine der fundamentalen Fragestellungen ist ob und wie solche Resonatoren in den Quantenmechanische Grundzustand gekühlt werden können.

Mittlerweile gibt es verschiedenste Experimente die dieses Ziel erreicht haben. Diese Experimente konnten mittlerweile Verschränkung zwischen dem Mechanischen Oszillator und an ihm gestreutem Licht nachweisen und auch zur effizienten Konvertierung von Mikrowellen Photonen in Optische Photonen verwendet werden. Eines der vielversprechendsten Systeme sind dabei mikromechanische Oszillatoren die an supraleitende Schaltkreise gekoppelt sind.

Ziel dieser Bachelorarbeit ist es die Kopplung zwischen supraleitendem Schaltkreis und mechanischem Oszillator zu verstehen. Des Weiteren soll in der Bachelorarbeit erläutert werden wie der supraleitende Schaltkreis dazu verwendet werden kann den mechanischen Oszillator zu kühlen und seine Position auszulesen.

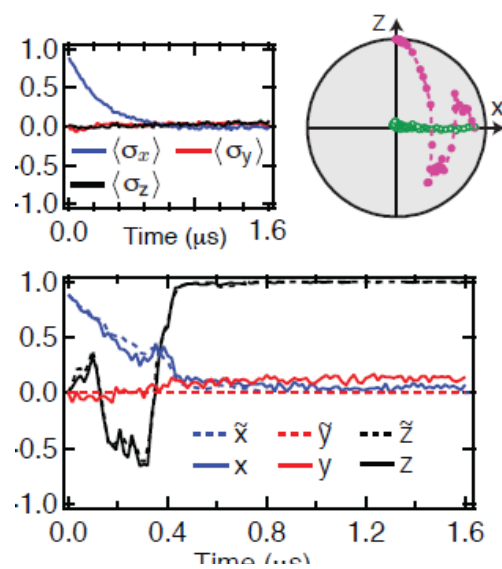
Literatur:

- **Nanomechanical coupling between microwave and optical photons.** J. Bochmann, A. Vainsencher, D.D. Awschalom, A.N. Cleland
Nature Physics **103**, 122602 (2013).
[nature physics](#)
- **Bidirectional and efficient conversion between microwave and optical light**
R.W. Andrews, R.W. Peterson, T.P. Purdy, K. Cicak, R.W. Simmonds, C.A. Regal, K.W. Lehnert
Nature Physics **10**, 321–326 (2014).
[10.1038/nphys2911](#)
- **Entangling Mechanical Motion with Microwave Fields**
T.A. Palomaki, J.D. Teufel, R.W. Simmonds, K.W. Lehnert
Science **342**, 710-713 (2013).
[10.1126/science.1244563](#)
- **Measuring nanomechanical motion with a microwave cavity interferometer**
C.A. Regal, J.D. Teufel, K.W. Lehnert, *Nature Physics* **4**, 555 - 560 (2008).
[10.1038/nphys974](#)

3. Die Quantenzustandsentwicklung eines Supraleitenden Qubits während einer Messung

Der Messprozess in der Quantenmechanik ist intrinsisch zufällig. Durch die Rückwirkung der Messung auf das Quantensystem wird diese in seiner natürlichen Evolution gestört. Wenn man mehr darüber erfahren will wie der quantenmechanische Messprozess funktioniert muss man es schaffen die komplette Trajektorie der Messung aufzuzeichnen. Dies kann mit Hilfe von schwachen Messungen erfolgen die es erlauben die stochastische Entwicklung nachzuverfolgen.

Supraleitende Qubits in Kombination mit supraleitenden quantenlimitierten Verstärkern sind das perfekte System um schwache Messungen zu realisieren und zu untersuchen. Diese Messungen veranschaulichen den Zusammenhang zwischen unitärer Evolution und Kollaps der Wellenfunktion.



Nature 502, 211 (2013)

Die Bachelorarbeit soll die Grundprinzipien der Schwachen und Projektiven Zustands-Messung in Supraleitenden Qubits erklären. Um diese Messungen verstehen zu können müssen Grundlagen zu quantenlimitierten Verstärkern erarbeitet werden.

Literatur:

- **Quantum Trajectories of a Superconducting Qubit**
Dissertation by S. J. Weber, 2014.
[Weber thesis](#)
- **Observing single quantum trajectories of a superconducting qubit**
K. W. Murch, S. J. Weber, C. Macklin, I. Siddiqi. Nature 502, 211 (2013).
[Nature](#)
- **Observation of Quantum Jumps in a Superconducting Artificial Atom**
R. Vijay, D. H. Slichter, and I. Siddiqi. Phys. Rev. Lett. 106, 110502 (2011). [PRL](#)