

Q 25: Quanteninformation (Verschränkung und Dekohärenz II)

Zeit: Dienstag 14:00–16:30

Raum: 5L

Gruppenbericht

Q 25.1 Di 14:00 5L

Entanglement in Cavity-QED Systems — •TATJANA WILK¹, SIMON WEBSTER¹, GERHARD REMPE¹, and AXEL KUHN² — ¹Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Hans-Kopfermann-Str. 1, 85748 Garching, Germany — ²Clarendon Laboratory, University of Oxford, Parks Road, Oxford OX1 3PU, UK

Creating entanglement between distant nodes of a quantum network is a major objective in quantum information processing. Realization of atom-photon entanglement is a big step towards this aim since photons can travel large distances without decoherence. In particular, entanglement swapping between photon pairs and distant atoms should be a feasible way to realize a quantum repeater. However, all atom-photon entanglement schemes that have been demonstrated so far [1] are plagued by low event rates and poor photon collection efficiencies. Therefore the anticipated entanglement swapping is hard to achieve. To overcome these limitations, atom-cavity systems could be used as photon emitters, since their overall efficiency is more than three orders of magnitude higher [2]. Here, we show a way to achieve entanglement in a strongly coupled atom-cavity system. The proposed scheme is well supported by first experimental results.

[1] Blinov et al., *Nature* **428**, 153 (2004), Volz et al., *Phys. Rev. Lett.* **96**, 30404 (2006).

[2] Kuhn et al., *Phys. Rev. Lett.* **89**, 67901 (2002).

Q 25.2 Di 14:30 5L

Estimating entanglement measures in experiments — •OTFRIED GÜHNE¹, MICHAEL REIMPELL², and REINHARD WERNER² — ¹Institut für Quantenoptik und Quanteninformation, A-6020 Innsbruck — ²Institut für Mathematische Physik, Technische Universität Braunschweig, D-38106 Braunschweig

The characterization of entanglement in experiments is an important problem in quantum information science. In this talk we present a method to estimate entanglement measures in experiments. We show how a lower bound on a generic entanglement measure can be derived from the measured expectation values of any finite collection of entanglement witnesses. Hence witness measurements are given a quantitative meaning without the need of further experimental data. We apply our results to a recent multi-photon experiment [M. Bourennane et al., *Phys. Rev. Lett.* **92**, 087902 (2004)], giving bounds on the entanglement of formation and the geometric measure of entanglement in this experiment.

Q 25.3 Di 14:45 5L

Zwei-Farben-Verschränkung — •MORITZ MEHMET¹, NICOLAI GROSSE², NICO LASTZKA¹, PING KOY LAM² und ROMAN SCHNABEL¹ — ¹Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut), Leibniz Universität Hannover, Callinstr. 38, 30167 Hannover — ²Quantum Optics Group, Department of Physics, The Australian National University, ACT 0200, Australia

Die Wechselwirkung zweiter Ordnung in nichtlinearen Kristallen ist wohlbekannt und in zahlreichen Experimenten demonstriert worden. Diese $\chi^{(2)}$ -Prozesse eignen sich aber nicht nur zur Frequenzverdopplung oder zur Erzeugung von gequetschtem Licht durch optisch-parametrische Abschwächung. Kürzlich konnte gezeigt werden [1], dass Auf- und Abwärtskonversion, durch entsprechende Wahl der experimentellen Parameter, für maximale Verschränkung zwischen dem fundamentalen und harmonischen Feld sorgen. Wir stellen die zugrunde liegende Theorie vor und präsentieren einen in Planung befindlichen Aufbau zur Erzeugung dieser Zwei-Farben-Verschränkung.

[1] *Phys. Rev. Lett.* **96**, 063601 (2006).

Q 25.4 Di 15:00 5L

Experimentelle Verschränkungsreinigung atomarer Zustände — •RAINER REICHEL¹, DIETRICH LEIBFRIED², EMANUEL KNILL², JOE BRITTON², RODNEY BLAKESTAD², JOHN JOST², CHRIS LANGER², ROEE OZERI², SIGNE SEIDELIN² und DAVE WINELAND² — ¹Institut für Quanteninformationsverarbeitung, Universität Ulm, D-89069 Ulm — ²NIST, Boulder, Colorado 80305, USA

Verschränkungsreinigung wurde 1996 von Bennett et al.¹ vorgeschlagen und ist ein Protokoll der Quanteninformation, welches erlaubt, aus mehreren identisch entstandenen Kopien eines verschränkten Zustandes einen Zustand verbesserter Fidelität zu destillieren. Für die

Demonstration dieses Protokolls² benutzen wir zwei Paare atomarer Qubits in einer Ionenfalle. Eine moderate Verschränkung mit unbestimmtem Restanteil wird mittels eines Phasengatters in einem ersten Schritt in den Zuständen der Qubits der zwei separaten Ionenpaare eingestellt, also in zwei identischen Kopien. Im Bereinigungsprozeß wird dann das erste Qubit des einen Paares mit dem zweiten Qubit des anderen Paares, und umgekehrt, paarweise miteinander verschränkt (CNOT Gatter). Nach räumlicher Trennung der Paare, wird der Zustand des ersten Paares gemessen und eine Rotation auf dem zweiten Paar vollzogen. Das zweite Paar erscheint in einem Zustand mit höherer Fidelität als ursprünglich^{1,2}. Das Hinzuziehen weiterer, identischer Paare könnte in zukünftigen Experimenten durch Iteration eine hohe Bereinigung eines beliebigen Zustandes ermöglichen.

[1] Bennett, C. H. et al. *PRL* **76**, 722 (1996)

[2] R. Reichle et al., *Nature* **443**, 838 (2006)

Q 25.5 Di 15:15 5L

Entanglement dynamics in Markovian open systems: a diffusive quantum trajectories approach — •MARC BUSSE^{1,2}, CARLOS VIVIESCAS¹, ANDRE CARVALHO¹, OLIVIER BRODIER¹, and ANDREAS BUCHLEITNER¹ — ¹Max-Planck-Institut fuer Physik Complexer Systeme, Dresden — ²Arnold Sommerfeld Center for Theoretical Physics, Ludwig-Maximilians-Universität München

Recently, a dynamical characterization of entanglement through the continuous observation of a quantum system evolving under incoherent coupling to an environment has been proposed [1]. In this contribution we further explore these ideas by means of diffusive quantum trajectories to describe the conditional quantum evolution of the system. It is shown that an optimal measurement scheme on the environment can be found, for which the entanglement of the time evolved, mixed state is given by the average entanglement over the pure state decomposition generated by this optimal unraveling of the master equation. For the cases studied, the optimal measurement scheme is time independent, rendering the method to be a computationally efficient tool for the study of entanglement dynamics in Markovian open systems.

[1] A.R.R. Carvalho, M. Busse, O. Brodier, C. Viviescas, and A. Buchleitner, quant-ph/0510006

Q 25.6 Di 15:30 5L

Quantum Walks with Decoherence — •ANNETTE MARIA GATTNER and REINHARD WERNER — Institut für mathematische Physik, TU Braunschweig, www.imaph.tu-bs.de

The transition from classical to quantum walks implies the introduction of an additional coin degree of freedom to obtain unitary but non-trivial quantum walks. This unitarity can be destroyed by decoherence, e.g., the use of a different quantum coin with a certain probability. The effects of such kinds of decoherence as well as errors in the position degree of freedom have already been studied numerically by several groups. The study of decoherence is especially important with regard to the experimental realization of quantum walks and the occurring imperfections.

When decoherence is allowed, one can consider translationally invariant local discrete time dynamics without any additional coin degree of freedom. We present the possible decoherence maps under such conditions and determine their probability distribution for large times. These results are extended to the quantum walk with a coin degree of freedom.

Q 25.7 Di 15:45 5L

Decoherence in dynamical quantum phase transition — •SARAH MOSTAME and RALF SCHUETZOLD — Institut fuer Theoretische Physik, Technische Universitaet Dresden, 01062 Dresden

The quantum Ising model is one of the basic models for the understanding of quantum phase transitions. Ground state entanglement, which is responsible for long-range correlations in quantum phase transitions, is also a key factor for this quantum phenomenon. We study the dynamics of a quantum phase transition in the quantum Ising model weakly coupled to a general bath. Under the assumption of fully adiabatic evolution our results show that the first order corrections due to decoherence increase linearly with the system size.

Q 25.8 Di 16:00 5L

Verschränkung eines Vier-Parteien-Zustandes und experimenteller Nachweis — ●JESSICA SCHNEIDER¹, OLIVER GLÖCKL¹, GERD LEUCHS¹ und ULRIK ANDERSEN^{1,2} — ¹Institut für Optik, Information und Photonik, Max-Planck Forschungsgruppe, Universität Erlangen-Nürnberg, Günther-Scharowsky-Str. 1, 91058 Erlangen — ²Technical University of Denmark, Department of Physics, 2800 Kgs. Lyngby, Denmark

Wir stellen ein Protokoll zur Erzeugung und zur Detektion eines stark korrelierten Vier-Parteien-Quantenzustandes vor. Der Zustand wird aus vier hellen gepulsten Lichtzuständen erzeugt, die durch den Kerr-Effekt in Glasfasern gequetscht wurden.

Im ersten Schritt werden zwei EPR-Strahlenpaare durch eine Interferenz miteinander verschränkt. Dies erfolgt wie in einem früheren Experiment zum Verschränkungs-austausch [1]. Im zweiten Schritt werden die verschränkten Strahlen durch ein Strahlteilernetzwerk entkoppelt. Die ursprüngliche Verschränkung macht sich dann in einer reduzierten Varianz der direkt detektierten einzelnen Teilstrahlen bemerkbar. Die Vier-Parteien-Verschränkung wird durch verschiedene Kombinationen von Amplitudenquadraturen überprüft [2].

[1]O. Glöckl et al., Phys. Rev. A 68, 012319 (2003)

[2]P. van Loock et al., Phys. Rev. A 67, 052315 (2003)

Q 25.9 Di 16:15 5L

Experimental Bell tests for quantum state discrimina-

tion — ●CHRISTIAN SCHMID^{1,2}, NIKOLAI KIESEL^{1,2}, WIESLAW LASKOWSKI³, WITŁEF WIECZOREK^{1,2}, REINHOLD POHLNER^{1,2}, and HARALD WEINFURTER^{1,2} — ¹Max-Planck-Institute for Quantum Optics, Garching — ²Department for Physics, LMU Munich — ³Instytut Fizyki Teoretycznej i Astrofizyki, Uniwersytet Gdański, Poland

Bell inequalities provided the first experimental approach to reveal the discrepancy between quantum and classical correlations. For characterizing entangled states, recently, entanglement witnesses were developed. These turned out to be a mighty tool to distinguish multipartite states with a higher degree of separability from states with a lower one (e.g. [1]). However, quantum states composed of more than two qubits additionally offer a variety of types of entanglement. Here, we provide an approach how to construct Bell inequalities that are tailored to certain multipartite entangled states. They are constructed such that they witness non-classicality, non-separability and in addition distinguish between certain types of entanglement. We present two new Bell inequalities that are violated maximally by two important four-photon entangled states, $D_4^{(2)}$ [2] and $\Psi^{(4)}$ [3], respectively. We demonstrate the resulting possibility to distinguish these states quantitatively from other relevant four-photon entangled states. Finally, we perform an experimental analysis of the state $D_4^{(2)}$ based on this approach.

[1] M. Bourennane et al., Phys. Rev. Lett. **92**, 087902 (2004),

[2] N. Kiesel et al., quant-ph/0606234 (2006),

[3] M. Eibl et al., Phys. Rev. Lett. **90**, 200403 (2003)