

Q 36: Ultracold Atoms: Single Atoms (with A)

Time: Wednesday 16:30–17:45

Location: A 320

Group Report

Q 36.1 We 16:30 A 320

Real-time feedback control of a single atom trajectory — ●ALEXANDER KUBANEK, MARKUS KOCH, CHRISTIAN SAMES, ALEXEI OURJOUNTSEV, PEPIJN PINKSE, KARIM MURR, and GERHARD REMPE — Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching, Germany

Feedback is a general, well developed technique, which provides an important tool to control classical systems in a wide variety of fields. Novel features arise when transferring the idea of feedback into the quantum domain, e.g. to engineer non-trivial quantum states. An interesting question is whether one can influence quantum trajectories by measurement and feedback without violating Heisenberg uncertainty relations. A prerequisite for this is to measure and react in real time with a minimum measurement rate and, hence, disturbance.

By combining the arsenal of cavity QED techniques with blue-light trapping we have now achieved a longstanding goal, namely the real-time feedback control on the motion of a single atom. The feedback acts on a time scale that is 70 times faster than the typical time for the evolution of the centre of mass of the atom. Individual probe photons carrying information about the atomic position activate a dipole laser that steers the atom towards or away from the cavity centre. Depending on the specific implementation, the trapping time is increased by a factor of more than four and the localisation of the atom improved owing to feedback cooling. Such a feedback technique teaches us that one can control an a priori unpredictable atomic trajectory, and marks a step towards the exploration of quantum trajectories.

A. Kubanek, et al., Nature, in press (2009)

Q 36.2 We 17:00 A 320

Fokussierung eines Einzelionenstrahls — ●W. SCHNITZLER¹, G. JACOB¹, R. FICKLER², F. SCHMIDT-KALER¹ und K. SINGER¹ — ¹Universität Ulm, Institut für Quanteninformationsverarbeitung, Albert-Einstein-Allee 11, D-89069 Ulm, Deutschland — ²Universität Wien, Institut für Quantenoptik, Quantennanophysik & Quanteninformation, Boltzmanngasse 5, A-1090 Wien, Österreich

Basierend auf einer segmentierten linearen Paul-Falle [1] wurde ein Verfahren entwickelt, welches es ermöglicht, deterministisch eine vorgegebene Anzahl von Ionen zu laden. Diese Ionen werden anschließend deterministisch aus der Falle extrahiert und in einem Abstand von 257 nm in einen Spot mit einem 1σ -Radius von $(4.62 \pm 1.25) \mu\text{m}$ fokussiert [2]. Verglichen mit dem anfänglichen Strahlradius von $83 \binom{+8}{-3} \mu\text{m}$ wird der Einzelionenstrahl somit auf 1/18 seiner ursprünglichen Größe verkleinert. Aufgrund der geringen Strahldivergenz und der schmalen Geschwindigkeitsverteilung unserer Einzelionenquelle ist die chromatische und sphärische Aberration an der Einzellinse stark reduziert, was einen vielversprechenden Ausgangspunkt für die Fokussierung einzelner, in ein Substrat zu implantierender Ionen darstellt [3-5]. Ein neuartiges Linsendesign soll die Auflösung noch weiter verbessern und eine Nachbeschleunigung der Ionen auf mehrere keV ermöglichen.

[1] W. Schnitzler *et al.*, Phys. Rev. Lett. **102**, 070501 (2009)

[2] W. Schnitzler *et al.*, quant-ph/0912.1258, submitted to NJP

[3] B. Kane, Nature **393**, 133 (1998)

[4] F. Jelezko *et al.*, Phys. Rev. Lett. **93**, 130501 (2004)

[5] T. Shinada *et al.*, Nature **437**, 1128 (2005)

Q 36.3 We 17:15 A 320

Highly efficient, sub microsecond photoionisation detection of single ⁸⁷Rb atoms — ●FLORIAN HENKEL¹, MICHAEL KRUG¹, JULIAN HOFMANN¹, WENJAMIN ROSENFELD¹, MARKUS WEBER¹, and HARALD WEINFURTER^{1,2} — ¹Department für Physik der LMU, Schellingstrasse 4/III, 80799 München — ²Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Hans-Kopfermann-Strasse 1, 85748 Garching

We experimentally demonstrate a technique suitable for detecting single optically trapped atoms in less than $1 \mu\text{s}$ with high efficiency. The scheme is based on hyperfine-state-selective photoionisation of single atoms and subsequent detection of the correlated photoion-electron pairs via two channel electron multipliers. By coincidentally counting these single pairs [1], both detectors are calibrated to absolute values, with single detector efficiencies exceeding $\eta_{ele} = (0.875 \pm 0.002)$ and $\eta_{ion} = (0.926 \pm 0.010)$. Moreover, defining both as a joint CEM detector, a single neutral atom detection efficiency of $\eta = (0.991 \pm 0.002)$ within $t = 389.3 \pm 3.6$ ns following an ionisation event is achieved.

The detection scheme has a potential range of fundamental applications such as real-time probing of ultracold ensembles with sub-poissonian accuracy, as destructive, single-shot readout unit for atomic qubits or as detector for a loophole-free test of Bell's inequality with a pair of trapped atoms at remote locations [1].

[1] J. Dunworth *et al.*, Rev. Sci. Instrum. **11**, 167 (1940), P. Kwiat *et al.*, Appl. Opt. **33**, 1844 (1994).

[2] T. Campey *et al.*, Phys. Rev. A **74**, 043612-9 (2006), W. Rosenfeld *et al.*, Adv. Sci. Lett. **2**, 469 (2009).

Q 36.4 We 17:30 A 320

Feedback-optimierte Operationen mit linearen Ionenkristallen — ●STEFAN ULM¹, JOHANNES F. EBLE¹, PETER ZAHARIEV², FERDINAND SCHMIDT-KALER¹ und KILIAN SINGER¹ — ¹Universität Ulm, Institut für Quanteninformationsverarbeitung, Albert-Einstein-Allee 11, D-89069 Ulm, Germany — ²Bulgarian Academy of Science, Institute of Solid State Physics, Tzarigradsko Chaussee Blvd. 72, 1784 Sofia, Bulgaria

Wir berichten von Transportoperationen mit linearen $^{40}\text{Ca}^+$ -Kristallen unter Anwendung zeitabhängiger, elektrischer Potentiale [1]. Um die Ionen zu kontrollieren, verwenden wir in unserer Methode die aktuelle Positionsinformation, die wir aus der Fluoreszenz der Ionen erhalten und nicht vorher aus einem Fallenmodell berechnete Spannungsrampen [2]. Wir zeigen, mit Hilfe dieser Rückkopplungstechnik den Transport einer vorher festgelegten Anzahl von Ionen sowie die Trennung und Vereinigung von Ionenkristallen. Die Rückkopplungssteuerung ist ein robustes Schema und gleicht experimentelle Fehler wie Bauungenauigkeiten und statische Aufladungen der Falle aus. Außerdem erlaubt unsere Methode, dass der Rechner eine selbst erlernte Spannungsrampe für den geforderten Prozess erzeugt und damit eine vorgegebene Anzahl von Ionen mit einer Erfolgswahrscheinlichkeit von über 99.8% zwischen zwei Punkten hin und her transportiert. Dieses Verfahren kann dazu verwendet werden, den Betrieb eines zukünftigen, ionenbasierten Quantencomputers zu vereinfachen.

[1] J. F. Eble *et al.*, quant-ph/0912.2527

[2] M. A. Rowe *et al.*, Quant. Inf. and Comp. **2**, 257 (2002)