



Abb. 2: Die experimentell rekonstruierte Dichtematrix des Zweiphotonenzustandes unterscheidet sich stark bei Quantenpunkten mit nicht-verschwindender (a) bzw. verschwindender (b) Aufspaltung des Exziton-

Zustandes. Dies entspricht den theoretisch erwarteten Dichtematrizen für einen klassisch korrelierten (c) und einen verschränkten (d) Photonenzustand (nach [3]).

von Quantenpunkten mit verschwindender Exzitonenaufspaltung enthält. Das notwendige Kriterium dafür ist, dass die Aufspaltung kleiner als die homogene Linienbreite (typischerweise 1 – 1,5 μeV) ist. Darüber hinaus gelang es unter gewissen Bedingungen, die Exziton-Aufspaltung mithilfe eines externen Magnetfelds parallel zur Probenebene durchzustimmen bzw. auf null zu reduzieren. Diese Methode erlaubt es dann, die Unterscheidbarkeit der beiden Zerfallskanäle der Kaskade und damit die Verschränkung der Photonen beliebig ein- oder auszuschalten.

In einer aktuellen Veröffentlichung untersuchten Shields und Mitarbeiter nun diese beiden Fälle [3]. Abbildung 2 zeigt das Resultat einer tomographischen Rekonstruktion der Dichtematrix des Zwei-Photonen-Zustandes.^{*)} Dazu wurde ein Satz von Koinzidenzmessungen bei 16 unterschiedlichen Stellungen von Polarisatoren durchgeführt [8]. Die Beobachtung von Nebendiagonalelementen in der Dichtematrix ist eine Signatur von Verschränkung und lässt sich bei dem asymmetrischen Quantenpunkt nicht beobachten. Nachdem die ersten Quellen noch eine starke Beimischung von Hintergrundstrahlung aus der Probe aufwiesen, gelang es in einer verbesserten Struktur, auch dieses Problem zu beheben [9]. Die Photonenpaare erfüllten dann klar die Kriterien für Verschränkung.

Die Erzeugung verschränkter Photonenpaare mit einem Quantenpunkt ist ein Durchbruch im Gebiet der Quantenoptik im Festkörper. Mit der Verfügbarkeit der Nanostrukturierungstechnologie und der Möglichkeit einer elektrischen Anregung ist eine kompakte integrierte Quelle für verschränkte Photonen „on demand“ möglich geworden. Besonders interessant

ist auch folgender Aspekt: Nach der Emission eines Photons liegt eine Verschränkung zwischen dem Polarisationszustand des Photons und des Quantenpunktes vor. Es wäre denkbar, dies in zukünftigen Experimenten für die Übertragung von Verschränkung oder für Quan-

teninformationstransfer zwischen zwei Halbleiter-Nanostrukturen auszunutzen.

OLIVER BENSON

- [1] D. Bouwmeester, A. K. Ekert und A. Zeilinger, *The Physics of Quantum Information*, Springer, Berlin (2000)
- [2] P. G. Kwiat et al., *Phys. Rev. Lett.* **75**, 4337 (1995)
- [3] R. M. Stevenson et al., *Nature* **439**, 179 (2006)
- [4] O. Benson et al., *Phys. Rev. Lett.* **84**, 2513 (2000)
- [5] A. Aspect, J. Dalibard und G. Roger, *Phys. Rev. Lett.* **49**, 1804 (1982)
- [6] A. Greilich et al., *Phys. Rev. B* **73**, 045323 (2006); R. Seguin et al., *Phys. Rev. Lett.* **95**, 257402 (2005)
- [7] E. Moreau et al., *Phys. Rev. Lett.* **87**, 183601 (2001); C. Santori et al., *Phys. Rev. B* **66**, 045308 (2002); S. M. Ulrich et al., *Appl. Phys. Lett.* **83**, 1848 (2003)
- [8] D. F. James et al., *Phys. Rev. A* **64**, 052312 (2001)
- [9] R. J. Young et al., *New J. Phys.* **8**, 1 (2006)

^{*)} Die Dichtematrix erlaubt eine vollständige Beschreibung eines Quantensystems.

Prof. Dr. Oliver Benson, Institut für Physik, Humboldt-Universität zu Berlin, Hausvogteiplatz 5-7, 10117 Berlin

Faszination Halo



Diese faszinierenden Sonnenhalos waren am 20. Dezember über Davos zu beobachten. Je nach Form und Orientierung von Eiskristallen in hohen Cirrus- und Cirrostratus-Wolken entstehen durch Brechung und Spiegelung des Lichts daran 22°- und 46°-Ring, Nebensonne (rechts) und Lichtsäule (Mitte) sowie Zirkumzentalbogen (ganz oben) und umschriebener Halo (Mitte). (Foto: Ch. Rixen, SLF, wa.sl.f.ch/index.php?id=8572, vgl. auch R. Greenler, *Phys. Blätter*, Februar 1998, S. 133)