

Presse-Information

Fliegende optische Katzen für die Quantenkommunikation

Gleichzeitig tot und lebendig? Max-Planck-Forscher realisieren im Labor Erwin Schrödingers paradoxes Gedankenexperiment mithilfe eines verschränkten Atom-Licht-Zustands.

Garching, 14. Januar 2019 – Bereits 1935 formulierte Erwin Schrödinger die paradoxen Eigenschaften der Quantenphysik in einem Gedankenexperiment über eine Katze, die gleichzeitig tot und lebendig ist. Seither denken Physiker darüber nach, wie sich solche Überlagerungszustände experimentell realisieren lassen. Eine Gruppe von Forschern um Gerhard Rempe, Direktor der Abteilung Quantendynamik am Max-Planck-Institut für Quantenoptik, hat nun eine optische Version des Experimentes im Labor umgesetzt, bei der die Katze durch Lichtpulse dargestellt wird. Die Erkenntnisse helfen, Lichtzustände besser kontrollieren und sie in Zukunft für die Quantenkommunikation nutzen zu können.

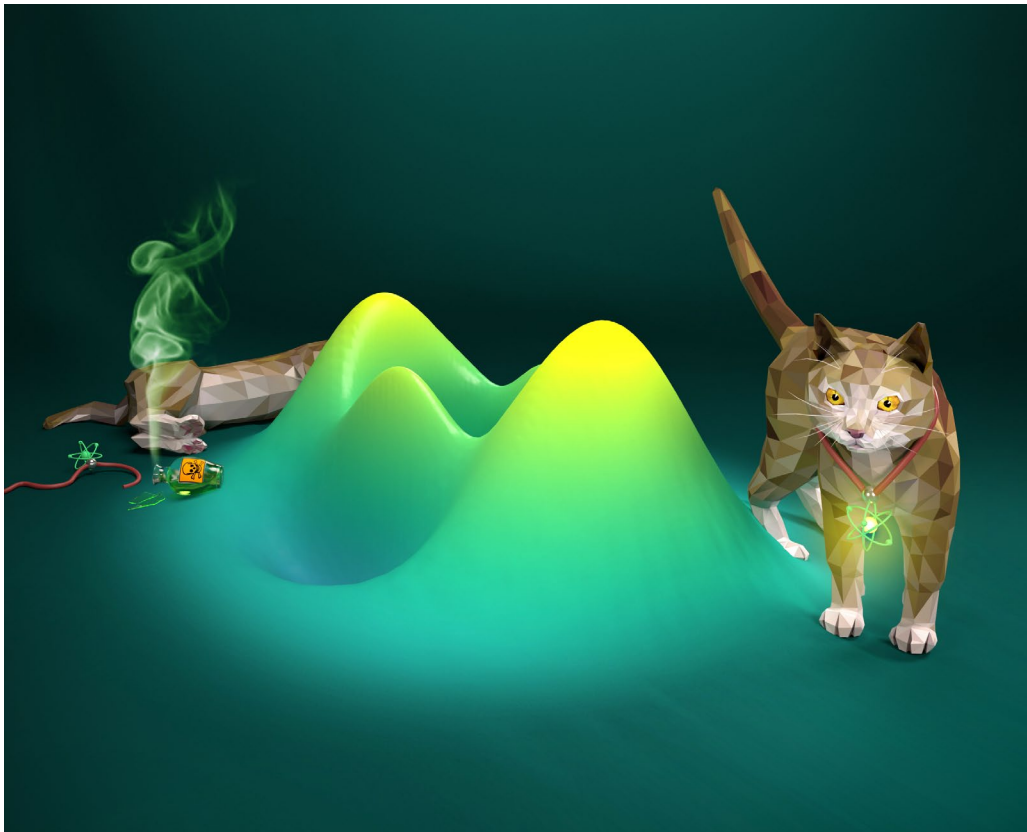
**Presse- und
Öffentlichkeitsarbeit**

Jessica Gruber

+49 89 32905 235
jessica.gruber@mpq.mpg.de

Max-Planck-Institut
für Quantenoptik
Hans-Kopfermann-Str. 1
D-85748 Garching

www.mpq.mpg.de



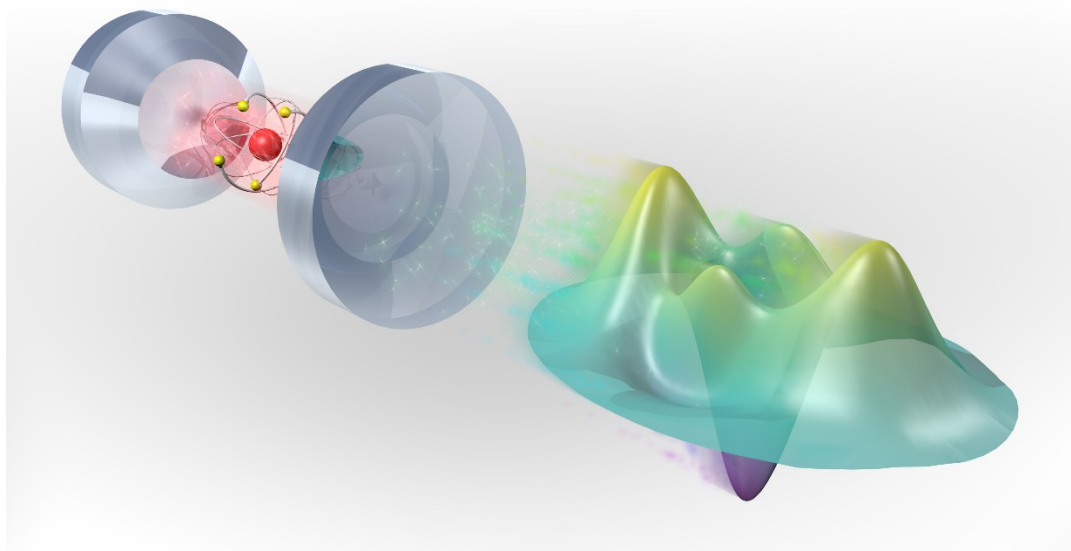
Schrödingers Katze ist mit einem Atom verschränkt. Ist das Atom angeregt, so lebt die Katze. Ist es zerfallen, so ist die Katze tot. Im Experiment bildet ein Lichtpuls die beiden Zustände nach (Hügel) und kann sich wie die Katze in einer Überlagerung aus beiden befinden. | Illustration: Christoph Hohmann, Nano-systems Initiative Munich (NIM)

„Nach Erwin Schrödingers Idee kann ein mikroskopisches Teilchen, wie zum Beispiel ein Atom, sich gleichzeitig in zwei unterschiedlichen Zuständen befinden. Man spricht dann von Überlagerung. Wenn es zudem mit einem makroskopischen

Objekt verschränkt wird, kann es seine Überlagerung auch an dieses weitergeben. Daraus ergibt sich das Beispiel von einer Katze, die in Abhängigkeit vom Zerfall eines radioaktiven Atoms zugleich lebendig und tot sein kann – eine Vorstellung, die jeglicher Alltagserfahrung widerspricht“, erklärt Professor Gerhard Rempe.

Zur Realisierung des philosophischen Gedankenexperiments im Labor bedienen sich Physiker verschiedener Modellsysteme. Einen konkreten Vorschlag, bei dem die Katze durch einen überlagerten Lichtpuls dargestellt wird, formulierten die beiden Theoretiker Wang und Duan im Jahr 2005. Die erforderlichen experimentellen Techniken, insbesondere geeignete Lichtresonatoren, wurden in den letzten Jahren in der Arbeitsgruppe von Gerhard Rempe entwickelt.

Allerdings waren alle beteiligten Wissenschaftler skeptisch, ob sich diese quantenmechanisch überlagerten „Katzenzustände“ mit der entwickelten Technik bereits eindeutig herstellen und nachweisen lassen. Erst die Reduktion aller optischen Verluste in der Messapparatur brachte schließlich den Durchbruch. Alle Messungen bestätigten die Vorhersagen Schrödingers. Das Experiment ermöglicht es den Wissenschaftlern, den Gültigkeitsbereich der Quantenmechanik immer weiter zu testen und neue Techniken für die Quantenkommunikation zu entwickeln.



Ein Atom wird im Resonator zwischen zwei Spiegeln gefangen (links). Ein Lichtpuls, der am Resonator reflektiert wird, ist daraufhin mit dem Atom verschränkt und kann als überlagerter Katzenzustand frei fliegen (rechts). | Illustration: Bastian Hacker, Max-Planck-Institut für Quantenoptik (MPQ)

Das Labor am Max-Planck-Institut in Garching ist mit etlichen Werkzeugen der Quantenoptik ausgestattet: Eine Vakuumkammer und hochgenaue Laser, mit deren Hilfe die Wissenschaftler ein einzelnes Atom isolieren können. Das Herzstück ist ein optischer Resonator, dessen zwei Spiegel ein winziger Spalt von 0,5 Millimeter trennt. Durch eine Reflektion am Resonator tritt Laserlicht mit einem darin gefangenen Atom in Wechselwirkung und übernimmt dessen Überlagerungseigenschaften. Dabei entsteht zunächst ein verschränkter Zustand zwischen dem Atom und dem davonfliegenden Lichtpuls. Eine geeignete Messung am Atom bringt daraufhin den Lichtpuls in einen überlagerten Zustand, ganz wie Schrödingers Katze. Eine Besonderheit des Experiments ist, dass die verschränkten Zustände deterministisch erzeugt werden können. Das bedeutet, dass bei jedem einzelnen Versuch auch ein Katzenzustand entsteht.

„Es ist uns gelungen, fliegende optische Katzenzustände herzustellen und zu zeigen, dass sie den Vorhersagen der Quantenmechanik entsprechen. Wir konnten

somit beweisen, dass unsere Methode funktioniert und weiterhin untersuchen, welche Parameter entscheidend sind“, fasst der Doktorand Stephan Welte zusammen.

„In unserem Experiment können wir nicht nur einen bestimmten Katzenszustand herstellen, sondern beliebig viele mit unterschiedlichen Phasen der Überlagerung – also quasi einen ganzen Zoo. Das könnte in Zukunft genutzt werden, um Quanteninformation zu kodieren“, fügt der Doktorand Bastian Hacker hinzu.

„Schrödingers Katze war ursprünglich in eine Kiste eingesperrt, um Wechselwirkungen mit der Umgebung auszuschließen. Optische Katzenszustände, wie wir sie realisiert haben, sind nicht in eine Kiste eingesperrt, sondern fliegen frei. Trotzdem bleiben sie von ihrer Umgebung isoliert und können somit über weite Distanzen aufrecht erhalten bleiben. In Zukunft möchten wir mit dieser Technologie ganze Quantennetzwerke aufbauen, bei der fliegende optische Katzen Information übertragen“, verdeutlicht Gerhard Rempe die Bedeutung der Forschungsleistung.

Originalveröffentlichung

Bastian Hacker, Stephan Welte, Severin Daiss, Armin Shaukat, Stephan Ritter, Lin Li, Gerhard Rempe

Deterministic creation of entangled atom-light Schrödinger-cat states

Nature Photonics, January 14th, 2019

DOI: 10.1038/s41566-018-0339-5

Kontakte

Prof. Dr. Gerhard Rempe

Direktor am Max-Planck-Institut für Quantenoptik

Hans-Kopfermann-Str. 1, 85748 Garching

Telefon: +49 89 32905 701

E-Mail: gerhard.rempe@mpg.mpg.de

Bastian Hacker

Doktorand am Max-Planck-Institut für Quantenoptik

Hans-Kopfermann-Str. 1, 85748 Garching

Telefon: +49 89 32905 246

E-Mail: bastian.hacker@mpg.mpg.de

Stephan Welte

Doktorand am Max-Planck-Institut für Quantenoptik

Hans-Kopfermann-Str. 1, 85748 Garching

Telefon: +49 89 32905 244

E-Mail: stephan.welte@mpg.mpg.de

Jessica Gruber

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Max-Planck-Institut für Quantenoptik

Hans-Kopfermann-Str. 1, 85748 Garching

Telefon: +49 89 32905 235

E-Mail: jessica.gruber@mpg.mpg.de