

## ■ Die Meister der Quantenmanipulation

Den Physik-Nobelpreis 2012 erhalten Serge Haroche und David J. Wineland „für die Entwicklung experimenteller Methoden, mit denen sich individuelle Quantensysteme messen und manipulieren lassen“.

„Wer glaubt, die Quantentheorie verstanden zu haben, hat sie nicht verstanden“, stellte einst Richard Feynman fest. Denn die Konsequenzen der Quantenmechanik widersprechen oft genug dem Alltagsverstand. Ein Beispiel ist Schrödingers Katze, die in ihrer abgeschlossenen Box in einer Überlagerung aus „tot“ und „lebendig“ haust, bis ein mutiger Experimentator es wagt, die Kiste zu öffnen und nachzusehen. In diesem Moment nämlich bricht der Überlagerungszustand zusammen, und die Katze nimmt einen der beiden Zustände an. Ob tot oder lebendig, ist dann klar. Zu Schrödingers Lebzeiten war dies ein kurioses Gedankenexperiment, für das er sich später entschuldigte, weil er damit zur Quantenkonfusion beigetragen habe. Die diesjährigen Physik-Nobelpreisträger – Serge Haroche und David Wineland – haben dieses Gedankenexperiment aber durchgeführt, allerdings mit Photonen bzw. Ionen statt Katzen, und dabei Effekte von Verschränkung und Dekohärenz untersucht.

Beide Quantenoptiker sind bereits mit Preisen überhäuft worden, u. a. haben sie in aufeinander folgenden Jahren – 2009 David Wineland und 2010 Serge Haroche – den Herbert-Walther-Preis erhalten, den die DPG gemeinsam mit der Optical Society of America verleiht. Auf den bekannten deutschen Physiker Herbert Walther, der Ehrenmitglied der DPG war und 2006 im Alter von 71 Jahren gestorben ist, geht die Entwicklung des Ein-Atom-Masers zurück. Er war derjenige, der ab den späten 1970er-Jahren die Idee, Rydberg-Atome und Mikroresonatoren extrem hoher Güte zu kombinieren, vorangetrieben hat. Für Entwicklungen auf diesem Gebiet wird Serge Haroche, der sich mit Walther oft ein Kopf-an-Kopf-Rennen geliefert hat, nun mit dem Nobelpreis geehrt.

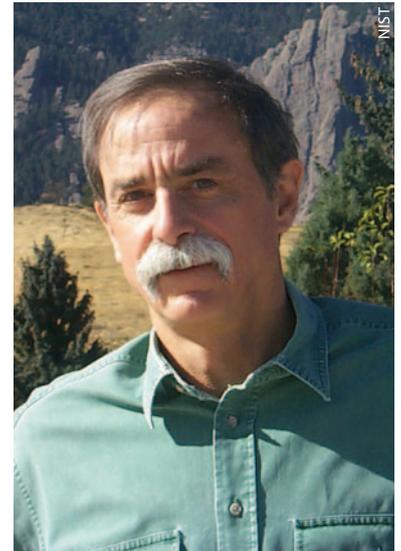
Der französische Physiker Serge Haroche ist Professor am Collège



Collège de France

Serge Haroche wurde 1944 in Casablanca geboren und studierte an der École Normale Supérieure in Paris. Nach seiner Promotion bei Claude Cohen-Tannoudji war er Post-Doc in Stanford bei Arthur Schawlow. Mit nur 31 Jahren wurde er als Professor an die Universität Paris VI berufen. Seit 2001 ist er Professor am Collège de France.

de France und an der École Normale Supérieure in Paris. Er experimentiert mit einzelnen Photonen, die er in einem Resonator, dessen Spiegel 2,7 Zentimeter voneinander entfernt sind, speichern kann. Die Güte des Resonators ist so hoch, dass die Photonen für mehr als eine Zehntelsekunde darin verbleiben und in dieser Zeit eine Distanz von knapp 40 000 Kilometer zurücklegen. Quantenobjekte verändern ihren Zustand, sobald an ihnen eine Messung durchgeführt wird – so auch die berühmte Katze, deren Schicksal sich beim Öffnen der Kiste entscheidet. Doch Haroche ist es gelungen, die Zahl der Photonen zerstörungsfrei mithilfe von hochangeregten Rydberg-Atomen zu bestimmen, die rund tausendmal größer sind als Atome im Grundzustand und sich semiklassisch beschreiben lassen. Dazu durchquert das Rydberg-Atom den Hohlraum, ohne Energie zu absorbieren. Stattdessen führt die Wechselwirkung mit den gespeicherten Photonen zu einer Phasenverschiebung seiner



NIST

David J. Wineland wurde 1944 in Milwaukee geboren. Er promovierte in Harvard und wechselte anschließend ans NIST nach Boulder (Colorado), wo er auch heute noch tätig ist und die „Ion Storage Group“ leitet. Seit rund 40 Jahren zählt er zu den weltweit führenden Experten auf dem Gebiet der experimentellen Atomphysik und Quantenoptik.

Wellenfunktion. Die Verschränkung von Mikrowellenfeld und Rydberg-Atomen erlaubt es dann, den Übergang von der Quanten- in die klassische Welt – die Dekohärenz – zu beobachten.

Der US-Amerikaner David Wineland arbeitet am National Institute of Standards and Technology (NIST) in Boulder, Colorado. Er gilt als einer der Pioniere der Laserkühlung an gespeicherten Ionen, welche die Spektroskopie an einzelnen Teilchen ermöglicht hat. Ein sorgfältig eingestellter Laserpuls dient ihm dazu, das Ion in eine Überlagerung aus zwei Energiezuständen zu bringen. Wineland und seinem Team ist es mithilfe gespeicherter Ionen gelungen, die genaueste Uhr der Welt zu bauen, die einhundertmal präziser ist als eine Cäsiumuhr. Die relative Genauigkeit dieser optischen Ionenuhr liegt bei  $10^{-17}$  – hätte man sie vor 13,7 Milliarden Jahren beim Urknall gestartet, würde sie heute gerade einmal um fünf Sekunden falsch gehen. Darüber hinaus kann-

te Wineland ein Quantengatter experimentell realisieren, das auf den Vorschlag von Ignacio Cirac und Peter Zoller zurückgeht. Dazu nutzte er die Verschränkung zwischen den elektronischen Zuständen und denen der Schwerpunktbewegung eines gespeicherten Ions. Das war der Durchbruch für die Quanteninformationsverarbeitung, die bis zu diesem Zeitpunkt reine Theorie gewesen war.

Eine mögliche Anwendung

der Quantengatter ist der vielbeschworene Quantencomputer, der auf Quantenbits basiert, die entgegen einem klassischen Bit 0 und 1 zugleich sein können. David Wineland und seine Gruppe konnten Quantenoperationen mit zwei Quantenbits ausführen. Bis zu einem funktionierenden Quantencomputer ist es allerdings noch ein sehr weiter Weg. Nicht mehr weit ist es für die beiden diesjährigen Nobelpreisträger dagegen

bis zum 10. Dezember.<sup>#)</sup> An diesem Tag, dem Todestag Alfred Nobels, werden sie aus den Händen des schwedischen Königs die goldene Medaille erhalten – die Würdigung dafür, dass sie die ersten waren, die einzelne Partikel wahrlich meisterlich manipulieren konnten. Nur ein paar Jahre früher wäre vielleicht auch einem deutschen Physiker als Drittem im Bunde diese Ehre zuteil geworden ...

Maike Pfalz

#) Das Web-Dossier zum Nobelpreis bündelt die Artikel aus dem Physik Journal über die Preisträger der vergangenen zehn Jahre: [www.prophysik.de/phy/physik/dossier.html?qid=1417689](http://www.prophysik.de/phy/physik/dossier.html?qid=1417689)

## ■ Die Zukunft der Astronomie

Vor 50 Jahren wurde das European Southern Observatory ESO gegründet.

Der 5. Oktober 1962 war ein besonderer Tag: In England erschien die erste Single der Beatles mit dem Song Love Me Do, außerdem feierte Dr. No Weltpremiere, der erste Film mit dem Agenten James Bond. Für Astronomen gibt es jedoch einen gewichtigeren Grund, diesen Tag zu feiern: In Paris unterzeichneten an jenem Freitag Vertreter von Belgien, Deutschland, Frankreich, Niederlande und Schweden den Vertrag zur Gründung des European Southern Observatory.<sup>\*)</sup> Zur Feier dieses Geburtstags hatte die ESO am 11. Oktober zu einem Galadinner in den Kaisersaal der Münchner Residenz geladen, an dem zahlreiche Minister und Botschafter der Mitgliedsländer sowie der Nobelpreisträger für Physik von 2011, Brian P. Schmidt, teilnahmen. „Fünfzig Jahre später haben sich die ursprünglichen Hoffnungen der fünf Gründungsmitglieder nicht nur bewahrt, sondern wurden weit übertroffen“, sagte Tim de Zeeuw, der Generaldirektor der ESO. „Die ESO hat die ihr gestellte Herausforderung, die größten und leistungsfähigsten bodengebundenen Teleskope der Welt zu entwickeln, zu bauen und zu betreiben, bravourös gemeistert.“

Nach dem Zweiten Weltkrieg waren die europäischen Astronomen ins Hintertreffen geraten, standen ihnen doch keine großen Teleskope zur Verfügung wie den amerikanischen Kollegen. Eine



ESO / G. Hüdepohl

Das Very Large Telescope am Paranal in Chile besteht aus vier 8-Meter-Teleskopen sowie kleineren Hilfsteleskopen. Sei-

ne adaptive Optik ermöglicht es, atmosphärische Störungen quasi instantan zu korrigieren.

Handvoll Enthusiasten diskutierte daher 1953 erstmals die Idee eines gemeinsamen europäischen Observatoriums, darunter der Niederländer Jan Hendrik Oort, der Jahre zuvor gezeigt hatte, dass die Milchstraße rotiert und ihr Zentrum sich 30 000 Lichtjahre von der Erde entfernt im Sternbild Schütze (Sagittarius) befindet. Da sich das Zentrum ebenso wie z. B. die Magellanschen Wolken nur auf der Südhalbkugel beobachten lassen und die Teleskope der amerikanischen Konkurrenz auf der Nordhalbkugel standen, war von Anfang an klar, dass das europäische Observatorium im Süden entstehen sollte. Fast zehn Jahre dauerte es noch bis zur Unterzeichnung des Gründungsvertrags.

Nach ausgiebiger Suche war ein weiteres Jahr später auch ein Standort gefunden: ein 2400 Meter hoher Berg in der trockenen Bergregion der chilenischen Atacama-Wüste, 600 Kilometer nördlich von Santiago. An diesem ersten Standort La Silla entstanden bis Ende der 1980er-Jahre ein Dutzend Teleskope, darunter das weltweit erste Teleskop mit aktiver Optik, das New Technology Telescope. Dabei ist der Hauptspiegel flexibel, und seine Form wird durch Aktuatoren ständig korrigiert, um die bestmögliche Bildqualität zu erzielen.

Zu den spektakulärsten Erfolgen dieser Teleskope gehört die Arbeit von zwei Astronomenteams, die in den 1990er-Jahren durch die Beo-

\*) Verweise auf weiterführende Artikel über die ESO und ihre Instrumente finden sich in der Online-Meldung auf [www.physik-journal.de](http://www.physik-journal.de) (Kurzlink: <http://bit.ly/Tca0Q1>), vgl. auch die Buchhinweise auf S. 62.