

Alle Rechte beim Urheber.

Abdruck nur gegen Belegexemplar, Honorar plus 7% MwSt.

## **Teleportation von Quantenzuständen**

Verschränkte Systeme sind wie siamesische Zwillinge. Was man dem einen tut, fügt man auch dem andern zu. Sie bilden technisch gesprochen eine Informationseinheit körperlicher Zustände, deren Veränderung simultan beiden Zwillingen zugeht. Die Information kann von jedem der beiden Zwillinge abgefragt werden. Im Unterschied zu siamesischen Zwillingen können verschränkte Systeme körperlich getrennt werden, ohne dass sie ihre informatische Einheit verlieren. Die Eigenschaft der Verschränktheit wird in der Physik genutzt für die Teleportation. Teleportiert werden die Zustände von Materie, nicht die Materie selbst. Den Zustand von Licht haben nun Wissenschaftler vom Max-Planck-Institut für Quantenoptik in Garching und vom Niels-Bohr-Institut in Kopenhagen auf Atome übertragen.

Der Zustand eines physikalischen Systems wird in der klassischen Mechanik angegeben durch dessen Ort und dessen Impuls. In der Quantenmechanik tritt an deren Stelle die Wellenfunktion. Wird der Zustand eines Systems quantenmechanisch ermittelt, interferieren die Wellenfunktionen von Messung und System: Durch die Messung wird das System in seinem Quantenzustand gestört. Deshalb lassen sich in der Quantenmechanik der Ort und der Impuls eines Systems grundsätzlich nicht gleichzeitig exakt bestimmen. Sind aber zwei Teilchen zu einem System verschränkt, gibt die Messung des Zustandes eines Teilchens zugleich Auskunft über den Zustand des anderen.

Soll der Zustand eines Teilchens auf ein anderes übertragen, das heißt teleportiert werden, kann das bei verschränkten Systemen geschehen, ohne dass zuvor der Zustand des Teilchens gemessen werden müsste, auf den der Zustand übertragen werden soll. Denn durch die Verschränkung ist der Zustand des anderen Teilchens bekannt, sobald man den des einen misst. Weil also auf die Messung des Zustands des anderen Teilchens, die immer eine Zustandsstörung bedeutet, verzichtet werden kann, ist die Teleportation von Zuständen quantenmechanisch möglich.

Sind die verschränkten Teilchen beispielsweise zwei Photonen, könnte das eine Photon von einem dritten Photon getroffen werden. Dadurch würde sich der Zustand der beiden

Alle Rechte beim Urheber.

Abdruck nur gegen Belegexemplar, Honorar plus 7% MwSt.

verschränkten Photonen ändern. Sie gehen in einen Zustand über, der nicht der gleiche sein muss, der aber in einer festen Wechselbeziehung zu dem des anderen steht. Aufgrund der bekannten Wechselbeziehung lässt sich dann das andere Photon in den Zustand überführen, in dem sich das mit ihm verschränkte Photon befand, bevor es mit dem dritten kollidierte - sofern das Ergebnis der Kollision festgestellt wurde. Denn aus dem Ergebnis lässt sich rekonstruieren, in welchem Zustand sich jetzt das andere Photon befindet. Und daraus ergibt sich, was getan werden muss, um den Zustand des Ausgangsphotons bei ihm herbeizuführen.

Auf diese Weise sind Ignacio Cirac und Eugene Polzik vorgegangen. Die beiden Physiker übertrugen Phase und Amplitude einer Lichtwelle auf Cäsiumatome. Den Eigendrehimpuls der Atome im Cäsiumgas richteten sie zuvor in einem homogenen Magnetfeld parallel aus. Durch das Gas schickten die Wissenschaftler dann ein Wellenpaket aus polarisiertem Licht, das sich beim Durchtritt mit den Cäsiumatomen verschränkte. Hinter dem Gas teilte sich das Wellenpaket an einem Strahlteiler. An dem einen Strahl stellten Cirac und Polzik Phase und Amplitude fest, den anderen Strahl kreuzten sie mit einem lichtschwächeren Strahl. An einem weiteren Detektor registrierten sie die aus der Kreuzung resultierende Lichtwelle. Von dort aus wurde um das Cäsiumgas ein Magnetfeld in berechneten Abständen an- und abgeschaltet, so dass die Drehimpulse der Atome in Phase und mit der gleichen Amplitude schwangen, wie die Lichtwelle nach der Verschränkung. Damit war die erste Teleportation eines Quantenzustands von Licht auf Materie abgeschlossen.