



Eine Einführung in neue Wechselwirkungen zwischen Licht und Materie

**Autor: Prof. Dr. H. Jeffrey Kimble
California Institute of Technology
Pasadena, USA**

Die Einführung des Lasers vor mehr als vierzig Jahren und das dadurch neu entstandene Gebiet der nichtlinearen Optik, brachten einen bahnbrechenden wissenschaftlichen Fortschritt mit sich. Ein besonderes Merkmal dieser Arbeiten war die Fähigkeit, neue Arten von kohärenten Wechselwirkungen zwischen Materie und dem elektromagnetischen Feld zu erzeugen. Diese Entwicklungen sind zweifellos von tief greifender Bedeutung sowohl für die Wissenschaft als auch für die technische Grundlage der modernen Gesellschaft.

Im vergangenen Jahrzehnt revolutionierte die Schaffung neuer, nichtlinearer Wechselwirkungen zwischen einzelnen Atomen und Lichtquanten (Photonen) die Forschungswelt. Ein besonderes Merkmal dieser Arbeiten war die Realisierung vollkommen neuer Fähigkeiten in der Quantenwelt. Diese katapultierten die Optik-Wissenschaft in ein bis dahin unerforschtes Gebiet grundlegender Untersuchungen zur Wechselwirkung zwischen Licht und Materie.

Meine Beiträge zu dieser Revolution wurden durch jahrzehntelanges Bestreben ermöglicht, starke Kopplung in einem fast esoterischen Umfeld zu erzielen, der Resonator-Quanten-Elektrodynamik (QED). Ein wesentlicher Meilenstein meiner Arbeit war 1995 die Demonstration eines Quantenphasengatters für zwei Lichtstrahlen. Grob gesagt, schufen meine Kollegen und ich einen Quanten-Transistor mit einzelnen Photonen. Dieser verfügt über Eigenschaften, die ihn für die Quantenlogik und womöglich eines Tages für den Bau von Quantencomputern eignet.

In jüngster Zeit befasste sich meine Forschungsgruppe im Caltech mit den mechanischen Konsequenzen starker Kopplung. Sie hat einzelne Atome beobachtet, die von Kräften in ihrer Umlaufbahn gehalten werden, ausgehend von einem einzelnen Photon im optischen Resonator. Unser System bietet eine neue Form der Mikroskopie zur Messung atomarer Bewegungen im freien Raum mit einer Empfindlichkeit nahe dem Standard-Quantenlimit (SQL). Ein weiterer Fortschritt, der durch starke Kopplung ermöglicht wurde, war die erste Realisierung eines Lasers. Dieser arbeitet mit einem einzelnen Atom und sendet einen geregelten Strahl von Photonen aus.



Mit der Anwendung des gleichen Systems auf ein in einem optischen Resonator eingefangenen Atom, gelang meiner Gruppe vor kurzem die erste Beobachtung einer Photonen-Blockade. Die Arbeit war motiviert durch die enge Analogie mit der Coulomb-Blockade für den Transport von Elektronen in kleinen Metall- und Halbleiterstrukturen. In unserem Experiment blockierte das Vorhandensein nur eines Photons die Passage eines zweiten Photons durch das Atom-Resonator-System.

Diese Experimente stellen in der Tat grundlegende Untersuchungen der Wechselwirkung zwischen Licht und Materie dar. Eine meiner hauptsächlichen Motivationen ist jedoch seit jeher das Streben, diese Fähigkeiten als Werkzeuge für neue wissenschaftliche und technische Fortschritte zu nutzen. Ein Gebiet, dem mein besonderes Interesse gilt, ist die Realisierung von komplexen Quanten-Netzwerken für die Quanteninformationsverarbeitung und Meßtechnik, für die ich den Begriff „Quanten-Internet“ geprägt habe. 1998 gelang meiner Gruppe unseres Wissens nach die erste Realisierung einer echten Quanten-Teleportation durch Versenden eines Lichtstrahls von einer Seite eines Tisches zur anderen, ohne dass der Strahl sich physisch durch den dazwischen liegenden Raum bewegt hat. Diese Arbeit ist Teil einer größeren Anstrengung, die konzeptionellen und technischen Grundlagen für die letztendliche Realisierung von Quanten-Netzwerken zu schaffen.

Digitales Bildmaterial zu den Preisträgern und den prämierten Arbeiten finden Sie unter www.leibinger-stiftung.de.