



### Schaukeln auf der Quantenebene

*Forscherinnen und Forscher aus Münster, Bayreuth und Berlin schlagen in dem Journal „PRX-Quantum“ einen ganz neuen Weg vor, ein Quantensystem zu präparieren, um so Baustelle für die Quantentechnologie zu entwickeln*

Die zweite Quantenrevolution ist im vollen Gange; es werden neue Technologien entwickelt, die auf der Quantenphysik beruhen, und die den Markt und die Gesellschaft beeinflussen werden. Eine Schlüsselanwendung ist die Quantenkommunikation, wo Informationen in Licht geschrieben und verschickt werden. Damit man die Quanteneffekte nutzen kann, muss das Licht in einem bestimmten Zustand sein, nämlich in einem Einzelphotonenzustand. Aber wie erzeugt man solche Einzelphotonenzustände am besten? Es ist sehr vielversprechend, dafür Quantensysteme mit diskreten Energien zu nutzen. Ein bekanntes Beispiel für ein Quantensystem, welche Einzelphotonen erzeugt, ist ein Quantenpunkt. Ein Quantenpunkt ist eine winzige Halbleiter-Struktur, die nur wenige Nanometer groß ist. Mit Hilfe von Lasern kann man Quantenpunkte ansteuern. Zwar haben Quantenpunkte ähnliche Eigenschaften wie Atome, aber sie sind in einem Kristall vorhanden, was für Anwendungen oft praktischer ist. „Quantenpunkte können sehr gut genutzt werden, um Einzelphotonen zu erzeugen, was wir in unserem Labor auch schon oft gemacht haben. Aber man kann daran noch viel verbessern“, sagt Dr. Tobias Heindel, welcher ein Experimentallabor über Quantenkommunikation an der TU Berlin leitet.

Eine Schwierigkeit, die man überwinden muss, ist die Trennung der erzeugten Einzelphotonen von dem anregenden Licht des Lasers. In ihrer Arbeit schlagen die Forscherinnen und Forscher eine ganz neue Methode vor, um dieses Problem zu lösen. „Die Anregung nutzt einen Schaukel-Prozess in dem Quantensystem aus. Dafür nutzen wir einen oder mehrere Laserpulse, welche Frequenzen haben, die sich von denen des Systems deutlich unterscheiden. Dies macht das spektrale Filtern sehr einfach“ erklärt der Erstautor der Studie, Thomas Bracht von der Universität Münster. Das Team hat diesen Prozess in dem Quantensystem simuliert und so auch Richtlinien zur experimentellen Realisierung gegeben. „Wir erklären auch schön die Physik des Schaukel-Prozesses, was uns auch dabei hilft die Dynamik in Quantensystemen besser zu verstehen“ betont Juniorprofessor Doris Reiter, welche die Studie geleitet hat.

Um die Photonen in der Quantenkommunikation benutzen zu können, müssen sie gewisse Eigenschaften besitzen. Außerdem sollten die Kontrolle des Quantensystem nicht negativ durch die Umgebung oder Störeinflüsse beeinflusst werden. In Quantenpunkten ist besonders die Wechselwirkung mit dem umgebenden Halbleitermaterial oft ein großes Problem für solche Kontrollschemas. „Unsere numerischen Simulationen zeigen, dass die Eigenschaften der erzeugten Photonen nach dem Hochschaukeln vergleichbar mit den Ergebnissen etablierter Schemas sind, die aber weniger praktisch arbeiten“ ergänzt Prof. Martin Axt, der das Forscherteam aus Bayreuth leitet.

Durch Zusammenarbeit zwischen theoretischen und experimentellen Gruppen ist der Vorschlag sehr nahe an realisierbaren, experimentellen Laborbedingungen. Daher sind die Autorinnen und Autoren zuversichtlich, dass sehr bald eine experimentelle Umsetzung des Schemas erfolgen wird. Mit ihren Ergebnissen machen die Forscherinnen und Forscher einen weiteren Schritt dahin die Zukunft mit Quantentechnologien zu formen.

## Swinging in the quantum realm

*Researchers from Münster, Bayreuth and Berlin propose in the journal "PRX Quantum" a radically new way of preparing a quantum system to enable building blocks for quantum technology*

The second quantum revolution is in full swing, developing devices based on quantum physics for the market and to the benefit of society. One key application is quantum communication, where information is encoded and sent between remote parties using light. To make use of the quantum features, the light must be in a certain state, namely a single photon state. But what is the best way to generate single photons? A promising route is to use quantum systems with discrete energy levels. A prime example of a quantum system capable of delivering single photons, is a quantum dot, a tiny semiconductor structure, measuring only a few nanometer in size. It is possible to address the quantum dot using laser pulses. Quantum dots have similar characteristics like atoms, but are embedded in a crystal matrix, making it much more practical for applications. "Quantum dots are well suited to generate single photons, as we do routinely in our lab. But there is still lots of room for improvement" states Dr. Tobias Heindel, who runs an experimental lab on quantum communication at TU Berlin.

One obstacle to overcome is to separate the generated single photons from the ones in the exciting laser pulse. In their work, the researchers propose a radically new scheme to overcome that issue. "The excitation is based on a gradual swing-up of the quantum system state. For this, a single or multiple laser pulses with frequencies much different from the system frequency itself can be used allowing for straightforward spectral filtering" explains the first author of the study, Thomas Bracht from the University of Münster. The research team simulated the swing-up process in the quantum system also giving guidelines for a future experimental implementation. "We also provide a clear physical picture of the swing-up process, which will help to understand the dynamical evolution of quantum systems even better" underlines Jun.-Prof. Doris Reiter, who led the study.

For their use in quantum communication, the generated photons need to fulfil certain properties. In addition, the preparation of the quantum system should not be negatively affected by environmental processes. In quantum dots the interaction with the surrounding semiconductor crystal constitutes a major hurdle for using such preparation schemes. "Our numerical simulations show up prospects that the properties of the generated photons after the swing-up are compatible with established schemes, which are less practical" adds Prof. Axt, who is the leader of the research team from Bayreuth.

The collaboration between the experimental and theoretical groups, resulted in a proposal addressing realistic experimental settings. The authors are therefore confident that an experimental implementation of their scheme might be possible in the near future. Their results are another important step towards realizing quantum communication devices and shaping the future.