



## Quantenbits zum Fliegen bringen

**Zwei Physiker der Universität Konstanz entwickeln ein Verfahren, das den stabilen Informationsaustausch im Quantencomputer ermöglichen könnte. In der Hauptrolle: Photonen, die Quantenbits „zum Fliegen“ bringen.**

Der Quantencomputer gilt als nächster großer Evolutionsschritt unserer Informationstechnologie: Er soll Rechenprobleme lösen, zu denen unsere heutigen Computer schlichtweg nicht in der Lage wären – oder Ewigkeiten bräuchten. Weltweit arbeiten Forschungsgruppen daran, den Quantencomputer real werden zu lassen. Das ist alles andere als einfach, denn allein schon die Grundbausteine dieses Computers, die Quantenbits oder Qubits, sind äußerst fragil. Eine Variante von Qubits besteht aus dem Eigendrehimpuls (Spin) eines einzelnen Elektrons, also in der Größenordnung eines Atoms. Schwer genug, ein so fragiles System intakt zu halten. Noch schwieriger wird es, zwei oder mehrere dieser Qubits miteinander zu verschalten. Wie kann es also gelingen, einen stabilen Informationsaustausch zwischen Qubits zu erreichen?

### Fliegende Qubits

Die beiden Konstanzer Physiker Benedikt Tissot und Guido Burkard entwickelten nun ein theoretisches Modell, wie der Informationsaustausch zwischen Qubits gelingen könnte, indem Photonen als „Transportmittel“ der Quanteninformation genutzt werden. Die Grundidee: Der Informationsgehalt (Elektronenspin-Zustand) des materiellen Qubits wird in ein „fliegendes Qubit“ umgewandelt, nämlich in ein Photon. Photonen sind „Lichtquanten“, im Prinzip die Grundbausteine, aus denen die elektromagnetische Strahlung des Lichts besteht. Der besondere Clou in ihrem Modell: Für den Umwandlungsprozess des Qubits in ein Photon werden sogenannte stimulierte Raman-Emissionen genutzt – ein Verfahren, das mehr Kontrolle über die Photonen erlaubt. „Wir schlagen einen Paradigmenwechsel von der Optimierung der Steuerung bei der Erzeugung des Photons zur direkten Optimierung des zeitlichen Verlaufs des Lichtpulses beim fliegenden Qubits vor“, hebt Guido Burkard hervor.

Benedikt Tissot vergleicht das grundlegende Verfahren mit dem Internet: „Beim klassischen Computer haben wir unsere Bits, diese sind auf einem Chip in Form von Elektronen kodiert. Wenn wir Informationen über lange Distanzen verschicken wollen, wird der Informationsgehalt der Bits in ein Lichtsignal umgewandelt, das durch optische Kabel geleitet wird.“ Beim Informationsaustausch zwischen Qubits im Quantencomputer ist das Grundprinzip ganz ähnlich: „Auch hier müssen wir die Information in Zustände umwandeln, die man gut übertragen kann – und dafür bieten sich Photonen an“, so Tissot.

### Ein 3-Level-System zur Steuerung des Photons

„Dabei gibt es Aspekte, die man beachten muss“, fährt Tissot fort: „Wir möchten steuern, in welche Richtung die Information fließt – wann, wie schnell und wohin. Deswegen brauchen wir ein System, mit dem wir Kontrolle ausüben können.“ Diese Kontrolle bietet das Verfahren mittels Resonator-erweiterter, stimulierter Raman-Emissionen. Hinter diesem Begriff steckt ein 3-Level-System, welches zu einem mehrstufigen Verfahren führt. Diese Stufen bieten den Physikern Kontrollmöglichkeiten über das entstehende Photon. „Wir haben hier ‚mehr Knöpfe‘, die wir bedienen können, um das Photon zu steuern“, veranschaulicht Tissot.

Stimulierte Raman-Emissionen sind in der Physik ein etabliertes Verfahren. Dass sie aber zum direkten Versand von Qubit-Zuständen eingesetzt werden, ist ungewöhnlich. Das neue Verfahren könnte es ermöglichen, zwischen den Folgen von Störeffekten der Umgebung und unerwünschten Nebeneffekten schneller Änderungen des zeitlichen Verlaufs des Lichtpulses zu balancieren, sodass der Informationstransport akkurater implementiert werden kann. Das detaillierte Verfahren wurde im Februar 2024 im Fachjournal [Physical Review Research](https://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.6.013150) veröffentlicht.

#### Faktenübersicht:

- **Originalpublikation:** Benedikt Tissot and Guido Burkard, Efficient high-fidelity flying qubit shaping, Phys. Rev. Research 6, 013150 – Published 8 February 2024  
DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.6.013150>  
Link: <https://journals.aps.org/prresearch/abstract/10.1103/PhysRevResearch.6.013150>
- Prof. Dr. Guido Burkard ist Professor für Theoretische Festkörperphysik und Quanteninformation an der Universität Konstanz.
- Benedikt Tissot ist Doktorand in der Arbeitsgruppe Theoretische Festkörperphysik und Quanteninformation an der Universität Konstanz.

#### Hinweis an die Redaktionen:

Bilder können im Folgenden heruntergeladen werden:

- 1) Illustration des Verfahrens: <https://www.uni-konstanz.de/fileadmin/pi/files/2024/quantenbits/cavity.png>

Bildunterschrift: Illustration eines Quantensystems (silberner Pfeil und gelbe, grüne, und lila Orbitale), welches mit einem Resonator (zwei Spiegel und pinkes Lichtfeld zwischen diesen) wechselwirkt. Zusätzlich wird das Quantensystem durch ein Kontrollfeld (grüner Laser) angesteuert. Durch einen der Spiegel ist ein Photon (pink-leuchtender Tropfen) in eine optische Faser emittiert worden.

Copyright: Benedikt Tissot

- 2) Porträtfoto von Guido Burkard: <https://www.uni-konstanz.de/fileadmin/pi/files/2024/quantenbits/burkard.jpg>

Bildunterschrift: Prof. Dr. Guido Burkard, Professor für Theoretische Festkörperphysik und Quanteninformation an der Universität Konstanz

Bild: Inka Reiter

- 3) Porträtfoto von Benedikt Tissot: <https://www.uni-konstanz.de/fileadmin/pi/fileservers/2024/quantenbits/tissot.jpg>

Bildunterschrift: Benedikt Tissot, Arbeitsgruppe Theoretische Festkörperphysik und Quanteninformation an der Universität Konstanz

Bild: Universität Konstanz/Gillian Kiliani

**Kontakt:**

Universität Konstanz

Kommunikation und Marketing

Telefon: + 49 7531 88-3603

E-Mail: [kum@uni-konstanz.de](mailto:kum@uni-konstanz.de)

- [uni.kn](https://www.uni-konstanz.de)

---

---