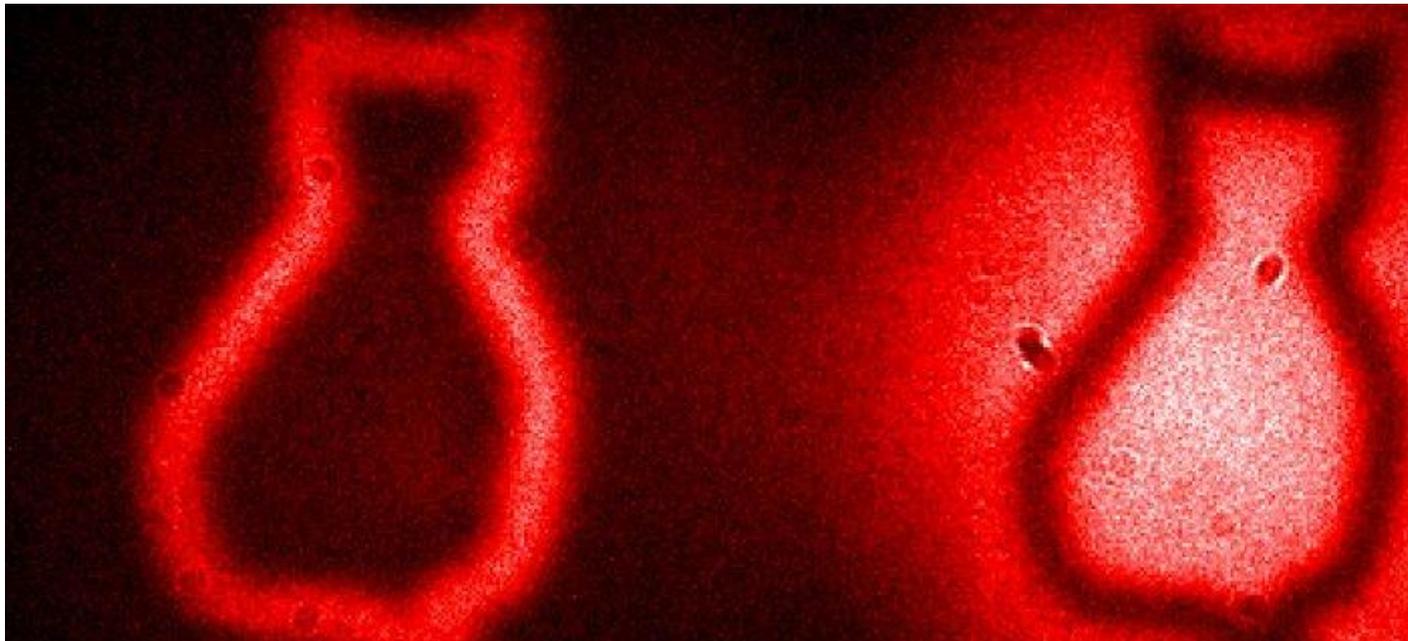


Aus Spiegel Online 27.08.2014 und Mail von Quantec 07.07.2015

## Physik: Kamera fotografiert mit teleportiertem Licht

Von *Holger Dambeck*



Gabriela Barreto Lemos

**Diese Kamera ist ein Paradoxon: Ein Objekt wird beleuchtet, der Sensor sieht es nicht - und fotografiert es trotzdem. Wie ist das möglich?**

- 
- 
- 
- 

Hamburg - Wie fotografiert man eine Katze aus Pappe? Man könnte sie gut beleuchten und zu einer normalen **Digitalkamera** greifen. Das wäre den Physikern am Wiener Institut für Quantenoptik und Quanteninformation aber zu einfach gewesen. Schließlich beherrschen sie die **Kunst der Quantenteleportation**.

Und auf diese Weise hat die Arbeitsgruppe um **Anton Zeilinger** ein Bild der Pappkatze geschossen, ohne das Licht zu erfassen, das auf das Objekt fiel. Dies gelang mithilfe der sogenannten **Quantenverschränkung**: Die Forscher erzeugten Paare miteinander verschränkter Photonen. Ein Lichtteilchen leiteten sie auf die Pappkameradin, seinen Zwilling auf einen Lichtsensor.

Miteinander verschränkte Teilchen sind kaum voneinander zu unterscheiden, sie besitzen identische Quantenzustände. Deshalb verhalten sich zwei verschränkte

Partikel auch gleich. Dabei können sie Dutzende Kilometer voneinander entfernt sein. Physiker sprechen von **Quantenteleportation**, Science-Fiction-Fans von Beamen. Der gemeinsame Zustand bleibt bestehen, ohne dass ein messbares Signal zwischen den Photonen ausgetauscht wird. **Albert Einstein** hat den Effekt einst als "spukhafte Fernwirkung" verspottet.

Im Experiment am Wiener Institut für Quantenoptik und Quanteninformation "wechselwirkte" nur das erste Photon mit der Pappkatze. Dies beeinflusste auch das damit verschränkte Zwillings-Photon. So entstanden die Katzenbilder der besonderen Art.

"So ein Experiment wurde noch nicht durchgeführt", sagt die Gabriela Barreto Lemos, Mitglied des Teams, das die Ergebnisse des Experiments jetzt im Fachblatt "Nature" veröffentlicht hat. Bei allen früheren Experimenten seien die Photonen detektiert worden, die mit dem Objekt interagiert hätten. "Bei unserem Experiment gibt es eine solche Verbindung nicht."

### **Der Clou: Unterschiedliche Wellenlängen**

Die miteinander verschränkten Photonenpaare erzeugten die Forscher mit einem Laser, der auf einen speziellen Kristall gerichtet wurde. Am Kristall wird das vom Laser stammende Photon zerstört - es entstehen dabei zwei verschränkte Photonen. Eines wird anschließend auf das zu beobachtende Objekt geleitet, das zweite nimmt einen anderen Weg, der schließlich zu einem Sensor führt.

Die beiden verschränkten Photonen müssen nicht zwingend die gleiche Wellenlänge haben. Im Wiener Experiment gehörte ein Photon in den Infrarotbereich, das andere hatte eine Wellenlänge im sichtbaren Lichtbereich. Diese unterschiedlichen Wellenlängen sind der eigentliche Clou des Ganzen.

"Anfangs wollten wir vor allem das Phänomen der Verschränkung besser verstehen", sagt Lemos. Es sei um typische Grundlagenforschung gegangen. "Später kamen uns auch mögliche Anwendungen in den Sinn." Die unterschiedlichen Wellenlängen der verschränkten Photonen lassen sich nämlich ausnutzen, um eine hochsensible Infrarotkamera zu bauen, die vergleichsweise günstig ist.

### **Vergleichsweise günstiges Experiment**

"Sensoren für schwaches Infrarotlicht gibt es praktisch nicht - nur für starkes", erklärt Lemos. Dank der Verschränkung könne man dies geschickt umgehen. Das Objekt werde mit Infrarotphotonen untersucht - das Bild aber mithilfe der verschränkten Photonen im sichtbaren Lichtbereich erzeugt. Dafür könne man gängige Lichtsensoren verwenden, wie sie auch in Digitalkameras zum Einsatz kommen.

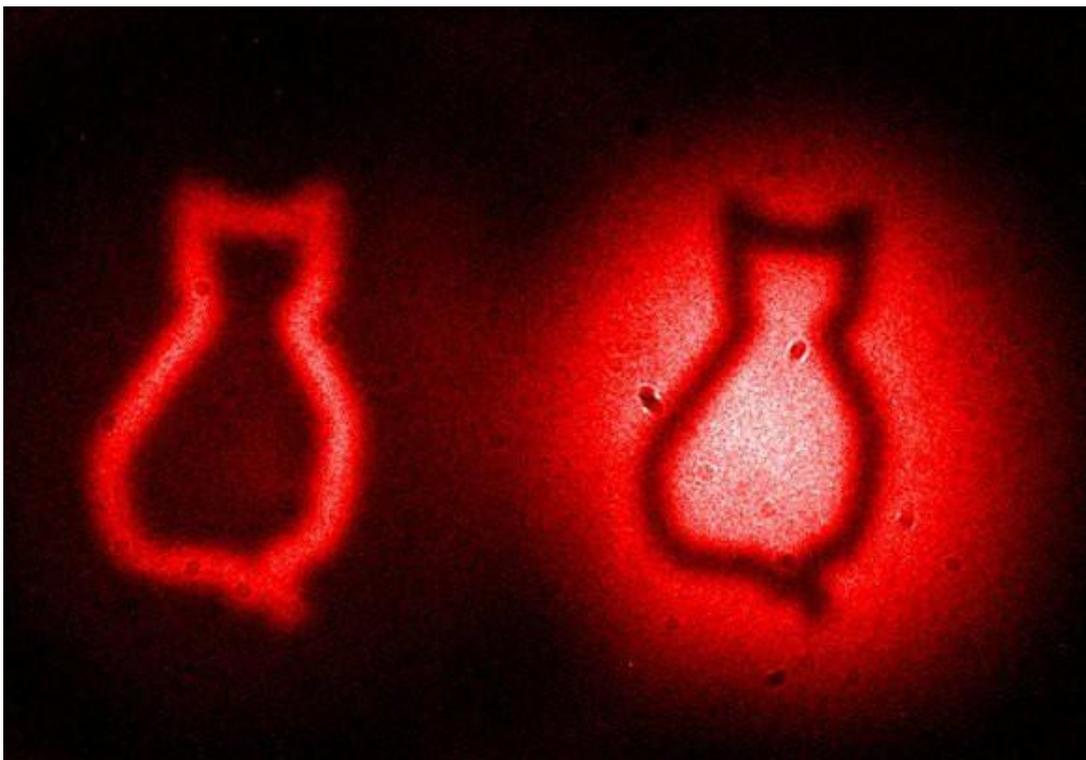
"Unser Experiment ist vergleichsweise günstig, das ist keine teure Hochtechnologie", meint die Physikerin. Der Laser und die Kamera seien im Handel erhältlich. Die Kristalle zum Erzeugen verschränkter Photonen kosteten einige Tausend Euro.

"Man könnte mit der Methode biologische Objekte untersuchen, die sehr empfindlich sind", sagt Lemos. Das langwellige Infrarotlicht habe weniger Energie, dies schon sensible Materialien. Das Objekt werde mit der langwelligen Strahlung durchleuchtet. Die Infrarot-Photonen würden selbst nicht vom Kamerasensor erfasst, trotzdem könne man die Bildinformationen, die sie transportieren, extrahieren.

Als weitere Anwendung sehen die Wissenschaftler die Untersuchung von Computerchips. Silizium ist für Licht in sichtbaren Wellenlängen undurchlässig. Infrarotlicht hingegen kann das Material passieren, was Einblicke in die Strukturen von Computerchips erlaubt. Zur Demonstration der Technik hatten die Forscher den Umriss einer Katze in ein Plättchen aus Silizium eingätzt. Mit Infrarotlicht wurde das Plättchen durchleuchtet und mit normalem roten Licht ein Bild davon erzeugt. Zeilingers Team hat die Methode zum **Patent** angemeldet

Quantec-Mail vom 07.07.2015:

## Kann man eine Katze fotografieren, die gar nicht da ist?



## Die überraschende Antwort lautet: Ja

**Wenn Sie mit Ihrer Kamera ein Foto machen möchten**, dann sorgen Sie für ausreichend Licht und drücken auf den Auslöser.

An der **Universität in Wien** hat das Team um **Professor Zeilinger** diesen Vorgang ein wenig komplizierter gestaltet: Sie haben zur Beleuchtung einer aus Pappe ausgeschnittenen Katze ausschließlich **Zwillingsphotonen** verwendet. Deren Zwillinge

wurden in einen anderen, leeren und dunklen Raum umgeleitet und hier war die Kamera positioniert.

### **Die Sensation**

Sie ahnen schon, was kommt: Die Kamera, die den leeren Raum fotografierte, hat das Bild einer Katze aufgenommen. **Die Erklärung ist, dass Zwillingphotonen auch dann noch Kontakt miteinander halten, wenn sie räumlich voneinander getrennt sind.** Da die einen Zwillinge auf den Karton mit den Umrissen einer Katze trafen, ordneten sich auch ihre Zwillinge im leeren Raum auf gleiche Weise an. Und so entstehen die "Phantomfotos".