*Neues aus der Welt der Wissenschaft*[ORF ON Science](#) · [News](#) · [Medizin und Gesundheit](#) · [Leben](#)

Innsbrucker Physiker "beamen" erstmals Atome

Österreich scheint immer mehr zum Mekka der Quantenphysik zu werden: Innsbrucker Wissenschaftlern gelang erstmals die Teleportation eines Atoms. Dabei wurde Quanteninformation von einem Kalzium-Ion auf ein zweites übertragen.

Von den Experimenten der Physikergruppe um Rainer Blatt, Leiter einer von fünf Gruppen des Instituts für Quantenoptik und Quanteninformation (QOQ) der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (ÖAW), berichtet die aktuelle Coverstory von "Nature".

Für viel Echo sorgen bereits seit Jahren die Teleportations-Experimente an Lichtteilchen (Photonen) vom Wiener Teil des QOQ um Anton Zeilinger.

*"Nature"-Cover*

Die Studie "Deterministic quantum teleportation with atoms" ist in "Nature" (Bd. 429, S. 734, Ausgabe vom 17. Juni 2004) erschienen.

[Original-Abstract in "Nature"](#)

Messung verändert Zustand

Mit Teleportation wie im Science-Fiction, wo ganze Menschen "gebeamt" werden, haben die Experimente der Physiker freilich nichts zu tun. In der Experimentalphysik wird nicht Materie irgendwelcher Art von A nach B übertragen, sondern Information - genau gesagt: Quanteninformation - über scheinbar beliebige Distanzen.

In der Quantenphysik verhält sich vieles nicht so, wie wir es vom täglichen Leben gewohnt sind. So gilt es etwa als unmöglich, den genauen Zustand eines Teilchens - sei es eines Lichtteilchens (Photons) oder auch eines Atoms - zu messen, ohne ihn zu beeinflussen.

Im Falle der von Blatt eingesetzten Kalzium-Ionen bedeutet dies: Wenn man etwa den Anregungszustand der Elektronen bestimmen will, kann man das zwar tun, durch die Messung wird der Zustand aber schlagartig verändert.

Verschränkte Teilchen haben gleiche Eigenschaften

Doch seit einigen Jahren ist klar, dass sich dieses Dilemma durch die Zuhilfenahme anderer Quanteneffekte zwar nicht ausschalten, aber doch umgehen lässt. Wie auch Zeilinger etwa bei seinen Photonen setzt Blatt auf die so genannte Verschränkung.

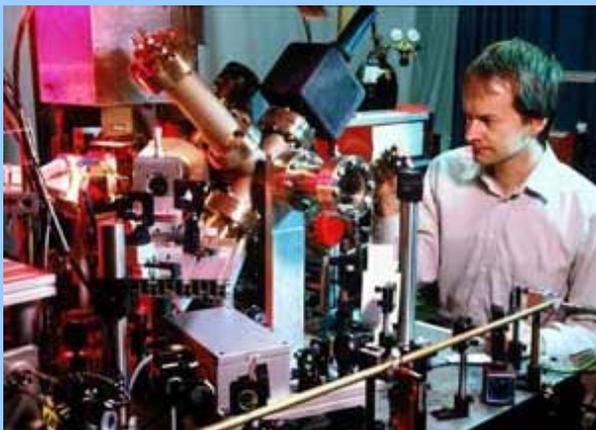
*Verwendete Ionen-Falle*

Es handelt sich dabei um eine höchst seltsam anmutende Verbindung, die zwei Teilchen eingehen können und dann wie über einen unsichtbaren Faden mit einander verbunden sind - Albert Einstein nannte sie die "spukhafte Fernwirkung".

Manipuliert man eines der verschränkten Teilchen - etwa im Zuge einer Messung - so manifestiert sich die Änderung schlagartig auch beim anderen, ohne dass man dieses auch noch messen müsste.

→ [Mehr dazu: Quantenkommunikation erstmals im freien Raum \(20.6.03\)](#)

Verschränkung von Kalzium-Ionen



Forschungsteammitglied Christian Roos bei der Teleportation

Während verschränkte Photonen etwa in Kristallen hergestellt werden, läuft der Prozess bei Atomen anders. Die Kalzium-Ionen (ein Elektron in der Hülle fehlt) werden dazu nahe dem absoluten Nullpunkt abgekühlt, bis sie sich alle, perlschnurartig aufgereiht, in einem energetischen Grundzustand befinden.

Beschießt man dann eines der Ionen mit einem kurzen Laser-Impuls, so stößt das Ion auch die Nachbar-Ionen an. Letztendlich machen alle Teilchen der Reihe die gleiche Bewegung, ohne dass klar ist, von welchem der Impuls ausging.

Und genau das, erklärte Blatt gegenüber der APA, ist eine Voraussetzung für die Verschränkung. Anschließend wird der Impuls - ebenfalls durch einen Laser - gleichsam wieder aus dem Verband herausgesaugt und die Atome nehmen wieder den Grundzustand ein.

Erst Anfang Juni war in "Science" eine Studie der Arbeitsgruppe von Rainer Blatt erschienen, in der sie von einer aus drei Kalzium-Ionen bestehende Minimalversion eines Quantencomputers berichteten.

→ [Mehr dazu in: Forscher rücken Quantencomputer näher \(3.6.04\)](#)

Quanteninformation von drei Ionen

Aus dem Verband wählten die Wissenschaftler dann zwei Ionen, etwa Ion 2 und Ion 3 genannt. Die Aufgabe war nun, den Anregungszustand eines neu ins Spiel

kommenden Kalzium-Ions (Ion 1) auf Ion 3 zu übertragen. Ion 2, das ja mit Ion 3 verschränkt ist, dient dabei als Vermittler.

Dazu werden Ion 1 und Ion 2 gemessen und verglichen. Sind die Zustände gleich, so weiß man, dass auch 3 mit 1 ident ist, da 2 und 3 ja verschränkt wurden. Ist 2 jedoch in einem anderen Zustand als 1, so kann der Experimentator, da er den Zustand von 3 kennt, ohne es zu messen, durch eine gezielte Manipulation, den ursprünglichen Zustand von 1 am Ion 3 herstellen. Die exakte Quanteninformation wurde also von 1 auf 3 übertragen - und zwar über eine Entfernung von zehn Mikrometern.



Innerer Teil der verwendeten Ionen-Falle

[Hintergrund: "Deterministic quantum teleportation with atoms" \(pdf-Datei\)](#)

Arbeit an Quantencomputern

Die Innsbrucker Physiker arbeiten mittlerweile auch an Quantencomputern. Dabei machen sich die Wissenschaftler den Umstand zu Nutze, dass Quanten nicht nur in zwei Zuständen existieren können, erst bei der Messung nehmen sie einen dieser beiden Zustände (angeregt oder nicht angeregt) ein.

Tatsächlich gibt es aber unendlich viele mögliche Zustände dazwischen, so genannte Superpositionen. Damit könnten etwa Daten wesentlich effektiver gespeichert werden als mit bisher üblichen binären Speichersystemen.

Von ähnlichen Ergebnissen wie jenen der Gruppe Blatt wird in "Nature" auch vom amerikanischen National Institute of Standards and Technology (NIST) berichtet.

[Mehr über Rainer Blatt: "Beam-Professor" ein humorvoller Rheinländer \(oesterreich.ORF.at\)](#)

- [Institut für Experimentalphysik, Universität Innsbruck](#)
- [Institut für Quantenoptik und Quanteninformation \(ÖAW\)](#)
- [National Institute of Standards and Technology \(NIST\)](#)

Aktuelle Beiträge zum Thema:

- [Verschränkte Teilchen überwinden Gesetze der Optik \(13.5.04\)](#)
- [Weltweit erste Banküberweisung mit Quantenkryptographie \(21.4.04\)](#)
- [Mit kalten Gasen zum Quantencomputer \(11.7.03\)](#)
- [science.ORF.at-Archiv zum Thema](#)

[[ORF ON Science - News - Wissen und Bildung](#)]

IHR KOMMENTAR ZU
DIESEM THEMA 

g Julia | 17.06, 13:35

Frage an etwaig presente Experten:

Hi, bin ja kein Wissenschaftler, hätte daher eine Frage zu obigem Artikel:

Die Verschränkung der Ionen mittels aufreihen und anstoßen ... (erinnert mich ein wenig an die Klick-Klack-Kugeln) ... was hat es damit auf sich? Wie genau "entsteht" da eine Verschränkung?

Bislang dachte ich, die verschränkten Teilchen müssen quasi im selben Prozess "entstanden" sein (sozusagen aus dem Dirac-Ozean getreten werden). Hier liest sich das, als könne man jedes beliebige bereits existierende Teilchen/Atom/was immer mit jedem anderen beliebigen Teilchen verschränken??

Könnte man auf die oben beschriebene Art daher auch z.B. Ein Ca-Ion mit einem O-Ion verschränken? (Stell ich mir an Hand der unterschiedlichen Komplexität unmöglich vor).

Danke für Antworten,

Gruss,

GJulia 

[ebenezer](#) | 17.06, 10:59

möglich wärs,

dass es irgendwo ein mit unserem Universum verschränktes Universum gibt, wenn jemand dort Deinem verschränkten Gegenspieler eine auf die Birne haut, bekommst auch Du eine verschränkte Beule (ist jetzt nicht nur ein Witz, denn: es könnte vieles verschränkt sein, was wir jetzt gar noch nicht ahnen (das Beispiel ist natürlich völliger Unsinn ...)) 

[sensortimecom](#) | 18.06, 14:12

Vor kurzem...

... wurde aus einem zeitverschobenen Parallel-Universum ein 150 bis 170 Millionen Jahre alter Hydrolagus matallanasi "herübergebeamt";-)

siehe:

<http://science.orf.at/science/news/115897>

[theprophecy](#) | 17.06, 09:52

Was ist daran neu? Das haben die in Innsbruck doch schon eienmal gemacht. Ausserdem heben sie damals auch schon "nur" die Eigenschaft eines Teilchens (ich glaube damals wars ein Proton) auf ein zweites übertragen, wa soviel heisst wie eienes ausziehen und die Kleider einem anderen geben. Der Begriff des "Beamens" scheint mir doch etwas übertrieben. 

[altergauner00](#) | 17.06, 12:25

Was neu daran ist?

Nun ja... damals war es ein Photon, diesmal ein Atom... Hoffe dir ist klar, das ein Atom um einiges komplexer ist als ein Photon => Lichtteilchen. Der nächste Schritt wäre es ein Molekül zu "beamen"... Der Begriff "beamen" ist meines erachtens nach nicht übertrieben, schließlich besteht alles nur aus Informationen.

[msvo](#) | 17.06, 08:28

Kein "Beamen", sondern KOPIEREN

"Kopieren" ist halt nicht so spektakulär, also verwendet man - fälschlicherweise - den Begriff "Beamen". Jeder, der ein paar Mal Raumschiff Enterprise (oder einen Ableger)

gesehen hat, weiß, dass "Beamen" ein Transportvorgang ist. Und das ist hier eindeutig nicht der Fall. 

[flattom](#) | 17.06, 08:38

Man sollte ihnen trotzdem diese Bezeichnung lassen. Ein bisschen Publicity unter den nasenbohrenden Vergebern von staatlichen Fördermitteln kann nicht schaden.

[ladiner](#) | 17.06, 08:53

Kein Kopieren

Beim Kopieren würde wohl das Original erhalten bleiben, was aber bei diesem "Beamen" nicht der Fall ist. Die Information über den Quantenzustand des Quellions wird vollkommen zerstört, sodass auch am Ende des Vorgangs nur _ein_ Teilchen in dem Quantenzustand existiert, den man "beamen" wollte. Die Parallele zum beamen von Star Trek ist wohl daher gekommen, dass man, wenn man den _gesamten_ Quantenzustand eines Teilchens auf ein anderes überträgt, man dieses Teilchen nicht mehr vom ursprünglichen unterscheiden kann, und damit es scheint, dass tatsächlich das Teilchen mit all seinen Eigenschaften am Ort des Zielteilchens zu sein scheint (und auch ist). Da in diesem Experiment jedoch nur die Information über einen bestimmten Anregungszustand übertragen wird, ist das Zielteilchen nur in diesem Sinn dem Quellteilchen gleich. Dass natürlich dieses Beamen nicht gleichgesetzt werden kann mit dem von Star Trek ist wohl klar.

[thesaintibk](#) | 17.06, 08:58

@ladiner

aha... sozusagen "ausschneiden & einfügen" ;-) wie bei office...

[ladiner](#) | 17.06, 09:14

@thesaintibk

So könnte man es sagen, wobei man aber nicht weiß, was man da cut-and-pasted. (Es sollen ja auch schon viele Presse-Artikel auf diese Weise zustande gekommen sein ;-))

[kkdu](#) | 17.06, 07:15

so rein grundsätzliche frage
soweit ich das richtig verstanden habe, gilt sowohl bei verschränkten photonen als auch atomen, dass die messung eines verschränkten teilchens zur folge hat, dass das andere teilchen genauso aussieht. jetzt stellt sich mir aber die frage: wenn ich durch messung den zustand verändere, wie kann ich dann überprüfen, dass das verschränkte teilchen das selbe messergebnis zur folge hat? wenn ich das verschränkte teilchen messe ändert sich doch auch automatisch dessen zustand => wie kann ich dann den gleichen zustand aller beteiligten teilchen nachweisen, wenn eine messung (egal welchen teilchens) automatisch eine änderung mit sich zieht? oder ist nur die erste messung inversiv und danach sind alle messungen ohne veränderung möglich? 

[mirnixdirnix](#) | 17.06, 03:14

Da bin ich ja glatt in Versuchung... denen morgen früh
....ein kühles Bier vorbeizubringen in ihren finsternen Keller....!

ggg

...Gratuliere! 

[abdufarad](#) | 17.06, 02:58

in solchen momenten (und die kommen selten genug vor) fühlt man sich irgendwie eigentlich ein bissl stolz, aus innsbruck zu sein. 

[stormchaser](#) | 16.06, 23:03

Sagtmal liebe Leuts´ vom ORF...

Was soll den die Flash Animierte Werbung im Vordergrund, die sich weder schließen läßt noch von selbst schließt???? ?????? hats euch jetzt ganz "anpackt" oder was?!?! Ich würde nämlich gerne auch das erste Kapitel lesen!!!! Oder darf man mit einem Opera Browser nicht mehr auf die ORF Seite???? 

[toast](#) | 16.06, 23:48

mozilla verwenden
www.mozilla.org

[wirthi](#) | 17.06, 00:02

Ich benutz selber den Opera und bin davon auch massiv genervt. Aber trotzdem würd ich sagen dass daran der Opera und nicht der ORF Schuld ist.

[zippy](#) | 17.06, 05:02

Opera...
...akzeptiert bei Flash keinen transparenten Hintergrund.

[issac](#) | 17.06, 07:14

adworx blockieren
"hosts" file suchen

127.0.0.1 ad.adworx.at

reinschreiben und dann ist viel Sch...
weg.

[andi47](#) | 17.06, 08:27

Nervende Flashwerbung
Das liegt nicht nur am Opera, mit IE ist es genauso nervig.

Beschwerdemails an den ORF sind zwecklos, ich hab's schon ein paarmal versucht, und nie eine Antwort bekommen. :-((

[demianrocks](#) | 17.06, 10:16

ganz einfach...
QuickPreferences/block unwanted Popups und/oder:
plugin's einfach deaktivieren. Das tut's, glaub's mir!

[djangoreinhardt](#) | 16.06, 20:41

wer kann von sich behaupten...
diesen artikel verstanden - und mit verstehen, meine ich verstehen/anernden/geistig umsetzen - zu haben?! 

[stdout](#) | 16.06, 21:17

Als Physiker
hat man es etwas leichter, da vieles schon bekannt ist. Trotzdem ein interessanter Artikel.

[tromsdalen](#) | 16.06, 22:10

sorry,

was bitte ist "anernden"??

[doktor](#) | 16.06, 22:50

na ja

Es ist eine Spielerei, umsetzen wollen die Wissenschaftler diese "Technik" zur Informationsspeicherung oder Weiterleitung, was aber noch relativ weit entfernt ist.

Das Problem ist, dass Du ein Ion schon durch das "Anschauen" veränderst, also musst Du ein verschränktes, also von den Eigenschaften gleiches, dazwischenhängen, dadurch weist Du, wie das Dritte aussieht, da beide gleich sind, kannst also das Dritte gezielt verändern, also wie im Beispiel, Info von 1 auf 3 übertragen, dessen Zustand Du durch messen von 2 kennst, ohne es ansehen zu müssen.

[ooooo](#) | 16.06, 20:12

zu scareglow unten: ...und wollen sie ihre duplikate hier lassen?

...marsreisen. 

[scareglow](#) | 16.06, 19:55

Einmal Mars und zurück für 2 Erwachsene bitte.. wieviel macht das?! *lol* 

[higgs](#) | 16.06, 20:12

aber vorsicht !

wenn der komet kommt stürzt der himmel auf die erde !

[tromsdalen](#) | 16.06, 22:10

Keine Sorge

Der Tollmann hat 1999 eh frustriert seinen Bunker aufgegeben, weil der Komet nicht gekommen ist. Vielleicht vermietet er dort jetzt Impact-Rooms mit Vollpension, das Lager dürfte ja noch voll sein....

Die ORF.at-Foren sind allgemein zugängliche, offene und demokratische Diskursplattformen. Bitte bleiben Sie sachlich und bemühen Sie sich um eine faire und freundliche Diskussionsatmosphäre. Die Redaktion übernimmt keinerlei Verantwortung für den Inhalt der Beiträge, behält sich aber das Recht vor, krass unsachliche, rechtswidrige oder moralisch bedenkliche Beiträge sowie Beiträge, die dem Ansehen des Mediums schaden, zu löschen und nötigenfalls User aus der Debatte auszuschließen.

Sie als Verfasser haften für sämtliche von Ihnen veröffentlichte Beiträge selbst und können dafür auch gerichtlich zur Verantwortung gezogen werden. Beachten Sie daher bitte, dass auch die freie Meinungsäußerung im Internet den Schranken des geltenden Rechts, insbesondere des Strafgesetzbuches (Üble Nachrede, Ehrenbeleidigung etc.) und des Verbotsgesetzes, unterliegt. Die Redaktion behält sich vor, strafrechtlich relevante Tatbestände gegebenenfalls den zuständigen Behörden zur Kenntnis zu bringen.

Die Registrierungsbedingungen sind zu akzeptieren und einzuhalten, ebenso Chatiquette und Netiquette!

