

Der Hexenmeister von Wien

Mit seinen „Beam“-Experimenten wurde der Physiker Anton Zeilinger zum Medienstar.



MARC STEINMETZ / VISUM

Quantenphysiker Zeilinger
„Vorstellen kann ich mir das auch nicht“

Für den Dalai Lama geriet der Besuch in dem Physiklabor zur Offenbarung. Erst führte ihm Anton Zeilinger ein paar seltsame Tricks mit Photonen vor. Dann erzählte der Forscher auch noch, dass im Mikrokosmos Teilchen einfach so aus dem Nichts entstehen.

Für einen kurzen Moment war es da mit der buddhistischen Gelassenheit vorbei. Das sei unmöglich, erklärte der Dalai Lama irritiert, für jedes Ereignis gebe es eine Ursache. Die Physiker müssten eben einfach noch genauer hinschauen.

„Hier hatten wir eine klare Divergenz unserer Anschauungen“, erinnert sich Zeilinger lächelnd. „Denn für mich steht zweifelsfrei fest, dass in der Quantenwelt die Kausalität tatsächlich verschwindet.“

Der Dalai Lama ist nicht der Einzige, den der 59-jährige Physiker der Universität Wien zum Staunen bringt. Zeilinger tritt bei Ärztekongressen auf, ist Gast in Talkshows und spricht vor Managern von Energiekonzernen. In den nächsten Wochen reist er zu Vorträgen nach Schweden, in die USA und nach Saudi-Arabien – dabei nimmt er nur einen Bruchteil aller Einladungen an. „Alle wollen auf einmal wissen, was wir Quantenphysiker so treiben.“

Alles begann mit jenem wundersamen Experiment, mit dem Zeilinger vor sieben Jahren schlagartig berühmt wurde. In einem Laborversuch war es seinem Team gelungen, ein Photon auszulöschen, um dieses Lichtteilchen im selben Augenblick – Simalabim – wenige Meter entfernt wieder auftauchen zu lassen.

Kaum war der Artikel über die weltweit erste „Quantenteleportation“ im Wissenschaftsmagazin „Nature“ erschienen, rief auch schon CNN an – dann

brach ein Medien-Hype los, der bis heute andauert.

Bis zu dieser Veröffentlichung hatten sich nur Eingeweihte für die schwerverständlichen Experimente der Quantenphysiker interessiert. Erst mit Zeilingers Teleportation konnte auch ein breiteres Publikum etwas anfangen. Denn ein Science-Fiction-Traum schien damit wahr zu werden: das „Beamen“. Wenigstens im Prinzip, so zeigte der Laborversuch, ist es tatsächlich möglich, wie Captain Kirk vom „Raumschiff Enterprise“ koboldartig riesige Entfernungen zurückzulegen.

Der Wiener Hexenmeister beeilte sich zu betonen, dass das Beamen größerer Objekte oder gar eines Menschen so gut wie ausgeschlossen wäre. Doch das Dementi ging unter. Plötzlich wurde die Quantenphysik zu einem Teil der Popkultur – und Zeilinger zu ihrem Guru.

Wann immer österreichische Journalisten heute wissen wollen, was ein Physiker so über Gott und die Welt denkt, rufen sie ihn an. Was sagt er zum neuesten TV-Skandal? Glaubt er an die Möglichkeit von Zeitreisen? Und warum nur spielt das Wetter verrückt?

Medienstar Zeilinger bedient perfekt die Erwartungen des Publikums: Der Herr Professor ist ein freundlicher Mann mit krausem Haar und Rauschebart, der in seiner Freizeit Cello spielt und ansonsten gern herumphilosophiert, wobei er dann so schön rätselhaft klingende Sätze formuliert wie dieses abgewandelte Wittgenstein-Zitat: „Die Welt ist alles, was

der Fall sein kann.“ Genau so stellen sich Laien einen spleenigen Physiker vor.

Inzwischen ist Zeilinger der ganze Rummel allerdings etwas zu viel geworden. Der Forscher hat deshalb eine eigene Pressebeauftragte engagiert. Andrea Aglibut blockt allzu lästige Anfragen ab, damit er weiter ungestört in das geheimnisvolle Quantenreich vordringen kann.

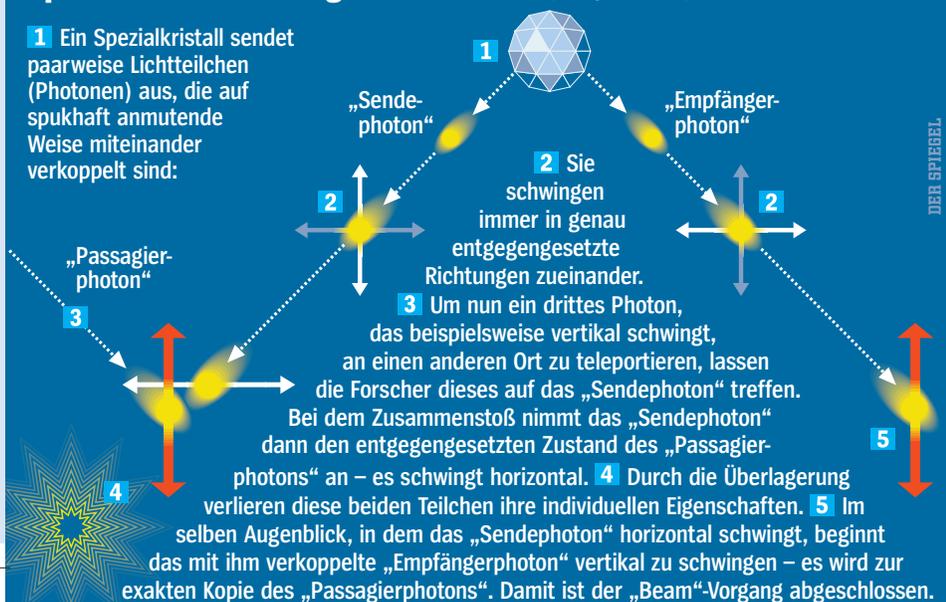
Zu seinem Team gehören auffallend viele junge Wissenschaftler. Die einen bilden die Gruppe der „Photonis“. Mit Hochdruck arbeiten sie daran, die Beam-Technik weiterzuentwickeln.

„Zu unserer eigenen Überraschung“, sagt Zeilinger, „hat das Herumspielen mit Photonen sogar zu einer ersten handfesten Anwendung geführt.“ So könnte das dem Beamen zugrunde liegende Quantenphänomen schon bald die vollkommen sichere Verschlüsselung geheimer Daten ermöglichen. Banken und Versicherungen haben bereits Interesse an der Quantenkryptografie signalisiert.

Die Wiener Forscher nutzen einen höchst sonderbaren Effekt der Mikrowelt aus: Wenn zwei Teilchen, etwa zwei Photonen, in Kontakt kommen, kann es passieren, dass sie dauerhaft miteinander in Verbindung bleiben. Was auch immer fortan mit dem einen Teilchen geschieht – es scheint auf beinahe telepathische Weise das andere direkt zu beeinflussen.

Nach ihrer Teilchenhochzeit verhalten sich solche Photonen gleichsam wie gezinkte Würfel: Fällt der eine auf die Sechs, so zeigt automatisch auch der andere die-

Spukhafte Fernwirkung Wie das „Beamen“ (Teleportieren) von Teilchen funktioniert



DER SPIEGEL

„Beamen“ im TV-Raumschiff „Enterprise“
„Für Menschen viel zu gefährlich“

se Punktzahl. Diese Verkopplung, im Physiker-Jargon „Verschränkung“ genannt, funktioniert über jede beliebige Entfernung – selbst dann, wenn die beiden Partner Lichtjahre voneinander entfernt sind.

Albert Einstein war diese radikale Konsequenz der Quantentheorie unheimlich; er bezweifelte, dass es die „spukhafte“ Fernwirkung wirklich gibt. Doch in den vergangenen Jahren haben Physiker mit immer neuen Laborversuchen gezeigt, dass zwischen manchen Teilchen tatsächlich unsichtbare Drähte gespannt sind.

Bei seinen Beam-Experimenten benutzt Zeilinger solche verketteten Photonen, um ein drittes Photon quer durch den Raum zu befördern. Das eine Photon tastet dabei das zu transportierende Passagier-Teilchen ab und löscht es dadurch aus – woraufhin das Passagier-Teilchen im gleichen Augenblick in dem anderen Photon wiederaufersteht (siehe Grafik).

„Das Verrückte ist, dass zwischen den verschränkten Photonen keinerlei Informationen ausgetauscht werden“, sagt Zeilinger. „Richtig vorstellen kann auch ich mir nicht, was bei diesem Vorgang jenseits von Zeit und Raum vor sich geht.“

Wie sich nun gezeigt hat, sind verkoppelte Photonen zudem ideal geeignet für die Verschlüsselung geheimer Nachrichten. Jeweils paarweise werden sie dazu an Sende- und Empfangsstationen verschickt. Wenn der Sender sodann mit Hilfe seiner Photonen eine Botschaft verschlüsselt, kann der Empfänger die Botschaft mit Hilfe der entsprechenden Partner-Photonen leicht wieder entschlüsseln.

Der Clou daran: Im Unterschied zu allen anderen Verschlüsselungsmethoden ist die Quantenkryptografie absolut abhörsicher. Jede Störung von außen führt unweigerlich dazu, dass die Verkopplung der Teilchen in sich zusammenbricht – jeder Versuch, einen Photonenstrahl anzuzapfen, würde sofort auffallen. Zeilinger: „Die Sicherheit der Verschlüsselung ist naturgesetzlich verbürgt.“

Mit seinem Team hat der Physiker schon Geheimbotschaften übertragen. Für einen Test hatte er mit Hilfe verkoppelter Photonen ein Foto der „Venus von Willendorf“ verschlüsselt, einer in der Nähe von Wien entdeckten Steinzeitfigur. Derzeit arbeitet sein Team an einem Versuch, in dem verschlüsselte Nachrichten per Lichtstrahl sogar acht Kilometer weit verschickt werden sollen – von einem Hochhaus zu einem anderen.

Spätestens in fünf Jahren könnten die ersten Quantenverschlüsselungsgeräte mit verschränkten Photonen auf den Markt



kommen. Eine Kooperation mit der Industrie soll bei der Vermarktung helfen. Die Europäische Raumfahrtagentur Esa prüft sogar, von einem Satelliten aus verschlüsselte Laserstrahlen an jeden Punkt der Erde zu senden.

Doch auch die reine Grundlagenforschung beschäftigt Zeilinger weiter. Ein zweites Team (die „Moleküliis“), geleitet von ihm und seinem Kollegen Markus Arndt, versucht herauszufinden, ob die Quantenphänomene wirklich nur auf den Mikrokosmos beschränkt sind. Immerhin traten bizarre Effekte sogar schon bei größeren Molekülen auf. Als Nächstes wollen die Forscher klären, ob sich auch riesige Biomoleküle wie Hämoglobin oder Insulin in bestimmten Experimenten sonderbar verhalten.

Und wie ist es mit Viren? Oder mit Sandkörnern? „Wir wissen einfach noch nicht, ob es eine Grenze gibt, wo die Quanteneffekte aufhören“, gibt Zeilinger zu. „Die einzige Bedingung scheint nur zu sein, dass die Objekte von der Außenwelt abgeschirmt sind.“

Wird also irgendwann doch das Beamen größerer Gegenstände möglich sein? Der Physiker mag das nicht mehr für alle Zeiten ausschließen. „Vielleicht werden wir in tausend Jahren tatsächlich in der Lage sein, eine Kaffeetasse zu teleportieren“, spekuliert Zeilinger. „Aber jede noch so winzige Störung könnte dann dazu führen, dass sie ohne Henkel in der Empfangsstation ankommt – für Menschen wäre eine solche Fortbewegungstechnik sicher viel zu gefährlich.“

Und noch etwas spricht dagegen, dass irgendwann Menschen von einem Ort zum anderen gebeamt werden: Um alle zehn Billionen Milliarden Atome eines Menschen zu erfassen, bräuchten die schnellsten heutigen Computer rund tausendmal so lange, wie das Universum alt ist.

OLAF STAMPF

es möglich ist, diese astronomisch hohe Zahl von Quantenzuständen dazu zu nutzen, eine entsprechend gigantische Zahl von Rechnungen durchzuführen. Er sieht in seiner Beweisführung zugleich eine Bestätigung für die Existenz des Multiversums. Der Quantencomputer, so Deutsch, entleihe seine enorme Rechenkraft anderen Universen: „Jemand, der immer noch daran glaubt, dass es nur ein einziges Universum gibt, der soll mir einmal erklären, wie ein paar Dutzend Atome mehr Rechenoperationen schaffen können, als es Atome im gesamten Universum gibt. Wo finden denn all diese Rechnungen statt – wenn nicht in anderen Universen?“

Anfangs reagierten die Kollegen mit un-verhohlener Skepsis. Solch ein Quantencomputer mag ja auf dem Papier wunderschön aussehen, sagten die einen, doch wie soll man ihm eigentlich sinnvolle Er-

 **Plötzlich horchen Industrie, Geheimdienste und das Militär auf.**

gebnisse entlocken? Und: Lässt sich ein so seltsamer Rechner überhaupt programmieren?

Außerdem werde ein solches Quantenwunderding ohnehin nie funktionieren, wandten andere ein. Dazu sei es viel zu störanfällig. Selbst die kleinste Irritation könne schließlich das schöne Gespinnst rechnender Atome irreparabel verwirren.

Inzwischen jedoch ist diese Form der Grundsatzkritik weitgehend verstummt. Theoretisch zumindest, das gilt nun als bewiesen, lässt sich die Natur überlisten. Denn die Forscher haben raffinierte Tricks erdacht, mit denen sich eventuelle Störungen der Quantenrechnung nachträglich wieder korrigieren lassen.

Und auch der erste Einwand ist ausgeräumt: Die Mathematiker kennen mitt-