*Neues aus der Welt der Wissenschaft*[ [ORF ON Science](#) : [News](#) : [Technologie](#) · [Wissen und Bildung](#) · [Gesellschaft](#) ]

## Sind Quanten auch ohne Beobachtung verschränkt?

In der "wunderbaren Welt der Quanten" ist das Phänomen verschränkter Teilchen fundamental. Doch diese Verschränkung zeigt sich erst in der Beobachtung. Ob es daher sinnvoll ist, von einem unbeobachteten System verschränkter Teilchen zu sprechen, geht die aktuelle Frage von "Ask Your Scientist" nach.

Beigesteuert hat sie unser User "sirrurunshaw", der mehr über diese "spukhafte Fernwirkung" wissen möchte, wie es Albert Einstein einmal ausgedrückt hat.

### Die Frage der Woche im Wortlaut

User "sirrurunshaw": "Die Verschränkung von zwei Teilchen ist ein grundlegendes Phänomen der Quantenphysik, über deren Zustand erst durch Messung oder Beobachtung etwas ausgesagt werden kann. Ist es sinnvoll zu sagen, dass Photonen o.ä. auch ohne Beobachtung verschränkt sind, bzw. was ist eigentlich eine natürliche 'Entschränkung'?"

### Posten Sie Ihre Antworten!


Wenn Sie glauben, die Antwort(en) zu kennen: Benutzen Sie unser Forum im Anschluss an die Geschichte - und **posten Sie** "sirrurunshaw" und den anderen Usern Ihre Hinweise.

In wenige Tagen werden wir im Rahmen der ORF-Wissenschaftstage (10.-16. Mai 2004) die Antwort(en) aus berufenem Munde, dem Team um den **Quantenphysiker Anton Zeilinger**, präsentieren.

"Ask Your Scientist" 2004: Stellen Sie auch weiterhin Fragen science.ORF.at lädt seine User ein, im Rahmen von "Ask Your Scientist" auch weiterhin Fragen zum Thema Wissenschaft zu stellen - unter der E-mail-Adresse [askyourscientist@orf.at](mailto:askyourscientist@orf.at).


→ [So funktioniert "Ask Your Scientist"](#)

### → [Das "Ask Your Scientist"-Archiv](#)

[ [ORF ON Science](#) : [Ask Your Scientist](#) : [Wissen und Bildung](#) ]IHR KOMMENTAR ZU  
DIESEM THEMA **burnside** | 10.05, 15:37**@sensortime**


Wenn Du Deine Visitenkarte fuer Anmerkungen oeffnest, koennen wir das Thema "Zeit" dort gerne diskutieren.

Im uebrigen liegen unsere Meinungen bezueglich "unbeobachtbar" gar nicht so weit auseinander. Ich sage: Was unbeobachtbar ist, ist fuer die Physik ohne Belang, ist nicht naturwissenschaftlich. Du sagst: Was unbeobachtbar ist, ist nicht existent.

An dieser Stelle ist also der einzige Unterschied, dass ich "transzendentes" (zB. "einen Gott") nicht prinzipiell als Nichtexistent bezeichne, allerdings als "unwissenschaftlich". Desgleichen so nette Dinge wie "Paralleluniversen", oder "was war vor dem Urknall": Ich schliesse Existenz zwar nicht aus, fuer mich ist es aber unwissenschaftlich. Anscheinend ist fuer Dich solcherlei automatisch "nicht existent". 

[burnside](#) | 08.05, 16:30

### Denkmodelle

Denkmodelle darf sich jeder bauen, fuer sich selbst oder fuer andere, und darf darueber diskutieren. Physik hingegen ist eine Naturwissenschaft (insbesondere keine Geisteswissenschaft). In der Physik geht es nicht um Denkmodelle. In der Physik werden reale, prinzipiell beobachtbare Phaenomene beschrieben (und ggf. prognostiziert). Was nicht prinzipiell beobachtbar ist, hat mit Physik nichts zu tun. 

[sensortimecom](#) | 08.05, 22:13

### Oh doch!

Mit den gewonnenen Erkenntnissen aus der Quantenphysik gehts zum ersten Mal in der Geschichte der Menschheit an den innersten Kern des Ganzen; ans Eingemachte, sozusagen an die "Wahrheit" im eigentlichen Sinne. Hier gibt es ECHTE Berührungspunkte zum Metaphysischen, denen NIEMAND in Zukunft jemals wird ausweichen können; egal ob er Atheist oder Naturalist oder religiös oder sonstwas ist. Außerdem ist das Ende des Platonismus in Sicht, wonach nur mathematische Gesetzmäßigkeiten die objektive Wirklichkeit beschreiben und bestimmen...

mfg Erich B.

[burnside](#) | 08.05, 22:52

Da passt einiges nicht zusammen. Es wird gar keine "objektive Wirklichkeit" benoetigt - und vom Positivimus hatte man sich vor 100 Jahren zu verabschieden. Es werden bloss mathematische Modelle zur Beschreibung gewisser Phaenomene verwendet. Da geht es nicht um "objektive Wirklichkeit", sondern um Modelle, dh., gute Naehierungen, hinreichend genaue Beschreibungen von Phaenomenen. Die Modelle sind unter anderem deshalb mathematisch formuliert, weil die Mathematik eine geeignete Sprache dazu liefert., und die damit formulierten Modelle bisher schlicht am genauesten bei minimaler Formulierung waren -> Oekonomie (bzw. occam's razor). Du darfst Modelle auch anders formulieren - dennoch bleiben es "Modelle", nicht "die Wirklichkeit" (was immer das sein soll).

[sensortimecom](#) | 08.05, 13:24

### Die Rolle des "Beobachters"

Die Rolle des "Beobachters" im physikalischen Sinne ist im Universum nicht auf biologische Strukturen und deren Sensoren/Rezeptoren beschränkt.

Wir müssen davon ausgehen, dass auch elementare Strukturen über eine Art "subjektive Beobachtungsfähigkeit" verfügen. Gäbe es diese nicht, würde auch in objektiver Hinsicht kein Universum existieren; es gäbe weder Zeit noch Raum noch Materie.

"Beobachter" in physikalischem Sinne kann jede Entität sein, die zur Messung (oder "Wahrnehmung") von ZEITLICHEN ABLÄUFEN befähigt ist.

Somit auf die Frage: "Ist es sinnvoll zu sagen, dass Photonen o.ä. auch ohne Beobachtung verschränkt sind..?"  
die Antwort:

NEIN

Denn ohne Beobachtbarkeit, auf welcher elementaren Ebene auch immer, sind keine solchen Photonen existent.

siehe auch meine Arbeit:

[www.sensortime.com/time-de.html](http://www.sensortime.com/time-de.html)

..welche weitgehend auch die Ansichten des radikalen Konstruktivismus stützt.

mfg Erich B.

[karl273](#) | 08.05, 14:31

**Arbeit**

Hallo sensortimecom,

ich habe Ihre Arbeit kurz überflogen,  
und kann nur sagen: Alle Achtung !

Mit freundlichen Grüßen,  
Karl Bednarik.

P. S. :  
Natürlich werde ich Ihre Arbeit auch noch genauer lesen.

[burnside](#) | 08.05, 23:14

**@sensortime**

Wozu soll das dienen? Ist das ein Plaedoyer fuer eine gewisse Religion oder ein versuchter "Gottesbeweis" (siehe Bibelzitat am Ende)? Ist es WERBUNG IM ORF-FORUM fuer ein eigenes Produkt?

Zu den Zeitpunkten: Es wird nicht behauptet, dass es "Zeitpunkte" "gibt". Es haben sich bloss reelle Zahlen (das sind \_abstrakte\_ Dinge) und die Techniken der Analysis als brauchbare Sprache fuer die naturwissenschaftliche Modellierung erwiesen. Schlicht deshalb, weil jede Cauchy-Folge konvergiert - man hat "idealisierte Objekte" zu den rationalen Zahlen hinzugefuegt.

In der axiomatischen Mechanik wird "Zeit" uebrigens durch eine Mannigfaltigkeit modelliert. Auch das bloss, weil damit ein recht einfaches Modell erlaubt, weitreichende Resultate zu erzielen. Es handelt sich um Modelle, um Idealisierungen. Anspruch, die Wirklichkeit "zu sein" haben sie nicht.

Sie sind bloss hinreichend genaue Beschreibungen fuer Phaenomene. Und sie sind falsifizierbar (im Gegensatz zu Deinen "absolutistischen" Behauptungen).

[nommo](#) | 09.05, 09:38

**@burnside> ich sollte nicht an Stelle E.B.'s antworten...**

...aber vielleicht ist es es leid Leuten zu antworten, die seine Thesen nicht studieren.

Zu obigen Fragen fällt mir eine (bzw.2) Buchempfehlung(en) ein, die auf seiner HP zu finden ist:

Eugene WIGNER (1961) "Remarks on the Mind-Body-Question", siehe auch: Roger Penrose: "Des

Kaisers neue Kleider"/ Spektrum-Verlag Heidelberg  
(S. 287)

Falls unpassend, mag Erich mich ja berichtigen.

[sensortimecom](#) | 09.05, 10:57

**@burnside**

Um komplex-dynamische Prozesse sowie  
Selbstorganisations-Prozesse ALLER ARTEN  
verstehen zu können, ist eine Revision des  
Zeitbegriffes UNERLÄSSLICH.

Dazu empfehle eine ganze Reihe von neuzeitlichen  
wissenschaftlichen Arbeiten. U.a. von  
Ilya Prigogine, Victor Stenger, Götschl, Georg  
Picht, Sendbothe, Cramer, Whitehead...

Meine Arbeit auf

[www.sensortime.com/time-de.html](http://www.sensortime.com/time-de.html)

versucht, ein solches Modell zu liefern, das dieser  
Erfordernis gerecht wird. Ich will keine Werbung in  
eigener Sache betreiben. Meine eigene Person ist  
mir nämlich völlig wurtscht. Mir geht es nur um  
wissenschaftliche Erkenntnis an sich, und ich werde  
nur dann grantig, wenn mir der Mund verboten wird.

Prigogine/Stenger schrieben übrigens:

"Whiteheads Beispiel bestärkt uns darin, dass nur  
eine Öffnung, eine Erweiterung der Wissenschaft die  
Spaltung zwischen Wissenschaft und Philosophie  
beenden kann. Diese Öffnung kann nur durch  
REVISION des ZEITBEGRIFFES erfolgen. Wenn  
man die Zeit NEGIERT, d.h. sie auf einen  
Parameter im Rahmen eines reversiblen Gesetzes  
reduziert, begibt man sich der Möglichkeit, die Natur  
in Kategorien des "schöpferischen Werdens" zu  
fassen. Man verurteilt sich dadurch zu der Wahl  
zwischen einer wissenschaftlichen Philosophie und  
einer entfremdenden Wissenschaft".

siehe auch Ulf Skirke "Technologie und  
Selbstorganisation".

mfg Erich B.

[macavity84](#) | 09.05, 12:02

nicht schlecht herr specht!!!

[madtyson](#) | 10.05, 04:13

**hallo sensortimecom!**

nette geschichte auf deiner HP. hat mich bis jetzt  
gefesselt. muß in 3 std. wieder aufstehen. aber du  
weißt ja wie das is :- ) respekt...[thumb] gott sei dank  
hat mein bruder die stelle bei pl&th nicht  
bekommen. :-)

[jogibaer](#) | 10.05, 08:13

**Gratulation!**

....da hat einer h.v. foerster sehr aufmerksam  
gelesen! (das allein schon ringt mir respekt ab)

[brink](#) | 08.05, 12:09

**Ja, klar!**

In unserem Universum ist praktisch alles miteinander  
verschränkt. Ein Teilchen ist somit auch nur ein besonderer  
Zustand, das von sämtlichen anderen Zuständen abhängig  
ist. Denn das Universum kann durch eine Gleichung  
beschrieben werden, das wir Menschen zwangsweise nie  
aufschreiben werden können. Und wenn es eine Gleichung  
gibt, das das ganze System beschreibt, dann kann man  
nicht einzelne "Teilchen" aus dem System rausnehmen und  
behaupten: das ist ein Teilchen für sich. Es befindet sich

im System und ist somit vom Rest des Systems abhängig.

[burnside](#) | 08.05, 16:24

### **verschraenkte Teilchen**

Verschraenkte Teilchen sind gewisse Paare von Quantenobjekten.

Uebrigens haengt im Universum gemaess aktuellem Stand der Physik nicht "alles mit allem zusammen": Es gibt eine endliche Ausbreitungsgeschwindigkeit fuer Information!

[cybertape](#) | 08.05, 11:44

### **Analog zu dieser Frage...**

...könnte man ja auch die (den meisten wohl bekannte) Frage stellen:

Erzeugt ein umfallender Baum ein Geräusch, wenn niemand da ist, der es hören könnte?

Prinzipiell kann man ja nur mit messbaren (gemessenen) Werten etwas anfangen. Wie könnte man etwas nutzen, von dem man nicht einmal "weiß", ob es existiert. Ist es dann nicht völlig egal, wie der Zustand des Objektes ist, wenn man es in keinster Weise messen/beobachten könnte?

[reservebuddha](#) | 07.05, 23:07

### **Es gibt eine Analogie aus der Informatik**

in logikorientierten Programmiersprachen (z.B. PROLOG) gibt es Variablen, die gewissen "constraints" (Beschränkungen) unterworfen werden können - einerseits bestimmten Wertebereichen, andererseits auch Relationen mit anderen Variablen welcher Natur auch immer. Die entsprechenden Algorithmen ähneln dann auch eher Spezialisierungs-Mechanismen, die nicht destruktiv überschreiben (dies nicht können), sondern die Lösungsmenge durch schrittweise Spezialisierung immer weiter einschränken.

Variablen können in diesem Sinne entweder ungebunden oder an Werte gebunden sein, und diese Werte können auch graduell Freiheitsgrade enthalten (also selbst wieder Mengen von Werten symbolisieren). Ich bin kein Physiker, aber die Quantenmodelle, die Prof. Zeilinger behandelt, scheinen einfachen Rechenmodellen auf einer solchen (logikorientierten, constraint-orientierten) Basis zu ähneln, was mich in der Ansicht bestärkt, daß ein Informations-orientiertes Modell als eine von vielen anwendbaren Weltmodell-Alternativen durchaus Sinn macht.

Was die konkrete Frage betrifft, handelt es sich dabei um zwei unterscheidbare Constraints in einem solchen Modell. Während die eine Beschränkung (nämlich die "Verschränkung") zwei Variablen in eine sehr direkte Beziehung setzt (etwa  $A=B$ , wenn ich es richtig verstanden habe), ohne aber die Werte EINER Variable zu definieren (man könnte aber durchaus davon ausgehen, daß es im Endeffekt eh nur mehr eine Variable gibt), besteht die andere Beschränkung in einer konkreten Wertzuweisung an EINE dieser Variablen, ohne wieder die Verschränkung zu implizieren. Diese geschieht aufgrund eines Vorgangs, der als Beobachtung bezeichnet wird.

[reservebuddha](#) | 07.05, 23:07

### **Fortsetzung**

Die Frage würde ich innerhalb dieses meines Denkmodells deshalb so beantworten: Die "Verschränkung" ist eine Beschränkung des Wertebereichs eines geschlossenen Systems von Variablen, die durch "Beobachtung" ausgelöste Wert-Beschränkung (auch wenn quasi-"zufällig") eine zweite, und diese zwei sind in diesem Denkmodell voneinander unabhängig, ergo existiert Verschränkung (in diesem Modell!) auch dann, wenn man die Beobachtung des konkreten Wertes nicht

voraussetzt.

ALLERDINGS schränke ich folgendermaßen ein: Ich weiß nicht, ob nicht eine zweite Beobachtung vorausgesetzt werden muß/kann/soll, die die Verschränkung selbst zum Ergebnis hat, aber dafür den konkreten Wert der Variable nicht betrifft. Das wäre aber eine generellere Fragestellung, ob die konkrete Verschränkung eine Information derselben "Kategorie" ist wie der Wert des Teilchens, oder ob das physikalische Modell hier eine "mehrstufige" Logik impliziert/verlangt.

Jedenfalls ist die konkrete Verschränkung in diesem Modell von der einen konkreten Beobachtung unabhängig.

[slartibartfast](#) | 07.05, 19:57

#### **ist das licht noch da**

wenn ich die augen zumach oder erst dann weg, wenn ich es ausschalte?



[burnside](#) | 07.05, 21:17

#### **Naive Frage**

Wenn ich in der Zwischenzeit die Sicherungen rausdrehe, ist das Licht aus, ohne dass Du es merkst.

Wenn Du Dich thermisch isolierst (keine Waermestrahlung, keine Waermeleitung) und desglichen optisch, so kannst Du nicht feststellen, ob es noch brennt oder nicht, und es daher auch nicht wissen.

[cybertape](#) | 08.05, 11:45

#### **Aber!**

Nur hat dann das Ganze auch keine Auswirkung mehr auf dich->folglich ist es EGAL, ob das Licht an ist oder nicht, da es dich in keinster Weise beeinflusst!

[burnside](#) | 08.05, 23:16

#### **@cybertape**

Genau, und deshalb sind Fragen wie die gestellte fuer die Physik ohne Belang.

[burnside](#) | 07.05, 17:31

#### **Unwissenschaftlich**

Ich schliesse mich @dietmar13 an.

Die gestellte Frage hat mit Naturwissenschaft nichts zu tun. Sie mag fuer die Philosophie ganz nett sein - fuer die Physik ist sie unbrauchbar. Die Physik hat sich mit (prinzipiell) \_beobachtbaren\_ Phaenomenen zu beschaeftigen.



[vion11](#) | 07.05, 16:50

#### **komische Frage**

Spannender ist doch die Frage, ob in einem unbeobachteten System überhaupt Quanten existieren?


Oder welche unbeobachteten Eigenschaften Quanten außerdem noch haben.

Oder welche Eigenschaften von Quanten prinzipiell unbeobachtbar sind?



[dietmar13](#) | 07.05, 16:44

**diese frage ist innerhalb der naturwissenschaften (physik) nicht stellbar,**

sondern schon metaphysik!  
was die natur außerhalb unserer beobachtung macht, ist uns - naturgemäß - in KEINER weise zugänglich, daher nicht naturwissenschaftlich. so, ab ins wocheende. 

[reservebuddha](#) | 07.05, 23:17

#### **Das sehe ich anders**

Diese Antwort wäre gleichbedeutend mit der Annahme, daß man über die Gravitation keine Aussage machen könnte, wenn man nicht grad selber wo runterfällt. Prinzipiell DARF man aber in einem Denkmodell die Abwesenheit eines Beobachters postulieren, weil man ja grade das Modell zu dem Zweck erstellt, um in letzter Konsequenz nicht mehr beobachten zu müssen, und trotzdem Aussagen machen zu können.

Die Frage lautet meiner Auffassung nach dahingehend, ob sämtliche Aussagen, die durch die Annahme der Verschränkung in dem physikalischen Modell impliziert werden, dort auch dann gelten, wenn man keine konkrete Beobachtung des Teilchens voraussetzt. Und ich denke, daß ein informatisches Modell das bejaht.

[burnside](#) | 08.05, 23:20

#### **@reservebuddha**

Man erstellt Modelle durchaus auch, um sich Beobachtungen sparen zu koennen, das heisst, Prognosen abzugeben. Aber man kann die Beobachtung nicht ersetzen. Da wissenschaftliche Modelle prinzipiell falsifizierbar sein muessen, kann es jederzeit eine Beobachtung eines Phaenomes geben, das nicht mit Deinem Modell erfasst wird: Jedes Modell hat irgendwo eine Gueltigkeitsgrenze! Alleine, um diese zu finden, darfst Du nicht auf die Beobachtungen verzichten.

[burnside](#) | 08.05, 23:24

#### **(Fortsetzung)**

Deshalb verzichtet ein erfahrener Ingenieur in der Praxis niemals auf einen Test seines Produkts - auch wenn er hundert mal gut gerechnet hat. In jedem Modell wurden gewisse Aspekte vernachlaessigt. Man "hofft" (bzw. orientiert sich an der Erfahrung), dass die vernachlaessigten Aspekte nicht allzu sehr ins Gewicht fallen werden. Um es dynamisch zu formulieren: Man versucht, "strukturell stabile" Systeme zu schaffen. Dann ist fuer "kleine" (aber beliebige) Abweichungen immer noch "hinreichend gleiches" qualitatives Verhalten gewaehrleistet.

[nommo](#) | 09.05, 09:48

#### **erfahrener Ingenieur oder gewissenhafter Ingenieur?**

Heutzutage ist es doch üblich Hard- und Software vom User testen zu lassen. Man braucht z.B. nur einen etablierten Sündenbock wie Bill Gates, und schon kann man das lausigste BIOS auf's Mainboard klatschen, denn Billy ist eh an allem Übel dieser Welt schuld.

Die ORF-ON-Foren sind jedermann zugängliche, offene und demokratische Diskursplattformen. Bitte bleiben Sie sachlich und bemühen Sie sich um eine faire und freundliche Diskussions-Atmosphäre. Die Redaktion übernimmt keinerlei Verantwortung für den Inhalt der Beiträge, behält sich aber das Recht vor, krass unsachliche, rechtswidrige oder moralisch bedenkliche Beiträge zu löschen.

 [Übersicht: Alle ORF-Angebote auf einen Blick](#)