

Quantenphysikalische Verschränkung

Leserbrieft, Dezember 2009, zu:

Bedroht die Quantenverschränkung Einsteins Theorie?, September 2009

Keine Fernwirkung?

Herr Dr. Brewig schreibt in seinem Leserbrief zum Thema quantenphysikalische Verschränkung, dass es keiner Fernwirkung bedürft, um die beobachtete Koinzidenz der Messergebnisse zu erklären, weil ja die verschränkten Wellenfunktionen denselben Zustand beschreiben würden und daher die beobachtete Kopplung der Messergebnisse ganz natürlich sei. Dies wäre auch so, wenn die Wellenfunktion das Ergebnis der Messung bereits in sich tragen würde.

Diese Vermutung ist als die Theorie der verborgenen Parameter lange bekannt, konnte aber nie bestätigt wer-

den. Tatsächlich erlaubt die Wellenfunktion nur eine Vorhersage des Erwartungswerts, also des statistischen Mittelwerts bei sehr vielen Messungen, der Ausgang der Einzelmessung ist hingegen in der Regel völlig unbestimmt. Unter dieser Prämisse ist die heute wohl am weitesten verbreitete Folgerung aus den experimentellen Befunden, dass unsere Welt nicht »lokal-realistisch« ist.

Prof. Dr. A. Kilian, Merseburg

Nur die halbe Miete

Herr Dr. Brewig scheint mir das Wesen der EPR-Paare nicht ganz verstanden zu

haben, wenn er »keine Fernwirkung benötigt«. Die verschränkte Wellenfunktion ist nämlich nur die halbe Miete der ganzen Sache, so richtig seltsam wird die Sache erst durch den Kollaps der Wellenfunktion durch eine Messung.

Vielleicht ein Beispiel, das das Rätsel der »spukhaften Fernwirkung« (O-Ton Einstein) etwas klarer macht: Sie erzeugen Photonenpaare, die sich im selben Polarisationszustand alpha befinden. Sie stellen auf der Erde und auf Sirius zwei Polfilter auf, deren Stellung Sie kurz vor dem Eintreffen der Photonen (durch einen Zufallsgenerator) einstellen, und zwar so, dass das Photon eine Trillionstelsekunde vor dem auf Beteigeuze gemessen wird. Der gemessene Polarisationszustand auf der Erde beeinflusst also den Polarisationszustand auf Beteigeuze. Greifen wir eine Messreihe heraus: Auf der Erde be-

Fantastisches Vakuum

Vorsicht, heiß!, Wissenschaft im Alltag, Dezember 2009

Im Artikel ist von einem Vakuum bis zu 10^{-14} Millibar in einer Thermoskanne die Rede, das wäre fantastisch, da so niedrige Drücke bisher selbst in den besten Vakuumkammern nicht erreicht werden! Ich glaube eher, es handelt sich um einen Druckfehler und es sind 10^{-4} Millibar gemeint.

Iver Lauermann, Berlin

Antwort der Autorin Katja Bammel:

Das Vakuum im doppelwandigen Innengefäß liegt tatsächlich zwischen 10^{-4} und 10^{-6} Millibar. In einzelnen Fällen kann es sicher besser sein, genaue Angaben wollten die Hersteller auf Grund des Betriebsgeheimnisses nicht machen.

Im Artikel stand, dass die Innenseite des Glasgefäßes beschichtet ist. Diese unklare Ausdrucksweise hat berechtigterweise zu Kritik geführt und bedarf einer Richtigstellung: Gemeint war natürlich, dass die innere, zum Vakuum hin-

weisende Oberfläche des (doppelwandigen) Gefäßes beschichtet ist und nicht die (äußere) Fläche, die in Kontakt mit der Flüssigkeit steht.

Kritisiert wurde in diesem Zusammenhang auch der Ausdruck, dass die metallische Beschichtung die Wärme reflektiert. Physikalisch korrekt müsste es heißen: Die Verspiegelung besitzt eine sehr geringe thermische Abstrahlung und unterbindet somit den Wärmeaustausch nach außen. Eine spiegelnde Edelstahloberfläche verhält sich ähnlich.

Spektrum

DER WISSENSCHAFT

Chefredakteur: Dr. habil. Reinhard Breuer (v.i.S.d.P.)
Stellvertretende Chefredakteure: Dr. Inge Hofer (Sonderhefte), Dr. Gerhard Trageser
Redaktion: Thilo Körkel (Online Koordinator), Dr. Klaus-Dieter Linsmeier, Dr. Christoph Pöppe, Dr. Adelheid Stahnke;
 E-Mail: redaktion@spektrum.com
Ständiger Mitarbeiter: Dr. Michael Springer
Schlussredaktion: Christina Meyberg (Ltg.), Sigrid Spies, Katharina Werle
Bildredaktion: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe
Art Direction: Karsten Kramarczik
Layout: Sibylle Franz, Oliver Gabriel, Marc Grove,
 Anke Heinzelmann, Claus Schäfer, Natalie Schäfer
Redaktionsassistent: Britta Feuerstein
Redaktionsanschrift: Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg,
 Tel. 06221 9126-711, Fax 06221 9126-729
Verlag: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH,
 Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg; Hausanschrift: Slevogtstraße
 3-5, 69126 Heidelberg, Tel. 06221 9126-600, Fax 06221 9126-751;
 Amtsgericht Mannheim, HRB 338114
Verlagsleiter: Dr. Carsten Könneker, Richard Zinken (Online)
Geschäftsleitung: Markus Bossle, Thomas Bleck
Herstellung: Natalie Schäfer, Tel. 06221 9126-733
Marketing: Annette Baumbusch (Ltg.), Tel. 06221 9126-741,
 E-Mail: service@spektrum.com
Einzelverkauf: Anke Walter (Ltg.), Tel. 06221 9126-744
Übersetzer: An diesem Heft wirkten mit: Dr. Markus Fischer,
 Dr. Andrea Kamphuis, Dr. Rainer Kayser, Dr. Ursula Loos, Dr. Andreas
 Nestke, Christian Prager, Michael Springer.
Leser- und Bestellservice: Tel. 06221 9126-743,
 E-Mail: service@spektrum.com

Vertrieb und Abonnementverwaltung: Spektrum der Wissenschaft
 Verlagsgesellschaft mbH, c/o ZENIT Pressevertrieb GmbH,
 Postfach 81 06 80, 70523 Stuttgart, Tel. 0711 7252-192, Fax 0711
 7252-366, E-Mail: spektrum@zenit-presse.de, Vertretungsberechtigter:
 Uwe Bronn
Bezugspreise: Einzelheft € 7,40/Sfr. 14,00; im Abonnement
 € 79,20 für 12 Hefte; für Studenten (gegen Studiennachweis)
 € 66,60. Die Preise beinhalten € 7,20 Versandkosten. Bei Versand
 ins Ausland fallen € 7,20 Portomehrkosten an. Zahlung sofort
 nach Rechnungserhalt. Konto: Postbank Stuttgart 22 706 708 (BLZ
 600 100 70). Die Mitglieder des Verbands Biologie, Biowissenschaften
 und Biomedizin in Deutschland (VBIO) und von Mensa e.V.
 erhalten SdW zum Vorzugspreis.
Anzeigen: iq media marketing gmbh, Verlagsgruppe Handelsblatt
 GmbH; Bereichsleitung Anzeigen: Marianne Dölz; Anzeigenleitung:
 Jürgen Ochs, Tel. 0211 6188-358, Fax 0211 6188-400; verantwort-
 lich für Anzeigen: Ute Wellmann, Postfach 102663, 40017
 Düsseldorf, Tel. 0211 887-2481, Fax 0211 887-2686
Anzeigenvertretung: Berlin: Michael Seidel, Friedrichstraße 150,
 10117 Berlin, Tel. 030 61686-144, Fax 030 61696-145; Hamburg:
 Matthias Meißner, Brandstwiete 1 / 6, 04, 20457 Hamburg,
 Tel. 040 30183-210, Fax 040 30183-283; Düsseldorf: Hans-Joachim
 Beier, Kasernenstraße 67, 40213 Düsseldorf, Tel. 0211 887-2053,
 Fax 0211 887-2099; Frankfurt: Thomas Wolter, Eschersheimer Land-
 straße 50, 60322 Frankfurt am Main, Tel. 069 2424-4507,
 Fax 069 2424-4555; Stuttgart: Andreas Vester, Werastraße 23,
 70182 Stuttgart, Tel. 0711 22475-21, Fax 0711 22475-49;
 München: Jörg Bönsch, Nymphenburger Straße 14, 80335 München,
 Tel. 089 545907-18, Fax 089 545907-24
Druckunterlagen an: iq media marketing gmbh, Vermerk:
 Spektrum der Wissenschaft, Kasernenstraße 67, 40213 Düsseldorf,
 Tel. 0211 887-2387, Fax 0211 887-2686
Anzeigenpreise: Gültig ist die Preisliste Nr. 31 vom 01.01.2010.
Gesamterstellung: L.N. Schaffrath Druckmedien GmbH & Co. KG
 Marktweg 42-50, 47608 Geldern

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei
 der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche
 Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung,
 öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist
 ohne die vorherige schriftliche Einwilligung des Verlags unzulässig.
 Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt den Verlag
 zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer.

Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung
 des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher
 Stelle vorzunehmen: © 2010 (Autor), Spektrum der Wissenschaft
 Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg.

Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden
 Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft
 mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer.
 Wir haben uns bemüht, sämtliche Rechteinhaber von Abbildungen
 zu ermitteln. Sollte dem Verlag gegenüber der Nachweis der
 Rechteinhaberschaft geführt werden, wird das branchenübliche
 Honorar nachträglich gezahlt. Für unaufgefordert eingesandte
 Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung;
 sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

ISSN 0170-2971

SCIENTIFIC AMERICAN

75 Varick Street, New York, NY 10013-1917
 Editor in Chief: Mariette DiChristina, President: Steven Inchoombe,
 Vice President, Operations and Administration: Frances Newburg,
 Vice President, Finance, and Business Development: Michael Florek,
 Managing Director, Consumer Marketing: Christian Dorbandt, Vice
 President and Publisher: Bruce Brandford



Erhältlich im Zeitschriften- und Bahnhofsbuchhandel und beim Pressefachhändler mit diesem Zeichen.



findet sich der Polfilter in Durchlassrichtung beta.

Dann haben wir den Salat: Die Durchlasswahrscheinlichkeit auf Beiteigeuze hängt für gewisse Photonen vom Einstellungswinkel beta auf der Erde ab. Und noch besser: Herr Bell hat bewiesen, dass sich dieses Verhalten nicht mit verborgenen, inhärenten Eigenschaften der Photonen verträgt.

In der obigen Betrachtung kommen Begriffe früher oder später vor, Begriffe, die in der Relativitätstheorie als relativ gedeutet werden (zumindest wenn die Ereignisse im selben Lichtkegel liegen) und daher keine absolute Gültigkeit haben dürften. Beide Theorien sind aber experimentell gut abgesichert. Also das wird noch spannend!

Johann Angsüsser, Perg, Österreich

Korrigendum

Null CO₂-Emission bis 2030?
Dezember 2009

Beim Lesen dieses Artikels fiel mir auf, dass auf S. 86 steht: »1 Dollar entspricht momentan etwa 1,5 Euro.« Dies ist aber leider genau andersherum: 1 Euro entspricht nämlich momentan etwa 1,5 Dollar.

Helge Böttcher, Suurhusen

Emissionshandel

Last Exit Copenhagen
Dezember 2009

Herr Rahmstorf stellt den Emissionshandel als einfache Lösung aller Klimaprobleme dar. Doch wie kann sichergestellt werden, dass mit den von den Industriestaaten zur Verfügung gestellten Geldern tatsächlich in den Schwellen- und Entwicklungsländern »ein klimafreundliches Energiesystem« aufgebaut wird?

Seit Jahrzehnten versickern EU-Milliarden zum Bau von Kläranlagen und Müllverbrennungsanlagen in Südtalien in dunkle Kanäle; mit den Afghanistan-Hilfsgeldern der UN war es ähnlich. Es

Jegliche Information wird in der Digitaltechnik durch Bitfolgen mit Null oder Eins repräsentiert.

gibt wenig Grund anzunehmen, dass die Verwendung der Emissionszertifikats-erlöse in Ländern wie Indien, Pakistan oder dem Kongo besser kontrollierbar wäre. Gut kontrollierbar wären nur direkte Maßnahmen bei uns, die höchstwahrscheinlich aber teurer und/oder entbehrungsreicher wären als die 20 bis 60 Euro »Klimaspende« pro Person und Jahr, die Herr Rahmstorf nennt.

Führt die Möglichkeit, von Entwicklungsländern Emissionszertifikate zu erwerben, nicht dazu, dass hoch entwickelte Länder die eigene harte Umstellung auf den Sankt Nimmerleinstag verschieben?

Ruth Berger, Frankfurt am Main

Briefe an die Redaktion ...

... sind willkommen! Schreiben Sie uns auf www.spektrum.de/leserbriefe oder direkt am Artikel: Klicken Sie bei www.spektrum.de auf das aktuelle Heft oder auf »Magazin«, »Magazinarchiv«, das Heft und dann auf den Artikel. Oder schreiben Sie mit kompletter Adresse an:

Spektrum der Wissenschaft
Redaktion Leserbrief
Postfach 104840
69038 Heidelberg
E-Mail: leserbriefe@spektrum.com

Magnetisch beeinflussbar

Bits auf der Überholspur
November 2009

Der Autor hat wohl etwas ältere Daten der Hard Disk Drives (HDDs) verwendet. 7200 Umdrehungen pro Minute ist die Standardgeschwindigkeit seit ein bis zwei Jahren in normalen Heim-PCs bei 3,5-Zoll-Festplatten. Echte Serverplatten (und dort braucht man sehr viel mehr Tempo) laufen schon seit Längerem mit 15 000 Umdrehungen pro Minute. Diese SCSI- oder SAS-Platten sind noch dazu dauerbetriebsfest, was bei den Heim-PC-Platten ja nicht der Fall ist.

Ein großes Problem der derzeitigen HDDs werden aber die Nanodrahtspeicher nicht lösen können: die magnetische Beeinflussbarkeit. Wer auf eine Notebook-Platte schon mal ein Handy gelegt hat, das dann angerufen wurde, kennt das Problem. Damit hat man ganz schnell mal die Daten unbrauchbar gemacht. Das ist aber bei jeder magnetischen Datenspeicherung so, und im Prinzip ist's ja auch eine, sonst gäbe es etwa keinen Kernspintomografen.

Harald Schmidt, St. Andrä-Wördern

