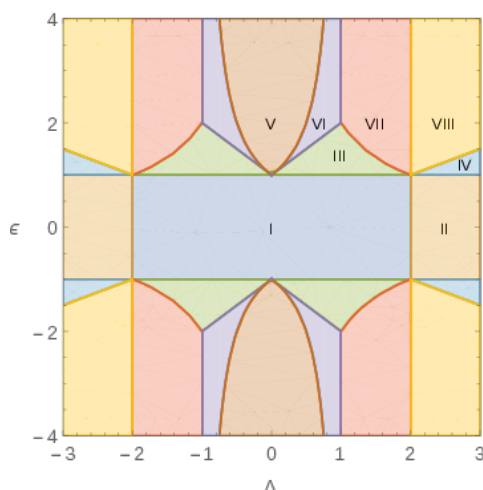


Nichtlokale Korrelationen in natürlichen Systemen

Nichtlokale Korrelationen sind ein Quantenphänomen, das eine noch stärkere Form von Wechselbeziehung darstellt als Quantenverschränkung. Wissenschaftler am Max-Planck-Institut für Quantenoptik, dem Institute of Photonic Sciences (ICFO) in Barcelona, der Universität Innsbruck und dem Center for Theoretical Physics der polnischen Akademie der Wissenschaften haben nun eine neue Methode entwickelt, mit der sie zeigen können, dass niedrige Energiezustände von Systemen aus mit einem Spin charakterisierten Teilchen wie zum Beispiel Elektronen diese nichtlokalen Korrelationen aufweisen können.

Klassische Korrelationen sind Teil unserer Alltagserfahrung. Wenn zum Beispiel jemand ein Paar Socken immer der gleichen Form und Farbe anzieht, kann darüber auch die Form und Farbe des zweiten Sockens bestimmt werden. Zudem können die Form und Farbe eines Sockens gleichzeitig beobachtet werden, und dies verrät auch die Form und Farbe des anderen Sockens. Verschränkte Zustände, die typische Form von Quantenkorrelationen, trotzen diesem Grundprinzip: Wenn die Socken verschränkt wären, könnten wir durch die Beobachtung der Farbe eines Sockens jene des anderen Sockens vorhersagen. Wenn wir aber gleichzeitig auch dessen Form feststellen, würde das die Farbe „stören“ und damit wäre es vollkommen unmöglich, die Farbe des anderen Sockens vorherzusagen. Diese sonderbare „Koordination“ zwischen Teilchen ist als Quantenverschränkung bekannt und ist eines der wesentlichen Merkmale der Quantenwelt.

Einige verschränkte Zustände zeigen eine noch sonderbarere Form von Korrelationen, nämlich nichtlokale Korrelationen. Diese verletzen zwei scheinbar vernünftige Prinzipien: Erstens, dass die Eigenschaften von Objekten (wie Form oder Farbe) unabhängig von unserem Wissen über sie existieren, und zweitens, dass sich Informationen nicht instantan verbreiten können.



Grafik (aus der Originalveröffentlichung): Bereiche, die sich jeweils in ihrem Verhalten von dem klassischen System unterscheiden, für einen XXZ-artigen Hamilton-Operator mit zwei Parametern. (Grafik: Abt. Theorie)

Diese faszinierende Form der nichtlokalen Korrelationen ist in Vielteilchensystemen nur sehr schwer zu charakterisieren. Dafür gibt es mindestens drei Gründe: Erstens ist das Studium der klassischen

Presse- und
Öffentlichkeitsarbeit
Dr. Olivia Meyer-Streng

Tel.: 089 / 32 905-213
E-Mail: olivia.meyer-
streng@mpq.mpg.de

Hans-Kopfermann-Str. 1
D-85748 Garching

Tel.: 089 / 32 905-0
Fax: 089 / 32 905-200

Korrelationen mathematisch sehr komplex; zweitens sind Quantenvielteilchensysteme aufgrund ihres exponentiellen Charakters sehr schwer zu beschreiben; und drittens sind die derzeit verfügbaren experimentellen Techniken eher begrenzt, was die Möglichkeit von Messungen im Labor sehr einschränkt. Um die Rolle von nichtlokalen Korrelationen in Quantenvielteilchensystemen zu erforschen, müssen diese drei Probleme gleichzeitig in Angriff genommen werden.

In einer nun in der Fachzeitschrift *Physical Review X* 7, 021005 (10. April 2017) veröffentlichten Arbeit hat ein internationales Team von Wissenschaftlern in München, Barcelona, Innsbruck und Warschau einen neuen, einfachen Test auf die Existenz nichtlokaler Korrelationen in Quantenvielteilchensystemen präsentiert. Die Methode ermöglicht den Forschern zu ermitteln, ob nichtlokale Korrelationen in natürlichen Systemen auftreten. Genauer gesagt, untersuchten sie dazu die Grundzustände von Systemen aus Teilchen mit Spin-Freiheitsgraden, wie etwa Elektronen, in einer räumlichen Dimension. Durch Kombination von numerischen und analytischen Ergebnissen fanden sie heraus, dass einige dieser Systeme, die von Physikern seit mehreren Jahrzehnten erforscht werden, einen Zustand minimaler Energie (im Idealfall der Grundzustand) haben, der nichtlokale Korrelationen aufweisen kann. „Diese Forschung wirft neues Licht auf ein faszinierendes Problem in der Physik und wird hoffentlich die weitere Entwicklung unseres Verständnisses von Nichtlokalität in Quantenvielteilchensystemen anspornen“, sagen Jordi Tura vom Max-Planck-Institut für Quantenoptik und Gemma De las Cuevas vom Institut für Theoretische Physik der Universität Innsbruck.

Originalveröffentlichung:

J. Tura, G. De las Cuevas, R. Augusiak, M. Lewenstein, A. Acín, and J. I. Cirac

Energy as a detector of nonlocality of many-body spin systems

PhysRev X 7, 021005 – Published 10 April 2017

Kontakt:

Dr. Jordi Tura i Brugués

Max-Planck-Institut für Quantenoptik
85748 Garching b. München
Telefon: +49 (0)89 / 32 905 - 346
E-Mail: jordi.tura@mpq.mpg.de

Dr. Gemma De Las Cuevas

Institut für Theoretische Physik
Universität Innsbruck
Telefon: +43 512 507 52247
E-Mail: Gemma.DelasCuevas@uibk.ac.at

Prof. Dr. J. Ignacio Cirac

Honorarprofessor TU München und
Direktor am Max-Planck-Institut für Quantenoptik
Hans-Kopfermann-Straße 1
85748 Garching b. München
Telefon: +49 (0)89 / 32 905 - 705
E-Mail: ignacio.cirac@mpq.mpg.de

Dr. Olivia Meyer-Streng

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Max-Planck-Institut für Quantenoptik
Telefon: +49 (0)89 / 32 905 - 213
E-Mail: olivia.meyer-streng@mpq.mpg.de