



Molekül für Molekül zum Quantenfilm

"Seeing is believing": Veröffentlichung in "Nature Nanotechnology"

Die quantenphysikalischen Welleneigenschaften massiver Teilchen faszinieren PhysikerInnen seit mehr als 80 Jahren, da sie im Widerspruch zu unseren Alltagserfahrungen von Realität und Lokalität stehen. Einem internationalen Forschungsteam ist es nun gelungen einen Film zu drehen, der zeigt, wie aus dem zufälligen Auftreffen einzelner Moleküle ein quantenmechanisches Interferenzmuster entsteht, das so groß ist, dass man es mit einer Kamera leicht sehen kann. Die Dualität von Teilchen und Welle, Zufall und Vorherbestimmtheit, Lokalität und Delokalisierung werden so visuell und intuitiv sichtbar. "Seeing is believing": Der Film von Thomas Juffmann et al. wird am 25. März 2012 von "Nature Nanotechnology" online vorab veröffentlicht.

Eine Quantenpremiere mit Farbstoffmolekülen als Hauptdarsteller

Der Nobelpreisträger Richard Feynman behauptete einst, dass die durch Materiewellen verursachten Interferenzeffekte das einzige Rätsel der Quantenphysik beinhalteten. Materiewellen besser zu verstehen und für neuartige Anwendungen einzusetzen, steht auch im Zentrum der Forschung des Quantennanophysik-Teams um Markus Arndt, Professor für Quantennanophysik an der Universität Wien und am Vienna Center for Quantum Science and Technology (VCQ).

Zur Entstehung des Quantenfilms

Erstmals zeigen die WissenschaftlerInnen nun in einem Film, wie bis zu 100 Mikrometer (Zehntel Millimeter) große quantenmechanische Beugungsstrukturen wohlgeordnet aus zufällig eintreffenden einzelnen Phthalocyanin-Molekülen entstehen, nachdem diese hochfluoreszierenden Teilchen ein hauchdünnes nanomechanisches Gitter durchflogen haben. Sobald die Moleküle auf dem Detektor auftreffen, werden sie mittels eines hochauflösenden Fluoreszenzmikroskops in Echtzeit abgebildet. Die Empfindlichkeit des Versuchsaufbaus ist dabei so sensibel, dass jedes der Moleküle einzeln als leuchtender Punkt für die Kamera sichtbar gemacht werden kann. Dabei kann die Position jedes Moleküls mit einer Genauigkeit von rund zehn Nanometern vermessen werden. Das ist weniger als ein Tausendstel des Durchmessers eines menschlichen Haares und immer noch ein Sechzigstel der Wellenlänge des abbildenden Lichtes.

Ein Hauch von Nichts

Im Experiment stellen insbesondere "van der Waals-Kräfte" zwischen den Molekülen und dem Gitter eine Herausforderung dar. Sie treten aufgrund von Quantenfluktuationen des Vakuums zwischen Molekül und Gitterwand auf und beeinflussen die beobachteten Interferenzmuster stark. Um diese Wechselwirkung zu verringern, wurden nun nur zehn Nanometer dünne Gitter verwendet, was nur noch rund 50 Lagen von Siliziumnitrid entspricht. Die Gitterspalte wurde dafür von den Nanotechnologen um Ori Cheshnovski, Professor an der Universität Tel Aviv, mittels eines fokussierten Ionenstrahls in die ultradünne Siliziumnitrid-Membran geschnitten.

Maßgeschneiderte Nanopartikel

Bereits in der vorliegenden Studie konnten die Experimente auf schwerere Derivate von Phthalocyanin ausgeweitet werden, die von der Gruppe um Marcel Mayor, Professor an der Universität Basel, für die Experimente maßgeschneidert synthetisiert wurden. Sie sind die bislang massivsten Moleküle, für die die quantenmechanische Fernfeldbeugung untersucht wurde.

Motivation und Fortsetzung

Die neu entwickelten und neu kombinierten Mikro- und Nanotechnologien für die Erzeugung, Beugung und Detektion von Molekularstrahlen sind relevant für die Ausdehnung von Quanteninterferenz-Experimenten zu immer komplexeren Objekten, sind aber teils auch generalisierbar für die Atominterferometrie.

Die Experimente haben vor allem eine didaktische Komponente: Sie machen den Einzelteilchencharakter eines komplexen Quantenbeugungsmusters auf makroskopischer Skala für das Auge sichtbar. Man kann sie in Echtzeit entstehen sehen, aber auch nach Stunden noch anschauen. Das Experiment macht den Welle-Teilchen-Dualismus der Quantenphysik somit auf eine besondere Art greifbar.

Die Experimente haben aber auch praktische Aspekte: Sie ermöglichen die Vermessung molekularer Eigenschaften in der Nähe nanomechanischer Strukturen und zeigen den Weg zu Experimenten, bei denen einzelne Moleküle nur noch an wenigen Atomen gebeugt werden können.

Der Film wird ab Montag, 26. März 2012, auf der Webseite www.quantumnano.at zur Ansicht bereitstehen.

Dieses Projekt wurde vom FWF Projekt Z149-N16 (Wittgenstein), ESF/FWF/SNF MIME (I146) und dem Schweizer Nationalfonds im NCCR "Nanoscale Science" unterstützt.

Publikation in "Nature Nanotechnology"

Real-time single-molecule imaging of quantum interference: Thomas Juffmann, Adriana Milic, Michael Müllneritsch, Peter Asenbaum, Alexander Tsukernik, Jens Tüxen, Marcel Mayor, Ori Cheshnovsky and Markus Arndt. Nature Nanotechnology (2012).

DOI: 10.1038/NNANO.2012.34

Wissenschaftliche Kontakte

Univ.-Prof. Dr. Markus Arndt
Quantennanophysik
Universität Wien
1090 Wien, Boltzmanngasse 5
T +43-1-4277-512 10
markus.arndt@univie.ac.at
www.quantumnano.at

DI Thomas Juffmann
Quantennanophysik
Universität Wien
1090 Wien, Boltzmanngasse 5
T +43-1-4277-512 11
Thomas.juffmann@univie.ac.at
www.quantumnano.at

Rückfragehinweis

Mag. Alexandra Frey
Öffentlichkeitsarbeit
Universität Wien
T +43-1-4277-175 33
M +43-664-602 77-175 33
alexandra.frey@univie.ac.at