

Presseinformation der Fakultät für Physik (Universität Wien), Quantenoptik, Quantennanophysik, Quanteninformation.

In **Nature Physics** erscheint der neue Artikel:

A Kapitza-Dirac-Talbot-Lau interferometer for highly polarizable molecules

als Advance Online Publication

Bitte beachten Sie die Sperrfrist: Sonntag, 19. August 2007, 19.00 Uhr MEZ

Autoren: Stefan Gerlich¹, Lucia Hackermüller¹, Klaus Hornberger², Alexander Stibor¹, Hendrik Ulbricht¹, Michael Gring¹, Fabienne Goldfarb¹, Tim Savas³, Marcel Müri⁴, Marcel Mayor⁴ and Markus Arndt¹.

¹Faculty of Physics, University of Vienna, Boltzmanngasse 5, A-1090 Wien, Austria

in collaboration with

²Theoretical Physics, Ludwig-Maximilians-Universität München, Theresienstrasse 37, 80333 München, Germany

³Nanostructures Lab, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA 02139-4307, USA

⁴University of Basel, Department of Chemistry, St Johannisring 19, CH-4056 Basel, Switzerland

*Der Artikel beschreibt die Realisierung eines **Interferometers für Materiewellen**. Das neue experimentelle Design erlaubt die Untersuchung des Welle-Teilchen Dualismus an Objekten in einem bisher unerreichten Massen- und Komplexitätsbereich. Und schon jetzt konnte ein neuer Rekord erzielt werden: Es gelang zu zeigen, dass auch große Azobenzolderivate den Regeln der Quantenphysik auf ihrem Weg durch das Experiment sehr gut folgen. Die verwendeten Moleküle sind um bis zu **viermal länger** als z.B. das Fulleren C₇₀, welches schon in früheren Experimenten der Wiener Gruppe einen Meilenstein setzte. **Damit sind die neuen Teilchen derzeit die ausgedehntesten Molekülketten weltweit, mit denen bislang Materiewelleninterferometrie geglückt ist.***

Die Quantentheorie bildet seit Anbeginn des 20. Jahrhunderts einen Eckpfeiler der modernen Physik und ist die wohl die genaueste naturwissenschaftliche Theorie, die die Menschheit bisher entworfen hat. Dennoch: Für viele Menschen ist die Quantenphysik rätselhaft, zumal zahlreiche ihrer Aussagen im völligen Widerspruch zu unserer intuitiven Sicht der Welt stehen.

Ein zentrales Element der Quantenphysik ist das Superpositionsprinzip. Es besagt hier, dass Materie unter bestimmten experimentellen Bedingungen wie eine Welle *delokalisiert* sein kann. So kann der Schwerpunkt eines einzelnen Moleküls im Allgemeinen nicht als wohldefinierter Punkt beschrieben werden. Stattdessen sind Experimente realisierbar, in denen sich die Aufenthaltswahrscheinlichkeit dieses Schwerpunkts simultan über mehr als das Tausendfache des Moleküldurchmessers *delokalisiert*. Die Fortbewegung des Moleküls muss dann durch eine räumlich sehr weit ausgedehnte Wellenfunktion beschrieben werden. Dass dies wirklich so ist, erkennt und beweist man mit Hilfe der Interferenz, der Auslöschung und Verstärkung der quantenmechanischen Wellenberge und Wellentäler, wenn die Welle auf ein periodisch moduliertes Hindernis trifft, also durch viele Löcher eines Gitters zugleich fliegt.

Derartiges Verhalten ist in unserer Makrowelt nicht offensichtlich: Für die Bewegung eines Menschen wäre es sogar falsch anzunehmen, dass er gleichzeitig durch zwei oder mehr

Türen gehen könne, die 1000 m voneinander entfernt sind. Doch wo liegt der Unterschied zwischen groß und klein?

Dieser Frage folgt auch das Wiener Forscherteam um Markus Arndt: Wie groß, massiv, komplex darf ein Objekt sein, damit es noch den Regeln der Quantenphysik gehorcht?

Die Natur macht es den Forschern dabei nicht leicht, denn die Wellenlänge eines massebehafteten Objekts ist umso kleiner je größer seine Masse ist. Im Falle der hier untersuchten Moleküle beträgt sie nur wenige Milliardstel eines Millimeters und ist rund tausend Mal kleiner als die Moleküle selber.

Zur Manipulation so kleiner Quantenwellen benötigt man auch Gitterstrukturen. Diese wurden von Tim Savas am Massachusetts Institute of Technology, Cambridge USA, für dieses Experiment hergestellt. Die Abstände der Gitterstäbe sind dabei so präzise gefertigt, dass sie im Mittel um nicht mehr als den Durchmesser eines Wasserstoffatoms voneinander abweichen.

Massive Moleküle haben eine große Tendenz, zusammen zu kleben. Das liegt unter anderem an ihrer Polarisierbarkeit. Um dennoch intensive Molekularstrahlen erzeugen zu können, wurden in der Gruppe des Chemikers Marcel Mayor an der Universität Basel neue Moleküle speziell synthetisiert, die sehr lang und trotzdem gut flüchtig sind.

Die quantitative Vorhersage der zu erwartenden Quanteneffekte ist von großer Bedeutung für die Glaubwürdigkeit der experimentellen Resultate. Hier gab es eine fruchtbare Zusammenarbeit mit dem theoretischen Physiker Klaus Hornberger von der LMU München.

Die Herausforderung auf der Seite der experimentellen Quantenphysik bestand vor allem darin, dass große Moleküle eine große Neigung haben, mit ihrer materiellen Umgebung in Wechselwirkung zu treten – was den Nachweis der Quanteneigenschaften sehr erschwert.

Mit einem eigens an der Universität Wien entwickelten, neuartigen Interferometer haben die Wiener Physiker um Markus Arndt nun aber erstmals einen Weg gezeigt, den Einfluss dieser Wechselwirkungen auszuschalten:

Stefan Gerlich, Lucia Hackermüller und Kolleg(INN)en bauten das Experiment um eine „helle Idee“ herum: das zentrale Beugungsgitter besteht im neuen Interferometer nur mehr aus reinem Licht – und vermeidet so die störenden Wechselwirkungen mit materiellen Wänden.

Dass das neue Interferometerkonzept auch tatsächlich den Zugang zu neuen Molekülklassen erlaubt, konnten die Physiker nun mit den perfluoralkyl-funktionalisierten Azobenzolen experimentell nachweisen: Bei diesen Teilchen handelt es sich um die längste Molekülkette, an der je Quanteninterferenz nachgewiesen werden konnte. Und diese Moleküle liegen erst am unteren Ende der Leistungsfähigkeit des neuen Apparates!

Rückfragehinweis: Molekulare Quantenoptik in Wien:

Prof. Markus Arndt : markus.arndt@univie.ac.at, Tel. : +43 1 4277 51210

Mag. Stefan Gerlich : stefan.gerlich@univie.ac.at, Tel. : +43 1 4277 51211

Group website : www.quantum.at

Links zu den wissenschaftlichen Partneruniversitäten:

Dr. Klaus Hornberger :<http://www.theorie.physik.uni-muenchen.de/~klaus/>

Prof. Marcel Mayor :<http://www.chemie.unibas.ch/~mayor/index.html>

Dr. Tim Savas :http://www.rle.mit.edu/contact/contact_maps.html

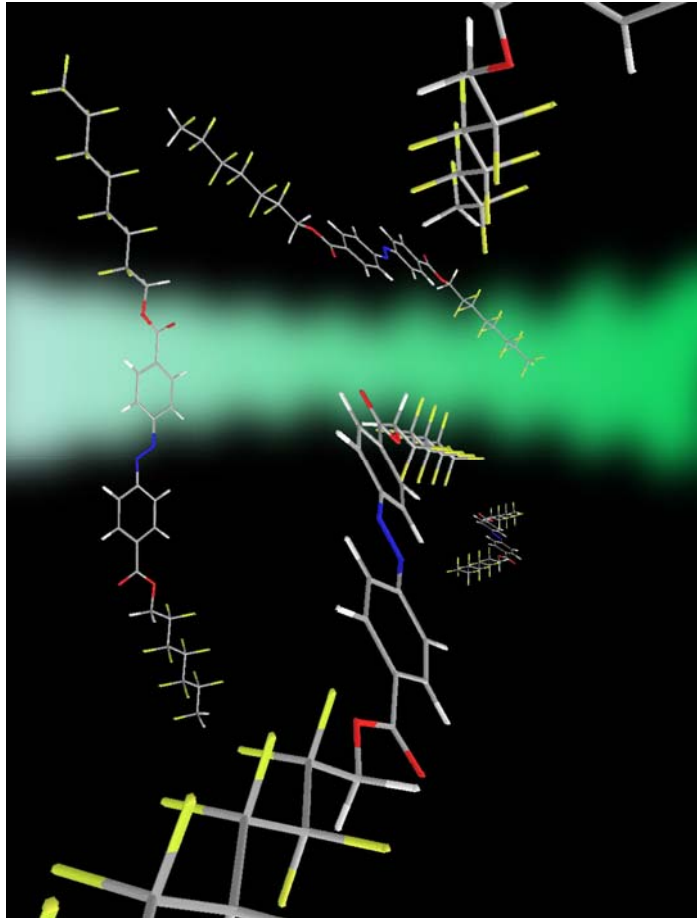


Abb.1: Molekülkette des Azobenzolderivats

Copyright: Quantenoptik, Quantennanophysik, Quanteninformation (Fak. f. Physik der Universität Wien)

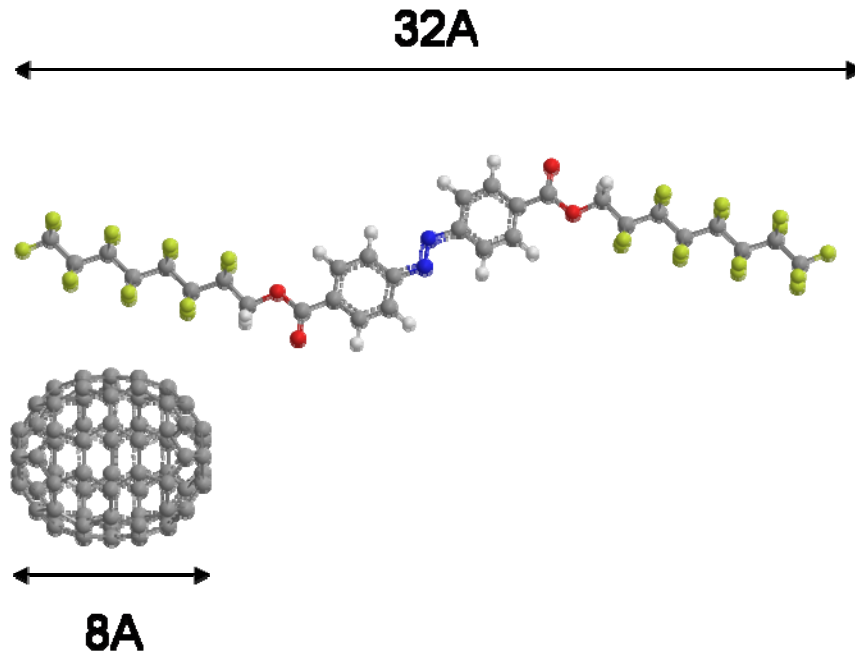


Abb.2: Vergleich zwischen einem Fulleren (kugelförmiges Modell) und der Molekülkette des Azobenzolderivats
Copyright: Quantenoptik, Quantennanophysik, Quanteninformation (Fak. f. Physik der Universität Wien)