

Garching, 6. November 2013

Presse-Information

Bestimmung der Quantengeometrie eines Kristalls

LMU/MPQ-Physiker messen erstmals geometrische Eigenschaften von Energiebändern in Lichtkristallen.

Presse- und
Öffentlichkeitsarbeit
Dr. Olivia Meyer-Streng

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

Geometrische Phasen treten in der Natur in vielfältigen Formen auf. Ein besonders anschauliches Beispiel ist das Foucault'sche Pendel - eine an einem langen Seil befestigte, frei schwingende Kugel. Wegen der Erdrotation dreht sich ihre Schwingungsebene relativ zur Erde jeden Tag um einen kleinen „geometrischen“ Winkel. Dieser ist durch die sphärische Form der Erde gegeben und hängt daher von der geographischen Breite ab. Ein ähnlicher Effekt wurde in der Quantenmechanik 1984 vom englischen Physiker Sir Michael Berry entdeckt - eine geometrische Phase, die heute als „Berry-Phase“ bekannt ist. Diese quantenmechanischen Phasen können einen großen Einfluss auf Materialeigenschaften haben und sind für eine Reihe von Phänomenen verantwortlich. Einige Beispiele dafür sind die dielektrische Polarisierung oder der Quanten-Hall-Effekt, wobei letzterer heutzutage benutzt wird um den Standardwiderstand festzulegen. Nun gelang es einem Team von Wissenschaftlern um Prof. Immanuel Bloch (Ludwig-Maximilians-Universität München und Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching) in enger Zusammenarbeit mit theoretischen Physikern der Harvard Universität um Prof. Eugene Demler zum ersten Mal eine solche Phase in einem eindimensionalen festkörperähnlichen System zu messen. Diese Phase wird hier als „Zak-Phase“ bezeichnet, benannt nach dem israelischen Physiker Joshua Zak (*Nature Physics*, [AOP DOI:10.1038/nphys2790](https://doi.org/10.1038/nphys2790)).

Zwei Objekte haben eine unterschiedliche topologische Struktur, wenn es keine Möglichkeit gibt sie ineinander überzuführen, ohne sie zu zerschneiden oder Löcher zu stanzen. In diesem Sinne sind beispielsweise eine Kaffeetasse mit einem Loch im Henkel und ein Bagel mit einem Loch in der Mitte topologisch äquivalent - ein Bagel und ein Fußball dagegen nicht. Die verschiedenen topologischen Strukturen können durch geometrische Phasen charakterisiert werden, die von der jeweiligen Form des Objektes abhängen.

Was jedoch hat eine solche Phase mit den Eigenschaften eines Materials zu tun? „In Festkörpern ordnen sich Ionen zu einer periodischen Struktur an und die Elektronen spüren deren elektromagnetische Kraft. Das führt dazu, dass die Elektronen im Material nur bestimmte erlaubte Energien annehmen können, sogenannte Energiebänder – diese spielen die Rolle der Objekte in den oben genannten Beispielen“, erklärt Marcos Atala, ein Wissenschaftler im Team von Prof. Bloch.

1989 erkannte der israelische Physiker Joshua Zak die Bedeutung von geometrischen Phasen im Bändermodell von eindimensionalen Festkörpern: wenn sich ein Teilchen entlang einer geschlossenen Bahn im Energieband bewegt, sammelt es eine geometrische Phase auf, welche erstaunliche

Hans-Kopfermann-Str. 1
D-85748 Garching

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

hinaus Methoden, die es erlauben dieses Protokoll auf höher-dimensionale und wechselwirkende Vielteilchensysteme auszuweiten. „Unser neues Messverfahren etabliert einen allgemeinen neuen Ansatz, die topologischen Strukturen von Energiebändern in Festkörpern zu untersuchen“, erläutert Immanuel Bloch.

Diese neuen Messverfahren könnten zur Entdeckung und Charakterisierung neuer topologischer Phasen in Quantenmaterialien mit einzigartigen Eigenschaften führen, die eventuell in Zukunft für praktische Anwendungen von Nutzen sein könnten.

Original Veröffentlichung

Marcos Atala, Monika Aidelsburger, Julio T. Barreiro, Dmitry Abanin, Takuya Kitagawa, Eugene Demler and Immanuel Bloch

Direct measurement of the Zak phase in topological Bloch bands

Nature Physics, **AOP DOI:10.1038/nphys2790**

Kontakt:

Prof. Dr. Immanuel Bloch
Lehrstuhl für Quantenoptik, LMU München
Schellingstr. 4, 80799 München, und
Max-Planck-Institut für Quantenoptik
Hans-Kopfermann-Straße 1
85748 Garching b. München
Telefon: +49 (0) 89 / 32 905 -138
E-Mail: immanuel.bloch@mpq.mpg.de

Prof. Dr. Eugene Demler
Lyman Laboratory, Department of Physics,
Harvard University, 17 Oxford St.,
Cambridge, MA 02138
Telefon: (617) 496-1045
E-Mail: demler@physics.harvard.edu

Dipl. Phys. Marcos Atala
LMU München
Telefon: +49 89 2180 6133
E-Mail: marcos.atala@physik.uni-muenchen.de

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