



LUDWIG-
MAXIMILIANS-
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

KOMMUNIKATION UND PRESSE



F-03-08 • 3 Seiten

17.01.2008

Kommunikation und Presse

Luise Dirscherl (Leitung)

Telefon +49 (0)89 2180 - 2706
Telefax +49 (0)89 2180 - 3656
dirscherl@lmu.de

Infoservice:
+49 (0)89 2180 - 3423

Geschwister-Scholl-Platz 1
80539 München
presse@lmu.de
www.lmu.de

PRESSEINFORMATION

Achtung Korrektur!

FORSCHUNG

Fingerabdrücke bei Licht besehen – Ein neuer Effekt in der Quantenmechanik

München, 17. Januar 2008 — Wenn ein Atom Energie freisetzt durch Lichtemissionen, zeigt sich das so genannte optische Spektrum. Dabei werden einzelne „Portionen“ abgegeben, die Lichtquanten, und das optische Spektrum besteht aus einzelnen farbigen Spektrallinien. In manchen Systemen aber wird die Energie kontinuierlich abgegeben. Das optische Spektrum gleicht dann einem breiten und gleichmäßigen Farbband. Sind sowohl Quantenzustände als auch kontinuierliche Zustände gleichzeitig vorhanden, zeigen sich spezifisch geformte Spektrallinien. Dieser Fano-Effekt hängt aber auch von der Intensität des Lichts ab, das die Anregungsenergie von außen liefert. Das zeigt jetzt ein internationales Forscherteam in der aktuellen Ausgabe der Fachzeitschrift „Nature“. Leiter des Projekts waren Professor Sasha Govorov von der Ohio University, USA, und Professor Khaled Karrai, Mitglied des „Center for NanoScience (CeNS)“ der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München und bis Anfang 2007 Principal Investigator im Exzellenzcluster „Nanosystems Initiative Munich (NIM)“, jetzt Vorstand (CTO) der HighTech-Firma attocube systems AG in München. Der neu entdeckte nichtlineare Fano-Effekt zeigt bei niedriger Intensität des Lichts normale atomare Spektrallinien. Bei steigender Intensität gehen sie über in das typische Fano-Spektrum, das bis jetzt aber fast nicht nachgewiesen werden konnte. Als wertvolles experimentelles und theoretisches Werkzeug soll der nicht-lineare Fano-Effekt nun in der Erforschung bislang kaum zugänglicher Bereiche der Quantenoptik und auch in der Entwicklung neuer Quantenwerkzeuge eingesetzt werden. Die Arbeiten wurden am Lehrstuhl für Festkörperphysik von Professor Jörg Peter Kotthaus durchgeführt.

Spektrallinien werden manchmal als die Fingerabdrücke der Atome bezeichnet. Denn es sind jeweils charakteristische Linien, die ein optisches Spektrum ausmachen. Sie entstehen, wenn ein Atom Energie abgibt. Das kann spontan geschehen oder wenn Energie abgegeben wird, die das Atom zuvor von außen angeregt hat. Elektronen, die negativ

Kommunikation und Presse

Telefon +49 (0)89 2180 - 2706
Telefax +49 (0)89 2180 - 3656
dirschler@lmu.de

Infoservice:
+49 (0)89 2180 - 3423

geladenen atomaren Bestandteile, wandeln Energie in Licht um und umgekehrt, indem sie sich zwischen verschiedenen Energieniveaus bewegen. Das erfolgt in „Sprüngen“, so dass die Energie in Lichtquanten abgegeben – oder auch aufgenommen – wird, also in kleinster, aber definierter Menge. Bei bestimmten anderen System aber wird die Energie kontinuierlich abgegeben, und das optische Spektrum ist ein durchgängiges Farbband. „Ein breites Farbspektrum zeigt also an, dass den Elektronen ein Kontinuum an Energie zur Verfügung steht“, sagt Karrai. „In unseren Experimenten haben wir uns aber mit Systemen beschäftigt, in denen quantisierte und kontinuierliche Zustände koexistieren, also gleichzeitig vorkommen.“

Fraglich war, wie ein Elektron Energie aufnimmt, um diese gleichzeitig vorliegenden Zustände zu erreichen, ob in „Quantensprüngen“ oder kontinuierlich. Wie so oft bei der intuitiv kaum zugänglichen Quantenmechanik war die Antwort darauf mehr als die Summe beider Effekte: Das Elektron wählte nicht etwa einen der Wege, sondern beide. „Dies aber führt zu quantenmechanischen Interferenzen mit einem unverkennbaren Fingerabdruck im optischen Spektrum“, berichtet Karrai. „Das sind die Fano-Spektrallinien. Deren Analyse zeigt, wie die beiden Zustände in dem System kombiniert sind. Dieser schon seit mehr als 40 Jahren bekannte Fano-Effekt spielt mittlerweile in ganz unterschiedlichen Bereichen eine wichtige Rolle, etwa der Spektroskopie, der Atomphysik, der Festkörperphysik und auch der Nanophysik.“

In der jetzt vorliegenden Arbeit konnte aber gezeigt werden, dass das Fano-Spektrum stark von der Intensität des Lichts abhängt, das die Anregungsenergie für die Elektronen liefert. „Dieser Effekt ist ziemlich spektakulär“, so Karrai. „Wir haben ihn den nichtlinearen Fano-Effekt genannt.“ Bei dem experimentell genutzten System handelte es sich um so genannte Halbleiter-Quantenpunkte. Bei niedriger Lichtleistung aus einem Laser zeigten sie die für Atome typischen Spektrallinien. Mit ansteigender Laserstärke aber wurde der Fano-Effekt immer stärker. „Unser Experiment hat ein Kontinuum gezeigt, das bis jetzt zu schwach war, um nachgewiesen zu werden. Der nichtlineare Fano-Effekt dient hier also als eine Art Verstärker. Das aber macht ihn zu einem wichtigen Werkzeug für Theorie und Experiment, vor allem bei der Spektroskopie der Halbleiter-Quantenpunkte.“

Ganz allgemein können nun alte Experimente an Atomen mit Hilfe moderner Instrumente untersucht werden. Der Fano-Effekt ist sehr wichtig, um den Elektronentransport und optische Spektren in Halbleitern zu interpretieren. Laser und andere Lichtquellen sind jetzt aber erstmals stark genug, um auch die nichtlinearen Fano-Effekte zeigen zu können. Damit aber ist der Weg frei, um an den Grenzen der Quantenoptik noch ein Stück weiter zu forschen. Daneben kann das Phänomen auch bei der Entwicklung von Quantensystemen mit zwei Zuständen (Qubit) genutzt werden, die etwa Grundlage für Quantencomputer sind. Die Kombination von quantisierten Ebenen und eines Kontinuums verringerte bislang die Einsatzfähigkeit eines solchen Werkzeugs. Der nichtlineare Fano-Effekt

bietet jetzt aber ein bislang einmaliges, präzises und sensitives Analyseinstrument, um die Quellen der kontinuierlichen Spektren, die sich negativ auf die Quantenwerkzeuge auswirken, zu entdecken.

Publikation:

„The nonlinear Fano effect“, M. Kroner, A.O. Govorov, S. Remi, B. Biedermann, S. Seidl, A. Badolato, P.M. Petroff, W. Zhang, R. Barbour, B.D. Gerardot, R.J. Warburton & K. Karrai
Nature, 17. Januar 2008

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Khaled Karrai
Center for NanoScience
E-Mail: info@cens.de

Martin Kroner
Fakultät für Physik und Center for NanoScience
LMU München. Tel. 089-2180 3586
E-mail: Martin.Kroner@physik.uni-muenchen.de

Kommunikation und Presse

Telefon +49 (0)89 2180 - 2706
Telefax +49 (0)89 2180 - 3656
dirschler@lmu.de

Infoservice:
+49 (0)89 2180 - 3423