

Universität Hamburg, Jungiusstr. 11, 20355 Hamburg

Universität Hamburg
Jungiusstr. 9A-11A
20355 Hamburg

Heiko Fuchs
Öffentlichkeitsarbeit

Tel.: (0 40) 428 38 – 69 59

Fax: (0 40) 428 38 – 24 09

hfuchs@physnet.uni-hamburg.de

Pressemitteilung

Hamburg, 07.09.2015

Realisierung des Grundbausteins eines Hundschen Metalls

Wie in einer aktuellen Ausgabe der Zeitschrift *Nature Nanotechnology* berichtet wird, hat ein Team von Experimentalphysikern und Theoretikern der Universität Hamburg in Zusammenarbeit mit der Universität Bremen, der Radboud Universität in Nijmegen und dem physikalischen Institut der Tschechischen Akademie der Wissenschaften den Grundbaustein der Elektronenphase eines sogenannten Hundschen Metalls realisiert und detailliert untersucht. Diese Elektronenphase dominiert beispielsweise das Verhalten einiger Hochtemperatur-Supraleiter.

Die elektronischen Eigenschaften von Festkörpermaterialeen beruhen auf den Eigenschaften der Elektronen, die in den Bestandteilen dieser Materialien - den Atomen - gebunden sind. Der deutsche Physiker Friedrich Hund (1896 - 1997) stellte bereits vor fast neunzig Jahren fest, dass die Besetzung der Atomorbitale mit Elektronen (siehe Abbildung), die durch deren gegenseitige Abstoßung dominiert ist, auch zu einer bemerkenswerten Ordnung des sogenannten *Spins* dieser Elektronen führt. Einfach ausgedrückt ist der Spin des Elektrons die Drehrichtung seiner Kreisbewegung um die eigene Achse, und alle Elektronen in dem Atom tendieren dazu, mit demselben Drehsinn zu rotieren. Diese Faustregel wird auch *Hundsche Regel* genannt.

Da der elektrische Strom in elektronischen Bauteilen eben genau aus den von einem zum anderen Atom hüpfenden Elektronen besteht, könnte die Gleichrichtung der Kreisbewegung der Elektronen einen beträchtlichen Einfluss auf die elektronischen Eigenschaften des Bauteils haben. Metallische Materialien, in denen die Elektronenbewegung tatsächlich durch die Hundsche Regel dominiert wird, werden *Hundsche Metalle* genannt. Theoretiker haben kürzlich herausgefunden, dass sich die Elektronen in einer in den letzten Jahren intensiv studierten Materialklasse der *Hochtemperatur-Supraleiter* in der Tat wie in einem Hundschen Metall verhalten. In diesen Materialien hüpfen die Elektronen ohne Widerstand von Atom zu Atom und können daher ohne Energieverlust durch das Material fließen. Bisher überlebt dieser sogenannte Suprastrom nur bei sehr tiefen Temperaturen, und die entsprechenden Bauteile müssten daher auf Temperaturen wie sie sonst nur im Weltall existieren heruntergekühlt werden. Wissenschaftler suchen daher verzweifelt nach neuen Materialien, in denen der Suprastrom hoffentlich bei normalen Umgebungsbedingungen überlebt. Die Entdeckung solch eines Materials würde einige der drängendsten Probleme unseres Zeitalters der Informationstechnologie lösen. Allerdings müssen für eine zielgerichtete Suche nach solchen Materialien die Grundbausteine der Hundschen Metalle erst einmal genauer verstanden werden.

Einem Team von Experimentalphysikern und Theoretikern der Universität Hamburg in Zusammenarbeit mit der Universität Bremen, der Radboud Universität in Nijmegen und dem physikalischen Institut der Tschechischen Akademie der Wissenschaften ist es nun gelungen, den kleinsten Bestandteil eines Hundischen Metalls, eine sogenannte *Hundsche Störstelle*, gezielt herzustellen. Die erzeugte Hundsche Störstelle besteht aus einem Eisen-Wasserstoff-Molekül, welches auf die Oberfläche eines Platinkristalls aufgebracht wurde (siehe Abbildung). Die Forscher waren sogar in der Lage, den Wasserstoff von solch einer Hundschen Störstelle abzuspalten, indem sie die Spitze eines Rastertunnelmikroskops als Werkzeug benutzten. Dabei stellte das Team fest, dass der Wasserstoff in der Hundschen Störstelle einen sehr starken Einfluss auf deren elektronische Eigenschaften hat, der durch Vergleich der experimentellen Daten mit fortgeschrittenen Computersimulationen eingehend studiert wurde. In einem nächsten Schritt wollen die Forscher viele solcher Hundschen Störstellen koppeln, indem sie viele Eisen-Wasserstoff-Moleküle mit Hilfe der Spitze des Rastertunnelmikroskops zusammenfügen. Wenn dies klappt, könnten sie ein Hundisches Metall Atom für Atom aufbauen. Eine genaue Untersuchung der Eigenschaften dieses Modellsystems wird wichtige Einsichten für die zielgerichtete Suche nach neuen Hochtemperatur-Supraleitern gestatten.

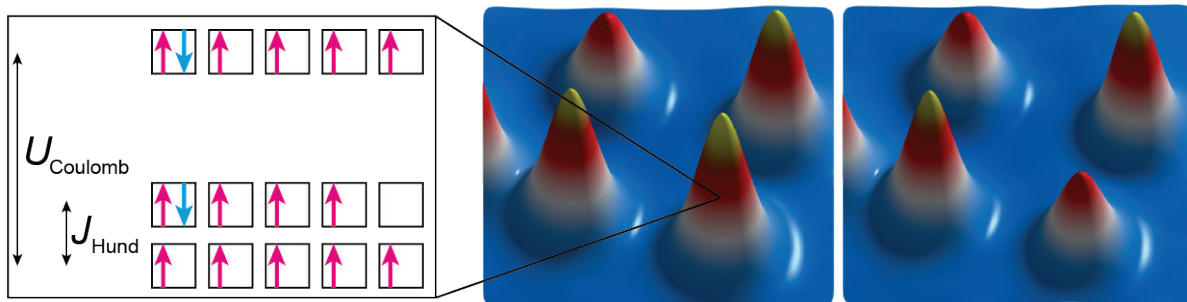


Abbildung:

Linke Seite: Besetzung von fünf Atomorbitalen (Boxen) mit fünf oder sechs Elektronen, deren Spin nach oben (magenta-farbene Pfeile) oder nach unten (cyan-farbene Pfeile) zeigen kann, gemäß der Hund'schen Regel. Für die Besetzung eines Orbitals mit dem sechsten Elektron ist aufgrund der gegenseitigen elektrostatischen Abstoßung der Elektronen eine Energie von $U_{Coulomb}$ erforderlich. Wenn eines der Elektronen seinen Spin ändert, ist eine Energie von J_{Hund} erforderlich.

Mitte: Rastertunnelmikroskopische Abbildung eines Eisenatoms (Kegel mit roter Spitze) und dreier Eisen-Wasserstoff-Moleküle (Kegel mit gelben Spitzen) auf der Oberfläche von Platin.

Rechte Seite: Der Wasserstoff des rechts unten liegenden Eisen-Wasserstoff-Moleküls wurde mit Hilfe der Spitze des Rastertunnelmikroskops entfernt.

Originale Veröffentlichung:

Tuning emergent magnetism in a Hund's impurity,

A. A. Khajetoorians, M. Valentyuk, M. Steinbrecher, T. Schlenk, A. Shick, J. Kolorenc, A. I. Lichtenstein, T. O. Wehling, R. Wiesendanger and J. Wiebe

Nature Nanotechnology (2015)

DOI: 10.1038/nnano.2015.193

Forschungsförderung:

EU: ERC Advanced Grant ASTONISH (Projektleiter: Prof. Dr. Roland Wiesendanger)

DFG: SFB 668

Weiterführende Internet-Seite:

<http://www.nanoscience.de>

<http://www.sfb668.de>

<http://www.nanoscience.de/astonish>

Weitere Informationen:

Dr. Jens Wiebe und

Dipl.-Chem. Heiko Fuchs

Universität Hamburg

Jungiusstr. 9A

20355 Hamburg

Tel.: (0 40) 4 28 38 - 32 82

Tel.: (0 40) 4 28 38 - 69 59

Fax.: (0 40) 4 28 38 - 24 09

E-Mail: jwiebe@physnet.uni-hamburg.de

E-Mail: hfuchs@physnet.uni-hamburg.de