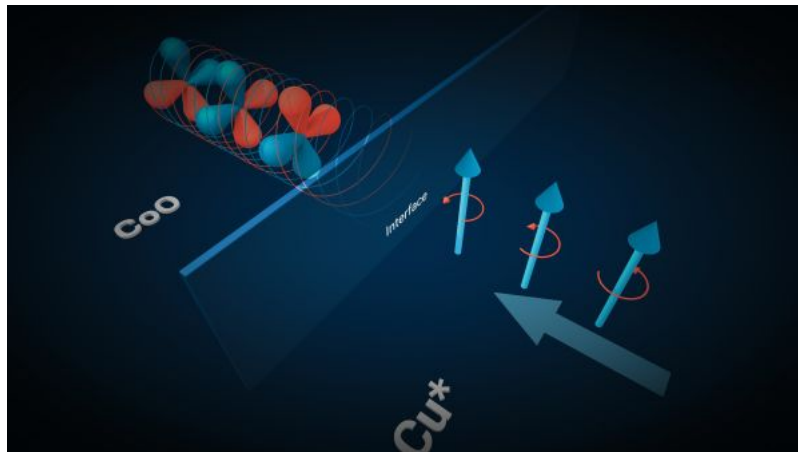


Meilenstein in der Orbitronik erreicht

03.07.2026, 11:23 | Wissenschaft, Forschung, Bildung

Pressemitteilung von: *idw - Informationsdienst Wissenschaft*



Erstmals können Orbitalströme genutzt werden, ohne sie vorher in Spinströme umwandeln zu müssen / Aussicht auf Speicher und Prozessoren mit extrem geringen Energieverbrauch

Forschende der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz (JGU) haben sogenannte Orbitalströme erstmals direkt nutzen können – ohne dass diese zuvor in Spinströme umgewandelt werden mussten. „Wir haben somit den ersten reinen orbitronischen Ansatz realisiert“, sagt Dr. Christin Schmitt aus der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Mathias Kläui am Institut für Physik der JGU. Die Orbitronik gilt als Hoffnungsträger der Speichertechnologie, da mit ihr künftig große Speichermedien mit extrem geringen Energieverbrauch realisierbar sein könnten. Sie basiert auf Orbitalmomenten, vereinfacht gesagt den quantenmechanischen „Wirbeln“ der Elektronen um die Atomkerne, sowie den Orbitalströmen, also der Bewegung dieser Wirbel durch einen elektrischen Leiter. „Wir konnten bewegliche Orbitalmomente erstmalig direkt mit festen Orbitalmomenten in einem Magneten koppeln: Damit haben wir einen Meilenstein in der Orbitronik erreicht und die Basis für eine deutlich energieeffizientere Datenspeicherung gelegt. Denn auf diese Weise erhalten wir um zwei Größenordnungen stärkere Signale als in der konventionellen Spintronik“, sagt Schmitt. Sie ist mit einem internationalen Team von mehr als 20 Forschenden, unter anderem auch vom Forschungszentrum Jülich, zu diesen Ergebnissen gekommen, die gestern im renommierten Wissenschaftsmagazin Science veröffentlicht worden sind.

Kobaltoxid mit einer Lage Kupfer als Testsystem

Orbitalströme bieten einen erheblichen Vorteil gegenüber Spinströmen: Ihr messbares Signal ist um Größenordnungen stärker. Nutzt man Orbitalströme, um Informationen in magnetischen Speichern zu schreiben oder auszulesen, sind deutlich effizientere Schaltvorgänge möglich – und langfristig womöglich äußerst stromsparende Geräte. Das Manko: Bisher müssen Orbitalströme zunächst in Spinströme umgewandelt werden, um zum Beispiel „Speicher“ beschreiben oder auslesen zu können. „Uns ist es erstmalig gelungen, die Orbitalströme direkt zu nutzen – wir haben damit einen Weg gefunden, künftig das volle Potenzial der Orbitronik auszuschöpfen“, sagt Schmitt. Als Testsystem verwendete das Team Kobaltoxid als isolierenden Antiferromagneten mit einer Lage Kupfer, das an der Oberfläche zu Kupferoxid reagierte. Die Proben stammten aus der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Eiji Saitoh von der University of Tokyo. Von diesem System war bereits bekannt, dass sich an der Kupfer-Kupferoxid-Schicht Orbitalströme bilden, die sich Richtung Kobaltoxid bewegen. Nun konnte das Team die beweglichen Orbitalmomente im Kupfer – die einen Strom von Orbitalmomenten, den Orbitalstrom, bilden – an die festen Orbitalmomente im Kobalt koppeln. Diese Kopplung ist nötig, um magnetische Informationen auszulesen: Je nachdem, wie die Orbitalmomente im Kupfer und Kobalt zueinander ausgerichtet sind, wird eine „0“ oder eine „1“ dargestellt. „Möglich wurde die Kopplung, indem wir einen Magneten verwenden, der vom

Orbital-Drehimpuls dominiert wird, während bisherige Untersuchungen stets auf spin-dominierten Magneten beruhten“, sagt Schmitt.

Um zwei Größenordnungen stärkere Signale als in der Spintronik

Dieses System verglich das Team mit einem System aus Kobaltoxid und Platin, in dem sich Informationen über reine Spinströme speichern und auslesen lassen. „Mit dem orbitronischen System konnten wir das resultierende Signal um zwei Größenordnungen steigern – verglichen mit dem Signal von reinen Spinströmen“, fasst Schmitt das Ergebnis der Vergleichsuntersuchungen zusammen. Dass der Effekt nicht nur stärker, sondern auch physikalisch grundlegend anders ist, betont Dr. Sachin Krishnia, ebenfalls Mitglied des Forschungsteams: „Über die Größe des Signals hinaus ist entscheidend, dass der Orbitalstrom mit dem Kobaltoxid auf eine völlig andere Weise wechselwirkt. Er ahmt nicht einfach einen Spinstrom nach, sondern scheint verborgene Eigenschaften des Antiferromagneten zu aktivieren. Damit wird der orbitale Magnetismus zu einem aktiven Freiheitsgrad für zukünftige Bauelemente.“ Schmitt sieht darin großes Potenzial für künftige Anwendungen: „Antiferromagnetische Materialien mit starken orbitalen Eigenschaften sind also eine gute Plattform für zukünftige orbitale Bauelemente. Indem sie energieeffizientere Speicher- und Rechentechnologien ermöglichen, könnten sie dabei helfen, Rohstoff-, Energie- und Klimaprobleme zu lösen.“ Der Leiter des Forschungsteams, Mathias Kläui, betont, dass dieser Durchbruch nur durch langfristige Kollaborationen möglich geworden sei: „Wir arbeiten seit über zehn Jahren in Projekten, die vom Deutschen Akademischen Austauschdienst und der Japan Society for the Promotion of Science finanziert werden, mit Kolleginnen und Kollegen in Japan zusammen. Das ermöglicht Studierenden der JGU, dort die benötigten hoch-qualitativen Materialien zusammen mit den Kolleginnen und Kollegen vor Ort herzustellen. Die theoretischen Arbeiten wurden im Rahmen von deutschen und EU-Projekten realisiert. Solche internationalen Zusammenarbeiten ermöglichen neue spannende Forschung, die wir alleine nie realisieren könnten.“

wissenschaftliche Ansprechpartner:

Prof. Dr. Mathias Kläui

Institut für Physik

Johannes Gutenberg-Universität Mainz

55099 Mainz

Tel.: 06131 39-23633

E-Mail: klaeui@uni-mainz.de

<https://klaeui-lab.physics.uni-mainz.de/>

Originalpublikation:

C. Schmitt et al., Orbital magnetoresistance in the antiferromagnet CoO driven by dynamic orbital angular momentum, Science, 2. Juli 2026,

DOI: 10.1126/science.adw1808

<https://doi.org/10.1126/science.adw1808>

Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Jonas Siehoff (Mitarbeiter in der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit)

01522 2524284

idw@uni-mainz.de

News-ID: 1316943 • Views: 118 (Stand: 03.08.2026)

Link zur Pressemitteilung:

<https://www.openpr.de/news/1316943/Meilenstein-in-der-Orbitronik-erreicht-idw.html>