



Forschung

Greifswald, 07. Juni 2018

Magnetische Wirbel treffen auf Topologie — Forschungsprojekt gestartet

Die Erzeugung und Manipulation von magnetischen Skyrmionen in Nanostrukturen ist Ziel eines neuen Schwerpunktprogramms „Skyrmionics — Topological Spin Phenomena in Real-Space for Applications“ (SPP 2137) der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Die Physiker Prof. Dr. Markus Münzenberg und Dr. Christian Denker und der Mathematiker Prof. Dr. Konrad Waldorf von der Universität Greifswald sowie Prof. Dr. Jeffrey McCord von der Universität Kiel konnten in dem Programm erfolgreich ein gemeinsames Projekt einwerben, das am 1. Juni 2018 gestartet ist. Ihr Projekt „Erzeugung, Manipulation und Wechselwirkung von magnetischen Skyrmionen“ wird in den nächsten drei Jahren mit einer halben Million Euro gefördert. Fernziel dieses Forschungsprojekts ist die Entwicklung von Anwendungen zum Beispiel in der Informationstechnologie.

Normale Wellen verändern während ihrer Ausbreitung ihre Form. Die Amplitude nimmt nach wenigen Metern Ausbreitung ab. Der Ingenieur, Schiffbauer und Physiker John Scott Russell hat im Jahr 1834 beim Reiten an einem Schottischen Kanal die Entdeckung von Wellen gemacht, die über Kilometer in ihrer Form stabil sind und sich mit großer Geschwindigkeit ausbreiten. Diese Objekte kann man mathematisch beschreiben; sie bekamen den Namen Solitonen. Die Beobachtung dieser besonderen Stabilität motivierte den britischen Physiker Tony Skyrme in den 1960er Jahren zu der Überlegung, Solitonenwirbel zur Beschreibung ungeklärter Fragen der Elementarteilchenphysik zu nutzen. Nach Skyrme wird heute in der theoretischen Physik ein Modell stabiler Solitonen-Wirbel als Skyrmion bezeichnet.

„Mit der Entdeckung von magnetischen Skyrmionen Anfang 2009 hat diese Theorie einen riesigen Aufschwung erlebt. Großes Interesse besteht insbesondere in der Spinelektronik und auf dem Gebiet der Topologie“, hebt Projektkoordinator Prof. Markus Münzenberg hervor. Denn Skyrmionen sind topologische Objekte. Mit Methoden der Topologie, einem Teilgebiet der Mathematik, können diese Objekte durch Zahlen klassifiziert werden (sog. Windungszahlen). Diese Zahlen bestimmen dann die grundsätzlichen physikalischen Eigenschaften der Objekte, z.B. deren Stabilität. Vereinfacht kann man sich diese Eigenschaft vorstellen wie eine Anzahl von Knoten, die man nur durch Zerschneiden oder Kleben in den Zustand einer anderen Zahl von Knoten bringen kann.

In dem Projekt „Erzeugung, Manipulation und Wechselwirkung von magnetischen Skyrmionen“ sollen Skyrmionen in einem sogenannten Schieberegister in einer zweidimensionalen Anordnung und unter definierten Randbedingungen untersucht werden. Das Schieberegister wird lithografisch erzeugt: Mit Kontakten zum Verschieben der Skyrmionen und zum Auslesen werden nanostrukturierte magnetische Tunnelelemente in den Skyrmionen-Film integriert. Das Schieberegister funktioniert ähnlich wie eine CCD Kamera. In einer CCD Kamera werden die Informationen eines Pixels, der einen Bildpunkt bestimmt, in einem CCD Chip gespeichert. Der CCD Chip ist als zweidimensionales, lichtempfindliches Sensorfeld aufgebaut. Nach der Aufnahme wird der CCD Chip durch Verschieben der Informationen, Linie für Linie, ausgelesen. Mit dieser Methode können die riesigen Datenmengen schnell und effektiv aus dem Chip transferiert werden. In dem hier geplanten Schieberegister werden nicht die Bildinformationen, sondern die Skyrmionen verschoben, um ihre komplexen Wechselwirkungen zu untersuchen. Die Ergebnisse lassen sich anschließend mit den Vorhersagen der Topologie vergleichen. Ziel ist es, die magnetischen Solitonen-Wirbel besser zu verstehen, um langfristig in der Informationstechnologie neuartige Datenspeicher oder komplexe, selbstlernende Computer zu entwickeln.

Das Gebiet der Topologie wurde Mitte des 18. Jahrhunderts von dem Mathematiker Leonhard Euler entwickelt. Ein weiterer wichtiger Mathematiker auf dem Gebiet der Topologie war Felix Hausdorff, der auch an der Universität Greifswald lehrte (siehe [Weitere Informationen](#)).

Weitere Informationen

Topologie mit Tradition — Felix Hausdorff's Wirken in Greifswald

An der Universität Greifswald wirkten im 20. Jahrhundert zwei bedeutende Mathematiker auf dem Gebiet der Topologie: Felix Hausdorff und Willi Rinow. Hausdorff, geboren am 8. November 1868 in Breslau, hat in Leipzig Mathematik und Astronomie studiert. Zum Sommersemester 1913 wurde er als Ordinarius an die Universität Greifswald berufen. Zu dieser Zeit war Greifswald die kleinste aller preußischen Universitäten mit nur einer Professur in der Mathematik. Hier begann Hausdorff eine sehr erfolgreiche Schaffensperiode. Sein Lehrbuch „Grundzüge der Mengenlehre“ von 1914 ist die erste Lehrbuchdarstellung der Topologie. 1921 wurde Hausdorff nach Bonn berufen. Nach 1933 hatte er als Jude mit Anfeindungen zu kämpfen und wurde 1935 zwangs-emeritiert. Am 26. Januar 1942 nahm er sich in Bonn das Leben, um einer Deportation zuvorzukommen.

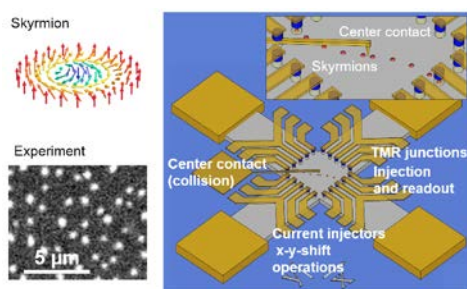


Fig. 1: Magnetische Wirbel: Schematische Darstellung des Skyrmions und Beobachtung im Experiment. Die Struktur auf der rechten Seite erlaubt es, im Schieberegister kontrollierte Experimente mit den Skyrmionen durchzuführen, um Vorhersagen der Mathematik zu prüfen. — Grafik: Christian Denker

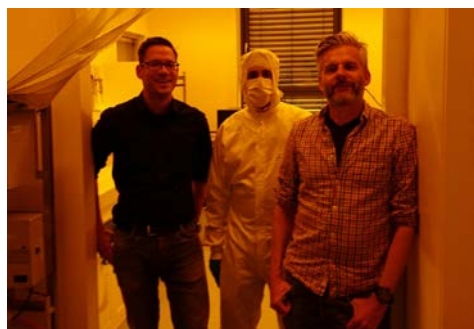


Fig. 2, v.l.n.r.: Prof. Konrad Waldorf, Institut für Mathematik und Informatik, Dr. Christian Denker und Prof. Markus Münzenberg, beide Institut für Physik, vor dem Reinraum des Physikalischen Instituts, in dem die Herstellung lithografischer Strukturen erfolgt. Foto: Jakob Walowski

Grafik und Foto können für redaktionelle Zwecke im Zusammenhang mit dieser Pressemitteilung kostenlos heruntergeladen und genutzt werden. Dabei ist der Name des Bildautors zu nennen. [Download](#)

Ansprechpartner an der Universität Greifswald

Prof. Dr. Konrad Waldorf
Institut für Mathematik und Informatik
Lehrstuhl für Algebraische Methoden der Analysis
Walther-Rathenau-Straße 47
17489 Greifswald
Telefon 03834 420 4638
konrad.waldorf@uni-greifswald.de
<http://math.konradwaldorf.de>

Prof. Dr. Markus Münzenberg
Institut für Physik
Lehrstuhl für Grenz- und Oberflächenphysik
Felix-Hausdorff-Straße 6
17489 Greifswald
Telefon 03834 420 4780
markus.muenzenberg@uni-greifswald.de
<https://physik.uni-greifswald.de/ag-muenzenberg/>
www.researcherid.com