



MASTERARBEIT

„Nicht frierende Flüssigkeiten“

Valentin Leeb

Elitestudiengang „Theoretische und Mathematische Physik“

Ludwig-Maximilians-Universität München und
Technische Universität München, 2021

Anomale Quantenoszillationen

Valentin Leeb hat im Elitestudiengang „Theoretical Mathematical Physics“ an Ludwig-Maximilians-Universität München und der Technischen Universität München studiert. Im Rahmen seiner Masterarbeit und anschließenden Doktorarbeit entwickelt er Methoden, um Eigenschaften von neuartigen Materialien und Aggregatzuständen zu beschreiben. Seine Masterarbeit konzentrierte sich darauf, experimentelle Messungen von Quantenoszillationen in einer Quantenspinflüssigkeiten zu verstehen.

Flüssigkeiten, die nicht frieren wollen

Wasser wird zu Eis, die meisten Metalle kennen wir nur im festen Zustand und selbst die Gase in der Luft können verflüssigt und letzten Endes auch verfestigt werden. Jedes Material, das wir in unserem Alltag kennen, wird fest, solange man nur die Temperatur weit genug in Richtung des absoluten Nullpunkts von -273°C verringert. Diese Erfahrung lässt sich größtenteils auch auf die Quantenphysik übertragen.

Die elementaren Teilchen der Festkörperphysik, die Elektronen, besitzen zwei Arten von Freiheitsgraden: Bewegungsfreiheitsgrade, die Möglichkeit sich in jede Richtung zu bewegen und ihren Spin, eine Art Stabmagnet wie man ihm aus dem Physikunterricht kennt, den jedes Elektron individuell ausrichten kann. Bei niedrigen Temperaturen frieren diese Freiheitsgrade ein, d.h. die Elektronen verharren an fixen energetisch günstigen Plätzen und auch die Spins nehmen feste, energetisch günstige Richtungen ein.

Das besondere an Quantenspinflüssigkeiten ist, dass der Spin der Elektronen mobil bleibt und nicht einfriert, er bleibt flüssig. Das kann zu exotischen Eigenschaften des Materials führen, wie Elektronen, die über große Entfernungen miteinander zu sprechen zu scheinen. Quantenspinflüssigkeiten bilden auch die Basis für sogenannte topologische Quantencomputer, mögliche Quantencomputer der nächsten Generation, die die Hauptprobleme der derzeitigen Quantencomputer lösen sollen. Obwohl Wissenschaftler allgemein von der Existenz von Quantenspinflüssigkeiten ausgehen, steht ein expliziter experimenteller Nachweis noch aus.

Quantenoszillationen – Standard der Festkörperphysik

Die Messung von Quantenoszillationen ist in der Physik seit fast 100 Jahren das Standardwerkzeug zur Bestimmung der elektronischen Eigenschaften eines Materials. Der Grund für ihren Erfolg ist die ergebnisreiche Anwendung auf nahezu alle elementare Metalle. Für Quantenoszillationsmessungen wird der Widerstand in Abhängigkeit eines Magnetfelds gemessen. Es zeigen sich charakteristische Oszillationen des Widerstands, deren Frequenz und Amplitude über bestimmte elektronischen Eigenschaften Auskunft geben.

Bisher hat man erst wenige Materialien gefunden, in denen sich die Oszillationen anomal verhielten, das erste erst im Jahr 2015. Auch in dem Material, mit dem Valentin Leeb sich beschäftigte, konnten solch anomale Quantenoszillationen nachgewiesen werden. Das Material besteht aus einer doppelagigen Struktur von Graphen und RuCl_3 , für das sich die Hinweise verdichten, dass es eine Quantenspinflüssigkeit ist.

In seiner Masterarbeit konnte Valentin Leeb anhand eines theoretischen Modells zeigen, dass ein effektives Modell der Quantenspinflüssigkeit gleichzeitig das anomale Verhalten der Quantenoszillationen erklären kann. Damit lieferte er einen weiteren Baustein zu ersten experimentellen Realisierung einer Quantenspinflüssigkeit.

Mehr zum Elitestudiengang:

☞ www.elitenetzwerk.bayern.de

☞ **Mehr zum Elitestudiengang Theoretical and Mathematical Physics**

☞ <https://www.theorie.physik.uni-muenchen.de/TMP/>

☞ **Volltext der Masterarbeit**

☞ **siehe <https://mediatum.ub.tum.de>**

☞ **Mehr zur Publikation bei Physical Review Letters**

<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.126.097201>

© Dr. Linn Leppert