

"Made in Jülich": Quantenmikroskop

Categories : [Im Fokus](#), [Labor](#), [Meldungen](#), [Pharma](#)

Date : 3. September 2021

Rastertunnelmikroskope bilden Materialien mit atomarer Präzision ab und sind vielseitig einsetzbar. Forschende nutzen sie daher seit vielen Jahren, um die Welt des Nanokosmos zu erkunden. Physiker des Forschungszentrums Jülich haben ein solches Gerät nun für die Erforschung von Quanteneffekten optimiert. Ihr Rastertunnelmikroskop kommt dank Magnetkühlung ohne bewegliche Teile aus und arbeitet bei extrem tiefen Temperaturen von bis zu 30 Millikelvin nahezu vibrationsfrei. Das Instrument kann Forschenden künftig dabei helfen, die ungewöhnlichen Eigenschaften von Quantenmaterialien zu erschließen, die für die Entwicklung von Quantencomputern und –sensoren von entscheidender Bedeutung sind.

Der Bereich in der Nähe des absoluten Nullpunkts ist für die Physik besonders spannend. Thermische Fluktuationen sind bei den tiefen Temperaturen auf ein Minimum reduziert. Die Gesetze der Quantenphysik kommen ins Spiel und lassen besondere Eigenschaften von Materialien zutage treten. Elektrischer Strom fließt dann verlustfrei ohne jeden Widerstand. Ein anderes Beispiel ist die sogenannte Suprafluidität: Einzelne Atome verschmelzen zu einem kollektiven Zustand und bewegen sich reibungsfrei aneinander vorbei.

Solche extrem tiefen Temperaturen sind auch die notwendige Voraussetzung, um Quanteneffekte für das Quantencomputing zu erforschen und nutzbar zu machen. Forschende weltweit wie auch am Forschungszentrum Jülich verfolgen dieses Ziel derzeit mit Hochdruck. Quantenrechner könnten konventionellen Superrechnern bei bestimmten Aufgaben haushoch überlegen sein. Doch die Entwicklung steht noch ganz am Anfang. Eine zentrale Herausforderung ist die Suche nach Materialien und Prozessen, die komplexe Architekturen mit stabilen Quantenbits möglich machen.

„Ich glaube, ein vielseitiges Mikroskop wie unseres ist das Mittel der Wahl für diese faszinierende Aufgabe, weil es die Abbildung und Manipulation von Materie auf der Ebene einzelner Atome und Moleküle auf vielfältige Art und Weise ermöglicht.“

- Ruslan Temirov vom Forschungszentrum Jülich

In jahrelanger Arbeit hat er zu diesem Zweck zusammen mit seinem Team ein Rastertunnelmikroskop mit einer Magnetkühlung ausgestattet. „Unser neues Mikroskop unterscheidet sich von allen anderen in ähnlicher Weise, wie sich ein Elektroauto von einem Verbrenner unterscheidet“, erläutert der Jülicher Physiker. Bislang setzte man auf eine Art Flüssigtreibstoff, eine Mischung aus zwei Helium-Isotopen, um Mikroskope auf derart niedrige Temperaturen zu bringen. „Im Betrieb zirkuliert diese Kühlmischung fortwährend durch dünne Rohre, was zu einem erhöhten Grundrauschen führt“, so Temirov.

Die Kühlvorrichtung des Jülicher Mikroskops beruht dagegen auf dem Verfahren der adiabatischen Entmagnetisierung. Das Prinzip ist nicht neu. Es wurde bereits in den 1930er Jahren eingesetzt, um im Labor erstmalig Temperaturen unterhalb von 1 Kelvin zu realisieren. „Zur Kühlung des Geräts ändern wir nur die Stärke des elektrischen Stroms, der durch eine elektromagnetische Spule fließt. Unser Mikroskop kommt daher ohne bewegliche Teile aus, und arbeitet praktisch vibrationsfrei“, berichtet Ruslan Temirov. Die Jülicher sind die Ersten, die ein Rastertunnelmikroskop mit dieser Technik konstruiert haben. „Die neue Kühltechnik weist in der Praxis mehrere Vorzüge auf. Nicht nur die Abbildungsqualität profitiert davon, auch die Bedienung des Geräts und der gesamte Aufbau vereinfachen sich“, sagt Institutsleiter Stefan Tautz.

Das Jülicher Quantenmikroskop sei mit seinem modularen Design zudem offen für technische Fortschritte, da sich Upgrades einfach realisieren lassen. „Die adiabatische Kühlung ist für die Rastertunnelmikroskopie ein echter Quantensprung. Die Vorteile sind so signifikant, dass wir im nächsten Schritt nun einen kommerziellen Prototyp entwickeln“, erklärt Stefan Tautz. Quantentechnologien stehen aktuell im Fokus der Forschung. Das Interesse zahlreicher Forschungsgruppen an einem solchen Instrument dürfte also sicher sein.