

Demonstration der Feshbach-Resonanzen zwischen einzeltem Ion und ultrakalten Atomen

- Forschende untersuchen Wechselwirkung zwischen Lithium-Atomen und Barium-Ion, die im Ultrahochvakuum isoliert und mit Hilfe von Licht-Fallen gefangen sind - Von außen angelegtes Magnetfeld erlaubt Steuerung der Vorgänge auf Quantenebene - „Wir lernen etwas besser, welche Möglichkeiten es gibt, die quantenmechanischen Eigenschaften des Wellen-Teilchen-Dualismus zu kontrollieren.“

Ein Team um Prof. Dr. Tobias Schätz, Professor für Atom- und Quantenphysik am Physikalischen Institut der Universität Freiburg, Dr. Pascal Weckesser, Fabian Thielemann und Kolleg*innen, demonstrieren magnetische Feshbach-Resonanzen zwischen einem einzelnen Barium-Ion und Lithium-Atomen nahe des absoluten Nullpunkts der Temperatur. Dabei stellten die Forschenden fest: Je nach Stärke des äußeren Magnetfeldes, kann die Ausdehnung des Ions und der Atome gesteuert werden. „Bei diesen ultrakalten Temperaturen offenbaren die Zusammenstöße zwischen Teilchen ihre quantenmechanische Natur“, erklärt Schätz. „Unsere Forschung hat gezeigt: Wir lernen etwas besser, welche Möglichkeiten es gibt, die quantenmechanischen Eigenschaften des Wellen-Teilchen-Dualismus zu kontrollieren.“ Ihre Ergebnisse veröffentlichte die Gruppe in der Zeitschrift Nature.

Bei ultraniedrigen Temperaturen dominieren Quanteneffekte

In der klassischen Physik verlangsamt sich die Molekülbildung von Atomen und Ionen üblicherweise mit abnehmender Temperatur, bis es schließlich so kalt wird, dass die einzelnen Teilchen stillstehen und es zu keiner Kollision beziehungsweise Reaktion mehr kommen kann. Die Gesetze der Quantenphysik prognostizieren jedoch, dass bei ultraniedrigen Temperaturen nicht die klassischen Gesetze, sondern Quanteneffekte dominieren und das Aufeinandertreffen von Atomen und Ionen plötzlich anderen Regeln folgt. Im Quantenbereich, in dem der sogenannte Welle-Teilchen-Dualismus vorherrscht, führt eine ultrakalte Temperatur – kurz über dem absoluten Nullpunkt bei $-273,15$ Grad Celsius – wieder zu einer Erhöhung der Kollisionsraten. Der Grund: Die Teilchen können nicht mehr als kollidierende Kugeln beschrieben werden, sondern als Wellenpakete, die sich wie Wasserwellen überlagern, verstärken oder aufheben können.

Feshbach-Resonanzen trotz stärkerer Wechselwirkung

Durch die Überlagerung der Wellen kommen Resonanzen zustande, die die Freiburger Forschenden untersucht haben. „Wir fanden unter anderem Feshbach-Resonanzen zwischen Barium-Ionen und Lithium-Atomen, indem wir ihre Wechselwirkungsprozesse mit Hilfe eines Magnetfeldes steuerten“, so Schätz. Feshbach-Resonanzen wurden bisher bereits bei der Kollision langsamer Atome demonstriert. Der Forschergruppe gelang dies nun aber auch in einem völlig neuen Regime einer erheblich stärkeren Wechselwirkung, die durch die Ladung des Ions vorherrscht. Neben den Magnetfeldern nutzten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in ihrem Labor Ultrahochvakuum und Käfige aus Licht, um die lasergekühlten Atome und Ionen zu isolieren.

„Grundlagenforschung zur Quantenmechanik verlässt nun zunehmend das Labor und nimmt Einzug in Anwendungen. Durch das Studieren der Effekte unter idealisierten Bedingungen im Labor, können wir diese besser verstehen und kontrolliert breitbandig nutzen – von Neugier getrieben und von der Perspektive der Steuerung und Effizienzerhöhung chemischer Reaktionen, bis hin zu neuen Wegen für den Ladungsfluss in Festkörpern“, sagt Schätz.

„Quantum Science and Technologies at the European Campus“

Prof. Dr. Tobias Schätz ist Mitglied der Leitungsgruppe des internationalen Doktorandenprogramms „Quantum Science and Technologies at the European Campus“, kurz QUSTEC. Im Frühjahr 2019 hat die Europäische Kommission den Antrag zur Unterstützung des Programms in den Quantenwissenschaften am European Campus (EUCOR) bewilligt. Beteiligt sind neben Freiburg die Universitäten Basel und Strasbourg, das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) sowie die Forschungsabteilung des IT-Konzerns IBM in Zürich. Das Programm soll 40 Quantenforscherinnen und -forscher eine Promotion finanzieren; die beteiligten Hochschulen bieten weitere 40 Doktorandenstellen. Es läuft fünf Jahre und wird mit 9,1 Millionen Euro gefördert. 4,2 Millionen kommen von der EU, der Rest von den Partnern und weiteren Geldgebern.

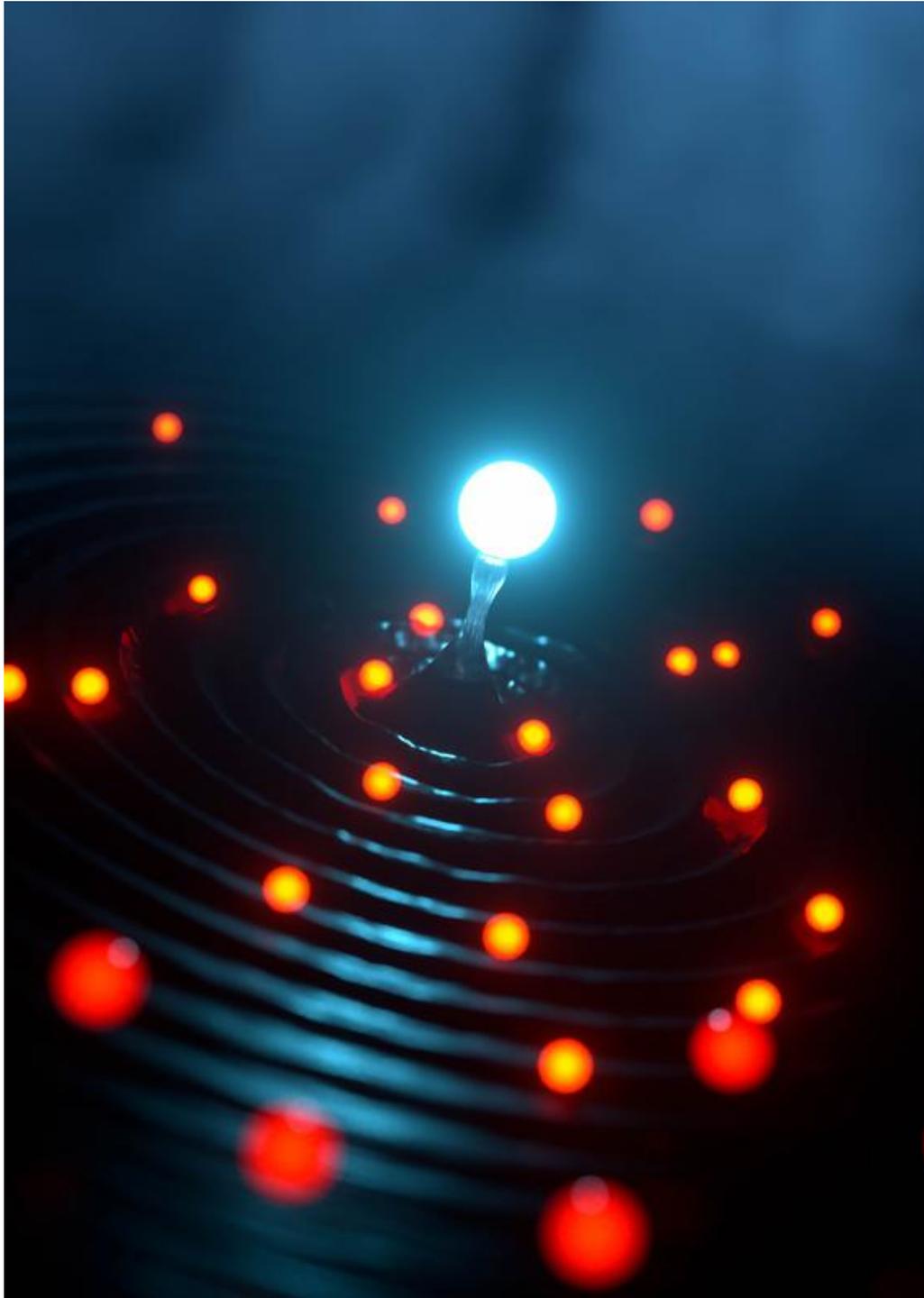
wissenschaftliche Ansprechpartner:

Prof. Dr. Tobias Schätz
Physikalisches Institut
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Tel.: 0761/203-5815
E-Mail: tobias.schaetz@physik.uni-freiburg.de

Originalpublikation:

Weckesser, P., Thielemann, F., Wiater, D., Wojciechowska, A., Karpa, L., Jachymski, K., Tomza, M., Walker, T., Schaetz T. (2021): Observation of Feshbach resonances between a single ion and ultracold atoms. In: Nature. DOI: 10.1038/s41586-021-04112-y

URL zur Pressemitteilung: <https://www.pr.uni-freiburg.de/pm/2021/demonstration-der-feshbach-resonanzen-zwischen-einem-ion-und-ultrakalten-atomen>



Künstlerische Darstellung eines einzelnen Ions, das mit mehreren Atomen in Wechselwirkung tritt.
Ella Maruschtschenko
Universität Freiburg