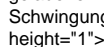




Stuttgarter Physiker beobachten neues Quantenphänomen

Stuttgarter Physiker beobachten neues Quantenphänomen - Physiker der Universität Stuttgart untersuchten ein einzelnes mikrometergroßes Atom, das mehrere zehntausend normale Atome in seinem Elektronenorbital enthält. Hierfür realisierten die Wissenschaftler erstmals ein Modellsystem im Labor, in dem die Wechselwirkung eines einzelnen Elektrons mit vielen Atomen in seinem Orbital studiert werden kann. Das Verständnis der Wechselwirkung von Elektronen mit der Materie ist wesentlich für die Lösung fundamentaler Fragestellungen und technischer Probleme. Die Ergebnisse wurden in der renommierten Fachzeitschrift Nature veröffentlicht*) - auch aufgrund der Vielzahl von weiteren denkbaren Anwendungen dieses Systems, zum Beispiel in der Quantenoptik. Die Eigenschaften von Stoffen beruhen im Wesentlichen auf den Wechselwirkungen von Elektronen mit ihrer Umgebung. Ein Beispiel dafür ist die elektrische Leitfähigkeit: Elektronen stoßen mit den Atomen des umgebenden Materials zusammen und regen dadurch Schallwellen, so genannte Phononen, an. Durch diese Schwingungen kann ein Elektron Energie abgeben und wird abgebremst, was den elektrischen Widerstand verursacht. In bestimmten Materialien, den so genannten Supraleitern, kann die Wechselwirkung mit Phononen jedoch auch zum Verschwinden jeglichen elektrischen Widerstandes führen. Am besten geeignet für eine systematische Untersuchung solcher Prozesse ist ein einzelnes Elektron. Hierzu studierten die Stuttgarter Physiker eine Wolke aus ultrakalten Atomen nahe dem absoluten Nullpunkt, ein Bose-Einstein Kondensat. Die Grundidee ist einfach: Anstelle einer technisch aufwändigen Elektronenfalle nutzen die Wissenschaftler die Tatsache, dass Elektronen in der Natur von einem positiv geladenen Atomkern gebunden werden, den sie - so das klassische Bild - auf Ellipsenbahnen umkreisen. Diese Bahnen sind typischerweise viel kleiner als ein Nanometer. Um einem Elektron die Wechselwirkung mit vielen Atomen zu ermöglichen, wird ein Atom aus einer Wolke von 100.000 Atomen mit Hilfe von Laserlicht angeregt. Dadurch bläht sich die Bahn eines einzelnen Elektrons auf mehrere Mikrometer auf. Es entsteht ein so genanntes Rydberg-Atom. Dieses ist - auf atomarer Skala - von gewaltigen Ausmaßen, größer als die meisten Bakterien, die jeweils aus mehreren Milliarden bis Billionen von Atomen bestehen. Im Inneren des Rydberg-Atoms befinden sich dann mehrere zehntausend andere Atome aus der kalten Wolke. "Es ist, als hätte das Riesensystem das Quantengas regelrecht verschluckt", erklärt Hauptautor Jonathan Balewski, Doktorand am 5. Physikalischen Institut unter der Leitung von Prof. Tilman Pfau. Das Elektron ist dadurch gleichzeitig in ein definiertes Volumen eingesperrt und kann trotzdem mit einer großen Anzahl von Atomen interagieren. Diese Wechselwirkung ist so stark, dass die gesamte Atomwolke von dem einzelnen Elektron deutlich beeinflusst wird. Abhängig vom Quantenzustand dieses Elektrons werden Phononen in der Atomwolke angeregt, die als kollektive Oszillationen der gesamten Wolke bis hin zu Atomverlusten aus der Falle gemessen werden können. Die bisherigen experimentellen Beobachtungen in der Gruppe von Prof. Tilman Pfau konnten in Zusammenarbeit mit theoretischen Physikern um Prof. Hans Peter Büchler weitgehend erklärt werden. Diese Arbeit ist jedoch die Ausgangsbasis für eine ganze Reihe weiterer Experimente. Den bisherigen Untersuchungen zufolge hinterlässt das Elektron eine deutliche Spur in der umgebenden Atomwolke. Damit läge zum Beispiel die Abbildung eines einzelnen Elektrons in einem genau definierten Quantenzustand im Bereich des technisch Möglichen. Die Arbeit entstand im Rahmen des transregionalen Sonderforschungsbereichs SFB/TRR 21 (Control of quantum correlations in tailored matter) und wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG sowie dem European Research Council unterstützt. *)Originalpublikation: J.B. Balewski, A.T. Krupp, A. Gaj, D. Peter, H.P. Büchler, R. Löw, S. Hofferberth and T. Pfau, Coupling a single electron to a Bose-Einstein condensate; Nature 31.10.2013, volume 502, issue 7473, pp 664-667; <http://dx.doi.org/10.1038/nature12592> Weitere Informationen: Prof. Tilman Pfau, Jonathan Balewski, 5. Physikalisches Institut, Tel. 0711/685-64820, E-mail: t.pfau@physik.uni-stuttgart.de, j.balewski@physik.uni-stuttgart.de, www.pi5.uni-stuttgart.de Bildbeschreibung: Hochangeregtes Rydberg-Atom, bestehend aus einem einzelnen Elektron (blau), das einen positiv geladenen Atomkern (rot) umkreist. Das Rydberg-Atom erreicht dabei die Größe der ultra-kalten Atom-Wolke. Das einzelne Elektron erzeugt Schwingungen (Phononen) im umgebenden Quantengas. 

Pressekontakt

Universität Stuttgart

70174 Stuttgart

t.pfau@physik.uni-stuttgart.de, j.balewski@physik.uni-stuttgart.de,

Firmenkontakt

Universität Stuttgart

70174 Stuttgart

t.pfau@physik.uni-stuttgart.de, j.balewski@physik.uni-stuttgart.de,

Weitere Informationen finden sich auf unserer Homepage