

# Weit draußen zieht ein einzelnes Elektron seine Kreise

**Physik** Stuttgarter Forscher zeigen, dass die schwingende Atomwolke auf nur einen Befehl hört. *Von Martin Schäfer*

Jonathan Balewski öffnet mit seiner Chipkarte die gesicherte Labortür. Hier hat er mit einigen Kollegen große Teile des vergangenen Jahrs verbracht. Der Raum ist abgedunkelt und laut. Am Rande stehen vier Monitore und zwei Tastaturen, um den Maschinenpark zu steuern. Überall kleine Geräte, Transformatoren, Messapparate und noch mehr Kabel. „Jedes einzelne Kabel hier hat seinen Sinn“, erklärt der 28-jährige Physikdoktorand. „Wenn eines fehlte, würden wir das merken.“ Inmitten des Labors steht raumhoch das Experiment. Es ist die älteste Maschine am Institut des Physikers Tilman Pfau, Lehrstuhlinhaber am 5. Physikalischen Institut der Universität Stuttgart.

Das Experiment liefert den jüngsten Erfolg. Etliche Doktorandengenerationen haben ihre Zeit schon mit der Maschine verbracht. Sie haben die Fallen für Atome weiterentwickelt und mit dem Laser die Anregungsmöglichkeiten optimiert. Ihr gesammeltes Wissen haben sie an den nächsten Doktoranden weitergegeben. Nun war Jonathan Balewski an der Reihe und

brauchte zunächst viel Geduld. Ein Jahr lang tat sich gar nichts: Ein technisches Problem reihte sich an das nächste. Dann kam der Durchbruch.

Balewski zeigt auf ein Guckloch, das den Blick tief in die Maschine ermöglicht. Dort zeigt sich ein schwach rötlich aufleuchtendes Etwas. Das ist die Atomwolke, ein sogenanntes Bose-Einstein-Kondensat aus rund 100 000 Rubidium-Atomen. Im Bose-Einstein-Kondensat verlieren die Atome ihren individuellen Charakter, sie agieren – bei Temperaturen knapp über dem absoluten Nullpunkt von minus 273 Grad Celsius und im Hochvakuum – wie ein einzelnes Objekt. Doch eines – und nur genau eines – dieser 100 000 Teilchen in der Magnetfalle ist anders: Die Physiker haben das Elektron dieses einen Rubidium-Atoms mit zwei kurzen Laserpulsen auf einen ganz weiten Orbit gehoben. Weit draußen zieht dieses einzelne Elektron seine Kreisbahn um den Heimatkern, mitten durch die Atomwolke. Das hat Folgen.

Genauso wie ein schwarzer Hütehund, der seine Herde umkreist und die Schafe in

kollektive Bewegung versetzt, reagiert die mächtige Atomwolke auf das winzige Elektron: Sie beginnt zu schwingen. Das Fachmagazin „Nature“, in dem Balewski und Pfau ihre jüngsten Ergebnisse veröffentlichten, schreibt dazu sinngemäß: die Atomwolke tanzt nach der Pfeife des Elektrons. So ganz recht wollte Balewski den Messungen anfangs nicht trauen. Sie dach-

ten, sie hätten einen weiteren Artefakt, eine technische Panne, gemessen. Doch bei näherem Hinsehen erwies sich die kollektive Reaktion der Atomwolke auf das Elektron als real. Dann setzte sich Balewski mit den theoretischen Physikern David Peter und Hans Peter Büchler zusammen, um „dann auch in der Theorie zu verstehen, was passiert“. Und es passte gut.

„Wir waren vom Ergebnis überrascht“, erklärt Balewski. Er und seine Kollegen wollten eigentlich untersuchen, was passiert, wenn man das Elektron mit dem Laser auf immer weitere Bahnen schiebt. Der einfach positiv geladene Rubidium-Kern kann dann sein Elektron nur noch ganz schwach an sich binden. Das Atom ist mit einem Radius von zwei bis fünf Mikrometern so groß, dass ein Virus oder kleines Bakterium darin Platz fände.

Kleinste Störungen können dieses hochangeregte System – Fachleute sprechen dann von einem Rydbergatom oder Rydbergzustand – zerstören. Da war es verblüffend, dass das Elektron bei einer Lebensdauer von nur zehn Mikrosekunden (Millionstelsekunde) einige 10 000-mal seine Kreisbahn durch die Atomwolke ziehen kann, etliche Male mit deren Atomen kollidiert

und die gesamte Wolke in Wallung bringt.

Für Institutsleiter Pfau bieten diese Phänomene mit den Rydbergzuständen neue Möglichkeiten, die Grenze zwischen der Quantenwelt

und unserer makroskopischen Welt auszuloten. Die Kopplung von Elektronen an andere Materiebausteine ist entscheidend für viele technische Effekte, etwa den elektrischen Widerstand und die Supraleitung. Die Techniken der Zukunft werden stark von den Erkenntnissen aus quantenmechanischen und quantenoptischen Experimenten profitieren, ist Pfau überzeugt. Im Verbund mit weiteren Physiklehrstühlen in Stuttgart, Kollegen an den Universitäten Ulm und Tübingen sowie den Ingenieurwissenschaften möchte Pfau dieses Know-how in Baden-Württemberg entwickeln und halten.

Die Atomwolke tanzt nach der Pfeife des Elektrons.

StZ 07.11.13 S. 18