

An den Grenzen der Physik

Bonner Forscher entdecken einen neuen Zustand des Lichts

VON WOLFGANG PICHLER

BONN. Flüssig, fest, gasförmig – viele Substanzen kommen in verschiedenen „Aggregatzuständen“ vor. Der Wechsel zwischen ihnen – zum Beispiel schmelzen oder gefrieren, verdampfen oder kondensieren –, heißt „Phasenübergang“. Bonner Physiker haben ihn jetzt am Licht beobachtet: an einem besonders faszinierenden Zustand desselben, dem „optischen Bose-Einstein-Kondensat“ (BEK, siehe Kasten).

Professor Martin Weitz vom Institut für Angewandte Physik und sein Team arbeiten seit elf Jahren mit Photonen-Kondensaten: Sie erzeugen sie, indem sie Lichtteilchen zwischen Spiegeln einfangen, die nur rund ein Millionstel Meter auseinanderliegen, und dann allmählich herunterkühlen. Physikalisch ist das ganz besonders knifflig: Weil Lichtteilchen per definitionem Energie sind, drohen sie zu verschwinden, sobald ihre Energie zu sehr sinkt.

In neuen Versuchen haben die Teams von Weitz und dem theoretischen Physiker Professor Johann Kroha (Physikalisches Institut) bei der Entstehung des Photonen-BEK jetzt eine „überdämpfte Phase“ entdeckt, einen Zustand, der sich von den bislang dort bekannten Zuständen (dem „Laser“ und dem „Oszillieren“) unterscheidet, und den dazugehörigen „Phasenübergang“ beobachtet. Die Entdeckung entspreche „sozusagen einem neuen Zustand des Lichtfelds“, sagt Fahri Emre Öztürk, Doktorand am Institut für Angewandte Physik.

In weiteren Studien wollen die Forscher nun „nach neuen Zuständen des Lichtfelds in mehreren gekoppelten Lichtkondensaten suchen“, teilt die Hochschule mit. Öztürk sagt: „Wenn in gekoppelten Lichtkondensaten geeignete quantenmechanisch verschränkte Zustände auftreten, kann das interessant sein, um quantenverschlüsselte Nachrichten zwischen mehreren Teilnehmern zu übertragen.“



Professor Martin Weitz am Messtisch im Institut für Angewandte Physik der Universität Bonn.

FOTO: GREGOR HÜBL/UNI BONN

Diese „Kopplung“ ist ein besonders faszinierender Bereich der Quantenphysik. Für alle BEKs gilt nämlich: Die einzelnen Teilchen sind „quantenverschränkt“, lassen sich also mit ein und derselben quantenphysikalischen Formel beschreiben. Wenn für alle Teilchen

dieselbe Gleichung gilt, dann *sind sie ein und dasselbe Teilchen* – eine Art zusammengesetztes Superteilchen, dessen Teile „gekoppelt“ sind. Alles, was an dem einen Ort des „gekoppelten Systems“ geschieht, beeinflusst automatisch den anderen Ort – egal, wie weit der entfernt ist.

Selbst Albert Einstein, der das Phänomen in der Theorie beschrieb, hielt es nicht für möglich und nannte es „spukhafte Fernwirkung“. Falls es aber technisch umsetzbar wäre, böte es ungeahnte Möglichkeiten für blitzschnelle Kommunikation oder den Bau eines ultraschnellen „Quantencomputers“.

Leider funktioniert diese Zusammenschaltung derzeit nur unter sorgfältig kontrollierten Laborbedingungen, zu denen (bisweilen und unter anderem) extrem tiefe Temperaturen von weniger als 100 Milliardstel Grad über dem absoluten Nullpunkt gehören. Sie bleibt also fürs erste noch fast Science-Fiction, ein Teil jenes fast mystischen Bereiches der Physik, in dem sie zur Grenzwissenschaft wird – ein Gang an die Grenzen des Sichtbaren. Berechenbaren, Verstehbaren.

DAS BOSE-EINSTEIN-KONDENSAT

Ein Superzustand der Materie

Das Bose-Einstein-Kondensat (BEK) ist ein Extremzustand der Materie, in dem sich alle Teilchen im gleichen quantenphysikalischen Zustand befinden. Benannt ist das Phänomen nach den Physikern Satyendranath Bose (1894-1974) und Albert Einstein (1879-1955): Letzterer hatte

das Phänomen 1924 aus einem Aufsatz Boses vorhergesagt. 1995 gelang es am Massachusetts Institute of Technology erstmals, tatsächlich ein BEK aus Atomen zu erzeugen; 2001 gab's dafür den Physik-Nobelpreis: Das „optische Bose-Einstein-Kondensat“ (aus Lichtteilchen statt aus Atomen) erzeugten Forscher der Universität Bonn erstmals im Jahr 2010. piw