



Was ist ein Superatom?

-

Sara: Das habe ich ja noch nie gehört, dass das Wort "super" mit einem Atom verbunden wird! Mir ist auch nicht klar, was an einem gewöhnlichen Atom so toll sein soll. Da muss es ja auch besondere Eigenschaften haben, sonst hat es diesen Namen nicht verdient – an Superman wird es wohl nicht hinkommen!

Anja: Das kommt wohl auf die Interessen an: Die Physiker sind auf jeden Fall von diesem Superatom begeistert. Und die Gründe dafür will ich dir jetzt vermitteln: Es hat nämlich schon ziemlich beeindruckende Eigenschaften! Um das Geheimnis nun zu lüften... das Superatom entsteht, wenn die Bose-Einstein-Kondensation realisiert worden ist, das Kondensat kann man also auch so bezeichnen.

Wir wollen nun erst einmal zusammenfassen, welche Situation nun vorliegt: Da haben wir jetzt in einem Ultrahochvakuum eine Wolke von 10^6 Rubidiumatomen, die auf 300 nK, also fast 0 K, abgekühlt ist. Das Vakuum mit den Atomen befindet sich übrigens in einer Glaszelle, die etwa so groß wie eine kleine Colaflasche ist. Durch die Magnetfalle sind die Atome auf möglichst engen Raum zusammengepresst, weswegen sie eine Wolke bilden. Obwohl die Atome fast bewegungsunfähig sind, sind sie trotzdem nicht lokalisierbar und an einem Ort aufzufinden, denn wir haben ja bereits gehört, dass die Welleneigenschaften des Atoms unter all diesen Umständen ganz deutlich zu Tage treten – und damit hängt es ja zusammen, dass man nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit die möglichen Orte angeben kann.

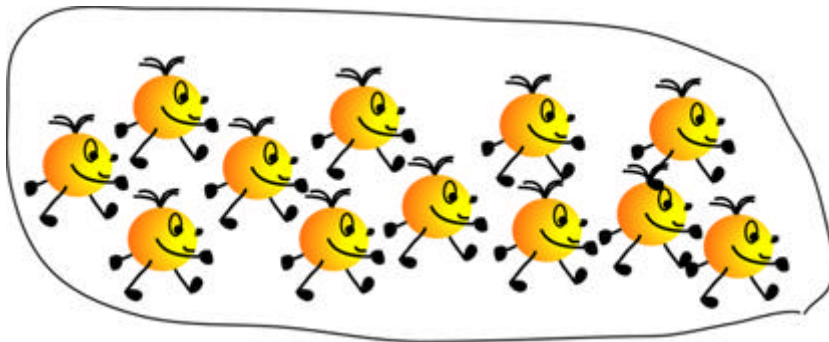
Sara: Ja, das war jetzt eine Kurzfassung all der Dinge, die du mir in letzter Zeit erklärt hast. Aber was zeichnet jetzt das Superatom aus?

Anja: Kannst du dich noch an den Abschnitt über den Wellencharakter der Atome erinnern? Da hast du am Ende gemeint, dass du dir gar nicht mehr vorstellen kannst, wie man diese eigenwilligen Atome kontrollieren können soll. Genau diese scheinbar fehlende Eigenschaft entsteht bei dem Superatom:

Die einzelnen Atome vereinigen sich zu einer großen Gemeinschaft, in der ihre Individualität verloren geht. Aus dem normal herrschenden Chaos aus kreuz und quer herumtorkelnden Atomen wird eine Ordnung, in der sie alle im gleichen Takt tanzen, wie man sagen kann. Die Teilchen verklumpen in gewisser Weise miteinander zu einem völlig neuen Zustand von Materie. Das entstehende Superatom ist fast so groß wie ein Floh – wären noch mehr Teilchen



derartig vereint, könnte man es vielleicht sogar mit bloßem Auge sehen:



als ziegelsteinroter Ball, der düster inmitten der Glaskammer schwebt.

Sara: Überraschen tut mich das alles schon – damit hätte ich nicht

gerechnet, dass man trotz all dieser Hürden doch noch in gewisser Weise über die Atome herrschen kann. Aber irgendwie hört sich das alles wieder so an, als ob sie Teilchen sind, aber das ist ja gerade nicht der Fall. Was passiert denn mit den Welleneigenschaften des Atoms? Die können doch nicht verschwinden, erst recht nicht bei diesen geringen Temperaturen!

Anja: Darauf wollte ich gerade zu sprechen kommen: Auch das Superatom hat Wellencharakter, sodass sein Ort und seine Geschwindigkeit zu einem bestimmten Zeitpunkt t nicht angegeben werden kann. Alles, was wir bereits zu diesem Thema gehört haben, gilt auch für das Superatom. Wenn ich jetzt sage, dass die Atome normal kreuz und quer umhertorkeln, dann heißt das, dass ihre Wellenfunktionen völlig chaotisch in verschiedenste Richtungen laufen. Sie repräsentieren unterschiedliche Geschwindigkeiten und ihr Verhalten ist nicht einheitlich. Man sagt, diese Wellen sind nicht in Phase miteinander. Das Superatom kennzeichnet sich allerdings dadurch aus, dass alle einzelnen Atomwellen exakt gleichphasig mit allen anderen schwingen, man kann sagen, die Atome marschieren im Gleichschritt. Es gibt dafür eine bestimmte Temperatur, ab welcher die Atome dieses Verhalten annehmen: Man nennt sie die kritische Temperatur T_c . Oberhalb von T_c befinden sich die Atome in dem chaotischen Zustand, der in dem ersten Bild gezeigt wird. Unterhalb von T_c marschiert der größte Anteil von ihnen im

Gleichschritt, bei 0K sind alle mit dabei. Alle Wellenlängen, Frequenzen sind gleich groß – es wird eine einzige Welle daraus. Sie erstreckt sich über das gesamte Kondensat und wird mit bloßem Auge beobachtbar: Die mikroskopische Quantenmechanik stellt sich makroskopisch dar.

Sara: Faszinierend ist das ja schon, aber schwer vorstellbar. Irgendwie erinnert es mich an einen Ameisenstrasse, auf der sich die Ameisen normal völlig geordnet und einheitlich bewegen. Sobald man sie aber stört, laufen alle ganz verstört herum, ohne Orientierung – das absolute Chaos.

Anja: Ja, das ist schon ganz gut. Ich habe auch noch ein Bild für diese Situation: Stell dir ein Riesenkonzert im Olympiastadion vor, sagen wir mal von Whitney Houston, und sie bekommt gerade einen großen Applaus nach ihrem letzten Lied. Da klatschen auch alle durcheinander, jeder in seinem Rhythmus und es entsteht ein geräuschliches Chaos. Anders ist es nun, wenn alle zu ihrer Zugabe im Takt mitklatschen. Hier klingt es wie eine große Einheit, die an das Superatom erinnert, vorausgesetzt, keiner klatscht im falschen Takt. Hier wird man förmlich gezwungen, den Rhythmus einzuhalten, man kann fast gar nicht mehr anders klatschen. Genau so ist es mit den Atomen: Sie haben keine Wahl, sie müssen zum Bose-Einstein-Kondensat werden und diese Gemeinschaft akzeptieren.

Sara: Ich habe die Atome ja noch nie beneidet, denn ich glaube, dass so ein Konzertbesuch mir mehr bringt, als ein Atom im Kondensat zu sein. Aber bei meiner nächsten Gelegenheit, im Takt mitzuklatschen muss ich sicher an die bemitleidenswerten, frierenden Atome im Kondensat denken!

[\[BEC-Home\]](#) [\[Bose\]](#) [\[Einstein\]](#) [\[1924-Story\]](#) [\[1995-Story\]](#) [\[Kondensat\]](#)