



Am kältesten Punkt des Universum

Sara: Das Thema über diese extrem kalten Temperaturen lässt mich einfach nicht in Ruhe - und jetzt auch noch dieser vielversprechende Titel. Jetzt will ich aber einmal wissen, was es damit auf sich hat!

Anja: Keine Sorge, ich werde dir alles erklären; nur mit der Ruhe. Der kälteste Punkt des Universums ist das Bose-Einstein-Kondensat! Da es auf der Welt mehrere Kondensate gibt, gibt es also nicht nur einen einzigen so kalten Punkt, sondern gleich verschiedene, aber das soll uns nicht stören. In so einem Bose-Einstein-Kondensat ist die Temperatur fast 0 K, genauer gesagt 300 nK, das sind $300 \cdot 10^{-9}$ K oder 0,0000003 K.

Im Universum dagegen hat es ungefähr 3 K, also eine nicht zu unterschätzende Konkurrenz, aber dennoch ist ganz deutlich, dass das Kondensat wesentlich kälter ist, denn gerade in diesem Bereich geht es um Unterschiede mindestens im Milli - Kelvin Bereich und hier haben wir ja eine Differenz von ein paar Kelvin.



Sara: Das ist ja kaum zu fassen, so weit unserer Vorstellung, was Kälte angeht, entfernt ist das Bose - Einstein Kondensat! Das hätte ich mir nicht träumen lassen! Aber jetzt halt mal, da fällt mir was ein: woher wollen die Wissenschaftler denn wissen, dass das Kondensat so kalt ist? Wie soll man das denn noch messen?

Anja: Das wollen wir uns jetzt einmal überlegen. Du kennst ja Thermometer aus dem Alltag - in deinem Zimmer hängt ja vielleicht auch eines. Hier funktioniert das Prinzip ja so: das Thermometer enthält ein Material wie zum Beispiel Quecksilber, das proportional zu seiner Temperatur seine Länge ändert. Das kennst du doch, oder?

Sara: Ich glaube schon... Ein Eisenstab dehnt sich doch beim Erhitzen aus.

Anja: Ja, das ist schon richtig. Wobei sich Festkörper im Gegensatz zu Flüssigkeiten und Gasen am wenigsten ausdehnen, da ihre Moleküle in einem Gitter ihren Platz haben und nur Schwingungen um ihre Ausgangsposition ausführen können. Je höher die Temperatur ist, desto größer sind ihre Schwingungsamplituden. Bei Flüssigkeiten und Gasen bewirkt eine Temperaturerhöhung eine Beschleunigung der Moleküle, deren Bewegung höchstens durch ein Gefäß eingeschränkt ist, was ebenfalls zu einer Vergrößerung des Volumens führt. Die Ausdehnung erfolgt immer in alle Richtungen. Bei Stäben oder Drähten wirkt sie sich vor allem auf die Länge aus.

Sara: Dann ist also die Ausdehnung ein Maß für die Temperaturerhöhung. Tritt beim Abkühlen nicht der umgekehrte Effekt auf, das heißt, das Material zieht sich zusammen?

Anja: Gut erkannt! Es entsteht also ein thermisches Gleichgewicht zwischen den beiden Stoffen, das hatten wir ja schon im Abschnitt [`Was ist kälter als kalt?`](#). Wichtig ist allerdings, dass das Thermometer gegenüber dem Objekt, dessen Temperatur bestimmt werden soll, sehr klein ist, damit dieses die Temperatur des Objekts annimmt und sich nicht durch den Austausch der thermischen Energie zwischen den beiden Körpern eine mittlere Temperatur einstellt. Diese würde dann nicht mehr der Ausgangstemperatur des Objekts entsprechen. Ein Thermometer in einem Raum oder im Garten ist somit ideal.

Sara: Okay, jetzt habe ich verstanden. Misst man dann die Temperatur der Atome in dem Vakuum auch so? Aber halt mal, das kann ja gar nicht sein: da müsste ich ja ein Loch in das Vakuum bohren, um das Thermometer hineinhalt zu können. Wird da nicht das Vakuum wieder zerstört?

Anja: Ich sehe schon, du denkst mit! Du hast vollkommen Recht, so funktioniert es nicht. Aber wenn du dich an den Abschnitt über die Temperatur erinnerst; da haben wir doch noch eine Größe kennen gelernt, die einen direkten Bezug zu der Temperatur in einem Gas hat.

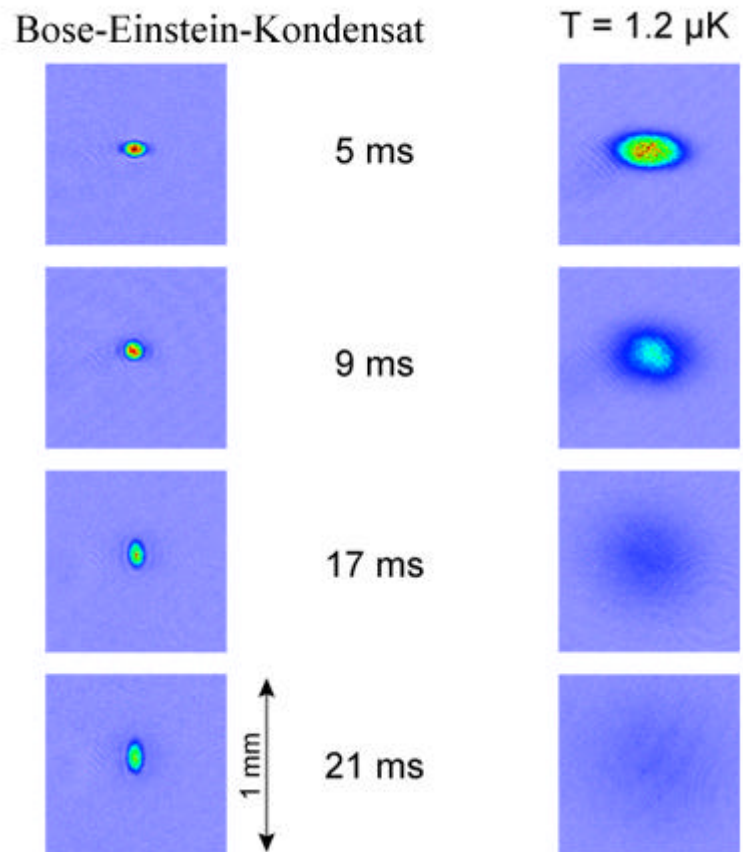
Sara: Ach, ja! Da war doch diese Tabelle mit der Temperatur eines Gases und der zugehörigen Geschwindigkeit. Aber wie hilft mir denn das weiter?

Anja: Dazu musst du noch wissen, dass die Rubidiumatome eine Wolke bilden, warum, das erkläre ich dir später ([mehr dazu: `Ein Käfig für Atome`](#)). Man kann sagen, sie werden durch eine Kraft gezwungen, sich auf möglichst engem Raum auf zu halten. Schaltet man diese Kraft ab, dann sind sie wieder völlig frei in ihrer Bewegungsrichtung und laufen auseinander. Das ist jetzt der entscheidende Punkt: die Geschwindigkeit, mit der sie sich nun auseinander bewegen ist das Indiz auf die Temperatur der Atome. Die einzelnen Atome einer Wolke bei fast 0K (= 300nK) bewegen sich in 10 ms, also einer Hundertstel-Sekunde, um 0,05 mm, die einer wärmeren bei 3 K in der gleichen Zeit fast 17 cm.

Sara: Das ist ja eine geschickte Methode, darauf wäre ich ja nicht so schnell gekommen. Da muss man das natürlich erst berechnen... Gut, dass ich das nicht machen muss! Aber das Prinzip habe ich jetzt verstanden.

Anja: Das freut mich. Was du aus diesem Abschnitt im Bezug auf das Bose - Einstein Kondensat mitnehmen sollst ist, dass dieses Phänomen nur bei fast 0 K auftritt, sonst ist es gar nicht realisierbar.

Sara: Ist gut, ich werd's mir merken. Aber ich habe auch so sehr viel dazu gelernt.



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