

# Laserlicht ohne Laser

*Kondensat aus kalten Photonen*

*Spe.* · Das Rezept zur Erzeugung von Laserlicht ist seit 50 Jahren bekannt. Entscheidend ist, dass man Atome oder Moleküle dazu stimuliert, Lichtwellen der gleichen Wellenlänge zu emittieren, die sich kohärent überlagern. Dass man laserartiges Licht auch anders erzeugen kann, haben jetzt Physiker der Universität Bonn demonstriert. Die Arbeitsgruppe von Martin Weitz sperrte ein Gas von Photonen in einen verspiegelten Hohlraum und kühlte es ab, bis eine grosse Zahl von Photonen im Zustand niedrigster Energie kondensierte.<sup>1</sup>

## Vom Gas zum «Superatom»

Bis anhin kennt man solche Bose-Einstein-Kondensate nur von atomaren Gasen. Kühlt man diese auf tiefste Temperaturen ab, so tritt die Wellennatur der Materie zutage. Sobald die Wellenfunktionen der dichtgepackten Gasatome zu überlappen beginnen, sammeln sich die Atome im Zustand niedrigster Energie. Sie verhalten sich nun nicht mehr wie individuelle Teilchen, sondern wie ein einziges «Superatom». Voraussetzung dafür ist, dass die Atome einen ganzzahligen Spin haben. Denn nur dann können mehrere von ihnen den gleichen Energiezustand besetzen.

Ebenso wie viele Atomsorten besitzen auch Photonen einen ganzzahligen Spin. Trotz mehrfachen Versuchen ist es Forschern bisher aber nicht gelungen, ein Gas aus Photonen zum Kondensieren zu bewegen. Anders als Atome können Photonen nämlich absorbiert werden, wenn sie mit Materie in Wechselwirkung treten. Sperrt man also ein Gas von Photonen in einen Hohlraum und kühlte es ab, so verschwinden die meisten Photonen in den Wänden, bevor sie den Zustand niedrigster Energie im Hohlraum bevölkern können.

Die Forscher aus Bonn umschifften dieses Problem, indem sie zwei gekrümmte Spiegel im Abstand von 1,5 Mikrometern aufstellten und den Hohlraum mit einer Farbstofflösung füllten. Das Energiespektrum der Photonen in dem Hohlraum ist nach unten begrenzt, da nur Wellen bis zu einer maximalen Wellenlänge in ihn hineinpassen. Wegen des geringen Abstands der beiden Spiegel ist die minimale Energie der Photonen rund hundertmal grösser als die thermische Energie der Farbstofflösung. Das macht eine Absorption der Photonen unwahrscheinlich. Die heissen Photonen geben bei Stössen lediglich Energie an das Kältebad ab und lassen sich so ohne Verluste abkühlen.

## Eine Frage der Dichte

Nun erhöhten die Physiker schrittweise die Zahl der Photonen in dem Hohlraum und analysierten das Licht, das durch einen der halbdurchlässigen Spiegel nach aussen gelangte. Bei niedriger Teilchendichte war die Energie der Photonen über einen breiten Bereich verteilt, der nach unten durch die Minimalenergie im Hohlraum begrenzt wurde. Beim Überschreiten einer kritischen Teilchendichte änderte sich jedoch das Bild. Das Licht besass zwar immer noch verschiedene Farbanteile. Im Zentrum des Lichtstrahls war nun jedoch ein scharf begrenzter gelber Fleck zu erkennen, der mit wachsender Teilchendichte immer heller wurde. Die Forscher sehen darin ein Indiz für eine massenhafte Kondensation von Photonen im Zustand niedrigster Energie.

Wie das Licht eines Lasers ist auch das Licht des Bose-Einstein-Kondensats einfarbig und kohärent. In einer Pressemitteilung der Universität Bonn wird deshalb bereits in Aussicht gestellt, dass die neuartige Lichtquelle Wellenlängenbereiche abdecken könnte, die mit Lasern bis heute noch nicht zugänglich sind. Weitz hält das für grundsätzlich möglich. Im Vordergrund stehen für ihn aber andere Aspekte. So könne man nun erstmals das Verhalten von Bose-Einstein-Kondensaten untersuchen, in denen es nahezu keine Wechselwirkung zwischen den Teilchen gebe.

<sup>1</sup> Nature 468, 517/518; 545-548 (2010).

Neue Zürcher Zeitung  
01.12.2010