

Ein Atom als Laser

Laser gibt es seit über 30 Jahren. Immer neue Entwicklungen der unterschiedlichen Komponenten haben sie zu unentbehrlichen Geräten in verschiedensten Anwendungsbereichen gemacht. Kürzlich stellten Wissenschaftler aus dem amerikanischen Massachusetts Institute of Technology (MIT) einen „Mikrolaser“ vor, der mit einem Atom im Resonator arbeitet [1]. Dabei geht es den Forschern um Kyungwon An allerdings weniger um technische Anwendungen. Vielmehr soll der Ein-Atom-Laser dazu dienen, theoretische Aussagen der Quantenelektrodynamik (QED) an isolierten Atomen experimentell zu überprüfen.

Möglich geworden sind solche Experimente durch neue sogenannte Supercavity-Resonatoren. Diese zeichnen sich durch ihre geringen Verluste und die dadurch bedingte hohe Frequenzgenauigkeit aus. Ein Maß dafür ist die Güte (das Verhältnis der Resonanzfrequenz zu ihrer Halbwertsbreite), die hier in der Größenordnung von 10^6 liegt. Solche Resonatoren ermöglichen die Anregung einer einzigen Schwingungsmode (single-mode cavity).

Den Mikrolaser hat man sich folgendermaßen vorzustellen: Seine wichtigsten Komponenten sind – wie bei jedem Laser – ein laseraktives Medium, eine Anregungsquelle und ein Resonator. Der Supercavity-Resonator besteht aus zwei gekrümmten Spiegeln in einem Abstand von etwa einem Millimeter. Über diesen Abstand, der mit einem piezoelektrischen Bauelement justiert wird, läßt sich die Resonanzfrequenz abstimmen. Das laseraktive Medium ist das häufigste natürliche Bariumisotop, ^{138}Ba . In einem Atomstrahlrohr wird ein Strahl aus Bariumatomen erzeugt, der den Resonator nach dem Verlassen senkrecht durchfliegt. Kurz bevor die Atome in den Resonator eintreten, werden sie von einem Pump laser angeregt. In der Cavity geben sie dann durch induzierte Emission ihre Anregungsenergie als Photonen mit einer Wellenlänge von 791 nm wieder ab. Durch Reflexion an den Spiegeln werden die Photonen, von geringen Verlusten

abgesehen, im Resonator gehalten. So stellt sich dort ein Gleichgewicht mit einer konstanten Photonenzahl ein, die von der mittleren Zahl der Atome in der Lasermode abhängt.

Laseroszillationen sind im Mikrolaser auch dann noch meßbar, wenn die Intensität des Atomstrahls so gering ist, daß sich im Mittel weniger als ein Atom im Resonator aufhält. Bei durchschnittlich einem Atom wurde beispielsweise immer noch eine mittlere Zahl von zehn Photonen nachgewiesen.

Quantitativ lassen sich die Photonenzahlen im Mikrolaser mit einer Theorie beschreiben, die auf der Mikrolaser-Theorie basiert. Die Autoren haben mit ihren ersten Messungen gezeigt, daß der Ein-Atom-Laser realisierbar ist. Für zukünftige Versuche wollen sie den experimentellen Aufbau optimieren, um die Verluste noch weiter zu reduzieren, damit die Photonenausbeute pro Atom höher wird. Sie erhoffen sich dann die Bestätigung einer ganzen Reihe von quantenelektrodynamischen Vorhersagen, die sich bisher noch nicht experimentell an isolierten Atomen testen ließen.

[1] K. An, J. J. Childs, R. R. Dasari, M. S. Feld; *Phys. Rev. Lett.* **73**, 3375 (1994).

[2] J. Maddox; *Nature* **373**, 101 (1995).

Angelika Leute, Münster