Kann man mit Gummibärchen einen Laser bauen?

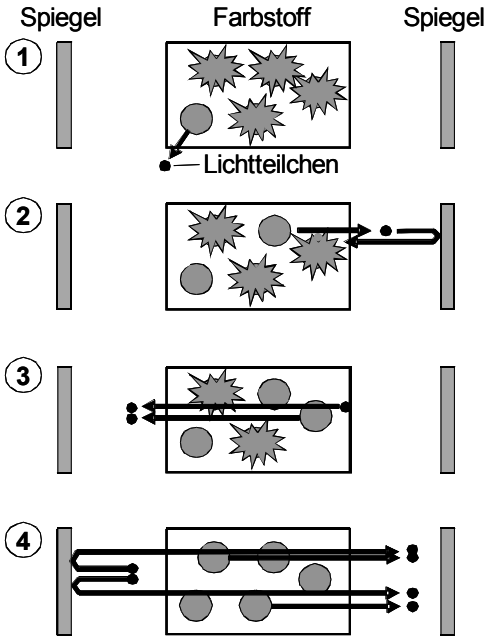
Peter Hamm, Institut für Physikalische Chemie, Universität Zürich

Was heisst das Wort "Laser"?

Das Wort "Laser" war ursprünglich eine Abkürzung von: "**L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation". Das ist Englisch, und man könnte es übersetzen als: "Lichtverstärkung durch angesporntes Aussenden von Licht" (obwohl diese Übersetzung für einen Physiker ganz furchtbar gruslig klingt; die Sprache der Physik ist Englisch, und deshalb gibt es eigentlich keine Übersetzung). Auch der deutsche Ausdruck ist sehr kompliziert, aber er sagt viel darüber aus, wie ein Laser funktioniert:

Wie funktioniert ein Laser?

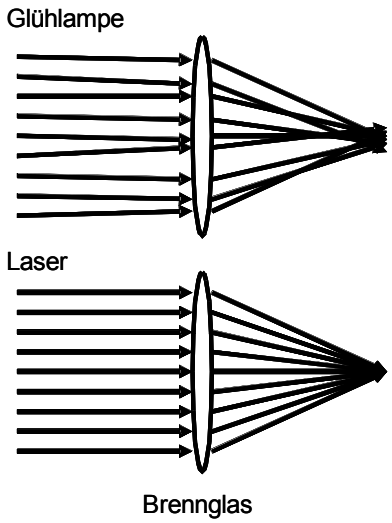
Es braucht zwei Zutaten, um einen Laser zu bauen: einen Laserfarbstoff, und ein Spiegelpaar (den sogenannten Resonator):



- Farbstoffe sind Stoffe, die Licht verschlucken (man sagt: "absorbieren"). Meist tun sie das nur für bestimmte Farben des Regenbogens. Das ist der Grund warum Farbstoffe eine Farbe haben: Sie absorbieren einen Teil der Regenbogenfarben, und das, was überbleibt, sehen wir als Farbe. Nun ist es so, dass die Energie des Lichtes, das sie absorbiert haben, in dem Farbstoff gespeichert ist. Manche Farbstoffe sind in der Lage, diese Energie in Form von Licht wieder auszusenden (wie ein "Licht-Akku"). Diesen Vorgang nennt man Fluoreszenz. Wenn man einen Laser einschaltet, passiert zuerst genau das. Problem ist nur, das Fluoreszenzlicht nicht gerichtet ist, und genau wie das Licht einer Glühlampe in alle Richtungen ausgesendet werden würde (Schritt 1 in nebenstehender Abbildung).
- Darum braucht es zusätzlich den Resonator: Diejenigen Lichtteilchen (Photonen), die anfangs zufällig in Richtung des Spiegels ausgesendet werden, werden von diesem zurückreflektiert, und gelangen wieder in den Farbstoff (Schritt 2). Dort passiert etwas Merkwürdiges: Wenn ein Lichteilchen an einem "aufgeladenen Licht-Akku“ vorbeikommt, **spornt** es diesen **an**, seine Energie in Form eines zweiten **Licht**teilchens ebenfalls **auszusenden**. Diesen Vorgang nennt man "stimulierte Emission". Aus einem Lichtteilchen werden zwei (Schritt 3), diese fliegen auf den Spiegel auf der anderen Seite, werden wieder zurück reflektiert und machen 4 Lichtteilchen (Schritt 4), und so weiter. Das Licht des ersten **Licht**teilchens wird stärker (man sagt „**verstärkt**“**),** bis alle „Licht-Akku's“ leer sind. Somit sind alle Wörter in "**Lichtverstärkung** durch **ange**s**pornt**es **Aussenden** von **Licht**" erklärt.

Warum ist das Licht eines Lasers anders als das der Sonne oder einer Glühlampe?

Der entscheidende Punkt ist, dass alle diese Lichtteilchen, die aus ursprünglich einem entstanden sind, in exakt dieselbe Richtung fliegen. Darum ist ein Laserstrahl so extrem gerichtet, und man kann ihn auf unwahrscheinlich kleine Punkte bündeln. Wie mit einem Brennglas: Man kann das Licht der Sonne (oder einer Glühlampe) mit einem Brennglas bündeln, und im Brennpunkt wird so heiss, dass man unter Umständen eine Zeitung anzünden kann. Dafür brauchst Du ein grosses Brennglas, und einen sehr sonnigen Tag. Bloss: Einen Laser kann man auf einen viel, viel kleineren Punkt bündeln, der hundertmal kleiner ist als die Dicke eines Haares. Dort wird es noch viel heisser (unter Umständen über 10.000 °C), und man kann nicht nur eine Zeitung anzünden, sondern Metal schmelzen oder Stein verdampfen.



Welche Laser gibt es?

Es gibt sehr viele verschiedene Laser. Man unterscheidet Laser im Wesentlichen nach den Laserfarbstoffen, die sie verwenden. Die Laserfarbstoffe können flüssig sein (wie in der Vorlesung), bestimmte farbige Kristalle sein, oder auch Gase. Es gibt Laserfarbstoffe, die eine "Farbe" besitzen, die wir gar nicht sehen. Das klingt komisch, aber es ist so, dass es jenseits der Regenbogenfarben noch weitere Farben gibt (manche Tiere sehen mehr Farben wie wir). Laser mit solchen Laserfarbstoffen senden Licht aus, das für uns unsichtbar ist. Es ist aber trotzdem da, und kann extrem energiereich sein. Die meisten Laser in technischen Anwendungen sind in der Tat solche unsichtbaren Laser. Die wichtigsten Laser sind:

- Halbleiterlaser (Kristall, rotes oder unsichtbares Licht, sehr klein, im CD Player)
- Nd:YAG-laser (Kristall, unsichtbares Licht, sehr leistungsstark, beim Zahnarzt)
- CO_2 Laser (Gas, unsichtbar, noch leistungsstärker, zum Schweissen).

Welche Anwendungen haben Laser?

Die meisten Anwendungen von Lasern nützen die Tatsache aus, dass das Licht eines Lasers auf einen unwahrscheinlich kleinen Punkt gebündelt werden kann. Im CD Player ist das wichtig, da auf der CD ganz kleine Muster gezeichnet sind (so klein, dass Du sie nicht sehen kannst), diese Punkte wie Buchstaben gelesen werden müssen, und der CD Player daraus die Musik macht. Je kleiner die Buchstaben, desto mehr Musik hat auf der CD Platz. In der Medizin haben Laser Anwendungen als sehr scharfe Messer. Dazu wird ein leistungsstarker Laser gebündelt, und an der Stelle entsteht ein ganz kleines Loch. Wenn man den Laserpunkt verfährt, entsteht daraus ein Schnitt, der sehr viel feiner und genauer ist als der Schnitt mit einem Messer. Hauptsächlich werden Laser für Operationen am Auge verwendet, aber auch z.B. fürs Bohren ohne Schmerzen beim Zahnarzt. Die leistungsstärksten Laser werden zum Schweissen verwendet: Autos werden heute zum grossen Teil mit Lasern zusammen geschweisst. Auch in Physik- und Chemielabors finden sich Laser für vielerlei Anwendungen; hauptsächlich als Messgeräte.