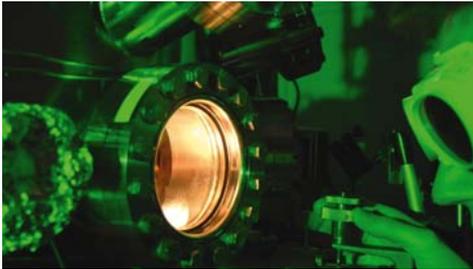


„Zutaten“ eines Lasers

A3: DIE BESONDERHEITEN DES LASERLICHTS

In einem Laser geht es extrem geordnet zu. Er strahlt Licht in einer sehr reinen Farbe ab, das er auch kräftig verstärkt. Dazu füttert er es ständig mit neuen Energiepaketen, mit Photonen in der exakt passenden Lichtfarbe. Dieser Verstärkungsmechanismus benutzt nur eine einzige Atomsorte. In diesen Atomen trägt wiederum ein einziger Quantensprung zwischen zwei ausgewählten Energiesprossen zur Verstärkung bei. Das ist der Laserübergang. Zudem emittieren diese Atome ihre Lichtquanten auch noch im präzisen Gleichtakt mit der Lichtwelle, die im Laser entsteht. Deshalb besteht Laserlicht aus sehr langen Lichtwellenzügen, wie eine lang und gleichmäßig laufende Meeresdünung.



A4: PINGPONG MIT QUANTEN

Für die Verstärkung im Gleichtakt der Lichtwelle sorgt ein besonderer Effekt. Diese induzierte Emission beschrieb Albert Einstein 1917 zum ersten Mal. Er hatte erkannt, dass Atome nicht nur spontan Lichtquanten abstrahlen können. Wenn ein Photon an einem Atom vorbeifliegt, kann es dieses auch gezielt zur Lichtemission anregen, indem es ein Elektron von einer höheren Bahn sozusagen herunterschüttelt, wie einen Apfel von einem Baum. Das Atom strahlt dabei ein Photon mit exakt der gleichen Energie – also Farbe – ab. Dieses neue Energiepaket schwingt sich sauber in den Rhythmus der Lichtwelle im Laser ein. Dadurch vergrößert sich die Amplitude dieser Welle. Damit diese Lichtverstärkung funktioniert,

müssen die Atome allerdings noch zwei Voraussetzungen erfüllen: Erstens müssen sich in ihnen auch Elektronen auf der höheren Sprosse des Laserübergangs befinden, und zweitens muss einer der atomaren Quantenübergänge genau der Energie der vorbeikommenden Photonen entsprechen. Im Laser passt das alles zusammen.

Einsteins Entdeckung hatte lange keine praktischen Folgen. Erst in den 1950er-Jahren erkannten einige Physiker, dass sie die induzierte Emission ganz gezielt zur Verstärkung von elektromagnetischen Wellen nutzen können.

Die weitere wichtige Zutat zum Laser ist der optische Resonator. Ihn formen Spiegel, zwischen denen die Quanten des Laserlichts wie Pingpong-Bälle hin und her laufen. Einer der Spiegel muss teilweise lichtdurchlässig sein. Durch ihn entwischt ein kleiner Anteil der Photonen und formt den Laserstrahl. Durch dieses gewollte Leck würde der Laser allerdings sofort seine Energie verlieren, besäße er keinen Lichtverstärker. Dieser Verstärker steckt im Lasermedium. Es befindet sich im Resonator und enthält genau die Atome, die im Laserübergang leuchten sollen. Wenn die Photonen beim Spiegel-Pingpong immer wieder das Lasermedium durchqueren, „schütteln“ sie die Elektronen dieser Atome herunter, die nun in Lawinen den Laserübergang hinunterfallen. Über die so stimulierte Emission schicken sie zusätzliche Photonen ins Pingpong-Spiel und das Lichtfeld im Resonator schwillt an.

A5: EINE PUMPE FÜR DEN LASER

Damit ein Laser funktioniert, braucht er noch eine Zutat. Bis jetzt würden die Photonen das obere Energieniveau des Lasermediums entleeren, und dann wäre erst einmal Schluss. Der Laser braucht deshalb noch eine Pumpe, die die Elektronen wieder ins obere Niveau des Laserübergangs schafft. Sie muss sozusagen das Fallobst wieder in den Baum hängen. Erst das permanente Pumpen stellt sicher, dass der Laser immer genug Elektronen für eine nennenswerte Lichtverstärkung zur Verfügung hat. Es versorgt den Laser auch mit frischer Energie: Denn wer die Äpfel wieder hoch hängt, leistet Arbeit.

Manche Laser strahlen in Pulsen, andere kontinuierlich. Zur ersten Kategorie gehörte der erste Rubinlaser weltweit, dessen Pumpe das Blitzlicht der Gasentladungslampe war. Neben diesen „optisch gepumpten“ Lasern gibt es auch solche, in denen ein elektrischer Strom den Laserprozess pumpt. Dazu zählen Gaslaser wie der weit verbreitete Helium-Neon-Laser. In seinem Lasermedium erzeugen Elektroden leuchtende Gasentladungen, wie in einer Neonröhre. Auch Laserdioden – wie sie zum Beispiel in allen DVD- oder CD-Geräten stecken – werden elektrisch gepumpt.