



STRUKTUREN UND SYMMETRIEN IM LICHT

$2 \times \text{Rot} = \text{Grün}$

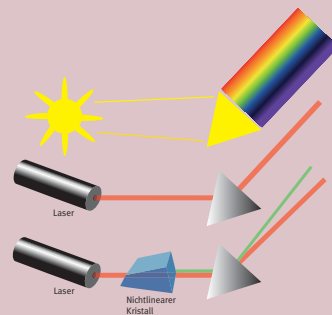
Symmetrien und farbiges Laserlicht



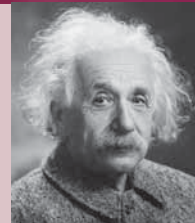
◀ Laserlicht erzeugt neue Farben in einem nichtlinearen Kristall

Frequenzverdopplung – aus Rot wird Grün

Sonnenlicht lässt sich mit einem Prisma in Spektralfarben zerlegen. Laser hingegen strahlen einfarbiges Licht aus, welches sehr intensiv sein kann. Aus einfarbigem Laserlicht lassen sich neue Farben mit Hilfe von nichtlinearen Effekten erzeugen. In einem nichtlinearen optischen Kristall versetzt das Licht kleine Teilchen in Schwingungen, welche wiederum Licht abstrahlen. Wenn die Symmetrie des Kristalls passt, dann wird zusätzlich zu der ursprünglichen Farbe des Laserlichtes, Licht mit der doppelten Frequenz erzeugt - aus rotem Licht wird dann grünes Licht.



◀ oben: Prisma zerlegt Sonnenlicht in Spektralfarben
mitte: Laserlicht ist einfarbig
unten: Grünes Licht entsteht durch nichtlineare Frequenzverdopplung



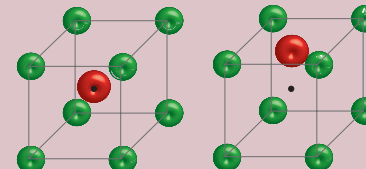
▲ Wegbereiter der nichtlinearen Optik
oben: Albert Einstein
mitte: Theodore Harold Maiman – Erfinder des Lasers
unten: Peter Franken – Entdecker der Frequenzverdopplung

Wie funktioniert ein grüner Laserpointer?

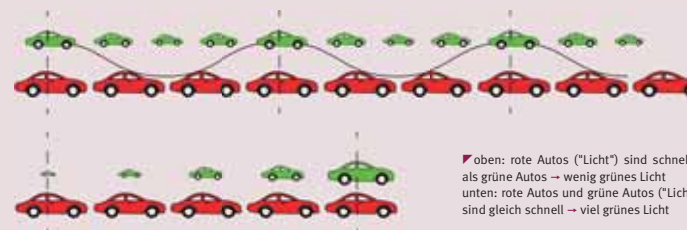
Rote Laserpointer sind kleine Laser, die direkt rotes Licht aussenden. Grüne Laserpointer sind hingegen häufig Laser, in denen die Frequenz des infraroten Lichtes in einem nichtlinearen optischen Kristall verdoppelt wird. Dies funktioniert nur, wenn die Atome in dem Kristall nicht symmetrisch um einen Punkt angeordnet sind. Damit leistungsstarkes grünes Licht erzeugt werden kann, müssen zusätzlich die Geschwindigkeiten des infraroten und grünen Lichtes in dem Kristall gleich groß sein. Dafür muss der Kristall im passenden Winkel zum Laserstrahl stehen. Durch Drehen des Kristalls lässt sich die Intensität des frequenzverdoppelten grünen Lichtes optimieren. Probiere es selbst aus!



▲ Im Laserpointer wird grünes Licht aus infrarotem Licht erzeugt



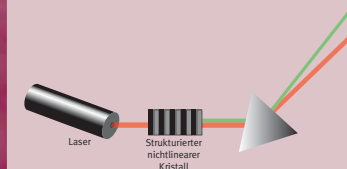
▲ Kristallstrukturen mit und ohne Inversionssymmetrie



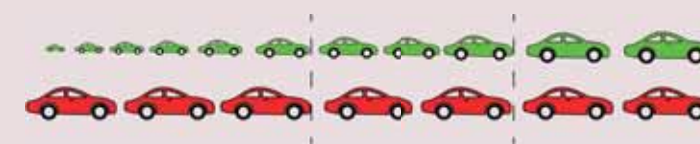
◀ oben: rote Autos ("Licht") sind schneller als grüne Autos → wenig grünes Licht
unten: rote Autos und grüne Autos ("Licht") sind gleich schnell → viel grünes Licht

Strukturierte Kristalle – vielseitig einsetzbar

Laseranwendungen erfordern oft Licht mit ganz bestimmten Farben. Allerdings ist es nicht immer möglich für diesen Zweck, einen geeigneten nichtlinearen optischen Kristall zu finden. Vielseitig einsetzbar sind Kristalle mit regelmäßigen künstlichen nichtlinearen Strukturen, welche aktuell erforscht werden. Die Symmetrie in dem strukturierten Kristall ändert sich abwechselnd und sorgt dafür, dass grünes und rotes Licht im Mittel gleich schnell sind. Die einzelnen Strukturen sind nur wenige tausendstel Millimeter groß und werden erst mit einem speziellen Mikroskop sichtbar. Diese Mikroskope nutzen wiederum Laser und nichtlineare Optik.



▲ Ein strukturierte Kristall aufgenommen mit nichtlinearer Mikroskopie



▲ Die roten Autos ("Licht") sind schneller als die grünen Autos, aber an jedem neuen Hindernis werden die Geschwindigkeiten wieder angepasst. Im Mittel sind die Autos gleich schnell und es wird viel grünes Licht erzeugt.

