

Ein Lineal aus reinem Licht

AUFGABEN

- ❶ Beschreiben Sie die Arbeitsweise des optischen Frequenzkamms. Warum bezeichnet man ihn auch als „Lineal aus Licht“?
- ❷ Erläutern Sie die praktische Bedeutung des KurzpulsLasers.
- ❸ Warum wurde der Nobelpreis für Physik 2005 an drei Wissenschaftler zusammen vergeben? Recherchieren Sie dazu unter www.nobelprize.org im Internet.

A1: EIN OPTISCHER FREQUENZKAMM MACHT „KARRIERE“

Es gibt auch Laser, die alle traditionellen Regeln brechen. Sie strahlen keine langen Lichtwellenzüge in einer reinen Farbe ab, sondern produzieren extrem kurze Pulse. Diese blitzen nur für wenige Femtosekunden oder gar Attosekunden auf. Eine Femtosekunde ist der milliardstel Teil einer Sekunde, und eine Attosekunde ist nur ein Tausendstel dieser schon unvorstellbar kurzen Zeitspanne.



Einen berühmt gewordenen KurzpulsLasers hat Theodor W. Hänsch zusammen mit Kollegen vom Max-Planck-Institut für Quantenoptik entwickelt. Dieser Laser sendet viele kurze Lichtpulse hintereinander aus, die wir als kontinuierlich strahlendes weißes Licht wahrnehmen. Es unterscheidet sich aber grundlegend vom ebenfalls weißlichen Licht einer Glühbirne. Sein Spektrum besteht aus Hunderttausenden von separaten, extrem feinen Farblinien. Sie unterteilen das sichtbare Spektrum vom Tiefroten bis ins Violette in eine präzise „Skala“. Da diese Linien wie die Zinken eines superfeinen Kamms nebeneinander liegen, heißt das Lasergerät optischer Frequenzkamm. Die Garchinger Wunderlampe löste endlich ein großes Problem der Physik. Bis zu seiner Erfindung gab es kein praktisch verwendbares Gerät, das die Frequenz von Licht – also seine Farbe – direkt und präzise messen kann.

Im Prinzip besteht eine Frequenzmessung aus dem schlichten Mitzählen von Schwingungen in einer festen Zeitspanne. Doch sichtbares Licht macht in einer Sekunde fast eine Million mal eine Milliarde Schwingungen! Das ist viel zu schnell für jede Elektronik. In der Praxis mussten die Physiker deshalb ausweichen. Sie maßen mit Interferometern die Wellenlänge statt der Frequenz des Lichts. Beide Größen sind theoretisch auch völlig gleichberechtigt. Doch leider ist die Wellenlängenmessung immer viel ungenauer als eine Frequenzmessung. Den Schlüssel zur Lösung dieses Problems lieferte eine besondere Eigenschaft der spektralen Linien des Frequenzkamms: Zwei benachbarte Linien unterscheiden sich nur gering in ihrer Frequenz. Ihre Überlagerung ergibt eine relativ langsam schwingende Schwebung von „nur noch“ einigen Hundert Millionen Schwingungen pro Sekunde. Das funktioniert wie bei zwei fast identischen Tönen in der Musik, die sich zu einem langsam an- und abschwellenden Gesamtklang überlagern.

Die Physiker „verzahnen“ diese optischen Schwebungen trickreich zu einem „Getriebe“ aus Licht. Es untersetzt die rasenden Lichtschwingungen in viel langsamere Mikrowellenschwingungen. Diese kann eine Elektronik mitzählen. Der optische Frequenzkamm erlaubt die Frequenzmessung von jeder Lichtfarbe. Dabei ist er um sensationelle fünf Größenordnungen präziser als die besten Wellenlängen-Messungen. Er liefert auch die „Uhrwerke“ für neue optische Uhren, an denen zurzeit viele Forschergruppen arbeiten. Diese ticken hunderttausend mal schneller als die heutigen Cäsium-Atomuhren und erlauben eine entsprechend feinere Zeitmessung. Das ermöglicht beispielsweise eine viel genauere Satellitennavigation. Theodor Hänsch erhielt für seine Arbeit 2005 den Nobelpreis für Physik zusammen mit den beiden Amerikanern Roy Glauber und John Hall.

