

# 183 Die Bestandteile des Lichts

## ZUSAMMENFASSUNG

Es wird oft gesagt, Licht bestehe aus Wellen verschiedener Wellenlängen. Es ist passender zu sagen, man kann das Licht in Wellen verschiedener Wellenlängen zerlegen, denn es sind auch andere Zerlegungen möglich.

## Gegenstand

Man sagt, weißes Licht bestehe aus Licht verschiedener Wellenlängen oder Frequenzen:

„Fällt weißes Licht so auf ein Prisma, dass es zweimal gebrochen wird, dann wird es in seine Bestandteile zerlegt...“

„In der Natur, speziell bei der Sonnenstrahlung (Planckscher Strahler), liegt aufgrund der Entstehung der Strahlung eine Überlagerung von Wellenlängen vor.“

„...womit der Beweis erbracht ist, dass 'weißes' Licht aus den verschiedenen Wellenlängen des Spektrums besteht.“

„Licht besteht aus Photonen; ein Photon hat eine bestimmte Wellenlänge; Licht besteht aus Anteilen verschiedener Wellenlängen.“

„Why does white light consist of many different wavelengths?“

„White light consists of a mixture of all wavelengths of light.“

## Mängel

Wir sehen ab von Schnitzern wie „Weißes Licht besteht aus verschiedenen Wellenlängen“, oder „Weißes Licht besteht aus verschiedenen Frequenzen“, d.h. Formulierungen, die jedem, der an begriffliche Klarheit gewöhnt ist, weh tun müssen. Das Thema wurde in *Altlast 167* diskutiert. Hier geht es um etwas anderes.

Man kann Licht auf verschiedene Arten beschreiben. In anderen Worten: Es gibt verschiedene Theorien des Lichts: die Strahlenoptik, die sich mit der optischen Abbildung befasst, die nichtabbildende Optik, bei der die Energiestromverteilung im Mittelpunkt steht, die Wellenoptik, die im Wesentlichen eine elektrodynamische Beschreibung ist, die thermodynamische Beschreibung, die bei der Berechnung des Wirkungsgrades von Solarzellen eine Rolle spielt, und schließlich die Quantenoptik. Keine der Theorien ist falsch – selbstverständlich nicht. Man kann auch nicht sagen, dass eine besser sei als die andere. Welche Theorie zum Einsatz kommt, hängt nur davon ab, was für ein Problem man lösen will.

Wir beschränken uns im Folgenden auf die in der Schule beliebteste Beschreibung, nämlich die Wellenoptik, sowie auf die Thermodynamik des Lichts.

Zurück zu unseren Zitaten, die sicher als typisch gelten können: Danach *besteht* Licht aus Anteilen verschiedener Wellenlängen.

Nun besteht aber Licht keineswegs aus Sinus-Bestandteilen, wenn man den Ausdruck „bestehen aus“ so verwendet, wie es in der Umgangssprache üblich ist. „Bestehen aus“ heißt: die Bestandteile eines Objekt sind in dem Objekt enthalten und darin erkennbar. Statt „bestehen aus“ könnte man also besser sagen: man kann das Licht in Beiträge verschiedener Wellenlängen *zerlegen*.

Denn man kann es nicht nur in Sinus-Anteile zerlegen. Es gibt beliebig viele Möglichkeiten der Zerlegung.

Sagen wir denn, dass die Wasserwellen auf dem Meer aus Wellen verschiedener Wellenlängen bestehen? Wenn es jemand sagen würde, würden wir ihm wahrscheinlich spontan entgegen: Man sieht doch, dass das keine Sinuswellen sind. Bis uns einfällt, dass man die unordentliche Bewegung des Wassers genauso in Fourier-Komponenten zerlegen kann wie das Sonnenlicht.

Es ist zu befürchten, dass wir in den Köpfen der Schülerinnen und Schüler oder der Studierenden ein Bild erzeugen, das etwa wie in Abb. 1 aussieht, wobei man möglicherweise die Wellenschwänze gleich als Photonen verkauft. (Man sagt vielleicht auch noch, dass ein Photon eine *bestimmte* Wellenlänge habe, siehe unser drittes Zitat. Dann müsste es allerdings unendlich lang sein. Gleichzeitig gibt man aber zu verstehen, dass es doch nicht sehr lang ist, sondern eher punktförmig, und über die Breite äußert man sich schon gar nicht.)

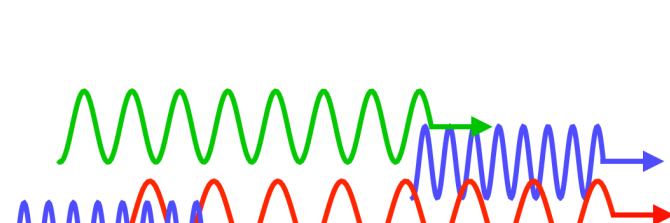


Abb. 1. Bestandteile des Lichts? Photonen?

Es wäre passender, die Beschreibung des Zustandes des elektromagnetischen Feldes, der im Sonnenlicht vorliegt, zu beginnen, ohne auf die Fourierzerlegung Bezug zu nehmen: Das Feld befindet sich im Zustand maximaler Unordnung oder maximaler Entropie; man kann auch sagen maximaler Verschmierung im Phasenraum oder maximaler Inkohärenz. Der zeitliche Verlauf des Feldstärkebeitrages sieht etwa aus, wie es Abb. 2 zeigt.

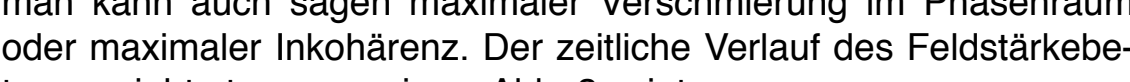


Abb. 2. Weißes Licht: Feldstärkeverlauf an einem Ort als Funktion der Zeit

Man ist als Physiker geneigt, ein solches Feld hässlich zu finden. In der Nachrichtentechnik würde man es Rauschen nennen, und Rauschen ist eine Erscheinung, die es zu vermeiden gilt. Ist nicht das monochromatische Licht am besten zum Experimentieren geeignet? Und auch die mathematische Beschreibung von monochromatischem Licht ist doch viel einfacher, als die des chaotischen weißen Lichts, oder nicht? Nicht unbedingt. Denn das maximal ungeordnete oder „thermische Licht“ ist auf eine andere Art sehr einfach. Man kann es beschreiben durch den Wert von nur zwei Variablen: der Temperatur und dem chemischen Potenzial – wobei das chemische Potenzial in den meisten interessierenden Fällen auch noch null ist. Das, was uns aus einem Blickwinkel als maximal kompliziert erscheint, ist also aus einem anderen besonders einfach. Von den Wissenschaftstheoretikern wird eine solche aus dem Durcheinander herauswachsende Einfachheit durch den Begriff *Emergenz* erfasst.

## Herkunft

An erster Stelle wohl vom Prisma: Wenn hinten Lichtbeiträge verschiedener Farben herauskommen, so ist der Schluss naheliegend, dass die vorher auch schon drin waren. Eine ähnliche Leichtfertigkeit im Umgang mit dem „bestehen aus“ treffen wir auch in anderen Zusammenhängen an, etwa in der Atomphysik: Man sagt, die Elektronenhülle *bestehe* aus Atomorbitalen. Man kann die Atomhülle aber auch anders zerlegen, und das tut man, wenn es angebracht ist. Die Anteile bekommen dann den etwas abschreckenden Namen Hybridorbitale. Dem Studenten erscheint es, als sei hier etwas grundsätzlich Neues und vielleicht schwer Verständliches geschehen, vielleicht auch eine Art Taschenspielertrick. Tatsächlich hat man aber den Gesamtkuchen Atomhülle nur in anders geformte Stücke zerteilt.

Zu der Vorstellung, weißes Licht bestehe aus Sinuswellen, trägt wahrscheinlich auch eine Sprachgewohnheit bei. Der Satz „Licht ist eine elektromagnetische Welle“ ist im Sinne der Physik nicht falsch. Andererseits versteht man in der Umgangssprache unter einer Welle einen regelmäßigen, periodischen Vorgang. Ein Verlauf wie ihn Abb. 2 zeigt würde man nicht als Welle bezeichnen.

## Entsorgung

- Sorgfalt im Umgang mit der Sprache. Deutlich machen, dass die spektrale Zerlegung nur eine von vielen Möglichkeiten der Zerlegung ist.
- Die Sinuswellen nicht als das Eigentliche, d.h. als die tiefere Wahrheit einführen. Und vor allem: Auch Bilder von Lichtverteilungen zeigen, die nicht sinusförmig sind.
- Und schließlich wieder: Etwas Thermodynamik kann nicht schaden.