

204 Die Strahldichte

ZUSAMMENFASSUNG

Mit der Größe Strahldichte kann man ein Strahlungsfeld lokal beschreiben. Das Messverfahren ist einfach, und die Größe gestattet es, wichtige physikalische Aussagen zu machen, die man weder mit der geometrischen noch mit der Wellenoptik bekommt.

Gegenstand

Schaut man durch ein kleines Rohr, dessen Innenwände geschwärzt sind, auf eine einfarbige, gleichmäßig beleuchtete Wand, so kann man auf Grund dessen, was man sieht, nicht entscheiden, wie weit man von der Wand entfernt ist.

Mängel

Das beschriebene Experiment zeigt es besonders deutlich, aber die Erscheinung äußert sich auch ohne diesen experimentellen Aufwand. Sie ist allgegenwärtig. Man kann sie auch so formulieren: Die wahrgenommene Helligkeit eines Gegenstandes ändert sich nicht mit der Entfernung. Wahrgenommen wird sie durch unsere Augen, aber auch durch jede Kamera. Auge und Kamera sind gute Messinstrumente dafür. Aber wofür eigentlich? Es muss eine lokale Größe sein, denn „gemessen“ wird sie am Ort des Auges bzw. der Kamera, und nicht am Ort der Fläche, von der das Licht kommt. Es ist eine physikalische Größe, die in der Schulphysik mit keinem Wort erwähnt wird, und die auch in der Hochschulphysik eher selten zu finden ist: die Strahldichte L .

Ohne die Strahldichte ist auch schwer zu verstehen, warum man mit Hilfe von Linsen oder Spiegeln Sonnenlicht nicht so konzentrieren kann, dass sich eine Temperatur einstellt, die höher ist als an der Oberfläche der Sonne. Die einfachen Regeln der geometrischen Optik würden eine solche Konzentration zulassen.

Herkunft

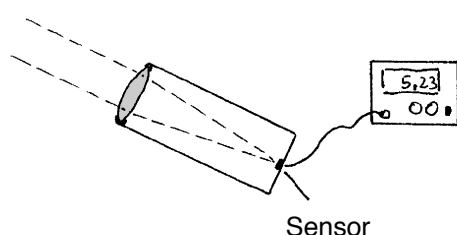
Die Inhalte des Physikunterrichts beruhen zum großen Teil auf Konvention. Und die will es nun einmal, dass man das Licht mit den Werkzeugen der geometrischen Optik behandelt. Nach der Energieverteilung und der Energiestromverteilung wird nicht gefragt.

Etwas Abstoßendes bekommt das schöne Thema noch durch den Kontext, indem es einem begegnet, wenn es einem überhaupt begegnet: Wenn man sich durch die vielen Begriffe und Definitionen der Photometrie, sowie der Radiometrie hindurchgearbeitet hat, hat man wahrscheinlich die Hoffnung, dass es hier etwas fundamentales zu verstehen gibt, längst verloren.

Entsorgung

Unter Strahldichte versteht man die Energiestromdichte pro Raumwinkel. (Wir interessieren uns hier nicht für die Wellenlängenabhängigkeit. Wir können also annehmen, wir sprechen von monochromatischem Licht.) Sie ist eine skalare Größe, mit der man ein Strahlungsfeld lokal beschreibt. Sie hängt nicht nur vom Ort (x, y, z) im Strahlungsfeld ab, sondern in jedem Punkt auch noch von der Richtung (ϑ, ϕ) .

Das hört sich kompliziert an, ist es aber nicht. Man versteht die Größe am besten, wenn man ein Strahldichtemessgerät betrachtet, siehe die Abbildung.



Strahldichtemessgerät. Es misst die Strahldichte am Ort des Linseneingangs und der Richtung der optischen Achse des Geräts.

Es misst die Strahldichte am Ort des Eingangs der Linse, und der Richtung der optischen Achse des Geräts. Um die Ortsverteilung der Strahlung zu bekommen, bewegt man das Gerät bei festgehaltener Richtung im Raum herum. Für die Winkelabhängigkeit dreht man es an einem festgehaltenen Ort in die verschiedensten Richtungen. (Wenn man noch die Frequenzabhängigkeit misst, bekommt man die spektrale Strahldichte. Sie beschreibt dann das Strahlungsfeld im sechsdimensionalen Phasenraum.)

Bewegt man das Gerät in Richtung seiner optischen Achse, ohne seine Orientierung zu ändern, so ändert sich der Messwert nicht, oder allgemeiner: Die Strahldichte in Richtung eines Lichtstrahls ist an jedem Ort des Strahls dieselbe. Das Licht kann dabei durch ein beliebiges optisches System aus Linsen und Spiegeln hindurchgehen – die Strahldichte ändert sich auf einem Strahl nicht. Nur wenn das Licht gestreut oder absorbiert wird, ändert sie sich. (Beim Eintritt in ein Material der Brechzahl n nimmt sie um n^2 zu, beim Austritt geht sie aber wieder auf den alten Wert zurück.)

Wenn man die Größe mal hat, und insbesondere diese letzte Regel kennt, so ist nicht schwer zu verstehen, warum man Sonnenlicht nur so stark konzentrieren kann, dass man wieder die Temperatur der Sonnenoberfläche erreicht. Das höchste, was man erreichen kann, ist, dass in jedem Punkt der Bildebene Licht aus dem ganzen Halbraum kommt. Da die Strahldichte dieselbe ist wie schon beim Start an der Sonnenoberfläche, befindet man sich am Ort des Bildes gerade in derselben Situation wie direkt über der Sonnenoberfläche: Das Licht kommt aus dem ganzen Halbraum. Es ist so als hätte man den Empfänger direkt vor die Sonne gehalten. Es wird sich also bestenfalls thermisches Gleichgewicht zwischen Sonnenoberfläche und Empfänger einstellen.