

# 1 Grundlagen

Der Sehvorgang »beginnt« mit dem Licht. Ohne Licht ist eine visuelle Wahrnehmung nicht möglich, denn das menschliche Auge kann Körper nur wahrnehmen, wenn von ihnen ausgehendes bzw. reflektiertes Licht in das Auge gelangt.

Bei der Bewertung der lichttechnischen und optischen Eigenschaften von Beleuchtungsgeräten bedient man sich bestimmter Begriffe und Maßeinheiten, die wichtig sind, um das, was als »Licht« oder »Beleuchtung« bezeichnet wird, zu verstehen. Der Wunsch nach spezifischem Licht kann nur erfüllt werden, wenn die Beleuchtungsgeräte optisch und lichttechnisch so konstruiert sind, dass sie mit einem optimalen Wirkungsgrad arbeiten. Nur ein guter Wirkungsgrad (bei gleicher Lichtleistung) garantiert eine geringe Energieaufnahme und somit bei gleicher Batteriekapazität eine längere Leuchtdauer. Als Nebeneffekt kann dadurch die Bauform der Geräte kleiner und deren Betriebstemperatur niedriger gehalten werden.

## 1.1 Definition des Lichts

Als »Licht« werden elektromagnetische Strahlen bezeichnet, die im Auge ein Helligkeitsempfinden hervorrufen und daher sichtbar

sind. Licht breitet sich als Welle aus, ähnlich wie Wellen des Wassers. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Licht ist die Lichtgeschwindigkeit  $c$ . Diese beträgt rund 300 000 km/s.

Die Wellenlänge  $\lambda$  einer Welle ist gleich

$$\frac{c}{\gamma} = \lambda$$

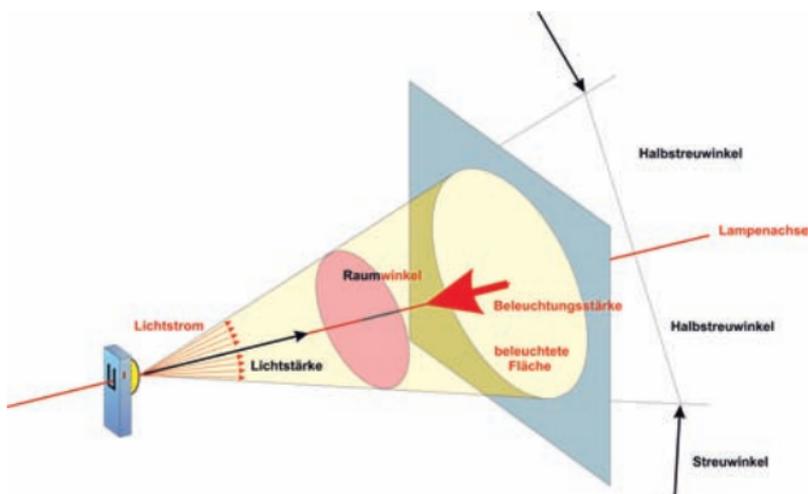
wobei  $\gamma$  die Frequenz der elektromagnetischen Strahlung ist.

Lediglich elektromagnetische Strahlungen mit Wellenlängen zwischen 380 und 780 nm führen nach ihrem Auftreffen auf der Netzhaut des Auges zu Lichtempfindungen. Das Farbempfinden ist von der Wellenlänge abhängig (rot = längere Wellenlänge, blau = kürzere Wellenlänge). Das Helligkeitsempfinden hängt nicht nur davon ab, welche physikalische Strahlungsleistung (Watt) in das Auge eindringt, sondern ganz wesentlich auch davon, aus welchen Wellenlängenanteilen sich die Strahlungsleistung zusammensetzt. So wird z. B. bei gleicher physikalischer Leistung ein Lichtreiz von 555 nm Wellenlänge (grün) viel heller empfunden als Lichtreize von 400 nm (blau) oder 700 nm Wellenlänge (rot). Weißes Licht entsteht durch die Mischung aller Farben.

## 1.2 Lichttechnische Begriffe (Bild 1)

### 1.2.1 Raumwinkel ( $\Omega$ )

Der Raumwinkel ist ein Maß für den Lichtkegel, in dem eine Lichtquelle ihr Nutzlicht abstrahlt. Der Öffnungswinkel ist gleich dem Halbstreuwinkel (Winkel, bei dem nur noch die Hälfte der maximalen Lichtstärke zur Verfügung steht, vgl. Kapitel 1.2.3 und 1.2.7). Der Raumwinkel ist das Verhältnis der Größe der beleuchteten Fläche zum Quadrat des Abstandes zwischen Lichtquelle und Fläche.



**Bild 1:** Lichttechnische Begriffe

### 1.2.2 Lichtstrom ( $\Phi$ )

Der Lichtstrom ist die von einer Lichtquelle in allen Richtungen insgesamt abgestrahlte Lichtleistung. Alle weiteren lichttechnischen Größen sind mit dem Lichtstrom verknüpft.

Einheit: Lumen [lm]

Der Lichtstrom ist eine auf das Helligkeitsempfinden des menschlichen Auges bezogene Bewertung der physikalischen Strahlungsleistung (in Watt). Lampen gleicher Strahlungsleistung geben je nach Farbton unterschiedliche Lichtströme ab. Beispiel: Eine Allgebrauchslampe mit einer Leistung von 100 Watt (230 Volt) strahlt einen Lichtstrom von 1380 lm ab.

### 1.2.3 Lichtstärke (I)

Die Lichtstärke ist das Verhältnis des Lichtstromes, der in einem kleinen Raumwinkel abgestrahlt wird, zur Größe des Raumwinkels.

Einheit: Candela [cd]

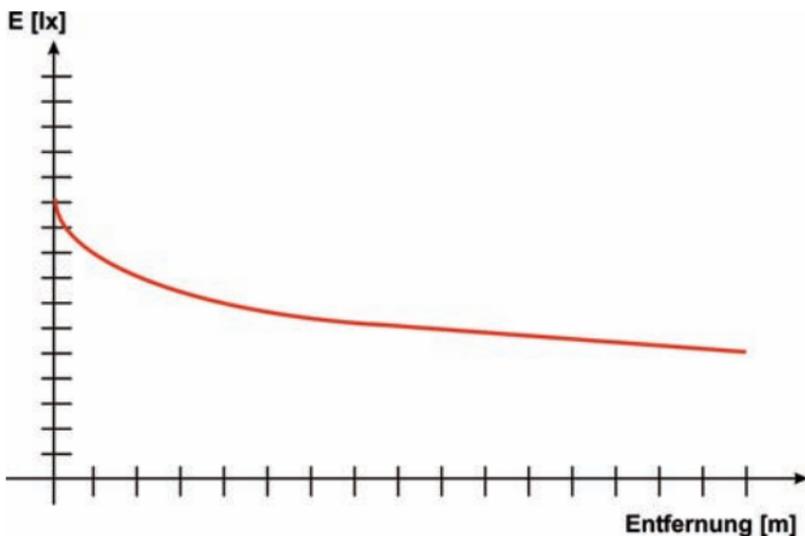
Die Lichtstärke ist ein Maß des Lichtstroms in einer bestimmten Richtung. Beispiel: Eine Allgebrauchslampe mit einer Leistung von 100 Watt (230 Volt) hat in Richtung der Lampenachse eine Lichtstärke von etwa 250 cd, ein Handscheinwerfer der Feuerwehr (DIN 14642) muss in seiner Mittelachse mindestens eine Lichtstärke von 12 000 cd haben.

### 1.2.4 Beleuchtungsstärke (E)

Die Beleuchtungsstärke ist das Verhältnis des Lichtstromes, der auf eine beleuchtete Fläche fällt, zur Größe der beleuchteten Fläche. Sie ist also ein Maß für das auf eine Fläche auftreffende Licht.

Einheit: Lux [lx]

Beispiel: Eine freistrahrende Allgebrauchslampe mit einer Leistung von 100 Watt (230 Volt) erzeugt bei 1,5 Metern Aufhängenhöhe über einer Fläche unter der Lampe eine Beleuchtungsstärke von zirka 100 lx. Die Beleuchtungsstärke wird oft in Abhängigkeit von der Entfernung dargestellt (Bild 2).



**Bild 2:** Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit zur Entfernung

### 1.2.5 Leuchtdichte (L)

Die Leuchtdichte ist ein Maß für den Helligkeitseindruck, der im menschlichen Auge von einer selbstleuchtenden oder beleuchteten Fläche hervorgerufen wird.

Einheit: Candela pro  $m^2$  [ $cd/m^2$ ]

Man erhält den Zahlenwert der Leuchtdichte, indem man die Lichtstärke einer Lichtquelle durch die leuchtende Fläche teilt.

### 1.2.6 Lichtausbeute ( $\eta$ )

Die Lichtausbeute gibt an, mit welchem Wirkungsgrad die aufgenommene elektrische Leistung  $P$  in Licht umgesetzt wird, das heißt, wie viel Lichtstrom je Watt aufgenommener elektrischer Leistung von einer Lampe erzeugt wird.

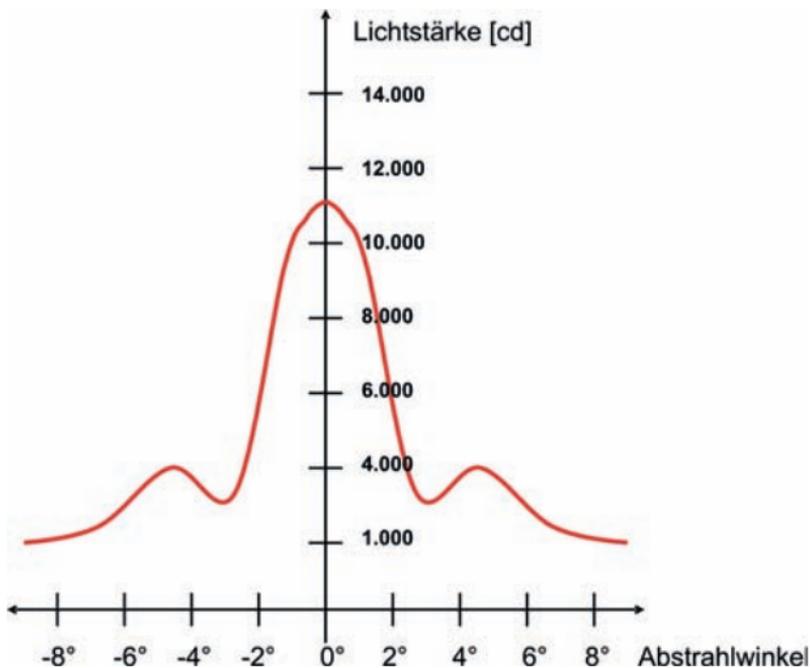
Einheit: Lumen pro Watt [ $lm/W$ ]

### 1.2.7 Lichtstärkenverteilung

Die von einem Scheinwerfer abgestrahlte Lichtstärke hängt vom Abstrahlwinkel ab.

Zur vollständigen Kennzeichnung des Scheinwerfers wird daher die Lichtstärkenverteilungskurve nach DIN 5037 Teil 4 dargestellt. Dabei werden die Verteilungskurven in einem rechtwinkligen Koordinatensystem angegeben (Bild 3).

Bei einem Scheinwerfer mit nicht rotationssymmetrischer Lichtstärkenverteilung kommt man mit einer Kurve nicht mehr aus. Dann wird die Lichtstärkenverteilung sowohl in einer Vertikalebene als auch in einer Horizontalebene angegeben. In der Praxis



**Bild 3:** Lichtstärkenverteilungskurve

hat sich die Darstellung der Polarkoordinaten bewährt. Lichtstärkenverteilungen werden immer für den Nennlichtstrom der in den Leuchten eingesetzten Leuchtmittel angegeben. Diese Angabe muss der Hersteller machen.

Die Lichtstärkenverteilungskurven sind Arbeitsgrundlagen der Projektierung und Auswahl des Einsatzgebietes von Scheinwerfern und Leuchten. Maßgebend für die Einteilung sind die maximale Lichtstärke (meist in der Lampenachse) sowie der Halbstreuwinkel (Winkel, an dem die Lichtstärke nur noch die Hälfte der maximalen Lichtleistung beträgt).

## 2 Beleuchtungsaufgaben im Einsatz

Wie sich aus den bisherigen Ausführungen erkennen lässt, ist es nicht möglich, ein Beleuchtungsmittel zu konstruieren, das allen Anforderungen an Einsatzstellen gerecht wird. Entweder wird eine möglichst helle, punktuelle Beleuchtung benötigt oder es soll eine möglichst große Fläche gleichmäßig ausgeleuchtet werden. Einmal wird eine Beleuchtung im Nahfeld benötigt, ein anderes Mal soll die Beleuchtung auch in größerer Entfernung noch ausreichend sein. Wie die Lichtabgabe eines Beleuchtungsmittels erfolgt, ist ausschließlich von der Konstruktion der Leuchte abhängig. Im Wesentlichen sind das

- die Abmaße und die Form des Reflektors,
- die Art des verwendeten Leuchtmittels (Glühlampe, LED, Quecksilberdampf Lampe usw.),
- die Art der Lichterzeugung (Glühwendel, leuchtendes Gas, Strahlung usw.),
- die elektrische Anschlussleistung,
- die Position des Leuchtmittels in der Lampe sowie
- die Gestaltung eventuell vorhandener Streuscheiben.

Allgemein lassen sich folgende Beleuchtungsaufgaben im Einsatz beschreiben:

- absichern von Einsatzstellen,
- orientieren bei Dunkelheit,