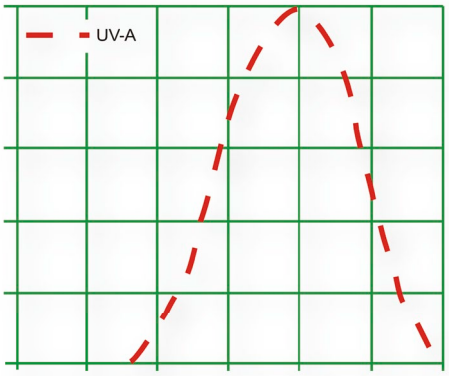
Optische Strahlung

PEWA Technik GmbH
Weidenweg 21
58239 Schwerte
Tel.: 02304-96109-0
Fax: 02304-96109-88
E-Mail: info@pewa.de
www.pewa.de

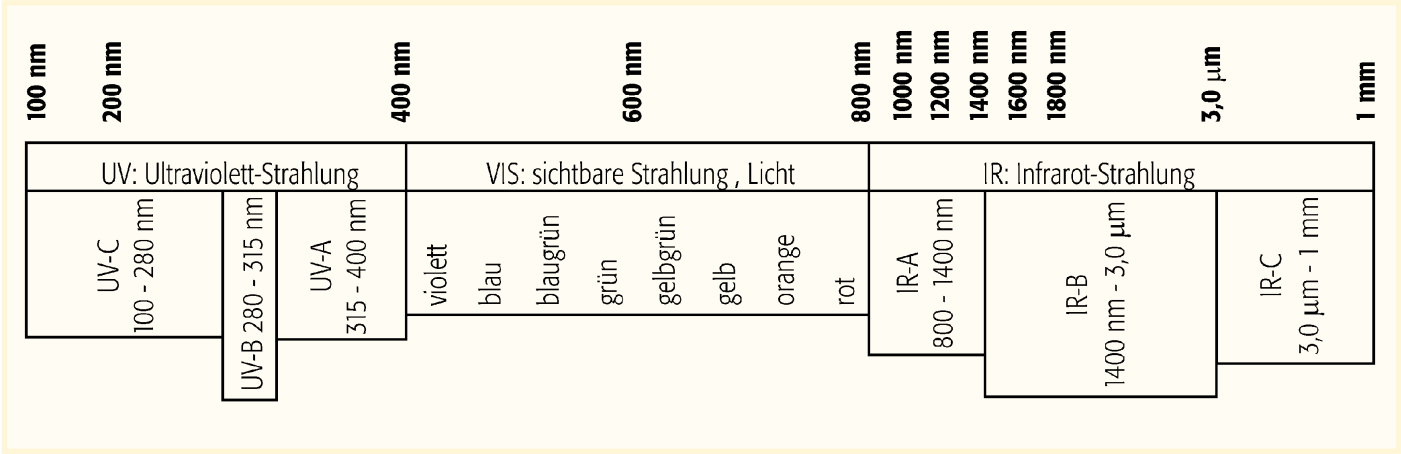


Was ist optische Strahlung?

Optische Strahlung beschreibt den Ausschnitt der elektromagnetischen Strahlung im Wellenlängenbereich von 100 nm bis 1 mm.

Bei den Bereichsgrenzen ist zu beachten, dass diese keine scharfe und für alle Anwendungen verbindliche Trennung vorgeben.

Der Nachweis optischer Strahlung kann z. B. in strahlungsphysikalischen (radiometrischen), lichttechnischen (photometrischen), photobiologischen oder pflanzenphysiologischen Messgrößen erfolgen.



Definition photometrischer und radiometrischer Messgrößen

Photometrie
Beschränkt auf den für das menschliche Auge sichtbaren Bereich des optischen Spektrums (Licht). Lichttechnische Messgrößen sind: „Lichtstrom“, „Beleuchtungsstärke“, „Leuchtdichte“ und „Lichtstärke“. Wesentliches Merkmal der Photometrie ist die Bewertung der Hellempfindung mit der spektralen Hellempfindlichkeitsfunktion des Auges für das Tagessehen oder in seltenen Fällen für das Nachtsehen (DIN 5031). Strahlungsdetektoren für photometrische Messaufgaben müssen aus diesem Grund einen dieser spektralen Empfindlichkeitsverläufe aufweisen.

Lichtstrom
Die Lichtleistung einer Lichtquelle (Lampe, Leuchtdiode etc.). Da Lampen meist kein quasi paralleles Lichtbündel aussenden, werden zur Messung des Lichtstromes Messgeometrien eingesetzt, die den Lichtstrom unabhängig von seiner räumlichen Verteilung erfassen. Dies sind in erster Linie Ulbrichtsche Kugeln oder Goniometer.

Lichtstärke
Der Teil eines Lichtstroms, der in eine bestimmte Richtung strahlt. Die Lichtstärke ist eine wichtige Größe zur Effizienz- und Güteberechnung von Beleuchtunsgseinrichtungen. Ihre Messung erfolgt durch Detektoren mit einem definierten Blickfeld in Abständen, in der die Lichtquelle als Punktlichtquelle betrachtet werden kann.

Leuchtdichte
Der Helligkeitseindruck, den eine beleuchtete oder leuchtende Fläche dem Auge vermittelt. In vielen Fällen hat die Leuchtdichte eine wesentlich größere Aussagekraft zur Qualität einer Beleuchtung als die Beleuchtungsstärke. Zur Messung der Leuchtdichte werden Messköpfe mit definiertem Messfeldwinkel eingesetzt.

Beleuchtungsstärke
Der Lichtstrom, der von einer oder mehreren Lichtquellen horizontal oder vertikal auf eine bestimmte Fläche trifft. Bei nicht parallelem Lichteinfall, was dem Regelfall der praktischen Lichtmesstechnik entspricht, muss als Messgeometrie ein Cosinusdiffusor verwendet werden.

Radiometrie
Messtechnische Bewertung optischer Strahlung in den strahlungsphysikalischen Größen „Strahlungsleistung“, „Strahlstärke“, „Strahldichte“ und „Bestrahlungs-

stärke“. Das wesentliche Merkmal der Radiometrie ist die wellenlängenunabhängige Betrachtung der Strahlungsintensität. Damit unterscheidet sich die Radiometrie von den aktiv gewichteten Messgrößen wie sie in der Photometrie, Photobiologie, Pflanzenphysiologie usw. verwendet werden.

Strahlungsleistung
Die gesamte in Form von Strahlung auftretenden Leistung.

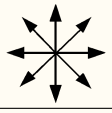
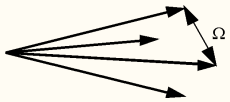
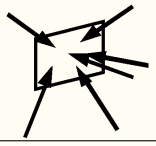
Strahlstärke
Der Quotient aus der von einer Lichtquelle in einer bestimmten Richtung ausgesandten Strahlungsleistung und dem durchstrahlten Raumwinkel. Die Strahlstärke dient zur Messung der räumlichen Verteilung der Strahlungsleistung.

Strahldichte
Der Quotient aus der durch eine Fläche in einer bestimmten Richtung durchtretenden (auftreffenden) Strahlungsleistung und dem Produkt aus dem durchstrahlten Raumwinkel und der Projektion der Fläche auf eine Ebene senkrecht zur betrachteten Richtung. Die Strahldichte dient zur Bewertung von Flächenstrahlern. Als Messgeometrie kommen Steradianttuben- oder Teleskopvorsätze zum Einsatz.

Bestrahlungsstärke
Der Quotient aus der auf eine Fläche auftreffenden Strahlungsleistung und der beleuchteten Fläche. Zur Messung der Bestrahlungsstärke ist die räumliche Bewertung der einfallenden Strahlung von großer Bedeutung, weshalb eine cosinuskorrigierte Blickfeldfunktion vorgegeben ist.

Gegenüberstellung lichttechnischer und strahlungsphysikalischer Größen

Jeder lichttechnischen Größe entspricht eine strahlungstechnische Größe, für die untereinander jeweils die selben Zusammenhänge gelten. Die Unterscheidung der Größen erfolgt durch Index v (visuell) und Index e (energetisch).

Lichttechnik				Strahlenphysik		
Größe	Formelzeichen	Einheit		Größe	Formelzeichen	Einheit
Lichtstrom	Φ_v	Lumen lm = cd·sr		Strahlungsleistung	Φ_e	W
Lichtstärke	I_v	Candela cd		Strahlstärke	I_e	W/sr
Lichtdichte	L_v	cd/m^2		Strahldichte	L_e	$W/sr \cdot m^2$
Beleuchtungsstärke	E_v	lux lx = lm/m^2		Bestrahlungsstärke	E_e	W/m^2
Lichtmenge	Q_v	Lumensekunde lm·s		Strahlungsenergie	Q_e	Ws
Belichtung	H_v	lx·s		Bestrahlung	H_e	$W \cdot s/m^2$

Die spektrale Bewertungsfunktion

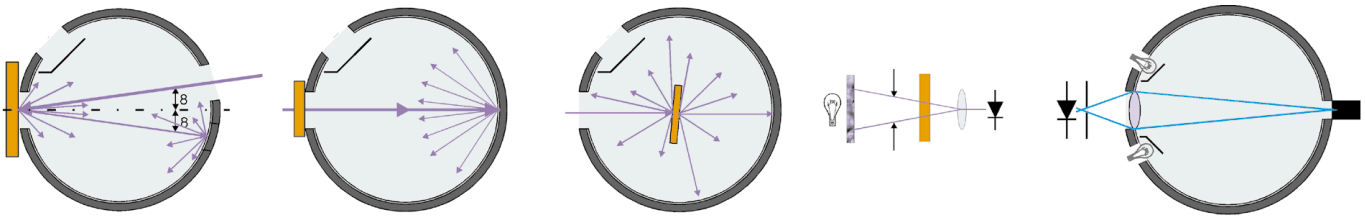
Die relative spektrale Empfindlichkeit des menschlichen Auges wird für das helladaptierte Auge (Tagsehen) und für das dunkeladaptierte Auge (Nachtsehen) mit unterschiedlichen Funktionen angegeben. Wegen der individuellen Unterschiede sind diese Daten zwar nur Durchschnittswerte, reichen aber aber für die meisten technischen Zwecke aus. Die detaillierten Daten der spektralen Emfindlichkeitsverläufe sind als Tabelle in der DIN 5031 aufgeführt.

Die beiden unterschiedlichen spektralen Wirkungsfunktionen ergeben sich aus den unterschiedlichen „Sensortypen“ des Auges. Der spektrale Helligkeitsgrad für das Tagsehen (Zapfen, > 10 cd/m^2) wird mit der Funktion V(λ) beschrieben und ist die am häufigsten verwendete Funktion. Der spektrale Helligkeitsgrad für das Nachtsehen (Stäbchen, < 0,001 cd/m^2) wird mit der V’(λ)-Funktion beschrieben und ist hinsichtlich seiner praktischen Verwendung eher selten vertreten.

Optische Strahlung

Bestimmung lichttechnischer Kennzahlen

Zur messtechnischen Bewertung der Eigenschaften von Materialien in Bezug auf ihre Reflexion, Transmission und Absorption, sowie das Falschlicht von Objektiven gibt es international anerkannte Empfehlungen. Dies sind in erster Linie die CIE 130-1998 „Practical methods for the measurements of reflectance and transmittance“, DIN 5036 Teil 3 „Strahlungsphysikalische und licht-technische Eigenschaften von Materialien“, DIN 67507 „Lichttransmissionsgrad von Verglasungen, DIN 58186 „Streulichtbestimmung von optisch abbildende Systemen“.



Reflexionsgrad | Transmissionsgrad | Absorptionsgrad | Lichttransmissionsgrad | Streulicht

Warum optische Strahlung messen?

Ein Großteil der Sinneseindrücke des Menschen sind optischer Natur. Licht ist dabei nur der sichtbare Teil des elektromagnetischen Spektrums. Die unterschiedlichen Wellenlängen des Lichts nimmt das menschliche Auge als Farben wahr. Die spektrale Empfindlichkeit des Auges für die verschiedenen Farben ist dabei von der Wellenlänge abhängig: Darüberhinaus wirkt sich aber auch die ultraviolette Strahlung im kurzwelligen und die Infrarotstrahlung im langwelligen Bereich des elektromagnetischen Spektrums auf den menschlichen Organismus aus.

Beleuchtungsstärke:

Der Mensch ist an Beleuchtungsstärken des Tageslichts gewöhnt. An einem trüben Wintertag sind dies Werte von ca. 5000 Lux, an einem sonnigen Sommertag ca. 100000 Lux. Demgegenüber werden bei künstlicher Beleuchtung meist nur zwischen 100 und 1000 Lux erreicht.

Ausreichendes Licht ist jedoch ein wesentlicher Bestandteil für das Wohlbefinden der Menschen. Müdigkeitserscheinungen durch zuwenig Licht treten dabei weniger am Auge selbst auf, sondern wirken sich vielmehr auf den gesamten Körper aus.

Deshalb beinhaltet die Norm DIN 5035/2 zum Schutz der Gesundheit Richtwerte für die Beleuchtungsstärke von Arbeitsstätten. Diese sind in der Richtlinie ASR 7/3 gesetzlich festgeschrieben und zwingend einzuhalten.

In geschlossenen Räumen gelten folgende Nennbeleuchtungsstärken:

Büros:	Büroräume	300 Lux
	Schreib- und Zeichenplätze	750 Lux
Fabriken:	visuelle Arbeiten im Produktionsablauf	1000 Lux
Hotels:	Aufenthaltsräume, Rezeption, Kasse	200 Lux
Geschäfte:	Vorderseite von Schaufenstern	1500–2500 Lux
Krankenhäuser:	Krankenzimmer,	100–150 Lux
	Notaufnahmen	500 Lux
Schulen:	Hörsäle, Turnhallen	300 Lux

Globalstrahlung:

Die Globalstrahlung ist eine in der Umweltforschung wichtige Messgröße und stellt die gesamte auf die Erdoberfläche auftreffende diffuse und direkte Sonnenstrahlung dar. Der Spektralbereich erstreckt sich vom kurzwelligen Bereich bei 300 nm (UV-B) zum langwelligen Bereich bei 5000 nm (IR).

UVA-Strahlung:

Die langwellige UV-Strahlung (über 313 nm) erreicht nahezu ungefiltert die Erdoberfläche, bräunt die menschliche Haut und stärkt das Immunsystem. In Solarien wird die biologische Wirkung des UVA-Spektrums in Kombination mit anderen Spektralbereichen als Auslöser der Direktpigmentierung (Melaninfärbung) ausgenutzt. Eine zu starke Bestrahlung fördert Bindegewebsschäden und Hautalterung.

UVB-Strahlung:

Der kurzwellige UV-Bereich (unter 313 nm) kann irreversible Schäden hervorrufen. In der Empfehlung der CIE sind alle spektralen Wirkungsfunktionen zusammengefasst, die sich ungünstig auf die menschliche Haut auswirken können. Diese Empfehlung wird in der DIN 5050 beschrieben und als Richtlinie gewertet. Ein populäres Maß für die Sonnenbrandempfindlichkeit ist der vom Deutschen Wetterdienst ermittelte UV-Index „UVI“. Die Messergebnisse geben direkt oder im Vergleich mit anderen Spektralbereichen Aufschluss über medizinisch und biologisch relevante Zusammenhänge.