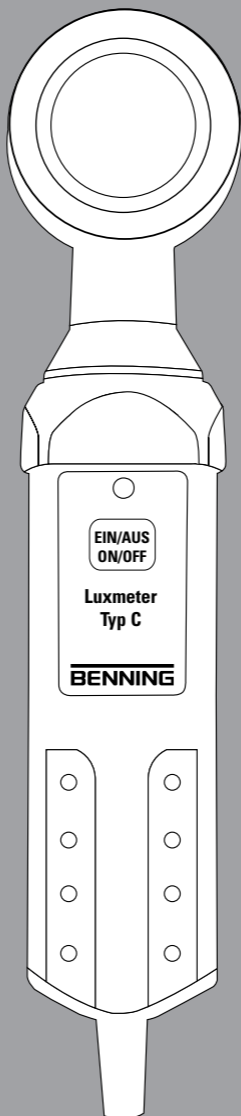


BENNING

- Ⓓ **Handbuch zur Beleuchtungsstärke**
- ⒼⒷ **The illuminance handbook**

BENNING Luxmeter Typ B/ Typ C



Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	3
2. Normen zu Beleuchtungsstärkemessgeräten (lux)	5
2.1 DIN-Normen zu Beleuchtungsstärkemessgeräten (lux)	6
3. Allgemeines zur Beleuchtungsstärke	6
3.1 Der Ursprung des Lichts	6
3.2 Radiometrische und fotometrische Werte	6
3.3 Grundlegende fotometrische Definitionen	7
3.4 Tabelle zur Umrechnung der fotometrischen Einheiten	7
3.5 FAQs: Beleuchtungsstärke oder Leuchtdichte	8
3.6 Was ist die CIE- oder $V(\lambda)$ -Kurve?	10
3.7 Was ist die Kosinuskorrektur?	10
4. Messungen zur Beleuchtungsstärke	12
4.1 Wann und warum die Beleuchtungsstärke zu messen ist	12
4.2 Einige nützliche Tipps für einwandfreie Messungen	12
4.3 Wie misst man die durchschnittliche Beleuchtungsstärke?	13
4.4 Kalibrierung der Beleuchtungsmessgeräte	12
5. Beleuchtungsnormwerte	12
6. Technische Daten der Beleuchtungssonden	13

1. Einführung

Zweck dieses Handbuches ist es, dem Leser die Herausforderungen, die bei Messungen der Beleuchtungsstärke entstehen, näher zu bringen.

Im ersten Teil des Buches werden die Normen und Vorschriften für diesen Fachbereich beschrieben.

Der zweite Teil schildert vereinfacht die Grundlagen der Lichtmessung. Außerdem enthält er die wichtigsten Definitionen und Terminologie, zum Teil mit anschaulichen Abbildungen, um das Thema verständlicher zu machen.

Im dritten und letzten Teil werden die Messmethoden erörtert und Tipps für schnelle und einwandfreie Messungen gegeben.

Am Ende des Handbuches finden Sie zwei Tabellen der gebräuchlichsten Beleuchtungsgrenzwerte und die technischen Daten der Beleuchtungssonden Luxmeter Typ B und Typ C.

Die beiden Beleuchtungssonden **BENNING Luxmeter Typ B und Typ C** sind zur Messung in Verbindung mit dem Installationsprüfgerät **BENNING IT 120** ausgelegt. Siehe auch Bedienungsanleitung **BENNING IT 120!**

Zu betonen ist, dass alle Sonden und Testgeräte von **BENNING** dazu konzipiert sind, schnelle und einwandfreie Lichtmessungen auszuführen.

Alle Sonden von **BENNING** sind genauestens $V(\lambda)$ angepasst sowie kosinuskorrigiert und stimmen vollständig mit den Vorschriften zur Genauigkeit der **DIN 5032/7 Klasse C (Luxmeter Typ C)** sowie **Klasse B (Luxmeter Typ B)** überein. Mit den Geräten kann man sowohl Punktlichtmessungen als auch Flächenlichtmessungen durchführen und die Daten aufzeichnen. Alle wichtigen Daten können gespeichert, wiederaufgerufen oder mit zuvor eingestellten Grenzwerten verglichen werden. Leistungsstarke PC Software Pakete ermöglichen eine weiterführende Auswertung der Testdaten und ihre Dokumentation.

Unsere Adresse:

Benning Elektrotechnik & Elektronik GmbH & Co. KG

Münsterstraße 135 - 137

D - 46397 Bocholt

Telefon ++49 (0) 2871-93-0 • Fax ++49 (0) 2871-93-429

www.benning.de • eMail: dupol@benning.de

(Die Autoren sind über jeden Kommentar oder Vorschlag dankbar, der dabei hilft, das Handbuch und die Produkte von **BENNING** zu ergänzen).

2. Normen zu Beleuchtungsstärkemessgeräten (lux)

Die Internationale Beleuchtungskommission (CIE, abgekürzt nach dem französischen Titel) ist eine Organisation, die sich mit der internationalen Kooperation und dem Austausch von Informationen zwischen den Mitgliedsländern, was die Wissenschaft und Kunst der Beleuchtung betrifft, beschäftigt. Nach einem Übereinkommen zwischen ISO (Internationale Organisation für Standardisierung) und CIE werden die Normen von ISO mit dem Aufdruck beider Logos veröffentlicht. Normen, die von CIE erstellt werden, sind präzise Datendokumentationen, die die Aspekte von Licht und Beleuchtung definieren, da eine internationale Übereinstimmung eine einheitliche Definition erfordert. Die CIE Normen sind deshalb eine Hauptquelle für international anerkannte und vereinbarte Daten, die unverändert für universelle Standardsysteme verwendet werden können.

CIE 69 Methoden zur Charakterisierung von Beleuchtungsstärkemessgeräten und Leuchtdichtemessgeräten

Die Eigenschaften der Fotometer und Fotometerköpfe zur Messung der Beleuchtungsstärke und Leuchtdichte sind definiert. Kalibrierungsmethoden und Fehlerquellen werden beschrieben.

BS 667 In dieser Norm sind die Anforderungen für Messgeräte (Typ F) zur Messung des Lichtvektors der Beleuchtungsstärke beschrieben. Die wesentlichen Definitionen und Anforderungen bezüglich der Leistung der Messung und Konstruktion der Messgeräte sind ebenso aufgeführt.

DIN 5032 /7 Lichttechnische Bewertung für Messgeräte zur Beleuchtungsstärke und Helligkeit

Nach der deutschen Norm DIN 5032 gibt es vier Klassen von Beleuchtungsstärkemessgeräten: L, A, B und C. Die Anforderungen für Typ F (Messgeräte) zur Messung des Lichtvektors der Beleuchtungsstärke sind in den Klassen A, B und C aufgeführt.

Tabelle 1 zeigt die maximalen, erlaubten Fehler über dem Messbereich:

Parameter	DIN 5032 – 7 Klasse B	DIN 5032 – 7 Klasse C
Stimmt mit der $V(\lambda)$ Funktion überein	6%	9%
Ultravioletttempfindlichkeit	2%	4%
Infrarotempfindlichkeit	2%	4%
Kosinuskorrektur	3%	6%
Nicht-Linearität	2%	5%
Ermüdung	1%	2%
Temperaturwechsel	1% / Grad K	2% / Grad K
Moduliertes Licht	0,5%	1%

Tabelle 1: Genauigkeit von Beleuchtungsstärkemessgeräten

Alle Beleuchtungsstärkemessgeräte und -sonden von BENNING stimmen mit den Anforderungen der Klasse C oder B überein.

2.1 DIN-Normen zu Beleuchtungsstärkemessgeräten (lux)

Es gibt mehrere DIN (Deutsche Industrienorm) mit genauen Beschreibungen (Definitionen, Maßnahmen, Messungen, Fehlwerten etc.) zur Lichtmessung in verschiedenen privaten und öffentlichen Räumen.

DIN 5035 Beleuchtung mit künstlichem Licht

- allgemeine Maßnahmen, Messungen,
- Terminologie, Definitionen und Rechnungen,
- Beleuchtung in Krankenhäusern, Schulen, Arbeitsplätzen, Büros,
- Beleuchtung in Räumen mit Bildschirmen.

DIN 5034 Tageslicht in Innenräumen

- allgemeine Maßnahmen, Messungen,
- Terminologie, Definitionen und Rechnungen,
- Definition der Mindestfenstergröße für Apartments

DIN 5037 Lichttechnische Bewertung von Scheinwerfern

DIN 5044 Verkehrsbeleuchtung mit Straßenbeleuchtung

DIN 33400 Arbeitsplatz: Definition

DIN 67526 Sportstättenbeleuchtung

3. Allgemeines zur Beleuchtungsstärke

3.1 Der Ursprung des Lichts

Licht ist ein Teil der elektromagnetischen Wellen. Das elektromagnetische Spektrum umfasst einen sehr großen Bereich: von sehr niedrigen Frequenzen oder Infra-Frequenzen über Radiowellen mit einer Wellenlänge von einem Meter oder mehr bis hin zu Röntgenstrahlen und Gammastrahlen mit einer Wellenlänge von weniger als einem Milliardstel eines Meters. Aber der Teil, der uns interessiert, ist der optische Teil des elektromagnetischen Spektrums (Abbildung 1). Dieser liegt zwischen den Radiowellen und Röntgenstrahlen oder genauer gesagt: er grenzt auf der einen Seite am Infrarotlicht, auf der anderen am ultravioletten Licht.



Abbildung 1: Elektromagnetisches Spektrum

3.2 Radiometrische und fotometrische Werte

Es gibt zwei Arten, nach denen man Licht messen kann:

- radiometrisch (auf Energie basierend),
- fotometrisch (nach der Empfindlichkeit des menschlichen Auges gewichtet).

Die Werte, die sich auf die Empfindlichkeit des menschlichen Auges beziehen (Lichtstrom, Beleuchtungsstärke, Leuchtdichte und Lichtstärke), werden mit fotometrischen Lichteinheiten gemessen, während die anderen (Strahlungsfluss, Bestrahlungsstärke, Strahldichte und Strahlstärke) mit energetischen Einheiten gemessen werden.

Das Lumen zum Beispiel ist das fotometrische Äquivalent zu Watt. Möchte man sichtbares Licht messen, muss man fotometrische Größen verwenden. Möchte man Lichtenergie messen, muss man radiometrische Größen verwenden.

3.3 Grundlegende fotometrische Definitionen

Lichtstrom P [lm]

Mit dem Lichtstrom misst man den Fluss des sichtbaren Lichts. Die Einheit ist Lumen. Es gibt zwei verschiedene Arten von Lichtströmen:

- fotopischer Fluss (nach der Empfindlichkeit des Auges bei normalen Lichteinfluss gewichtet)
- skotopischer Fluss (nach der Empfindlichkeit des menschlichen Auges in starker Dunkelheit gewichtet)

Lichtstärke I [lm/sr]

Mit der Lichtstärke misst man den Lichtstrom, der pro Raumwinkel ausgestrahlt wird.

Die Einheit, in dem der Raumbetrachtungswinkel gemessen wird, heißt Steradian. Ein Steradian deckt einen Quadratmeter auf der Oberfläche einer Kugel mit einem Radius von 1 Meter ab.

Beleuchtungsstärke E [$\text{lm}/\text{m}^2=\text{lux}$]

Die Beleuchtungsstärke gibt die Dichte eines Lichtflusseinfalls an einem bestimmten Punkt an einer Oberfläche an. Die Maßeinheit der Beleuchtungsstärke ist Lux. 1 Lux wird von einer Lichtquelle mit der Lichtstärke 1 Candela in einem Abstand von einem Meter erzeugt.

Leuchtdichte L [$\text{lm}/\text{m}^2/\text{sr}=\text{cd}/\text{m}^2$]

Mit der Leuchtdichte misst man den Lichtfluss, der von einer Oberfläche in einem spitzen Raumwinkel als Projektion auf einer Oberfläche ausgestrahlt wird.

3.4 Tabelle zur Umrechnung der fotometrischen Einheiten**Candela [cd], Lumen [lm], Lux [lux]**

$\text{lm}/\text{m}^2 = \text{lux (lx)}$

$\text{lm}/\text{cm}^2 = \text{phot (ph)}$

$\text{lm}/\text{ft}^2 = \text{foot candle (fc)}$

$\text{lm}/\text{sr} = \text{cd}$

Die Einheiten fc und lux werden in diesem Bereich am häufigsten erwähnt. Die Umrechnung zwischen fc und lux ist nach der folgenden Gleichung vorzunehmen:

$$1 \text{ fc} = 10,764 \text{ lux}$$

3.5 FAQs: Beleuchtungsstärke oder Leuchtdichte

Mit der Leuchtdichte misst man die empfundene Helligkeit einer Lichtquelle, in die man gerade schaut. Diese Definition erfordert eine kleine Lichtquelle, da der Energiefluss von dieser als Energie innerhalb eines Raumwinkels definiert ist, unabhängig von dem Abstand des Betrachters. Ist die Lichtquelle sehr klein, z.B. eine kleine Halogenglühbirne, erscheint es so, als wäre sie sehr hell, auch wenn die Intensität nur bei 1 Candela liegt. Ist die Lichtquelle, wie z.B. eine Kerze, klein, aber nicht direkt ein Punkt, hat man den Eindruck eines kleinen Lichtbereichs von gemässiger Helligkeit, sogar wenn die Lichtstärke auch 1 Candela beträgt.

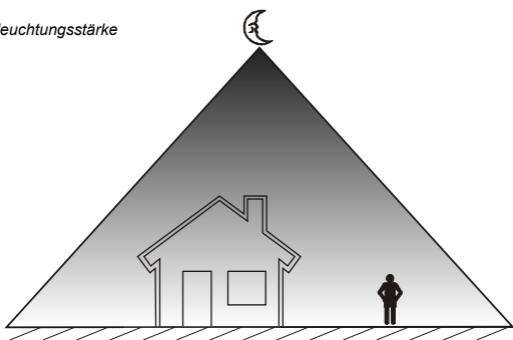
Um die Leuchtdichte zu messen, müssen die Sensoren mit speziellen Linsen ausgerüstet sein, damit der gewünschte Betrachtungswinkel für die Messung eingestellt werden kann.

Die Beleuchtungsstärke ist der Lichtfluss einer oder mehrerer Lichtquellen, die einen bestimmten Bereich erreichen. Es wird nur der Flussanteil orthogonal zur Oberfläche betrachtet. Der Betrachtungswinkel beträgt 180% (eben) und wird mit der Funktion der Kosinuskorrektur gemessen.

Beispiel:

Der Mond kann als Punktlichtquelle betrachtet werden. Andererseits wird Mondlicht von der Atmosphäre gebrochen und reflektiert und trägt somit auch einen großen Teil zur Lichtmenge, die auf die Erdoberfläche trifft, bei. Daraus resultiert, dass Mondlicht eine Kombination aus einer Punktlichtquelle und einer 2π Steradian Flächenlichtquelle ist. Wenn Sie den Detektor direkt auf den Mond richten und den Pfad des Mondes verfolgen, würden Sie die maximale Beleuchtungsstärke messen. Die Messung der Leuchtdichte muss in einem spitzen Winkel ($< 4^\circ$) erfolgen, um die durch die Messeinheiten vorausgesetzten Bedingungen einzuhalten.

Beleuchtungsstärke



Leuchtdichte

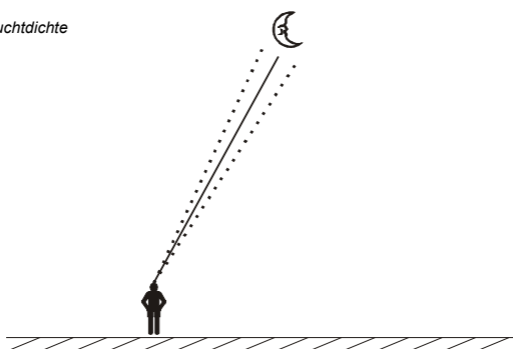


Abbildung 2: Beleuchtungsstärke oder Leuchtdichte

3.6 Was ist die CIE- oder $V(\lambda)$ -Kurve?

Die Fotometrie definiert Licht dadurch, wie es von dem menschlichen Auge wahrgenommen wird. Die Empfindlichkeit des Auges hängt von der Wellenlänge bzw. Lichtfarbe ab. Die spektrale Empfindlichkeit des menschlichen Auges kann sich bei einem Wechsel der Lichtstärke ändern. Das Auge hat zwei unterschiedliche spektrale Empfindlichkeiten, die nach der Helligkeit, die in das Auge eintritt, definiert werden:

- fotopische Lichtbedingungen der Empfindlichkeit (hell-adaptiertes Auge): sind für eine Lichtstärke über 0,1 lux definiert. Unter diesen Bedingungen hat das Auge eine maximale Empfindlichkeit von 555 nm im grünen Bereich des sichtbaren Spektrums und reguliert sich auf 1 bei dieser Wellenlänge, während sie bei infrarotem oder ultraviolettem Licht 0 beträgt.
- skotopische Lichtbedingungen der Empfindlichkeit (dunkeladaptiertes Auge):

treten bei niedrigen Lichtbedingungen (skotopisch) auf, bei denen die Lichtstärke zwischen 0,0001 und 0,01 lux liegt. Unter diesen Umständen erreicht das Auge eine Höchstempfindlichkeit von ungefähr 500 nm.

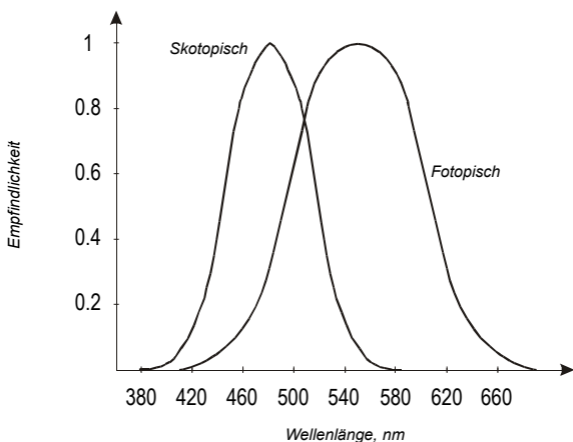


Abbildung 3: $V(\lambda)$ Kurve für beide Augenempfindlichkeiten

Die Empfindlichkeitskurve wird auch CIE- oder $V(\lambda)$ -Kurve genannt und ist in dem Dokument CIE 10527 definiert. Sensoren in Beleuchtungsstärkemessgeräten müssen spezielle Farbfilter verwenden, um die Empfindlichkeit anzupassen.

3.7 Was ist die Kosinuskorrektur?

Licht, das in einem Winkel auf einen Gegenstand fällt, wird um so stärker reflektiert, je spitzer der Einfallswinkel wird. Dies führt dazu, dass Beleuchtungsmessgeräte zu niedrige Werte messen, wenn das Licht schief einfällt. Um dies zu verhindern kann man eine Fassung zur Kosinuskorrektur oder einen Kosinustdiffuser im Meterkopf verwenden, der dafür sorgt, dass die Winkelempfindlichkeit bei der Kosinusfunktion liegt.

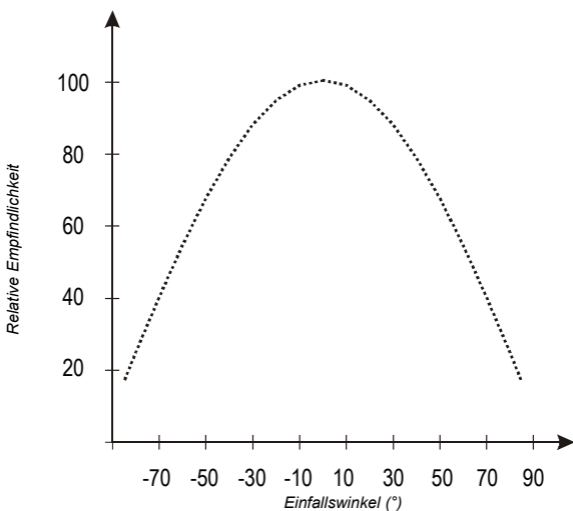
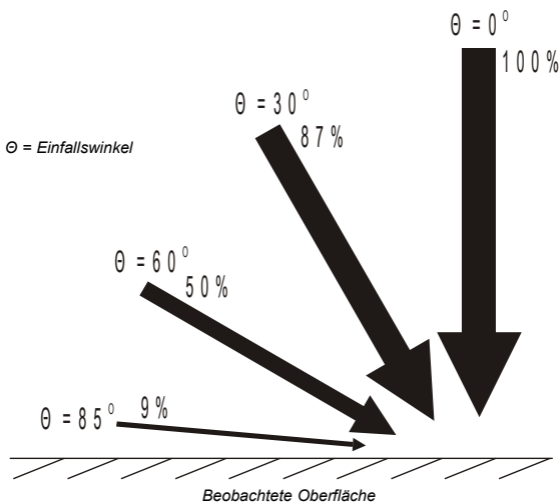


Abbildung 4: Kosinuskorrektur

4. Messungen zur Beleuchtungsstärke

Praktische Messgeräte haben einen Halbleiter, der das absorbierte Licht in elektrischen Strom umwandelt. Für einwandfreie Messungen sollten Luxmeter mit Fotozellen nur verwendet werden, wenn sie kosinus- und farbkorrigiert sind.

4.1 Wann und warum die Beleuchtungsstärke zu messen ist

Die Beleuchtungsstärke sollte immer gemessen werden, bevor man Innen- oder Außenbeleuchtung anbringen möchte.

Zu hohe oder zu niedrige Beleuchtungsstärke kann die Gesundheit angreifen oder Sicherheitsrisiken und psychische Probleme hervorrufen.

4.2 Einige nützliche Tipps für einwandfreie Messungen

- Halten Sie den Sensor bei Messungen der Beleuchtung an Arbeitsplätzen vor das (bis zu 0,2 m) und parallel zum zu messenden Gegenstand (Tisch, Bedienfeld, Schreibtisch etc).
- Bei Messungen der horizontalen Beleuchtung halten Sie den Sensor vor den zu messenden Gegenstand, so dass das Sensorenfenster auf die Decke gerichtet ist. Der Abstand zwischen Boden und Sensor beträgt bei Messungen in normalen Räumen 0,85 m und bei Messungen von Verkehrswegen in Innenräumen 0,2.
- Vergewissern Sie sich während der Messung, dass der Lichteinfall auf den Sensor nicht durch den Bediener oder andere Objekte, die nicht Teil der Messung sind (Abschirmung oder Reflektion), beeinflusst wird.
- Überprüfen Sie die Nullstellung der Skala bei einer vollständigen Abdeckung des Sensors.
- Überprüfen Sie den Zustand der Batterie im Gerät.
- Entladungs- oder Leuchtstofflampen sollten vor der Messung für einige Zeit angeschaltet sein (wenn möglich 15 Minuten), um sich vollständig erwärmen zu können. Falls das Beleuchtungsmittel vollständig geschlossen ist, kann sich die Zeit, die die Leuchten benötigen, um sich zu stabilisieren, noch erhöhen.
- Welche Prozedur Sie für die Messung wählen sollten, hängt davon ab, ob der Raum möbliert ist oder nicht bzw. belegt ist oder nicht. In einigen Fällen sollte der Schatteneffekt der Körper in Betracht gezogen werden.
- Für die Planung sollte der Wert der Nennbeleuchtungsstärke (siehe Tabelle 4) mit einem Faktor von mindestens 1,25 multipliziert werden.
- Die durchschnittliche Beleuchtungsstärke darf nicht den 0,8 fachen Wert des Nennwertes unterschreiten.
- Die Mindestbeleuchtungsstärke darf nie unter dem 0,6 fachen Wert des Nennwertes liegen.

Weitere Empfehlungen finden Sie in der DIN 5035.

4.3 Wie misst man die durchschnittliche Beleuchtungsstärke?

Manchmal ist es notwendig, die durchschnittliche Beleuchtungsstärke in einem Raum herauszufinden.

Ein Luxmeter zeigt nur die Beleuchtungsstärke zum Zeitpunkt der Messung und nicht die durchschnittliche Beleuchtungsstärke des Raumes. Um die durchschnittliche Beleuchtungsstärke in einem Bereich herauszufinden, muss der Bereich in einige gleich große, möglichst quadratische Gebiete eingeteilt werden. Dann wird die Beleuchtungsstärke in der Mitte jedes Quadrates gemessen und anschließend der Durchschnitt der Ergebnisse ermittelt. Die Mindestanzahl an gleich großen Gebieten, die nötig ist, um Genauigkeit zu erreichen, kann durch die Ziffer n bestimmt werden:

$$n = \frac{L \times B}{(L + B) \times H_m}$$

L ist die Länge, B die Breite des Innenraumes und H_m ist die Höhe der Leuchtmittel über der Ebene, auf der die Messung vorgenommen wird.

Die Höhe der Arbeitsfläche beträgt im Normalfall 0,85 m für Arbeitstische bzw. 0,72 m für die Höhe des Bildschirms, vorausgesetzt, die Höhe der Hauptarbeitsfläche liegt nicht über der normalen Flurhöhe. Wird die Arbeit auf Flurhöhe ausgeübt, wird der Boden als Arbeitsfläche für die Messung genommen.

Die Anzahl der Messstellen hängt von dem Wert n ab.

n	Mindestanzahl an Messstellen für eine Unsicherheit von $\pm 5\%$	Mindestanzahl an Messstellen für eine Unsicherheit von $\pm 10\%$
$n < 1$	8	4
$1 \leq n < 2$	18	9
$2 \leq n < 3$	32	16
$3 < n$	50	25

Tabelle 2: Anzahl an Messstellen

4.4 Kalibrierung der Beleuchtungsmessgeräte

Als allgemeine Regel gilt, dass Messgeräte mit Siliziumdioden alle zwei Jahre neu kalibriert werden sollten. Unternehmen, die nach den Normen ISO 9000 arbeiten, sollten ihre Messgeräte alle 12 Monate kalibrieren. Um die Genauigkeit der Sonden zu erhalten, sollten sie regelmäßig neu kalibriert werden.

5. Beleuchtungsnormwerte

Art der Sehaufgabe	Beispiele in der Praxis	Normale Beleuchtung (Lichtstärke) in Lux
Orientierung	Verkehrsbereiche, untergeordnete Räume	20
	Volle Lagerräume, Korridore in Gebäuden für Personen	50
Einfache Sehaufgaben	Produktionsanlagen mit gelegentlichen Aktivitäten, Sanitäranlagen, Maschinenräume, Verkehrswege für Fahrzeuge in Gebäuden, Treppen, Förderbänder, Untersuchungs- und Behandlungsräume	100
	Einfache Arbeit, regelmäßig belegte Arbeitsplätze in Produktionsanlagen, Lagerräume mit Leseaufgaben, Kantinen	200
Normale Sehaufgaben	Konferenzräume Turnhallen	300
	Büros, medizinische Einrichtungen (Notdienst)	500
	Konstruktions- und Zeichensäale	750
Schwierige Sehaufgaben	Überwachungsorte, technische Zeichnungen, offene Planbüros, Montageräume, Teststationen	1000
Sehr schwere Sehaufgaben	Montageräume für Kleinbauteile, Vorführfenster	1500

Tabelle 3: Normwerte für Arbeitsstätten in Innenräumen gemäß Norm DIN 5035

Die oben aufgeführten Nennwerte sind Richtwerte. Sie beziehen sich allgemein auf die horizontale Arbeitsoberfläche in einer Höhe von 0,85 m über dem Boden und den mittleren Alterungszustand der Beleuchtung.

Zustand	Beleuchtungsstärke (lux)
Sonnenschein	50.000 - 100.000
Diesig	25.000 - 50.000
Leicht bewölkt	10.000 - 25.000
Bewölkt	2.000 - 10.000
Sehr trüb	100 - 2.000
Sonnenuntergang	1 - 100
Gute Straßenbeleuchtung	20
Schlechte Straßenbeleuchtung	0,1
Vollmond	0,01 - 0,1
Sternenlicht	0,001 - 0,001
Bewölkte Nacht	0,00001 - 0,0001

Tabelle 4: Typische Beleuchtungsstärke an Flächen im Freien

6. Technische Daten

6.1 Beleuchtungssonde BENNING Luxmeter Typ B (Art.Nr.: 044111)

Messbereich (lux)	Auflösung (lux)	Genauigkeit
0.01 ÷ 19.99	0.01	± (5% des Ablesewerts +2 Digits)
20.0 ÷ 199.9	0.1	
200 ÷ 1999	1	
2.00 ÷ 19.99 k	10	

Tabelle 5: Beleuchtungsstärke, Spezifikationen gültig in Verbindung mit dem Installationsprüfgerät BENNING IT 120

Messmethode Si Photodiode mit V(λ) Filter
 Sondensensorkarakteristik < 3.8 % nach CIE Kurve
 Kosinus Fehler < 2.5 % im Bereich +/- 85 Grad
 Allgemeine Genauigkeit nach dem DIN 5032 Class B Standard

6.2 Beleuchtungssonde BENNING Luxmeter Typ C (Art.Nr.: 044112)

Messbereich (lux)	Auflösung (lux)	Genauigkeit
0.01 ÷ 19.99	0.01	± (10% des Ablesewerts +3 Digits)
20.0 ÷ 199.9	0.1	
200 ÷ 1999	1	
2.00 ÷ 19.99 k	10	

Tabelle 6: Beleuchtungsstärke, Spezifikationen gültig in Verbindung mit dem Installationsprüfgerät BENNING IT 120

Messmethode Si photodiode
 Kosinus Fehler < 2.5 % im Bereich +/- 85 Grad
 Allgemeine Genauigkeit nach dem DIN 5032 Class C Standard

Vertrieb:

Hersteller:

Benning Elektrotechnik & Elektronik GmbH & Co. KG
Münsterstraße 135 - 137
D - 46397 Bocholt
Telefon ++49 (0) 2871 - 93 - 0 • Fax ++49 (0) 2871 - 93 - 429
www.benning.de • eMail: duspol@benning.de



Dieses Kennzeichen auf den Produkten zertifiziert, dass diese den Vorschriften der EU (Europäische Union) zur Sicherheit und elektromagnetischen Verträglichkeit entsprechen.

© 2007 BENNING

Reproduktion und Gebrauch dieser Veröffentlichung in allen Fällen nur mit schriftlicher Genehmigung von BENNING.

Table of content

1. Introduction	16
2. Standards for field illuminance (lux) meters	17
2.1 DIN-standards for field illuminance (lux) meters	18
3. General about illuminance	18
3.1 The origin of light	18
3.2 Radiometric and Photometric values	18
3.3 Basic photometric definitions	18
3.4 Photometric units conversion table	19
3.5 FAQ: Illuminance vs Luminance	19
3.6 What is the CIE $V(\lambda)$ curve?	21
3.7 What is cosine correction?	22
4. Illuminance measurements	23
4.1 When and why to measure illuminance	23
4.2 Some useful hints to ensure accurate measurements	23
4.3 How to measure average illuminance?	24
4.4 Calibration of illumination testers	24
5. Standard illumination values	25
6. Technical data of the illuminance probe	26

1. Introduction

The purpose of this handbook is to better acquaint the reader with the challenges of illumination measurements.

In the first part of the book the standards and regulations in this field are described.

In the second part basics of light measurements are introduced in a simple manner. The most important definitions and terminology are applied, including some illustrative pictures which help to better understand the topics.

The third and last part presents the measurement methodology. Many useful hints are given in order to perform fast and accurate measurements.

Two tables of most frequently used illuminance limits are added at the end of this handbook.

The two illuminance probes BENNING Luxmeter type B and type C are designed for measurements in conjunction with the installation tester BENNING IT 120. Please notice also the operating manual of the BENNING IT 120.

It has to be stressed that all BENNING illuminance probes and testers are designed to perform light measurements in a fast and accurate manner.

All BENNING's probes are precisely $V(\lambda)$ adapted and cosine corrected and they are in complete compliance with the DIN 5032/7 Class C (Luxmeter Type C) and Class B (Luxmeter Type B) accuracy regulations. The instruments can perform spot or long term measurements and have recording facilities. All important data (max, min, avg) can be stored, recalled or compared with preset limits. Powerful PC SW packages enable further analysis of test data and their documentation.

Our address:

Benning Elektrotechnik & Elektronik GmbH & Co. KG

Münsterstraße 135 - 137

D - 46397 Bocholt

Telefon ++49 (0) 2871-93-0 • Fax ++49 (0) 2871-93-429

www.benning.de • eMail: duspol@benning.de

(The authors would appreciate any comment or additional suggestion which would help us supplement the handbook and BENNING's products).

2. Main feature standards for field illuminance (lux) meters

The International Commission on Illumination (abbreviated as CIE from its French title) is an organization devoted to international cooperation and exchange of information between its member countries on all matters relating to the science and art of lighting. In accordance with an agreement between ISO (the International Organization for Standardization) and CIE, standards are published as double logo standards by ISO. Standards produced by the CIE are a concise documentation of data defining aspects of light and lighting, for which international harmony requires a unique definition. CIE Standards are therefore a primary source of internationally accepted and agreed data which can be taken, essentially unaltered, into universal standard systems.

CIE 69 Methods of Characterizing Illuminance Meters and Luminance Meters

The properties of photometers and photometer heads for the measurements of illuminance and luminance are defined. Methods of calibration are given and sources of errors are described.

BS 667 The requirements for field instruments (type F) meters for the measurement of planar illuminance are specified in this standard. The main definitions and requirements regarding the performance of measurements and construction of measurement instrument are also included.

DIN 5032 /7 Light Measurement Classifications for illuminance and brightness measurement instruments

There are four classes of illuminance meters due to the German DIN 5032 standard: L, A, B and C. Requirements for type F (field instruments) meters for the measurement of planar illuminance are specified in classes A, B and C.

In table 1 the maximum allowed error over the effective range is specified:

Parameter	DIN 5032 – 7 Class B	DIN 5032 – 7 Class C
Matching to $V(\lambda)$ function	6%	9%
Ultraviolet response	2%	4%
Infra-red response	2%	4%
Cosine correction	3%	6%
Non-linearity	2%	5%
Fatigue	1%	2%
Temperature change	1% / degree K	2% / degree K
Modulated light	0,5%	1%

Table 1: Accuracy of field illuminance meters

All BENNING illuminance testers and probes are Class C or Class B compliant.

2.1 Main application standards for field illuminance (lux) meters

There is a series of DIN (German Industrial Standards) standards with detailed descriptions (definitions, precautions, measurements, worst values etc) of light measuring in different private and public places.

DIN 5035 Illumination with artificial lights

- general precautions, measurements,
- terms, definitions and calculations,
- illumination in hospitals, schools, working places, offices,
- illumination in places with screens.

DIN 5034 Daylight in indoor rooms

- general precautions, measurements,
- terms, definitions and calculations,
- definition of minimum window size apartments and loft rooms.

DIN 5037 Headlights

DIN 5044 Traffic illumination with street lights

DIN 33400 Workplace definition

DIN 67526 Lighting for sport facilities

3. General about illuminance

3.1 The origin of light

Light is a part of the electromagnetic waves. The electromagnetic spectrum covers an extremely broad range, from very low frequencies or infra-frequencies over the radio waves with wavelengths of a meter or more on one side, to x-rays and gamma-rays with wavelengths of less than a billionth of a meter. But the part of the light which we are interested in is the optical portion of the electromagnetic spectrum (Figure 1). It lies between radio waves and x-rays, to be exact, it borders on infrared light on one side and ultraviolet on the other.



Figure 1: Electromagnetic spectrum

3.2 Radiometric and Photometric values

The two approaches on how to measure light are:

- radiometric (based on energy),
- photometric (weighted to match the responsivity of the human eye).

The values that are weighted to match the responsivity of the human eye (luminous flux, illuminance, luminance and luminous intensity) are measured by photometric light units, the others (radiant flux, irradiance, radiance and radiant intensity) by energetic units.

The lumen, for example, is the photometric equivalent of the watt. If one wants to measure visible light, one must use photometric quantities. If one wants to measure energy of light, one must use radiometric quantities.

3.3 Basic photometric definitions

Luminous Flux P [lm]

Luminous flux is a measure of flow of visible light. The unit of the measure is Lumen. There are two kinds of luminous flux:

- photopic flux (weighted to match the responsivity of the eye in normal light condition)
- scotopic flux (weighted to the sensitivity of the human eye in the dark adapted state)

Luminous intensity I [lm/sr]

Luminous intensity is a measure of luminous flux emitted per unit solid angle. The unit of solid viewing angle is steradian. One steradian covers one square meter on the surface of a sphere of 1 meter radius.

Illuminance E [lm/m²=lux]

Illuminance is the density of a luminous flux incident on a given point on a surface and is measured in Lux. 1 Lux is caused by a light source with the intensity of 1 candela at the distance of 1 meter.

Luminance L [lm/m²/sr=cd/m²]

Luminance is a measure of luminous flux emitted from an element of a surface into a small solid angle per unit of projected area of the surface.

3.4 Photometric units conversion table

Candela [cd], Lumen [lm], Lux [lux]

lm/m² = lux (lx)

lm/cm² = phot (ph)

lm/ft² = foot candle (fc)

lm/sr = cd

Units fc and lux are dominating in the field.

Conversion between fc and lux is made according to the following equation:

$$1 \text{ fc} = 10.764 \text{ lux}$$

3.5 FAQ: Illuminance vs Luminance

Luminance is a measure of the perceived brightness of the source when you look at it. The definition implies a small source, because the energy stream from it is defined as energy within a given solid angle, independent of distance to the observer. If the source is very small, a tiny quartz halogen torch bulb for example, the brightness will appear to be intense, even if its emission is one candela. If the source is, like a candle, small but not really a point, you will get an impression of a small area of light of moderate brightness, even though the light intensity is also one candela.

For measuring Luminance, the sensors must be equipped with special optics to provide the desired effective viewing angle.

Illuminance is the light flux of one or more different light sources that are striking a certain area. Only the flux portion orthogonal to the surface is considered. The viewing angle is 180% (plane) and weighted with the cosinus correction function.

Example:

The moon may be considered very much as a point source. On the other hand moonlight, refracted and reflected by the atmosphere, contributes significantly to the overall amount of light reaching the earth's surface. As a result moonlight is a combination of a point source and a 2π steradian area source. If you aimed the detector directly at the moon and tracked the moon's path, you would be measuring the maximum illuminance. Luminance measurements require a narrow viewing angle ($< 4^\circ$) in order to satisfy the conditions underlying the measurement units.

Illuminance



Luminance

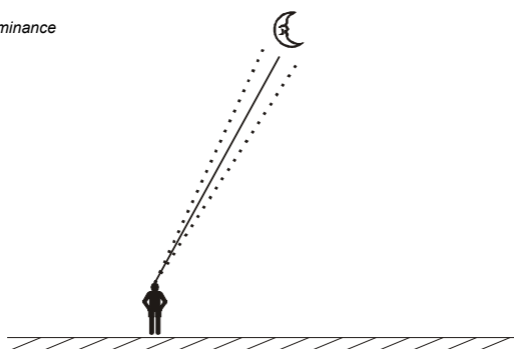


Figure 2: Illuminance vs Luminance

3.6 What is the CIE $V(\lambda)$ curve?

The photometric system defines light in terms of how it is perceived by the human eye. The eye's sensitivity depends on the wavelength or color of the light. The spectral response of the human eye also changes with light intensity. The eye has two distinctive spectral responses, which are defined according to the brightness of the light entering the eye:

- photopic light conditions response (light adapted eye):
defined for light intensity greater than 0.1 lux. In these conditions, the eye has a peak sensitivity in the green part of the visible spectrum, at 555 nm and it is normalized to 1 at that wavelength, while the eye's response to infrared or ultraviolet is zero.
- scotopic light conditions response (dark adapted eye):
occurs under low light conditions (scotopic) defined for light intensity between 0.0001 and 0.01 lux. In these conditions, the eye has a peak sensitivity at about 500 nm.

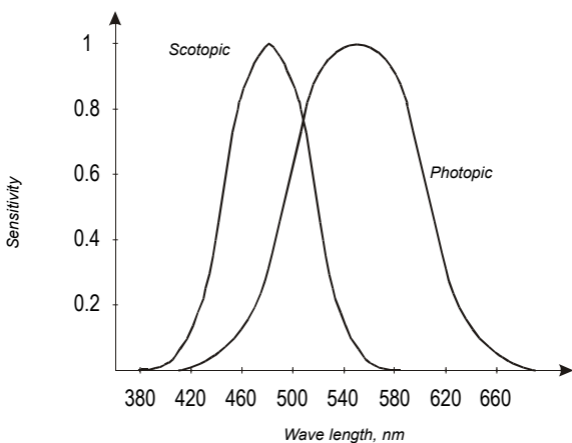


Figure 3: $V(\lambda)$ curve for both eye responses

The response is named the CIE or $V(\lambda)$ curve and is defined in the document CIE 10527. Sensors in illuminance meters must use special colour filters to adapt to the response.

3.7 What is cosine correction?

Light falling at an angle on an object tends to be increasingly reflected as the angle of incidence increases. This causes illuminance meters to read too low when measuring light falling obliquely, unless a cosine correcting mount or a cosine diffuser is used in the meter head assuring an angular response close to the cosine function.

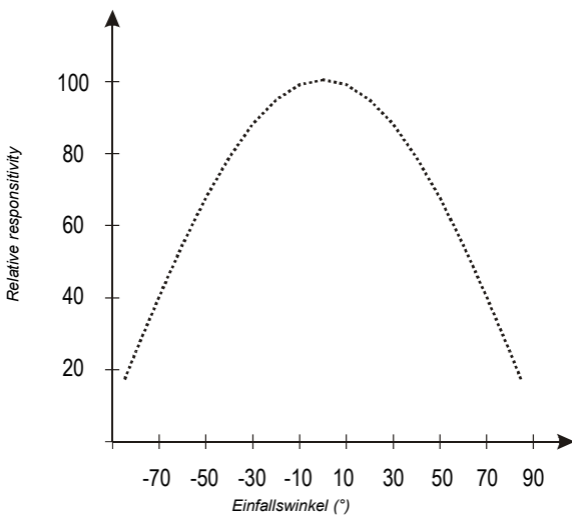
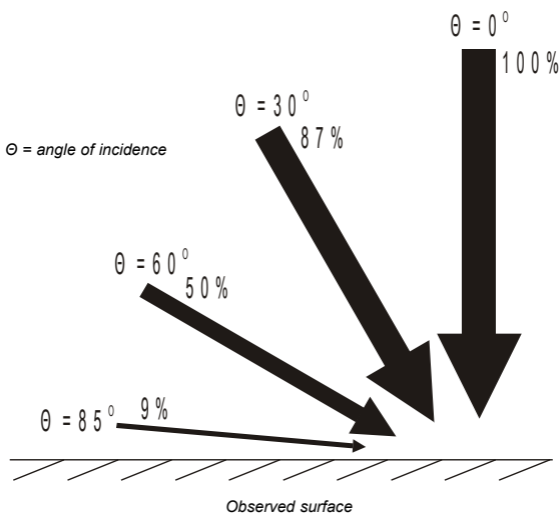


Abbildung 4: Kosinuskorrektur

4. Illuminance measurements

Practical measurement instruments contain semiconductor sensors which convert the absorbed light into electric current. For accurate measurements, luxmeters of the photocell type should be used which have been cosine and color corrected.

4.1 When and why to measure illuminance

The illuminance measurements should be performed whenever planning or installing indoor or outdoor lighting.

Too high or too low illuminance could influence the health and cause safety and psychological problems.

4.2 Some useful hints to ensure accurate measurements

- When measuring illumination at working places, hold the sensor in front (up to 0.2 m) and parallel to the measured object (table, command plate, desk etc).
- When measuring horizontal illumination, hold the sensor in front of the object to be measured so that the window of the sensor faces the ceiling. The distance between floor and sensor is 0.85 m for routine room measurements and 0.2 m for in-door traffic way measurements.
- During the measurement ensure that light incidence onto the sensor is not impaired by the operator or any objects not being part of the measurement (shields or reflections).
- Check the zero setting of the scale when the sensor is fully covered
- Check the condition of the battery in the instrument
- An installation of discharge or fluorescent lamps should be switched on for some time (15 minutes, if possible) before the measurements are taken in order to allow the lamps to be completely warmed up. If the luminary is of the fully enclosed type, even longer stabilization time may be needed.
- The procedure adopted for the measurement process will depend on whether the space is furnished or unfurnished, occupied or unoccupied. In some instances the effects of body shadow should be taken into account.
- For planning purposes the nominal illuminance value (see table 4) should be multiplied by at least $\times 1.25$
- The average illuminance is not allowed to be below $\times 0.8$ of the nominal value.
- The minimal illuminance must never drop below $\times 0.6$ of the nominal value.

Other recommendations can be found in DIN 5035.

4.3 How to measure average illuminance?

Sometimes the average illuminance in a room must be found out.

A luxmeter indicates the illuminance at the point of measurement only, and not the average illuminance in the space. To find out the average illuminance in an area at the time, it is necessary to divide the area into a number of equal areas which should be as nearly square as possible. The illuminance at the centre of each square is then measured, and the results are averaged. The minimum number of equal areas required for accuracy can be determined by number n:

$$n = \frac{L \times W}{(L + W) \times H_m}$$

where L is the length, W is the width of the indoor place H_m and is the height of the luminaries above the plane of measurement.

The height of working plane is usually 0.85 m for work benches or 0.72 m for desk top height unless the main plane of the work is known to be some other height above floor level. If the work is performed down to floor level, then the floor is taken as the working plane of measurement.

The number of measurement points depends on value n.

n	Minimum number of measurement points for uncertainty of $\pm 5\%$	Minimum number of measurement points for uncertainty of $\pm 10\%$
$n < 1$	8	4
$1 \leq n < 2$	18	9
$2 \leq n < 3$	32	16
$3 < n$	50	25

Table 2: Number of measurement points

4.4 Calibration of illumination testers

As a general rule silicon diode type meter should be re-calibrated every two years. Companies conforming to the ISO 9000 standards should have their meters calibrated every 12 months. It is recommended to recalibrate probe frequently to maintain specified accuracy.

5. Standard illumination values

Type of visual task	Practical examples	Normal illumination (lighting intensity) in lux
Orientation	Traffic zones, subordinate rooms	20
	Filled storage rooms, hallways in buildings for persons	50
Easy visual tasks	Production plants with occasional activities, toilet facilities, engine rooms, traffic ways for vehicles in buildings, staircases, conveyor belts, medical rooms	100
	Crude works, continuously occupied working places in production plants, storage rooms with reading tasks, canteens	200
Normal visual tasks	Conference rooms, gymnasiums	300
	Offices, medical facilities (urgencies)	500
	Technical drawing rooms	750
Difficult visual tasks	Supervision places, technical drawings, open plan offices, assembly rooms, testing stations	1000
Very difficult visual tasks	Assembly rooms for small components, show windows	1500

Table 3: Standard values of inside working environment due to the DIN 5035 standard

The nominal values listed above are reference values. Generally they refer to horizontally working surfaces at a height of 0.85 m above floor and a mean ageing condition of the lighting.

Condition	Illuminance (lux)
Bright sun	50.000 - 100.000
Hazy day	25.000 - 50.000
Cloudy bright	10.000 - 25.000
Cloudy dull	2.000 - 10.000
Very dull	100 - 2.000
Sunset	1 - 100
Good street lighting	20
Poor street lighting	0,1
Full moon	0,01 - 0,1
Starlight	0,001 - 0,001
Overcast night	0,00001 - 0,0001

Table 4: Typical Illuminance levels at outdoor places

6. Technical data

6.1 Illuminance probe BENNING Luxmeter Typ B (Art.Nr.: 044111)

Measuring range (lux)	Resolution (lux)	Accuracy
0.01 ÷ 19.99	0.01	± (5 % of reading + 2 digits)
20.0 ÷ 199.9	0.1	
200 ÷ 1999	1	
2.00 ÷ 19.99 k	10	

Table 5: *Illuminance, specifications valid in conjunction with installation tester BENNING IT 120*

Measurement principle silicon photodiode with V(λ) filter
 Spectral response error < 3.8 % according to CIE curve
 Cosine error < 2.5 % up to an incident angle of +/- 85 Grad
 Overall accuracy matched to DIN 5032 class B standard

6.2 Illuminance probe BENNING Luxmeter Typ C (Art.Nr.: 044112)

Measuring range (lux)	Resolution (lux)	Accuracy
0.01 ÷ 19.99	0.01	± (10 % of reading + 3 digits)
20.0 ÷ 199.9	0.1	
200 ÷ 1999	1	
2.00 ÷ 19.99 k	10	

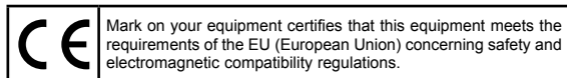
Table 6: *Illuminance, specifications valid in conjunction with installation tester BENNING IT 120*

Measurement principle silicon photodiode
 Cosine error < 2.5 % up to an incident angle of +/- 85 Grad
 Overall accuracy matched to DIN 5032 class C standard

Distributor:

Producer:

Benning Elektrotechnik & Elektronik GmbH & Co. KG
Münsterstraße 135 - 137
D - 46397 Bocholt
Telefon ++49 (0) 2871 - 93 - 0 • Fax ++49 (0) 2871 - 93 - 429
www.benning.de • eMail: duspol@benning.de



© 2007 BENNING

No part of this publication may be reproduced or utilised in any form or by any means without permission in writing from BENNING

IDNR 20 751 082