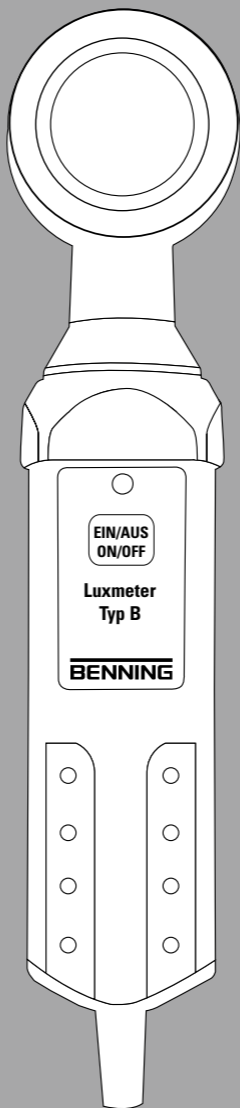


BENNING

- (D) Handbuch zur Beleuchtungsstärke
- (GB) The illuminance handbook
- (RO) Manual de utilizare pentru iluminare



BENNING Luxmeter Typ B

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	3
2. Normen zu Beleuchtungsstärkemessgeräten (lux)	4
2.1 DIN-Normen zu Beleuchtungsstärkemessgeräten (lux)	5
3. Allgemeines zur Beleuchtungsstärke	5
3.1 Der Ursprung des Lichts.....	5
3.2 Radiometrische und fotometrische Werte	5
3.3 Grundlegende fotometrische Definitionen	5
3.4 Tabelle zur Umrechnung der fotometrischen Einheiten	6
3.5 FAQs: Beleuchtungsstärke oder Leuchtdichte	6
3.6 Was ist die CIE- oder $V(\lambda)$ -Kurve?	8
3.7 Was ist die Kosinuskorrektur?	9
4. Messungen zur Beleuchtungsstärke	10
4.1 Wann und warum die Beleuchtungsstärke zu messen ist.....	10
4.2 Einige nützliche Tipps für einwandfreie Messungen	10
4.3 Wie misst man die durchschnittliche Beleuchtungsstärke?	11
4.4 Kalibrierung der Beleuchtungsmessgeräte.....	11
5. Beleuchtungsnormwerte	12
6. Technische Daten	13
6.1 Beleuchtungssonde BENNING Luxmeter Typ B	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 eine Tabelle der gebräuchlichsten Beleuchtungsgrenzwerte und die technischen Daten der Beleuchtungssonde Luxmeter Typ B.

Die Beleuchtungssonde BENNING Luxmeter Typ B ist zur Messung in Verbindung mit dem Installationsprüfgerät BENNING IT 120 B ausgelegt. Siehe auch Bedienungsanleitung BENNING IT 120 B!

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

Das BENNING Luxmeter Typ B ist genauestens $V(\lambda)$ angepasst sowie kosinus-korrigiert und stimmt vollständig mit den Vorschriften zur Genauigkeit der DIN 5032/7 Klasse B überein. Mit dem Gerät 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

Phone: +49 (0) 2871-93-0 • Fax: +49 (0) 2871-93-429

www.benning.de • E-Mail: duspol@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
Stimmt mit der $V(\lambda)$ Funktion überein	6%
Ultravioletttempfindlichkeit	2%
Infrarotempfindlichkeit	2%
Kosinuskorrektur	3%
Nicht-Linearität	2%
Ermüdung	1%
Temperaturwechsel	1% / Grad K
Moduliertes Licht	0,5%

Tabelle 1: Genauigkeit von Beleuchtungsstärkemessgeräten

BENNING Luxmeter Typ B stimmt mit den Anforderungen der Klasse 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 Halogenleuchtquelle, 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.

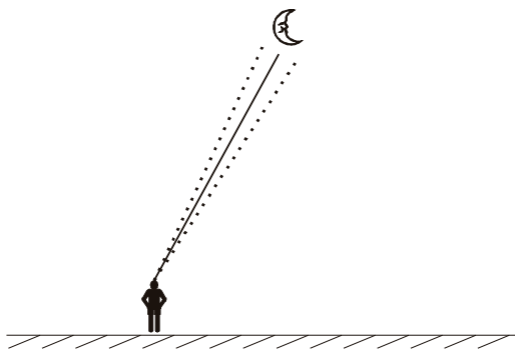
Beleuchtungsstärke*Leuchtdichte*

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.

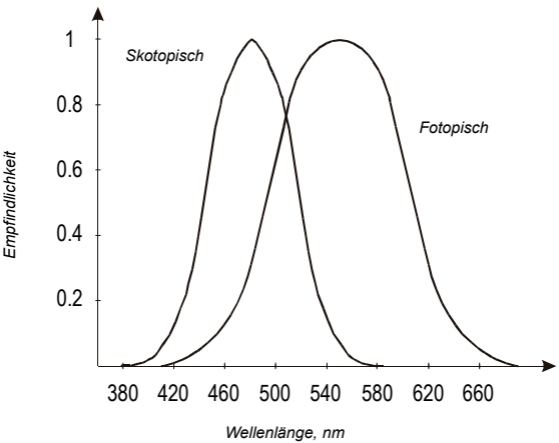


Abbildung 3: $V(\lambda)$ Kurve für beide Augenempfindlichkeiten

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.

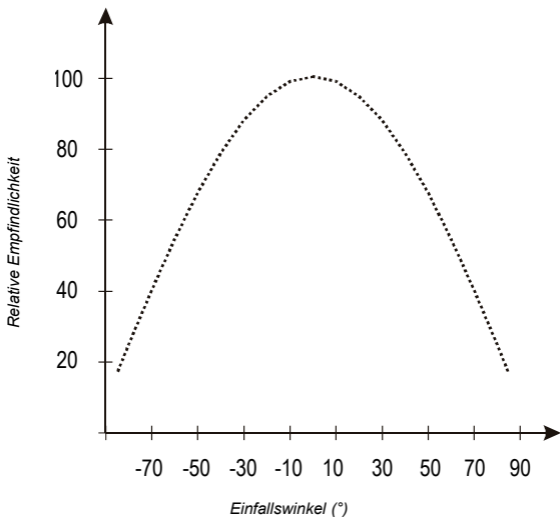
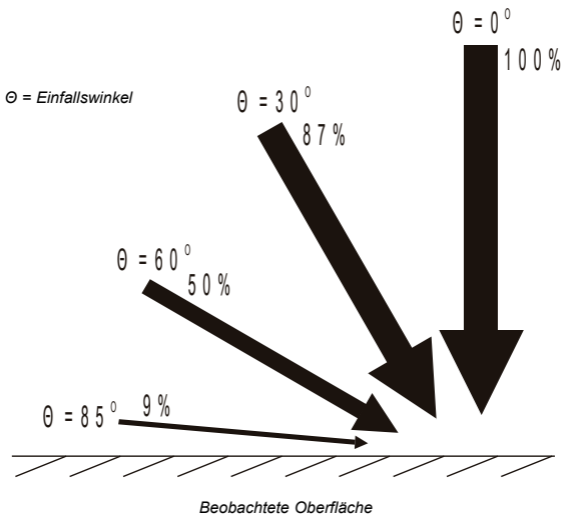


Abbildung 4: Kosinuskorrektur

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 B

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

Vertrieb:

Hersteller:

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



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

© 2010 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	26
6.1 Illuminance probe BENNING Luxmeter Typ B	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.

One table of most frequently used illuminance limits are added at the end of this handbook.

The illuminance probe BENNING Luxmeter type B is designed for measurements in conjunction with the installation tester BENNING IT 120 B. Please notice also the operating manual of the BENNING IT 120 B.

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

The BENNING Luxmeter type B is precisely $V(\lambda)$ adapted and cosine corrected and it is in complete compliance with the DIN 5032/7 Class B (Luxmeter Type B) accuracy regulations. The instrument 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

Phone: +49 (0) 2871 - 93 - 0 • Fax: +49 (0) 2871 - 93 - 429

www.benning.de • E-Mail: 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
Matching to $V(\lambda)$ function	6%
Ultraviolet response	2%
Infra-red response	2%
Cosine correction	3%
Non-linearity	2%
Fatigue	1%
Temperature change	1% / degree K
Modulated light	0,5%

Table 1: Accuracy of field illuminance meters

BENNING Luxmeter type B is 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 Φ_v [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_v [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_v [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_v [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.

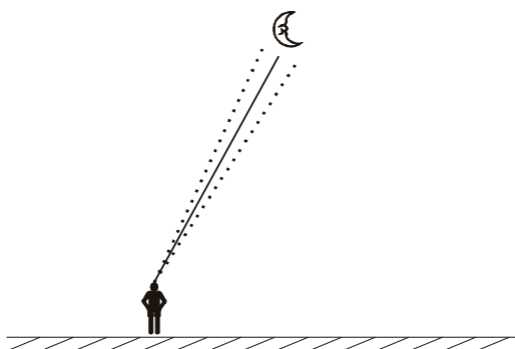
Illuminance*Luminance*

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.

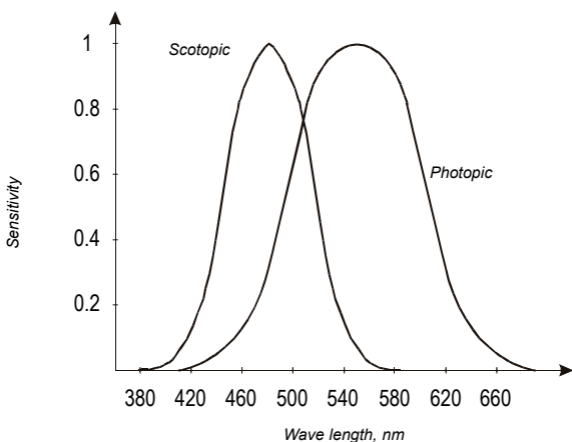


Figure 3: $V(\lambda)$ curve for both eye responses

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.

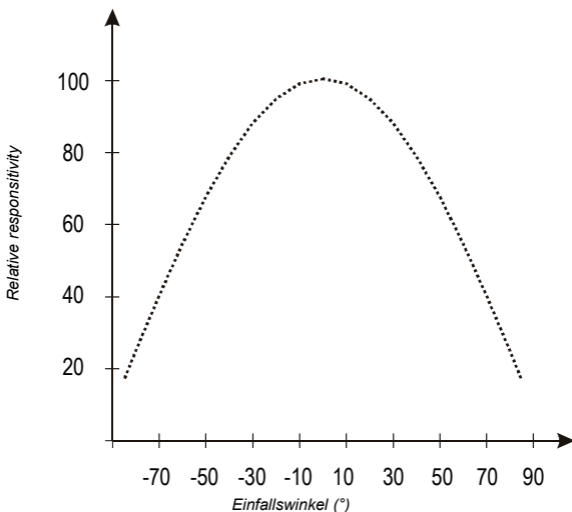
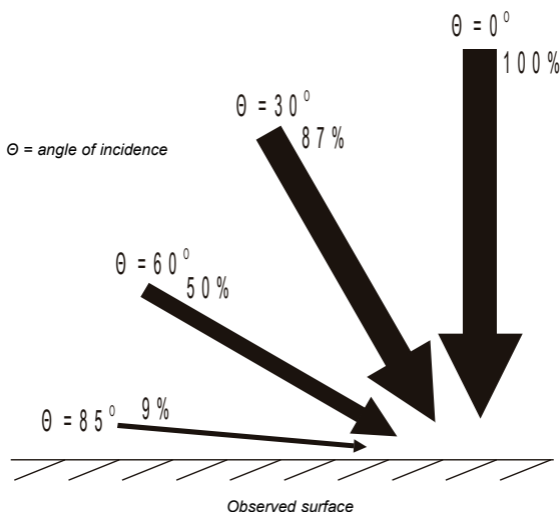


Abbildung 4: Kosinuskorrektur

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:

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

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.No.: 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	

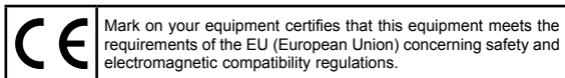
Table 5: *Illuminance, specifications valid in conjunction with installation tester BENNING IT 120 B*

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

Distributor:

Producer:

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



© 2010 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

Cuprins

1. Noțiuni introductive	29
2. Standarde pentru aparate de măsurare a iluminării (luxmetru) (lux)	30
2.1 Standardele DIN pentru aparate de măsurare a iluminării (lux).....	31
3. Generalități cu privire la iluminare (intensitatea iluminării).....	31
3.1 Originea luminii.....	31
3.2 Valori radiometrice și fotometrice	31
3.3 Definiții fotometrice de bază	31
3.4 Tabelul pentru convertirea (transformarea) unităților fotometrice.....	32
3.5 FAQs: Intensitatea sau densitatea iluminării	32
3.6 Ce este curba CIE sau $V(\lambda)$?	34
3.7 Ce este corectare cosinusoidală?	35
4. Măsurătorile pentru determinarea iluminării	36
4.1 Când și de ce iluminatul trebuie măsurat?	36
4.2 Câteva sfaturi utile pentru o măsurare corectă	36
4.3 Cum se măsoară intensitatea medie a iluminării?	37
4.4 Calibrarea instrumentelor de măsurare a iluminatului.....	37
5. Valorile nomelor privind iluminarea.....	38
6. Date tehnice	39
6.1 Sondă BENNING Luxmetru Tip B	39

1. Noțiuni introductive

Scopul acestui manual este de a oferi și de a aduce mai aproape cititorului provocările care apar atunci când se efectuează măsurarea iluminării. În prima parte a manualului, sunt descrise standardele și normele pentru acest departament. A doua parte sunt prezentate într-o formă simplificată, elementele de bază ale măsurătorilor iluminării. De asemenea, pentru a facilita înțelegerea subiectului, manualul conține principalele definiții și terminologia, în parte cu prezentare grafică.

În partea a treia și ultima, sunt prezentate metodele de măsurare și sfaturi pentru efectuarea de măsurători rapide și corecte.

La sfârșitul manualului, veți găsi două tabele ce conțin nivelurile de iluminare cele mai uzuale, precum și datele tehnice ale sondelor Luxmetrului de iluminat de tip B. Cei senzori de lumină BENNING Luxmeter de tip B este concepuți pentru a se efectua măsurători împreună cu testerul BENNING IT 120 B. A se vedea, de asemenea, manual de utilizare BENNING IT 120 B!

Trebuie subliniat faptul că toate sondele și echipamente de testare de la BENNING sunt concepute pentru a se efectua măsurători ale iluminării, rapid și corect.

BENNING Luxmeter de tip B este adaptate exact V (λ) precum și corectate cosinusoidal și este în conformitate cu cerințele privind normele DIN 5032/7 clasa B. Cu aceste dispozitive se pot măsura atât punctul de lumină, precum și măsurătorile de suprafață, datele măsurate putând fi înregistrate. Toate datele importante pot fi stocate, re-apelate, sau pot fi comparate cu limitele stabilite anterior. Pachete puternice de soft, PC-ul, permit o analiză mai aprofundată a datelor de testare

Adresa noastră:

Benning Elektrotechnik & Elektronik GmbH & Co. KG

Münsterstraße 135 - 137

D - 46397 Bocholt

Phone: +49 (0) 2871 - 93 - 0 • Fax: +49 (0) 2871 - 93 - 429

www.benning.de • E-Mail: dupol@benning.de

(Autorii sunt recunoscători pentru orice comentariu sau sugestie, care ajută la completarea manualului și a produselor de la BENNING).

2. Standarde pentru aparate de măsurare a iluminării (luxmetru) (lux)

Comisia Internațională pentru Iluminat (CIE, prescurtat după titlul în limba franceză) este o organizație care se ocupă de cooperarea internațională și schimbul de informații între țările membre din punct de vedere al științei și artei iluminării. Conform unui acord între ISO (Organizația Internațională pentru Standardizare) și standarde CIE, normele de la ISO, vor fi publicate cu amprenta ambelor logo-uri. Standarde, care sunt elaborate de către CIE sunt o documentația precisă, care definește aspectele de lumină și de iluminat, pentru că un acord internațional, necesită o definiție uniformă. Standardele CIE sunt, prin urmare, o sursă majoră de date recunoscute la nivel internațional care pot fi folosite neschimbate pentru sisteme standard universale.

CIE 69 Metode pentru caracterizarea aparatelor de măsurare a intensității și a densității luminoase

Sunt definite caracteristici ale fotometrului și ale cap fotometru, pentru măsurarea intensității și a densității luminoase. Vor fi descrise metode de calibrare și de eroare.

BS 667 În această normă sunt descrise cerințele pentru instrumente de măsură (de tip F) pentru măsurarea vectorului de lumină al intensității luminii. Sunt de asemenea enumerate, definițiile și cerințele principale în ceea ce privește performanța de măsurare și de construcție a instrumentelor de măsurare.

DIN 5032/7 Evaluare tehnică pentru aparate de măsurare a iluminării și a intensității luminii.

În conformitate cu standardul german DIN 5032, există patru clase de aparate de măsurare a iluminării: L, A, B și C. Cerințele pentru omologarea de tip F (aparate de măsură) pentru măsurarea vectorului de lumină a iluminării, sunt enumerate în categoriile de clase A, B și C.

Tabelul 1 arată valorile de eroare maxim admise peste intervalul de măsurare:

Parametru	DIN 5032 – 7 Clasa B
Coincide cu V (λ) funcția	6%
Sensibilitate la ultraviolet	2%
Sensibilitate la infraroșu	2%
Corecție cosinusoidă	3%
Non-liniaritate	2%
Oboseala	1%
Schimbare temperatură	1% / grad K
Lumina modulată	0,5%

Tabelul 1: Precizia aparatelor de măsurare a intensității iluminării

BENNING Luxmeter de tip B corespund cerințelor din clasa B.

2.1 Standardele DIN pentru aparate de măsurare a iluminării (lux)

Există mai multe norme DIN (normă germană pentru industrie), cu descrieri detaliate (definiții, măsuri, măsurători, valori de eroare, etc.) pentru măsurarea luminii în diverse spații private și publice.

DIN 5035 Iluminare cu lumină artificială

- măsuri generale, măsurători,
- definiții, terminologie, și calcule,
- iluminat în spitale, școli, locuri de muncă, birouri,
- iluminat în spații cu monitoare.

DIN 5034 lumina naturală (lumina zilei) în interiorul încăperilor

- măsuri generale, măsurători,
- terminologie, definiții și calcule,
- definirea dimensiunii minime a ferestrei pentru apartamente

DIN 5037 Evaluarea tehnică al reflectoarelor

DIN 5044 Iluminarea traficului cu iluminat stradal

DIN 33400 Loc de muncă: definiție

DIN 67526 Iluminarea suprafețelor sportive

3. Generalități cu privire la iluminare

3.1 Originea luminii

Lumina este o parte a undelor electromagnetice. Spectrul electromagnetic acoperă o gamă foarte largă: de la frecvențe foarte scăzute sau frecvențele infra-sonice, până la undele radio cu o lungime de undă de un metru sau mai mult, până la razele X și raze gamma cu o lungime de undă de mai puțin de o miliardime de metru. Dar partea care ne interesează este partea optică a spectrului electromagnetic (figura 1). Acest lucru se află între undele radio și raze X sau mai precis: este mărginită pe de o parte, de lumina infraroșie, pe de altă parte de lumina ultravioletă.



Figura 1: Spectru electromagnetic

3.2 Valori radiometrice și fotometrice

Există două moduri în care putem măsura lumina:

- radiometric (pe bază de energie),
- fotometric (evaluată în funcție de sensibilitatea ochiului uman).

Valorile care se referă la sensibilitatea ochiului uman (Flux luminos, iluminare, densitate luminoasă și intensitatea luminoasă) sunt măsurate cu unități de lumină fotometrice, în timp ce altele (flux luminos, intensitatea radierii, densitatea razelor (fasciculului) și intensitatea radiantă) sunt măsurate cu ajutorul unității de energie.

De exemplu, lumen este echivalentul fotometric pentru wați. Dacă doriți să măsurați lumină vizibilă, trebuie să utilizați cantități fotometrice. Dacă doriți să măsurați energia luminii, trebuie să se folosească unități radiometrice.

3.3 Definiții fotometrice de bază

Flux luminos P [lm]

Cu fluxul luminos se măsoară fluxul luminii vizibile. Unitatea de măsură este lumen. Există două tipuri diferite de flux luminos:

- Flux photopic (ponderată în funcție de sensibilitatea ochiului la iluminare normală)
- Flux scotopic (ponderată în funcție de sensibilitatea ochiului uman în întuneric beznă)

Intensitatea luminii I [lm/sr]

Cu intensitatea luminii se măsoară fluxul luminos care este emis pentru fiecare unghi solid.

Unitatea de măsură în care se măsoară unghiul de vizionare spațială, se numește steradian. Un steradian se referă la un metru pătrat de pe suprafața unei sfere cu o rază de 1 metru.

Intensitatea iluminării E [lm/m² = lux]

Intensitatea iluminării indică densitatea unui flux luminos al unui anumit punct, pe o suprafață. Unitatea de măsură pentru intensitatea iluminării este Lux. 1 Lux este produs de o sursă de lumină cu intensitate a luminii de 1 Candela, la o distanță de un metru.

Densitate luminoasă L [lm/m²/sr = cd/m²]

Cu densitate luminoasă se măsoară fluxul de lumină care este emis de o supra-

față sub formă de unghi ascuțit ca zona de proiecție, pe o suprafață.

3.4 Tabelul pentru convertirea (transformarea) unităților fotometrice Candela [cd] lumenul [lm], Lux [lux]

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

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

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

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

În acest domeniu unitățile fc și lux sunt menționate cel mai frecvent.
Conversia dintre fc și Lux se face în conformitate cu următoarea ecuație:

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

3.5 FAQs: Intensitatea sau densitatea iluminării

Luminanța se măsoară ca fiind luminozitatea percepută a unei surse de lumină, în care privești sub un unghi drept. Această definiție necesită o sursă de lumină mică, deoarece fluxul este definit de aceasta, ca fiind energia într-un unghi solid, indiferent de distanța de vizualizare. Dacă sursa de lumină este foarte mică, de exemplu, un bec cu halogen mic, pare ca și cum acesta este foarte luminos, chiar dacă intensitatea este de numai aproximativ 1 Candela. În cazul în care sursa de lumină, cum ar fi, de exemplu, o lumânare, dar nu în mod direct un punct, se are impresia de o zonă mică de lumină, de luminozitate moderată, chiar și atunci când intensitatea luminii este, de asemenea de 1 Candela. Pentru a măsura luminanța, senzorii trebuie să fie dotați cu lentile speciale pentru ca unghiul de vizionare dorit, să poată fi reglat pentru a se efectua măsurarea.

Iluminarea este fluxul luminos al unuia sau a mai multor surse de lumină, care ajung la o anumită zonă. Se va lua în considerare doar componenta fluxului ortogonală pe suprafața luată în considerare. Unghiul de vizionare este de 180 % (plan) și se măsoară cu funcția de corectare cosinus.

Exemplu:

Luna, poate fi văzută ca o sursă de lumină sub formă de punct. Pe de altă parte, lumina lunii este refractată și reflectată de atmosferă și astfel, o mare parte contribuie la cantitatea de lumină care ajunge la suprafața Pământului. Ca rezultat, lumina lunii este o combinație de o sursă de lumină sub formă de punct și o sursă de suprafață luminoasă de 2π steradian. În cazul în care detectorul este direcționat direct pe Lună și urmează calea lunii, veți măsura iluminarea maximă. Măsurarea luminanței, pentru a se conforma condițiilor asumate de către unitățile de măsură, trebuie efectuată sub un unghi ascuțit ($< 4^\circ$).

Intensitatea iluminării



Densitate luminii

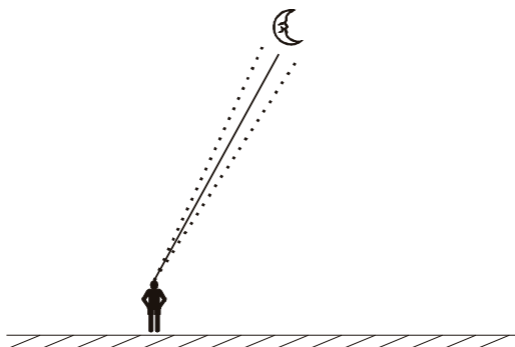


Figura 2: Intensitatea sau densitatea luminii

3.6 Ce este curba CIE sau V (λ)?

Fotometria definește prin aceasta lumina, așa cum este ea percepută de către ochiul uman. Sensibilitatea ochiului depinde de lungimea undei de lumină și de culoare. Sensibilitatea spectrală a ochiului uman se poate schimba o dată cu o schimbare de intensitate a luminii. Ochiul are două sensibilități spectrale diferite, care sunt definite în funcție de luminozitatea, care intră în ochi:

- Condițiile de iluminare Photopice ale sensibilității (ochi adaptat la lumină): Sunt definite pentru o intensitate a luminii cu o valoare de peste 0,1 lux. În aceste condiții, ochiul are o sensibilitate maximă de 555 nm în domeniul verde a spectrului vizibil și se adaptează la 1 la această lungime de undă, în timp ce la o lumină ultravioletă sau de infraroșu are valoarea 0.
- Condițiile de lumină scotopice, ale sensibilității (ochi adaptat la întuneric): Apar în condiții de iluminare redusă (scotopic), la o intensitate a luminii cuprinsă între 0.0001 - 0.01 lux. În aceste situații ochiul atinge o valoare maximă de aproximativ 500 nm.

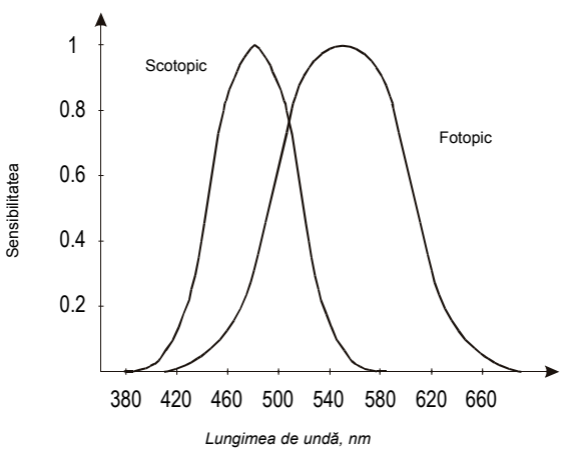


Figura 3: V(λ) curba pentru sensibilitatea ambelor situații

Curba de sensibilitate este numită și curba CIE sau V(λ), și este menționată în documentul CIE 10527. Sensorii care se află în aparatele de măsurarea a iluminării, pentru a putea regla sensibilitatea, trebuie să utilizeze filtre de culoare speciale.

3.7 Ce este corectarea cosinus?

Lumina care cade sub un anumit unghi pe un obiect, devine tot mai reflexivă, cu cât vârful unghiului de incidență devine mai ascuțit. Acest lucru înseamnă că aparatele de măsură, măsoară valori prea scăzute, în situațiile în care lumina cade oblic. Pentru a elimina acest lucru puteți utiliza o versiune a corectorului de cosinus sau un difuzator al cosinusului în capul de măsurare, care asigură că sensibilitatea unghiulară se găsește la funcția cosinus.

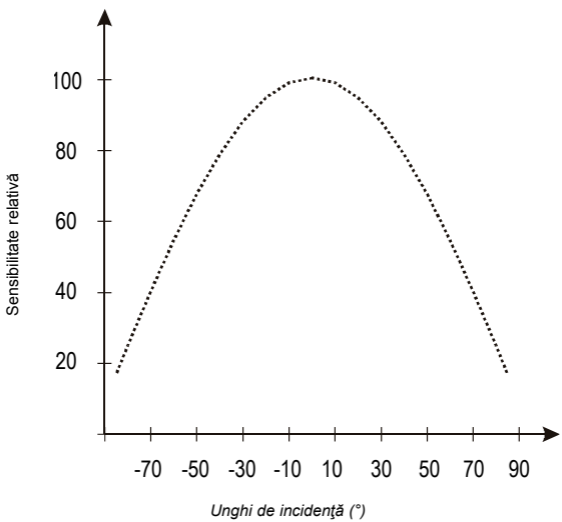
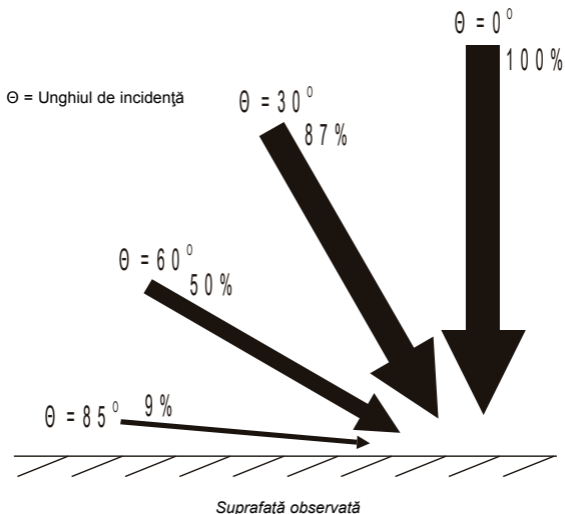


Figura 4: Corectarea cosinus

4. Măsurătorile pentru determinarea iluminării

Instrumente de măsurare au un semiconductor care convertește lumina absorbită în energie electrică. Pentru măsurătorile corecte ar trebui să fie utilizat numai luxmetru cu fotocelule, atunci când acestea sunt corectate d.p.d.v. al cosinusului și al culorii.

4.1 Când și de ce iluminatul trebuie măsurat

Intensitatea luminoasă trebuie măsurată întotdeauna înainte de a se monta iluminat interior sau exterior.

O intensitate prea mare sau prea mică a luminii, poate pune în pericol sănătatea sau poate crea probleme de securitate și psihice.

4.2 Câteva sfaturi utile pentru o măsurare corectă

- La efectuarea măsurătorilor, senzorul de iluminat se va ține pe suprafața locului de muncă (până la 0,2 m) și paralel cu obiectul care urmează să fie măsurat, (masă, panoul de control, birou, etc).
- Pentru măsurători ale iluminării pe orizontală, senzorul se va ține în fața obiectului care urmează a fi măsurat, în așa fel încât fereastra senzorului să fie îndreptată spre tavan. Distanța dintre sol și senzor, în încăperi normale, este de la 0,85 m și la măsurătorile pentru căi de comunicare interioare (coridoare) 0,2.
- Asigurați-vă că în timpul efectuării măsurătorilor, incidența luminii pe senzor nu se face prin operator sau alte obiecte, care nu sunt parte a măsurătorilor (de protecție sau de reflecție) și care ar putea influența măsurătoarea.
- Verificați poziția zero a scalei de măsurare, la o acoperire completă a senzorului.
- Verificați starea bateriei din aparat.
- Lămpi cu fluorescență sau lămpi de descărcare ar trebui pornite cu o perioadă de timp înainte de efectuarea măsurătorilor, (dacă este posibil 15 minute) pentru ca acestea să se poată încălzi pe deplin. În cazul în care mijlocul de iluminare este închis complet, timpul pe care corpurile de iluminat le necesită poate fi prelungit.
- Care procedură de măsurare va fi aleasă, depinde de încăpere dacă aceasta este mobilată sau nu, respectiv dacă este ocupată sau nu. În unele cazuri, ar trebui să fie luat în considerare, efectul umbră al corpurilor.
- Pentru calcul, valoarea nominală a iluminării (vezi tabelul 4) ar trebui să fie multiplicată cu un factor cu o valoare de minim 1,25.
- Intensitatea luminoasă medie nu trebuie să fie mai mică de 0,8 ori a valorii nominale.
- Valoarea minimă a iluminării nu trebuie să fie niciodată mai mică de 0,6 ori a valorii nominale.

Alte recomandări se găsesc în DIN 5035.

4.3 Cum se măsoară intensitatea medie a iluminării?

Uneori este necesar să se determine iluminarea medie, dintr-o încăpere.

Un luxmetru afișează numai iluminarea la momentul de măsurare și nu iluminarea medie a încăperii. Pentru a determina iluminare medie, într-o zonă, aceasta va fi divizată în mai multe dimensiuni egale, pe cât posibil porțiuni pătrate. Apoi, este măsurată iluminarea în centrul fiecărui pătrat și apoi se calculează media rezultatelor. Numărul minim de dimensiuni egale, care este necesară pentru a obține exactitate, poate fi determinată de cifra n:

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

L este lungimea, B lățimea interioară a încăperii și H_m este înălțimea luminescenței deasupra suprafeței plane pe care se efectuează măsurarea.

Înălțimea zonei de lucru este în mod normal de 0,85 m, suprafețe de lucru respectiv 0,72 m, pentru o înălțime a ecranului, cu condiția ca înălțimea zonei principale de lucru nu este mai înaltă decât înălțimea obișnuită a unui coridor normal. În cazul în care munca este exercitată într-un spațiu cu înălțime normală, suprafața care se consideră ca fiind suprafață de lucru pentru efectuarea măsurătorilor este podeaua (solul).

Numărul de punctelor de măsurare, depinde de valoarea n.

n	Numărul minim de puncte de măsurare pentru o incertitudine de $\pm 5\%$	Numărul minim de puncte de măsurare pentru o incertitudine de $\pm 10\%$
$n < 1$	8	4
$1 \leq n < 2$	18	9
$2 \leq n < 3$	32	16
$3 < n$	50	25

Tabelul 2: Numărul de puncte de măsurare

4.4 Calibrarea instrumentelor de măsurare a iluminatului

Ca regulă generală, instrumentele de măsurare prevăzute cu diode de siliciu ar trebui să fie recalibrate la fiecare doi ani. Companiile care lucrează în conformitate cu standardele ISO 9000, ar trebui să efectueze calibrarea instrumentelor lor la fiecare 12 luni. Pentru a păstra precizia sondelor, acestea ar trebui să fie recalibrate periodic.

5. Valorile ale normelor privind iluminarea

Tipuri de sarcini vizuale	Exemple în practică	Iluminare normală (intensitate a luminii) în Lux
Orientare	Zone cu trafic, zonele secundare	20
	Încăperi de depozitare, coridoare în clădiri pentru persoane.	50
Sarcini vizuale simple	Locuri de producție cu activități ocazionale, obiective sanitare, sălile mașinilor, rutele de trafic pentru vehicule în clădiri, scări, benzi transportoare, încăperi de examinare și de tratament	100
	Locuri de muncă pentru activități ușoare, locuri de muncă ocupate în mod regulat în încăperi de producție, încăperi de depozitare cu activități de citire, cantine	200
Sarcini vizuale normale	Încăperi pentru conferințe Săli de gimnastică	300
	Birouri, amenajări pentru încăperi cu activitate medicală (de urgență)	500
	Încăperi pentru proiectare și desen	750
Sarcini vizuale dificile	Locuri de supraveghere, desene tehnice, birouri de proiectare, zonele de asamblare, stații de testare	1000
Sarcini vizuale foarte severe	Încăperi de montaj pentru piese mici de asamblare	1500

Tabelul 3: Valorile normate pentru locurile de muncă interioare, în conformitate cu standardul DIN 5035

Valorile nominale enumerate mai sus sunt aproximative. Acestea se referă în general la suprafața de lucru orizontală la o înălțime de 0,85 m deasupra solului și o îmbătrânire medie a iluminării.

Stare	Intensitatea iluminării (lux)
Lumină solară	50.000 - 100.000
Vaporos	25.000 - 50.000
Parțial înnorat	10.000 - 25.000
Înnorat	2.000 - 10.000
Foarte înnorat	100 - 2.000
Apus de soare	1 - 100
Iluminat stradal bun	20
Iluminat stradal slab	0,1
Lună plină	0,01 - 0,1
Cer înnelat	0,001 - 0,001
Noapte înnorată	0,00001 - 0,0001

Tabelul 4: Intensitatea tipică a iluminării pe suprafețe aflate în aer liber

6. Date tehnice

6.1 Sondă BENNING Luxmetru Tip B (cod produs 044111)

Domeniu de măsurare (lux)	Dizolvare (lux)	Exactitate
0.01 ÷ 19.99	0.01	± (5 % din valoarea citită +2 digits)
20.0 ÷ 199.9	0.1	
200 ÷ 1999	1	
2.00 ÷ 19.99 k	10	

Tabelul 5: Intensitatea iluminării, specificațiile valabile în conformitate cu Testerul BENNING IT 120 B

Metoda de măsurare	Si fotodiodă cu V(λ) filtru
Caracteristicile senzorului sondei de măsurare	< 3,8 %, după curba de CIE
Eroare de cosinus	< 2,5 % în termen de +/- 85 de grade
Condiții generale de precizie, conform DIN 5032 Clasa B Standard	

Distribuitor:

Producător:

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



Acest însemn de pe produse, certifică că acestea corespund normelor europene de siguranță și compatibilitate electromagnetică.

© 2010 BENNING

Reproducerea și utilizare a acestei publicații, numai cu acordul scris de la BENNING.