

Beleuchtung mit künstlichem Licht

Messung und Bewertung

DIN
5035
Teil 6

Artificial lighting; measurement and assessment

Ersatz für Ausgabe 11.83

Die Normen der Reihe DIN 5035 bestehen aus folgenden Teilen:

- DIN 5035 Teil 1 Beleuchtung mit künstlichem Licht; Begriffe und allgemeine Anforderungen
 DIN 5035 Teil 2 Beleuchtung mit künstlichem Licht; Richtwerte für Arbeitsstätten in Innenräumen und im Freien
 DIN 5035 Teil 3 Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht; Beleuchtung in Krankenhäusern
 DIN 5035 Teil 4 Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht; Spezielle Empfehlungen für die Beleuchtung von Unterrichtsstätten
 DIN 5035 Teil 5 Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht; Notbeleuchtung
 DIN 5035 Teil 6 Beleuchtung mit künstlichem Licht; Messung und Bewertung
 DIN 5035 Teil 7 Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht; Beleuchtung von Räumen mit Bildschirmarbeitsplätzen und mit Arbeitsplätzen mit Bildschirmunterstützung

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich	2	7 Auswertung und Darstellung	6
2 Zweck	2	7.1 Korrektur der Meßwerte	6
3 Meßgrößen	2	7.2 Beleuchtungsstärke	6
4 Anforderungen an die zu verwendenden Meßgeräte	2	7.3 Zylindrische Beleuchtungsstärke E_z und Reflexionsgrade ρ_{dif}	7
4.1 Fehlergrenzen	2	7.4 Leuchtdichteverteilung im Raum	7
4.2 Beleuchtungsstärkemeßgerät (Luxmeter)	2	7.5 Begrenzung der Direktblendung	7
4.3 Gerät zur Messung der zylindrischen Beleuchtungsstärke E_z	3	7.6 Lichtfarbe und Farbwiedergabeeigenschaften	7
4.4 Leuchtdichtemeßgerät	3	8 Besondere Festlegungen für die Messung und Bewertung der Sicherheitsbeleuchtung für Rettungswege	7
4.5 Gerät zur Messung des Reflexionsgrades ρ_{dif} bei diffusem Lichteinfall	3	8.1 Spezielle Meßgrößen	7
4.6 Spannungsmesser	3	8.2 Durchführung der Messung der Sicherheitsbeleuchtung für Rettungswege	7
5 Vorbereitung der Messungen	3	8.2.1 Allgemeines	7
5.1 Allgemeines	3	8.2.2 Festlegungen für die Ausschaltung von Fremdlicht	7
5.2 Beleuchtungsanlage	4	8.2.3 Messung der Einschaltverzögerung	7
6 Durchführung der Messungen	4	8.2.4 Festlegungen für die Messung der Beleuchtungsstärke	7
6.1 Allgemeines	4	8.2.5 Festlegungen für die Blendungsbegrenzung	8
6.2 Ausschalten von Fremdlicht	4	8.2.6 Mindestleuchtdichte und Kontrast K bei Rettungszeichen-Leuchten	8
6.3 Netzspannung und Umgebungstemperatur	4	8.2.7 Gleichmäßigkeit g_2 bei Rettungszeichen	8
6.4 Messung von Beleuchtungsstärken	4	8.2.8 Erkennbarkeit von Sicherheitszeichen und -farben	8
6.4.1 Allgemeines	4	9 Besondere Festlegungen für die Messung und Bewertung der Sicherheitsbeleuchtung für Arbeitsplätze mit besonderer Gefährdung	10
6.4.2 Leere Räume	4	9.1 Spezielle Meßgrößen	10
6.4.3 Eingerichtete Räume	4	9.2 Durchführung der Messung der Sicherheitsbeleuchtung für Arbeitsplätze mit besonderer Gefährdung	10
6.4.4 Beleuchtungsstärke an den Arbeitsplätzen	5	9.2.1 Einschaltverzögerung	10
6.4.5 Beleuchtungsstärke auf Verkehrswegen	5		
6.4.6 Gleichmäßigkeit einer Einzelplatzbeleuchtung	5		
6.5 Messung der zylindrischen Beleuchtungsstärke E_z	5		
6.6 Messung der Leuchtdichte	5		
6.7 Bestimmung der Leuchtdichte von Leuchten	5		
6.8 Messung des Reflexionsgrades ρ_{dif}	6		
6.9 Bestimmung des Abschirmwinkels α	6		

Fortsetzung Seite 2 bis 12

Normenausschuß Lichttechnik (FNL) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

	Seite
9.2.2 Beleuchtungsstärke	10
9.2.3 Besondere Festlegungen für die Blendungsbegrenzung	10
9.2.4 Erkennbarkeit von Sicherheitszeichen und -farben	10
10 Besondere Festlegungen für die Messung und Bewertung der Operationsfeld-Beleuchtung ..	10
10.1 Besondere Meßgrößen	10
10.2 Anforderungen an die zu verwendenden Meßgeräte	10
10.2.1 Beleuchtungsstärkemeßgerät zum Messen der Beleuchtungsstärkeverteilung	10
10.2.2 Beleuchtungsstärkemeßgerät zur Messung in der Meßanordnung nach Bild 13	10

	Seite
10.2.3 Farbmeßgerät	10
10.2.4 Bestrahlungsstärkemeßgerät	10
10.2.5 Gerät zur Messung der Schattenfreiheit und Tiefenausleuchtung	10
10.3 Durchführung der Messungen	10
10.3.1 Messung der Beleuchtungsstärke und ihrer Verteilung	10
10.3.2 Messung der Lichtfarbe	10
10.3.3 Messung der Bestrahlungsstärke	10
10.3.4 Messungen zur Ermittlung der Tiefenausleuchtung, der Schattigkeit und der Tiefenschattigkeit	11
11 Meßbericht	11

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für die Messung und Bewertung der künstlichen Beleuchtung von Innenräumen sowie der Sicherheitsbeleuchtung (Begriff siehe DIN 5035 Teil 5); sie gilt sinngemäß auch für die Messung und Bewertung der künstlichen Beleuchtung von Flächen im Freien, sofern diese den gleichen Zwecken dienen wie die entsprechenden Innenräume.

Die Messung der Beleuchtung von Sportstätten ist in DIN 67 526 Teil 4 festgelegt.

2 Zweck

Diese Norm legt fest, wie die zur Kennzeichnung der Güte der Innenraumbelichtung mit künstlichem Licht notwendigen photometrischen Größen zu messen und zu bewerten sind. Diese Festlegungen sind erforderlich, um eine einheitliche Meß- und Bewertungspraxis sicherzustellen bei:

- Nachprüfung beleuchtungstechnischer Projektierungen
- Untersuchung des Ist-Zustandes (Begriffe der Instandhaltung siehe DIN 31 051) bestehender Beleuchtungsanlagen hinsichtlich der Vorschriften und Beleuchtungsnormen, um daraufhin gegebenenfalls eine Wartung und Instandsetzung oder Änderung der Anlage zu veranlassen.
- Vergleich verschiedener Beleuchtungsanlagen zum Zweck der Auswahl lichttechnisch und wirtschaftlich zweckmäßiger Lösungen.

3 Meßgrößen

Die Norm behandelt die Messung bzw. die Bestimmung der folgenden Größen:

- Beleuchtungsstärke E ; (siehe DIN 5031 Teil 3 und DIN 5035 Teil 1)
- Zylindrische Beleuchtungsstärke E_z ; (siehe DIN 5031 Teil 3 und DIN 5035 Teil 1)
- Leuchtdichte L ; (siehe DIN 5031 Teil 3 und DIN 5035 Teil 1)
- Reflexionsgrad ρ_{diff} bei diffusem Lichteinfall; (siehe DIN 5035 Teil 1 und DIN 5036 Teil 1)
- Abschirmwinkel α siehe DIN 5035 Teil 1);
- Betriebsspannung U der Beleuchtungsanlage während der Messung;
- Umgebungstemperatur t_a von Leuchten mit Leuchtstofflampen;

- Lichtfarbe (siehe DIN 5035 Teil 1) und Stufe der Farbwiedergabe-Eigenschaften (siehe DIN 6169 Teil 1 und DIN 5035 Teil 1);
- weitere Größen im Hinblick auf die Messung und Bewertung der Sicherheitsbeleuchtung für Rettungswege (siehe Abschnitt 8) und für Arbeitsplätze mit besonderer Gefährdung (siehe Abschnitt 9);
- weitere Größen im Hinblick auf die Messung und Bewertung der Operationsfeld-Beleuchtung (siehe Abschnitt 10).

4 Anforderungen an die zu verwendenden Meßgeräte¹⁾

4.1 Fehlergrenzen

Die Meßfehler von Beleuchtungsstärke- und Leuchtdichtemeßgeräten werden durch verschiedene Eigenschaften bestimmt (siehe DIN 5032 Teil 6). Eine Klasseneinteilung dieser Geräte ist in DIN 5032 Teil 7 angegeben (siehe Tabelle 1).

Messungen können ausgeführt werden mit Meßgeräten der

- Klasse A für Präzisionsmessungen;
- Klasse B für Betriebsmessungen;
- Klasse C für orientierende Messungen.

Für orientierende Messungen können auch Meßgeräte verwendet werden, die nicht einer der Klassen (A, B oder C) zugeordnet werden können. Die Meßgeräte sollten mindestens alle 2 Jahre kalibriert werden.

4.2 Beleuchtungsstärkemeßgerät (Luxmeter)

Die kleinste mit einem bestimmten Beleuchtungsstärkemeßgerät zu messende Beleuchtungsstärke — im allgemeinen das 0,6fache der kleinsten zu messenden Nennbeleuchtungsstärke — soll bei Analoggeräten $\frac{1}{3}$ des Vollausschlages nicht unterschreiten. Bei Digitalgeräten darf die Ziffernanzeige dabei

- bei Klasse A 200
- bei Klasse B 100 und
- bei Klasse C 50

nicht unterschreiten.

¹⁾ Über Bezugsquellen für geeignete Geräte zur Messung der Beleuchtung nach dieser Norm gibt Auskunft: DIN Bezugsquellen für normgerechte Erzeugnisse im DIN, Burggrafenstraße 6, 1000 Berlin 30.

Der Durchmesser der Lichteintrittsfläche des Photometerkopfes des Beleuchtungsstärkemeßgerätes soll nicht größer als 6 cm sein, empfohlen wird ein Durchmesser von ≤ 3 cm. Der Durchmesser ist anzugeben.

Für die Messung der Horizontalbeleuchtungsstärke ist eine kardanische Aufhängung des Meßkopfes oder die Kontrolle der Horizontalstellung mit einer Libelle empfehlenswert.

Für die Messung der Vertikalbeleuchtungsstärke (zur Bestimmung der zylindrischen Beleuchtungsstärke) ist eine kardanische Aufhängung für die Vertikalstellung des Meßkopfes empfehlenswert.

Anmerkung: In explosionsgefährdeten Räumen ist die Verwendung eines explosionsgeschützten Beleuchtungsstärkemeßgerätes erforderlich.

Tabelle 1. **Fehlergrenzen der Geräteklassen nach DIN 5032 Teil 7/12.85**

Klasse	Anwendung	Fehlergrenzen für	
		Beleuchtungsstärkemeßgeräte	Leuchtdichtemeßgeräte
A	Präzisionsmessungen	$\pm 5\%$	$\pm 7,5\%$
B	Betriebsmessungen	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$
C	Orientierende Messungen	$\pm 20\%$	$\pm 20\%$

4.3 Gerät zur Messung der zylindrischen Beleuchtungsstärke E_z

Die Messung der zylindrischen Beleuchtungsstärke E_z kann direkt mit einem Beleuchtungsstärkemeßgerät nach Abschnitt 4.2, das mit einem Vorsatz zur Messung der zylindrischen Beleuchtungsstärke ausgestattet ist [1], durchgeführt werden.

An solche Kombinationen von Photometerkopf zur Messung der zylindrischen Beleuchtungsstärke und Anzeige-gerät sind die gleichen Anforderungen zu stellen wie an Beleuchtungsstärkemeßgeräte.

Ist ein Beleuchtungsstärkemeßgerät mit E_z -Vorsatz nicht vorhanden, so kann die zylindrische Beleuchtungsstärke als mittlere Vertikalbeleuchtungsstärke näherungsweise durch die Messung der Vertikalbeleuchtungsstärke E_v in den 4 Raumrichtungen nach Bild 1 bestimmt werden.

4.4 Leuchtdichtemeßgerät

Ein Gerät zur Messung der Leuchtdichte soll die folgenden Anforderungen erfüllen:

- Meßbereich
Vollausschlag im kleinsten Meßbereich $10 \text{ cd/m}^2 \triangleq 100 \text{ Digit}$
- Öffnungswinkel $\leq 1^\circ$
Zur Messung der mittleren Leuchtdichte größerer Flächen ist ein Öffnungswinkel bis 10° zulässig. Die Übereinstimmung von vorhandenem und angezeigtem Meßfeld muß sichergestellt sein.
- Kleinster möglicher Meßabstand $\leq 1 \text{ m}$.

Das Leuchtdichtemeßgerät soll auf einem Stativ befestigt werden können.

$$E_z = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 E_{v_i} \quad (1)$$

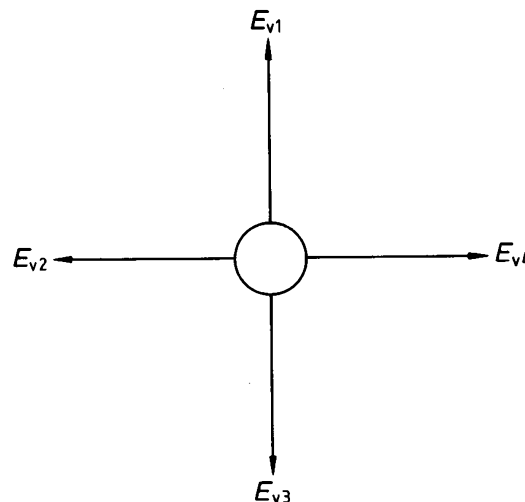


Bild 1. Bestimmung der zylindrischen Beleuchtungsstärke mit Hilfe von 4 Vertikalbeleuchtungsstärken

4.5 Gerät zur Messung des Reflexionsgrades ρ_{dif} bei diffusem Lichteinfall

Ein Gerät zur Messung des Reflexionsgrades ρ_{dif} bei diffusem Lichteinfall soll den Anforderungen nach DIN 5036 Teil 3 entsprechen [2].

Die Messung soll bei Normlichtart A (siehe DIN 5033 Teil 7) erfolgen.

Anmerkung: Das Meßergebnis für ρ_{dif} bei Normlichtart A kann mit begrenzter Meßunsicherheit auch als repräsentativ für die Lichtfarbe warmweiß (ww) nach DIN 5035 Teil 1 angesehen werden.

Ein Verfahren zur näherungsweisen Bestimmung von ρ_{dif} besteht in der Messung des Beleuchtungsstärke-Verhältnisses (Beleuchtungsstärke auf der Lichteintrittsfläche des Photometerkopfes eines Beleuchtungsstärkemeßgerätes mit der Flächennormalen vertikal zur zu bewertenden Fläche, bezogen auf die Beleuchtungsstärke auf der Fläche) oder des Leuchtdichteverhältnisses (Leuchtdichte der zu bewertenden Fläche, bezogen auf die Leuchtdichte eines am gleichen Ort angeordneten Reflexionsnormals) [3].

Eine näherungsweise Bestimmung von ρ_{dif} kann auch mit Hilfe von Reflexionsgradtafeln [4] erfolgen. Dabei ist jedoch mit größeren Meßunsicherheiten zu rechnen [5].

4.6 Spannungsmesser

Zur Messung der Netzspannung soll ein Spannungsmesser mindestens der Klasse 1, besser 0,5 (Klassenzeichen nach DIN 43780) oder ein entsprechendes Digitalinstrument verwendet werden.

5 Vorbereitung der Messungen

5.1 Allgemeines

Vor der Messung einer Beleuchtungsanlage ist es sinnvoll, folgendes festzustellen:

- geometrische Maße des Raumes (Grundriß- und Aufrißzeichnung), gegebenenfalls Einrichtung
- Art des Raumes bzw. der Tätigkeit
- Angaben über spezielle Arbeitsplätze und Gefahrenstellen

- d) Betriebszustand der Klimaanlage bei luftgekühlten Leuchten
- e) zu messende Größen
- f) Lage der Meßpunkte
- g) allgemeiner Zustand des Raumes, wie z. B. Alter, Zeitpunkt der letzten Renovierung, Grad der Verschmutzung.

5.2 Beleuchtungsanlage

Für die Beleuchtungsanlage sollten, falls erforderlich, folgende Punkte festgehalten werden:

- a) Anordnung der Leuchten
- b) Art der Lampen (Hersteller, Bezeichnung, Nennlichtstrom)
- c) Leuchten (Hersteller, Bezeichnung, Leuchtenwirkungsgrad, Lichtstärkeverteilung, Verteilung der mittleren Leuchtdichte)
- d) allgemeiner Zustand der Beleuchtungsanlage, wie z. B. Zeitpunkt der letzten Reinigung und des letzten Lampenwechsels, gegebenenfalls Aussagen über Verschmutzung von Lampen und Leuchten
- e) Zeitpunkt der Erstellung der Anlage

6 Durchführung der Messungen

6.1 Allgemeines

Bei allen Messungen sollten gegebenenfalls Gardinen, Sonnenstores usw. geschlossen sein, sofern dies üblich ist, wenn der Raum während der Dunkelstunden genutzt wird.

In Beleuchtungsanlagen mit Leuchtstofflampen und anderen Entladungslampen sollen die Lampen mindestens 100 h, bei Anlagen mit Glühlampen 10 h gealtert sein.

Vor Beginn der Messungen sind die Lampen so lange einzubrennen, bis ein stationärer Zustand der Anlage erreicht ist.

Anmerkung: Der stationäre Zustand kann als erreicht angesehen werden, wenn drei in Abständen von einigen Minuten aufeinanderfolgende Messungen eines Beleuchtungswertes keinen systematischen Gang mehr zeigen.

Die Messung neuer Anlagen soll bei sauberen, eventuell gereinigten Leuchten und neuen Lampen ausgeführt werden.

Zur Untersuchung des Ist-Zustandes sind die Anlagen im jeweiligen Betriebszustand zu messen.

6.2 Ausschalten von Fremdlicht

In Räumen, die auch durch Tageslicht beleuchtet werden, können die Messungen wie folgt durchgeführt werden:

- a) bei Dunkelheit
- b) bei lichtdicht abgedeckten Fenstern und Oberlichtern. Die Abdeckung soll einen Reflexionsgrad ρ_{dif} entsprechend dem der Verglasung (etwa 10 %) aufweisen.
- c) bei nicht abgedeckten Fenstern sowohl bei eingeschalteter als auch bei ausgeschalteter künstlicher Beleuchtung. Die durch die künstliche Beleuchtung erzeugten Meßwerte sind als Differenz zwischen den Meßergebnissen bei künstlicher Beleuchtung (einschließlich Tageslicht) und bei Tageslicht allein zu bestimmen. Da das Tageslicht starken zeitlichen Veränderungen unterliegen kann, sind diese beiden Messungen unmittelbar nacheinander durchzuführen. Die Einbrennzeit nach Abschnitt 6.1 ist jeweils zu berücksichtigen.

Anmerkung: Der Tageslichtanteil kann auch mit einem Gerät zur Messung des Tageslichtquotienten D (Begriff siehe DIN 5034 Teil 1) ermittelt werden [3].

6.3 Netzspannung und Umgebungstemperatur

Da die Meßergebnisse von Beleuchtungsstärke und Leuchtdichte von der Netzspannung abhängen, sollte die Netzspannung gemessen werden.

Bei der Messung von Beleuchtungsanlagen mit Leuchtstofflampen sollte außerdem die Raumtemperatur und in besonderen Fällen die Umgebungstemperatur der Leuchten gemessen werden.

6.4 Messung von Beleuchtungsstärken

6.4.1 Allgemeines

Die Horizontalbeleuchtungsstärke E_h wird im allgemeinen in der Nutzebene 0,85 m über dem Fußboden gemessen.

An den Punkten, an denen zur Bewertung der Schattigkeit die zylindrische Beleuchtungsstärke E_z nach Abschnitt 6.5 (in 1,2 m Höhe) gemessen wird, ist die Horizontalbeleuchtungsstärke E_h auch in dieser Höhe zu messen.

Bei Verkehrswegen und -flächen ist die Horizontalbeleuchtungsstärke E_h in max. 0,2 m Höhe über dem Fußboden zu messen.

Die Messung der Beleuchtungsstärke an Arbeitsplätzen (siehe Abschnitt 6.4.4) ist auf der jeweils relevanten Ebene zu bestimmen. Die Lage der Meßebene ist jeweils mit anzugeben.

Bei der Messung ist darauf zu achten, daß die Meßpunkthöhe und die Lage des Meßkopfes den Anforderungen entspricht.

Während der Messung darf der Lichteinfall auf den Meßkopf des Beleuchtungsstärkemeßgerätes nicht durch die Meßpersonen oder durch nicht zu bewertende Gegenstände gestört werden (Abschattungen, Reflexion).

6.4.2 Leere Räume

Zur Messung in leeren Räumen oder Raumzonen (neue Anlagen) ist das Meßraster wie folgt festzulegen:

Die Grundfläche des Raumes wird in eine Anzahl dekungsgleicher möglichst quadratischer Felder nach Bild 2 eingeteilt, deren Ausmaße sich nach der Größe der gesamten Meßfläche, der Lichtpunkthöhe, der Lichtverteilung der Leuchten und deren Anordnung sowie der angestrebten Genauigkeit der Auswertung richten. Das Seitenverhältnis der rechteckigen Meßfläche soll 1:2 nicht unterschreiten. Gemessen wird im Mittelpunkt der Teilmeßfläche (Rasterpunkte in Bild 2). Das Rastermaß der Meßpunkte soll dabei nicht mit dem Rastermaß der Leuchtenanordnung in Längs- und Querrichtung übereinstimmen.

Für die Messung der Horizontalbeleuchtungsstärke E_h in Innenräumen oder in Raumzonen sind Rasterabstände der Meßpunkte von etwa 1 bis 2 m üblich, bei Hallen größerer Lichtpunkthöhen und größerer Leuchtenabstände sind Rasterabstände bis 5 m üblich.

Symmetrieeigenschaften von Beleuchtung und Raum können zu einer sinnvollen Reduzierung des Meßumfangs genutzt werden.

6.4.3 Eingerichtete Räume

Bei der Messung von Beleuchtungsanlagen in eingerichteten Räumen ohne hohe Aufbauten kann die Horizontalbeleuchtungsstärke E_h an Rasterpunkten nach Abschnitt 6.4.2 bestimmt werden.

In eingerichteten Räumen mit hohen Aufbauten ist die Ermittlung bzw. Angabe der mittleren Horizontalbeleuchtungsstärke $\bar{E}_h$ des ganzen Raumes oft nicht sinnvoll. Dann sind mittlere Horizontalbeleuchtungsstärken $\bar{E}_h$ in einzelnen Raumzonen zu messen. In besonderen Fällen ist die Beleuchtungsstärke E nur an einzelnen ausgesuchten Stellen des Raumes, z. B. an den Arbeitsplätzen, zu messen (siehe auch Abschnitt 6.4.4).