

ARBEITSWISSENSCHAFTLICHE ERKENNTNISSE

Forschungsergebnisse für die Praxis

Messung von Beleuchtungsanlagen in Innenräumen

Lindemuth, F.

Messung von Beleuchtungsanlagen in Innenräumen

Inhalt

- 1 Einleitung**
- 2 Vorbereitung der Messung**
- 3 Durchführung der Messung**
- 4 Auswertung der Meßergebnisse**
- 5 Allgemeine Bewertung der Beleuchtung einer Arbeitsstätte**
- 6 Schrifttum**
- 7 Meßbericht zur Messung der Innenraumbeleuchtung
(als Muster ausgefüllt)**
- 8 Meßbericht zur Messung der Innenraumbeleuchtung
(sollte bei Bedarf kopiert werden)**

Ergebnisse aus dem im Auftrag des Bundesministers für Arbeit und Sozialordnung, Bonn, und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund, durchgeführten Forschungsvorhaben, dargestellt in der Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz – Forschung – Nr. 354, 388, 504 und 567 von

Hahne, H.; et. al.

Kataster von Arbeitsplatzumgebungsfaktoren – Beleuchtung, Klima, Lärm, gefährliche Arbeitsstoffe am Beispiel einer Gießerei

Krochmann, J.

Reflexionsgrad von Reflexionstafeln

Krochmann, J.; et. al.

Meßverfahren zur Blendung am Arbeitsplatz

Lindemuth, F.; Krochmann, J.

Empfehlungen zur Messung von Beleuchtungsanlagen

•

Nachdruck und auszugsweise Wiedergabe nur mit ausdrücklicher vorheriger Zustimmung der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund, gestattet.

Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse Nr. **84**

Messung von Beleuchtungsanlagen in Innenräumen

Herausgeber: Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund, 1992

ISSN 0720-1699

1 Einleitung

Die Qualität einer Beleuchtungsanlage für Arbeitsstätten wird durch eine Reihe von Güteigenschaften gekennzeichnet, die sowohl in der DIN 5035 (1) über die Beleuchtung mit künstlichem Licht als auch im Paragraph 7 der Arbeitsstättenverordnung (2) bzw. in der Arbeitsstättenrichtlinie ASR 7/3 (3) festgelegt sind. Diese lichttechnischen Güteigenschaften sind:

- **Beleuchtungsniveau**
- **Lichtrichtung und Schattigkeit**
- **Leuchtdichteverteilung**
- **Begrenzung der Blendung**
- **Lichtfarbe**
- **Farbwiedergabe**

Die einzelnen Güteigenschaften werden durch lichttechnische Größen gekennzeichnet, für die zahlenmäßige Forderungen festgelegt sind. Mit geeigneten lichttechnischen Meßgeräten (Photometern) kann die Einhaltung dieser Forderungen geprüft werden.

1.1 Beleuchtungsniveau

Nennbeleuchtungsstärke

Die Nennbeleuchtungsstärke E_n ist der Nennwert der Beleuchtungsstärke im Raum oder in einer Raumzone, in der eine bestimmte Tätigkeit auszuführen ist. Für diesen Nennwert ist die Beleuchtungsanlage auszulegen.

Die Nennbeleuchtungsstärke bezieht sich im allgemeinen auf die horizontale Nutzfläche in 0,85 m Höhe über dem Fußboden und gilt für den mittleren Alterungszustand der Anlage. Für die jeweilige Arbeitsstätte ist die geforderte Nennbeleuchtungsstärke der Tabelle 1 in DIN 5035 Teil 2 (4) zu entnehmen.

Mittlere Beleuchtungsstärke

Die mittlere Beleuchtungsstärke E_{mittel} ist der arithmetische Mittelwert der Beleuchtungsstärke in einem Raum und darf, unabhängig vom Alterungszustand der Beleuchtungsanlage, den 0,8fachen Wert der Nennbeleuchtungsstärke nicht unterschreiten. Dabei darf kein Meßwert kleiner sein als das 0,6fache der Nennbeleuchtungsstärke.

1.2 Gleichmäßigkeit

Die Gleichmäßigkeit g_1 der Beleuchtungsstärke wird beschrieben durch das Verhältnis von kleinster Beleuchtungsstärke E_{min} zu Mittelwert E_{mittel} der Horizontal-Beleuchtungsstärke und soll ungefähr 1:1,5 betragen.

1.3 Lichtrichtung und Schattigkeit

Zu große Schattenarmut durch eine diffuse Beleuchtung muß genauso vermieden werden wie eine harte Schattenbildung durch stark gerichtete Beleuchtung. Man nimmt an, daß eine ausgewogene Beleuchtung bezüglich Lichtrichtung und Schattigkeit durch das Verhältnis von zylindrischer Beleuchtungsstärke E_z zu horizontaler Beleuchtungsstärke E_n gekennzeichnet werden kann. Dieses Verhältnis soll in 1,2 m Höhe über dem Boden nicht kleiner sein als 0,3.

Aus Gründen der psycho-physischen Annehmlichkeit als auch für gute Sehbedingungen ist im Gesichtsfeld ein ausgewogenes Verhältnis der Leuchtdichten erforderlich. Ein monotoner Raumeindruck durch zu geringe Leuchtdichteunterschiede soll genauso vermieden werden wie eine Beeinträchtigung der Sehleistung durch zu große Leuchtdichteunterschiede.

Das Verhältnis zwischen den Leuchtdichten im Arbeitsfeld (Infeld) und im Umfeld soll 3:1, das Verhältnis der Leuchtdichten zwischen Arbeitsfeld und entfernten ausgedehnten Flächen im Gesichtsfeld soll 10:1 nicht überschreiten.

Hier gilt es zu beachten, daß die Leuchtdichten bei gegebener Beleuchtungssituation von den Reflexionseigenschaften der jeweiligen Oberflächen abhängig sind. Der Reflexionsgrad ρ_{dif} für diffusen Lichteinfall soll für die Decke 0,7, für die Wände 0,5 und für den Boden 0,2 betragen.

1.4 Leuchtdichte- verteilung

Die mittlere Leuchtdichte L der Lichtaustrittsfläche der Leuchten in den C_0/C_{180} - und C_{90}/C_{270} -Halbebenen darf für einen Ausstrahlungswinkel $\gamma \geq 45^\circ$ bis zu dem sich durch die Raumgeometrie ergebenden maximalen Ausstrahlungswinkel die in DIN 5035 Teil 1 (1) in Bild 2 oder 3 gezeigten Grenzwerte nicht übersteigen. In Abhängigkeit von der geforderten Güteklasse der Blendungsbegrenzung, der Nennbeleuchtungsstärke, der Leuchtenart und ihrer Anordnung ist die zutreffende Grenzkurve auszuwählen. Zusätzlich ist auf die Einhaltung des Mindestabschirmwinkels α_{min} entsprechend Tabelle 1 in DIN 5035 Teil 1 (1) zu achten.

1.5 Begrenzung der Blendung

Die Lichtfarbe einer Lichtquelle für Beleuchtungszwecke wird über die ähnlichste Farbtemperatur T_n in drei Gruppen eingeteilt.

	$T_n < 3300\text{K}$:	warmweiße Lichtfarben (ww);
$3300\text{K} \leq$	$T_n \leq 5000\text{K}$:	neutralweiße Lichtfarben (nw);
	$T_n > 5000\text{K}$:	tageslichtweiße Lichtfarben (tw).

Die für eine Beleuchtungsanlage empfohlene Lichtfarbe ist der Spalte 3 in Tabelle 1 in DIN 5035 Teil 2 (4) zu entnehmen.

1.6 Lichtfarbe

Die Farbwiedergabeeigenschaften einer Lichtquelle werden durch den allgemeinen Farbwiedergabeindex R_a gekennzeichnet. Entsprechend der Tabelle 2 in DIN 5035 Teil 1 (1) wird der mögliche Bereich des allgemeinen Farbwiedergabeindex R_a in sechs Teilbereiche eingeteilt. In der Spalte 4 der Tabelle 1 in DIN 5035 Teil 2 (4) ist die geforderte Stufe der Farbwiedergabe angegeben.

1.7 Farbwieder- gabe

- 2 Vorbereitung der Messungen** Für einen schnellen und reibungslosen Ablauf der Messungen ist eine gründliche Vorbereitung erforderlich. Die folgenden Punkte sollten dabei beachtet werden.
- 2.1 Meßbericht** Allgemeine Angaben zu den verwendeten Meßgeräten, Angaben zu Lampen und Leuchten und vor allem Ihre Meßergebnisse sollten in einem Meßbericht zusammengefaßt werden. Ein Vorschlag für einen solchen Meßbericht ist ab Seite 12 beispielhaft ausgefüllt abgedruckt. **Im Anhang finden Sie einen neutralen Vordruck für Ihren eigenen Bedarf.**
- 2.2 Festlegung der Art der Arbeitsstätte** In der Spalte 1 der Tabelle 1 in DIN 5035 Teil 2 (4) sind eine ganze Reihe zu beleuchtender Arbeitsstätten aus unterschiedlichen Bereichen aufgelistet. Läßt sich der Raum nicht sinnvoll beschreiben, ist die Art der durchzuführenden Tätigkeit angegeben. Zunächst müssen Sie die zu messende Beleuchtungsanlage in diese Aufstellung einordnen. Ist der aktuelle Anwendungsfall hier nicht angegeben, müssen Sie eine Arbeitsstätte mit vergleichbarer Tätigkeit festlegen. Tragen Sie die dort angegebenen Daten in den Meßbericht auf Seite 4 ein.
- 2.3 Beleuchtungsanlage** Die wichtigsten Angaben zu Lampen und Leuchten sollten Sie in die Liste auf Seite 2 des Meßberichtes eintragen. Hersteller, Bezeichnung und Lichtfarbe der Lampen können im allgemeinen dem Stempel auf dem Lampenkolben entnommen werden. (Gegebenenfalls verwenden Sie zum Ablesen ein Fernglas mit einem Schwächungsfilter). Für einige, häufig verwendete Leuchtstofflampen können Sie die Kennzeichnung für die Lichtfarbe und die Stufe der Farbwiedergabe der **Tabelle 1** entnehmen. Sind Lampe oder Hersteller dort nicht enthalten, müssen Sie auf die Kataloge der Lampenindustrie zurückgreifen. Der Name des Leuchtenherstellers oder eine Leuchtenbezeichnung sind oftmals nicht zu finden. Deshalb sollte Ihre verbale Beschreibung der Leuchten so genau wie möglich ausfallen. Die Anordnung der Leuchten wird durch die Eintragung in den Grundriß dokumentiert. Zusätzlich sollten Sie, wenn irgend möglich, die Höhe der Lichtaustrittsfläche über dem Boden nachmessen. Die Angabe über die Zuordnung von Schaltern soll dokumentieren, wie die Leuchten geschaltet werden können. Über Lampenwechsel- und Reinigungszyklen kann Ihnen nur ein Betriebsmitarbeiter Auskunft geben. Über den Grad der Verschmutzung der Beleuchtungsanlage müssen Sie nach eigenem Ermessen entscheiden.
- 2.4 Meßgeräte** Tragen Sie die Daten der verwendeten Meßgeräte in den Meßbericht auf Seite 1 ein. Insbesondere bei Beleuchtungsstärke- und Leuchtdichtemeßgeräten sollten Sie die Klasse entsprechend der Einteilung in DIN 5032 Teil 7 (5) angeben. Ist sie auf dem Meßgerät nicht vermerkt, sollten Sie beim Hersteller nachfragen. Achten Sie auf einen äußerlich einwandfreien Zustand der Meßgeräte. Die Lichteintrittsflächen von Photometern sollten während der Lagerung mit entsprechenden Kappen gegen Staub und Kratzer geschützt sein, die für

die Messung natürlich zu entfernen sind. Prüfen Sie alle Meßgeräte auf Funktion. Nehmen Sie für alle batteriebetriebenen Geräte eine passende frische Ersatzbatterie mit. Die Meßunsicherheit aller Photometer ist von der Umgebungstemperatur abhängig. Vermeiden Sie daher auf dem Transport eine zu starke Erwärmung oder Abkühlung gegenüber Zimmertemperatur. Lagern Sie deswegen die Meßgeräte auch nie für längere Zeit in einem Fahrzeug. Insbesondere im Winter könnten zusätzliche Fehler durch Betauen der Photometer auftreten.

Vor Beginn der Messungen sollte ein Grundriß der Arbeitsstätte vorhanden sein. Kann Ihnen von betrieblicher Seite ein Grundriß nicht zur Verfügung gestellt werden, sollten Sie eine Handskizze der betreffenden Arbeitsstätte anfertigen. In diesen Grundriß oder diese Handskizze tragen Sie die Anordnung der Leuchten mit ein.

2.5 Meßpunkte

Leere Räume

Für die Messung in leeren Räumen legen Sie in Abhängigkeit von den Raumabmessungen über die Grundfläche ein Meßraster, das aus rechteckigen, möglichst gleichgroßen Feldern von ein bis zwei Metern Kantenlänge bestehen soll. Bei sehr großen Räumen können Sie die Kantenlänge bis zu fünf Meter wählen. Die Meßpunkte sind dann die Mittelpunkte der jeweiligen Teilflächen. Das Rastermaß der Meßpunkte sollte nicht mit dem Rastermaß der Leuchten übereinstimmen. Nutzen Sie Symmetrieeigenschaften von Beleuchtung und Raum für eine sinnvolle Reduzierung der Meßpunkte aus.

Eingerichtete Räume

Für die Messung in eingerichteten Räumen können Sie prinzipiell wie bei leeren Räumen vorgehen. Ist das aufgrund von großen Maschinen oder hoher Aufbauten nicht sinnvoll, legen Sie mehrere Meßpunkte über die Arbeitsfläche verteilt an den jeweiligen Arbeitsplätzen fest.

Lichtfarbe	Stufe der Farbwiedergabe			
	3	2B	2A	1B 1A
Kennzeichnung der Firma Osram				
warmweiß (ww)	30		31,41	32
neutralweiß (nw)		20	25	22
tageslichtweiß (tw)			10	11 12,72
Kennzeichnung der Firma Philips				
warmweiß (ww)	29		82,83	92,93
neutralweiß (nw)		33	25	84 94
tageslichtweiß (tw)				86 95
Kennzeichnung der Firma Sylvania				
warmweiß (ww)	129		182,183	193
neutralweiß (nw)		133	125	184,175 194
tageslichtweiß (tw)				186
Kennzeichnung der Firma Radium				
warmweiß (ww)	30		31,41	
neutralweiß (nw)		20	25	21
tageslichtweiß (tw)				11
Kennzeichnung der Firma Thorn				
warmweiß (ww)	04		07,83	
neutralweiß (nw)	01,03		02	84,85
tageslichtweiß (tw)			00	09

Tabelle 1: Kennzeichnung der Lichtfarbe und der Stufe der Farbwiedergabe von Leuchtstofflampen durch verschiedene Herstellerfirmen

3 Durchführung der Messung

Allgemeines

Stellen Sie einen Raumzustand her, der auch bei Betrieb der Beleuchtungsanlage während der Dunkelstunden vorzufinden ist; d. h. ziehen Sie die Gardinen zu oder lassen Sie vorhandene Jalousien herab. Achten Sie darauf, daß neue Entladungslampen vor der ersten Messung mindestens 100 Stunden gealtert sind. (Glühlampen sollten mindestens 10 Stunden altern). Vor dem Beginn der Messungen müssen die Lampen ca. 30 Minuten eingebrannt werden, damit sich ein stationärer Betriebszustand einstellt (6).

Grundsätzlich müssen Sie bei allen lichttechnischen Messungen darauf achten, daß Sie den Empfänger nicht abschatten oder mit heller Kleidung zusätzliches Licht durch Reflexion einstrahlen. In sehr ausführlicher Form werden die einzelnen Messungen im Forschungsbericht Nr. 567 (7) der Bundesanstalt für Arbeitsschutz beschrieben.

3.1 Ausschalten von Tageslicht

Arbeitsstätten sind für den visuellen Kontakt des Menschen ins Freie grundsätzlich mit Fenstern auszustatten (8), d. h. es besteht bei den Messungen im allgemeinen auch eine Beleuchtung durch Tageslicht. Folglich müssen Sie dafür Sorge tragen, daß dieser Tageslichtanteil keinen Einfluß auf die Meßwerte der künstlichen Beleuchtung hat.

In den Wintermonaten kann eine Beleuchtungsanlage während der Dunkelstunden gemessen werden. Läßt sich eine solche Messung nur schwer oder gar nicht einrichten, sollten Sie eine Differenzmessung durchführen. Sie messen zunächst bei eingeschalteter künstlicher Beleuchtung und Tageslicht. Sofort danach schalten Sie die Beleuchtungsanlage aus und bestimmen den Anteil des Tageslichtes. Durch die Bildung der Differenz zwischen den beiden Werten erhalten Sie das Meßergebnis für die künstliche Beleuchtung. Sie müssen aber beachten, daß sich das Tageslicht in Abhängigkeit vom Himmelszustand in kürzester Zeit stark ändern kann (100 lx innerhalb weniger Sekunden). Besonders kritisch ist ein teilweise bedeckter Himmel mit schnell ziehenden Wolken. In jedem Fall sollten Sie sich vor Beginn der Messungen durch kontinuierliches Messen der Beleuchtungsstärke an einem Fenster einen Eindruck über die zeitliche Änderung des Tageslichtes verschaffen.

Anmerkung: Es ist ein Meßsystem am Markt, mit dem die Differenzmessung funkferngesteuert automatisch mit mehreren Empfängern gleichzeitig durchgeführt werden kann (9).

3.2 Temperatur, Netzspannung

Messen Sie zu Beginn und am Ende der lichttechnischen Messungen die Raumtemperatur, wenn möglich auch die Umgebungstemperatur der Leuchten. Sie sollten ebenfalls die Versorgungsspannung an den Eingangsklemmen der Leuchten messen. Wenn diese Messung nur mit großem Aufwand durchzuführen ist, sollten Sie zumindest die Netzspannung an einer Steckdose im Raum bestimmen. Tragen Sie die Meßwerte in den Meßbericht auf Seite 3 ein.

3.3 Beleuchtungsstärke

Bestimmen Sie die Beleuchtungsstärke an den festgelegten Rasterpunkten. An Meßpunkten ohne Möblierung müssen Sie die Beleuchtungsstärke in 0,85 m über dem Boden messen. Verwenden Sie für die Aufstellung des Meßgerätes ein Stativ und achten Sie auf eine horizontale Ausrichtung des Empfängers. Tragen Sie die Meßwerte an den entsprechenden Punk-

ten im Grundriß ein. An den Arbeitsplätzen messen Sie die Beleuchtungsstärke an mehreren Punkten der Arbeitsfläche und bilden aus den Meßwerten den Mittelwert. Eine unter Umständen vorhandene Einzelplatzbeleuchtung darf dabei nicht in Betrieb sein. Messen Sie in der jeweils relevanten Arbeitsebene. Falls die Lage der Meßebe nicht horizontal ist, z. B. bei Zeichenbrettern, müssen Sie die Lage mit angeben. Für die Arbeitsplätze können Sie die Meßergebnisse in der Form eines Beleuchtungskatasters (10) darstellen, wie er in **Bild 1** gezeigt ist.

Für die Bewertung von Lichtrichtung und Schattigkeit ist im Bereich von Arbeitsplätzen die zylindrische Beleuchtungsstärke E_z in 1,2 m Höhe über dem Boden zu messen. Sie sollten für diese Messung einen separaten E_z -Meßkopf verwenden. Mit größerer Meßunsicherheit können Sie die zylindrische Beleuchtungsstärke auch als Mittelwert aus vier in einem Punkt senkrecht zueinander gemessenen Vertikal-Beleuchtungsstärken bestimmen (7). Zur Bewertung der Schattigkeit müssen Sie an diesem Punkt in 1,2 m Höhe auch die Horizontal-Beleuchtungsstärke messen und das Verhältnis E_z/E_h bilden. Tragen Sie die Meßwerte in den Meßbericht auf Seite 3 ein und kennzeichnen Sie die jeweiligen Meßpunkte im Grundriß mit der richtigen Meßpunktnummer.

3.4 Zylindrische Beleuchtungsstärke

Für die Messung von Leuchtdichten verwenden Sie ein Leuchtdichtemeßgerät mit einem Meßfeldwinkel von ca. 1°. Oftmals wird aus Kostengründen ein solches Gerät nicht zur Verfügung stehen. Verwenden Sie dann einen tubusartigen Leuchtdichtevorsatz, der auf den Photometerkopf des Beleuchtungsstärkemeßgerätes aufgeschraubt werden kann. Solche Vorsätze werden von den Meßgeräteherstellern angeboten. Es ergeben sich dann Meßfeldwinkel von etwa 5°, die zur Bestimmung der Leuchtdichte von größeren Flächen ausreichen. Messen Sie die Leuchtdichten näherer und weiter entfernter Flächen des Gesichtsfeldes (z. B. Arbeitsplatte und Raumbegrenzungsflächen) in Blickrichtung vom jeweiligen Arbeitsplatz aus. Tragen Sie die Meßwerte in den Meßbericht auf Seite 3 ein.

3.5 Leuchtdichte

Die Reflexionsgrade der Raumbegrenzungsflächen können Sie mit einem ρ_{diff} -Meßgerät bestimmen. Steht ein solches Meßgerät nicht zur Verfügung, können Sie für größere Flächen den Reflexionsgrad über eine Messung des Leuchtdichtekoeffizienten $q = L/E$ bestimmen. Hierfür messen Sie zunächst die Beleuchtungsstärke in der Ebene der zu bewertenden Oberfläche und danach aus ca. 1,5 bis 2 m Abstand die Leuchtdichte dieser Stelle bei senkrechter Beobachtungsrichtung. Hierfür eignet sich ebenfalls ein Beleuchtungsstärkemeßgerät mit Leuchtdichtevorsatz. Den Reflexionsgrad erhalten Sie dann mit der folgenden Gleichung

3.6 Reflexionsgrade

$$\rho = \frac{L}{E} \times 3,14$$

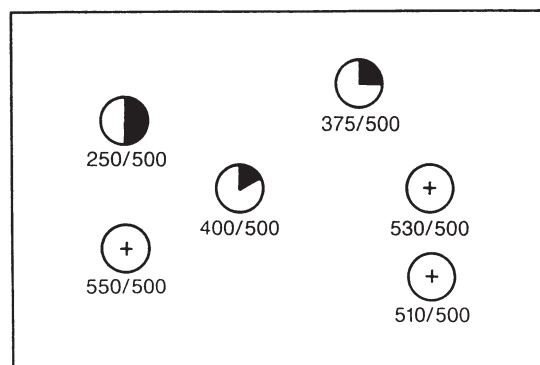
Diese Gleichung dürfen Sie nur für matte Oberflächen anwenden. Es gibt auch sogenannte Reflexionsgradtafeln, mit denen durch visuelle Beobachtung der Reflexionsgrad bestimmt wird. Bei diesem Verfahren müssen Sie aber mit größeren Meßunsicherheiten rechnen (11).

3.7 Mittlere Leuchtdichte der Leuchten

Die direkte Messung der mittleren Leuchtdichte der Lichtaustrittsfläche einer Leuchte erfordert ein Leuchtdichtemeßgerät, bei dem das Bewertungsfeld der gesehenen Kontur der Leuchte beim jeweiligen Beobachtungswinkel entspricht. Ein solches Meßgerät ist entwickelt worden (12). Bislang existiert aber nur der Prototyp, so daß die Messung der mittleren Leuchtdichte einer Leuchte als Funktion des Ausstrahlungswinkels im Augenblick nur in einem lichttechnischen Meßlabor erfolgen kann.

3.8 Abschirmwinkel

Bei unten offenen oder mit einem Raster abgeschlossenen Leuchten können Sie die Abschirmwinkel mit einem Geometriedreieck messen. Bei Langfeldleuchten bestimmen sie den Abschirmwinkel in einer Ebene senkrecht zur Leuchtenlängsachse. Bei runden Leuchten mit zwei Lampen in der Ebene, die beide Lampen enthält; bei runden Leuchten mit einer Lampe spielt wegen der Symmetrie die Richtung keine Rolle.



Beleuchtungsstärke E in lx, Ist-/Nennwert

Bild 1: Beleuchtungskataster

4 Auswertung der Meßergebnisse

Um die Beleuchtungsanlage bewerten zu können, müssen die Meßergebnisse den geltenden Forderungen für die jeweilige Arbeitsstätte gegenübergestellt werden. Wenn nicht schon bei den Vorbereitungen geschehen, sollten Sie zunächst in den Meßbericht auf Seite 4 diese Forderungen eintragen. Sie können dann über die Einhaltung der einzelnen Güteparameter konkret mit Ja oder Nein entscheiden. Aufgrund dieser Einzelurteile erfolgt die Gesamtbewertung der Beleuchtungsanlage.

Der Erfüllung des geforderten Beleuchtungsniveaus sollte dabei besondere Bedeutung beigemessen werden.

Bei der Überprüfung von neu installierten Anlagen ist die geforderte Nennbeleuchtungsstärke mit dem Planungsfaktor (im allgemeinen 1,25) zu multiplizieren. Wird diese erhöhte Beleuchtungsstärke nicht erreicht, kann daraus keine Forderung zur Nachrüstung der Anlage abgeleitet werden, solange die Minимальforderungen erfüllt werden. Es ist aber ein Hinweis für eine ungenügende Planung.

Erreicht die mittlere Beleuchtungsstärke nicht den geforderten Minimalwert ($0,8 \times E_n$), ist zunächst die Betriebsspannung $U_{\text{meß}}$ der Leuchten zu prüfen. Erreicht diese nicht das vereinbarte Niveau der Netzspannung U_N (220 V oder 230 V), sind die Meßwerte zunächst entsprechend der nachstehenden Umrechnung zu korrigieren.

korrigierter Meßwert = $(U_N/U_{\text{meß}})^c \times \text{Meßwert}$

Lampenart	Exponent c
Glühlampen	3,6
Leuchtstofflampen	
Schaltung: induktiv	1,4
kapazitiv	0,6
Duo	1,0
Quecksilber-Hochdruck	2,5
Natrium-Hochdruck	1,7
Halogenmetallampf	3,0

Kann die Versorgungsspannung nicht verändert werden, oder erreichen auch die korrigierten Werte nicht das geforderte Niveau, muß je nach Zustand der Anlage eine Reinigung oder sogar eine Nachrüstung erfolgen. Die empfohlene Gleichmäßigkeit ($g_1 \approx 1:1,5$) der Beleuchtungsstärke-Verteilung sollte erfüllt sein.

Das Verhältnis $E_z/E_n \approx 0,3$ ist bei Anlagen mit Leuchtstofflampen im allgemeinen gewährleistet. Bei Beleuchtung mit Tiefstrahlern ist das nicht immer der Fall. Obwohl hier ein Güteparameter nicht erfüllt wird, kann deswegen eine Umrüstung der Anlage nur schwer gefordert werden.

Die Einhaltung der Blendungsbegrenzung wird nur durch Labormessungen bewertet werden können. Zumindest kann über die Einhaltung des Abschirmwinkels entschieden werden, ohne daß daraus eine konkrete Forderung zur Umrüstung abgeleitet werden kann. Anlagen mit freistrah- lenden Lampen sind meist einer Klasse der Blendungsbegrenzung nicht mehr zuzuordnen und sollten entsprechend beanstandet werden. Aus- nahmen hiervon sind z. B. Beleuchtungseinrichtungen für Arbeitsplätze der visuellen Kontrolle von Oberflächen (13).

Die Leuchtdichteverhältnisse im näheren und weiteren Gesichtsfeld wer- den, abgesehen von den durch die Anlage erzeugten Beleuchtungsstär- ken, durch die Oberflächeneigenschaften der Materialien bestimmt. Bei der Bewertung der Reflexionsgrade ist zu berücksichtigen, daß höhere Werte auch ein höheres Beleuchtungsniveau bewirken. Forderungen bezüglich der Beleuchtungsanlage können sich aus den Leuchtdichte- verhältnissen oder den Reflexionsgraden nur bedingt ergeben.

Lichtfarbe und Farbwiedergabe sind zunächst Eigenschaften der Lampen. Für beinahe alle Arbeitsstätten wird eine warmweiße oder neutralweiße Lichtfarbe gefordert, so daß hier kaum Beanstandungen auftreten werden. Wird die geforderte Stufe der Farbwiedergabe nicht erreicht, sollte die Anlage spätestens beim nächsten Lampenwechsel mit geeigneten Lam- pen bestückt werden.

Die Meßgeräte für Beleuchtungsstärke und Leuchtdichte werden heute entsprechend der Norm (5) von den Herstellern nach ihren zulässigen Gesamtfehlern in Klassen eingeteilt.

Klasse	Zulässiger Gesamtfehler f_{ges} Beleuchtungsstärke	bei Meßgeräten für Leuchtdichte
A	$\pm 5 \%$	$\pm 7,5 \%$
B	$\pm 10 \%$	$\pm 10 \%$
C	$\pm 20 \%$	$\pm 20 \%$

Für die Messung von Beleuchtungsanlagen sollten Geräte der Klasse A oder B benutzt werden. Der zulässige Gesamtfehler ist keine Angabe im Sinne eines Korrekturfaktors, sondern dient zunächst für den Vergleich der Qualität von Meßgeräten untereinander. Erst wenn ein Meßwert an der Grenze der Forderungen liegt, sollte das Toleranzband entsprechend der Güteklasse berücksichtigt werden.

5 Allgemeine Grundsätze für die Beleuchtung einer Arbeitsstätte

Die Beleuchtung ist ein wichtiges Gütemerkmal für humane Arbeitsbedingungen. Dabei sind sowohl die künstliche Beleuchtung als auch die Beleuchtung durch natürliches Tageslicht zu berücksichtigen. Einige Grundsätze sollten bei der lichttechnischen Bewertung einer Arbeitsstätte beachtet werden. Sie sind in der folgenden Aufstellung zusammengefaßt.

Tageslicht

- Ausreichend große, durchsichtig verglaste Fenster (8)
(Sichtverbindung ins Freie)
- Günstige Orientierung der Arbeitsplätze zu den Fenstern
- Einrichtungen zur Abschattung von direkter Sonnenstrahlung
(Jalousien, Vorhänge etc.)

Künstliche Beleuchtung

- Einhaltung der empfohlenen Nennbeleuchtungsstärke
(Beleuchtungsstärke entsprechend der jeweiligen Sehaufgabe)
- Vermeidung von zu stark gerichteter oder zu diffuser Beleuchtung
- Einsatz von Lampen der empfohlenen und vor allem der gleichen Lichtfarbe
- Bei größeren Räumen in Gruppen schaltbare fensterparallele Leuchtenreihen
- Einsatz geeigneter Leuchten, insbesondere bei Bildschirmarbeitsplätzen
- Vermeidung von Reflexblendung durch sinnvolle Anordnung der einzelnen Arbeitsplätze zu den Deckenleuchten
- Vermeidung von hellen Reflexen auf Bildschirmoberflächen und Arbeitsflächen
- Ausgewogene Leuchtdichtevertelung

- /1/ DIN 5035 Teil 1 (Juni 1990) – Beleuchtung mit künstlichem Licht – Begriffe und allgemeine Anforderungen
- /2/ Verordnung über Arbeitsstätten vom 20. 3. 1975 BGBl. I S 729, einschließlich der Änderungen August 1983, § 7, Beleuchtung
- /3/ Arbeitsstättenrichtlinie ASR 7/3 vom 20. 3. 1975 BGBl. I S 729, einschließlich der Änderungen August 1988 – Künstliche Beleuchtung
- /4/ DIN 5035 Teil 2 (Sept. 1990) – Beleuchtung mit künstlichem Licht – Richtwerte für Arbeitsstätten in Innenräumen und im Freien
- /5/ DIN 5032 Teil 7 (Dez. 1985) Lichtmessung, Klasseneinteilung von Beleuchtungsstärke- und Leuchtdichtemeßgeräten
- /6/ DIN 5035 Teil 6 (Dez. 1990) – Beleuchtung mit künstlichem Licht – Messung und Bewertung
- /7/ *Krochmann, J.; Lindemuth, F.:*
Empfehlungen zur Messung von Beleuchtungsanlagen – Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz. Fb 567, Dortmund, 1989, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven
- /8/ Arbeitsstättenrichtlinie ASR 7/1 vom 20. 3. 1975 BGBl. I S 729, einschließlich der Änderungen August 1988 – Sichtverbindung nach außen
- /9/ *Lindemuth, F.; Rüschemschmidt, H.:* Erfahrungen bei Beleuchtungsmessungen in Betrieben, Tagungsbericht „Licht '86“, Band 1, S. 134ff
- /10/ *Hahne, H.:* Kataster von Arbeitsplatzumgebungsfaktoren – Beleuchtung und Klima; auszugsweiser Nachdruck 1988 aus Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Fb 354, Dortmund, 1988, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven
- /11/ *Krochmann, J.:* Reflexionsgrad von Reflexionstafeln – Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz. Fb 388, Dortmund, 1984, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven
- /12/ *Krochmann, J.; Lindemuth, F.; Wang, X.; Pieper, H.:* Meßverfahren zur Blendung am Arbeitsplatz – Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz. Fb 504, Dortmund, 1987, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven
- /13/ *Müller, St.:* Untersuchung der Beleuchtung von Arbeitsplätzen zur visuellen Kontrolle hochglänzender Oberflächen, VDI Verlag, Reihe 17, Nr. 68

7 Meßbericht zur Messung der Innenraumbeleuchtung (als Muster ausgefüllt)

Datum 8.4.1991

Dauer der Messungen: von 10⁰⁰ bis 13⁰⁰

Betriebsstätte: Bibliothek
Raumbezeichnung: Erwerbungsabteilung
Anschrift: _____

ausführende Institution
Inst. f. Lichttechnik

Der Meßbericht umfaßt 5 Seiten

Meßgeräte für

Beleuchtungsstärke E

Hersteller: PRC Typ 9106 Klasse: A, $f_{ges} \pm 5\%$
Durchmesser der Lichteintrittsfläche 8 mm

Zylindrische Beleuchtungsstärke E_z

Hersteller: PRC Typ E_z

Leuchtdichte L

Hersteller: LMT Typ L 1000 Klasse: A, $f_{ges} \pm 7,5\%$

Reflexionsgrad ρ_{dif}

Hersteller: PRC Typ 521

Spannung U

Hersteller: Fluke Typ 75

Angaben zum Raum

Art der Tätigkeit nach DIN 5035, Teil 2

3.2 Büroraum (Raumzone)

Anzahl der Arbeitsplätze: 10

Raumabmessungen Länge: 15 m, Breite: 10,5 m, Höhe: 3,1 m

Der Raum war *): leer ☐ eingerichtet ☒

Angaben zur Beleuchtungsanlage

Lampen

Hersteller: Osram Bezeichnung: L 58/31
Lichtfarbe: WW Farbwiedergabestufe: 18

Leuchten

Hersteller: ohne Angabe Bezeichnung: _____

allgemeine Beschreibung: Leuchte für 2 Leuchtstofflampen à 18W
Reflektor und Raster matt beige

Anordnung der Leuchten: Fensterparallele Reihe aus jeweils 2 Leuchten
verbundenen Leuchten, senkrecht zur Fensterfront
stehend

Zuordnung von Schaltern: 10 Doppelschalter einer Reihe

Höhe der Lichtaustrittsfläche über dem Boden: 2,9 m

Datum der Erstellung der Anlage ?

letzter Lampenwechsel: ? letzte Reinigung: ?

Die Anlage ist *) stark verschmutzt ☐ leicht verschmutzt ☒ sauber ☐

*) Zutreffendes ist angekreuzt

Meßergebnisse

Beleuchtungsstärke: siehe Anlage (Grundriß)

Mittlere Beleuchtungsstärke E_{mittel} 380 lx

Kleinste Beleuchtungsstärke E_{min} 270 lx

Horizontalbeleuchtungsstärke E_h und zylindrische Beleuchtungsstärke E_z in 1,20 m Höhe

Meßpunkte (siehe Anlage)	1 ⁺	2 ⁺	3	4	5	6
E_z in lx	<u>185</u>	<u>155</u>				
E_h in lx	<u>495</u>	<u>455</u>				
E_z / E_h	<u>0,37</u>	<u>0,34</u>				

+ Meßpunkte ohne Tageslicht

Leuchtdichten

im näheren Gesichtsfeld 50-80 cd/m² (Stellwände)
 im weiteren Gesichtsfeld 20-30 cd/m² (große Regale)

Reflexionsgrad ρ_{diff}

Decke 0,7 Wände 0,45 Boden 0,3 Einrichtung 0,2-0,5
 Bemerkungen _____

Abschirmwinkel $\alpha = 35^\circ$

Betriebsspannung

Anfang der Messung: an einer Leuchte ___ V an einer Steckdose 220 V
 Ende der Messung: an einer Leuchte ___ V an einer Steckdose 220 V

Temperatur

Raumtemperatur 25 °C Umgebungstemperatur der Leuchten 28 °C

Auswertung der Meßergebnisse

Forderungen nach DIN 5035 Teil 2

Nennbeleuchtungsstärke E_n	<u>500</u> lx	Planungsfaktor bei neuen Anlagen	<u>1</u>
Stufe der Farbwiedergabe	<u>2A</u>	Lichtfarbe	<u>WW/WH</u>
Klasse der Blendungsbegrenzung	<u>1</u>	Abschirmwinkel	<u>10°</u>

Erfüllung der Forderungen nach DIN 5035 Teil 1 und 2

Beleuchtungsstärke	Erfüllt *)	
Für den arithmetischen Mittelwert muß gelten: $(0,8 * E_n) = \underline{400} \text{ lx} \leq E_{\text{mittel}} = \underline{380} \text{ lx}$	ja ☐	nein ☒
Für den kleinsten Meßwert muß gelten: $(0,6 * E_n) = \underline{300} \text{ lx} \leq E_{\text{min}} = \underline{270} \text{ lx}$	ja ☐	nein ☒
Gleichmäßigkeit ($E_{\text{min}} : E_{\text{mittel}} \approx 1 : 1,5$)	ja ☒	nein ☐
Lichtrichtung und Schattigkeit ($E_z : E_n \approx 0,3$)	ja ☒	nein ☐
Abschirmwinkel	ja ☒	nein ☐
Leuchtdichteverhältnisse		
im näheren Gesichtsfeld (3 : 1)	ja ☒	nein ☐
im weiteren Gesichtsfeld (10 : 1)	ja ☒	nein ☐
Lichtfarbe	ja ☒	nein ☐
Stufe der Farbwiedergabe	ja ☒	nein ☐

Bewertung der Beleuchtungsanlage

Die Anlage*) erfüllt die Forderungen
muß gewartet werden (bald) / sofort)
muß nachgerüstet werden

*) Zutreffendes ist angekreuzt


Unterschrift

Anhang

Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse Nr. **84**
Messung von Beleuchtungsanlagen in Innenräumen
Herausgeber: Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund, 1992

ANHANG

Meßbericht bei Bedarf kopieren

Meßbericht zur Messung der Innenraumbeleuchtung

Datum _____

Dauer der Messungen: von _____ bis _____

Betriebsstätte: _____ ausführende Institution

Raumbezeichnung: _____

Anschrift: _____

Der Meßbericht umfaßt _____ Seiten

Meßgeräte für

Beleuchtungsstärke E

Hersteller: _____ Typ _____ Klasse: __, f_{ges} _____

Durchmesser der Lichteintrittsfläche _____ mm

Zylindrische Beleuchtungsstärke E_z

Hersteller: _____ Typ _____

Leuchtdichte L

Hersteller: _____ Typ _____ Klasse: __, f_{ges} _____

Reflexionsgrad ρ_{dif}

Hersteller: _____ Typ _____

Spannung U

Hersteller: _____ Typ _____

Angaben zum Raum

Art der Tätigkeit nach DIN 5035, Teil 2

Anzahl der Arbeitsplätze: _____

Raumabmessungen Länge: _____ m, Breite: _____ m, Höhe: _____ m

Der Raum war *): leer ☐ eingerichtet ☐

Betrieb von _____
RLT - Anlagen _____

Angaben zur Beleuchtungsanlage

Lampen

Hersteller: _____ Bezeichnung: _____
Lichtfarbe: _____ Farbwiedergabestufe: _____

Leuchten

Hersteller: _____ Bezeichnung: _____

allgemeine _____
Beschreibung _____

Anordnung der _____
Leuchten _____

Zuordnung von _____
Schaltern _____

Höhe der Lichtaustrittsfläche über dem Boden: _____ m

Datum der Erstellung der Anlage _____

letzter Lampenwechsel: _____ letzte Reinigung: _____

Die Anlage ist *)
stark verschmutzt ☐ leicht verschmutzt ☐ sauber ☐

*) Zutreffendes ist angekreuzt

Meßergebnisse

Beleuchtungsstärke: siehe Anlage (Grundriß)

Mittlere Beleuchtungsstärke E_{mittel} _____ lx

Kleinste Beleuchtungsstärke E_{min} _____ lx

Horizontalbeleuchtungsstärke E_h und zylindrische
Beleuchtungsstärke E_z in 1,20 m Höhe

Meßpunkte

(siehe Anlage)

1

2

3

4

5

6

E_z in lx

E_h in lx

E_z / E_h

Leuchtdichten

im näheren Gesichtsfeld _____ cd/m^2

im weiteren Gesichtsfeld _____ cd/m^2

Reflexionsgrad dif

Decke _____ Wände _____ Boden _____ Einrichtung _____

Bemerkungen _____

Abschirmwinkel $\alpha =$ °

Betriebsspannung

Anfang der Messung: an einer Leuchte _____ V an einer Steckdose _____ V

Ende der Messung: an einer Leuchte _____ V an einer Steckdose _____ V

Temperatur

Raumtemperatur _____ °C Umgebungstemperatur der Leuchten _____ °C

Auswertung der Meßergebnisse

Forderungen nach DIN 5035 Teil 2

Nennbeleuchtungsstärke E_n	_____ lx	Planungsfaktor bei neuen Anlagen	_____
Stufe der Farbwiedergabe	_____	Lichtfarbe	_____
Klasse der Blendungsbegrenzung	_____	Abschirmwinkel	_____°

Erfüllung der Forderungen nach DIN 5035 Teil 1 und 2

Beleuchtungsstärke	Erfüllt *)	
Für den arithmetischen Mittelwert muß gelten: $(0,8 * E_n) = \text{_____lx} \leq E_{\text{mittel}} = \text{_____lx}$	ja ☐	nein ☐
Für den kleinsten Meßwert muß gelten: $(0,6 * E_n) = \text{_____lx} \leq E_{\text{min}} = \text{_____lx}$	ja ☐	nein ☐
Gleichmäßigkeit ($E_{\text{min}} : E_{\text{mittel}} \approx 1 : 1,5$)	ja ☐	nein ☐
Lichtrichtung und Schattigkeit ($E_z : E_h \approx 0,3$)	ja ☐	nein ☐
Abschirmwinkel	ja ☐	nein ☐
Leuchtdichte verhältnisse		
im näheren Gesichtsfeld (3 : 1)	ja ☐	nein ☐
im weiteren Gesichtsfeld (10 : 1)	ja ☐	nein ☐
Lichtfarbe	ja ☐	nein ☐
Stufe der Farbwiedergabe	ja ☐	nein ☐

Bewertung der Beleuchtungsanlage

Die Anlage*)	erfüllt die Forderungen
	muß gewartet werden (bald / sofort)
	muß nachgerüstet werden

*) Zutreffendes ist angekreuzt

Unterschrift