

Ortsfeste Verkehrsbeleuchtung

Beleuchtung von Straßen für den Kraftfahrzeugverkehr

Berechnung und Messung

DIN
5044
Teil 2

Stationary traffic lighting; street lighting for automobile traffic; calculation and measurement

Ersatz für
Beiblatt zu
DIN 5044/04.72

Maße in m

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich	2	4.4.3 Berechnung der mittleren Beleuchtungsstärke	9
2 Allgemeines	2	4.4.4 Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke . . .	9
3 Festlegungen zur Leuchtdichtebewertung von Fahrbahnoberflächen	2	4.5 Ermittlung der Güteklasse der Blendungs- begrenzung	9
3.1 Grundsätzliches	2	5 Messung	9
3.2 Bewertungsfeld und Beobachterstandort	2	5.1 Messung der Beleuchtung	9
3.3 Klassifizierung von Fahrbahnoberflächen	3	5.1.1 Angaben zum Meßprotokoll	9
4 Berechnung	4	5.1.2 Forderungen an Meßgeräte	9
4.1 Geometrie der Beleuchtungsanlage	4	5.1.2.1 Leuchtdichte-Meßgeräte	9
4.2 Angaben zur Leuchte	5	5.1.2.2 Beleuchtungsstärke-Meßgeräte	10
4.3 Berechnung der Fahrbahnleuchtdichte	5	5.2 Messung der Leuchtdichte	10
4.3.1 Verkürztes Bewertungsfeld	5	5.2.1 Messung der örtlichen Leuchtdichte	10
4.3.2 Berechnung der örtlichen Leuchtdichte	5	5.2.2 Messung der mittleren Leuchtdichte	10
4.3.3 Berechnung der mittleren Leuchtdichte und Verteilung der örtlichen Leuchtdichte	6	5.2.3 Messung im Bewertungsfeld	10
4.3.4 Längsgleichmäßigkeit	8	5.2.4 Messung im verkürzten Bewertungsfeld	10
4.3.5 Gesamtgleichmäßigkeit	8	5.2.5 Bestimmung der Güte Merkmale $\bar{L}$, U_l und U_o	10
4.4 Berechnung der Beleuchtungsstärke	8	5.3 Messung der Beleuchtungsstärke	10
4.4.1 Bewertungsfeld	8	5.3.1 Messung der örtlichen Beleuchtungsstärke . .	10
4.4.2 Berechnung der örtlichen Beleuchtungsstärke	9	5.3.2 Bestimmung der Güte Merkmale $\bar{E}$ und g_1 . .	10
		5.4 Messung der Reflexionseigenschaften von Fahrbahnoberflächen	11

Fortsetzung Seite 2 bis 11

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

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt fest, wie die in DIN 5044 Teil 1 angegebenen quantitativ erfaßbaren lichttechnischen Gütemerkmale berechnet und gemessen werden sollen. Diese Festlegungen sind notwendig, damit Berechnungen vergleichbar werden und damit Messungen einheitlich durchgeführt werden.

2 Allgemeines

Die lichttechnischen Gütemerkmale einer ortsfesten Straßenbeleuchtungsanlage werden für die Wahrnehmungsbedingungen des Kraftfahrers angegeben. Berechnung und Messung quantitativ erfaßbarer lichttechnischer Gütemerkmale sind darum auf die dafür international festgelegte Augenhöhe des Fahrzeuglenkers abgestimmt. Berechnungs- und Meßverfahren basieren auf den lichttechnischen Größen Leuchtdichte und Beleuchtungsstärke.

Die Leuchtdichte ist dabei als die einzige „sichtbare“ lichttechnische Größe die wichtigere; denn sie ist maßgebend für den Eindruck, den der Verkehrsteilnehmer von der Helligkeit einer leuchtenden oder beleuchteten Fläche hat.

Berechnet und/oder gemessen werden

- die örtliche Leuchtdichte
- die mittlere Leuchtdichte
- die Leuchtdichtegleichmäßigkeit
- die Blendungsbegrenzung.

Mit der Beleuchtungsstärke wird angegeben, wieviel Licht auf eine Flächeneinheit fällt, sie ist aber kein Maß für die Helligkeit, die der Beobachter dort wahrnimmt. Darum soll die Beleuchtungsstärke nur dann zur Beurteilung der Helligkeit der Fahrbahn herangezogen werden, wenn die Leuchtdichtetechnik nicht sinnvoll anwendbar ist. Die Beleuchtungsstärke kann außerdem ersatzweise bei der Überprüfung berechneter Leuchtdichten in ausgeführten Anlagen verwendet werden (Abnahmemessung).

Durch die Messung der Beleuchtungsstärke kann auch der Betriebszustand einer Anlage überprüft werden.

Berechnet und/oder gemessen werden

- die örtliche Beleuchtungsstärke
- die mittlere Beleuchtungsstärke
- die Beleuchtungsstärkegleichmäßigkeit.

Berechnet und gemessen wird

- die Blendungsbegrenzung.

3 Festlegungen zur Leuchtdichtebewertung von Fahrbahnoberflächen

3.1 Grundsätzliches

Die Fahrbahnleuchtdichte L in cd/m^2 ist abhängig von der Beleuchtungsstärke E in lx auf der Fahrbahnoberfläche und deren Reflexionseigenschaften.

Die Beleuchtungsstärke E ist abhängig von der räumlichen Lichtstärkeverteilung der vorgesehenen Leuchte, vom Lichtstrom der in der Leuchte eingesetzten Lampen und von der Geometrie der Beleuchtungsanlage.

Die Reflexionseigenschaften der Fahrbahnoberflächen werden durch die Leuchtdichtekoeffizienten q in $\text{cd}/(\text{m}^2 \cdot \text{lx})$ beschrieben. Außer vom art- und witterungsbedingten Zustand der Fahrbahnoberfläche ist der Leuchtdichtekoeffizient abhängig von der Beobachtungsrichtung und der Lichteinfallrichtung. Für eine zu beurteilende Fläche ergibt sich damit eine Leuchtdichtekoeffizientenverteilung.

Die grundlegende Gleichung zur Berechnung der Leuchtdichte lautet:

$$L = q \cdot E$$

3.2 Bewertungsfeld und Beobachterstandort

Die Fahrbahnleuchtdichten sind für den Bereich der Straße zu bestimmen, der für den Kraftfahrer wichtig ist. Um eine einheitliche Bewertung sicherzustellen, wird ein Bewertungsfeld festgelegt:

Das Bewertungsfeld ist ein geradlinig horizontal verlaufender 100 m langer Fahrbahnabschnitt, der 60 m vor dem Beobachter anfängt. Für die Berechnung wird ein verkürztes Bewertungsfeld vereinbart (siehe Abschnitte 4.3.1 und 4.4.1).

In der Regel beginnt das Bewertungsfeld an der Senkrechten zur Fahrbahnachse durch einen Leuchtenfußpunkt. Bei zweiseitig versetzter Anordnung ist ein auf der rechten Fahrbahnseite liegender Leuchtenfußpunkt zu wählen. Abweichende Festlegungen müssen vereinbart werden.

Das Bewertungsfeld ist so breit wie die Fahrbahn. Der Beobachterstandort liegt auf der Mittellinie eines Fahrstreifens – in der Regel des rechten. Die Beobachtung erfolgt aus 1,5 m Höhe über der Fahrbahn in Fahrtrichtung (siehe Bild 1).

Für den Beobachter beginnt das Bewertungsfeld unter einem Winkel von etwa $1,5^\circ$ zur Horizontalen und endet unter einem Winkel von etwa $0,5^\circ$. Unter einem Winkel

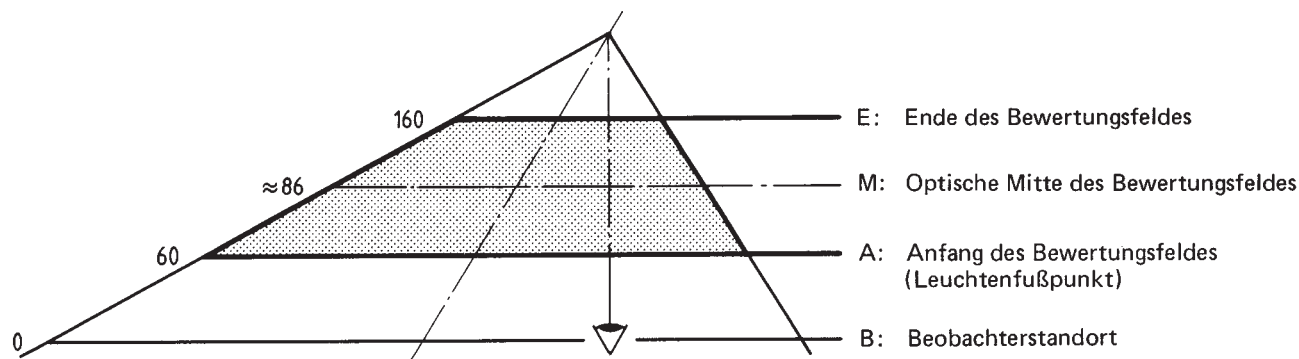


Bild 1. Bewertungsfeld

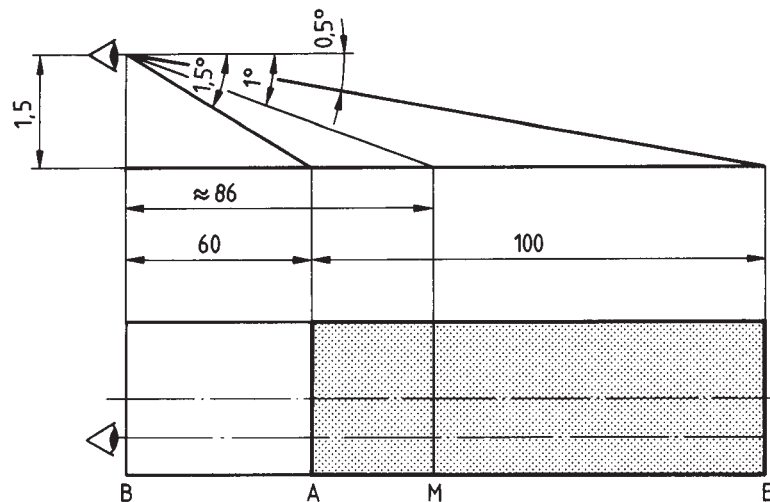


Bild 2. Beobachtungswinkel im Bewertungsfeld

von etwa 1° wird ein Punkt gesehen, der 86 m vor dem Beobachterstandort liegt (optische Mitte des Bewertungsfeldes).

Die Leuchtdichtebewertung ist für jede Fahrtrichtung durchzuführen.

3.3 Klassifizierung von Fahrbahnoberflächen

Lichttechnisch unterscheiden sich Fahrbahnoberflächen

- durch die Art der Reflexion (Grad der „Spiegelwirkung“) und
- durch eine die Helligkeit kennzeichnende Größe („Reflexionsvermögen“).

Diese Eigenschaften werden durch die Leuchtdichtekoeffizientenverteilung beschrieben [1].

Die Art der Reflexion wird gekennzeichnet durch den Spiegelfaktor κ_D .

- Stark gestreut reflektierende Oberflächen haben niedrige, schwach gestreut reflektierende Oberflächen hohe x_p -Werte.
- Stark gestreute Reflexion liegt vor bei rauen Fahrbahnoberflächen, die das auffallende Licht in alle Richtungen weitgehend gleichmäßig reflektieren (siehe Bild 3 a). Schwach gestreute Reflexion tritt bei sehr glatten Oberflächen auf, wenn das auffallende

Licht bevorzugt in eine Richtung reflektiert wird (siehe Bild 3 b).

- Trockene Fahrbahnoberflächen können nach der Art ihrer Reflexion in vier Klassen eingeteilt werden; die Klassifizierungsgröße ist κ_p . Die Klassengrenzen sind in der Tabelle 1 aufgeführt. Jeder Klasse ist ein Standard (standardisierte Fahrbahnoberfläche) zugeordnet: R 1, R 2, R 3 und R 4. Die Leuchtdichtekoeffizientenverteilungen, bezogen auf ihren mittleren Leuchtdichtekoeffizienten q_0 , sind in Standardtabellen in der Literatur angegeben [1].
- Für nichttrockene Fahrbahnoberflächen sind derzeit keine Standards allgemein anerkannt.

**Tabelle 1. χ_p - und q_0 -Bereiche der standardisierten
Fahrbahnoberflächen R 1 bis R 4**

Standard	Bereich von x_p	$q_0 \frac{\text{cd/m}^2}{\text{lx}}$
R 1	$\leq 0,22$	$0,10 \pm 0,03$
R 2	$0,22 < x_p \leq 0,33$	$0,07 \pm 0,02$
R 3	$0,33 < x_p \leq 0,44$	$0,08 \pm 0,02$
R 4	$0,44 < x_p \leq 0,55$	$0,08 \pm 0,02$

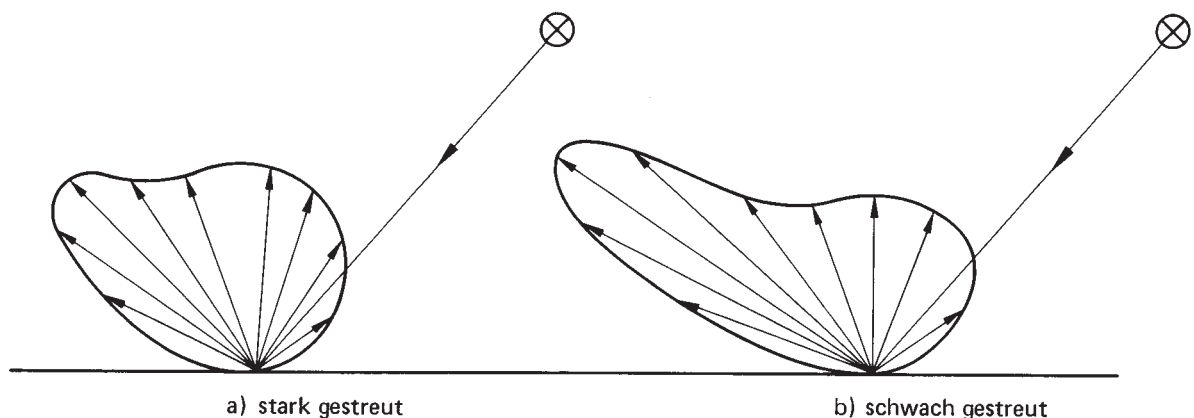


Bild 3. Unterschiedliche Arten der Reflexion

Das „Reflexionsvermögen“ wird gekennzeichnet durch den mittleren Leuchtdichtekoeffizienten q_0 .

- Für die üblichen Fahrbahndecken liegt der mittlere Leuchtdichtekoeffizient in dem Bereich von 0,05 bis 0,13 $\frac{\text{cd/m}^2}{\text{lx}}$.

- Helle Fahrbahnoberflächen reflektieren das auffallende Licht stärker als dunkle.

Für die Praxis liefern Berechnungen mit den Standardtabellen unter Berücksichtigung des mittleren Leuchtdichtekoeffizienten q_0 der Fahrbahn genügend genaue Ergebnisse. Falls individuelle Angaben für q_0 nicht gemacht werden, sollen für die Berechnung die in Tabelle 1 angegebenen Mittelwerte für q_0 verwendet werden.

Wenn aus besonderem Grund von der Anwendung der Standards abgewichen wird, muß eine bestimmte Leuchtdichtekoeffizientenverteilung angegeben werden.

Anmerkung: Für die Projektierung einer Straßenbeleuchtungsanlage sind der zutreffende Standard und der mittlere Leuchtdichtekoeffizient q_0 von der für den Straßenbau zuständigen Behörde anzugeben. Erste in der Praxis anwendbare Zuordnungen von Standards und Zusammensetzung der Deckschicht sind in der Literatur [2] angegeben.

Auch aus beleuchtungstechnischen Gründen sollte beim Straßenbau die Verwendung rauher, heller Fahrbahnoberflächen mit einem Spiegelfaktor $\kappa_p \leq 0,33$ angestrebt werden.

Bei bituminösen Fahrbahndecken sind aus lichttechnischen Gründen künstliche Aufheller auch bei nicht-trockenen Fahrbahnoberflächen besonders vorteilhaft.

4 Berechnung

Um Berechnungen durchzuführen und vergleichbar zu machen, sind folgende Angaben erforderlich:

- Lichtstrom der Lampen

- Zuschlag für Alterung und Verschmutzung (Planungsfaktor)
- Geometrie der Beleuchtungsanlage
- Leuchtendaten
- Reflexionsdaten der Fahrbahnoberfläche
- Bewertungsfeld
- Beobachterstandorte.

Bei der Mitteilung von Rechenergebnissen ist anzugeben, mit welchem Programm gerechnet wurde.

4.1 Geometrie der Beleuchtungsanlage

Sowohl für die Leuchtdichteberechnung als auch für die Beleuchtungsstärkeberechnung sind folgende Anlagen-daten für eine entsprechende Berechnung erforderlich (siehe Bild 4):

- a) Lichtpunkthöhe h in m

Die Lichtpunkthöhe ist der Abstand des Drehpunktes einer Leuchte (siehe DIN 5032 Teil 4) von der Fahrbahnoberfläche.

- b) Lichtpunktabstand a in m

Der Lichtpunktabstand ergibt sich zwischen zwei aufeinanderfolgenden Lichtpunkten einer Fahrbahnseite.

- c) Fahrbahnbreite b in m

Die Fahrbahnbreite ist der Abstand zwischen den Fahrbahnbegrenzungen. Parkstreifen, Radwege und Fußwege zählen nicht zur Fahrbahn.

- d) Lichtpunktüberhang s in m

Der Lichtpunktüberhang ist der Abstand zwischen der Projektion des Drehpunktes der Leuchte auf die Fahrbahnoberfläche und dem Fahrbahnrand. Befindet sich der Lichtpunkt außerhalb der Fahrbahn, wird der Überhang negativ gezählt.

- e) Neigungswinkel δ in Grad

Der Neigungswinkel ist derjenige Winkel, um den die Leuchte gegen die Horizontale angestellt ist.

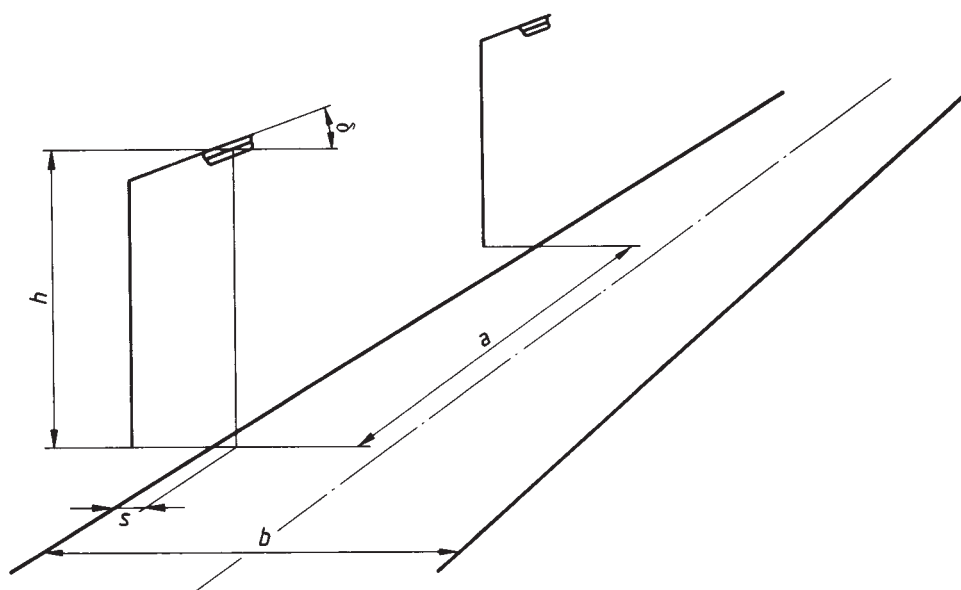


Bild 4. Angaben zur Geometrie der Beleuchtungsanlage