

	DIN 67524-2	
ICS 93.080.40	Entwurf	Einsprüche bis 2024-05-08 Vorgesehen als Ersatz für DIN 67524-2:2011-06
Beleuchtung von Straßentunneln und Unterführungen – Teil 2: Berechnung und Messung Lighting of road tunnels and underpasses – Part 2: Calculation and measurement Eclairage des tunnels routiers et des passages souterrains – Partie 2: Calcul et mesure Anwendungswarnvermerk Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-03-08 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Weil das beabsichtigte Dokument von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren. Stellungnahmen werden erbeten – vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben; – oder als Datei per E-Mail an fnl@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden; – oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Lichttechnik (FNL), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin. Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen. Gesamtumfang 21 Seiten DIN-Normenausschuss Lichttechnik (FNL)		

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Berechnung der Tunnelbeleuchtung	5
4.1 Geometrie der Beleuchtungsanlage	5
4.2 Berechnung der Fahrbahnleuchtdichte	6
4.2.1 Bewertungsfeld, Beobachterstandort und Leuchtenanzahl für die Bewertung	6
4.2.2 Berechnung der örtlichen Leuchtdichte auf der Fahrbahn	7
4.2.3 Berechnung der mittleren Leuchtdichte auf der Fahrbahn	9
4.2.4 Berechnung der Längs- und Gesamtgleichmäßigkeit in der Tunnelinnenstrecke	9
4.2.5 Berechnung der Quergleichmäßigkeit in einem Tunnelquerschnitt	10
4.2.6 Berechnung des Leuchtdichteverhältnisses U_p	10
4.3 Berechnung der Leuchtdichten der Wände und der Decke	10
4.4 Berechnung von Beleuchtungsstärken	11
4.4.1 Allgemeines	11
4.4.2 Berechnung der Beleuchtungsstärke auf der Fahrbahn	11
4.4.3 Berechnung der Beleuchtungsstärke auf dem Standstreifen	12
4.4.4 Berechnung der Beleuchtungsstärke auf Geh- und Radwegen	12
4.4.5 Berechnung der Beleuchtungsstärke auf den Tunnelflächen	12
4.5 Lichtstrombilanz-Prüfung	13
4.6 Berechnung der von den Leuchten erzeugten äquivalenten Schleierleuchtdichte und der Blendungskenngröße	13
4.6.1 Allgemeines	13
4.6.2 Bestimmung der Blendungskenngröße für Kraftfahrzeugfahrer	14
4.6.3 Bestimmung der Blendungskenngröße für Radfahrer und Fußgänger	14
5 Steuerung und Regelung der Beleuchtung	15
5.1 Allgemeines	15
5.2 Abhängigkeit der Leuchtdichte in der Einsichts- und Übergangsstrecke von der Leuchtdichte im Außenraum	15
5.3 Leuchtdichte in der Tunnelinnenstrecke	16
6 Messung	16
6.1 Allgemeines	16
6.2 Anforderungen an die Messgeräte	17
6.2.1 Leuchtdichtemessgeräte und Leuchtdichtemesskameras	17
6.2.2 Beleuchtungsstärkemessgeräte	17
6.3 Leuchtdichtemessungen	17
6.3.1 Leuchtdichtemessungen von Standorten außerhalb des Tunnels	17
6.3.2 Messung der Leuchtdichte	17
6.4 Beleuchtungsstärkemessungen auf Fahrbahnoberflächen	18
6.5 Beleuchtungsstärkemessungen auf Rad- und Gehwegen	18
6.6 Messung der Versorgungsspannung	19
6.7 Messung der Temperatur	19
6.8 Messprotokoll	19
6.9 Auswertung	19
Literaturhinweise	21

Bilder

Bild 1 — Beispiel für die Lage eines rechtwinkligen Koordinatensystems an der Tunneleinfahrt	6
Bild 2 — Darstellung der Größen, die für die Berechnung der im Punkt k (hier 2) durch die Leuchte i (hier 1) entstehenden Leuchtdichte L_{ik} benötigt werden	8
Bild 3 — Lichtstärke einer Teilfläche zur Berechnung des Indirektanteils	9

Vorwort

Diese Norm wurde vom Arbeitskreis NA 058-00-11-03 AA „FNL/FGSV 3.11.01.3 Tunnelbeleuchtung“ im Arbeitsausschuss NA 058-00-11 AA „FNL/FGSV 3.02 Außenbeleuchtung“ des DIN-Normenausschusses Lichttechnik (FNL) erarbeitet.

In diesem Dokument werden Empfehlungen zu folgenden Themen gegeben:

- Planung und Berechnung der Tunnelbeleuchtung;
- Von den Tageslichtverhältnissen abhängige Steuerung und Regelung der Tunnelbeleuchtung;
- Messung und Auswertung der für die Tunnelbeleuchtung wichtigen lichttechnischen Größen.

Änderungen

Gegenüber DIN 67524-2:2011-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) vollständige redaktionelle und inhaltliche Überarbeitung;
- b) Anpassung an DIN 67524-1:2019-01;
- c) neuer Unterabschnitt 4.4.4 zur Berechnung der Beleuchtungsstärke auf Geh- und Radwegen;
- d) neuer Unterabschnitt 4.6.3 zur Bestimmung der Blendungskenngröße für Radfahrer und Fußgänger;
- e) Überarbeitung des Messprotokolls.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Berechnung und messtechnische Prüfung der in DIN 67524-1 enthaltenen Güte-merkmale der Beleuchtung von Tunneln fest.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 5032-7, *Lichtmessung — Teil 7: Klasseneinteilung von Beleuchtungsstärke- und Leuchtdichtemessgeräten*

DIN 67524-1:2019-01, *Beleuchtung von Straßentunneln und Unterführungen — Teil 1: Allgemeine Güte-merkmale und Richtwerte*

DIN EN 13032-1, *Licht und Beleuchtung — Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten — Teil 1: Messung und Datenformat*

DIN EN 13201-2:2016-06, *Straßenbeleuchtung — Teil 2: Güte-merkmale; Deutsche Fassung EN 13201-2:2015*

DIN EN 13201-3:2016-06, *Straßenbeleuchtung — Teil 3: Berechnung der Güte-merkmale; Deutsche Fassung EN 13201-3:2015*

DIN EN 13201-4:2016-06, *Straßenbeleuchtung — Teil 4: Methoden zur Messung der Güte-merkmale von Straßenbeleuchtungsanlagen; Deutsche Fassung EN 13201-4:2015*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokumentes gelten die Begriffe nach DIN 67524-1, DIN EN 13032-1, DIN EN 13201-3 und DIN EN 13201-4.

DIN und DKE stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- DIN-TERMinologieportal: verfügbar unter <https://www.din.de/go/din-term>
- DKE-IEV: verfügbar unter <https://www.dke.de/DKE-IEV>

4 Berechnung der Tunnelbeleuchtung

4.1 Geometrie der Beleuchtungsanlage

Die geometrischen Angaben über die Beleuchtungsanlage und den beleuchteten Tunnel sind zur Berechnung von Beleuchtungsstärke und Leuchtdichte erforderlich. Dazu wird ein rechtwinkliges Koordinatensystem festgelegt, dessen erste Achse (x) in Richtung der Fahrbahnachse in einem gegebenen Tunnelquerschnitt in Höhe der Fahrbahnoberfläche, dessen zweite Achse (y) in derselben Höhe senkrecht zur Fahrbahnachse und dessen dritte Achse (z) schließlich vertikal nach oben weist (siehe Bild 1).

Die Lage eines jeden Punktes auf der Fahrbahnoberfläche ($z = 0$) wird dann durch seine x -, y -Koordinaten, die Lage eines jeden Wand- und Deckenpunktes durch seine Koordinaten x , y und z angegeben. Für die Wand- und Deckenpunkte muss außerdem noch die Richtung der Normalen der Flächenelemente bekannt sein, auf denen sie liegen.

Die Lage einer jeden Leuchte wird ebenfalls durch ihre Koordinaten x, y, z angegeben. Zusätzlich muss bekannt sein, um welche Winkel die Leuchte gegenüber ihrer Ausgangs- bzw. Messlage verdreht ist, wobei die Reihenfolge der Drehungen nach DIN EN 13201-3 erfolgt:

- 1) Drehung um die senkrechte Achse um den Winkel ψ ;
- 2) Drehung um eine zur x -Achse parallelen Achse (für $\psi = 0$) um den Winkel δ (Neigung);
- 3) Drehung um eine zur y -Achse parallelen horizontalen Achse (für $\delta = \psi = 0$) um den Winkel χ (Drehung um die Leuchtenachse).

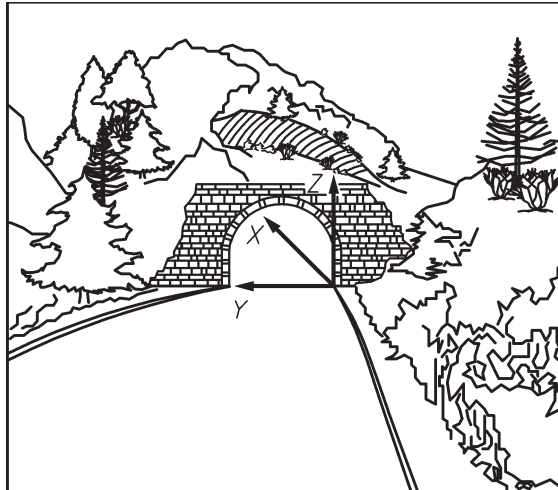


Bild 1 — Beispiel für die Lage eines rechtwinkligen Koordinatensystems an der Tunneleinfahrt

4.2 Berechnung der Fahrbahnleuchtdichte

4.2.1 Bewertungsfeld, Beobachterstandort und Leuchtenanzahl für die Bewertung

In Tunnelabschnitten, in denen, vom Beobachter aus gesehen, die in DIN 67524-1 geforderte Leuchtdichte über 100 m oder mehr konstant ist, können für die Ermittlung der Leuchtdichteverteilungen die Festlegungen nach DIN EN 13201-3, wie sie für die Straßenbeleuchtung üblich sind, übernommen werden. Dabei genügt es, die Leuchtdichte in einem Abschnitt von einem ganzen Vielfachen des Leuchtenabstands, mindestens aber 20 m Länge, zu berechnen, wobei das Bewertungsfeld in Tunnellängsrichtung jeweils 60 m vor dem Beobachter an der ersten Leuchte im betrachteten Abschnitt beginnt.

In Tunnelabschnitten mit nichtkonstanten Lichtpunktabständen und/oder in denen größere Leuchtdichtegradienten auftreten, ist die Berechnung der Fahrbahnleuchtdichte wie folgt durchzuführen:

Es wird jeweils der Mittelwert der Leuchtdichten in einem kurzen Streifen (die Länge des Streifens entspricht dem Abstand der Berechnungspunkte in Richtung der Fahrbahnachse) quer zur Fahrtrichtung über die gesamte Fahrbahnbreite ermittelt. Der Beobachter ist dabei soweit vor den Berechnungspunkten anzunehmen, dass er unter 1° geneigt auf die Fahrbahn blickt.

ANMERKUNG 1 Für Tunnel im Verlauf von Stadtstraßen bei üblicherweise geringeren Geschwindigkeiten zwischen 30 km/h und 50 km/h und damit einhergehenden kürzeren Haltesichtweiten kann die Berechnung der Fahrbahnleuchtdichten nach dem Konzept des bewegten Beobachters auch unter der Annahme erfolgen, dass der Beobachter unter 3° geneigt auf die Fahrbahn blickt. Für diesen Fall ist die Kenntnis der Reflexionseigenschaft der Fahrbahnoberfläche für den Beobachtungswinkel von 3° erforderlich.

Quer zur Fahrbahnachse muss der Beobachter in der Mitte eines jeden Fahrstreifens in einer Höhe von 1,50 m angenommen werden (siehe Bild 2).

Die Bewertungsfelder werden in deckungsgleiche Teilrechtecke unterteilt, in deren Mittelpunkten die Berechnungspunkte liegen. Der Längsabstand der Berechnungspunkte ist in den Tunnelabschnitten mit konstanten Lichtpunktabständen gleich einem Zehntel des Lichtpunktabstandes, in allen anderen Fällen darf der Längsabstand der Berechnungspunkte 3,00 m nicht überschreiten.

Für Blickrichtungen von 3° unterhalb der Horizontalen sollte der Längsabstand der Berechnungspunkte 1,00 m nicht überschreiten.

ANMERKUNG 2 Es bietet sich an, die Länge der Bewertungszonen so zu wählen, dass sie einem ganzzahligen vielfachen des gewählten Längsabstandes der Berechnungspunkte entsprechen.

Quer zur Längsachse sind je Fahrstreifen mindestens drei Berechnungspunkte zu berücksichtigen, und für jeden Punkt alle Leuchten, für die die reduzierten Leuchtdichtekoeffizienten in den Tabellen der Standardfahrbahnoberflächen vorliegen (siehe auch CIE 144).

Alle getroffenen Annahmen, z. B. Geometrie, Beobachterstandpunkt, Bewertungsfelder, Berechnung/Messung unter 1° bzw. 3°, sind zu dokumentieren.

4.2.2 Berechnung der örtlichen Leuchtdichte auf der Fahrbahn

4.2.2.1 Allgemeines

Die Fahrbahnleuchtdichte L am Punkt k (L_k) setzt sich aus zwei Anteilen zusammen: einem Direktanteil L_{dir} , der, wie oben beschrieben, von den m Leuchten im zu berücksichtigenden Bereich herrührt, und einem Indirektanteil L_{ind} , der durch das an den Wänden, der Decke und dem Boden reflektierte Licht hervorgerufen wird. Es gilt:

$$L_k = L_{\text{dir}} + L_{\text{ind}} \quad (1)$$

Für die Leuchtdichte der Fahrbahn wird der Einfluss der Indirektanteile gering sein.

Für Fuß- und Radwege muss der Einfluss der Indirektanteile berücksichtigt werden (siehe 4.4.4).

4.2.2.2 Direktanteile von den einzelnen Leuchten

Die Leuchte i mit der Lichtpunkthöhe h erzeugt im Punkt k auf der Fahrbahn mit dem Leuchtdichtekoeffizienten q_{ik} die Leuchtdichte L_{ik} (siehe Bild 2):

$$L_{ik} = \frac{I_{ik}(\varphi, \gamma)}{h^2} \cdot q_{ik}(\beta, \gamma) \cos^3 \gamma \quad (2)$$

Mit $q \cdot \cos^3 \gamma = r$ ergibt sich:

$$L_{ik} = \frac{I_{ik}(\varphi, \gamma)}{h^2} \cdot r_{ik}(\beta, \gamma) \quad (3)$$

Die Werte r werden in Standardtabellen (siehe CIE 144) als r_s angegeben, die jeweils für einen standardisierten Wert des mittleren Leuchtdichtekoeffizienten q_{0s} gelten. Der Leuchtdichtekoeffizient q_0 kennzeichnet die Helligkeit der Fahrbahnoberfläche.

Die Leuchtdichten L_{ik} werden für den Wert von q_0 der realen Oberfläche unter Verwendung der r -Werte aus den Standardtabellen nach der Gleichung:

$$L_{ik} = \frac{I_{ik}(\varphi, \gamma) \cdot q_0}{h^2 \cdot q_{0s}} \cdot r_{sik}(\beta, \gamma) \quad (4)$$