

DIN 67524-1

ICS 93.080.40

Ersatz für
DIN 67524-1:2008-07**Beleuchtung von Straßentunneln und Unterführungen –
Teil 1: Allgemeine Gütemerkmale und Richtwerte**Lighting of street tunnels and underpasses –
Part 1: General quality characteristics and guide valuesÉclairage des tunnels routiers et des passages souterrains –
Partie 1: Caractéristiques générales de qualité et valeurs de référence

Gesamtumfang 44 Seiten

DIN-Normenausschuss Lichttechnik (FNL)

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
3.1 Bauliche Begriffe	5
3.2 Lichttechnische Begriffe	7
3.3 Verkehrstechnische und betriebliche Begriffe	8
4 Übersicht der verwendeten Symbole	9
5 Bewertungskriterien für die Beleuchtung	12
5.1 Allgemeines	12
5.2 Unterscheidung langer und kurzer Tunnel	12
5.3 Bauliche und örtliche Kriterien	14
5.4 Hinweise zur baulichen Gestaltung	14
6 Beleuchtung von langen Tunneln bei Tag	15
6.1 Allgemeines	15
6.2 Bestimmung der Leuchtdichte $L_{20,0}$ für die Planung	16
6.2.1 Allgemeines	16
6.2.2 Näherung von $L_{20,0}$ bei unbekannter Zusammensetzung des Bewertungsfeldes	16
6.2.3 Näherung von $L_{20,0}$ bei bekannter Zusammensetzung des Bewertungsfeldes	17
6.2.4 Bestimmung von $L_{20,0}$ aus Messungen	19
6.3 Berechnung der Leuchtdichte der Einsichtstrecke $L_{th,0}$	19
6.4 Anpassungsfaktoren	19
6.5 Bestimmung der Anpassungsfaktoren $K_{V,0}$ und $K_{L,0}$	20
6.6 Beleuchtung der Tunnelstrecken	21
6.6.1 Beleuchtung der Einsichtsstrecke	21
6.6.2 Beleuchtung der Übergangsstrecke	22
6.6.3 Beleuchtung der Tunnelinnenstrecke	22
6.6.4 Beleuchtung der Ausfahrtsstrecke	22
6.6.5 Beleuchtung des Seitenstreifens	23
6.6.6 Beleuchtung von Pannenbuchten	23
6.7 Gütemerkmale der Leuchtdichteverteilung	23
6.8 Blendungsbegrenzung	24
6.9 Flimmerbegrenzung	25
7 Beleuchtung von kurzen Tunneln bei Tag	25
7.1 Allgemeines	25
7.2 Lichtschleusen-Beleuchtung	26
8 Beleuchtung von Einhausungen, Galerien und Trogstrecken bei Tag	27
8.1 Allgemeines	27
8.2 Bauliche Möglichkeiten	27
8.2.1 Offene Tageslicht-Beleuchtungssysteme	27
8.2.2 Geschlossene Tageslicht-Beleuchtungssysteme	28
8.3 Lichttechnische Anforderungen	29
8.3.1 Bestimmung des Tageslichtquotienten	29

8.3.2	Einsichtstrecke.....	30
8.3.3	Übergangsstrecke.....	30
8.3.4	Innenstrecke	30
9	Beleuchtung bei Nacht.....	30
10	Beleuchtung von Geh- und Radwegen im Tunnel.....	30
10.1	Beleuchtungsstärken und Gleichmäßigkeiten	30
10.2	Blendungsbegrenzung.....	31
11	Notbeleuchtung.....	32
11.1	Allgemeines	32
11.2	Beleuchtung für Verkehrsflächen	32
11.2.1	Beleuchtung bei Ausfall der Netzstromversorgung.....	32
11.2.2	Beleuchtung bei allgemeinen Gefahrensituationen	32
11.3	Orientierungsbeleuchtung.....	32
11.4	Beleuchtung der Evakuierungswege außerhalb der Hauptröhre und Querschläge	33
11.5	Kennzeichnung der Flucht- und Rettungswege.....	33
11.5.1	Kennzeichnung der Notgehwege	33
11.5.2	Kennzeichnung der Notausgänge.....	34
11.5.3	Kennzeichnung der Rettungswege.....	34
12	Regelung und Steuerung.....	35
12.1	Allgemeines	35
12.2	Anpassungsfaktoren.....	35
12.3	Berücksichtigung der Verkehrsstärke	36
12.4	Beleuchtungsregelung bzw. -steuerung.....	36
12.4.1	Allgemeines	36
12.4.2	Regelung	37
12.4.3	Steuerung	37
12.5	Notlaufeigenschaften der Beleuchtungsregelung bzw. -steuerung	37
13	Betrieb und Wartung	38
Anhang A (normativ)	Einfluss der Wandreflexionsgrade	39
Anhang B (informativ)	Datenaufzeichnung.....	40
Anhang C (informativ)	Ermittlung der Haltesichtweite	41
Anhang D (informativ)	Ermittlung der Flimmerfrequenz für linienförmige Leuchten.....	42
Literaturhinweise.....		43

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitskreis NA 058-00-11-03 AK „FNL/FGSV 3.11.01.3 Tunnelbeleuchtung“ des Arbeitsausschusses NA 058-00-11 AA „FNL/FGSV 3.02 Außenbeleuchtung“ im DIN-Normenausschuss Lichttechnik (FNL) erarbeitet.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Änderungen

Gegenüber DIN 67524-1:2008-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Erweiterung des Anwendungsbereichs auf Tunnel und Unterführungen für Kraftfahrzeugverkehr, auch in Kombination mit anderen Verkehrsteilnehmern;
- b) vereinfachte Berechnung von der Leuchtdichte L_{20} in der Planungsphase;
- c) Festlegung der Einsichtsstreckenleuchtdichte in Abhängigkeit von der L_{20} -Leuchtdichte;
- d) Streichung der äquivalenten Schleierleuchtdichte als Kriterium für den Adaptationszustand in der Annäherungsphase des Kraftfahrers;
- e) Neugliederung der die Einsichtsstreckenleuchtdichte beeinflussenden baulichen und verkehrlichen Parameter;
- f) Neufassung der Anforderungen an die Notbeleuchtung;
- g) Neufassung Steuerung und Regelung der Tunnelbeleuchtung;
- h) Neufassung Betrieb und Wartung;
- i) Aufnahme eines neuen Abschnitts für Anforderungen für Geh- und Radwege in Tunneln für Kraftfahrzeugverkehr (Abschnitt 10);
- j) redaktionelle Änderungen.

Frühere Ausgaben

DIN 67524: 1972-06

DIN 67524-1: 1987-05, 2008-07

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für die Beleuchtung von Tunneln und Unterführungen für Kraftfahrzeugverkehr, auch in Kombination mit anderen Verkehrsteilnehmern. Weil Tunnel und Unterführungen lichttechnisch gleichartig zu behandeln sind, wird im Folgenden nur von Tunneln gesprochen.

ANMERKUNG Es ist nicht Aufgabe dieser Norm Aussagen darüber zu machen, ob ein Tunnel zu beleuchten ist. Die Notwendigkeit einen Tunnel zu beleuchten, wird im Allgemeinen von der zuständigen Behörde festgestellt.

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 4844-1, *Graphische Symbole — Sicherheitsfarben und Sicherheitszeichen — Teil 1: Erkennungsweiten und farb- und photometrische Anforderungen*

DIN 5034 (alle Teile), *Tageslicht in Innenräumen*

DIN 67524-2, *Beleuchtung von Straßentunneln und Unterführungen — Teil 2: Berechnung und Messung*

DIN EN 16276, *Evakuierungsbeleuchtung in Straßentunneln*

ISO 3864-4, *Graphical symbols — Safety colours and safety signs — Part 4: Colorimetric and photometric properties of safety sign materials*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

— DIN-TERMinologieportal: unter <https://www.din.de/go/din-term>

— DKE-IEV: unter <http://www.dke.de/DKE-IEV>

3.1 Bauliche Begriffe

3.1.1

Tunnel

umschlossener Straßenabschnitt begrenzt durch Tunnelportale

3.1.2

Annäherungsstrecke

Strecke mit der Länge der Haltesichtweite unmittelbar vor der Tunneleinfahrt

3.1.3

Ausfahrtsstrecke

Strecke, die an die Tunnelinnenstrecke anschließt und ab der die Beleuchtungsverhältnisse (der Adaptationszustand) merklich von den Beleuchtungsverhältnissen der Tunnelausfahrt bestimmt werden

3.1.4

Einhausung

bauliche Begrenzungen seitlich und oberhalb des Fahrweges

3.1.5

Einsichtsstrecke

Strecke mit der Länge der Haltesichtweite unmittelbar hinter der Tunneleinfahrt

3.1.6

Fahrbahn im Tunnel

Flächen im Tunnelquerschnitt für fließenden Verkehr

3.1.7

Seitenstreifen

Standstreifen

<Tunnelbeleuchtung> Streifen, der an den äußersten Fahrstreifen niveaugleich angrenzt und nicht für den fließenden Verkehr vorgesehen ist

3.1.8

Sonderfahrstreifen

Fahrstreifen, der zeitweise oder ständig besonderen Fahrzeugen vorbehalten ist

3.1.9

Fluchtweg

<Tunnelbeleuchtung> Weg im Verkehrsraum, der von Personen oder Rettungskräften genutzt werden kann und zum Notausgang führt

3.1.10

Galerie

tunnelartiges Verkehrsbauwerk, das teilweise seitlich offen ist und bei dem aus dieser Richtung Tageslichteinfall möglich ist

3.1.11

Lichtschleuse

Unterbrechung der Tunnelstrecke zum Zweck des Tageslichteinfalls oder dessen Simulation durch Kunstlicht

3.1.12

Notausgang

<Tunnelbeleuchtung> Übergang vom Fluchtweg im Verkehrsraum zum Rettungsweg, der entweder ins Freie direkt bzw. über Querschläge in die andere Tunnelröhre oder zu Rettungsschächten oder Rettungsstollen führt

3.1.13

Notgehweg

<Tunnelbeleuchtung> Gehweg seitlich der Fahrbahn im Tunnel

3.1.14

Querschlag

Verbindung zwischen zwei Tunnelröhren, die mit Fahrzeugen befahren werden kann (befahrbarer Querschlag) oder als Gehweg für Personen vorgesehen ist (begehbarer Querschlag)

3.1.15

Rettungsweg

<Tunnelbeleuchtung> im Notfall für Rettungszwecke vorgesehener Weg, der vom Notausgang direkt oder über sichere Bereiche ins Freie führt

3.1.16**Rettungszeichen**

Sicherheitszeichen, das einen Fluchtweg, den Ort einer Erste-Hilfe-Einrichtung oder ein sicheres Verhalten kennzeichnet

[QUELLE: DIN ISO 3864-1:2012-06, 3.8]

3.1.17**Trogstrecke**

beidseitig durch Stützbauwerke begrenztes, abgesenktes, langgestrecktes Verkehrsbauwerk, das durch Abdeckungen teilweise nach oben geschlossen sein kann

3.1.18**Tunnelinnenstrecke**

Strecke, die an die Übergangsstrecke anschließt, am Beginn der Ausfahrtstrecke endet und den Kernbereich des Tunnels darstellt

3.1.19**Tunnelstrecke**

Strecke, die die Einsichtsstrecke, Übergangsstrecke, Tunnelinnenstrecke und die Ausfahrtsstrecke umfasst

3.1.20**Tunnelportal**

Beginn bzw. Ende des Tunnelbauwerkes

3.1.21**Übergangsstrecke**

Strecke, innerhalb der die Leuchtdichte vom Endniveau der Einsichtsstrecke auf das Leuchtdichteniveau der Tunnelinnenstrecke abgesenkt wird

3.1.22**Unterführung**

Verkehrsweg, der andere Verkehrswege planfrei unterquert

3.1.23**baulich getrennte Verkehrsflächen**

Verkehrsflächen, die durch ein unterschiedliches Höhenniveau oder Sperreinrichtungen voneinander getrennt sind

3.1.24**visuell getrennte Verkehrsflächen**

Verkehrsflächen, von denen wesentliche Teile der jeweils anderen Verkehrsfläche geometrisch nicht einsehbar sind

3.2 Lichttechnische Begriffe**3.2.1****Gütemerkmale der Leuchtdichtevertellung**

lichttechnische Kennziffern, die die Qualität der Beleuchtung kennzeichnen

3.2.2

L_{20} -Leuchtdichte

Leuchtdichte im Bewertungsfeld um die Tunneleinfahrt, das bestimmt wird durch die Grundfläche eines Kegels mit dem Öffnungswinkel 20° , deren Mittelpunkt in 1,0 m Höhe über der Fahrbahnoberfläche und in der Mitte aller Fahrstreifen der in den Tunnel führenden Fahrtrichtung liegt und dessen Kegelspitze sich in der Haltesichtweite von der Tunneleinfahrt in 1,5 m Höhe über der Fahrbahnoberfläche und in der Mitte aller Fahrstreifen der in den Tunnel führenden Fahrtrichtung befindet

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn das Portal aus der Haltesichtweite messtechnisch nicht erfasst werden kann, darf die Leuchtdichte L_{20} ersatzweise aus einer anderen Entfernung bestimmt werden. Der Öffnungswinkel ist dann so zu wählen, dass die gleiche Bewertungsfläche erfasst wird. Siehe dazu DIN 67524-2.

3.2.3

Quergleichmäßigkeit

U_q

Verhältnis der minimalen Leuchtdichte zur mittleren Leuchtdichte in den Fahrbahnquerschnitten

3.2.4

Längsgleichmäßigkeit

U_l

Verhältnis der minimalen Fahrbahnleuchtdichten zur maximalen Fahrbahnleuchtdichte in der Mitte eines Fahrstreifens in einem Bewertungsfeld in der Tunnelinnenstrecke

3.2.5

Gesamtgleichmäßigkeit

U_0

Verhältnis der minimalen Fahrbahnleuchtdichten zur mittleren Fahrbahnleuchtdichte in einem Bewertungsfeld in der Tunnelinnenstrecke

3.2.6

Schwellenwerterhöhung TI (eines Objektes auf der Straßenoberfläche)

f_{TI}

prozentuale Erhöhung des Kontrasts eines Objekts, die notwendig ist, damit es in Gegenwart der von den Leuchten der Straßenbeleuchtungsanlage generierten physiologischen Blendung an der Schwelle der Sichtbarkeit bleibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die Schwellenwerterhöhung wird manchmal die Abkürzung TI (en: threshold increment) verwendet.

Anmerkung 2 zum Begriff: TI ist ein Maß für den Effekt der physiologischen Blendung, das als äquivalente Schleierleuchtdichte, die durch die Lichtstreuung im menschlichen Auge verursacht wird, beschrieben wird. TI-Werte werden nach DIN EN 13201-3 anhand einer Gleichung für die äquivalente Schleierleuchtdichte, die eine junge Person repräsentiert, berechnet. Bei der Festlegung von Anforderungen an die Einschränkungen der TI oder bei der Auswertung von berechneten TI-Werten sollte berücksichtigt werden, dass die Streuung im menschlichen Auge mit zunehmendem Alter der Person tendenziell zunimmt. Die Zunahme ist individuell und kann bei einigen gering sein, bei anderen einen Faktor von Zwei aufweisen und kann bei Personen, die an unbehandeltem grauen Star leiden, hoch sein.

[QUELLE: DIN EN 12665:2018-08, 3.2.57]

3.3 Verkehrstechnische und betriebliche Begriffe

3.3.1

Haltesichtweite

HSW

Strecke, die der Kraftfahrer benötigt, um sein Fahrzeug vor einem unerwarteten Hindernis auf der Fahrbahn zum Halten bringen zu können

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Anhang C für ein Beispiel.

3.3.2**Regelung**

Vorgang, bei dem fortlaufend eine Größe, die Regelgröße, erfasst (gemessen), mit einer anderen variablen Größe, der Führungsgröße, verglichen und im Sinne einer Angleichung an die Führungsgröße beeinflusst wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Kennzeichen für das Regeln ist der geschlossene Wirkungsablauf, bei dem die Regelgröße im Wirkungsweg des Regelkreises fortlaufend sich selbst beeinflusst.

[QUELLE: DIN IEC 60050-351:2014-09, 351-47-01]

4 Übersicht der verwendeten Symbole

a	übertragbare Bremsverzögerung in m/s^2
A_f	Fläche der Fahrbahnebene in der Einhausung
A_{PA}	sichtbaren Fläche des Ausfahrtsportals
A_t	Fläche der Tageslichtöffnungen
A_y	Beobachteralter
B	Blendungskenngröße
b_{PA}	Ausfahrtsportal-Breite
D	Tageslichtquotient
$E_{Bl,i}$	Blendbeleuchtungsstärke am Ort des Kraftfahrerauges, das sich 1,5 m über der Fahrbahn in Fahrspur befindet, erzeugt von der i -ten Blendquelle in lx
E_g	Globalbeleuchtungsstärke
E_h	horizontale Beleuchtungsstärke auf der Bodenfläche
$E_{h,S}$	mittlere horizontale Beleuchtungsstärke auf der Bodenfläche bei Nacht
f	Flimmerfrequenz
f_{TI}	Schwellenwerterhöhung
g	Erdbeschleunigung ($g = 9,81 \text{ m/s}^2 = \text{konst}$)
h_{PA}	Ausfahrtsportal-Höhe
HSW	Haltesichtweite
k_1	Lichtverminderungsfaktor durch Versprossung
k_2	Lichtverminderungsfaktor durch Verschmutzung und Neigung der Verglasungsflächen
k_3	Lichtverminderungsfaktor durch Schacht- oder Rasterausbildung
$K_{VS,ist}$	Anpassungsfaktor für die aktuelle Verkehrsstärke
$K_{L,0}$	Anpassungsfaktor für das Leuchtdichteverhältnis Einsichtstrecke/ L_{20} (Planung)
$K_{L,ist}$	Anpassungsfaktor für das Leuchtdichteverhältnis Einsichtstrecke/ $L_{20,ist}$ für die Steuer- bzw. Regelung
$K_{V,0}$	Anpassungsfaktor für die verkehrlichen Bedingungen für die Planung
$K_{V,1}$	Anpassungsfaktor für die Schwierigkeit der Fahraufgabe

$K_{V,2}$	Anpassungsfaktor für die Hinderniserkennung
$K_{V,3}$	Anpassungsfaktor für die Sehbedingungen
$K_{V,4}$	Anpassungsfaktor für die dynamische Gleichmäßigkeit
$K_{V,i}$	Anpassungsfaktor zur Klassifizierung von Tunneln
$K_{V,innen,0}$	Anpassungsfaktor für die Innenstrecke für die Planung
$K_{V,innen,ist}$	Anpassungsfaktor für die Innenstrecke für die Steuer- bzw. Regelung
$K_{V,ist}$	Anpassungsfaktor für die verkehrlichen Bedingungen für die Steuer- bzw. Regelung
L_{20}	Leuchtdichte im 20°-Bewertungsfeld, allgemein
$L_{20,0}$	Leuchtdichte im 20°-Bewertungsfeld für die Planung
$L_{20,ist}$	aktuelle Leuchtdichte im 20°-Bewertungsfeld für die Steuer- bzw. Regelung
L_C	Leuchtdichte des Himmels
L_E	Leuchtdichte der Umgebung
L_F	Neuwert der Fahrbahnleuchtdichte (wenn nicht anders angegeben unter 1° Beobachtungswinkel)
L_f	Fahrbahnleuchtdichte, berechnet aus Globalbeleuchtungsstärke, Tageslichtquotient und mittlerem Leuchtdichtekoeffizienten der Fahrbahn
$L_{F,Schatten}$	Leuchtdichte der Fahrbahn im Schatten
$L_{F,Sonne}$	Leuchtdichte der Fahrbahn in der Sonne
$L_{in, ist}$	vorhandene Fahrbahnleuchtdichte in der Tunnelinnenstrecke
$L_{in,0}$	Fahrbahnleuchtdichte in der Tunnelinnenstrecke (Planung)
$L_{in,1,0}$	Mindestwerte der mittleren Fahrbahnleuchtdichte für die Tunnelinnenstrecke am Tag (Planung)
LKT	Grenzlänge für Kurztunnel
L_{min}	minimalen Leuchtdichte eines Bewertungsfeldes
L_{mittel}	mittlere Leuchtdichte eines Fahrbahnquerschnittes
L_P	Leuchtdichte der Tunnelinnenflächen
L_R	Fahrbahnleuchtdichte
L_r	Fahrbahnleuchtdichte an einem Punkt im Verlauf der Adaptation in der Einsicht- oder Übergangsstrecke (s. Bild 1)
$L_{säq}$	der Neuwert der äquivalenten Schleierleuchtdichte, die am Auge des Kraftfahrers erzeugt wird
$L_{säq,i}$	äquivalenten Schleierleuchtdichte, die am Auge des Kraftfahrers von der i -ten Tunnelleuchte erzeugt wird
$L_{th,0}$	Fahrbahnleuchtdichte der Einsichtstrecke für die Planung
$L_{th,ist}$	erforderliche Fahrbahnleuchtdichte der Einsichtstrecke

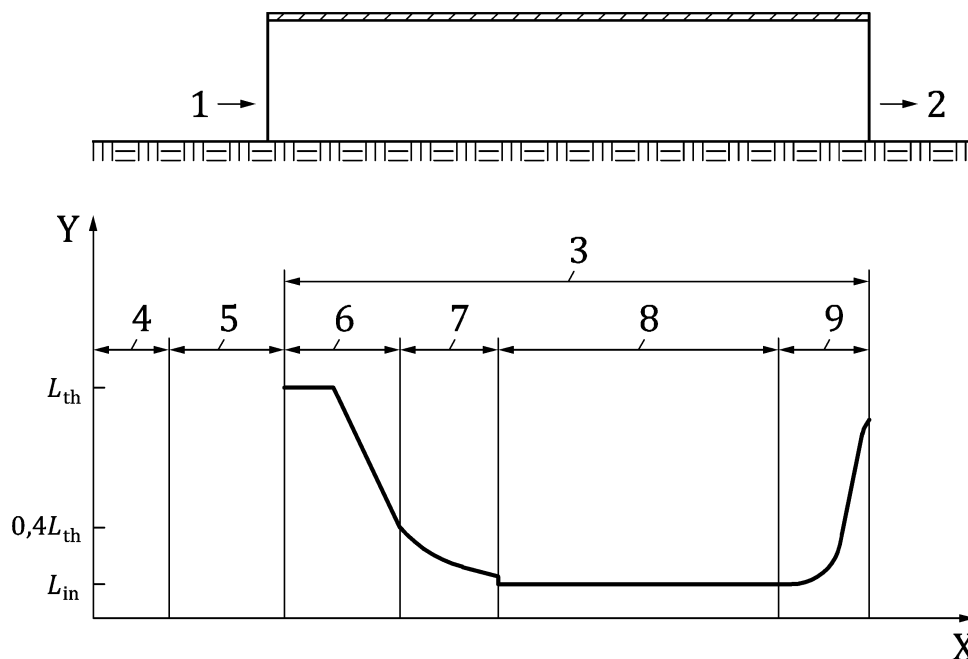
$L_{\text{th,soll}}$	Soll-Wert der Fahrbahnleuchtdichte der Einsichtstrecke
L_{tr}	Leuchtdichte der Übergangsstrecke, allgemein
$L_{\text{tr},0}$	Leuchtdichte der Übergangsstrecke für die Planung
N, O, S, W	Bezeichnungen der Himmelsrichtungen Norden, Osten, Süden, Westen
q_0	mittlerer Leuchtdichtekoeffizient der Fahrbahnoberfläche
R	Radius
s	Distanz vom Beginn der Übergangsstrecke
S_1	Weg während der Reaktions- und Auswirkdauer
S_2	Bremsweg in m
s_L	Leuchtenabstand
s_N	Längsneigung der Fahrbahn in %
t_R	Reaktions- und Auswirkdauer in s
t_v	Mindestverweildauer bei Steuerung bzw. Regelung der Beleuchtung
U_0	Gesamtgleichmäßigkeit
U_l	Längsgleichmäßigkeit
U_p	Verhältnis der mittleren Leuchtdichte eines Fahrbahnquerschnittes L_{mittel} zu L_r
U_q	Verhältnis der minimalen Leuchtdichte L_{min} zur mittleren Leuchtdichte L_{mittel} in allen Fahrbahnquerschnitten
v	Geschwindigkeit
v_{max}	Geschwindigkeit, maximal
ρ	Anteil der Straße außerhalb des Tunnels im 20°-Bewertungsfeld;
ρ_{dif}	diffuser Reflexionsgrad einer Fläche
γ	Anteil des Himmels im 20°-Bewertungsfeld
ε	Anteil der Umgebung im 20°- Bewertungsfeld
η_T	Tunnelwirkungsgrad
θ_i	Winkel (Blendwinkel) zwischen der Blickrichtung und der Verbindungslinie zwischen dem Auge und der i -ten Blendquelle in Grad
τ	Anteil der Tunnelinnenflächen im 20°-Bewertungsfeld
τ_v	Lichttransmissionsgrad der Verglasung

5 Bewertungskriterien für die Beleuchtung

5.1 Allgemeines

Die Sehbedingungen und die Schwierigkeit der Fahraufgabe bei der Annäherung an, der Einfahrt in und der Durchfahrt durch den Tunnel werden hauptsächlich von den Verkehrsbedingungen, d. h. von der Geschwindigkeit, der Verkehrsstärke und Verkehrszusammensetzung sowie von den örtlichen Gegebenheiten, d. h. von der Gestaltung der unmittelbaren Umgebung der Tunneleinfahrt, der Straßenführung und der Verkehrsführung, beeinflusst [1].

Der Tunnel ist in verschiedene Tunnelstrecken gegliedert, die sich durch ihre lichttechnischen Anforderungen voneinander unterscheiden, siehe Bild 1.



Legende

X	Strecke	4	Freie Strecke
Y	Leuchtdichte	5	Annäherungsstrecke
L_{in}	Fahrbahnleuchtdichte in der Tunnelinnenstrecke	6	Einsichtsstrecke
L_{th}	Fahrbahnleuchtdichte der Einsichtsstrecke	7	Übergangsstrecke
1	Tunnelportal (Einfahrt)	8	Tunnelinnenstrecke
2	Tunnelportal (Ausfahrt)	9	Ausfahrtsstrecke
3	Tunnelstrecke		

Bild 1 — Tunnelstrecke

5.2 Unterscheidung langer und kurzer Tunnel

An die Beleuchtung langer Tunnel (siehe Abschnitt 6) sind andere Anforderungen zu stellen als an die Beleuchtung kurzer Tunnel (siehe Abschnitt 7).

Als Kurztunnel im lichttechnischen Sinne gelten Tunnel und Unterführungen unabhängig von ihrer geometrischen Länge nur dann, wenn zwei Bedingungen erfüllt sind:

- 1) Der Durchblick durch den Tunnel aus der Haltesichtweite des Kraftfahrers vor dem Einfahrtsportal muss gegeben sein. Dabei muss das am Tag hell erscheinende Ausfahrtsportal nahezu vollständig sichtbar sein.
- 2) Das Sehfeld, unter dem das Ausfahrtsportal dem Kraftfahrer aus der Haltesichtweite vor dem Einfahrtsportal erscheint, sollte flächenmäßig mindestens die Fovea centralis (Bereich des schärfsten Sehens) abdecken, deren Feldwinkel eine Ausdehnung von etwa 2° aufweist. Hiermit wird sichergestellt, dass die Helladaptation des Kraftfahrers beim Befahren des Tunnels weitgehend erhalten bleibt (siehe EN 13201-2).

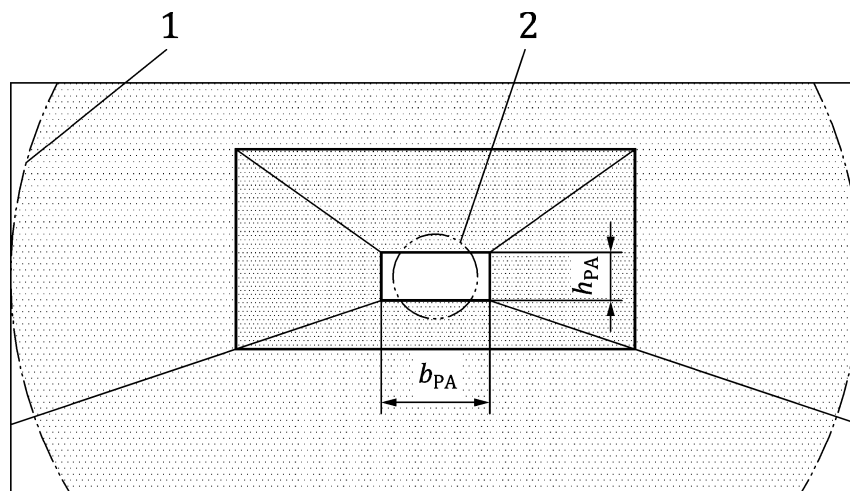
Unter einfachen Gegebenheiten (keine horizontale und/oder vertikale Krümmung des Fahrbahnverlaufes sowie vollständige Sichtbarkeit des Ausfahrtsportals) kann die Grenzlänge für Kurztunnel (LKT), bei denen das Verhältnis der Ausfahrtsportal-Breite (b_{PA}) zur Ausfahrtsportal-Höhe (h_{PA}) auf den Wert $b_{PA}/h_{PA} = 2$ begrenzt ist, mit folgender Näherung [siehe Gleichung (1) und Bild 2] aus der sichtbaren Fläche des Ausfahrtsportals (A_{PA}) und der Haltesichtweite (HSW) ermittelt werden:

$$LKT \leq \left(\left(\frac{A_{PA}}{\pi} \right)^{0,5} / \tan(1^\circ) \right) - HSW \quad (1)$$

Bei breiteren Ausfahrtsportalen $b_{PA}/h_{PA} > 2$ kann die Grenzlänge für Kurztunnel (LKT) mit folgender Näherung [siehe Gleichung (2) und Bild 3] aus der Höhe des Ausfahrtsportals (h_{PA}) und der Haltesichtweite (HSW) ermittelt werden:

$$LKT \leq (0,8 \cdot h_{PA} / \tan(1^\circ)) - HSW \quad (2)$$

Die Beleuchtung kurzer Tunnel erfolgt nach Abschnitt 7.

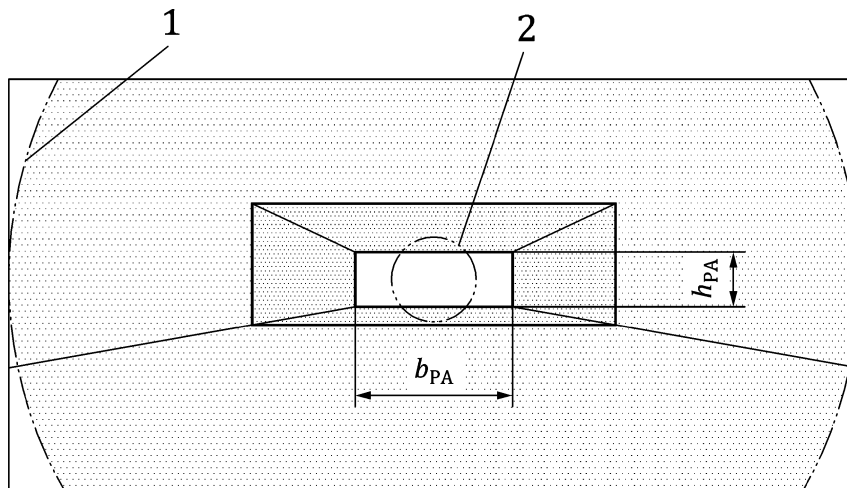


Legende

- 1 20° -Sehfeld
- 2 2° -Sehfeld

h_{PA} Ausfahrtsportal-Höhe
 b_{PA} Ausfahrtsportal-Breite

Bild 2 — Grenzfall für Kurztunnel nach Gleichung (1) bei Haltesichtweite 60 m, Breite/Höhe/Länge des Tunnels: 10 m/5 m/169 m



Legende

- | | | | |
|---|-------------|----------|------------------------|
| 1 | 20°-Sehfeld | h_{PA} | Ausfahrtsportal-Höhe |
| 2 | 2°-Sehfeld | b_{PA} | Ausfahrtsportal-Breite |

Bild 3 — Grenzfall für Kurztunnel nach Gleichung (2) bei Haltesichtweite 100 m, Breite/Höhe/Länge des Tunnels: 15 m/5 m/129 m

5.3 Bauliche und örtliche Kriterien

Der Verkehrsteilnehmer erfährt bei Annäherung an und Durchfahrt durch den Tunnel eine veränderte räumliche Wahrnehmung, da die üblichen, vertrauten Orientierungsmöglichkeiten nicht vorhanden sind. Die Durchfahrt kann angesichts fester Tunnelwände und fester Tunneldecke subjektiv als bedrohlich empfunden werden, letztlich können die Verkehrsteilnehmer durch Klaustrophobie in ihrer Leistungsfähigkeit deutlich eingeschränkt werden. Die Sehbedingungen im Tunnel werden daher wesentlich durch das Verhältnis der Leuchtdichte der Tunnelwand zur Leuchtdichte der Fahrbahnoberfläche beeinflusst.

Für einen vor dem Tunnel befindlichen Kraftfahrer überlagert sich der Leuchtdichte in der Einsichtsstrecke des Tunnels ein Leuchtdichteschleier, der von Streulicht im Auge, Dunst vor der Tunneleinfahrt und Streulicht von der Windschutzscheibe herrührt. Das Streulicht im Auge und die daraus folgende äquivalente Schleierleuchtdichte werden von hohen Leuchtdichten im Gesichtsfeld des Kraftfahrers (siehe Bild 4) hervorgerufen.

5.4 Hinweise zur baulichen Gestaltung

Die Leuchtdichte L_{20} hat einen wesentlichen Einfluss auf das Adaptationsniveau des Kraftfahrers und wird daher zur Auslegung und Regelung der Beleuchtungsanlage herangezogen. Durch geeignete bauliche Maßnahmen sollte diese Leuchtdichte möglichst gering gehalten werden. Dadurch können Aufwand und Ressourceneinsatz für die Beleuchtungsanlage sowohl bei der Herstellung als auch beim Betrieb erheblich reduziert werden.

Zur Reduzierung der L_{20} -Leuchtdichte sollten

- das Tunnelportal und dessen Umgebung möglichst dunkel gestaltet sein,
- der sichtbare Himmelsanteil so gering wie möglich gehalten werden, und
- die Fahrbahnoberfläche in der Annäherungsstrecke eher dunkel gewählt werden ($q_0 < 0,07 \text{ (cd/m}^2\text{)/lx}$).

Zur Verbesserung der optischen Führung sollten

- die Wandfläche hell gestaltet werden, und
- die Fahrbahnoberfläche im Tunnel hell sein ($q_0 > 0,09 \text{ (cd/m}^2\text{)/lx}$).