

13 201

Planungshilfe

**Licht für Europas Straßen
Beleuchtung von Straßen, Wegen
und Plätzen nach DIN EN 13 201**



Impressum

1. Auflage April 2005
© TRILUX GmbH & Co. KG
Heidestraße · D-59759 Arnsberg

Fachliche Bearbeitung:
Dipl.-Ing. Ha.-Jo. Richter
und TRILUX-Redaktionsteam

Alle Rechte vorbehalten
Printed in Germany

Alle technischen Daten sind sorgfältig erstellt.
Irrtum vorbehalten.
Farbabweichungen sind drucktechnisch bedingt.

DIN-Normen sind beim Beuth-Verlag GmbH,
Burggrafenstraße 6, D-10787 Berlin, erhältlich.

13 201

Planungshilfe

Licht für Europas Straßen Beleuchtung von Straßen, Wegen und Plätzen nach DIN EN 13 201

Inhalt

	Vorwort	2
1	Beleuchtung von Straßen, Wegen und Plätzen nach DIN EN 13 201	3
2	Straßenbeleuchtung	4
	Lichttechnische Anforderungen	4
	Beleuchtungssituationen	8
	Beleuchtungsklassen	10
	Anlagenwerte	18
3	Planung der Straßenbeleuchtung	20
4	Fußgänger- und Radfahrbereiche	29
	Fußgängerbereiche	30
	Radfahrwege	33
5	Literatur	37
6	Stichwortverzeichnis	39

Vorwort

Die wichtigste Aufgabe der Straßenbeleuchtung besteht darin, die Verkehrsteilnehmer – Fußgänger, Radfahrer und Kraftfahrer – in den Dunkelstunden vor Schäden an Leib, Leben und Gesundheit zu schützen. Zwischen der Qualität der Straßenbeleuchtung und der Verkehrssicherheit besteht ein wissenschaftlich erwiesener Zusammenhang. Durch gute Straßenbeleuchtung werden Personen, Hindernisse und Gefahrenquellen auf oder an der Fahrbahn rechtzeitig erkannt und der Verkehrsteilnehmer kann entsprechend reagieren. Gute Straßenbeleuchtung ist ein wirksames Mittel zur Reduzierung der Zahl und Schwere der Unfälle bei Dunkelheit und somit ein wesentlicher Beitrag zur Erfüllung der Verkehrssicherungspflicht.

Die Gütemerkmale für die Straßenbeleuchtung sind in der europäischen Norm DIN EN 13 201 „Straßenbeleuchtung“ festgelegt. Mit dieser Norm wird der Grundsatz verfolgt, dass die Qualität der Straßenbeleuchtung umso höher sein muss, je höher das Sicherheitsrisiko für die Verkehrsteilnehmer ist. Das wiederum wird wesentlich durch die Begegnung von Verkehrsteilnehmern unterschiedlicher Geschwindigkeit (zum Beispiel Fußgänger, Radfahrer, Kraftfahrzeuge) und die Kollisionsgefahr bestimmt. Die Verkehrsstärke bei Nacht – in Bezug auf die Höhe und deren Häufigkeit – und die Gefährlichkeit von Störungen, die sich aus der Begegnung von Fußgängerverkehr und ruhendem Verkehr (Parken am Fahrbahnrand) mit dem Kraftfahrer ergeben, sind weitere Kriterien, die die Gütemerkmale der Beleuchtung bestimmen.



In Europa gelten weitgehend einheitliche Verkehrsregeln, seit November 2003 auch einheitliche Mindestanforderungen an die Straßenbeleuchtung. Dennoch besteht die Freiheit für die Menschen in den europäischen Regionen ihre Straßenbeleuchtung nach eigenen Werte- und Designvorstellungen zu gestalten.

Der einheitliche Beleuchtungsstandard EN 13201 für die Straßenbeleuchtung gilt in 28 europäischen Staaten: Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Ungarn, Tschechische Republik, Zypern. Die Bearbeitung erfolgte im Technischen Komitee (TC) CEN TC 169 (CEN – Comité Européen de Normalisation).

Die Normenreihe EN 13201 „Straßenbeleuchtung“ besteht aus vier Teilen:
 – Teil 1: Auswahl der Beleuchtungsklassen
 Dieser Teil ist als CEN-Report CEN/TR 13201-1 in englischer Sprache veröffentlicht und ist kein Standard im Sinne des allgemein anerkannten Standes der

Technik. Zuvor jedoch ist dieser Teil in Deutschland und Österreich als nationaler Normentwurf erschienen. In Deutschland wird CEN/TR 13201-1 als DIN 13201-1 veröffentlicht werden und damit als allgemein anerkannter Stand der Technik verbindlich gemacht.

Der Teil 1 ist unabdingbare Voraussetzung für die Bestimmung der Güteermale der Beleuchtung: Nur aufgrund der verkehrlichen und sonstigen Eigenschaften der Straße – die im Teil 1 der Normenreihe DIN EN 13201 aus lichttechnischer Sicht definiert sind – können die Beleuchtungssituation und daraufhin die Beleuchtungsklasse bestimmt werden. Diese ist erforderlich, um die Güteermale der Straßenbeleuchtung zahlenmäßig zu bestimmen.

- Teil 2: Güteermale
- Teil 3: Berechnung der Güteermale
- Teil 4: Methoden zur Messung der Güteermale von Straßenbeleuchtungsanlagen

EN 13201-2 bis EN 13201-4 sind in vielen CEN-Staaten in nationale Normen umgesetzt worden.

Lichttechnische Anforderungen



Die lichttechnischen Anforderungen an die Beleuchtung werden durch Gütemerkmale beschrieben. Die wichtigsten sind

- Leuchtdichte bzw. Beleuchtungsstärke und deren Gleichmäßigkeit,
- Blendungsbegrenzung,
- Farbwiedergabe.

Die Gütemerkmale der Beleuchtung gelten für die Dunkelheit. Die Mindestwerte einzelner Gütemerkmale können sich während der Nacht und der Jahreszeiten ändern, zum Beispiel aufgrund der veränderten Verkehrsdichte und der Umgebungshelligkeit.

Zusätzlich zu diesen Gütemerkmalen sind noch weitere Merkmale der Beleuchtungsanlage entscheidend für die Abwicklung eines reibungslosen Verkehrs. Dazu gehört insbesondere die visuelle Führung. Zum Beispiel markieren Leuchten mit höherem Lampenlichtstrom und auch mit anderer Lichtfarbe Kreuzungen und machen auf diese bereits aus größerer Entfernung aufmerksam. Auch kann es notwendig sein, zusätzliche Leuchten zur Verbesserung der optischen Linienführung der Straße einzusetzen, um zum Beispiel eine kurvenreiche Strecke rechtzeitig erkennbar zu machen.

Leuchtdichte

Die Leuchtdichte auf der Fahrbahnoberfläche ist die maßgebende lichttechnische Größe für den Helligkeitseindruck und für die Sehleistung. Sie nimmt direkt Einfluss auf die Anzahl der Unfälle in den Dunkelstunden. Eine Erhöhung der Leuchtdichte z. B. von 1 cd/m^2 auf 2 cd/m^2 verringert die Anzahl der Unfälle in der Dunkelheit um etwa ein Drittel.

Voraussetzungen für die Bewertung der Leuchtdichte auf der Fahrbahn sind

- ein gerades und ebenes Fahrbahnstück mit gleichem Reflexionsverhalten,
- ein repräsentativer Leuchtenabstand mit zwei Leuchten, deren erste Leuchte sich 60 m vor dem Beobachter befindet, und
- ein Beobachterstandort in 1,5 m über der Fahrbahn auf der Mittellinie des betreffenden Fahrstreifens (siehe auch Bild 3-3).

Gleichmäßigkeit der Leuchtdichte

Wichtig für das Wahrnehmen von Fahrzeugen, Personen und Gegenständen auf der Fahrbahn ist die örtliche Gleichmäßigkeit der Leuchtdichte. Während sich das Auge in einem gewissen Umfang an veränderte mittlere Leuchtdichten anpassen kann, entstehen aus der Sicht des Kraftfahrers als Folge ungenügender Leuchtdichtegleichmäßigkeit Tarnzonen, die jedoch nicht als solche wahrgenommen werden. Diese bilden Gefahrenquellen für Kraftfahrer und Fußgänger. Tarnzonen entstehen durch ungenügend beleuchtete Bereiche der Fahrbahn, vor deren Hintergrund Personen und Hindernisse aufgrund zu geringer Kontraste nicht wahrgenommen werden können. Tarnzonen ent-

stehen auch durch Abschalten einzelner Lichtpunkte. Solche Abschaltungen, etwa aus Gründen der Kosteneinsparung, verletzen die Verkehrssicherungspflicht des für die Verkehrswege verantwortlichen Verkehrslasträgers: Durch solche Abschaltungen wird das Verkehrsrisiko deswegen erhöht, weil der Kraftfahrer im sicheren Vertrauen auf seine Sehleistung auf beleuchteten Straßen in diese Tarnzonen fährt und die Hindernisse nicht rechtzeitig erkennt. Für die vor dem Kraftfahrer liegende Fahrspur gelten daher besondere Anforderungen an die gleichmäßige Verteilung der Leuchtdichte:

Die **Längsgleichmäßigkeit** U_l bezieht sich auf die Mitte des Fahrstreifens, auf die sich die Aufmerksamkeit des Kraftfahrers im wesentlichen konzentriert. Sie wird durch das Verhältnis der minimalen Leuchtdichte $L_{l,min}$ zur maximalen Leuchtdichte $L_{l,max}$ auf dieser Linie beschrieben: $U_l = L_{l,min}/L_{l,max}$.

Die **Gesamtgleichmäßigkeit** $U_0 = L_{min}/\bar{L}$ gilt für die gesamte Bewertungsfläche. Eine unzureichende Gesamtgleichmäßigkeit kennzeichnet Tarnzonen – vornehmlich am Fahrbahnrand. Dadurch wird das rechtzeitige Erkennen z. B. von Fußgängern, die spontan auf die Fahrbahn treten, erschwert oder gar unmöglich gemacht.

Beleuchtungsstärke

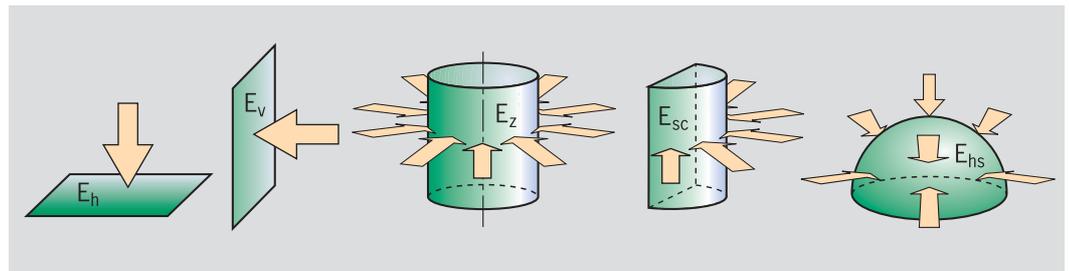
In vielen Fällen können die Voraussetzungen für eine Leuchtdichtebewertung nicht erfüllt werden, zum Beispiel bei Einkaufsstraßen, komplexen Straßenkreuzungen, Kreisverkehrsplätzen und Stauräumen. In diesen Fällen erfolgt die Bewertung des Beleuchtungsniveaus mit der Beleuchtungsstärke und ihrer Gleichmäßigkeit.

- halbzyklindrische (semi-cylindrical) Beleuchtungsstärke E_{sc} (definiert als der Lichtstrom, bezogen auf die gekrümmte Fläche eines senkrecht stehenden Halbzylinders) und
- halbsphärische Beleuchtungsstärke E_{hs} (definiert als der Lichtstrom, bezogen auf die gekrümmte Fläche einer Halbkugel, die auf der zu bewertenden Fläche liegt).

Dabei werden folgende Arten der Beleuchtungsstärke unterschieden (Bild 2-1):

- horizontale Beleuchtungsstärke E_h (definiert als der Lichtstrom, bezogen auf die ebene, horizontale Fläche)
- vertikale Beleuchtungsstärke E_v (definiert als der Lichtstrom, bezogen auf die ebene, vertikale Fläche)
- zylindrische Beleuchtungsstärke E_z (definiert als der Lichtstrom, bezogen auf die gesamte, gekrümmte Fläche eines senkrecht stehenden Zylinders)

Die horizontale, vertikale und halbzyklindrische Beleuchtungsstärke sind richtungsabhängige Größen. Bei der zylindrischen und der halbsphärischen Beleuchtungsstärke ist diese Bezugsrichtung aufgehoben. Daher beschreiben diese Größen die Beleuchtung in ihrer räumlichen Wirkung.



2-1 Arten der Beleuchtungsstärke

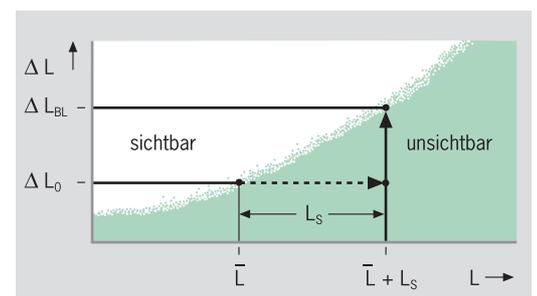
Blendungsbegrenzung

Die Verkehrssicherheit kann durch Blendung erheblich beeinträchtigt werden. Je nach Grad der Blendung können Unbehagen, Unsicherheit und Ermüdung (psychologische Blendung), aber auch merkbare Herabsetzung der Sehleistung (physiologische Blendung) auftreten. Blendung muss also begrenzt werden.

obwohl die mittlere Fahrbahnleuchtdichte \bar{L} unverändert bleibt. Das Sehobjekt mit dem Leuchtdichteunterschied ΔL_0 gegenüber seiner Umgebung wird unsichtbar. Der notwendige Leuchtdichteunterschied muss bei Blendung auf ΔL_{BL} erhöht werden, um dieses Objekt wieder wahrnehmen zu können. Die Erhöhung um $\Delta L_{BL} - \Delta L_0$ kann bei gegebener mittlerer Fahrbahnleuchtdichte \bar{L} als Maß für die Blendwirkung herangezogen werden.

Die Bewertung der physiologischen Blendung erfolgt durch die prozentuale Schwellenerhöhung (TI – Threshold increment). Diesem Verfahren liegen folgende Erkenntnisse zugrunde (Bild 2-2):

Bei einer blendfreien Straßenbeleuchtung adaptiert das Auge auf die mittlere Fahrbahnleuchtdichte \bar{L} . Ein Sehobjekt auf der Fahrbahn ist gerade sichtbar, wenn es gegenüber seiner Umgebung einen Leuchtdichteunterschied (Schwellenwert) von ΔL_0 aufweist.



Befinden sich dagegen Blendlichtquellen im Gesichtsfeld, erzeugen diese im Augeninneren ein Streulicht, dass sich wie ein „Schleier“ auf die Netzhaut legt. Diese zusätzliche „Schleierleuchtdichte“ L_s bewirkt, dass das Auge auf ein höheres Niveau $\bar{L} + L_s$ adaptiert,

2-2 Zur Erläuterung des TI-Verfahrens

Blendungsbegrenzung (Fortsetzung)

Die prozentuale Schwellenwerterhöhung TI (Threshold Increment) von ΔL_0 auf ΔL_{BL} ist als Maß für die physiologische Blendung eingeführt und berechnet sich nach der Formel:

$$TI = \frac{\Delta L_{BL} - \Delta L_0}{\Delta L_0} \cdot 100$$

In DIN EN 13201-3 ist eine Berechnungsformel für TI angegeben, die von der mittleren Neuwert-Fahrbahnleuchtdichte \bar{L} und der Schleierleuchtdichte L_S ausgeht.

$$TI = \frac{65 \cdot L_S}{\bar{L}^{0,8}} \text{ in \%}$$

Das TI-Verfahren berücksichtigt die allgemein bekannte Tatsache, dass bei höherer Fahrbahnleuchtdichte auch höhere Lichtstärken von Blendlichtquellen und damit auch höhere Schleierleuchtdichten zugelassen werden können, ohne die Güte der Blendungsbegrenzung unzulässig zu beeinträchtigen.

Hohe TI-Werte bedeuten eine größere Schwellenwerterhöhung und sind damit ein Hinweis auf eine mögliche Blendgefahr. Für stark befahrene Straßen wird eine Schwellenwerterhöhung TI bis 10 % und für weniger stark befahrene Straßen TI von 15 % bis 20 % als akzeptabel angesehen.

In den Fällen, in denen das TI-Verfahren nicht angewendet werden kann, zum Beispiel weil die Beobachtungsbedingungen von denen eines Kraftfahrers auf der Straße abweichen, sieht DIN EN 13201-2 die **Lichtstärkeklassen** G1 bis G6 zur Beurteilung der physiologischen Blendung vor. Diese Beurteilung gilt auch zur Vermeidung störender Lichtimmissionen in Richtungen, in denen Licht weder erforderlich noch erwünscht ist. Dies gilt insbesondere hinsichtlich der störenden Wirkungen der Straßenbeleuchtung im freien Gelände, in ländlichen und vorstädtischen Bereichen und in Wohngebieten. Die Lichtstärkeklassen gelten auch für Lichtimmissionen oberhalb der Horizontalen, die in der Atmosphäre gestreut werden und die Sicht der Sterne und astronomische Beobachtungen behindern können.

Die Klassen G1 bis G3 entsprechen „teilabgeschirmten“ bis „abgeschirmten“ Leuchten. Die Klassen G4 bis G6 entsprechen stärker abgeschirmten Leuchten. DIN EN 13201-2 legt keine Mindestanforderung in Bezug auf die Einhaltung einer bestimmten Lichtstärkeklasse fest. Die Lichtstärkeklassen bestimmen ganz wesentlich die visuelle Qualität der Beleuchtung. Sie sind vom Planer in Abstimmung mit dem Betreiber der Anlage zu vereinbaren.

Lichtstärkeklasse	Maximale Lichtstärke in cd/klm (siehe Anmerkung)			Lichtstärke I im oberen Halbraum oberhalb des Ausstrahlungswinkels γ
	bis 70°	bis 80°	bis 90°	
G1		200	50	–
G2		150	30	–
G3		100	20	–
G4	500	100	10	$I = 0 \text{ cd ab } \gamma = 95^\circ$
G5	350	100	10	$I = 0 \text{ cd ab } \gamma = 95^\circ$
G6	350	100	0	$I = 0 \text{ cd ab } \gamma = 90^\circ$

Anmerkung: Die Ausstrahlungswinkel beziehen sich auf die sich bei gebrauchsfähig installierter Leuchte ergebende senkrechte Bezugslinie und gelten für alle Richtungen um die Leuchte.

2-3 Lichtstärkeklassen nach DIN EN 13201-2

Um auch die psychologische Blendung zu bewerten, enthält DIN EN 13201-2 eine Bewertungsmethode mit **Blendindexklassen** D0 bis D6. Die Blendindexklasse wird durch den Blendindex bestimmt. Der Blendindex wird wie folgt berechnet:

$$\text{Blendindex} = \frac{I}{A^{0,5}}$$

Die Lichtstärke I in cd ist die maximale Lichtstärke in alle Richtungen um die Leuchte und bei einem Ausstrahlungswinkel von 85° (gemessen gegen die Senkrechte).

A ist die Projektion der leuchtenden Fläche der Leuchte in der Ebene senkrecht zur Lichtstärke I in m².

Wenn in Richtung der Lichtstärke I Teile der Lichtquelle oder Reflexe davon sichtbar sind, gilt die Klasse D0. In anderen Fällen ist der Blendindex zu berechnen.

In DIN EN 13201 wird keine bestimmte Blendindexklasse vorgeschrieben. Diese bestimmt den Komfort der Beleuchtungsanlage und ist vom Planer in Abstimmung mit dem Betreiber der Anlage festzulegen.

Beispiel

Opale, nicht durchsichtige Kugelleuchte mit einem Durchmesser von 0,6 m. Lichtstärke I = 60 cd/klm in jede Richtung. Die Flächenprojektion A beträgt $\pi \cdot d^2/4 = 0,28 \text{ m}^2$. Der Blendindex beträgt $60 \text{ cd/klm} \cdot 0,28^{-0,5} \text{ m}^2 = 113 \text{ cd}/(\text{m}^2 \cdot \text{klm})$. Bei einem Lichtstrom von 3500 lm ergibt sich ein maximaler Blendindex von $113 \text{ cd}/(\text{m}^2 \cdot \text{klm}) \cdot 3,5 \text{ klm} = 396 \text{ cd}/\text{m}^2$ und somit die Blendindexklasse D6.

Blendindexklasse	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Maximaler Blendindex cd/m ²	–	7.000	5.500	4.000	2.000	1.000	500

2-4 Blendindexklassen nach DIN EN 13201-2

Farbwiedergabe

Zweck der Normenreihe DIN EN 13201 ist die Erhöhung der Sicherheit und die ist ursächlich mit der Sehleistung, weniger mit dem Sehkomfort verknüpft. Genaue Festlegungen für die Farbwiedergabe der verwendeten Lampen werden daher in der Norm DIN EN 13201 nicht gemacht. Dennoch soll die Beleuchtungsanlage eine Farbwiedergabe aufweisen, die

- das Führen von Fahrzeugen,
- die Orientierung der Fußgänger und
- die Identifikation von Personen oder Objekten ermöglicht.

Hinsichtlich der Festlegung der Farbwiedergabe der Lichtquellen sind folgende Fragen zu berücksichtigen:

- Ist die betrachtete Fläche eine Konfliktzone, also ein Bereich, in dem sich motorisierte Verkehrsströme kreuzen oder der auch von anderen Nutzern frequentiert wird?
- Sind Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung vorhanden?
- Ist die Schwierigkeit der Fahraufgabe höher als normal? Gemeint ist der Grad der Anstrengung des Verkehrsteilnehmers aufgrund der Informationsquellen, wonach er seine Geschwindigkeit und Position im Verkehr festlegt.
- Gibt es parkende Fahrzeuge?

Behörden können nach CEN/TR 13201-1 jedoch besondere Farbwiedergabeeigenschaften von Lampen aus Gründen des Beleuchtungskomforts oder wegen einer Kameraüberwachung festlegen.

Ra-Bereich	Typische Lampenarten
90 und höher	Farbverbesserte Leuchtstofflampen „de Luxe“, farbverbesserte Halogen-Metaldampflampen, Glühlampen
80 bis 90	Dreibanden-Leuchtstofflampen, Halogen-Metaldampflampen
70 bis 80	Standard-Leuchtstofflampen universalweiß
60 bis 70	Standard-Leuchtstofflampen hellweiß, Halogen-Metaldampflampen
40 bis 60	Standard-Leuchtstofflampen warmton, Quecksilberdampf-Hochdrucklampen
20 bis 40	Natriumdampf-Hochdrucklampen
unter 20	Natriumdampf-Niederdrucklampen

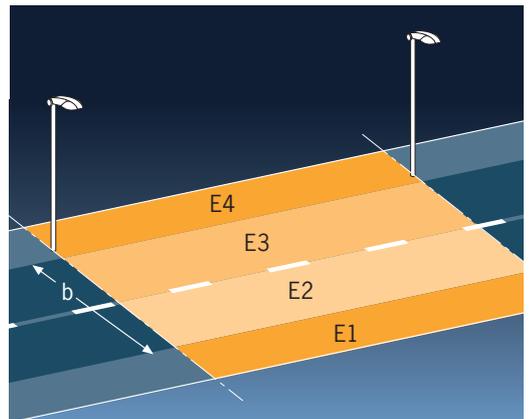
2-5 Typische Lichtquellen für die Außenbeleuchtung

Umgebungs-Beleuchtungsstärkeverhältnis SR

Eine gute Straßenbeleuchtung beschränkt sich nicht nur auf die Beleuchtung der Fahrbahn, sondern bezieht einen Teil der angrenzenden Flächen, für die keine besonderen lichttechnischen Anforderungen festgelegt sind, mit ein. Damit soll der Verkehrsraum auch im peripheren Bereich des Gesichtsfeldes angemessen beleuchtet werden. Das Umgebungs-Beleuchtungsstärkeverhältnis SR (surrounding ratio) dient zur Beschreibung dieser verbesserten räumlichen Orientierung.

SR ist nach DIN EN 13201-3 das Verhältnis der mittleren Beleuchtungsstärke der beiden außerhalb der Fahrbahn angrenzenden Flächen (Streifen) zur mittleren Beleuchtungsstärke der äußeren Fahrstreifen der Fahrbahn, wobei alle diese Flächen die gleiche Breite aufweisen. Die Breite der Flächen außerhalb der Fahrbahn ist $b/2$, maximal jedoch 5 m. Der zu bewertende Streifen auf der Fahrbahn ist ebenfalls entweder $b/2$ oder maximal 5 m breit. SR berechnet sich nach DIN EN 13201-3 wie folgt:

$$SR = (E1 + E4) / (E2 + E3)$$



2-6 Zur Erläuterung des Umgebungs-Beleuchtungsstärkeverhältnisses SR, E ist die mittlere Beleuchtungsstärke auf dem betreffenden Streifen in dem Bewertungsfeld zwischen zwei Leuchten

Beleuchtungssituation

Die Güteerkmale der Beleuchtung stehen im engen Zusammenhang mit der Verkehrssituation. Diese wird durch die Beleuchtungssituation A1 bis E2 (siehe Tabelle 2-7) erfasst.

Die Beleuchtungssituation beschreibt die wichtigsten Verkehrskriterien. Dazu gehören

- die Geschwindigkeiten der Hauptnutzer des Verkehrsweges,
- die Benennung der Hauptnutzer,
- die weiterhin auf dem Verkehrsweg zugelassenen Nutzer und
- die auf dem betreffenden Verkehrsweg nicht zugelassenen Nutzer.

Mit diesen Kriterien wird vor allem das Verkehrsrisiko beschrieben, das mit steigenden Fahrgeschwindigkeiten der Hauptnutzer und mit der Kollisionsgefahr unter Verkehrsteilnehmern unterschiedlicher Geschwindigkeiten zunimmt.



Geschwindigkeit des Hauptnutzers	Nutzertypen innerhalb einer betrachteten Fläche				
	Hauptnutzer	Andere zugelassene Nutzer	Ausgeschlossene Nutzer	Beleuchtungssituation	Anwendungsbeispiele
> 60 km/h	Motorisierter Verkehr	keine	Langsam fahrende Fahrzeuge, Radfahrer, Fußgänger	A1	Autobahnen, Kraftfahrstraßen wie Schnell- und Umgehungsstraßen mit oder ohne Mittelstreifen
		Langsam fahrende Fahrzeuge	Radfahrer, Fußgänger	A2	Hauptverkehrs- und Durchfahrtsstraßen
		Langsam fahrende Fahrzeuge, Radfahrer, Fußgänger	keine	A3	Hauptverkehrs- und Durchfahrtsstraßen
30 ... 60 km/h	Motorisierter Verkehr, langsam fahrende Fahrzeuge	Radfahrer, Fußgänger	keine	B1	Hauptverkehrsstraßen, Sammelstraßen, Anliegerstraßen, Verbindungsstraßen von Wohngebieten
	Motorisierter Verkehr, langsam fahrende Fahrzeuge, Radfahrer	Fußgänger	keine	B2	Hauptverkehrsstraßen, Sammelstraßen, Anliegerstraßen, Verbindungsstraßen von Wohngebieten
5 ... 30 km/h	Radfahrer	Fußgänger	Motorisierter Verkehr, langsam fahrende Fahrzeuge	C1	Radwege, Fußwege, Bürgersteige, auch solche, die neben, aber getrennt von Fahrstraßen verlaufen
	Motorisierter Verkehr, Fußgänger	keine	Langsam fahrende Fahrzeuge, Radfahrer	D1	Autobahnrastplätze, Containerplätze
		Langsam fahrende Fahrzeuge, Radfahrer	keine	D2	Taxistände, Bahnhofsvorplätze, Busbahnhof
	Motorisierter Verkehr, Radfahrer	Langsam fahrende Fahrzeuge, Fußgänger	keine	D3	Anlieger- und Wohnstraßen
	Motorisierter Verkehr, langsam fahrende Fahrzeuge	keine	keine	D4	Verkehrsberuhigte Zonen, Spielstraßen, Marktplätze, Parkplätze
Schrittgeschwindigkeit	Radfahrer, Fußgänger				
	Fußgänger	keine	Motorisierter Verkehr, langsam fahrende Fahrzeuge, Radfahrer	E1	Fußgänger- und Einkaufszonen, Fußwege, Fußwege neben, aber getrennt von Fahrbahnen
		Motorisierter Verkehr, langsam fahrende Fahrzeuge, Radfahrer	keine	E2	Werksstraßen, Wege für den Lade- und Zubringerverkehr, Bushaltestellen

2-7 Beleuchtungssituationen A1 bis E2 nach CEN/TR 13201-1 mit Anwendungsbeispielen

Beispiel

Eine Hauptverkehrsstraße innerhalb einer Ortschaft soll beleuchtet werden. Es sind keine Verkehrsteilnehmer ausgeschlossen, Radfahrer sind üblich und Passanten überqueren die Straße auch an unbeampelten Stellen. Die Beleuchtungssituation gem. Tabelle 2-7 ist B2. Das Beispiel ist in Tabelle 2-7 markiert.

Beleuchtungsklassen

Den Beleuchtungssituationen, die die wesentlichen verkehrlichen Daten der Straße beschreiben, sind in CEN/TR 13 201-1 Beleuchtungsklassen zugeordnet, mit denen die lichttechnischen Planungsgrößen festgelegt sind (siehe auch Tabelle 2-9).

Je nach der Bewertung der Beleuchtung, nämlich nach dem Kriterium Leuchtdichte oder horizontale, vertikale, halbzylindrische bzw. halbsphärische Beleuchtungsstärke, stehen verschiedene Beleuchtungsklassen zur Auswahl (Bild 2-8).

ME-Klassen

Die Beleuchtungsklassen ME1 bis ME6 gelten für Straßen mit mittleren bis höheren Fahrgeschwindigkeiten. Für nasse Fahrbahnen gelten die Klassen MEW1 bis MEW5. Die Gütemerkmale der Beleuchtung entsprechen der Leuchtdichtebewertung.

Die Gütemerkmale sind: \bar{L}_m , U_0 , U_1 , TI , SR . SR (Umgebungs-Beleuchtungsstärkeverhältnis) – ein neues Gütemerkmal – ist das Verhältnis der mittleren Beleuchtungsstärke der beiden außerhalb der Fahrbahn angrenzenden Flächen zur mittleren Beleuchtungsstärke der äußeren Fahrstreifen der Fahrbahn, wobei beide Flächen die gleiche Breite aufweisen.

CE-Klassen

Die Beleuchtungsklassen CE0 bis CE5 werden wie die ME-Klassen angewendet, jedoch für Straßen mit Konfliktzonen, wie Straßenkreuzungen, Einmündungen, Kreisverkehre, Staubereiche an Kreuzungen, Straßen mit Fußgängern und Radfahrern, Einkaufs- und Geschäftsstraßen, auch für Unterführungen und Treppen. Die Gütemerkmale der Beleuchtung entsprechen der Beleuchtungsstärkebewertung.

Die Gütemerkmale sind: \bar{E}_m , U_0

S-Klassen

Die Beleuchtungsklassen S1 bis S7 werden für Fußgänger- und Radfahrbereiche, Stand- und Sicherheitsstreifen und andere Straßenbereiche außerhalb der Fahrbahnen, für repräsentative Straßen, Anwohnerstraßen, Fußgängerzonen, Fußwege, Radwege, Parkstraßen, Schulhöfe usw. angewendet. Die Beleuchtung wird nach dem Kriterium Beleuchtungsstärke bewertet.

Die Gütemerkmale sind: \bar{E}_m , E_{min}

A-Klassen

Die Beleuchtungsklassen A1 bis A6 werden wie die S-Klassen angewendet, jedoch erfolgt die Bewertung mit der halbsphärischen (halbräumlichen) Beleuchtungsstärke.

Die Gütemerkmale sind: E_{hs} , U_0

ES-Klassen

Die Beleuchtungsklassen ES1 bis ES9 ermöglichen eine zusätzliche Bewertung der Beleuchtung durch die halbzylindrische Beleuchtungsstärke, z. B. für Bereiche erhöhter Kriminalität, d. h. zur Identifizierung von Personen und Objekten gegen das subjektive Gefühl der Unsicherheit in Fußgängerzonen und auf Parkplätzen.

Das Gütemerkmal ist: $E_{sc, min}$

EV-Klassen

Die Beleuchtungsklassen EV1 bis EV6 ermöglichen eine zusätzliche Bewertung der Beleuchtung durch die vertikale Beleuchtungsstärke, z. B. an Mautstellen, in Umschlag- und Rangierbereichen usw.

Das Gütemerkmal ist: $E_{v, min}$

2-8 Übersicht über die Beleuchtungsklassen nach DIN EN 13 201-2

Je höher die Zählnummer einer Beleuchtungsklasse ist, zum Beispiel ME3 gegenüber ME1, desto geringer sind die lichttechnischen Anforderungen an die Beleuchtung.

Um die den Planungen zugrunde zu legende Beleuchtungsklasse zu bestimmen, sind in CEN/TR 13201-1

- **Basistabellen** (Beispiel siehe Bild 2-10) und
- **Zusatztabellen** (Beispiel siehe Bild 2-11) enthalten, die eine Vielzahl von verkehrlichen und sonstigen Kriterien der zu beleuchtenden Straße berücksichtigen.

Beleuchtungssituation	Beleuchtungsklasse	Gütermerkmale
A1, A2, A3	ME1 – ME5	$\bar{L}_m, U_0, U_i, TI, SR$
B1, B2	ME1 – ME6	$\bar{L}_m, U_0, U_i, TI, SR$
C1	S1 – S6	\bar{E}_m, E_{min}
D1, D2	CE2 – CE5	\bar{E}_m, U_0
D3, D4	S1 – S6	\bar{E}_m, E_{min}
E1	S1 – S6, CE2	\bar{E}_m, E_{min}
E2	S1 – S5, CE2	\bar{E}_m, E_{min}

2-9 Beleuchtungssituation und zugeordnete Beleuchtungsklasse mit den betreffenden lichttechnischen Gütermerkmalen

Basistabellen

- Die Basistabellen enthalten folgende Auswahlkriterien:
- **Bauliche Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung** wirken sich ungünstig auf den Verkehr aus. Eigens zur Verkehrsberuhigung eingebaute Hindernisse müssen sicher erkannt werden. Daher steigen an diesen Stellen die Beleuchtungsanforderungen.
 - **Kreuzungsdichte:** Je häufiger Kreuzungen auftreten, desto größer ist auch die Kollisionsgefahr und umso besser muss auch die Beleuchtung sein.
 - **Schwierigkeit der Sehaufgabe:** Grad der Anstrengung des Verkehrsteilnehmers, aufgrund der Informationsquellen seine Fahrgeschwindigkeit und sein Fahrverhalten zu bestimmen.

- **Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV):** Gesamtes Verkehrsaufkommen während einer Anzahl von ganzen Tagen dividiert durch die Anzahl dieser Tage. Obwohl die künstliche Beleuchtung der Straßen ausschließlich nur für die Dunkelstunden vorgesehen ist und die Verkehrsdichte dann oft geringer ist als am Tage, wird der Mischwert des täglichen und nächtlichen Verkehrs herangezogen, weil diese Daten eher aus Verkehrszählungen zur Verfügung stehen als die Verkehrszahlen der Dunkelstunden.

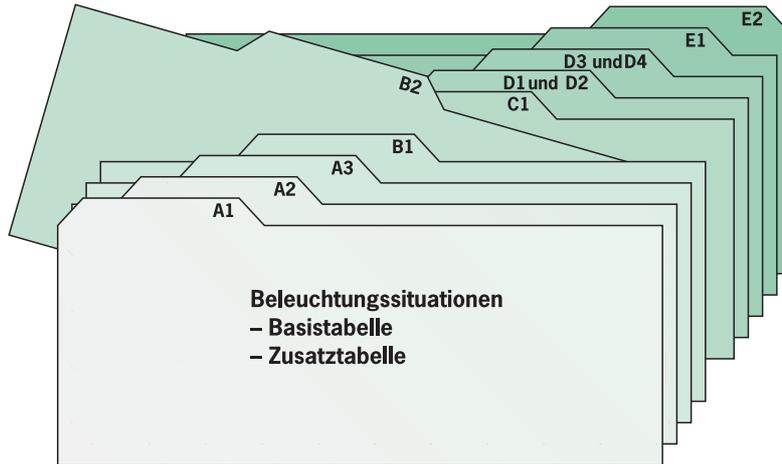
Zusatztabellen

- Die Zusatztabellen berücksichtigen folgende Auswahlkriterien:
- **Konfliktzonen** sind Flächen, auf denen sich entweder motorisierte Verkehrsströme kreuzen oder sich Kollisionen mit anderen Verkehrsteilnehmern (zum Beispiel mit Radfahrern) ergeben können.
 - **Komplexität des visuellen Feldes** beschreibt visuelle Einflüsse auf den Verkehrsteilnehmer durch andere beleuchtete Elemente im Gesichtsfeld, durch die die eigentliche Wirkung der Straßenbeleuchtung beeinträchtigt wird. Durch diese beleuchteten Elemente wird der Verkehrsteilnehmer irreführt, abgelenkt, gestört oder belästigt. Beispiele: Werbeanlagen, helle Sportstättenbeleuchtung.
 - **Parkende Fahrzeuge** am Fahrbahnrand bedeuten zusätzliche Unfallgefahren, etwa durch spontan auf die Straße tretende Fußgänger.
 - **Leuchtdichte der Umgebung** beschreibt die Störung der visuellen Wahrnehmung auf der Straße durch eine helle Umgebung, zum Beispiel durch hell beleuchtete Industrie- und Sportanlagen.

- **Kriminalitätsrisiko** beschreibt die Kriminalitätsrate in der näheren Umgebung der betrachteten Verkehrsfläche im Vergleich zur Kriminalitätsrate in der weiteren Umgebung.
- **Gesichtserkennung:** Fußgängerbereiche werden dann als sicherer akzeptiert, wenn das Verhalten der Passanten und deren Absichten rechtzeitig erkannt werden. Man muss also körperliche Bewegungen und Gesichtsausdrücke bereits aus einer genügenden Entfernung erkennen können. Daraus folgt, dass entgegenkommende Personen entsprechend beleuchtet sein müssen.

In Tabelle 2-12 sind die Basis- und Zusatztabellen für die Beleuchtungssituationen A1 bis E2 für trockene Fahrbahnoberflächen nach CEN/TR 13201-1 angegeben. Die Berechnung der Leuchtdichte auf nassen Fahrbahnen ist nur unter gewissen Einschränkungen möglich. Nasse Fahrbahnen und deren besonderes Reflexionsverhalten werden vornehmlich nur in Nord-europa den Planungen zugrunde gelegt.

Basis- und Zusatztabelle (Fortsetzung)



**Beleuchtungssituation B2
Basistabelle**

Bauliche Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung	Kreuzungsdichte Anzahl der Kreuzungen je km	Schwierigkeit der Fahraufgabe	Verkehrsfluss Fahrzeuge (DTV)					
			<7000			≥7000		
			◁	○	▷	◁	○	▷
nein	< 3	normal	ME5	ME5	ME4b	ME4b	ME4b	ME3c
		höher als normal	ME4b	ME4b	ME3c	ME4b	ME4b	ME3c
	≥ 3	normal	ME4b	ME3c	ME2	ME3c	ME3c	ME2
		höher als normal	ME3c	ME3c	ME2	ME3c	ME3c	ME2
ja	Wie oben, jedoch Beleuchtungsklasse um eine Ziffer geringer wählen.							

2-10 CEN/TR 13201-1 enthält für jede Beleuchtungssituation A1 bis E2 eine Basistabelle mit den dafür zutreffenden Beleuchtungsklassen.
Beispiel: Basistabelle der Beleuchtungssituation B2

**Beleuchtungssituation B2
Zusatztabelle**

Konfliktzone	Komplexität des visuellen Feldes	Parkende Fahrzeuge	Leuchtdichte der Umgebungshelligkeit					
			niedrig		mittel		hoch	
			Verkehrsfluss Radfahrer	Verkehrsfluss Radfahrer	Verkehrsfluss Radfahrer	Verkehrsfluss Radfahrer	Verkehrsfluss Radfahrer	Verkehrsfluss Radfahrer
nicht vorhanden	normal	nicht vorhanden	◁	○	◁	○	○	○
		vorhanden	○	▷	○	▷	▷	▷
	hoch	nicht vorhanden	○	○	○	○	○	○
		vorhanden	○	○	▷	▷	▷	▷
ja	▷							

In Konfliktzonen ist die Leuchtdichte das zur Planung empfohlene Kriterium. Die Beleuchtungsstärke kann als Kriterium verwendet werden, wenn die Leuchtdichte wegen geringer Sichtweite oder anderer Faktoren nicht zu bewerten ist. Zu den empfohlenen ME-Klassen vergleichbare CE-Klassen werden in Tabelle 2-13 angegeben.

2-11 Beispiel für die Zusatztabelle zur Basistabelle der Beleuchtungssituation B2 nach CEN/TR 13201

Beispiel

Es ist die Beleuchtungsklasse für eine Hauptverkehrsstraße mit der Beleuchtungssituation B2 zu bestimmen. Aufgrund einer Verkehrsanalyse ist der DTV mit mehr als 7000 Fahrzeugen/Tag ermittelt worden. Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung liegen nicht vor, die Anzahl der Kreuzungen je km ist kleiner als 3 und die Schwierigkeit der Fahraufgabe ist normal.

Aus der Basistabelle für die Beleuchtungssituation B2 (Bild 2-10) ergeben sich zweimal die Beleuchtungsklasse ME4b und einmal die Beleuchtungsklasse ME3c.

Aufgrund weiterer Kriterien der Hauptverkehrsstraße wird auf die den Planungen zugrunde zu legende Beleuchtungsklasse geschlossen:

- Konfliktzonen sind nicht vorhanden,
- die Komplexität des visuellen Feldes ist normal (es gibt keine extreme Belästigung, z. B. durch Werbeanlagen),
- am Straßenrand besteht Parkerlaubnis,
- die Leuchtdichte der Umgebung ist „mittel“ und
- der Verkehrsfluss von Radfahrern ist „hoch“.

Aufgrund dieser Kriterien entnimmt man aus der Zusatztable für die gleiche Beleuchtungssituation B2 (Bild 2-11) einen „Sprungpfeil“ nach rechts. Das bedeutet, dass von den drei Klassen ME4b, ME4b und ME3c die rechte auszuwählen ist. Damit ist der Planung die Beleuchtungsklasse ME3c zugrunde zu legen. Die dieser Beleuchtungsklasse zugehörigen Anlagenwerte enthält Tabelle 2-14.

2-12 Basis- und Zusatztabellen für die Beleuchtungssituationen A1 bis E2 für trockene Fahrbahnoberflächen nach CEN/TR 13201-1

A1 Basistabelle

Trennung der Richtungsfahrbahnen	Abstand der Anschlussstellen, Entfernung zwischen Brücken	Kreuzungen je km	Verkehrsfluss Fahrzeuge (DTV)								
			< 15.000			15.000 bis 25.000			> 25.000		
			◀	○	▶	◀	○	▶	◀	○	▶
ja	> 3		ME5	ME4a	ME3a	ME4a	ME3a	ME2	ME4a	ME3a	ME2
	≤ 3		ME4a	ME3a	ME2	ME4a	ME3a	ME2	ME3a	ME2	ME1
		< 3	ME5	ME4a	ME3a	ME5	ME4a	ME3a	ME4a	ME3a	ME2
		≥ 3	ME4a	ME4a	ME3a	ME4a	ME3a	ME2	ME3a	ME2	ME1
nein	> 3		ME4a	ME3a	ME2	ME3a	ME2	ME1	ME3a	ME2	ME1
	≤ 3		ME3a	ME2	ME1	ME3a	ME2	ME1	ME2	ME2	ME1
		< 3	ME4a	ME4a	ME3a	ME4a	ME3a	ME2	ME3a	ME2	ME1
		≥ 3	ME4a	ME3a	ME2	ME3a	ME2	ME1	ME2	ME2	ME1

A1 Zusatztable

Konfliktzone	Komplexität des visuellen Feldes	Schwierigkeit der Fahraufgabe	Leuchtdichte der Umgebung		
			niedrig	mittel	hoch
nein	normal	normal	◀	◀	○
		höher als normal	○	○	▶
	hoch	normal	◀	○	○
		höher als normal	○	▶	▶
ja			▶		

In Konfliktzonen ist die Leuchtdichte das zur Planung empfohlene Kriterium. Die Beleuchtungsstärke kann als Kriterium verwendet werden, wenn die Leuchtdichte wegen geringer Sichtweite oder anderer Faktoren nicht zu bewerten ist. Zu den empfohlenen ME-Klassen vergleichbare CE-Klassen werden in Tabelle 2-13 angegeben.

2-12 Basis- und Zusatztabellen für die Beleuchtungssituationen A1 bis E2 für trockene Fahrbahnoberflächen nach CEN/TR 13201-1 (Fortsetzung)

A2 Basistabelle						
Kreuzungen je km	Verkehrsfluss Fahrzeuge (DTV)					
	< 7.000			≥ 7.000		
	◁	○	▷	◁	○	▷
< 3	ME5	ME5	ME4a	ME4a	ME3a	ME3a
≥ 3	ME5	ME4a	ME3a	ME4a	ME3a	ME2

A2 Zusatztable						
Konfliktzone	Komplexität des visuellen Feldes	Schwierigkeit der Fahraufgabe	Leuchtdichte der Umgebung			
			niedrig	mittel	hoch	
nein	normal	normal	◁	◁	○	
		höher als normal	○	○	▷	
	hoch	normal	◁	○	○	
		höher als normal	○	▷	▷	
ja			▷			

In Konfliktzonen ist die Leuchtdichte das zur Planung empfohlene Kriterium. Die Beleuchtungsstärke kann als Kriterium verwendet werden, wenn die Leuchtdichte wegen geringer Sichtweite oder anderer Faktoren nicht zu bewerten ist. Zu den empfohlenen ME-Klassen vergleichbare CE-Klassen werden in Tabelle 2-13 angegeben.

A3 Basistabelle													
Trennung der Richtungsfahrbahnen	Kreuzung je km	Verkehrsfluss Fahrzeuge (DTV)											
		< 7.000			7.000 bis < 15.000			15.000 bis < 25.000			≥ 25.000		
		◁	○	▷	◁	○	▷	◁	○	▷	◁	○	▷
ja	< 3	ME5	ME5	ME4a	ME5	ME5	ME4a	ME5	ME4a	ME3b	ME4a	ME3b	ME3b
	≥ 3	ME5	ME4a	ME3b	ME5	ME4a	ME3b	ME4a	ME3b	ME2	ME3b	ME2	ME2
nein	< 3	ME5	ME4a	ME3b	ME5	ME4a	ME3b	ME4a	ME3b	ME2	ME3b	ME2	ME2
	≥ 3	ME4a	ME3b	ME3b	ME4a	ME3b	ME2	ME3b	ME2	ME2	ME3b	ME2	ME1

A3 Zusatztable						
Konfliktzone	Komplexität des visuellen Feldes	Parkende Fahrzeuge	Schwierigkeit der Fahraufgabe	Leuchtdichte der Umgebung		
				niedrig	mittel	hoch
nein	normal	nicht vorhanden	normal	◁	◁	○
		vorhanden	höher als normal	○	○	▷
		vorhanden	normal	◁	○	▷
	hoch	nicht vorhanden	normal	◁	○	○
		vorhanden	höher als normal	○	▷	▷
		vorhanden	normal	○	○	▷
ja			▷	▷	▷	

In Konfliktzonen ist die Leuchtdichte das zur Planung empfohlene Kriterium. Die Beleuchtungsstärke kann als Kriterium verwendet werden, wenn die Leuchtdichte wegen geringer Sichtweite oder anderer Faktoren nicht zu bewerten ist. Zu den empfohlenen ME-Klassen vergleichbare CE-Klassen werden in Tabelle 2-13 angegeben.

2-12 Basis- und Zusatztabellen für die Beleuchtungssituationen A1 bis E2 für trockene Fahrbahnoberflächen nach CEN/TR 13 201-1 (Fortsetzung)

B1 Basistabelle								
Bauliche Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung	Anzahl Kreuzungen je km	Schwierigkeit der Fahraufgabe	Verkehrsfluss Fahrzeuge (DTV)					
			< 7.000			≥ 7.000		
			◁	○	▷	◁	○	▷
nein	< 3	normal	ME6	ME5	ME4b	ME5	ME4b	ME3c
		höher als normal	ME5	ME4b	ME3c	ME5	ME4b	ME3c
	≥ 3	normal	ME5	ME4b	ME3c	ME4b	ME4b	ME3c
		höher als normal	ME4b	ME3c	ME2	ME3c	ME3c	ME2
ja			Wie oben, jedoch Beleuchtungsklasse um eine Ziffer geringer, z. B. statt ME4b Klasse ME3b, wählen.					

Wenn die Leuchtdichte als Auslegungskriterium nicht zu bewerten ist, kann die Beleuchtungsstärke verwendet werden. Zu den empfohlenen ME-Klassen vergleichbare CE-Klassen siehe Tabelle 2-13.

B1 Zusatztable								
Konfliktzone	Komplexität des visuellen Feldes	Parkende Fahrzeuge	Leuchtdichte der Umgebung					
			niedrig		mittel		hoch	
			Verkehrsfluss Radfahrer		Verkehrsfluss Radfahrer		Verkehrsfluss Radfahrer	
			normal	hoch	normal	hoch	normal	hoch
nein	normal	nicht vorhanden	◁	○	◁	○	○	○
		vorhanden	○	▷	○	▷	▷	▷
	hoch	nicht vorhanden	○	○	○	○	○	○
		vorhanden	○	○	▷	▷	▷	▷
ja			▷					

In Konfliktzonen ist die Leuchtdichte das zur Planung empfohlene Kriterium. Die Beleuchtungsstärke kann als Kriterium verwendet werden, wenn die Leuchtdichte wegen geringer Sichtweite oder anderer Faktoren nicht zu bewerten ist. Zu den empfohlenen ME-Klassen vergleichbare CE-Klassen werden in Tabelle 2-13 angegeben.

B2 Basistabelle								
Bauliche Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung	Anzahl Kreuzungen je km	Schwierigkeit der Fahraufgabe	Verkehrsfluss Fahrzeuge (DTV)					
			< 7.000			≥ 7.000		
			◁	○	▷	◁	○	▷
nein	< 3	normal	ME5	ME5	ME4b	ME4b	ME4b	ME3c
		höher als normal	ME4b	ME4b	ME3c	ME4b	ME4b	ME3c
	≥ 3	normal	ME4b	ME3c	ME2	ME3c	ME3c	ME2
		höher als normal	ME3c	ME3c	ME2	ME3c	ME3c	ME2
ja			Wie oben, jedoch Beleuchtungsklasse um eine Ziffer geringer, z. B. statt ME4b Klasse ME3b, wählen.					

Wenn die Leuchtdichte als Auslegungskriterium nicht zu bewerten ist, kann die Beleuchtungsstärke verwendet werden. Zu den empfohlenen ME-Klassen vergleichbare CE-Klassen siehe Tabelle 2-13.

B2 Zusatztable								
Konfliktzone	Komplexität des visuellen Feldes	Parkende Fahrzeuge	Leuchtdichte der Umgebung					
			niedrig		mittel		hoch	
			Verkehrsfluss Radfahrer		Verkehrsfluss Radfahrer		Verkehrsfluss Radfahrer	
			normal	hoch	normal	hoch	normal	hoch
nein	normal	nicht vorhanden	◁	○	◁	○	○	○
		vorhanden	○	▷	○	▷	▷	▷
	hoch	nicht vorhanden	○	○	○	○	○	○
		vorhanden	○	○	▷	▷	▷	▷
ja			▷					

In Konfliktzonen ist die Leuchtdichte das zur Planung empfohlene Kriterium. Die Beleuchtungsstärke kann als Kriterium verwendet werden, wenn die Leuchtdichte wegen geringer Sichtweite oder anderer Faktoren nicht zu bewerten ist. Zu den empfohlenen ME-Klassen vergleichbare CE-Klassen werden in Tabelle 2-13 angegeben.

2-12 Basis- und Zusatztabelle für die Beleuchtungssituationen A 1 bis E 2 für trockene Fahrbahnoberflächen nach CEN/TR 13201-1 (Fortsetzung)

C1 Basistabelle

Bauliche Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung	Kriminalitätsrisiko	Gesichtserkennung	Verkehrsfluss Radfahrer					
			normal			hoch		
			◁	○	▷	◁	○	▷
nein	normal	nicht erforderlich	S6	S5	S4	S5	S4	S3
		erforderlich	S5	S4	S3	S4	S3	S2
	höher als normal	erforderlich	S4	S3	S2	S3	S2	S1
ja			S3	S2	S1	S3	S2	S1

Zu den erforderlichen S-Klassen alternative A-Klassen mit vergleichbarem Beleuchtungsniveau werden in Tabelle 2.2-13 angegeben. Zu den erforderlichen S-Klassen zusätzliche ES- und EV-Klassen siehe ebenfalls Tabelle 2-13.

C1 Zusatztabelle

Leuchtdichte der Umgebung		
niedrig	mittel	hoch
◁	○	▷

D1, D2 Basistabelle

Bauliche Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung	Kriminalitätsrisiko	Gesichtserkennung	Schwierigkeit der Fahraufgabe	Verkehrsfluss Radfahrer					
				normal			hoch		
				◁	○	▷	◁	○	▷
nein	normal	nicht erforderlich	normal	CE5	CE5	CE4	CE5	CE4	CE3
			höher als normal	CE5	CE4	CE3	CE4	CE3	CE2
	erforderlich	normal	CE4	CE4	CE4	CE4	CE4	CE3	
		höher als normal	CE4	CE4	CE3	CE4	CE3	CE2	
	höher als normal	erforderlich	normal	CE4	CE4	CE3	CE4	CE3	CE3
			höher als normal	CE4	CE3	CE2	CE3	CE2	CE2
ja				Wie oben, jedoch Beleuchtungsklasse ≤ CE4, z. B. CE3					

D1, D2 Zusatztabelle

Leuchtdichte der Umgebung		
niedrig	mittel	hoch
◁	○	▷



2-12 Basis- und Zusatztabellen für die Beleuchtungssituationen A1 bis E2 für trockene Fahrbahnoberflächen nach CEN/TR 13 201-1 (Fortsetzung)

D3, D4 Basistabelle								
Bauliche Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung	Parkende Fahrzeuge	Schwierigkeit der Fahraufgabe	Verkehrsfluss Fußgänger und Radfahrer					
			normal			hoch		
			◁	○	▷	◁	○	▷
nein	nicht	normal	S6	S5	S4	S5	S4	S3
	vorhanden	höher als normal	S5	S4	S3	S4	S3	S2
	vorhanden	normal	S5	S4	S3	S4	S3	S2
ja		höher als normal	S4	S3	S2	S3	S2	S1
			Wie oben, jedoch Beleuchtungsklasse ≤ S4, z.B. S3					

Zu den erforderlichen S-Klassen alternative A-Klassen mit vergleichbarem Beleuchtungsniveau werden in Tabelle 2-13 angegeben. Zu den erforderlichen S-Klassen zusätzliche ES- und EV-Klassen siehe ebenfalls Tabelle 2-13.

D3, D4 Zusatztable					
Komplexität des visuellen Feldes	Kriminalitätsrisiko	Gesichtserkennung	Leuchtdichte der Umgebung		
			niedrig	mittel	hoch
normal	normal	nicht erforderlich	◁	○	○
		erforderlich	◁	○	▷
hoch	normal	erforderlich	○	▷	▷
		nicht erforderlich	○	○	○
	höher als normal	erforderlich	○	▷	▷
	höher als normal	erforderlich	▷	▷	▷

E1 Basistabelle							
Kriminalitätsrisiko	Gesichtserkennung	Verkehrsfluss Fußgänger					
		normal			hoch		
		◁	○	▷	◁	○	▷
normal	nicht erforderlich	S6	S5	S4	S5	S4	S3
	erforderlich	S5	S4	S3	S4	S3	S2
höher als normal	erforderlich	S3	S2	S1	S2	S1	CE2

Zu den erforderlichen S-Klassen alternative A-Klassen mit vergleichbarem Beleuchtungsniveau werden in Tabelle 2-13 angegeben. Zu den erforderlichen S- und CE-Klassen zusätzliche ES- und EV-Klassen siehe ebenfalls Tabelle 2-13.

E2 Basistabelle							
Kriminalitätsrisiko	Gesichtserkennung	Verkehrsfluss Fußgänger					
		normal			hoch		
		◁	○	▷	◁	○	▷
normal	nicht erforderlich	S5	S4	S3	S4	S3	S2
	erforderlich	S3	S2	S1	S3	S2	S1
höher als normal	erforderlich	S2	S1	CE2	S2	S1	CE2

Zu den erforderlichen S-Klassen alternative A-Klassen mit vergleichbarem Beleuchtungsniveau werden in Tabelle 2-13 angegeben. Zu den erforderlichen S- und CE-Klassen zusätzliche ES- und EV-Klassen siehe ebenfalls Tabelle 2-13.

E1, E2 Zusatztable		
Leuchtdichte der Umgebung		
niedrig	mittel	hoch
◁	○	▷

Äquivalenzklassen

Aufgrund etwa gleicher Beleuchtungsniveaus lassen sich Entsprechungen zwischen den Beleuchtungsklassen herstellen (Äquivalenzklassen siehe Tabelle 2-13). Damit lassen sich auch die Beleuchtungsklassen benachbarter Flächen, zum Beispiel für eine Hauptverkehrsstraße und den angrenzenden Radfahrweg, ermitteln. Dabei ist zu beachten, dass die Differenz der vergleichbaren Beleuchtungsklasse zu der der benachbarten Fläche nicht mehr als zwei sein darf.

Zum Beispiel darf der Radfahrweg oder ein Standstreifen neben einer Hauptverkehrsstraße keine geringere Beleuchtungsklasse als S3 mit einer mittleren Beleuchtungsstärke von 7,5 lx aufweisen, wenn die

Hauptverkehrsstraße nach der Beleuchtungsklasse ME3 mit einer mittleren Leuchtdichte von 1,0 cd/m² beleuchtet ist.

In einigen europäischen Ländern wird anstelle der horizontalen Beleuchtungsstärke die halbsphärische Beleuchtungsstärke verwendet. In diesem Fall können die A-Klassen anstelle der empfohlenen S-Klassen verwendet werden.

Die ES- bzw. EV-Beleuchtungsklassen bewerten zusätzlich die halbzyindrische Beleuchtungsstärke (ES-Klassen) und die vertikale Beleuchtungsstärke (EV-Klassen).

Beleuchtungsklassen abnehmende lichttechnische Anforderungen								
	ME1	ME2	ME3	ME4	ME5	ME6		
CE0	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5			
			S1	S2	S3	S4	S5	S6
				A1	A2	A3	A4	A5
ES1	ES2	ES3	ES4	ES5	ES6	ES7	ES8	ES9
	EV3	EV4	EV5					

2-13 Vergleichbare bzw. zusätzliche (gelb markierte) Beleuchtungsklassen nach CEN/TR 13201-1

Anlagenwerte

Für die Beleuchtung von Verkehrswegen mit mittlerer bis höherer Geschwindigkeit sind die **ME-Klassen** vorgesehen (siehe Tabelle 2-14).

Die **CE-Klassen** sind für Kraftfahrer und andere Verkehrsteilnehmer in Konfliktzonen, wie Einkaufsstraßen, komplexen Straßenkreuzungen, Kreisverkehrsplätzen und Stauräumen anzuwenden, ebenso in Unterführungen für Radfahrer und Fußgänger. Die CE-Klassen ersetzen die ME-Klassen in den Fällen, in denen die Leuchtdichtebewertung nicht angewendet werden kann, zum Beispiel wegen zu kurzer Beobachtungsweite (siehe Tabelle 2-14).

Die **S- und A-Beleuchtungsklassen** sind anzuwenden für die Sehbedingungen von Fußgängern und Radfahrern, zum Beispiel auf Fußwegen, Radwegen, Standstreifen und anderen Flächen, die getrennt oder entlang von Verkehrswegen verlaufen. Sie gelten auch für die Beleuchtung von Anwohnerstraßen, Fußgängerzonen, Parkplätzen, Schulhöfen usw. (siehe Tabelle 2-15). In einigen europäischen Ländern wird anstelle der horizontalen Beleuchtungsstärke

die halbsphärische Beleuchtungsstärke verwendet. In diesem Fall können die A-Klassen anstelle der empfohlenen S-Klassen verwendet werden. Mit der halbsphärischen Beleuchtungsstärke wird die räumliche Wirkung der Beleuchtung besser beschrieben als mit der horizontalen Beleuchtungsstärke.

Die **ES-Klassen** sind als zusätzliche Klassen für Fußgängerbereiche heranzuziehen, mit denen ein gutes räumliches Sehvermögen und insbesondere die Erkennbarkeit von Gesichtern beschrieben werden. Durch eine entsprechend hohe halbzyindrische Beleuchtungsstärke soll dem subjektiven Gefühl der Unsicherheit und dem Kriminalitätsrisiko entgegen gewirkt werden (siehe Tabelle 2-16).

Die **EV-Klassen** sind als zusätzliche Klassen (siehe Tabelle 2-16) für Anwendungsfälle vorgesehen, in denen die vertikale Beleuchtungsstärke bewertet werden muss, zum Beispiel an Mautstationen, Ticketautomaten an Parkplätzen, Schaltern und Kontrollstationen usw.

2-14 Lichttechnische Anlagenwerte für Verkehrsstraßen nach den ME- und vergleichbaren CE-Beleuchtungsklassen nach DIN EN 13201-2; die farbige Markierung betrifft das Beispiel 1 auf Seite 21

Klasse	Fahrbahnleuchtdichte bei trockener Straßenoberfläche			Schwellenwert TI in % Höchstwert ^{a)}	Umgebungs- Beleuchtungs- stärkeverhältnis SR ^{b)}	Vergleich- bare Klasse	\bar{E}_m in lx Wartungswert	U_0 in lx Wartungswert
	\bar{L}_m in cd/m ² Wartungswert	U_0	U_1					
						CE0	50	0,4
ME1	2,0	0,4	0,7	10	0,5	CE1	30	0,4
ME2	1,5	0,4	0,7	10	0,5	CE2	20	0,4
ME3a	1,0	0,4	0,7	15	0,5	CE3	15	0,4
ME3b	1,0	0,4	0,6	15	0,5			
ME3c	1,0	0,4	0,5	15	0,5			
ME4a	0,75	0,4	0,6	15	0,5	CE4	10	0,4
ME4b	0,75	0,4	0,5	15	0,5			
ME5	0,5	0,35	0,4	15	0,5	CE5	7,5	0,4
ME6	0,3	0,35	0,4	15	0,5			

a) bei Lichtquellen geringer Leuchtdichte um 5% höher zulässig
b) dieses Kriterium ist nur anzuwenden, wenn Verkehrsflächen ohne eigene lichttechnische Anforderungen an die Fahrbahn angrenzen

- \bar{L}_m Wartungswert der mittleren Leuchtdichte auf der Fahrbahn, der zu keiner Zeit unterschritten werden darf.
- \bar{E}_m Wartungswert der mittleren Beleuchtungsstärke auf der Fahrbahn, der zu keiner Zeit unterschritten werden darf.
- U_0 Gesamtgleichmäßigkeit, Verhältnis der niedrigsten Leuchtdichte (bzw. Beleuchtungsstärke) zum Mittelwert auf der Fahrbahnoberfläche.
- U_1 Längsgleichmäßigkeit, Verhältnis der niedrigsten zur höchsten Leuchtdichte auf der Mittellinie eines Fahrstreifens.
- TI Schwellenwerterhöhung, Maß für den Verlust von Sichtbarkeit eines Seheobjekts infolge physiologischer Blendung durch zu helle Leuchten.
- SR Umgebungs-Beleuchtungsstärkeverhältnis zur Verbesserung der räumlichen Orientierung, damit die Bereiche neben der Fahrbahn, soweit nicht selbst beleuchtet, ebenfalls erkennbar sind.

2-15 Lichttechnische Anlagenwerte für Fußgänger- und Radfahrbereiche nach den Beleuchtungsklassen S und A nach DIN EN 13201-2

Klasse	Horizontale Beleuchtungsstärke		Klasse	Halbspärische Beleuchtungsstärke	
	\bar{E}_m in lx Wartungswert	E_{min} in lx Wartungswert		\bar{E}_{hs} in lx Wartungswert	U_0
S1	15	5	A1	5	0,15
S2	10	3	A2	3	0,15
S3	7,5	1,5	A3	2	0,15
S4	5	1	A4	1,5	0,15
S5	3	0,6	A5	1	0,15
S6	2	0,6	A6	unbestimmte Anforderung	unbestimmte Anforderung
S7	unbestimmte Anforderung	unbestimmte Anforderung			

2-16 Lichttechnische Anlagenwerte für die halbzylindrische und vertikale Beleuchtungsstärke nach den Beleuchtungsklassen ES und EV nach DIN EN 13201-2, die zu keiner Zeit und an keiner Stelle der Bewertungsebene unterschritten werden dürfen

Klasse	Halbzylindrische Beleuchtungsstärke		Klasse	Vertikale Beleuchtungsstärke	
	$E_{sc,min}$ in lx Wartungswert			$E_{v,min}$ in lx Wartungswert	
ES1	10		EV1	50	
ES2	7,5		EV2	30	
ES3	5		EV3	10	
ES4	3		EV4	7,5	
ES5	2		EV5	5	
ES6	1,5		EV6	0,5	
ES7	1				
ES8	0,75				
ES9	0,5				



Gute Straßenbeleuchtung hat vielfältige Aspekte zu erfüllen.

Der **Sicherheitsaspekt** berücksichtigt das Bedürfnis der Bürger als Verkehrsteilnehmer nach wirksamem Schutz von Leib und Leben, Gesundheit und Sachen. Straßenbeleuchtungsanlagen nach der anerkannten Regel der Technik DIN EN 13 201 erfüllen unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Gesichtspunkte dieses Ziel.

Der **architektonische Aspekt** der Straßenbeleuchtung gewinnt immer mehr an Bedeutung. Urbanität und Attraktivität, das Gefallen der Bürger und der Besucher an den Städten und Gemeinden sowie die merkantilen Interessen des Wirtschaftslebens werden durch eine gut gestaltete Beleuchtung von Straßen, Plätzen und verkehrsberuhigten Zonen unterstützt.

Der Aspekt **Sparsamkeit** betrifft die Verringerung der laufenden Betriebskosten. Durch Lampen hoher Lichtausbeute und Betriebsgeräte mit geringer Verlustleistung, durch Leuchten mit optischen Systemen, mit denen der Lampenlichtstrom bestmöglich auf die zu beleuchtenden Flächen gelenkt wird, und durch bedarfsgerechte Qualität, Material und Konstruktion der Leuchten werden Energiekosten und Wartungsaufwand verringert.

Der **Umweltaspekt** betrifft den sparsamen Umgang mit knapper werdenden Energieressourcen und die Vermeidung störender Lichtimmissionen.

Bestimmung der lichttechnischen Anforderungen

Eine der wesentlichen Aufgaben der Planung der Straßenbeleuchtung ist die Bestimmung der Beleuchtungsklasse, mit der die lichttechnischen Anlagendaten festgelegt werden.

Die Prozedur zur Bestimmung der Gütemerkmale der Beleuchtung einer bestimmten Straße gliedert sich in folgende Schritte:

- Zunächst muss die zu beleuchtende Straße hinsichtlich der verkehrlichen Daten in eine **Beleuchtungssituation** nach CEN/TR 13201-1 eingeordnet werden (siehe Tabelle 2-7).

- Anschließend erfolgt die Auswahl der **Beleuchtungsklasse** nach CEN/TR 13201-1 aufgrund der Basis- und Zusatztabellen (siehe Tabelle 2-12).
- Schließlich werden aufgrund der Beleuchtungsklasse die **lichttechnischen Anforderungen** an die Beleuchtung nach DIN EN 13201-2 bestimmt (siehe Tabellen 2-14 bis 2-16).



Beispiel 1
Bestimmung der lichttechnischen Anlagenwerte einer Hauptverkehrsstraße.

In Bild 2-7 ist für eine Hauptverkehrsstraße die **Beleuchtungssituation** B2 markiert.

In den Bildern 2-10 und 2-11 ist ein Beispiel für die Ermittlung der **Beleuchtungsklasse** markiert. Das Ergebnis ist die Beleuchtungsklasse ME3c.

Aus Tabelle 2-14 entnimmt man für die Klasse ME3c folgende Anlagenwerte:
 – Wertungswert der mittleren Leuchtdichte $L_m = 1,0 \text{ cd/m}^2$
 – Gesamtgleichmäßigkeit $U_0 = 0,4$
 – Längsgleichmäßigkeit $U_1 = 0,5$
 – Schwellenerhöhung $TI = 15 \%$
 – Umgebungs-Beleuchtungsstärkeverhältnis $SR = 0,5$.

3-1 Bestimmung der lichttechnischen Anlagenwerte

Beispiel 2
Bestimmung der lichttechnischen Anlagenwerte einer Anlieger- und Wohnstraße

Eigenschaften der zu beleuchtenden Straße	siehe Tabelle	Ergebnis	
Anliegerstraße – max. Geschwindigkeit 30 km/h – kein Verkehrsteilnehmer ist ausgeschlossen	2-7	Beleuchtungssituation	D3
– keine baulichen Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung – parkende Fahrzeuge vorhanden – Schwierigkeit der Fahraufgabe ist normal – Verkehrsfluss Fußgänger und Radfahrer ist normal	2-12	Die Basistabelle für Beleuchtungssituation D3 ergeben drei Beleuchtungsklassen	S3, S4, S5
– Komplexität des visuellen Feldes ist normal – Kriminalitätsrisiko ist normal – Gesichtserkennung ist erforderlich – Leuchtdichte der Umgebung ist niedrig	2-12	Aus der Zusatztabelle zur Beleuchtungssituation D3 wird der Richtungspfeil „links“ entnommen.	<
	2-12	Beleuchtungsklasse nach der Basistabelle	S5
Anlagenwerte	2-15	Wertungswert der Beleuchtungsstärke Minimalwert (Wertungswert)	3 lx 0,6 lx
Gesichtserkennung ist wichtig, zusätzliche ES-Klasse berücksichtigen	2-13	Zu S5 zugehörige ES-Klasse	ES 8
	2-16	Wertungswert der halbzylindrischen Beleuchtungsstärke	0,75

Beobachterstandort, Bewertungsfeld und Anlagengeometrie

Die Planung der lichttechnischen Anlagendaten geht von der Zuordnung der Straße zu den baulichen und verkehrlichen Kriterien gemäß DIN EN 13201 aus. Wenn das Kriterium Leuchtdichte angewendet werden kann, was für die meisten Straßen zutrifft, sind die Wahrnehmungsbedingungen des Kraftfahrers (Beobachterstandort) und die Reflexionseigenschaften des Fahrbahnbelages ebenso ausschlaggebend für die Leuchtdichte und deren Gleichmäßigkeit.

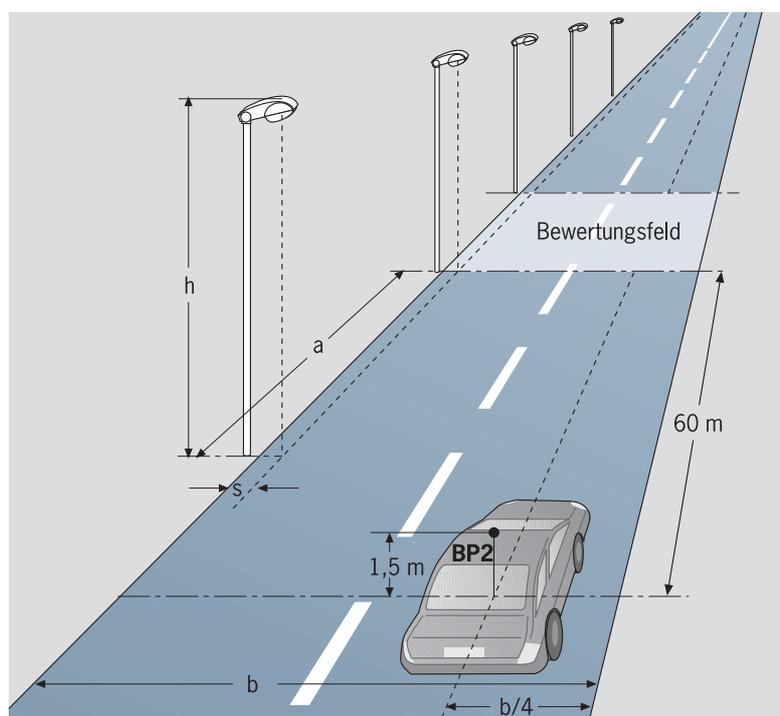
DIN EN 13201-3 definiert den Beobachterstandort und das Bewertungsfeld für die Güte der Straßenbeleuchtung. Der Beobachterstandort befindet sich auf der Mittellinie des rechten Fahrstreifens, bei zwei Fahrstreifen also $b/4$ vom rechten Fahrbahnrand entfernt und in 1,5 m über der Fahrbahnoberfläche.

Das Bewertungsfeld nimmt die gesamte Fahrbahnbreite ein, beginnt 60 m vor dem Beobachter und erstreckt sich über die Länge eines Lichtpunktabstandes a , der mit einer Leuchte beginnt und der nächsten Leuchte endet.

Lichtpunkthöhe h in m	Abstand des Lichtschwerpunktes der Leuchte von der Fahrbahnoberfläche.
Lichtpunktabstand a in m	Abstand zwischen zwei aufeinander folgenden Lichtpunkten einer Fahrbahnseite.
Fahrbahnbreite b in m	Abstand zwischen den Fahrbahnbegrenzungen. Parkstreifen, Radwege und Fußwege zählen nicht zur Fahrbahn.
Lichtpunktüberhang s in m	Abstand zwischen der Projektion des Lichtschwerpunktes der Leuchten auf die Fahrbahnoberfläche und dem Fahrbahnrand. Befindet sich der Lichtpunkt außerhalb der Fahrbahn, ist s negativ anzugeben.
Neigungswinkel δ	Winkel, um den die Leuchte gegen die Horizontale geneigt ist. Alle Leuchten werden bei $\delta=0^\circ$ photometriert. Das gilt auch für solche Leuchten, deren Lichtaustrittsflächen gegenüber der Horizontalen geneigt sind bzw. solche, die konstruktiv vorgegebene Leuchtenneigungen aufweisen. Abweichungen von dieser Messlage sind in den objektspezifischen Computerplanungen entsprechend zu berücksichtigen.



3-2 Geometrische Größen der Straßenbeleuchtung



3-3 Geometrie der Straßenbeleuchtung. BP2 ist die Position des leuchtenfernen Beobachters

Reflexionseigenschaften und Klassifizierung von Fahrbahnoberflächen

Die Fahrbahnleuchtdichte L am Punkt P auf der Fahrbahn wird von der Beleuchtungsstärke E und den Reflexionseigenschaften der Fahrbahnoberfläche bestimmt. Die Beleuchtungsstärke E ist abhängig von der räumlichen Lichtstärkeverteilung $I(\gamma, \varphi)$ der Leuchten, dem Lichtstrom der verwendeten Lampen und der Geometrie der Beleuchtungsanlage. Die Reflexionseigenschaften der Fahrbahnoberfläche werden durch den Leuchtdichtekoeffizienten $q(\gamma, \varphi)$ beschrieben, der im wesentlichen von der Lichteinfallrichtung γ , der Beobachtungsrichtung φ und dem Beobachtungswinkel (1° zur Horizontalen) abhängt und in Bild 3-4 als räumliche Indikatrix dargestellt ist.

$$L = q(\gamma, \varphi) \cdot E$$

Trockene Fahrbahnoberflächen sind nach der Art ihrer Reflexion in vier Klassen R1 bis R4 und in zwei internationale Klassen C1 und C2 eingeteilt. Für nasse Fahrbahnen sind bisher keine anerkannten Klassifizierungen vorhanden, für feuchte Fahrbahnen sind z.B. in nordeuropäischen Staaten W-Klassen definiert. Fehlen die Angaben zu den Reflexionseigenschaften der Fahrbahnoberfläche, wird in der Praxis als Standard der Belag R3 mit einem mittleren Leuchtdichtekoeffizienten von $q_0 = 0,08 \text{ cd}/(\text{m}^2 \text{ lx})$ vorausgesetzt.

Aufgrund der international definierten Fahrbahnbeläge wird sich zukünftig der Belag C2 mit $q_0 = 0,07$ als Standard ergeben.

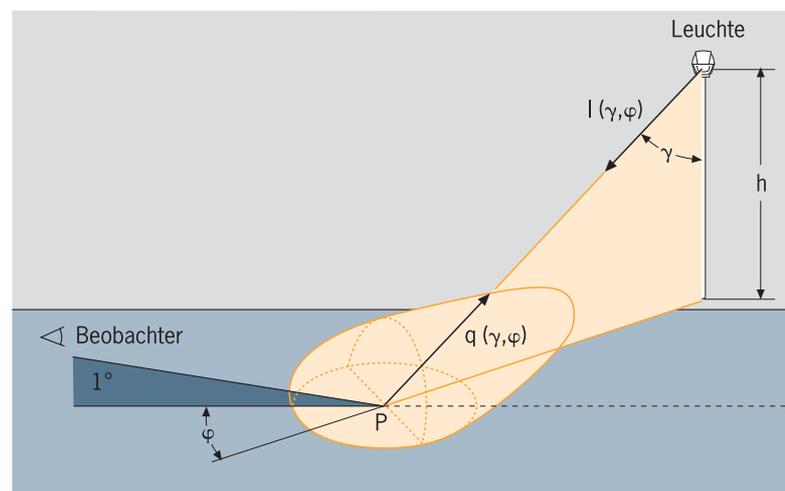
Die Klasseneinteilungen trockener Fahrbahnen erfolgen aufgrund des Spiegelfaktors χ_p und des mittleren Leuchtdichtekoeffizienten q_0 . Stark streuend reflektierende, raue Oberflächen sind gekennzeichnet durch niedrige χ_p -Werte, stark spiegelnd reflektierende, glatte Oberflächen durch hohe χ_p -Werte.



Helle Fahrbahnmaterialien (z. B. mit Quarzanteilen) weisen hohe, dunkle Fahrbahnmaterialien (z. B. mit dunklen mineralischen Füllstoffen) niedrige mittlere Leuchtdichtekoeffizienten q_0 auf. Die Werte von χ_p und q_0 können sich im Laufe der Nutzung der Fahrbahn durch Reifenabrieb, Ölschichten, Verschmutzungen, Feuchtigkeit usw. erheblich ändern.

Standard	Bereich von χ_p	q_0 in $\frac{\text{cd}}{\text{m}^2 \text{ lx}}$
R1	$\chi_p \leq 0,22$	$0,10 \pm 0,03$
R2	$0,22 < \chi_p \leq 0,33$	$0,07 \pm 0,02$
R3	$0,33 < \chi_p \leq 0,44$	$0,08 \pm 0,02$
R4	$0,44 < \chi_p \leq 0,55$	$0,08 \pm 0,02$
C1	$\chi_p = 0,11$	0,08
C2	$\chi_p = 0,33$	0,07

3-5 Reflexionsklassen von Fahrbahnoberflächen



3-4 Darstellung des räumlichen Leuchtdichtekoeffizienten $q(\gamma, \varphi)$

Wartungsfaktor

Die empfohlenen Werte der Beleuchtungsstärke und Leuchtdichte sind Wertungswerte, die zu keiner Zeit unterschritten werden dürfen.

Der der Planung zugrunde zu legende Neuwert der Beleuchtungsstärke bzw. Leuchtdichte ergibt sich aus dem Wertungswert und dem Wertungsfaktor:

$$\text{Neuwert} = \text{Wertungswert} / \text{Wertungsfaktor}$$

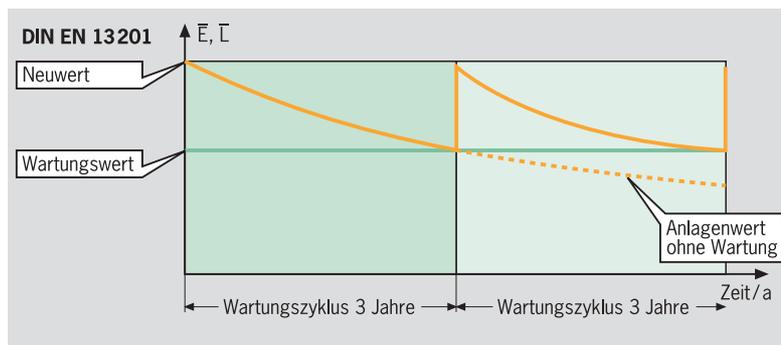
Der Wertungsfaktor berücksichtigt die Abnahme des Lichtstroms der Lampen und die Verschmutzung der Leuchten während der Betriebszeit. Daher sollte die Beleuchtungsanlage mit einem alle Einflüsse berücksichtigenden Wertungsfaktor geplant werden, der für die vorgesehene Beleuchtungseinrichtung, die räumliche Umgebung und den festgelegten Wertungsplan errechnet wurde.

Der Wertungswert der Beleuchtungsstärke bzw. Leuchtdichte hängt

- vom Alterungsverhalten der Lampen und der Vorschaltgeräte,
- von der Schutzart der Leuchte,
- von den Verschmutzungsbedingungen der Umgebung und
- vom Wertungsprogramm ab.

Der Planer muss

- den Wertungsfaktor angeben und alle Annahmen aufführen, die zu seiner Bestimmung gemacht wurden,
- die Beleuchtungseinrichtung entsprechend der Nutzung festlegen,
- einen umfassenden Wertungsplan erstellen, der das Intervall für den Lampenwechsel, das Intervall für die Reinigung der Leuchten und die Reinigungsmethoden enthalten muss.



3-6 Abnahme der mittleren Beleuchtungsstärke bzw. Leuchtdichte im Laufe der Betriebszeit der Anlage am Beispiel eines dreijährigen Wertungszyklus

In (Entwurf) DIN EN 12464-2 „Beleuchtung von Arbeitsstätten im Freien“ wird auf die Publikation der Internationalen Beleuchtungskommission CIE 154:2003 „The Maintenance of Outdoor Lighting Systems“ verwiesen. Zwar findet sich ein solcher Querverweis in der Normenreihe DIN EN 13201 nicht, jedoch, was für Arbeitsstätten im Freien gilt, kann sicher auch als Hinweis für die Planung der Beleuchtung für Straßen und Fußgängerbereiche angesehen werden.

In CIE 154 sind Werte für

- den Lampenlichtstrom-Wertungsfaktor,
 - den Lampenlebensdauerfaktor und
 - den Leuchten-Wertungsfaktor
- in Abhängigkeit von der Betriebszeit der Beleuchtungsanlage angegeben.

Die nachfolgenden Diagramme (Bild 3-7 und 3-9) basieren auf den Werten dieser CIE-Publikation, wobei der Lampenwertungsfaktor LaWF als das Produkt aus

dem Lampenlichtstrom-Wertungsfaktor und dem Lampenlebensdauerfaktor dargestellt ist.



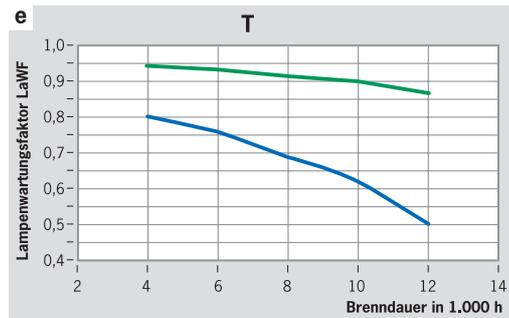
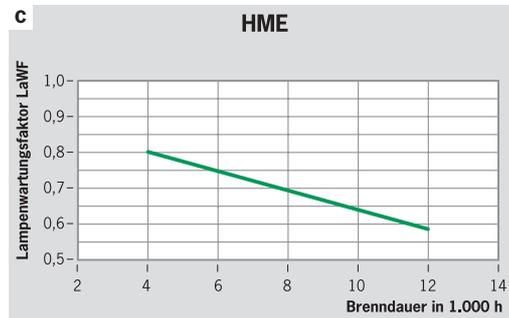
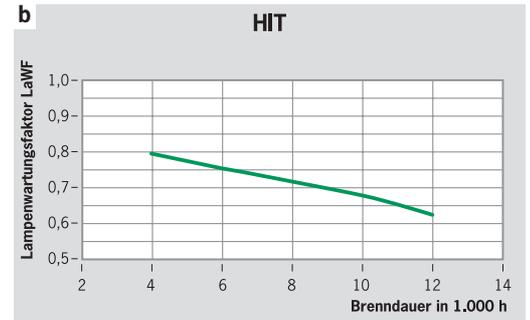
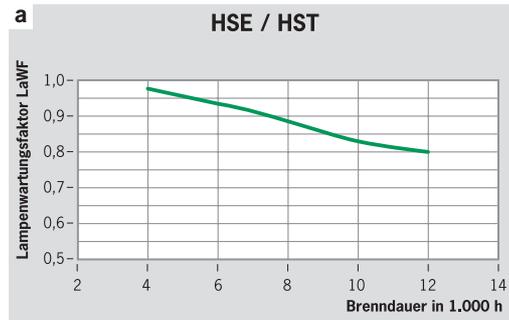
TIPP

Die Werte in Bild 3-7 sind Mittelwerte und differenzieren nicht nach der auf die Lichtstromabnahme ebenfalls einwirkenden Lampenleistung, Schalthäufigkeit und Art des Vorschaltgerätes. Im Einzelfall sind die betreffenden Werte des Lampenherstellers heranzuziehen.

Der Wertungsfaktor WF ist das Produkt aus dem Lampenwertungsfaktor LaWF und dem Leuchtenwertungsfaktor LWF:

$$\text{WF} = \text{LaWF} \cdot \text{LWF}$$

Lampenwartungsfaktor



- 3-7 Lampenwartungsfaktor LaWF für**
a Natrium-Hochdrucklampen HSE / HST
b Halogen-Metaldampflampen HIT
c Quecksilberdampf-Hochdrucklampen HME
d Natriumdampf-Niederdrucklampen LST
e Standard-Leuchtstofflampen (blau) und Dreibanden-Leuchtstofflampen (grün) T

Für die Ermittlung der Betriebszeit der Lampen in Stunden pro Jahr können die Werte gem. Tabelle 3-8 herangezogen werden, die sich aus der Einschaltzeit der Anlage ergeben.

Betriebsdauer der Anlage	Brenndauer h/a
Kontinuierlich, dauernd	8760
Jede Nacht von Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang	bis 4200
Jede Nacht von Sonnenuntergang bis 24.00 Uhr	2600
5 Nächte pro Woche von Sonnenuntergang bis 22:00 Uhr	1300
4 Stunden je Woche	208

3-8 Beispiele für typische jährliche Brennzeiten von Lampen nach CIE 154:2003

Leuchtenwartungsfaktor

Die Verschmutzung von Lampen und Leuchten hat den größten Einfluss auf die Verringerung der Beleuchtungsstärke und damit auf den Wartungsfaktor. In Bild 3-9 sind die Leuchtenwartungsfaktoren LWF nach CIE 154:2003 dargestellt. Je geringer der Schmutzanfall in der Umgebung und je höher die Schutzart der Leuchte ist, d. h. der Schutz gegen Eindringen von Fremdkörpern (ausgedrückt durch die erste Ziffer des IP- Kennzeichnungssystems), je geringer ist die Innen- und Außenverschmutzung der Leuchte und je höher ist auch der Leuchtenwartungsfaktor.

Schutzarten gegen Eindringen von Fremdkörpern

- IP2x Schutz gegen Eindringen von Fremdkörpern ab 12 mm Größe
- IP5x staubgeschützt
- IP6x staubdicht

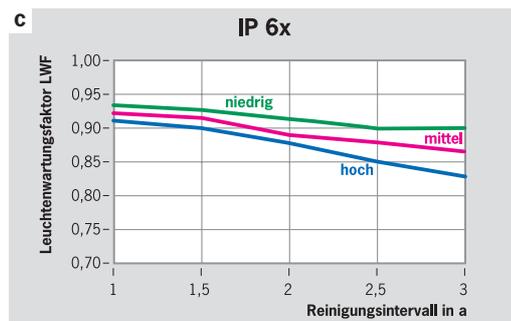
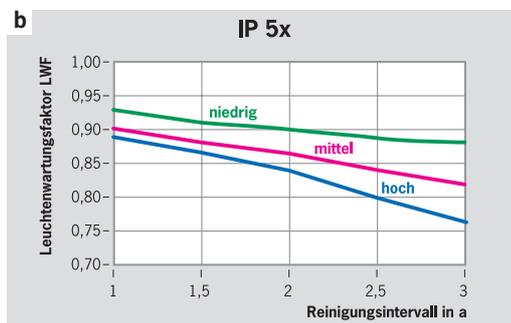
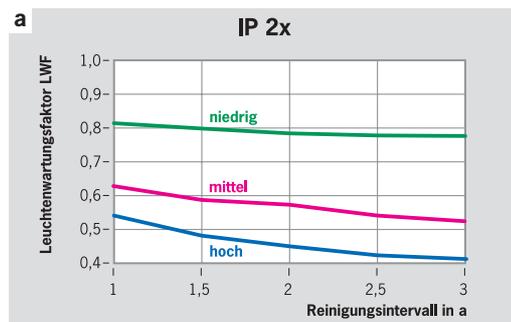
Verschmutzungskategorien sind

- Niedrig: Außerhalb von Rauch- und Staubemissionen, Wohngebiete und landwirtschaftliche Gebiete, geringes Niveau der Umweltbelastungen mit weniger als 150 Mikrogramm Staubpartikeln je Kubikmeter Raumluft.
- Mittel: Mittelmäßige Rauch- und Staubexposition, mittlerer bis starker Straßenverkehr, mit weniger als 160 Mikrogramm Staubpartikeln je Kubikmeter Raumluft.
- Hoch: In der Nähe werden ständig Rauch und Staub in die Umgebung der Leuchten ausgestoßen.



TIPP

Die Werte in Bild 3-9 sind Mittelwerte und differenzieren nicht nach weiteren, zum Beispiel materialtechnischen und formalen Kriterien, die die optischen Eigenschaften der Leuchte im Laufe der Nutzungszeit beeinflussen. So hat zum Beispiel die äußere Form der Leuchte einen wesentlichen Einfluss auf die Selbstreinigung durch Niederschläge. Im Einzelfall sind die betreffenden Hinweise des Leuchtenherstellers heranzuziehen, zumal die Leuchten auch hinsichtlich ihres Anfalls gegen Verstaubung bzw. ihrer Selbstreinigung entwickelt werden.



3-9 Leuchtenwartungsfaktoren LWF für verschiedene Schutzarten der Leuchten und Verschmutzungskategorien der Umgebung

Beispiel

Der Wartungsfaktor für eine Beleuchtungsanlage in einem großen Industriegebiet soll ermittelt werden.

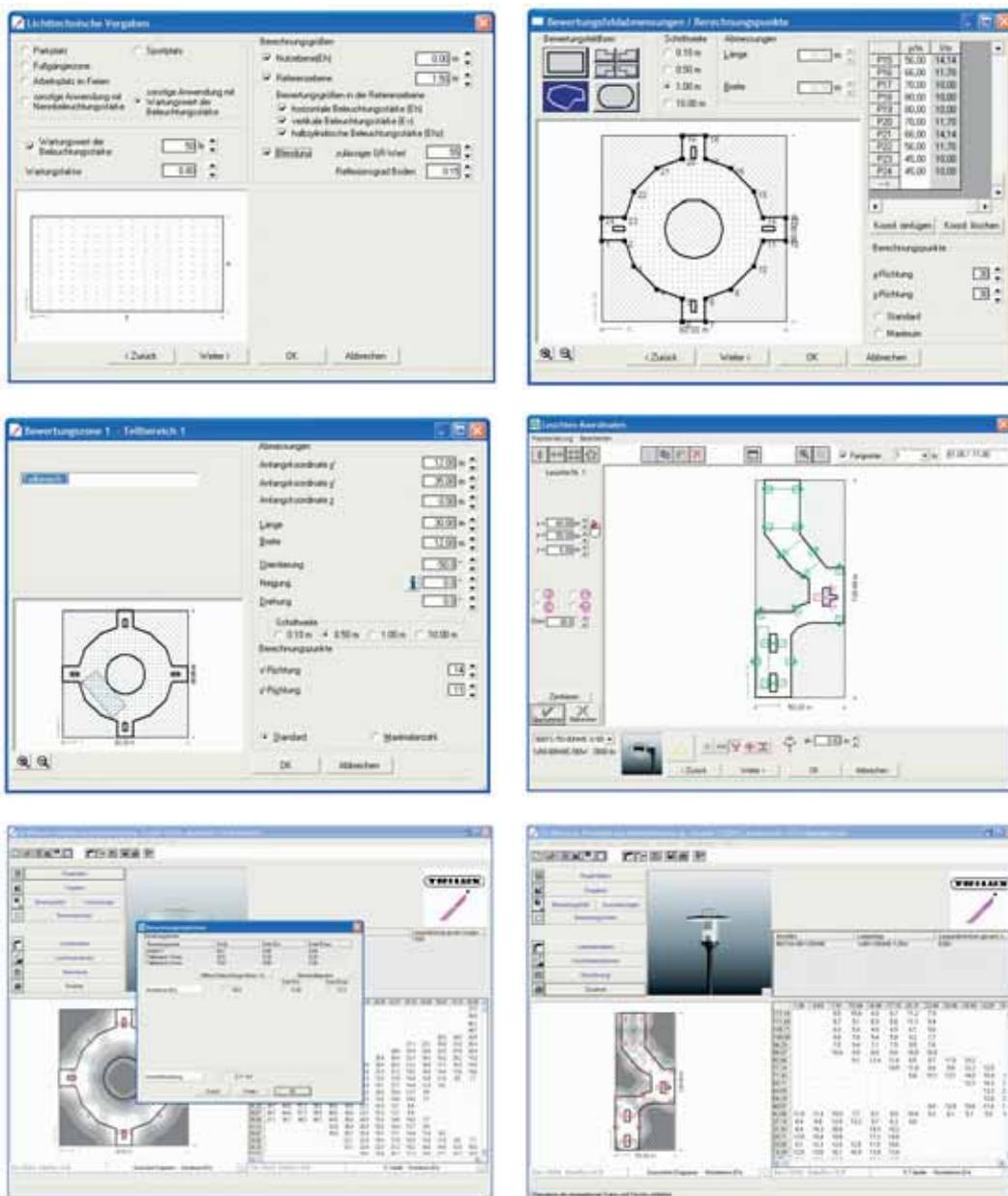
Brennzeit: Jede Nacht von Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang	Nach Tabelle 3-8: Brennzeit: 4000 h/a
Leuchtenreinigung und Lampenwechsel: Alle 3 Jahre	Brennzeit 12.000 h
Lampen: Natriumdampf-Hochdrucklampen	Nach Bild 3-7(a) LaWF = 0,80
Umgebung: Neben einer Schnellverkehrsstraße	Verschmutzungskategorie: mittel
Leuchten: IP65	Nach Bild 3-9(c) LWF = 0,87
Wartungsfaktor: $WF = LaWF \cdot LWF$	$0,80 \cdot 0,87 = 0,70$

Planung der Beleuchtung mit TX-WINarea

TRILUX-Planungssoftware TX-WINarea

ermöglicht die Berechnung der lichttechnischen Größen der Beleuchtung von Plätzen, Kreuzungen, Kreisverkehreanlagen usw. Ebenso können Beleuchtungsstärken auf vertikalen oder geneigten Flächen auf der Grundlage von DIN EN 13201 berechnet werden.

Durch Änderung der Planungsvorgaben, wie der Leuchtenanordnung, können diverse Alternativen und deren lichttechnische Daten berechnet und für eine individuelle Auswahl tabellarisch zusammengefasst werden.



3-11 Beispiel für die Planung der Beleuchtung mit der Software TX-WINarea

4 Fußgänger- und Radfahrbereiche



Die architektonische Gestaltung von Fußgängerbereichen ist von großer Bedeutung für das Ansehen einer Stadt, für die Lebensqualität seiner Bürger und die Interessen des Wirtschaftslebens. Die Beleuchtung übernimmt dabei die Aufgabe, Verlauf und Begrenzung der Straßen, Wege und Plätze sowie Hindernisse und Gefahrenstellen rechtzeitig erkennbar zu machen. Diese Sicherheitsfunktion kann eine gute Beleuchtung

neben ihrer gestalterischen Wirkung nur dann erfüllen, wenn bestimmte Gütemerkmale der Beleuchtung eingehalten werden. Diese Gütemerkmale sind in der europäischen Norm DIN EN 13201 und weiteren Regelwerken zusammengefasst und berücksichtigen auch die zeitweise Benutzung der Fußgängerbereiche durch Radfahrer und langsam fahrende Kraftfahrzeuge.

Beleuchtungssituationen

Für Fußgänger- und Radfahrbereiche kommen nur die Beleuchtungssituationen C1, D4, E1 und E2 nach CEN/TR 13201-1 in Betracht. Die Beispiele in

Tabelle 4-1 erleichtern das Auffinden der zutreffenden Beleuchtungssituation.

Geschwindigkeit des Hauptnutzers	Nutzertypen innerhalb einer betrachteten Fläche				Beleuchtungssituation	Anwendungsbeispiele
	Hauptnutzer	Andere zugelassene Nutzer	Ausgeschlossene Nutzer			
5 bis 30 km/h	Radfahrer	Fußgänger	Motorisierter Verkehr, langsam fahrende Fahrzeuge		C1	Radwege, Fußwege, Bürgersteige, auch solche, die neben, aber getrennt von Fahrstraßen verlaufen
	Motorisierter Verkehr langsam fahrende Fahrzeuge	keine	keine		D4	Verkehrsberuhigte Zonen, Spielstraßen, Marktplätze, Parkplätze
Schrittgeschwindigkeit	Radfahrer, Fußgänger					
	Fußgänger	keine	Motorisierter Verkehr, langsam fahrende Fahrzeuge		E1	Fußgänger- und Einkaufszonen, Fußwege, Fußwege neben, aber getrennt von Fahrbahnen
		Motorisierter Verkehr, langsam fahrende Fahrzeuge, Radfahrer	keine		E2	Werksstraßen, Wege für den Lade- und Zubringerverkehr, Bushaltestellen

4-1 Beleuchtungssituationen für Fußgänger- und Radfahrbereiche nach CEN/TR 13201-1

Beleuchtungsklassen

Für Fußgänger- und Radfahrbereiche sind ebenfalls nur bestimmte Beleuchtungsklassen nach DIN EN 13 201-2 anwendbar (Tabelle 4-2).

S-Klassen

Die Beleuchtungsklassen S1 bis S7 werden für Fußgänger- und Radfahrbereiche, Stand- und Sicherheitsstreifen und andere Straßenbereiche außerhalb der Fahrbahnen, für repräsentative Straßen, Anwohnerstraßen, Fußgängerzonen, Fußwege, Radwege, Parkstraßen, Schulhöfe usw. angewendet. Die Beleuchtung wird nach dem Kriterium Beleuchtungsstärke bewertet.

Die Gütemerkmale sind: \bar{E}_m , E_{min}

A-Klassen

Die Beleuchtungsklassen A1 bis A6 werden wie die S-Klassen angewendet, jedoch erfolgt die Bewertung mit der halbsphärischen (halbräumlichen) Beleuchtungsstärke.

Die Gütemerkmale sind: E_{hs} , U_0

ES-Klassen

Die Beleuchtungsklassen ES1 bis ES9 ermöglichen eine zusätzliche Bewertung der Beleuchtung durch die halbzylindrische Beleuchtungsstärke, z. B. für Bereiche erhöhter Kriminalität, d. h. zur Identifizierung von Personen und Objekten gegen das subjektive Gefühl der Unsicherheit in Fußgängerzonen und auf Parkplätzen.

Das Gütemerkmal ist: $E_{sc, min}$

4-2 Beleuchtungsklassen für Fußgänger- und Radfahrbereiche nach DIN EN 13 201-2

Fußgängerbereiche

Unter der **Beleuchtungssituation E1** werden Fußgängerbereiche verstanden, die auch von Rollstuhlfahrern genutzt werden, wobei die Schrittgeschwindigkeit das wesentliche Verkehrskriterium ist. Langsam fahrende, motorangetriebene Fahrzeuge dürfen diese Bereiche nicht benutzen. Beispiele sind Fußgänger- und Einkaufszonen, Bushaltestellen, Fußwege und Treppen in Park-, Grün- und Wohnanlagen, Fußwege neben Fahrbahnen (von diesen aber getrennt); ebenso auch Parkplätze und Schulhöfe.

Die **Beleuchtungssituation E2** lässt zusätzlich auch langsam fahrende, motorisierte Fahrzeuge und Radfahrer zu, ebenfalls jedoch mit Schrittgeschwindigkeit – zum Beispiel für Werksstraßen, Wege für den Lade- und Zubringerverkehr, Bahnhofsvorplätze mit Bushaltestellen.

Die für die Beleuchtungssituationen E1 und E2 zutreffenden **Beleuchtungsklassen** – von wenigen Fällen abgesehen sind das die S-Klassen – können nach Bild 4-3 bestimmt werden. Die Ausnahmen betreffen extreme Bedingungen (siehe Tabelle 4-3). Dafür ist die Klasse CE2 mit $\bar{E}_m = 20 \text{ lx}$ und $U_0 = 0,4$ anzuwenden.



E1 Basistabelle							
Kriminalitätsrisiko	Gesichtserkennung	Verkehrsfluss Fußgänger					
		normal			hoch hoch		
		◁	○	▷	◁	○	▷
normal	nicht erforderlich	S6	S5	S4	S5	S4	S3
	erforderlich	S5	S4	S3	S4	S3	S2
höher als normal	erforderlich	S3	S2	S1	S2	S1	CE2
höher als normal	erforderlich	S3	S2	S1	S2	S1	CE2

Zu den erforderlichen S- und CE-Klassen zusätzliche ES- Klassen siehe Tabelle 4-6.

E2 Basistabelle							
Kriminalitätsrisiko	Gesichtserkennung	Verkehrsfluss Fußgänger					
		normal			hoch		
		◁	○	▷	◁	○	▷
normal	nicht erforderlich	S5	S4	S3	S4	S3	S2
	erforderlich	S3	S2	S1	S3	S2	S1
höher als normal	erforderlich	S2	S1	CE2	S2	S1	CE2

Zu den erforderlichen S- und CE-Klassen zusätzliche ES- Klassen siehe Tabelle 4-6.

E1, E2 Zusatztable		
Leuchtdichte der Umgebung		
niedrig	mittel	hoch hoch
◁	○	▷
		▷

4-3 Basistabellen und Zusatztable der Beleuchtungssituationen E1 und E2 zur Ermittlung der Beleuchtungsklasse für Fußgängerbereiche nach CEN/TR 13201-1; die farbigen Markierungen betreffen die Beispiele Seite 33

Beleuchtungsstärke und Gleichmäßigkeit

Mit der Beleuchtungsklasse werden die Wartungswerte der mittleren Beleuchtungsstärke \bar{E}_m und der minimalen Beleuchtungsstärke E_{min} bestimmt. Für die S-Klassen sind diese der Planung zugrunde zu legenden Werte in Tabelle 4-4 enthalten.

Zusätzlich zu den Festlegungen in DIN EN 13201-2 sind auch die Festlegungen für die Beleuchtung von Wegen in Arbeitsstätten im Freien nach (Entwurf) DIN EN 12464-2 zu berücksichtigen (Tabelle 4-5).

	Horizontale Beleuchtungsstärke	
Klasse	\bar{E}_m in lx Wartungswert	E_{min} in lx Wartungswert
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1
S5	3	0,6
S6	2	0,6
S7	unbestimmte Anforderung	unbestimmte Anforderung

4-4 Beleuchtungsklassen S mit lichttechnischen Anlagendaten für die Beleuchtung für Fußgängerbereichen nach DIN EN 13201-2

	Wartungswert der Beleuchtungsstärke	Gleichmäßigkeit E_{min}/\bar{E}
Gehwege, ausschließlich für Fußgänger	5 lx	0,25
Verkehrsflächen für sich langsam bewegende Fahrzeuge (max. 10 km/h), z.B. Fahrräder, Lastwagen, Bagger	10 lx	0,40

4-5 Anforderungen an die Beleuchtung von Verkehrswegen für Fußgänger und Radfahrer in Arbeitsstätten im Freien nach (Entwurf) DIN EN 12464-2

Körperliches Sehen, Gesichtserkennung

Fußgängerbereiche werden dann als sicherer akzeptiert, wenn das Verhalten der Passanten und deren Absichten rechtzeitig erkannt werden. Man muss also körperliche Bewegungen und Gesichtsausdrücke bereits aus einer genügenden Entfernung erkennen können. Daraus folgt, dass entgegenkommende Personen entsprechend beleuchtet sein müssen. Als lichttechnische Größe wird dafür die halbzyindrische Beleuchtungsstärke E_{sc} – der Mittelwert der vertikalen Beleuchtungsstärken E_v in einem Winkelbereich von -90° bis $+90^\circ$ um eine vertikale Achse – herangezogen (siehe Bild 2-1).

Bei der Auswahl der Beleuchtungsklasse (Tabelle 4-3) ist für dieses Sicherheitsbedürfnis das Kriterium „Gesichtserkennung“ vorgesehen.

Nach DIN EN 13201-2 sind in diesen Fällen für die Beleuchtung von Fußgängerbereichen zusätzlich die

ES-Klassen heranzuziehen, mit denen ein gutes räumliches Sehvermögen und insbesondere die Erkennbarkeit von Gesichtern beschrieben werden.

Durch eine entsprechend hohe halbzyindrische Beleuchtungsstärke soll dem subjektiven Gefühl der Unsicherheit und dem Kriminalitätsrisiko entgegengewirkt werden. Die halbzyindrische Beleuchtungsstärke gilt für eine Ebene in 1,5 m Höhe über dem Boden und für alle Blickrichtungen. Bei Wegen sind im Allgemeinen zwei und bei Plätzen vier Hauptrichtungen für die Bewertung ausreichend.

Die Zuordnung der S- und CE-Beleuchtungsklassen zu den ES-Klassen ist in Tabelle 4-6 und die Wartungswerte der minimalen halbzyindrischen Beleuchtungsstärke, die an keinem Punkt und zu keiner Zeit unterschritten werden dürfen, sind in Tabelle 4-7 enthalten.

Beleuchtungsklassen

CE0	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5			
			S1	S2	S3	S4	S5	S6
ES1	ES2	ES3	ES4	ES5	ES6	ES7	ES8	ES9

4-6 Zuordnung der S- bzw. CE-Klassen zu den ES-Klassen zur Bewertung des körperlichen Sehens in Fußgängerbereichen; die farbigen Markierungen betreffen die Beispiele

	Halbzyindrische Beleuchtungsstärke
Klasse	$E_{sc,min}$ in lx
ES1	10
ES2	7,5
ES3	5
ES4	3
ES5	2
ES6	1,5
ES7	1
ES8	0,75
ES9	0,5

4-7 Wartungswerte der minimalen halbzyindrischen Beleuchtungsstärke, die zu keiner Zeit und an keinem Punkt der Bewertungsrichtung unterschritten werden dürfen

Beispiele

Die nachfolgenden Beispiele sollen die Vorgehensweise zur Bestimmung

- der Beleuchtungssituation,
- der Beleuchtungsklasse und
- der Anlagendaten

für die Beleuchtung von Fußgängerbereichen erläutern. Dabei wurde von Annahmen ausgegangen, die im konkreten Einzelfall auch andere sein können.

Beispiel 1	
Fußgängerweg in einer ruhigen Wohnanlage	
Beleuchtungssituation (siehe Bild 4-1)	E1
Beleuchtungsklasse (siehe Tabelle 4-3, orange Markierung)	S3
Wartungswert der Beleuchtungsstärke (siehe Tabelle 4-4)	7,5 lx
Minimalwert der Beleuchtungsstärke (siehe Tabelle 4-4)	1,5 lx
Gesichtserkennung ist wichtig, zusätzlich ES-Klasse berücksichtigen (siehe Tabelle 4-6, orange Markierung)	ES 6
Minimalwert der halbzyklischen Beleuchtungsstärke (siehe Tabelle 4-7)	1,5 lx

Beispiel 2	
Bushaltestellen in der Innenstadt	
Beleuchtungssituation (siehe Bild 4-1)	E1
Beleuchtungsklasse (siehe Tabelle 4-3, blaue Markierung)	CE2
Wartungswert der Beleuchtungsstärke (siehe Tabelle 2-14)	20 lx
Gleichmäßigkeit E_{\min}/\bar{E} (siehe Tabelle 2-14)	0,4
Gesichtserkennung ist wichtig, zusätzlich ES-Klasse berücksichtigen (siehe Tabelle 4-6, blaue Markierung)	ES 3
Minimalwert der halbzyklischen Beleuchtungsstärke (siehe Tabelle 4-7)	5 lx

Beispiel 3	
Fußgängerweg in einer Hauptgeschäftsstraße in einer großen Stadt	
Beleuchtungssituation (siehe Bild 4-1)	E1
Beleuchtungsklasse (siehe Tabelle 4-3, grüne Markierung)	S2
Wartungswert der Beleuchtungsstärke (siehe Tabelle 4-4)	10 lx
Minimalwert der Beleuchtungsstärke (siehe Tabelle 4-4)	3 lx
Gesichtserkennung ist wichtig, zusätzlich ES-Klasse berücksichtigen (siehe Tabelle 4-6, grüne Markierung)	ES 5
Minimalwert der halbzyklischen Beleuchtungsstärke (siehe Tabelle 4-7)	2 lx

Beispiel 4	
Zubringerweg zu einem Einkaufszentrum bzw. Werksstraße mit Fahrzeugen in Schrittganggeschwindigkeit	
Beleuchtungssituation (siehe Bild 4-1)	E2
Beleuchtungsklasse (siehe Tabelle 4-3, violette Markierung)	S4
Wartungswert der Beleuchtungsstärke (siehe Tabelle 4-4)	5 lx
Minimalwert der Beleuchtungsstärke (siehe Tabelle 4-4)	1 lx

Radfahrwege

Radfahren wird immer beliebter. In einigen Ländern und Städten Europas sind es die Radfahrer, die das Verkehrsgeschehen prägen. Der Ausbau von Radfahrwegen nimmt zu, um die Risiken gegenüber Unfällen untereinander, mit Passanten und Kraftfahrzeugen zu verringern. Beleuchtete Radfahrwege sind sicherer und machen solche gemeindlichen Investitionen beim Bürger attraktiv.

Ein Fahrradscheinwerfer erzeugt in einem Abstand von 10 m eine Beleuchtungsstärke von etwa 0,5 lx, im Abstand von 20 m nur etwa 0,15 lx – weniger als in einer Vollmondnacht. Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 10 bis 20 km/h können bei diesen geringen Beleuchtungsstärken Hindernisse (Steine, Äste, Unebenheiten usw.) nicht mehr sicher erkannt werden, man fährt „geradewegs ins Dunkle“.

Auf Radfahrwegen nahe beleuchteter Straßen wird die Sicht meist durch hohe Leuchtdichten der Straßenbeleuchtung zusätzlich erschwert. Der Anteil der Straßenbeleuchtung auf Radfahrwegen wird oft auch durch Baumbewuchs verringert oder bereichsweise so stark abgeschattet, dass sogar gefährliche Hell-

Dunkelzonen als Tarnzonen für Hindernisse entstehen können. Stark frequentierte Radfahrwege sollten daher beleuchtet werden.

Nach CEN/TR 13201-1 gelten für Verkehrsbereiche mit Radfahrern die Beleuchtungssituationen C1 und D4 (siehe Tabelle 4-1). Die **Beleuchtungssituation** C1 betrifft vornehmlich nur von Radfahrern und Fußgängern benutzte Wege, wogegen bei der Beleuchtungssituation D4 auch langsam fahrende, motorisierte Nutzer der Verkehrsfläche hinzukommen und damit höhere Kollisionsgefahren und Unfallrisiken bestehen.

Die **Beleuchtungsklasse** wird nach Tabelle 4-8 bestimmt. In allen Fällen sind es die S-Klassen, die auch für Fußgängerbereiche gelten (siehe Tabelle 4-4).

Auch in Verkehrsbereichen für Radfahrer ist oft ein körperliches Sehen wichtig für das Sicherheitsgefühl. Daher sind auch für die Beleuchtungsklassen C1 und D4 das Merkmal „Gesichtserkennung“ und das Beleuchtungskriterium halbzyklische Beleuchtungsstärke heranzuziehen.

Radfahrwege (Fortsetzung)

C1 Basistabelle

Bauliche Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung	Kriminalitätsrisiko	Gesichtserkennung	Verkehrsfluss Radfahrer					
			normal			hoch		
			◁	○	▷	◁	○	▷
nein	normal	nicht erforderlich	S6	S5	S4	S5	S4	S3
		erforderlich	S5	S4	S3	S4	S3	S2
	höher als normal	erforderlich	S4	S3	S2	S3	S2	S1
ja			S3	S2	S1	S3	S2	S1

Zu den erforderlichen S- und CE-Klassen zusätzliche ES-Klassen siehe Tabelle 4-6.

C1 Zusatztable

Leuchtdichte der Umgebung		
niedrig	mittel	hoch
◁	○	▷

D4 Basistabelle

Bauliche Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung	Parkende Fahrzeuge	Schwierigkeit der Fahraufgabe	Verkehrsfluss Fußgänger und Radfahrer					
			normal			hoch		
			◁	○	▷	◁	○	▷
nein	nicht vorhanden	normal	S6	S5	S4	S5	S4	S3
		höher als normal	S5	S4	S3	S4	S3	S2
	vorhanden	normal	S5	S4	S3	S4	S3	S2
		höher als normal	S4	S3	S2	S3	S2	S1
ja			Wie oben, jedoch Beleuchtungsklasse ≤ S 4					

Zu den erforderlichen S- und CE-Klassen zusätzliche ES-Klassen siehe Tabelle 4-6.

D4 Zusatztable

Komplexität des visuellen Feldes	Kriminalitätsrisiko	Gesichtserkennung	Leuchtdichte der Umgebung		
			niedrig	mittel	hoch
normal	normal	nicht erforderlich	◁	○	○
		erforderlich	◁	○	▷
	höher als normal	erforderlich	○	▷	▷
hoch	normal	nicht erforderlich	○	○	○
		erforderlich	○	▷	▷
	höher als normal	erforderlich	▷	▷	▷

4-8 Basistabellen und Zusatztabellen der Beleuchtungssituationen C1 und D4 zur Ermittlung der Beleuchtungsklassen für Radfahrbereiche nach CEN/TR 13201-1; die farbigen Markierungen betreffen die Beispiele Seite 35

Beispiele

Die nachfolgenden Beispiele sollen die Vorgehensweise zur Bestimmung der Beleuchtungssituation, der Beleuchtungsklasse und der Anlagendaten für die

Beleuchtung von Radfahrwegen erläutern. Dafür sind Annahmen gemacht worden, die im konkreten Einzelfall auch andere sein können.

Beispiel 1

Radfahrweg mit hohem Verkehrsfluss in einem größeren Abstand von einer gut beleuchteten Straße bzw. von dieser durch Bäume getrennt

Beleuchtungssituation (siehe Tabelle 4-1)	C1
Beleuchtungsklasse (siehe Tabelle 4-8, orange Markierung)	S3
Wartungswert der Beleuchtungsstärke (siehe Tabelle 4-4)	7,5 lx
Minimalwert der Beleuchtungsstärke (siehe Tabelle 4-4)	1,5 lx

Beispiel 2

Gemeinsam von Fußgängern und Radfahrern benutzter Weg in einer Parkanlage

Beleuchtungssituation (siehe Tabelle 4-1)	D4
Beleuchtungsklasse (siehe Tabelle 4-8, violette Markierung)	S6
Wartungswert der Beleuchtungsstärke (siehe Tabelle 4-4)	2 lx
Minimalwert der Beleuchtungsstärke (siehe Tabelle 4-4)	0,6 lx
Gesichtserkennung ist wichtig, zusätzlich ES-Klasse berücksichtigen (siehe Tabelle 4-6, violette Markierung)	ES 9
Minimalwert der halbzyklischen Beleuchtungsstärke (siehe Tabelle 4-7)	0,5 lx



Weitere Güteermale

Für Fußgänger- und Radfahrbereiche sind zusätzlich zur horizontalen bzw. halbzyklischen Beleuchtungsstärke noch weitere Güteermale der Beleuchtung zu berücksichtigen.

Die **Blendungsbewertung** von Fußgänger- und Radfahrbereichen mit ihren typischen unterschiedlichen Blick- und Bewegungsrichtungen erfolgt entweder

- mit den Lichtstärkeklassen, die auch weitere störende Lichtemissionen erfassen (siehe Tabelle 2-3),
- mit den Blendindexklassen (siehe Tabelle 2-4) oder
- mit dem GR-Verfahren (Glare-Rating-Verfahren nach CIE 112:1994), das für die Bewertung der Blendung der Beleuchtung von Arbeitsstätten im Freien nach (Entwurf) DIN EN 12 464-2 angewandt wird.

Der Grad der Begrenzung der Blendung bestimmt ganz wesentlich die visuelle Qualität der Beleuchtung. Sie ist vom Planer in Abstimmung mit dem Betreiber der Anlage zu vereinbaren. DIN EN 13 201-2 legt daher keine Mindestanforderung an die Blendungsbegrenzung für Fußgänger- und Radfahrbereiche fest.

Die **Farbwiedergabe** hat in Fußgängerbereichen eine höhere Bedeutung als bei der Straßenbeleuchtung. Lichtquellen mit guten Farbwiedergabeeigenschaften heben das natürliche Grün der Bepflanzung hervor, machen farblich gestaltete Gebäude sowie Haut und Kleidung der Passanten deutlich erkennbar und fördern das Wohlbefinden der Menschen. Warmweiße, aber auch neutralweiße Lichtfarben werden in Fußgängerbereichen bevorzugt.

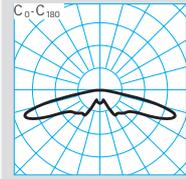
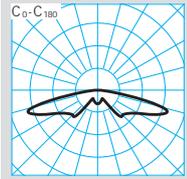
Planung der Beleuchtung

Die gestaltende Idee des Architekten von Fußgänger- und Radfahrbereichen wird durch Zahlen, Daten und Fakten der computerunterstützten Beleuchtungsplanung ergänzt. Mit Computerplanungen (siehe Bilder 3-10 und 3-11) werden die Normen und Richtlinien für die Beleuchtung in die Praxis umgesetzt.

Für die Beleuchtung von Fußgängerbereichen werden dekorative Leuchten, jedoch mit hohem Anspruch an Beleuchtungsqualität und Energieeffizienz, die durch lichttechnisch optimierte optische Systeme erreicht werden, verwendet. Warmweiße Lichtfarben der Lampen erzeugen ein angenehmes Ambiente und prägen weitgehend das nächtliche Gesicht einer Stadt.

Für die Beleuchtung von Radfahrwegen stehen Leuchten mit extrem breitstrahlenden Lichtstärkeverteilungen (LVK) zur Verfügung. Sie ergeben bei guter und gleichmäßiger Beleuchtung große Lichtpunktabstände. Dies führt zu weniger Lichtpunkten und damit zu geringeren Investitions- und Betriebskosten für die Beleuchtung.

In Bild 4-9 sind die Daten von vier Beleuchtungsanlagen für Radfahrwege enthalten, und zwar für zwei unterschiedliche Leuchtenarten. Zur Abschätzung der Investitionskosten ist die Anzahl der Leuchten je 1 km angegeben. Die lichttechnischen Anlagendaten erfüllen die Anforderungen nach DIN EN 13201.

Leuchte	9711 R...		9321 R...	
				
				
Bestückung	HST 50W	HST 70W	HST 50W	HST 70W
Lichtstrom	4400 lm	6500 lm	4400 lm	6500 lm
Wartungsfaktor	0,8	0,8	0,8	0,8
Vorgaben				
– Verkehrsfluss Radfahrer	hoch	hoch	hoch	hoch
– Kriminalitätsrisiko	normal	normal	normal	normal
– Gesichtserkennung	nicht erforderlich	nicht erforderlich	nicht erforderlich	nicht erforderlich
– Leuchtdichte der Umgebung	niedrig	mittel	niedrig	mittel
– Beleuchtungsklasse	S5	S4	S5	S4
– Wartungswert der Beleuchtungsstärke	3 lx	5 lx	3 lx	5 lx
– Minimale Beleuchtungsstärke	0,6 lx	1 lx	0,6 lx	1 lx
Planung				
– Radwegbreite	2,5 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m
– Lichtpunkthöhe	5,0 m	5,0 m	5,0 m	5,0 m
– Lichtpunktüberhang	– 0,5 m	– 0,5 m	– 0,5 m	– 0,5 m
– Lichtpunktabstand	46,0 m	44,0 m	47,0 m	45,0 m
– Wartungswert der Beleuchtungsstärke	3,2 lx	5,0 lx	3,3 lx	5,0 lx
– Minimale Beleuchtungsstärke	0,6 lx	1,1 lx	0,6 lx	1,0 lx
– Anzahl der Leuchten je km	22	23	22	22

4-9 Beispiele für die Beleuchtung von Radfahrwegen

Deutschland

(Norm-Entwurf) DIN EN 12464-2, Ausgabe: 2003-04
Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 2: Arbeitsplätze im Freien

(Norm-Entwurf) DIN EN 13201-1, Ausgabe: 1998-07
Straßenbeleuchtung – Teil 1: Auswahl der Beleuchtungsklassen

(in Vorbereitung) DIN 13201-1
Straßenbeleuchtung – Teil 1: Auswahl der Beleuchtungsklassen

DIN EN 13201-2, Ausgabe: 2004-04
Straßenbeleuchtung – Teil 2: Güteermkmale

DIN EN 13201-3, Ausgabe: 2004-04
Straßenbeleuchtung – Teil 3: Berechnung der Güteermkmale

DIN EN 13201-4, Ausgabe: 2004-04
Straßenbeleuchtung – Teil 4: Methoden zur Messung der Güteermkmale von Straßenbeleuchtungsanlagen

DIN 5044 Ortsfeste Verkehrsbeleuchtung, Beleuchtung von Straßen für den Kraftzeugverkehr,
Ausgabe: 1981-09 Teil 1: Allgemeine Güteermkmale und Richtwerte
Ausgabe: 1982-08 Teil 2: Berechnung und Messung
Diese Normenreihe wird nach Erscheinen von DIN 13201-1 teilweise ersetzt.

LiTG-Publikation Nr. 12.2:1996
Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen künstlicher Lichtquellen

LiTG-Publikation Nr. 17:1998
Straßenbeleuchtung und Sicherheit

Österreich

(Norm-Entwurf) OENORM EN 13201-1, Ausgabe: 1998-09-01
Straßenbeleuchtung – Teil 1: Auswahl der Beleuchtungsklassen

OENORM EN 13201-2, Ausgabe: 2004-02-01
Straßenbeleuchtung – Teil 2: Güteermkmale

OENORM EN 13201-3, Ausgabe: 2004-02-01
Straßenbeleuchtung – Teil 3: Berechnung der Güteermkmale

OENORM EN 13201-4, Ausgabe: 2004-02-01
Straßenbeleuchtung – Teil 4: Methoden zur Messung der Güteermkmale von Straßenbeleuchtungsanlagen

LTG Planungsgrundlagen der Straßenbeleuchtung

LTG Der LICHT-Ordner – Licht im öffentlichen Raum, mit Ergänzung Mai 2004

Schweiz

CEN-TR 13201-1, Ausgabe: 2004
Technischer Report Straßenbeleuchtung – Teil 1: Auswahl der Beleuchtungsklassen

SN EN 13201-2, Ausgabe: 2004-03
Straßenbeleuchtung – Teil 2: Güteermkmale

SN EN 13201-3, Ausgabe: 2004-01
Straßenbeleuchtung – Teil 3: Berechnung der Güteermkmale

SN EN 13201-4, Ausgabe: 2004-03
Straßenbeleuchtung – Teil 4: Methoden zur Messung der Güteermkmale von Straßenbeleuchtungsanlagen

SN 150916, Ausgabe: 1997
Ersatz für SEV 8916.1987, SN 418916
Öffentliche Beleuchtung: Richtlinien für Fußgängerzonen

Großbritannien

BS EN 13201-2, Ausgabe: 2003-12-11
Straßenbeleuchtung – Güteermkmale

BS EN 13201-3, Ausgabe: 2003-12-11
Straßenbeleuchtung – Berechnung der Güteermkmale

BS EN 13201-4, Ausgabe: 2003-12-11
Straßenbeleuchtung – Methoden zur Messung der Güteermkmale von Straßenbeleuchtungsanlagen

Frankreich

NF X90-006-2, Ausgabe: 2005-03-01
Straßenbeleuchtung – Teil 2: Güteermkmale

NF X90-006-3, Ausgabe: 2005-03-01
Straßenbeleuchtung – Teil 3: Berechnung der Güteermkmale.

NF X90-006-4, Ausgabe: 2004-04-01
Straßenbeleuchtung – Teil 4: Methoden zur Messung der Güteermkmale von Straßenbeleuchtungsanlagen

International

CIE 112:1994
„Glare Evaluation System for Use within Outdoor Sport and Area Lighting”

CIE 154:2003
„The Maintenance of Outdoor Lighting Systems”

6 Stichwortverzeichnis

	Seite		Seite			
A	Anlagenwerte der ME-, CE-, S-, A-, ES- und EV-Beleuchtungsklassen	18, 19	F	Fahrbahnbeläge	23	
	Anlieger- und Wohnstraßen, Beleuchtungssituation D3	9		Fahrzeuge, parkende	11	
	Anliegerstraßen, Beleuchtungssituation B2	9		Farbwiedergabe	7, 35	
	Äquivalenzklassen	18, 33		Fußgänger- und Einkaufszonen, Beleuchtungssituation E1	9, 29, 33	
	Autobahnen, Beleuchtungssituation A1	9		Fußgänger- und Radfahrbereiche	29ff	
	Autobahnraststätten, Raststätten, Beleuchtungssituation D1	9		Fußgänger- und Radfahrbereiche, Beleuchtungsklassen	30	
				Fußgänger- und Radfahrbereiche, Beleuchtungssituationen	29	
B	Bahnhofsvorplätze, Beleuchtungssituation D2	9	Fußgänger- und Radfahrwege, Blendungsbewertung	35		
	Basistabellen	12 bis 17	Fußgänger- und Radfahrwege, Farbwiedergabe	35		
	Basistabellen, Definition	11	Fußgänger- und Radfahrwege, Planung der Beleuchtung	36		
	bauliche Maßnahmen	11	Fußgängerbereiche	29ff		
	Beleuchtungsklassen A, Anlagenwerte	19	Fußwege, Beleuchtungssituation C1	9, 29		
	Beleuchtungsklassen A, Definition	10, 18, 30	Fußwege, Beleuchtungssituation E1	9, 29		
	Beleuchtungsklassen CE, Anlagenwerte	19	G	Gesichtserkennung, körperliches Sehen	11, 32	
	Beleuchtungsklassen CE, Definition	10, 18		H	Haltestellen, Beleuchtungssituation E2	9, 29
	Beleuchtungsklassen ES, Anlagenwerte	19, 33	Hauptnutzer		8, 9, 29	
	Beleuchtungsklassen ES, Definition	10, 18, 30	Hauptverkehrsstraßen, Beleuchtungssituation A2, A3, B1, B2		9	
	Beleuchtungsklassen EV, Anlagenwerte	19	K	Komplexität des visuellen Feldes	11	
	Beleuchtungsklassen EV, Definition	10, 18		Konfliktzone	11	
	Beleuchtungsklassen ME, Anlagenwerte	19		körperliches Sehen	32	
	Beleuchtungsklassen ME, Definition	10, 18		Kraftfahrstraßen, Beleuchtungssituation A1	9	
	Beleuchtungsklassen S, Anlagenwerte	19		Kreuzungsdichte	11	
	Beleuchtungsklassen S, Definition	10, 18, 30		Kriminalitätsrisiko	11	
	Beleuchtungsklassen, Definitionen	10		L	Lampenwartungsfaktor	24, 25
	Beleuchtungssituation A1, Basis- und Zusatztable	13	Leuchtdichte		4	
	Beleuchtungssituation A2, Basis- und Zusatztable	14	Leuchtdichte der Umgebung		11	
	Beleuchtungssituation A3, Basis- und Zusatztable	14	Leuchtdichte, Gesamtgleichmäßigkeit		5	
	Beleuchtungssituation B1, Basis- und Zusatztable	15	Leuchtdichte, Gleichmäßigkeit		4	
	Beleuchtungssituation B2, Basis- und Zusatztable	15	Leuchtdichte, Längsgleichmäßigkeit		5	
	Beleuchtungssituation C1, Basis- und Zusatztable	16	Leuchtdichtekoeffizient		23	
	Beleuchtungssituation C2, Basis- und Zusatztable	16	Leuchtenwartungsfaktor		24, 26	
	Beleuchtungssituation D1 und D2, Basis- und Zusatztabellen	16	Lichtstärkeklassen		6	
	Beleuchtungssituation D3 und D4, Basis- und Zusatztabellen	17	M		Marktplätze, Beleuchtungssituation D4	9, 29
	Beleuchtungssituation E1, Basis- und Zusatztable	17		N	Neuwert	24
	Beleuchtungssituation E2, Basis- und Zusatztable	17			Nutzer, ausgeschlossen	9
	Beleuchtungssituation, allgemein	8	Nutzer, Haupt-		9	
	Beleuchtungssituationen A1 bis E2	9, 29	Nutzer, zugelassene		9	
	Beleuchtungsstärke, halbsphärische	5	P	parkende Fahrzeuge	11	
	Beleuchtungsstärke, halbzyklindrische	5, 32		Parkplätze, Beleuchtungssituation D4	9, 29	
Beleuchtungsstärke, horizontale	5	Planung der Straßenbeleuchtung		20 ff		
Beleuchtungsstärke, vertikale	5	R		R _s -Bereich	7	
Beleuchtungsstärke, zylindrische	5		Radfahrwege	9, 29, 33ff		
Betriebsdauer der Anlage	25		Radwege, Beleuchtungssituation C1	9, 29		
Blendindexklassen	7		Raststätten, Autobahnraststätten, Beleuchtungssituation D1	9		
Blendungsbegrenzung	5		Reflexionseigenschaften der Fahrbahnbeläge	23		
Bürgersteige, Beleuchtungssituation C1	9, 29					
Busbahnhöfe, Beleuchtungssituation D2	9					
Bushaltestellen	9, 29					
C	Containerplätze, Beleuchtungssituation D1	9				
D	DTV, durchschnittlicher täglicher Verkehr	11				
	Durchfahrtstraßen, Beleuchtungssituation A2, A3	9				
	Durchschnittlicher täglicher Verkehr DTV	11				
E	Einkaufs- und Fußgängerzonen, Beleuchtungssituation E1	9, 29, 33				

6 Stichwortverzeichnis

	Seite	
S	Sammelstraßen, Beleuchtungssituation B1, B2	9
	Schnell- und Umgehungsstraßen, Beleuchtungssituation A1	9
	Schwellenwerterhöhung	5
	Schwierigkeit der Sehaufgabe	11
	Sehaufgabe, Schwierigkeit der	11
	Spielstraßen, Beleuchtungssituation D4	9, 29
	SR, Umgebungs-Beleuchtungsstärkeverhältnis	8, 19
	Straßenbeleuchtung	4 ff
	Straßenbeleuchtung, Anlagengeometrie	22
	Straßenbeleuchtung, architektonischer Aspekt	20
	Straßenbeleuchtung, Beobachterstandort	22
	Straßenbeleuchtung, Bewertungsfeld	22
	Straßenbeleuchtung, lichttechnische Anforderungen	20
	Straßenbeleuchtung, Planung	20 ff
	Straßenbeleuchtung, Sicherheitsaspekt	20
Straßenbeleuchtung, Sparsamkeit	20	
Straßenbeleuchtung, Umweltaspekt	20	
T	Tarnzonen	4
	Taxistände, Beleuchtungssituation D2	9
	Threshold increment	5
	TI, Threshold increment	5
	TX-WIN area	28
	TX-WIN street	27
U	Umgebungs-Beleuchtungsstärkeverhältnis SR	8, 19
	Umgehungs- und Schnellstraßen	9
V	Verbindungsstraßen, Beleuchtungssituation B1, B2	9
	verkehrsberuhigte Zonen, Beleuchtungssituation D4	9, 29
	Verschmutzungskategorie	26
	visuelles Feld, Komplexität des	11
W	Wartungsfaktor	24ff
	Wartungsfaktor, Lampen-	24, 25
	Wartungsfaktor, Leuchten-	24, 26
	Wartungswert	24
	Wege für Lade- und Zubringerverkehr, Beleuchtungssituation E2	9, 29
	Wege, Radwege, Fußwege, Beleuchtungssituation C1	9, 29
	Werkstraßen, Beleuchtungssituation E2	9, 29
Wohn- und Anliegerstraßen, Beleuchtungssituation D3	9	
Z	Zusatztabellen	12 bis 17
	Zusatztabellen, Definition	11



TRILUX
NEUES LICHT.

TRILUX GmbH & Co. KG
Heidestraße · D-59759 Arnsberg
Postfach 1960 · D-59753 Arnsberg
info@trilux.de · www.trilux.de

Vertrieb + Service Hotline

Telefon 01802 TRILUX (-87 45 89)
Telefax 01803 TRILUX (-87 45 89)
vertrieb@trilux.de

