

DIN EN 13201-4

ICS 93.080.40

Ersatz für
DIN EN 13201-4:2004-04**Straßenbeleuchtung –
Teil 4: Methoden zur Messung der Gütemerkmale von
Straßenbeleuchtungsanlagen;
Deutsche Fassung EN 13201-4:2015**

Road lighting –
Part 4: Methods of measuring lighting performance;
German version EN 13201-4:2015

Éclairage public –
Partie 4: Méthodes de mesure de performances photométriques;
Version allemande EN 13201-4:2015

Gesamtumfang 57 Seiten

DIN-Normenausschuss Lichttechnik (FNL)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 13201-4:2015) ist in der gemeinsamen Arbeitsgruppe CEN/TC 169/WG 12 des CEN/TC 169 „Licht und Beleuchtung“, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird, und des CEN/TC 226 „Straßenausstattung“, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird, ausgearbeitet worden.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 058-00-11 AA „FNL/FGSV 3.02 Außenbeleuchtung“ im DIN-Normenausschuss Lichttechnik (FNL).

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13201-4:2004-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Definition von verschiedenen Zielen der Messung mit besonderen Anforderungen, um die Eigenschaften der Geräte, die Kosten der Messung und die Zeit zu optimieren;
- b) tieferer Vergleich zwischen statischen und dynamischen Messanforderungen;
- c) Ergänzung von spezifischen Anforderungen für ILMD (en: Image Luminance Measuring Device), wenn dieses als Leuchtdichtemessgerät verwendet wird;
- d) Bewertung der Messunsicherheit;
- e) Vergleich mit Anforderungen oder Planerwartungen, die unter Berücksichtigung der erweiterten Messunsicherheit durchgeführt wurden;
- f) Ergänzung von Richtlinien zur Messung der Schwellenwerterhöhung und des Randbeleuchtungsstärkeverhältnisses;
- g) Vorschlag für einen Algorithmus zur Bewertung von Toleranzen bei der Planung einer Straßenbeleuchtungsanlage;
- h) Beschreibung des Konzeptes für bestimmte Parameter, um Messungen zur berücksichtigen, die von den normativen Bedingungen abweichen;
- i) Beschreibung einer verbesserten Konvention von Symbolen für photometrische Gütemerkmale, um Verwechslungen zwischen Werten mit dem gleichen Parameter aber mit unterschiedlicher Bedeutung zu vermeiden;
- j) Messsysteme für adaptive Straßenbeleuchtung werden berücksichtigt;
- k) Anleitungen für die Bewertung der Messunsicherheit werden gegeben.

Frühere Ausgaben

DIN 5044: 1955-05, 1963-08, 1970-07, 1975-06

Beiblatt zu DIN 5044: 1962-09, 1972-04

DIN 5044-1: 1981-09

DIN 5044-2: 1982-08

DIN 67528: 1976-05, 1993-12

DIN EN 13201-4: 2004-04

Deutsche Fassung

**Straßenbeleuchtung —
Teil 4: Methoden zur Messung der Gütemerkmale von
Straßenbeleuchtungsanlagen**

Road lighting —
Part 4: Methods of measuring lighting performance

Éclairage public —
Partie 4 : Méthodes de mesure des performances
photométriques

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 6. Juni 2015 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort	4
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Symbole und Abkürzungen	9
5 Vorabinformation zur Messung der Straßenbeleuchtungsanlage	10
5.1 Ziele der Messung	10
5.2 Messverfahren und Auswahl der photometrischen Messgeräte	11
5.2.1 Statische vs. dynamische Messungen	11
5.2.2 Allgemeine Anforderungen an Messverfahren und Messgeräte	11
5.2.3 Besondere Anforderungen an Leuchtdichtemessgeräte	12
5.2.4 Zusätzliche Anforderungen bei ILMDs	12
5.3 Bewertung der Messunsicherheit	12
5.4 Messbereiche	13
5.5 Gemessene Parameter	14
5.6 Allgemeine Informationen in Bezug auf die Messungen während der Lebensdauer der Straßenbeleuchtungsanlage	14
5.7 Vergleich mit Anforderungen	15
6 Messbedingungen	16
6.1 Alterung der Lampen und Leuchten vor den Messungen	16
6.2 Stabilisierung nach dem Einschalten	16
6.3 Klimatische Bedingungen	16
6.3.1 Allgemeines	16
6.3.2 Messgeräte	16
6.3.3 Straßenbeleuchtungsanlagen	17
6.4 Straßenzustand	17
6.5 Fremdlicht und Störlicht	17
7 Photometrische Messungen	18
7.1 Lage der Rasterpunkte	18
7.2 Messung der Leuchtdichte	18
7.2.1 Position des Beobachters (Leuchtdichtemessgerät)	18
7.2.2 Wahl der Rasterpunkte	18
7.2.3 Messung der mittleren Leuchtdichte	19
7.2.4 Zusätzliche Anforderungen an dynamische Messsysteme	19
7.3 Messung der Beleuchtungsstärke	20
7.3.1 Allgemeines	20
7.3.2 Wahl der Rasterpunkte	20
7.3.3 Messung der horizontalen Beleuchtungsstärke	20
7.3.4 Messung der halbsphärischen Beleuchtungsstärken	20
7.3.5 Messung der halbzylindrischen Beleuchtungsstärken	21
7.3.6 Messung der vertikalen Beleuchtungsstärken	21
7.3.7 Zusätzliche Anforderungen an statische Messsysteme	21
7.3.8 Zusätzliche Anforderungen an dynamische Messsysteme	21
7.4 Messung des Randbeleuchtungsstärkeverhältnisses (R_{EI})	22
7.5 Messung der Schwellenwerterhöhung (f_{TI})	23

8	Messung nichtphotometrischer Parameter.....	24
8.1	Allgemeines	24
8.2	Versorgungsspannung.....	24
8.3	Temperatur und Luftfeuchte.....	24
8.4	Geometrische Daten	24
8.5	Messgeräte für nichtphotometrische Messungen	25
9	Prüfbericht.....	25
Anhang A (informativ) Bewertung von Toleranzen bei der Planung einer Straßenbeleuchtungsanlage.....		26
A.1	Toleranzanalyse.....	26
A.2	Bei der Toleranzanalyse zu berücksichtigende Parameter.....	27
A.3	Mathematisches Modell für Toleranzbewertungen.....	29
A.4	Modellierung der Toleranzanalyse.....	30
Anhang B (informativ) Wichtige spezifische Parameter		32
B.1	Allgemeines	32
B.2	Spezifische Leuchtdichte und Gleichmäßigkeit	32
B.3	Anwendung der erweiterten Gleichmäßigkeit.....	32
B.4	Bewertung der erweiterten Gleichmäßigkeiten.....	33
Anhang C (normativ) Konventionen bei Symbolen für photometrische Güteermkmale		36
Anhang D (normativ) Anleitungen zu Messsystemen für adaptive Straßenbeleuchtung		38
Anhang E (informativ) Messungen zur Untersuchung von Abweichungen zwischen photometrischen Messungen und Planungserwartungen		40
Anhang F (informativ) Bewertung der Messunsicherheit.....		41
F.1	Leuchtdichtemessungen	41
F.1.1	Unsicherheitsquellen.....	41
F.1.2	Weitere Unsicherheitsquellen bei dynamischen Systemen	43
F.1.3	Bewertung der Unsicherheit der Punktleuchtdichte.....	44
F.2	Beleuchtungsstärkemessungen	45
F.2.1	Unsicherheitsquellen.....	45
F.2.2	Zusätzliche Unsicherheitsquellen bei dynamischen Systemen.....	46
F.2.3	Bewertung der Unsicherheit der Punktbeleuchtungsstärke.....	48
Anhang G (informativ) Praktische Informationen		49
G.1	Allgemeines	49
G.2	Vorsichtsmaßnahmen bei der Messung.....	49
G.3	Organisation der Messung	49
Anhang H (informativ) Musterbericht.....		50
H.1	Voraussetzung	50
H.2	Allgemeine Prüfangaben	50
H.3	Geometrische Daten	50
H.4	Daten zur Straßenoberfläche.....	50
H.5	Daten zu Lampen und Leuchten.....	51
H.6	Stromversorgung.....	51
H.7	Umweltbedingungen	52
H.8	Beschaffenheit der Anlage	52
H.9	Daten der Messgeräte	52
H.10	Merkmale photometrischer Messgeräte.....	53
H.11	Messraster.....	53
H.12	Aufzeichnung der Lichtüberwachung.....	53
H.13	Spezielle Angaben bei dynamischen Messungen.....	54
Literaturhinweise.....		55

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 13201-4:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 169 „Licht und Beleuchtung“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juni 2016, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juni 2016 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 13201-04:2003.

Die wesentlichen technischen Änderungen in dieser Fassung sind:

- Definition von verschiedenen Zielen der Messung mit besonderen Anforderungen, um die Eigenschaften der Geräte, die Kosten der Messung und die Zeit zu optimieren;
- tieferer Vergleich zwischen statischen und dynamischen Messanforderungen;
- Ergänzung von spezifischen Anforderungen für ILMD (en: Image Luminance Measuring Device), wenn dieses als Leuchtdichtemessgerät verwendet wird;
- Bewertung der Messunsicherheit;
- Vergleich mit Anforderungen oder Erwartungen an die Planung, die unter Berücksichtigung der erweiterten Messunsicherheit durchgeführt wurden;
- Ergänzung von Anleitungen zur Messung der Schwellenwerterhöhung und des Randbeleuchtungsstärkeverhältnisses;
- Vorschlag für einen Algorithmus zur Bewertung von Toleranzen bei der Planung einer Straßenbeleuchtungsanlage;
- Beschreibung des Konzeptes für bestimmte Parameter, um Messungen zur berücksichtigen, die bei der Durchführung von den normativen Bedingungen abweichen;
- Beschreibung einer verbesserten Konvention von Symbolen für photometrische Güteermkmale, um Verwechslungen zwischen Werten mit dem gleichen Parameter aber mit unterschiedlicher Bedeutung zu vermeiden;
- Messsysteme für adaptive Straßenbeleuchtung werden berücksichtigt;
- Anleitungen für die Bewertung der Messunsicherheit werden gegeben.

Dieses Dokument EN 13201-4 wurde vom Gemeinschaftsarbeitsausschuss der Technischen Komitees CEN/TC 169 „Licht und Beleuchtung“ und CEN/TC 226 „Straßenausstattung“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

EN 13201, *Straßenbeleuchtung* ist eine Reihe von Dokumenten, die aus den folgenden Teilen besteht:

- Teil 1: *Leitfaden zur Auswahl der Beleuchtungsklassen* [Technischer Report];
- Teil 2: *Gütemerkmale*;
- Teil 3: *Berechnung der Gütemerkmale*;
- Teil 4: *Methoden zur Messung der Gütemerkmale von Straßenbeleuchtungsanlagen* [dieses Dokument];
- Teil 5: *Energieeffizienzindikatoren*.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

Der Zweck von Teil 4 dieser Europäischen Norm ist:

- a) Entwicklung von Konventionen und Verfahren für die Charakterisierung von Straßenbeleuchtungsanlagen auf Grundlage von Messungen unter Berücksichtigung photometrischer Gütemerkmale, d. h. der Menge von Größen, die eine in Teil 2 festgelegte Beleuchtungsklasse charakterisieren;
- b) Hilfestellung über den Einsatz und die Auswahl von Leuchtdichte- und Beleuchtungsstärkemessgeräten für diese spezielle Anwendung zu geben;
- c) Festlegung von Anforderungen an die Messung entsprechend der Ziele der Messung und der erwarteten Genauigkeit
- d) Entwicklung von Konventionen zur Bewertung der Messunsicherheit von beteiligten Parametern;
- e) Informationen über die Anwendung der Toleranzanalyse bei der Planung der Beleuchtungsanlage zu geben;

Eine nicht abschließende Liste möglicher Ziele der Messung ist:

- f) Überprüfung der Einhaltung von Norm-Anforderungen;
- g) Überprüfung der Einhaltung von Planungserwartungen;
- h) Überwachung der Straßenbeleuchtungsanlage, z. B. für Wartungszwecke;
- i) Steuerung der Straßenbeleuchtungsanlage, z. B. zur Optimierung der Energieeinsparung;
- j) Untersuchung von Unstimmigkeiten zwischen realen Lichtverhältnissen und Planungserwartungen.

Die Konventionen für Beobachterposition und Lage der Messpunkte sind die in EN 13201-3 angenommenen. Allerdings ist eine Lockerung von diesen Übereinkünften speziell dort zulässig, wo die Messungen zur Überwachung der Leistungsfähigkeit einer Straßenbeleuchtungsanlage angewendet werden, um deren Leistungsverhalten zu regeln oder sonstige Zwecke oder, wenn andere Bedingungen für die Planung der Straßenbeleuchtungsanlage festgelegt sind.

Bedingungen, die zu Ungenauigkeiten führen können, werden identifiziert und Vorsichtsmaßnahmen werden angegeben, um diese zu minimieren und zu quantifizieren.

Diese Norm sollte verwendet werden, um Messverfahren zur Charakterisierung von Straßenbeleuchtungsanlagen zu verfassen.

Kriterien zur Entscheidung, wann Messungen durchgeführt werden sollten, über den Zweck der Messungen und, wie die Messergebnisse verwendet werden müssen, fallen nicht in den Anwendungsbereich dieser Norm.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt Messbedingungen und Verfahren zur Messung der photometrischer Gütemerkmale von Straßenbeleuchtungsanlagen fest, d. h. die Größen, die deren Gütemerkmale nach den Beleuchtungsklassen von EN 13201-2 quantifizieren.

Parameter zur Quantifizierung der Energieeffizienz der Straßenbeleuchtungsanlagen werden nicht berücksichtigt.

Eine Methodologie zur Bewertung der Gütemerkmale der Straßenbeleuchtung unter Berücksichtigung der Toleranzen der Planungsparameter wird im informativen Anhang A beschrieben.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 12665, *Licht und Beleuchtung — Grundlegende Begriffe und Kriterien für die Festlegung von Anforderungen an die Beleuchtung*

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

EN 13201-2, *Straßenbeleuchtung — Teil 2: Gütemerkmale*

EN 13201-3:2015, *Straßenbeleuchtung — Teil 3: Berechnung der Gütemerkmale*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 12665 und die folgenden Begriffe.

3.1

automatisches Messsystem für Steuerungszwecke

automatisches System, verwendet zum Erzeugen eines Steuersignals, korreliert mit einem oder mehreren photometrischen Messparametern, die die Betriebsbedingungen einer Straßenbeleuchtungsanlage beeinflussen können

Anmerkung 1 zum Begriff: Messtechnische Parameter, wie Wiederholbarkeit von Messungen und Stabilität, sind im Allgemeinen die Hauptmerkmale des Systems.

3.2

dynamisches Messsystem

Messsystem, das sich zur Durchführung der Messung entlang der Straßenoberfläche bewegt

3.3

statisches Messsystem

Messsystem, das sich während des Betriebs nicht bewegt

3.4

Parameter (normativ)

Größe, definiert in EN 13201-2, die den Rechenregeln von EN 13201-3 folgt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Wert des Parameters kann:

- a) Normanforderungen vorgeben;
- b) Werte angeben, die geltend von der Straßenbaubehörde gefordert werden (Planungserwartungen). Diese Werte können sich von den in EN 13201-2 vorgegebenen Werten unterscheiden;
- c) wie in EN 13201-3 festgelegt, unter Verwendung des geeigneten Algorithmus (basierend auf einem physikalischen Modell der Lichtausbreitung in der Umgebung) bewertet werden;
- d) entsprechend den Bedingungen gemessen werden, die denen in EN 13201-3 festgelegten an die Rasterpunkte und, falls erforderlich, an die Position des Betrachters angepasst sind, und unter Prüfung, ob der Einfluss der messtechnischen Eigenschaften des Messgerätes mit der physikalischen Definition des Parameters kompatibel ist.

3.5

spezifischer Parameter

Größe, die berechnet, gemessen oder nach vorgegebenen und eindeutig festgelegten Bedingungen, die sich jedoch von denjenigen in EN 13201-3 festgelegten unterscheiden, bewertet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Reihe von Bedingungen ist mit den Messergebnissen zu beschreiben.

3.6

Leuchtdichte (normativ)

L

Leuchtdichte einer an einem gegebenen Punkt zentrierten elementaren Oberfläche beim Betrachten aus einer normgerechten Beobachtungsposition nach EN 13201-3

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Leuchtdichte wird in Candela je Quadratmeter angegeben.

3.7

Leuchtdichte (spezifisch)

L_p

Leuchtdichte einer an einem gegebenen Punkt zentrierten Fläche beim Betrachten aus einer bestimmten Beobachtungsposition und/oder unter vorgegebenen Bedingungen, hervorgehoben durch ein indexiertes p

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Leuchtdichte (spezifisch) wird in Candela je Quadratmeter angegeben.

3.8

erweiterte Gleichmäßigkeit

spezifischer Parameter, der eingeführt wurde, um den Einfluss von Nicht-Homogenität der Umgebung oder der Straßenoberfläche mathematisch zu analysieren

Anmerkung 1 zum Begriff: Das ist insbesondere dann von Nutzen, wenn dynamische Messsysteme genutzt werden und das Vorhandensein von Nicht-Homogenität nicht vor der Messung evaluiert werden kann.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die erweiterte Gleichmäßigkeit wird im informativen Anhang B behandelt.

3.9

Bezugsmessung

Messung, die in einer Anlage zur Bestimmung der Werte von Parametern durchgeführt wird, die von einem automatischen Messsystem für Steuerungszwecke verwendet werden

3.10

bildgebendes Leuchtdichtemessgerät

ILMD

en: image luminance measuring device

digitales, elektronisches Gerät, ausgestattet mit einem Objektiv, einem adäquaten photometrisch passenden Filter und einem Messfühler, bestehend aus einer Matrix von Detektorelementen (Pixel) und für die Messung der Leuchtdichteverteilungen der gerahmten Szene kalibriert

Anmerkung 1 zum Begriff: Zur Bestimmung der Leuchtdichtewerte des auf ihrer Oberfläche durch das Linsensystem abgebildeten Raumes ist jeder Pixel kalibriert.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Matrix der Pixel wird im Allgemeinen mit einem CCD (en: charge coupled device, ladungsgekoppeltem Bauelement) oder CMOS (en: complementary metal oxide semiconductor, komplementären Metall-oxid-Halbleitersensoren) realisiert.

Anmerkung 3 zum Begriff: In der Literatur werden verschiedene Begriffe zur Beschreibung eines ILMD verwendet, wie z. B. Mehrkanal-Leuchtdichtemessgerät, Leuchtdichte-Kartograph, Array-(oder Matrix-)Leuchtdichtemessgerät, Videophotomesser, Photo-Leuchtdichtemessgerät, CCD-Leuchtdichtemessgerät, Leuchtdichtekamera, multidirektionaler Leuchtdichtemessgerät, Gerät für ein räumliches Leuchtdichteprofil.

3.11

Split-Detektorsystem

Verfahren zum Messen der horizontalen Beleuchtungsstärke unter Verwendung von (mehreren) Detektorpaar(en), wobei der erste Detektor eines jeden Paares das Licht aus der Hemisphäre in Vorwärtsrichtung und der zweite Detektor das Licht aus der Hemisphäre in Rückwärtsrichtung misst

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieses Verfahren wird üblicherweise in einem dynamischen Messsystem verwendet, bei dem ein Detektor an der Vorderseite und der andere Detektor an der Rückseite des Fahrzeugs befestigt sind.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Wert der Beleuchtungsstärke an einem Punkt, wird durch die Addition der Messwerte der beiden Detektoren für denselben räumlichen Punkt erhalten.

3.12

adaptive Beleuchtung

zeitgesteuerte Änderungen der Leuchtdichte oder der Beleuchtungsstärke hinsichtlich des Verkehrsaufkommens, der Zeit, der Witterung oder anderer Parameter

4 Symbole und Abkürzungen

EN 13201-3 führt die normativen photometrischen Gütemerkmale einer Straßenbeleuchtungsanlage auf.

Zu bestimmten Messzwecken wird neben den normativen Parametern eine Reihe bestimmter Parameter im informativen Anhang B beschrieben. In Übereinstimmung mit den Messverfahren und der Zielsetzung der Messungen entscheidet die für die Messung zuständige Person, ob es notwendig ist, diese Parameter zu verwenden.

Falls es notwendig ist, die Bedeutung oder die Messbedingungen hinsichtlich eines Parameters durch ein Symbol eindeutig zu spezifizieren, sind die im normativen Anhang C beschriebenen Konventionen anzuwenden.

5 Vorabinformation zur Messung der Straßenbeleuchtungsanlage

5.1 Ziele der Messung

Mindestens vier verschiedene Ziele erfordern die Messung der photometrischen Güte Merkmale einer Straßenbeleuchtungsanlage:

Messungen während der abschließenden Prüfungsphase: Messungen, die während der abschließenden Prüfung/Inbetriebnahmephase der Straßenbeleuchtungsanlage durchgeführt werden, um die Konformität mit den Normanforderungen und/oder den Planungserwartungen zu überprüfen. Die Ergebnisse können für die formelle Genehmigung der Straßenbeleuchtungsanlage verwendet werden.

Messungen innerhalb der Lebensdauer der Straßenbeleuchtung: Messungen, die innerhalb der Lebensdauer der Straßenbeleuchtung in vorgegebenen Abständen durchgeführt werden, um die Verschlechterung des Leistungsverhaltens der Beleuchtung zu quantifizieren und den Bedarf für die Wartung festzulegen oder die Konformität der Straßenbeleuchtungsanlage mit den Normanforderungen und/oder Planungserwartungen zu überprüfen, die in der Regel auf Wartungswerten beruhen.

Messungen für die adaptive Straßenbeleuchtung: Messungen, die kontinuierlich oder in vorgegebenen Zeitabständen durchgeführt werden, um den Lichtstrom der Leuchten bei der adaptiven Straßenbeleuchtung zu steuern, wobei der vorgegebene Wert für die Anlagenleistung innerhalb des vorgegebenen Toleranzbereichs gehalten wird.

Messungen zur Untersuchung von Abweichungen: Messungen, die durchgeführt werden und, wenn erforderlich, um Abweichungen zwischen Maßgaben und Planungserwartungen oder Umgebungseinflüssen zu untersuchen.

Für jedes Ziel sind unterschiedliche Messverfahren, Anforderungen und messtechnische Eigenschaften der Messgeräte in Betracht zu ziehen.

Der Hauptteil der Norm betrachtet die Anforderungen an die Messung während der abschließenden Prüfungsphase und während der Lebensdauer der Straßenbeleuchtung. Besonderheiten oder zusätzliche Anforderungen an Messungen für adaptive Straßenbeleuchtung sind im normativen Anhang D, für die Untersuchung von Abweichungen im informativen Anhang E aufgeführt.

Die Bezugsmessung (siehe 3.9) gilt als eine besondere Messung, die Anforderungen an die Messung in der abschließenden Prüfungsphase befolgen muss.

Müssen Messergebnisse mit Ausnahme der Bezugsmessung verglichen werden, dann muss der Vergleich unter Berücksichtigung der gleichen Reihe von Messpunkten und, falls erforderlich, der gleichen Betrachterposition erfolgen.

Messungen sind unter Beachtung eines detaillierten Betriebsablaufs, der die Standardanforderungen oder Planungserwartungen berücksichtigt, die Bewertung der Messunsicherheit beschreibt (siehe informative Anleitungen in Anhang F), die Anwendungsbedingungen festgelegt und praktische Aspekte berücksichtigt (siehe informative Anleitungen in Anhang G), durchzuführen.

Die Zielstellungen der Messungen sind im Prüfbericht aufzuführen (siehe Abschnitt 9 und den informativen Anhang H).

ANMERKUNG Bei einer bestehenden Anlage kann die Dokumentation zur Planung nicht mehr vorhanden sein. In diesem Fall kann die Messung entsprechend den Spezifikationen der Ausschreibung vorgenommen werden.

5.2 Messverfahren und Auswahl der photometrischen Messgeräte

5.2.1 Statische vs. dynamische Messungen

Messungen können entweder mit statischen oder dynamischen Messsystemen durchgeführt werden. Bei einem vorgegebenen Ziel der Messung (siehe 5.1) muss die Auswahl des angewendeten Systems unter Berücksichtigung der geforderten Genauigkeit der Ergebnisse und weiterer Beschränkungen erfolgen, die sich aus Sicherheitsgründen, regionalen oder zeitlichen Bedingungen und/oder Ausschreibungsanforderungen ergeben können.

Ein dynamisches Messsystem kann die Gesamtlänge (oder Oberfläche) einer Straßenbeleuchtungsanlage innerhalb einer angemessenen Frist als ein statisches Messsystem messen. Diese Besonderheit kann hilfreich sein, wenn die Homogenität des Leistungsverhaltens der Straßenbeleuchtungsanlage untersucht werden muss oder wenn ein ganzes Straßennetzwerk in einem bestimmten Moment bewertet werden muss.

ANMERKUNG Eine Anleitung zur Planung und zur Anwendung des dynamischen Messsystems wird in der CIE 194:2011 bereitgestellt.

5.2.2 Allgemeine Anforderungen an Messverfahren und Messgeräte

Die angewandten Messverfahren müssen den Messzwecken entsprechen.

Bei einem gegebenen Ziel der Messung muss der maximal zulässige Wert der erweiterten Messunsicherheit unter Berücksichtigung nationaler oder ausschreibungsbezogener Anforderungen und aufgrund der Bewertung des Einflusses festgelegt werden, den diese Unsicherheit auf die getroffene Entscheidung unter Verwendung der Messergebnisse oder auf den Stromverbrauch der Straßenbeleuchtungsanlage oder andere in EN 13201-5 festgelegte Parameter haben kann.

Alle Messgeräte müssen in den angewendeten Bereichen kalibriert sein, um deren messtechnische Rückverfolgbarkeit sicherzustellen.

ANMERKUNG 1 Die Kalibrierung durch ein nach EN ISO/IEC 17025 anerkanntes Kalibrierlabor stellt diese Anforderung sicher.

Die messtechnischen Merkmale der verwendeten Geräte müssen den Messzwecken entsprechen. Die Leuchtdichte ist mit einem Leuchtdichtemessgerät zu messen, dessen Leistungsfähigkeit für die Messzwecke geeignet ist. Die Beleuchtungsstärke ist mit einem Beleuchtungsstärke-Messgerät zu erfassen, dessen Leistungsfähigkeit für den Messzweck geeignet ist:

- zum Messen der horizontalen und vertikalen Beleuchtungsstärke ist ein Photometerkopf für die Messung der ebenen Beleuchtungsstärke erforderlich;
- zum Messen der halbzyklindrischen oder halbsphärischen Beleuchtungsstärke ist ein für diesen Zweck ausgelegter Photometerkopf erforderlich.

Die messtechnischen Leistungen der Messgeräte müssen für die spezifischen Anwendungsbedingungen bewertet werden.

Während der Messungen sind deshalb, falls notwendig, die Kalibrierung und die lichttechnischen Eigenschaften des angewendeten Detektors unter Berücksichtigung der Bedingungen von Umgebungstemperatur und Luftfeuchte und die Spektren, die im sichtbaren Bereich durch die Leuchten emittiert werden, zu korrigieren.

Geräte, die zur Messung photometrischer Parameter eingesetzt werden, sind nach EN 13032-1 für alle relevanten Parameter zu charakterisieren und deren Einfluss ist im Modell zur Bewertung der Unsicherheit zu berücksichtigen.

ANMERKUNG 2 Anleitungen zu den Güteigenschaften von Beleuchtungsstärke- und Leuchtdichtemessgeräten werden in der CIE-Veröffentlichung S 023/E:2013 gegeben.

5.2.3 Besondere Anforderungen an Leuchtdichtemessgeräte

Bei jeder Art von Leuchtdichtemessgeräten muss der Einfluss von Lichtquellen außerhalb des Messfelds berücksichtigt werden.

Bei jeder Art von Leuchtdichtemessgeräten darf bei jeder Messung der Leuchtdichte an einem Rasterpunkt die Winkelausdehnung der gemessenen Straßenoberfläche in der vertikalen Ebene nicht größer als zwei Bogenminuten und in der horizontalen Ebene nicht größer als 20 Bogenminuten sein. Die Mindestwinkel- ausdehnung darf nicht geringer als eine Bogenminute sein.

ANMERKUNG 1 Das in EN 13201-3 festgelegte Berechnungsfeld beginnt 60 m vom Beobachter. Das bedeutet: Um eine Überlappung der Messbereiche, die durch ein auf diesen Abstand eingestelltes Leuchtdichtemessgerät zu sehen sind, zu vermeiden, sollte der Höchstwert für den Winkel des Messkegels den vorstehend angegebenen Wert haben.

ANMERKUNG 2 Der Mindestwert der Winkelausdehnung berücksichtigt eine konventionelle Sehschärfe von einer Bogenminute.

Falls die Messung in einem geringeren Abstand zu den in EN 13201-3 angegebenen (siehe 7.2.1) Nennpositionen des Beobachters durchgeführt wird, wird empfohlen, den Messkegel des Leuchtdichtemessgeräts nicht größer als 30 Bogenminuten werden zu lassen; die Größe des Messbereichs auf der Straße sollte nicht größer als 0,5 m quer und 2,5 m längs sein.

5.2.4 Zusätzliche Anforderungen bei ILMDs

Bei ILMDs ist auch der Einfluss von Wiederholpräzision der Verschlusszeit, Pixelsättigung und Geisterbildern zu berücksichtigen.

Wenn ein ILMD benutzt wird, darf die Leuchtdichte für jeden Rasterpunkt durch Mittelung des Anzeigewerts von benachbarten Pixeln bestimmt werden. In jedem Fall müssen die Bedingungen der Winkelausdehnung der gemessenen Oberflächen mit den Anforderungen aus 5.2.3 übereinstimmen.

5.3 Bewertung der Messunsicherheit

Die Messunsicherheit lässt sich als aus drei Gruppen von Komponenten bestehend ansehen:

- a) jene, die die messtechnischen Eigenschaften des Messsystems und den Einfluss von Messverfahren betreffen;
- b) jene, die den Einfluss der Nenneigenschaften und die Anordnung der gemessenen Straßenbeleuchtungs- anlage betreffen;
- c) jene, die den Einfluss der augenblicklichen Besonderheiten der gemessenen Straßenbeleuchtungsanlage und der Witterungs- und Umgebungsbedingungen betreffen.

Diese drei Gruppen müssen getrennt werden, da sich die letzte Gruppe von einer Messung zur anderen erheblich verändern kann, während der Einfluss des Messsystems im Wesentlichen konstant bleiben kann.

Die verschiedenen Quellen der Messunsicherheit können wie folgt eingestuft werden:

- a) Genauigkeit von Messgeräten;
- b) Genauigkeit des Koordinatenbezugs des gemessenen Punkts oder Bereichs (falls zutreffend);
- c) Einfluss des Messverfahrens;
- d) Einfluss von Verfahrensweisen der Datenaufbereitung;

- e) Merkmale der Straßenbeleuchtungsanlage und Stabilität der lichttechnischen Parameter während der Messung;
- f) Bedingungen der Stromversorgung,
- g) Witterungsbedingungen (Temperatur, relative Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit, usw.);
- h) Umgebungsbedingungen (Vorhandensein von Bäumen, abschirmende Objekte, störende Lichtquellen, andere Lichtinstallationen, usw.).

Aus praktischen Gründen erfordert diese Europäische Norm keine Bewertung des Unsicherheitsbeitrags der letzten drei Punkte, sondern nur eine Beschreibung ihrer Bedingungen im Prüfbericht, weil:

- i) sie sich in der Regel nicht unter der Kontrolle der Messteams befinden;
- j) deren Bewertung oder Messung schwierig oder teuer sein kann;
- k) die Straßenbeleuchtungsanlage in der Regel unter realen Arbeitsbedingungen, die im Einzelnen nicht quantitativ bekannt zu sein brauchen, bewertet werden sollte;
- l) der Einfluss dieser Bedingungen auf die gemessenen Beleuchtungsstärke- oder Leuchtdichtewerte in der Regel unbekannt ist und es wahrscheinlich unmöglich sein wird, deren Einfluss ohne eine aufwendige und teure Reihe von Messungen zu bestimmen.

Werden Punktwerte oder Ungleichmäßigkeiten im Prüfbericht angegeben, muss bei Messungen der Beleuchtungsstärke der Einfluss der Fehlausrichtung des Detektors (z. B. die Detektoroberfläche befindet sich in Bezug auf Rasterpunkte nicht in der Nennposition) oder bei Messungen der Leuchtdichte müssen die Lage und Abmessungen der eingerahmten Oberfläche bei der Bewertung von Messunsicherheiten berücksichtigt werden. Dieser Zusammenhang ist eine Besonderheit der Straßenbeleuchtungsanlage (räumliche Variation der Beleuchtungsstärke oder Leuchtdichte in der Nähe des Punktes durch ungleichmäßige Lichtverteilung) und nicht des Messsystems oder Messverfahrens.

Dieser Beitrag zu den Messunsicherheiten braucht bei Mittelwerten nicht berücksichtigt zu werden.

Anleitungen für die Berechnung der Messunsicherheit bei der Charakterisierung einer Straßenbeleuchtungsanlage werden im informativen Anhang F gegeben.

ANMERKUNG Eine Anleitung zur Berechnung der Messunsicherheit ist im ISO/IEC Guide 98-1:2009 und im ISO/IEC Guide 98-3:2008 enthalten.

5.4 Messbereiche

Die Messungen müssen die gesamte Länge der Straßenbeleuchtungsanlage und alle Betriebsbedingungen (Beleuchtungsklassen) einbeziehen.

Wenn die Merkmale der Straßenbeleuchtungsanlage für die Gesamtlänge der Anlage als konstant geplant sind, ist es möglich, eine entsprechende Anzahl von Bereichen auszuwählen und die Messungen nur in diesen Bereichen (Messbereichs) durchzuführen. In diesem Fall muss eine schriftliche Beschreibung der Gründe, Begründungen und Auswirkungen dieser Auswahl im Prüfbericht enthalten sein.

ANMERKUNG Einer der häufigsten Gründe für die Auswahl bestimmter Messbereiche ist der Abfall der Versorgungsspannung in der elektrischen Leitung der Stromversorgung.

5.5 Gemessene Parameter

Die geometrischen Parameter der Straße im Messbereich (Mastabstand, Straßen- und Fahrstreifenbreite) sind zu messen oder müssen bekannt sein, um die Festlegung der Referenz für Punktkoordinaten und der Nennwerte von Punktkoordinaten zu ermöglichen.

Lage, Neigung und Ausrichtung der empfindlichen Oberfläche des Beleuchtungsstärkemessgeräts (bei Messung der Beleuchtungsstärke) oder die Lage der gemessenen Oberfläche (bei Leuchtdichtemessung) in Bezug auf die Nennrasterpunkte ist im Prüfbericht anzugeben.

Bei Messung der Beleuchtungsstärke muss die z-Koordinate (Höhe der lichtempfindlichen Oberfläche des Detektors in Bezug auf die Straßenoberfläche) angegeben werden.

ANMERKUNG Diese Parameter sind festgelegt, wobei entweder ihr Nennwert und Toleranzen oder die gemessenen Werte mit einer Unsicherheit verwendet werden.

Die Messung zur *Überprüfung der Übereinstimmung mit Normanforderungen* muss alle photometrischen Güteigenschaften für die entsprechende(n) Beleuchtungsklasse(n) berücksichtigen.

Wenn es mit dem Auftraggeber oder Anwender vereinbart und diese Auswahl in der Planung der Straßenbeleuchtungsanlage beschrieben ist, darf eine reduzierte Reihe von Parametern angewendet werden.

Die Messung zur *Überprüfung der Konformität mit den Planungserwartungen* muss einen kongruenten Satz an Parametern, wie im Entwurf der Straßenbeleuchtungsanlage festgelegt und geprüft, berücksichtigen.

BEISPIEL Dieser Satz kann die Messung der Beleuchtungsstärke an Rasterpunkten anstelle der mittleren Leuchtdichte der Straßenoberfläche und der Berechnung von Gleichförmigkeiten unter Berücksichtigung dieser Werte festlegen.

Die folgenden zusätzlichen Punkte müssen im Prüfbericht enthalten sein:

- a) Bedingungen der Stromversorgung,
- b) Witterungs- und Umgebungsbedingungen,

und sind zu messen, wenn sie als Teil einer Leistungsbeschreibung angefordert werden oder im Rahmen einer einschlägigen Norm (siehe Abschnitt 8) erforderlich sind.

Falls eine Leistungsbeschreibung oder einschlägige Norm als vorläufigen Überprüfungsschritt für M-Beleuchtungsklassen die Messung der Beleuchtungsstärke erfordert, müssen Punktbeleuchtungsstärken an den gleichen Punkten des Rasters, die für die Leuchtdichteberechnung eingesetzt werden, für M-Beleuchtungsklassen berechnet und die Beleuchtungsstärke an den gleichen Punkten gemessen werden.

Kommen M-Beleuchtungsklassen (siehe EN 13201-2) in Betracht und das Projekt bezieht eine Toleranzanalyse ein (siehe den informativen Anhang A), darf eine Leistungsbeschreibung die Verifizierung der Konformität mit den Normanforderungen lediglich auf die Überprüfung der Beleuchtungsstärke beschränken.

5.6 Allgemeine Informationen in Bezug auf die Messungen während der Lebensdauer der Straßenbeleuchtungsanlage

Messungen während der Lebensdauer der Straßenbeleuchtungsanlage werden normalerweise entsprechend den Konstruktionsanforderungen vor oder nach der Wartung der Anlage durchgeführt.

Eine begrenzte Anzahl gemessener Parameter und eine vereinfachte Messgeometrie darf in Übereinstimmung mit den Auslegungsspezifikationen oder Ausschreibungsanforderungen ausgewählt werden.

Die Bestimmung einiger Parameter kann sogar vermieden werden, wie z. B. das Überprüfen der elektrischen Anschlussbedingungen der Anlage, wenn sie nicht Teil einer Leistungsbeschreibung sind oder als Bestandteil einer einschlägigen Norm erforderlich sind.

Wenn Messungen in zuvor festgelegten Abständen oder regelmäßig durchgeführt werden, um den Leistungsabfall der Beleuchtung zu quantifizieren, dürfen diese unter Verwendung vereinfachter Vorgehensweisen durchgeführt werden. Unterschiedliche Parametersätze oder Geometrien dürfen gemessen werden, jedoch muss zu Vergleichszwecken jedes Mal, wenn Messungen vorgenommen werden, mindestens ein Parameter mit einer vorgegebenen Geometrie gemessen werden.

Der Zusammenhang zwischen den unter diesen Bedingungen gemessenen Parametern und den normativen Parametern muss vorausgegangene Messungen oder die in der Planung der Straßenbeleuchtungsanlage beschriebenen, spezifischen Messbedingungen berücksichtigen. Dennoch sind bei jeder Funktionskontrolle sämtliche Messungen auf kompatible Weise durchzuführen.

5.7 Vergleich mit Anforderungen

Jeder Vergleich der Messergebnisse mit Normanforderungen oder Planungserwartungen ist unter Berücksichtigung der erweiterten Messunsicherheit der Messung durchzuführen:

- a) Bei Parametern, die einen Wert erfordern, der größer oder gleich einem vorgegebenen Niveau ist, muss die Untergrenze des Erfassungsbereichs der erweiterten Messunsicherheit größer oder gleich dem vorgegebenen Niveau sein.
- b) Bei Parametern, die einen Wert erfordern, der kleiner oder gleich einem vorgegebenen Niveau ist, muss die Obergrenze des Erfassungsbereichs der erweiterten Messunsicherheit kleiner oder gleich dem vorgegebenen Niveau sein.

ANMERKUNG 1 Die erweiterte Messunsicherheit ist im ISO/IEC Guide 99:2007, 2.35, definiert.

ANMERKUNG 2 Der Erfassungsbereich ist im ISO/IEC Guide 99:2007, 2.36, definiert.

ANMERKUNG 3 Eine Anleitung zur Funktion der Messunsicherheit bei der Konformitätsbewertung wird im ISO/IEC Guide 98-4 gegeben.

Diese Norm enthält keine Anforderungen hinsichtlich des Bereichs der zulässigen Werte der Messunsicherheit.

Die erweiterte Messunsicherheit, die für Messungen erforderlich ist, kann bei der abschließenden Planungsphase als Anforderung an die Optimierung des Managements oder des elektrischen Energieverbrauchs angegeben werden.

Zur Überprüfung der Konformität mit den Normanforderungen müssen die Messwerte mit den festgelegten Parametern der Straßenbeleuchtungsanlage verglichen werden. Im Allgemeinen ist die Anforderung von EN 13201-2 anzuwenden.

Zur Überprüfung der Konformität mit den Planungserwartungen müssen die Messwerte mit dem kongruenten Satz an Parametern verglichen werden, die in der Planung der Straßenbeleuchtungsanlage festgelegt und geprüft wurden.

Wenn bestimmte Auslegungsparameter in der Ausschreibung vorgegeben sind, müssen diese verwendet werden.

In der Erklärung zur Konformität mit den Normanforderungen müssen alle Parameter, die eine bestimmte Beleuchtungsklasse bezeichnen, aufgeführt werden. Nichtübereinstimmungen erfordern die Messung anderer photometrischer oder nicht photometrischer Parameter in der Anlage, wenn die Gründe der Abweichungen zu untersuchen sind (siehe informativen Anhang E).

6 Messbedingungen

6.1 Alterung der Lampen und Leuchten vor den Messungen

Im Allgemeinen sind die Messungen der in Leuchten eingesetzten Lichtquellen nach nicht weniger als dem in EN 13032-1 festgelegten Alterungszeitraum für einen bestimmten Lampentyp durchzuführen.

ANMERKUNG Eine Anleitung zum Alterungszeitraum von LED-Leuchten wird erörtert.

6.2 Stabilisierung nach dem Einschalten

Leuchten benötigen eine gewisse Zeit, um ihre Lichtleistung zu stabilisieren, und alle Messungen sind nach dieser Stabilisierungszeit durchzuführen.

ANMERKUNG 1 Eine Anleitung zur Stabilisierungszeit für verschiedene Lampentypologien ist in EN 13032-1 angegeben.

ANMERKUNG 2 Eine Anleitung zur Stabilisierungszeit von LED-Leuchten wird erörtert.

Wenn es Bedenken hinsichtlich der Stabilität der Straßenbeleuchtungsanlage während der Dauer der Messung gibt, sind Überwachungsmesswerte aufzunehmen.

BEISPIEL In regelmäßigen Zeitabständen sollten Messungen der Beleuchtungsstärke an der(n) gleichen Stelle(n) vorgenommen werden, um sicherzustellen, dass Stabilität erreicht wurde und vor und während des Zeitraums der endgültigen Lichtmessungen der Straßenbeleuchtungsanlage aufrechterhalten wird.

ANMERKUNG 3 Abhängig vom Lampentyp und der Straßenbeleuchtungsanlage werden ausreichende Informationen durch die Überwachung der Versorgungsspannung erhalten.

6.3 Klimatische Bedingungen

6.3.1 Allgemeines

Die klimatischen Bedingungen sollten so sein, dass keine Maßnahmen erheblich beeinflusst werden, sofern es nicht beabsichtigt ist.

ANMERKUNG Unter einigen Witterungsbedingungen reduziert die atmosphärische Absorption das Niveau der Beleuchtungsstärke deutlich oder sie verändert die gemessene Leuchtdichte.

Wenn die klimatischen Bedingungen während der Messzeit nicht die Bedingungen repräsentieren, die für das Ziel der Messung erforderlich sind, sollte die für die Messung verantwortliche Person entscheiden, ob die Messungen zu verschieben sind.

6.3.2 Messgeräte

Hohe oder niedrige Temperaturen können die Kalibrierung und die Genauigkeit der lichttechnischen Messgeräte beeinträchtigen.

Kondensation oder Feuchtigkeit auf den lichtdurchlässigen Oberflächen der Messgeräte oder an deren elektrischen Schaltkreisen kann sich auf deren Genauigkeit auswirken.

Hohe Windgeschwindigkeiten können die Messgeräte vibrieren lassen oder in Schwingungen versetzen.

Der Einfluss von klimatischen Bedingungen auf die Leistungen der Messgeräte ist unter Verwendung von Korrekturfaktoren zu berücksichtigen. Diese Unsicherheiten sind bei der Bewertung der Messunsicherheit zu berücksichtigen.

Liegen die klimatischen Bedingungen außerhalb des Bereichs der bekannten Korrekturfaktoren, muss die für die Messung verantwortliche Person die Messungen verschieben.