

DIN 5032-11



ICS 17.180.20

**Lichtmessung –
Teil 11: Nahfeldgoniophotometer, Begriffe, Eigenschaften und deren
Kennzeichnung**

Photometry –

Part 11: Near-field goniophotometers, terms, characteristics and their designation

Photométrie –

Partie 11: Goniophotomètres en champ proche, terminologie, caractéristiques et leur repérages

Gesamtumfang 39 Seiten

DIN-Normenausschuss Lichttechnik (FNL)

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Koordinatensysteme	10
4.1 Raumkoordinatensystem	10
4.2 Gerätekoordinatensystem	10
4.3 Objektkoordinatensystem	12
4.4 Kamerakoordinatensystem	13
5 Messgrößen und abgeleitete Größen	15
5.1 Strahlenfeld	15
5.2 Lichtstärkeverteilungskörper (LVK)	18
5.3 Lichtstrom	19
6 Nahfeldgoniophotometer — Aufbau, Funktion	20
6.1 Allgemeines	20
6.2 Ermittlung des Strahlenfeldes	21
6.3 Strahlenberechnung	21
6.4 Messung des Strahlenfeldes	22
7 Abgleichen, Justieren	26
8 Messunsicherheit der Strahlendaten	27
9 Charakterisierung von Nahfeldgoniophotometern	27
9.1 Größen zur Charakterisierung von Nahfeldgoniophotometern	27
9.2 Normale	28
9.3 Abweichung des Lichtstroms	29
9.4 Abweichung der Lichtstärkeverteilung	30
9.5 Abweichungen geometrischer Quellenparameter	33
Anhang A (normativ) Messunsicherheiten	36
A.1 Rückführung der Messwerte	36
A.1.1 Allgemeines	36
A.1.2 Photometrische Normale	36
A.1.3 Validierung	36
A.2 Messunsicherheit der Strahlendaten	37
A.2.1 Allgemeines	37
A.2.2 Modell der Strahlenberechnung	37
A.2.3 MU der Leuchtdichtebilder	38
A.2.4 MU der Positionen und Richtungen	38
Literaturhinweise	39

Bilder

Bild 1 — von links nach rechts: LED-Modul, Darstellung der Ausstrahlcharakteristik durch das Strahlenfeld und Simulation eines Scheinwerferreflektors für eine vorgegebene Richtungsverteilung des emittierten Lichtstroms	5
Bild 2 — Gerätekoordinatensystem mit Kamerakugel	11
Bild 3 — Beispiel einer Aufteilung der Flächenelemente auf der Kamerakugel (Drehung um die Achse und mit konstanten Winkelinkrementen $\Delta\varphi_D$	12
Bild 4 — Koordinatensystem an die Lichtquelle angebunden	13
Bild 5 — Kamerakoordinatensystem (ideale Zentralprojektion, Darstellung der Hauptstrahlen)	14

Bild 6 — Ausschnitt eines Strahlenfeldes, dargestellt für nur wenige Strahlen mit den zugehörigen Raumwinkelanteilen auf Flächenanteilen. Die angegebene Nummerierung verdeutlicht das Prinzip der Zuordnung.	16
Bild 7 — links: Leistungs-LED, rechts: Darstellung der Ausstrahlcharakteristik durch Strahlen des Strahlenfeldes	17
Bild 8 — Fortführung von Strahlen, die auf der Hüllfläche A1 erzeugt wurden, auf A3 (grün gestrichelt) bzw. Rückführung auf die reale Oberfläche A2 (schwarz gestrichelt)	18
Bild 9 — Lichtstärke als Summe von Lichtstromanteilen (Strahlendaten) in eine Richtung (z. B. Richtung 1 — „rote“ Strahlen, Richtung 2 — „grüne“ Strahlen)	19
Bild 10 — Entstehung von Leuchtdichtebildern in einem Nahfeldgoniophotometer	21
Bild 11 — „Suchen“ der Leuchtdichte zu einem Raumanteil $\Delta A_i \Delta \Omega_{i,j}$	23
Bild 12 — Aufteilung der Kamerakugel in Flächenanteile	24
Bild 13 — Ausschnitt der Aufteilung der Flächenanteile am Pol der Kamerakugel	24
Bild 14 — Einteilung des Halbraumes über dem ΔA_i in Raumwinkelanteile $\Delta \Omega_j$ anhand der Pixel des Leuchtdichtebildes	25
Bild 15 — Raytracing auf eine Hüllgeometrie — Vektoren mit Fußpunkten auf Kamerakugel (gestrichelt) zurückgeführt auf virtuelle Hüllfläche (Zylinder)	26
Bild 16 — Mattierte Kugellampe und ihre Lichtstärkeverteilung	28
Bild 17 — Hinterleuchtete Mattglasscheibe und ihre Lichtstärkeverteilung	29
Bild 18 — Licht-Normal (Lichtstrom, Leuchtdichte, Lichtstärke) mit Lichtstärkegradienten	29
Bild 19 — LVK, ihre Anfitung und mögliche Darstellungsformen der Differenzen	32
Bild 20 — Beispiele für Messpositionen zur Charakterisierung möglicher Abweichungen der Lichtstärkeverteilung bei Positionsveränderung des Messobjektes	33
Bild 21 — Anordnung zweier Lichtquellen zur Geometriecharakterisierung	34
Bild 22 — LED zur Charakterisierung der Abweichungen der Geometrie in den Strahlendaten	34
Bild 23 — Projektion aller Strahlen auf eine Ebene durch die Lichtschwerpunkte	35
Bild 24 — aus den Strahlendaten bestimmte spezifische Lichtausstrahlung in der Ebene der Chipoberfläche der LED (entsprechend Bild 21)	35

Tabellen

Tabelle 1 — Größen zur Charakterisierung von Nahfeldgoniophotometern	28
Tabelle A.1 — MU der Leuchtdichtebilder	38
Tabelle A.2 — MU der Positionen und Richtungen	38

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitsausschuss NA 058-00-03 AA „Photometrie“ im DIN-Normenausschuss Lichttechnik (FNL) erarbeitet.

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

DIN 5032, *Lichtmessung*, besteht aus den folgenden Teilen:

- *Teil 2: Betrieb elektrischer Lampen und Messung der zugehörigen Größen*
- *Teil 3: Messbedingungen für Gasleuchten*
- *Teil 4: Messungen an Leuchten*
- *Teil 7: Klasseneinteilung von Beleuchtungsstärke- und Leuchtdichtemessgeräten*
- *Teil 8: Datenblatt für Beleuchtungsstärkemessgeräte*
- *Teil 9: Messung der lichttechnischen Größen von inkohärent strahlenden Halbleiterlichtquellen*
- *Teil 10: Leuchtdichtemesskamera, Begriffe, Eigenschaften und deren Kennzeichnung*
- *Teil 11: Nahfeldgoniophotometer, Begriffe, Eigenschaften und deren Kennzeichnung (dieser Teil)*

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Einleitung

Ein Nahfeldgoniophotometer ist ein Goniophotometer, mit dem bildauflösende Leuchtdichtemessungen der Lichtquelle ausgeführt werden. Als Lichtmessensor wird eine Leuchtdichtemesskamera verwendet. Damit wird die Wirkung der Ausstrahlungscharakteristik für einzelne Elemente der realen oder einer virtuellen Oberfläche der Lichtquelle als Verteilung von Leuchtdichten erfasst und als Strahlenfeld dargestellt [1], [2].

Zusätzlich kann ein Photometerkopf zur Messung der planaren Beleuchtungsstärke zur Lichtstrommessung auf dem Goniometer eingesetzt werden.

Die Leuchtdichte an einem Ort, in eine Richtung, gibt an, welcher Lichtstrom sich von einem gegebenen Oberflächenelement aus in die gegebene Richtung in ein Raumwinkelement hinein ausbreitet. Die Leuchtdichte ist eine differentielle Größe. Die Leuchtdichteverteilung beschreibt die Ausstrahlungscharakteristik eines leuchtenden Objektes vollständig. Die Leuchtdichte ist eine orts- und richtungsabhängige Funktion. Diese Funktion kann diskret beschrieben werden, wenn man die Oberfläche des leuchtenden Körpers oder eine konvexe Hüllfläche in hinreichend kleine Flächenanteile und jeweils den Halbraum über diesen Flächenanteilen in hinreichend kleine Raumwinkelanteile zerlegt und für alle diese Anteile des 5-dimensionalen Raumes ($x, y, z, \vartheta, \varphi$) den Lichtstromanteil angibt. Diese Darstellung mittels Lichtstromanteil je Flächenanteil und Raumwinkelanteil wird als Strahlenfeld bezeichnet [3], [4], [5].

Die Elemente des Strahlenfeldes werden als Strahlen bezeichnet. Sie erlauben es, den Lichtstärkeverteilungskörper und den Lichtstrom der Lichtquelle zu berechnen. Das Strahlenfeld kann auf die tatsächliche Oberfläche oder eine einhüllende virtuelle Oberfläche zurück gerechnet werden.

Die Bereitstellung des Strahlenfeldes ist Voraussetzung, um die Entwicklung von Leuchten und leuchtenden Baugruppen mit Simulationswerkzeugen zu ermöglichen (z. B. Reflektorberechnung, Entwicklung von Licht leitenden Elementen). Diese Vorgehensweise ist bei der Entwicklung neuer Halbleiterlichtquellen und Lampen für bestimmte Applikationen ebenso unverzichtbar, wie bei der Optimierung von Leuchten oder bei der Kombination von z. B. LEDs zu Baugruppen.

Zur Verdeutlichung zeigt Bild 1 von links nach rechts ein LED-Modul, die graphische Darstellung der Ausstrahlcharakteristik durch das zugehörige Strahlenfeld und die Simulation eines Scheinwerferreflektors für eine vorgegebene Richtungsverteilung des emittierten Lichtstroms unter Verwendung des Strahlenfelds.

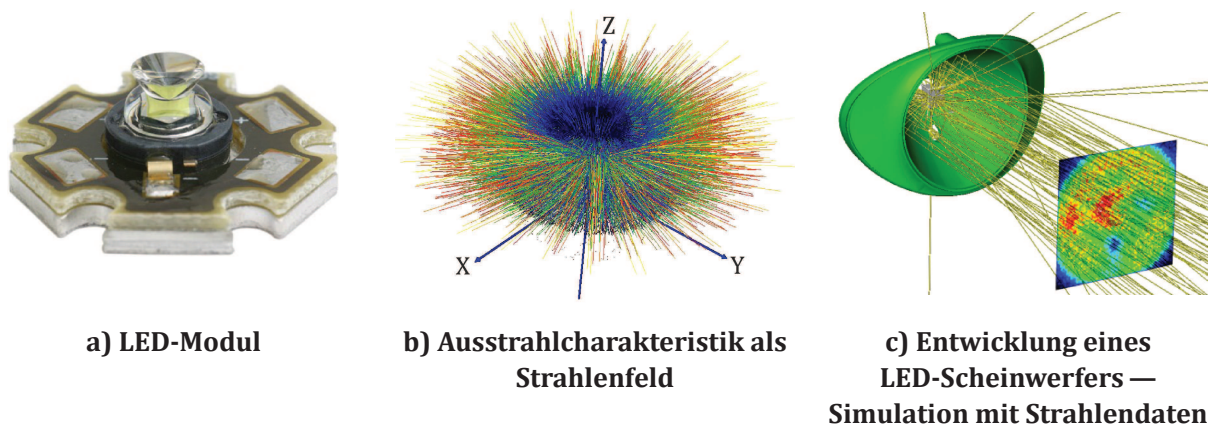


Bild 1 — von links nach rechts: LED-Modul, Darstellung der Ausstrahlcharakteristik durch das Strahlenfeld und Simulation eines Scheinwerferreflektors für eine vorgegebene Richtungsverteilung des emittierten Lichtstroms

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument gilt für Nahfeldgoniophotometer, also Goniophotometer, die mit Hilfe einer Leuchtdichtemesskamera die Ausstrahlcharakteristik von Lichtquellen erfassen. Die Leuchtdichtemesskamera liefert an hinreichend vielen (dichten) Orten um die Lichtquelle herum Leuchtdichtebilder. Diese Norm gibt an, wie aus den Leuchtdichtebildern die Strahlen des Strahlenfeldes der Lichtquelle generiert werden, und wie daraus Lichtstärkeverteilungskörper und Lichtströme berechnet werden können. Die Messwerte werden als Strahlen eines Strahlenfeldes zur weiteren Verwendung bereitgestellt.

Diese Norm legt für Nahfeldgoniophotometer Kenngrößen fest und beschreibt Verfahren zur Bestimmung von deren Werten. Sie liefert so die Grundlage zur Bewertung und zum Vergleich von Nahfeldgoniophotometern.

2 Normative Verweisungen

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

DIN 5032-10, *Lichtmessung — Teil 10: Leuchtdichtemesskamera, Begriffe, Eigenschaften und deren Kennzeichnung*

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

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

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

ANMERKUNG In den folgenden Formeln und Beschreibungen wird ein endlich großer Teil einer physikalischen Größe X mit ΔX bezeichnet und Anteil genannt. Ein differentiell kleiner Teil einer physikalischen Größe wird mit ∂X (in Differenti- alquotienten/Ableitungen) beziehungsweise mit dX (in Integralen) bezeichnet und Element genannt.

3.1

Lichtquelle als Messobjekt

Messobjekt, das inkohärente Strahlung emittiert, die zur Beleuchtung verwendet wird, wobei nicht nach der Technologie der Lichterzeugung unterschieden wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Eingeschlossen sind Halbleiterlichtquellen (LEDs und OLEDs oder Kombinationen daraus), Glüh- und Entladungslampen sowie Leuchten und Strahler; nicht eingeschlossen sind Laser.

Anmerkung 2 zum Begriff: Eine Lichtquelle emittiert Licht in den umgebenden Raum, wobei Beugungserscheinungen vernachlässigt werden, d. h. Licht breitet sich geradlinig aus.

Anmerkung 3 zum Begriff: Der Wellenlängenbereich entspricht dem sichtbaren Spektralbereich (360 nm bis 830 nm).

3.2

Lichtstrom einer Lichtquelle

Φ

mit der spektralen Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges $V(\lambda)$ bewertete gesamte Strahlungsleistung, die mit dem maximalen photometrischen Strahlungsäquivalent $K_m = 683 \text{ lm/W}$ multipliziert wird und die durch eine geschlossene Hüllfläche A um die Lichtquelle hindurchtritt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Lichtstrom ist gegeben durch Gleichung (1)

$$\Phi = K_m \int \phi_e(\lambda) \cdot V(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Einheit des Lichtstroms ist Lumen (lm).

3.3

spezifische Lichtausstrahlung

$M(x,y)$

Quotient aus dem Lichtstromelement $\partial\Phi$, das durch ein Flächenelement ∂A an der Stelle (x,y) die Hüllfläche um eine Lichtquelle verlässt, und aus diesem Flächenelement ∂A

Anmerkung 1 zum Begriff: Die spezifische Lichtausstrahlung ist gegeben durch Gleichung (2).

$$M = \frac{\partial\Phi(x,y)}{\partial A(x,y)} \quad (2)$$

Anmerkung 2 zum Begriff: Entspricht der Lichtstromdichte auf einem Element einer Hüllfläche.

[QUELLE: CIE S 017/E:2011-735 — modifiziert: In partielle Schreibweise geändert und Anmerkung 2 zum Begriff hinzugefügt.]

3.4

Leuchtdichte

$L(x,y,z,\vartheta,\varphi)$

Dichte des Lichtstromes $\Phi(A, \Omega)$ aus einer Fläche am Ort (x,y,z) in eine Richtung (ϑ, φ) , gegeben als zweite Ableitung des Lichtstromes nach der Projektion der Fläche $A(x,y,z)$ in diese Richtung mit $A_p(x,y,z) = A(x,y,z) \cdot \cos\vartheta$ und nach dem Raumwinkel $\Omega(\vartheta,\varphi)$ in dem der Lichtstrom abgegeben wird und betrachtet für den Fall $A(x,y,z) \rightarrow 0$ und $\Omega(\vartheta,\varphi) \rightarrow 0$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Leuchtdichte ist gegeben durch Gleichung (1).

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Leuchtdichte ist in DIN EN ISO 80000-7 und in CIE S 017 (ILV), 17-711 definiert. Zur allgemeinen Beschreibung in dieser Norm bietet sich aber hier die zur Definition gleichwertige Darstellung über die 2. Ableitung des Lichtstromes an.

[QUELLE: DIN 5032-10:2020-03, 3.3.1]

$$L(x,y,z,\vartheta,\varphi) = \frac{\partial^2 \Phi(x,y,z,\vartheta,\varphi)}{\partial A(x,y,z) \cdot \cos\vartheta \cdot \partial\Omega(\vartheta,\varphi)} = \frac{\partial^2 \Phi(x,y,z,\vartheta,\varphi)}{\partial A_p(x,y,z) \cdot \partial\Omega(\vartheta,\varphi)} \quad (3)$$

Dabei ist

$L(x,y,z,\vartheta,\varphi)$ die Leuchtdichte einer Fläche an einem Ort in eine Richtung;

$\partial^2 \Phi(x,y,z,\vartheta,\varphi)$ das Lichtstromelement;

$\partial\Omega(\vartheta,\varphi)$ das Raumwinkelement in Richtung (ϑ,φ) ;

$\partial A(x,y,z)$ das Flächenelement der Oberfläche oder einer Hüllfläche um die Leuchte;

$\partial A_p(x,y,z)$	das Flächenelement der Projektion $\partial A(x,y,z)$ auf die Ebene normal zur Richtung (ϑ, φ) ; $\partial A_p(x,y,z) = \partial A(x,y,z) \cdot \cos \vartheta$;
x,y,z	die Koordinaten der Flächenelemente $\partial A(x,y,z)$ und $\partial A_p(x,y,z)$;
ϑ	der Winkel zwischen der Flächennormalen $\vec{\partial A}(x,y,z)$ und der Richtung des Raumwinkel-elementes $\partial \Omega(\vartheta, \varphi)$;
φ	der Azimut des Raumwinkelementes $\partial \Omega(\vartheta, \varphi)$;
ϑ, φ	die Koordinaten im Polarkoordinatensystem mit dem Ursprung in $\partial A(x,y,z)$ und dem Pol in Richtung der Flächennormalen $\vec{\partial A}(x,y,z)$.

3.5

Leuchtdichte Verteilung

Variation der Leuchtdichten auf einer dreidimensionalen Oberfläche als Funktion des Ortes auf der Fläche und der Richtung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Leuchtdichte Verteilung ist 5-dimensional, d. h. sie wird mit Koordinaten für Ort und Richtung angegeben. Die Orts-Koordinaten werden in Objektkoordinaten (Lichtquelle) angegeben, die Richtungskoordinaten dagegen in Elementkoordinaten. Letztere können grundsätzlich in Objektkoordinaten transformiert werden.

[QUELLE: DIN 5032-10:2020-03, 3.3.2]

3.6

Leuchtdichtemesskamera

bildauflösendes Leuchtdichtemessgerät Typ 2 nach DIN 5032-10, welches ein Leuchtdichtebild über die Zentralprojektion einer Leuchtdichte Verteilung der Lichtquelle erfasst, wobei das Zentrum der Eintrittspupille das Projektionszentrum ist

3.7

Leuchtdichtebild

von der Eintrittspupille der Leuchtdichtemesskamera aus gesehen mit dem Sensorarray erfasster Ausschnitt der Verteilung von Leuchtdichten $L(\vartheta_c, \varphi_c)$, wobei

ϑ_c der Winkel zwischen der optischen Achse der Leuchtdichtemesskamera und der Richtung der gesehenen Leuchtdichte ist, und

φ_c der Azimut der gesehenen Leuchtdichte in Bezug auf die optische Achse der Leuchtdichtemesskamera ist.

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Leuchtdichtebild ist somit eine Zentralprojektion der Leuchtdichte Verteilung der Lichtquelle.

Anmerkung 2 zum Begriff: Für den Einsatz im Nahfeldgoniophotometer wird die Leuchtdichtemesskamera so kalibriert, dass zu jedem Leuchtdichtewert eines Bildpunktes (Pixel) im Leuchtdichtebild auch dessen Richtung und Raumwinkelanteil im Kamerakoordinatensystem bekannt sind.

3.8

Strahl

diskreter Lichtstromanteil $\Delta \Phi(x,y,z,\vartheta,\varphi)$ als Element der Beschreibung der Leuchtdichte Verteilung, ausgehend von einer Leuchtdichte von einem Flächenanteil $\Delta A(x,y,z)$ an einem Ort (x,y,z) und ausgestrahlt in einen Raumwinkelanteil $\Delta \Omega(\vartheta,\varphi)$ in eine Richtung (ϑ,φ)

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einheit des Lichtstromanteils ist Lumen (lm).

3.9**Strahlenfeld**

Menge aller Strahlen $\Delta\Phi(x,y,z,\vartheta,\varphi)$ einer Lichtquelle

3.10**photometrische Grenzentfernung**

Abstand zwischen Lichtquelle und beleuchteter Fläche, bei dem aus der Beleuchtungsstärke auf der Fläche, z. B. auf einem photometrischen Empfänger, die Lichtstärke mit hinreichend kleiner Messunsicherheit aus dem photometrischen Entfernungsgesetz, d. h. unter Fernfeldbedingungen berechnet werden kann

3.11**Lichtstärke**

$I(\vartheta,\varphi)$

Quotient aus dem Lichtstromelement $\partial\Phi(\vartheta,\varphi)$ und dem Raumwinkelement $\partial\Omega(\vartheta,\varphi)$, bei Beschreibung der Lichtquelle außerhalb der photometrischen Grenzentfernung, d. h. unter Fernfeldbedingungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Lichtstärke wird nach Gleichung (4) berechnet.

$$I(\vartheta,\varphi) = \frac{\partial\Phi(\vartheta,\varphi)}{\partial\Omega(\vartheta,\varphi)} \quad (4)$$

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Einheit der Lichtstärke ist Candela (cd).

3.12**Lichtstärkeverteilungskörper****LVK**

$I(\vartheta_k,\varphi_1)$

Verteilung aller Lichtstärken $I(\vartheta_k,\varphi_1)$ in alle diskreten Richtungen (ϑ_k,φ_1) des Raumes

3.13**Nahfeldgoniophotometer**

Goniophotometer, bei dem mit einer bildauflösenden Leuchtdichtemesskamera das Strahlenfeld gemessen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Abstand der Leuchtdichtemesskamera von der Lichtquelle ist meist wesentlich kleiner als die photometrische Grenzentfernung. Einzelne Objekt-Pixel der Lichtquelle werden aufgrund ihrer geringen Ausdehnung unter den in 3.10 beschriebenen Fernfeldbedingungen erfasst. Mit der Leuchtdichtemesskamera werden aus hinreichend vielen Richtungen (Orten auf der durch das Goniometer abgefahrenen Kugel — Kamerakugel) Leuchtdichtebilder erfasst.

3.14**Kamerakugel**

virtuelle Kugel um den Koordinatenursprung des Gerätekoordinatensystems, d. h. des Goniophotometers

Anmerkung 1 zum Begriff: Deren Radius R_D gibt den Abstand des Koordinatenursprungs zur Eintrittspupille der Leuchtdichtemesskamera während der Messung an. Orte auf der Kamerakugel werden in kartesischen (x_D, y_D, z_D) oder in Kugelkoordinaten $(r_D, \vartheta_D, \varphi_D)$ angegeben.

3.15**Koordinatensystem**

den verschiedenen Komponenten zugeordnetes rechtshändiges kartesisches Koordinatensystem (x,y,z) mit den zugehörigen Kugelkoordinaten (r,ϑ,φ) , das bei Messungen mit einem Nahfeldgoniophotometer beteiligt ist und verschiedenen Komponenten zugeordnet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die den verschiedenen Komponenten zugeordneten Koordinatensysteme werden jeweils durch Indizes unterschieden, siehe 3.16, 3.17, 3.18 und 3.19. Die geometrischen Beziehungen zwischen den einzelnen Koordinatensystemen sind zu jedem Zeitpunkt der Messung bekannt.

3.16

Raumkoordinaten

Koordinaten, die die Anordnung von Messgeräten oder Messobjekten im Raum beschreiben

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie werden in diesem Dokument mit dem Index „R“ gekennzeichnet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bezüge werden meist durch „vertikal oben“ und „horizontal“ angegeben, z. B. um die Brennlage von Lichtquellen zu beschreiben.

3.17

Gerätekoordinaten

Koordinaten, die die Anordnung von Teilen und Justierelementen eines Nahfeldgoniophotometers bezogen auf den Halter des Messobjektes (z. B. an den Lampenhalter angebunden) beschreiben

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie werden in diesem Dokument mit dem Index „D“ gekennzeichnet.

3.18

Objektkoordinaten

Koordinaten, die Form und Oberfläche eines (leuchtenden) Objektes beschreiben und während der Messung eine feste Transformation zum Gerätekoordinatensystem einhalten

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie werden in diesem Dokument mit dem Index „S“ gekennzeichnet.

3.19

Kamerakoordinaten

Koordinaten, deren Ursprung im Projektionszentrum des Objektivs (Zentrum der Eintrittspupille) der Kamera liegt, deren x_C - und y_C -Richtung durch die Orientierung der Sensormatrix vorgegeben werden und deren z_C -Richtung zum Objekt weist

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie werden in diesem Dokument mit dem Index „C“ gekennzeichnet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die z_C -Achse weist in Richtung zum Objekt, d. h. im Nahfeldgoniophotometer zum Koordinatenursprung des Gerätekoordinatensystems.

Anmerkung 3 zum Begriff: Das Leuchtdichtebild wird im Kamerakoordinatensystem in diskreten Koordinaten angegeben. Die Elemente des Leuchtdichtebildes werden durch die abzählbaren Pixel (diskrete Bildpunkte) beschrieben.

4 Koordinatensysteme

4.1 Raumkoordinatensystem

Die Achsen im Raumkoordinatensystem werden hier mit dem Index „R“ gekennzeichnet. Alle Bezüge werden meist durch „vertikal oben“ und „horizontal rechts“ angegeben. Raumkoordinaten dienen z. B. um die Brennlage von Lichtquellen zu beschreiben.

4.2 Gerätekoordinatensystem

Im Gerätekoordinatensystem (Bild 2) wird die Leuchtdichtemesskamera bewegt. Die Leuchtdichtemesskamera ist zum Zentrum der Kamerakugel, welches dem Ursprung des Gerätekoordinatensystems entspricht, ausgerichtet und ihre Eintrittspupille befindet sich im Abstand R_D dazu. Die Position ihrer Eintrittspupille ($R_D, \vartheta_D, \varphi_D$) wird durch Kugelkoordinaten angegeben.

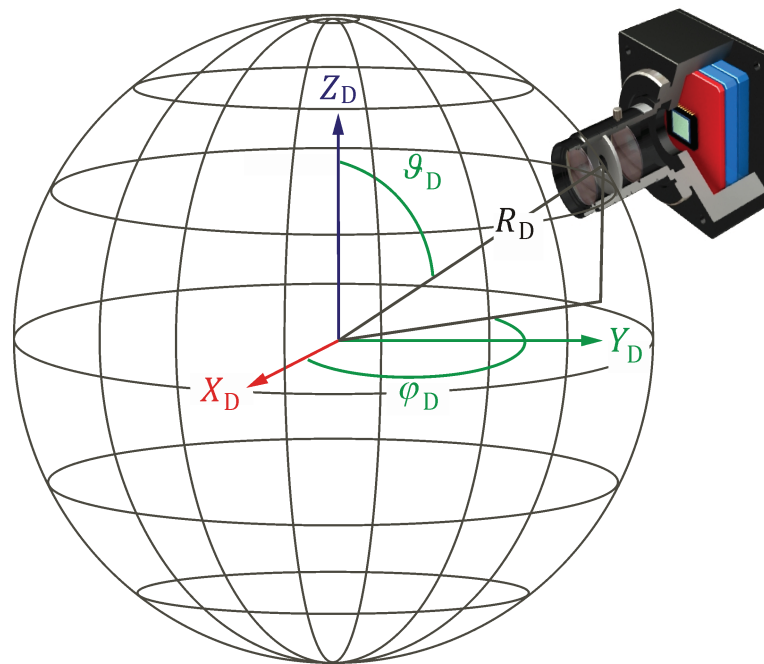
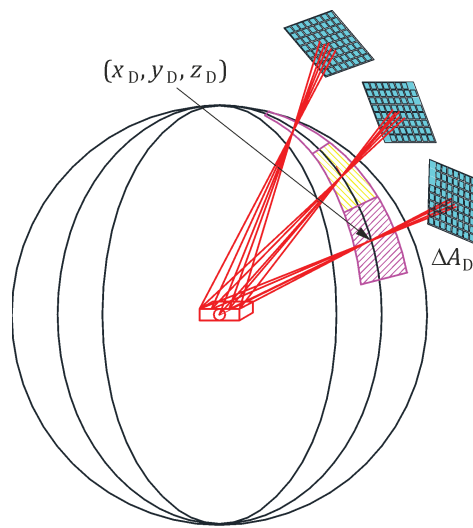
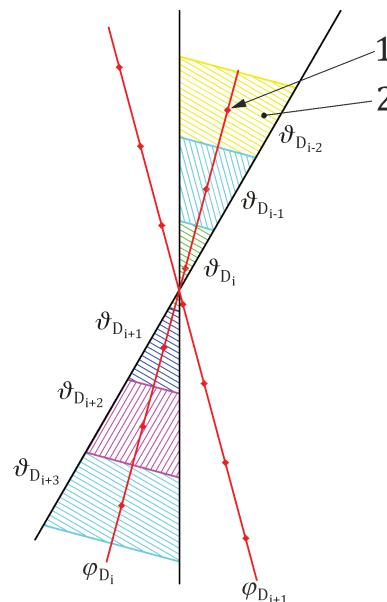


Bild 2 — Gerätekoordinatensystem mit Kamerakugel

Das Raster der Kamerapositionen auf der Kamerakugel (z. B. entsprechend Bild 3) ist so zu wählen, dass Änderungen der Leuchtdichtebilder zwischen benachbarten Kamerapositionen hinreichend klein bleiben. Es ist zu verfeinern für Lichtquellen mit großen Variationen in der Leuchtdichteverteilung oder kann vergrößert werden, falls nur kleine Variationen vorliegen.



a) Beispiel für Positionen auf der Kamerakugel und zugehörige Flächenanteile $\Delta A_{D,i}$ (im kartesischen Koordinatensystem)



b) Lage und Größe der Flächenanteile in Polnähe (im Polarkoordinatensystem)

Legende

- 1 Kameraposition
- 2 zugehöriger Flächenanteil

Bild 3 — Beispiel einer Aufteilung der Flächenelemente auf der Kamerakugel (Drehung um die Achse und mit konstanten Winkelinkrementen $\Delta\varphi_D$)

Der Wahl der Positionen auf der Kamerakugel entsprechend ergeben sich unterschiedliche Flächenanteile ΔA_D , die in der Regel die Form von Kugelvierecken aufweisen (siehe Bild 3). Mögliche Aufteilungen der Kamerakugel sind beispielsweise Kugelvierecke, die durch Drehungen mit konstanten Winkelinkrementen $\Delta\varphi_D$ entstehen, wie in Bild 3. Möglich ist beispielsweise auch eine Aufteilung in Kugelvierecke, die alle einen näherungsweise gleichen Raumwinkel aufspannen. Hier sind die Winkelinkremente $\Delta\varphi_D$ abhängig vom Zenitwinkel ϑ_D .

4.3 Objektkoordinatensystem

Leuchtdichteverteilungen $L(x_S, y_S, z_S, \vartheta_S, \varphi_S)$ und Lichtstärkeverteilungen $I(\vartheta_S, \varphi_S)$ sind von Orten und Richtungen abhängig. Deshalb ist an die Lichtquelle als Messobjekt ein Koordinatensystem angebunden in dem die Verteilungen angegeben werden. Diese Anbindung erfolgt an ausgezeichneten Punkten und Richtungen der Geometrie der Lichtquelle, z. B. an Symmetrieachsen.

Die Anbindung muss eindeutig übermittelt werden, z. B. durch eine detaillierte Beschreibung, Zeichnungen, CAD-Daten oder bei rotationssymmetrischen Lichtquellen durch besondere Markierungen (z. B. Bild 4). Die Anbindung muss zusammen mit den Messergebnissen übergeben werden.