
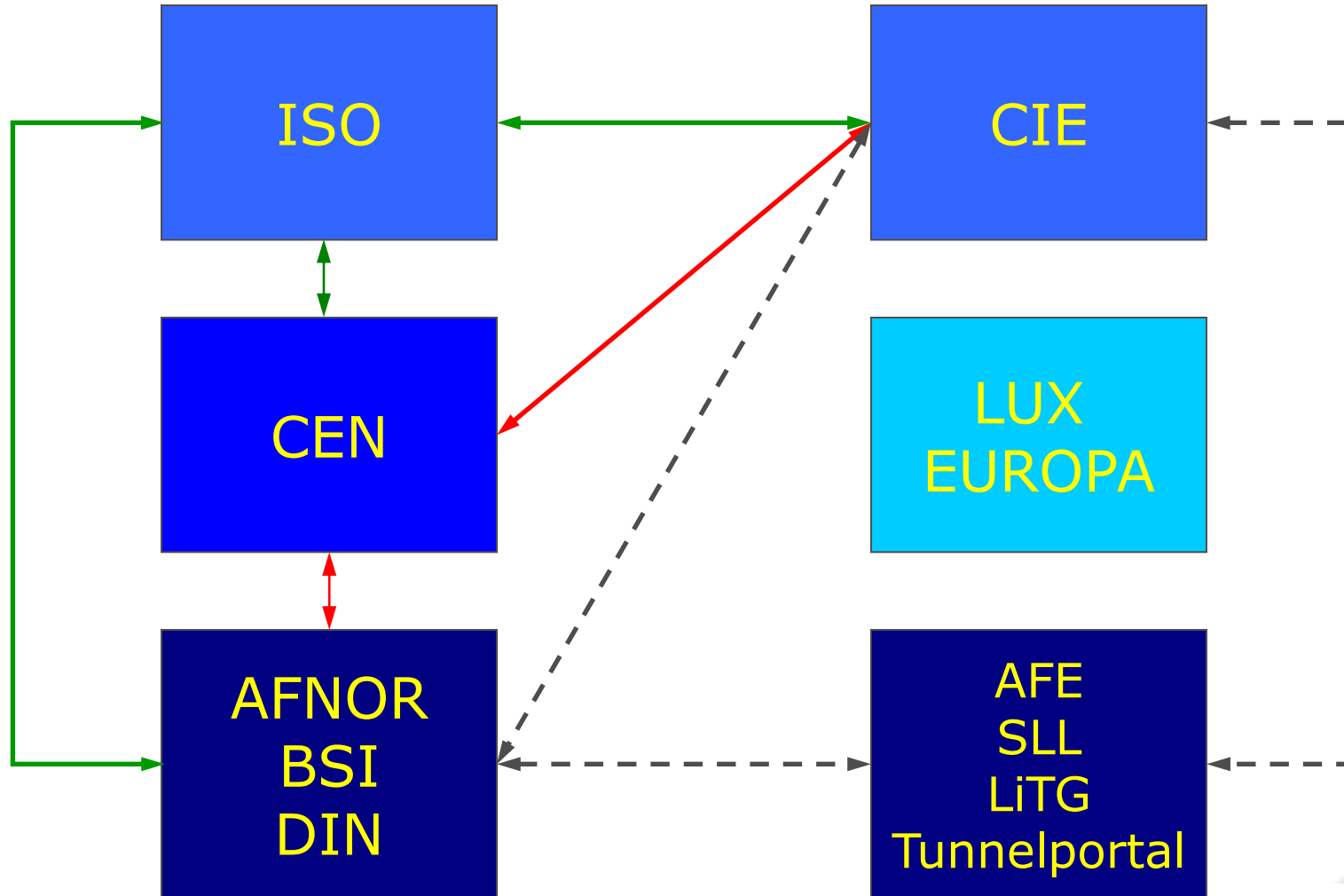


TAKING  
**COOPERATION**  
FORWARD

 Seminar zur Straßen- und Wegebeleuchtung, Rostock, 24.01.2019

 **Normen und Standards zur Straßen- und Wegebeleuchtung**

 Prof. Axel Stockmar, LiTG e.V., Hannover University of Applied Sciences and Arts



- Division 1 Vision & Colour
- Division 2 Physical Measurement of Light and Radiation
- Division 3 Interior Environment and Lighting Design
- Division 4 Transportation and Exterior Applications

## **CIE 115:2010 “Lighting of roads for motor and pedestrian traffic”**

- Division 6 Photo-biology and Photo-chemistry
- Division 8 Image Technology



- **WG1 Basic Terms and Criteria (EN 12665)**
- WG2 Lighting of Work Places (EN 12464-1/2, EN 13032-2, TS 17165)
- WG3 Emergency Lighting (EN 1838, EN 13032-3)
- WG4 Sports Lighting (EN 12193)
- WG5 Road Lighting (EN 13201:2003)
- WG6 Tunnel Lighting (CR 14380, EN 16276)
- **WG7 Photometry (EN 13032-1, EN 13032-4)**
- WG8 Photobiology (EN 14255, EN 16237)
- WG9 Energy Performance of Buildings - Energy Requirements for Lighting (EN 15193)
- WG10 Performance of Optical Materials for Luminaires (EN 16268)
- WG11 Daylight (EN 17037)
- **WG12 TC169/226 JWG Road Lighting (TR/EN 13201, EN 13032-5)**
- WG13 Non-visual Effects of Light on Human Beings (TR 16791)
- WG14 ErP Lighting Mandate Management Group



- NA 058-00-01 GA „Größen, Bezeichnungen und Einheiten“ (FNL/FNF)
- NA 058-00-03 AA „Photometrie“
- NA 058-00-04 AA „Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht“
- NA 058-00-06 AA „Innenraumbeleuchtung mit Tageslicht“
- NA 058-00-07 AA „Strahlenkunde“
- NA 058-00-09 GA „Lichttechnische Eigenschaften von Signallichtern“
- **NA 058-00-11 AA** **„Außenbeleuchtung“ (FNL / FGSV 3.11.01)**
- NA 058-00-13 AA „Sportstättenbeleuchtung“
- NA 058-00-16 AA „Notbeleuchtung“
- NA 058-00-19 AA „Langnachleuchtende Produkte“
- NA 058-00-20 AA „Energetische Bewertung der Lichttechnik in Gebäuden“
- NA 058-00-21 AA „Spiegelmaterial für die Lichttechnik“
- NA 058-00-27 AA „Wirkungen des Lichts auf den Menschen“



## „Außenbeleuchtung“ (FNL 11 / FGSV 3.11.01)

- NA 058-00-11-03 AK „Tunnelbeleuchtung“  
(DIN 67524-1:2018, Überarbeitung der DIN 67524-2:2011)
- NA 058-00-11-14 AK „Arbeitsstätten im Freien“  
(Überarbeitung der DIN EN 12464-2:2014, ggf. in 2019)
- NA 058-00-11-15 AK „Straßenbeleuchtung“  
(DIN EN 13032-5:2018, Überarbeitung DIN 13201-1)



- DIN 13201-1 Teil 1: „Auswahl der Beleuchtungsklassen“ (MM.2019)
- **DIN EN 13201-2 Teil 2: „Gütemerkmale“ (2016)**
- DIN EN 13201-3 Teil 3: „Berechnung der Gütemerkmale“ (2016)
- DIN EN 13201-4 Teil 4: „Methoden zur Messung der Gütemerkmale von Straßenbeleuchtungsanlagen“ (2016)
- DIN EN 13201-5 Teil 5: „Energieeffizienzindikatoren“ (2016)
- DIN EN 13032-5 Teil 5: „Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten - Teil 5: Darstellung von Daten für Leuchten zur Verwendung in der Straßenbeleuchtung“ (2018)



- **M-Klassen** für Verkehrswege mit mittleren und höheren Geschwindigkeiten
- **C-Klassen** für Kraftfahrer und andere Straßennutzer in Konfliktbereiche
- **P-Klassen und HS-Klassen** Fußgänger und Radfahrer
- **SC-Klassen** als zusätzliche Klassen für Fußgängerflächen
- **EV-Klassen** als zusätzliche Klassen für Situationen, in denen vertikale Oberflächen gesehen werden müssen





Adaptive Straßenbeleuchtung wird definiert als eine Beleuchtung, **die örtlich und zeitlich an die sich ändernden Bedingungen**, wie Geschwindigkeit, Verkehrsaufkommen und Verkehrsart, Umgebungshelligkeit oder Wetter, angepasst wird.

Anmerkung aus CIE 115:2010 „Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic“:

Änderungen des mittleren Beleuchtungsniveaus dürfen sich auf die anderen Gütemerkmale **nicht mehr** auswirken als in den entsprechenden Beleuchtungsklassen **angegeben**.



| Klasse | $L_m$ in $cd/m^2$ | $U_o$ | $U_l$ | $U_{ow}$    | $f_{TI}$ in % | $R_{EI}$    |
|--------|-------------------|-------|-------|-------------|---------------|-------------|
| M1     | 2,00              | 0,40  | 0,70  | <b>0,15</b> | 10            | <b>0,35</b> |
| M2     | 1,50              | 0,40  | 0,70  |             | 10            | <b>0,35</b> |
| M3     | 1,00              | 0,40  | 0,60  |             | 15            | <b>0,30</b> |
| M4     | 0,75              | 0,40  | 0,60  |             | 15            | <b>0,30</b> |
| M5     | 0,50              | 0,35  | 0,40  |             | 15            | <b>0,30</b> |
| M6     | 0,30              | 0,35  | 0,40  |             | 20            | <b>0,30</b> |

$L_m$  mittlere Fahrbahnleuchtdichte

$U_o$  Gesamtgleichmäßigkeit

$U_l$  Längsgleichmäßigkeit

$U_{ow}$  Gesamtgleichmäßigkeit, **nass**

$f_{TI}$  Schwellenwerterhöhung

$R_{EI}$  Randbeleuchtungsstärkeverhältnis



Konfliktbereiche bestehen immer dort, wo sich **motorisierte Verkehrsströme kreuzen**, oder diese Bereiche auch von Fußgängern oder Radfahrern genutzt werden, oder dort, wo im Zuge einer Straße eine **Änderung der Geometrie** auftritt, wie z.B. eine Verringerung der Anzahl oder Breite der Fahrstreifen.

Auch für Konfliktbereiche ist das **Leuchtdichte-Prinzip das empfohlene Planungsverfahren**. Wenn jedoch die Beobachtungsentfernungen zu kurz sind oder andere Gründe gegen die Anwendung der Leuchtdichtetechnik sprechen, so kann die **Beleuchtungsstärketechnik** verwendet werden.



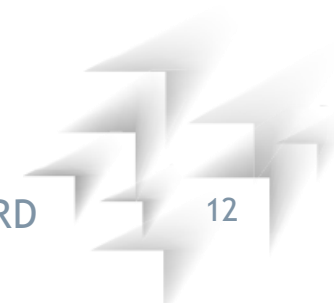
# Lichttechnische Anforderungen

## C-Beleuchtungsklassen in DIN EN 13201-2:2016

| Klasse | $E_m$ in lx | $U_o = E_{min} / E_m$ |
|--------|-------------|-----------------------|
| C0     | 50          | 0,40                  |
| C1     | 30          | 0,40                  |
| C2     | 20,0        | 0,40                  |
| C3     | 15,0        | 0,40                  |
| C4     | 10,0        | 0,40                  |
| C5     | 7,50        | 0,40                  |

$E_m$  mittlere horizontale Beleuchtungsstärke

$U_o$  Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke



# Bewertung der physiologischen Blendung C-Klassen (inf. Anhang DIN EN 13201-2:2016)

| Klasse | $f_{TI}$ in % |
|--------|---------------|
| C0     | 15            |
| C1     | 15            |
| C2     | 15            |
| C3     | 20            |
| C4     | 20            |
| C5     | 20            |

$f_{TI}$  Schwellenwerterhöhung für relevante Beobachterpositionen und Blickrichtungen; mittlere Leuchtdichte der betrachteten Fläche unter der Annahme diffuser Reflexion zu bestimmen (z. B.  $\rho = 0,20$ )



| Klasse | $E_m$ in lx | $E_{min}$ in lx | Zusätzliche Anforderungen falls Gesichtserkennung notwendig |                    |
|--------|-------------|-----------------|---|--------------------|
|        |             |                 | $E_{v,min}$ in lx   | $E_{sc,min}$ in lx |
| P1     | 15,0        | 3,00            | 5,0   | 3,0                |
| P2     | 10,0        | 2,00            | 3,0   | 2,0                |
| P3     | 7,50        | 1,50            | 2,5   | 1,5                |
| P4     | 5,00        | 1,00            | 1,5   | 1,0                |
| P5     | 3,00        | 0,60            | 1,0   | 0,6                |
| P6     | 2,00        | 0,40            | 0,6   | 0,4                |
| P7     | ---         | ---             | ---   | ---                |

$E_m$  mittlere horizontale Beleuchtungsstärke

$E_{min}$  minimale horizontale Beleuchtungsstärke

$E_{v,min}$  minimale vertikale Beleuchtungsstärke

$E_{sc,min}$  minimale halbzyklindrische Beleuchtungsstärke



# Bewertung der physiologischen Blendung P-Klassen (inf. Anhang DIN EN 13201-2:2016)

| Klasse | $f_{TI}$ in % |
|--------|---------------|
| P1     | 20            |
| P2     | 25            |
| P3     | 25            |
| P4     | 30            |
| P5     | 30            |
| P6     | 35            |
| P7     | ---           |

$f_{TI}$  Schwellenwerterhöhung für relevante Beobachterpositionen und Blickrichtungen; mittlere Leuchtdichte der betrachteten Fläche unter der Annahme diffuser Reflexion zu bestimmen (z. B.  $\rho = 0,20$ )



- Tabelle A.1: **Lichtstärkeklassen**, von denen eine Klasse ausgewählt werden kann, um die geeigneten Anforderungen für die Begrenzung physiologischer Blendung und/oder des Störlichts zu erhalten
- Tabelle A.2: **Blendindexklassen**, von denen eine Klasse ausgewählt werden kann, um die geeigneten Anforderungen für die Begrenzung psychologischer Blendung zu erhalten





# Blendungsbewertung (II)

## DIN EN 13201-2:2016, Anhang A (informativ)

| Klasse | Maximale Lichtstärke unterhalb der Horizontalen in cd/klm des emittierten Lichtstroms der Leuchte |        |        | Andere Anforderungen            |
|--------|---|--------|--------|---------------------------------|
|        | ab 70°  | ab 80° | ab 90° |                                 |
| G*1    | ---   | 200    | 50     | ---                             |
| G*2    | ---   | 150    | 30     | ---                             |
| G*3    | ---   | 100    | 20     | ---                             |
| G*4    | 500   | 100    | 10     | Lichtstärke = 0 cd oberhalb 95° |
| G*5    | 350   | 100    | 10     |                                 |
| G*6    | 350   | 100    | 0      | Lichtstärke = 0 cd oberhalb 90° |

**Anmerkung: Für Leuchten mit Lampen hoher Lichtströme kann die Begrenzung der absoluten Lichtstärken erforderlich sein !**



- DIN 13201-1 Teil 1: „Auswahl der Beleuchtungsklassen“ (MM.2019)
- DIN EN 13201-2 Teil 2: „Gütemerkmale“ (2016)
- **DIN EN 13201-3 Teil 3: „Berechnung der Gütemerkmale“ (2016)**
- DIN EN 13201-4 Teil 4: „Methoden zur Messung der Gütemerkmale von Straßenbeleuchtungsanlagen“ (2016)
- DIN EN 13201-5 Teil 5: „Energieeffizienzindikatoren“ (2016)
- DIN EN 13032-5 Teil 5: „Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten - Teil 5: Darstellung von Daten für Leuchten zur Verwendung in der Straßenbeleuchtung“ (2018)



- Horizontale ( $E_h$ ), vertikale ( $E_v$ ), halbräumliche ( $E_{hs}$ ) und halbzyklindrische ( $E_{sc}$ ) Beleuchtungsstärken **als Wartungswerte**
- Fahrbahn-Leuchtdichten ( $L_p$ ) **als Wartungswerte**
- Gesamt- ( $U_o$ ) und Längsgleichmäßigkeiten ( $U_l$ )
- Schwellenwerterhöhungen ( $f_{TI}$ ) **als Neuwerte**
- Randbeleuchtungsstärkeverhältnisse ( $R_{EI}$ )



- Die Leuchten werden als punktförmige Lichtquellen betrachtet (Entfernungsgesetz)
- Von der Umgebung reflektiertes Licht bleibt unberücksichtigt
- Abschattungen des Lichts durch z.B. Bäume / andere Objekte werden nicht berücksichtigt
- Die atmosphärische Absorption ist null
- Die Fahrbahnoberfläche ist eben und weist einheitliche Reflexionseigenschaften aus
- Die Interpolation der r-Tabellen erfolgt stets linear
- Die Interpolation der Lichtstärke-Verteilung erfolgt stets linear für  $\Delta C \leq 5^\circ$  und  $\Delta \gamma \leq 2.5^\circ$   
**Anmerkung: für Lichtstärkeverteilungen mit großen Gradienten sind kleinere Schrittweiten für  $\Delta C$  und  $\Delta \gamma$  zu wählen**
- Berechnungen erfolgen für Beobachter (mit Blick  $1^\circ$  unterhalb der Horizontalen)  
in der Mitte jeden Fahrstreifens (L ,  $U_o$  ,  $U_l$  und TI)
- Berücksichtigung sämtlicher Leuchten im Erfassungsbereich der r-Tabellen



# Berechnung der Schleierleuchtdichten nach DIN EN 13201-3:2016 (I)

- Beobachter in der Mitte jeden Fahrstreifens
- Beobachter-Auge in 1,5 m Höhe über Fahrbahn, Blickrichtung längs  $1^\circ$  unterhalb der Horizontalen
- Erster Beobachter in Längsrichtung im Abstand von  $2,75 \cdot (H - 1,5)$  Meter vor dem Berechnungsfeld ( H ... Lichtpunkthöhe )
- Keine Berücksichtigung der Leuchten, deren Winkel zur Horizontalen größer als  $20^\circ$  ist
- Summation aller Beiträge der Leuchten in einer Reihe bis zu einer Entfernung von 500 m vor dem Beobachter
- Wiederholte Berechnung mit bewegtem Beobachter in Schritten des Berechnungsrasters
- Konstante k in der Berechnungsformel ist altersabhängig
- Erweiterte Berechnung für Winkel  $\Theta$  zwischen  $1.5^\circ$  und  $0.1^\circ$



# Berechnung der Schleierleuchtdichten nach DIN EN 13201-3:2016 (II)

Die Schleierleuchtdichte  $L_{vk}$  hervorgerufen durch die k-te Leuchte kann berechnet werden als:

$$L_{vk} = 9,86 \cdot \left[ 1 + \left( \frac{A_y}{66,4} \right)^4 \right] \frac{E_k}{\theta_k^2}$$

wenn  $1,5^\circ \leq \theta_k \leq 60^\circ$

oder

$$L_{vk} = E_k \cdot \left( \frac{10}{\theta_k^3} + \left[ \frac{5}{\theta_k^2} \right] \cdot \left[ 1 + \left( \frac{A_y}{62,5} \right)^4 \right] \right)$$

wenn  $0,1^\circ \leq \theta_k < 1,5^\circ$

mit

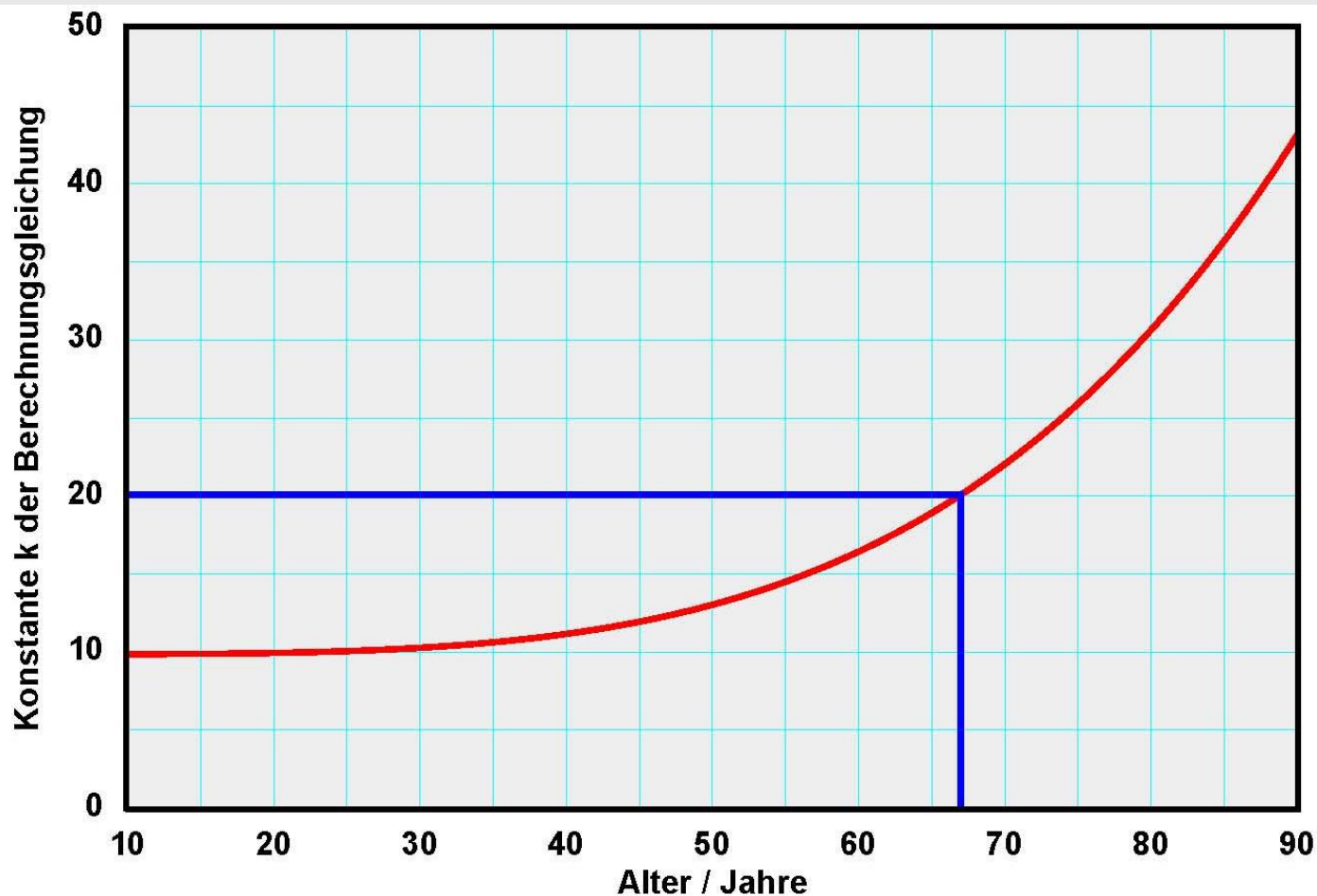
$E_k$  Beleuchtungsstärke (Neuwert) hervorgerufen durch die k-te Leuchte am Auge des Beobachters auf einer Ebene senkrecht zur Blickrichtung, in lx

$\theta_k$  Winkel zwischen der Blickrichtung und der Lichteinfallrichtung der k-ten Leuchte, in Grad

$A_y$  Alter des Beobachters, in Jahren



# Berechnung der Schleierleuchtdichten nach DIN EN 13201-3:2016 (III)



**Konstante  $k$  als Funktion des Alters**

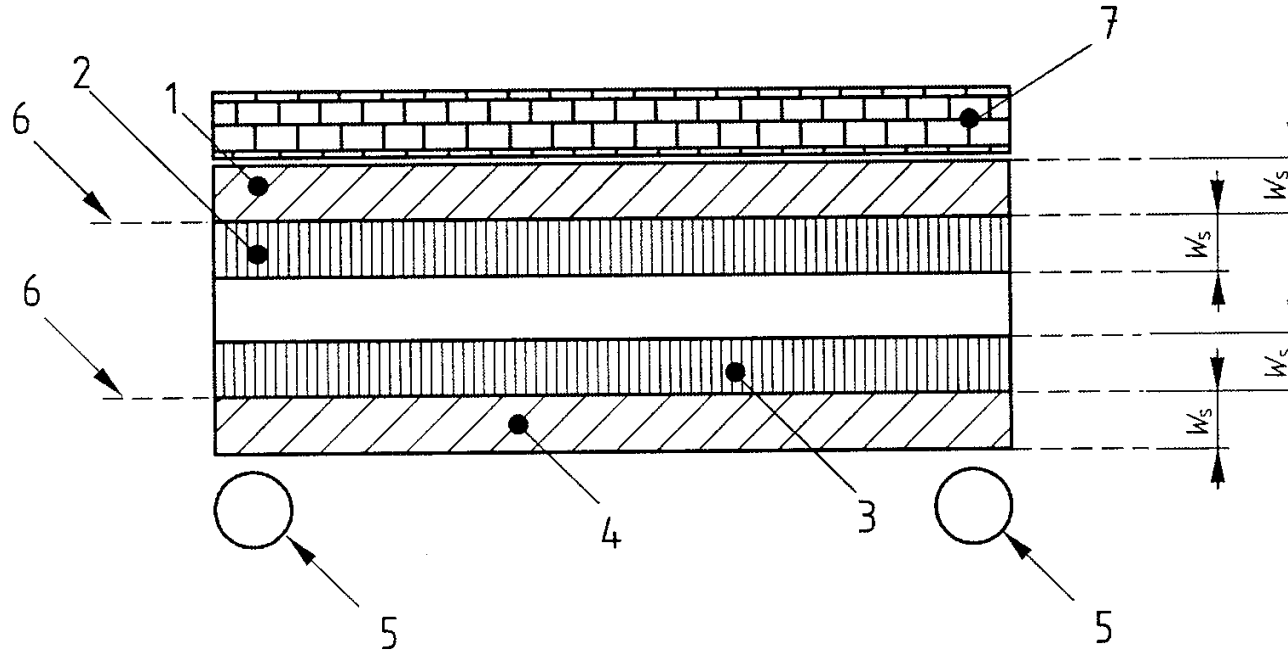


- Das Randbeleuchtungsstärkeverhältnis  $R_{EI}$  (Edge Illuminance Ratio) ist das Verhältnis der mittleren horizontalen Beleuchtungsstärke auf einem Streifen entlang des Fahrbahnrandes **außerhalb** der Fahrbahn ( $E_1$  bzw.  $E_4$ ) zu der mittleren horizontalen Beleuchtungsstärke auf einem Streifen derselben Breite entlang des Fahrbahnrandes **auf** der Fahrbahn ( $E_2$  bzw.  $E_3$ )





# Randbeleuchtungsstärkeverhältnis (II) nach DIN EN 13201-3:2016



$$R_{EI} = E_1 / E_2 \text{ bzw. } R_{EI} = E_4 / E_3$$

5 ... Leuchte, 6 ... Fahrbahnrand,  
7 ... Verbauung,  $W_s$  ... **immer** Breite eines Fahrstreifens,  
[Bild 16b aus EN 13201-3:2003]



- DIN 13201-1 Teil 1: „Auswahl der Beleuchtungsklassen“ (MM.2019)
- DIN EN 13201-2 Teil 2: „Gütemerkmale“ (2016)
- DIN EN 13201-3 Teil 3: „Berechnung der Gütemerkmale“ (2016)
- **DIN EN 13201-4 Teil 4: „Methoden zur Messung der Gütemerkmale von Straßenbeleuchtungsanlagen“ (2016)**
- DIN EN 13201-5 Teil 5: „Energieeffizienzindikatoren“ (2016)
- DIN EN 13032-5 Teil 5: „Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten - Teil 5: Darstellung von Daten für Leuchten zur Verwendung in der Straßenbeleuchtung“ (2018)



- Horizontale  $E_h$  und vertikale  $E_v$  Beleuchtungsstärken; hierzu ist ein Messkopf zur Messung ebener Beleuchtungsstärken erforderlich, **dynamische Messungen**
- Halbräumliche  $E_{hs}$  und halbzyklindrische  $E_{sc}$  Beleuchtungsstärken; hierzu ist ein Messkopf zur Messung dieser Beleuchtungsstärken erforderlich
- **Fahrbahn-Leuchtdichten  $L_p$** ; hierzu ist ein Leuchtdichtemessgerät entsprechender Leistungsfähigkeit erforderlich, **dynamische Messungen, auch mit Bild gebenden Leuchtdichtemessgeräten**
- Schwellenwerterhöhung  $f_{TI}$ ; nach Verfahren wie in EN 13201-3:2016 beschrieben oder mit Bild gebenden Leuchtdichtemessgeräten



- **Geometrische Daten**, wie Masthöhe, Länge der Ausleger, Orientierung, Neigung und Drehung der Leuchten in Gebrauchslage
- **Versorgungsspannung**, wenigstens zu Beginn, vorzugsweise kontinuierlich mit einem registrierenden Spannungsmessgerät
- **Umgebungstemperatur (und Feuchte)**, wenigstens zu Beginn, vorzugsweise regelmäßig während der Messung, in einer Höhe von 1.0 m über der Fahrbahn / über dem Boden



- Angaben allgemeiner Art zur Prüfung
- Angaben zur Geometrie
- Angaben zur Straßenoberfläche
- Angaben zu Lampen und Leuchten
- Angaben zur elektrischen Versorgung
- Angaben zu den Umgebungsbedingungen
- Angaben zum Zustand der Beleuchtungsanlage
- Angaben zu den Messinstrumenten
- Angaben zum Messraster
- **Spezielle Angaben bei dynamischen Messungen**



- DIN 13201-1 Teil 1: „Auswahl der Beleuchtungsklassen“ (MM.2019)
- DIN EN 13201-2 Teil 2: „Gütemerkmale“ (2016)
- DIN EN 13201-3 Teil 3: „Berechnung der Gütemerkmale“ (2016)
- DIN EN 13201-4 Teil 4: „Methoden zur Messung der Gütemerkmale von Straßenbeleuchtungsanlagen“ (2016)
- **DIN EN 13201-5 Teil 5: „Energieeffizienzindikatoren“ (2016)**
- DIN EN 13032-5 Teil 5: „Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten - Teil 5: Darstellung von Daten für Leuchten zur Verwendung in der Straßenbeleuchtung“ (2018)



Im Teil 5 der Europäischen Norm ‘Straßenbeleuchtung’ werden **Methoden** festgelegt, wie Energieeffizienz-Indikatoren von Straßenbeleuchtungsanlagen zu berechnen sind.

Diese beruhen auf dem **Indikator der Leistungsdichte (PDI)** und dem **Indikator des jährlichen Stromverbrauchs (AECI)**.

Mit Hilfe dieser Indikatoren soll die Energiebilanz von solchen Straßenbeleuchtungsanlagen aufgezeigt werden, die die **lichttechnischen Anforderungen** (bezogen auf den Standard oder auf die Vorgabe/das Ergebnis) **vollständig erfüllen**.

Als solche können die Indikatoren benutzt werden, um die Energieeffizienz für verschiedenartige Lösungen und/oder Technologien für **ein und dieselbe Anlage** zu vergleichen.



Die Energieeffizienz von Anlagen bei unterschiedlichen Straßengeometrien und unterschiedlichen lichttechnischen Anforderungen **kann nicht direkt miteinander verglichen werden (?)**, da die Energieeffizienz unter anderem sowohl abhängig ist von der Geometrie der zu beleuchtenden Fläche als auch von den lichttechnischen Anforderungen.

Die Indikator der Leistungsdichte ( $D_p$ ) und der Indikator des jährlichen Stromverbrauchs ( $D_E$ ) sind anzuwenden auf sämtliche Verkehrsbereiche, die durch die Beleuchtungsklassen M, C und P nach EN 13201-2:2016 erfasst werden. Sie sind **stets gemeinsam** anzugeben und zu betrachten.





$$D_P = \frac{P}{\sum_{i=1}^n E_i \cdot A_i}$$

- $D_P$  Indikator der Leistungsdichte in W/(lx· m<sup>2</sup>) oder in W/lm
- $P$  Gesamt-Anschlussleistung der Beleuchtungsanlage oder eines in Betracht stehenden repräsentativen Abschnitts in W
- $E_i$  Festgelegter Wartungswert der mittleren horizontalen Beleuchtungsstärke auf der beleuchteten Teilfläche i in lx
- $A_i$  Größe der durch die Beleuchtungsanlage beleuchteten Teilfläche i in m<sup>2</sup>
- $n$  Anzahl der beleuchteten Teilflächen



$$D_E = \frac{\sum_{j=1}^m P_j \cdot t_j}{A}$$

$D_E$  Indikator des jährlichen Stromverbrauchs in Wh/m<sup>2</sup>

$P_j$  Betriebsleistung während des j-ten Betriebszeitraums in W

$t_j$  Betriebszeitraum der j-ten Betriebsleistung, innerhalb eines Jahres, in h

$A$  Größe der Fläche, die von derselben Beleuchtungsanordnung beleuchtet wird in m<sup>2</sup>

$m$  Anzahl der Zeiträume mit verschiedenen Betriebsleistungen  $P_j$



- **DIN 13201-1 Teil 1: „Auswahl der Beleuchtungsklassen“ (MM.2019)**
- DIN EN 13201-2 Teil 2: „Gütemerkmale“ (2016)
- DIN EN 13201-3 Teil 3: „Berechnung der Gütemerkmale“ (2016)
- DIN EN 13201-4 Teil 4: „Methoden zur Messung der Gütemerkmale von Straßenbeleuchtungsanlagen“ (2016)
- DIN EN 13201-5 Teil 5: „Energieeffizienzindikatoren“ (2016)
- DIN EN 13032-5 Teil 5: „Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten - Teil 5: Darstellung von Daten für Leuchten zur Verwendung in der Straßenbeleuchtung“ (2018)



# Selection of a Lighting Class M, (CIE 115:2010, original proposal)

| Parameter                            | Options                                     | Weighting Value |
|--------------------------------------|---|-----------------|
| Speed                                | Very high                                   | 1               |
|                                      | High  | 0,5             |
|                                      | Moderate                                    | 0               |
| Traffic volume                       | Very high                                   | 1               |
|                                      | High  | 0,5             |
|                                      | Moderate                                    | 0               |
|                                      | Low   | -0,5            |
|                                      | Very low                                    | -1              |
| Traffic composition                  | Mixed with high percentage of non-motorized | 2               |
|                                      | Mixed                                       | 1               |
|                                      | Motorized only                              | 0               |
| Separation of carriageways           | No  | 1               |
|                                      | Yes   | 0               |
| Intersection density                 | High  | 1               |
|                                      | Moderate                                    | 0               |
| Parked vehicles                      | Present                                     | 1               |
|                                      | Not present                                 | 0               |
| Ambient luminance                    | Very high                                   | 1               |
|                                      | High  | 0,5             |
|                                      | Moderate                                    | 0               |
|                                      | Low   | -0,5            |
|                                      | Very low                                    | -1              |
| Visual guidance /<br>traffic control | Poor  | 0,5             |
|                                      | Moderate                                    | 0               |
|                                      | Good  | -0,5            |



# Selection of a Lighting Class M, (CEN/TR 13201-1:2014)

| Parameter                   | Options                                     | Description <sup>a</sup>  |  | Weighting Value $V_w$ <sup>a</sup> |
|-----------------------------|---|---|--|------------------------------------|
| Design speed or speed limit | Very high                                   | $v \geq 100$ km/h   |  | 2                                  |
|                             | High  | $70 < v < 100$ km/h   |  | 1                                  |
|                             | Moderate                                    | $40 < v \leq 70$ km/h   |  | -1                                 |
|                             | Low   | $v \leq 40$ km/h  |  | -2                                 |
| Traffic volume              |   | Motorways, multilane routes   | Two lane routes                            |                                    |
|                             | High  | > 65 % of maximum capacity  | > 45 % of maximum capacity                 | 1                                  |
|                             | Moderate                                    | 35 % - 65 % of maximum capacity   | 15 % - 45 % of maximum capacity            | 0                                  |
|                             | Low   | < 35 % of maximum capacity  | < 15 % of maximum capacity                 | -1                                 |
| Traffic composition         | Mixed with high percentage of non-motorised |   |  | 2                                  |
|                             | Mixed                                       |   |  | 1                                  |
|                             | Motorised only                              |   |  | 0                                  |
| Separation of carriageway   | No  |   |  | 1                                  |
|                             | Yes   |   |  | 0                                  |
| Junction density            |   | Intersection/km   | Interchanges, distance between bridges, km |                                    |
|                             | High  | > 3   | < 3  | 1                                  |
|                             | Moderate                                    | $\leq 3$  | $\geq 3$                                   | 0                                  |
| Parked vehicles             | Present                                     |   |  | 1                                  |
|                             | Not present                                 |   |  | 0                                  |
| Ambient luminosity          | High  | shopping windows, advertisement expressions, sport fields, station areas, storage areas |  | 1                                  |
|                             | Moderate                                    | normal situation  |  | 0                                  |
|                             | Low   |   |  | -1                                 |
| Navigational task           | Very difficult                              |   |  | 2                                  |
|                             | Difficult                                   |   |  | 1                                  |
|                             | Easy  |   |  | 0                                  |

<sup>a</sup> The values stated in the column are an example. Any adaptation of the method or more appropriate weighting values can be used instead, on the national level.



# Alternative Method for Selection of a Lighting Class, (CEN/TR 13201-1:2014, Annex B, Table B1)

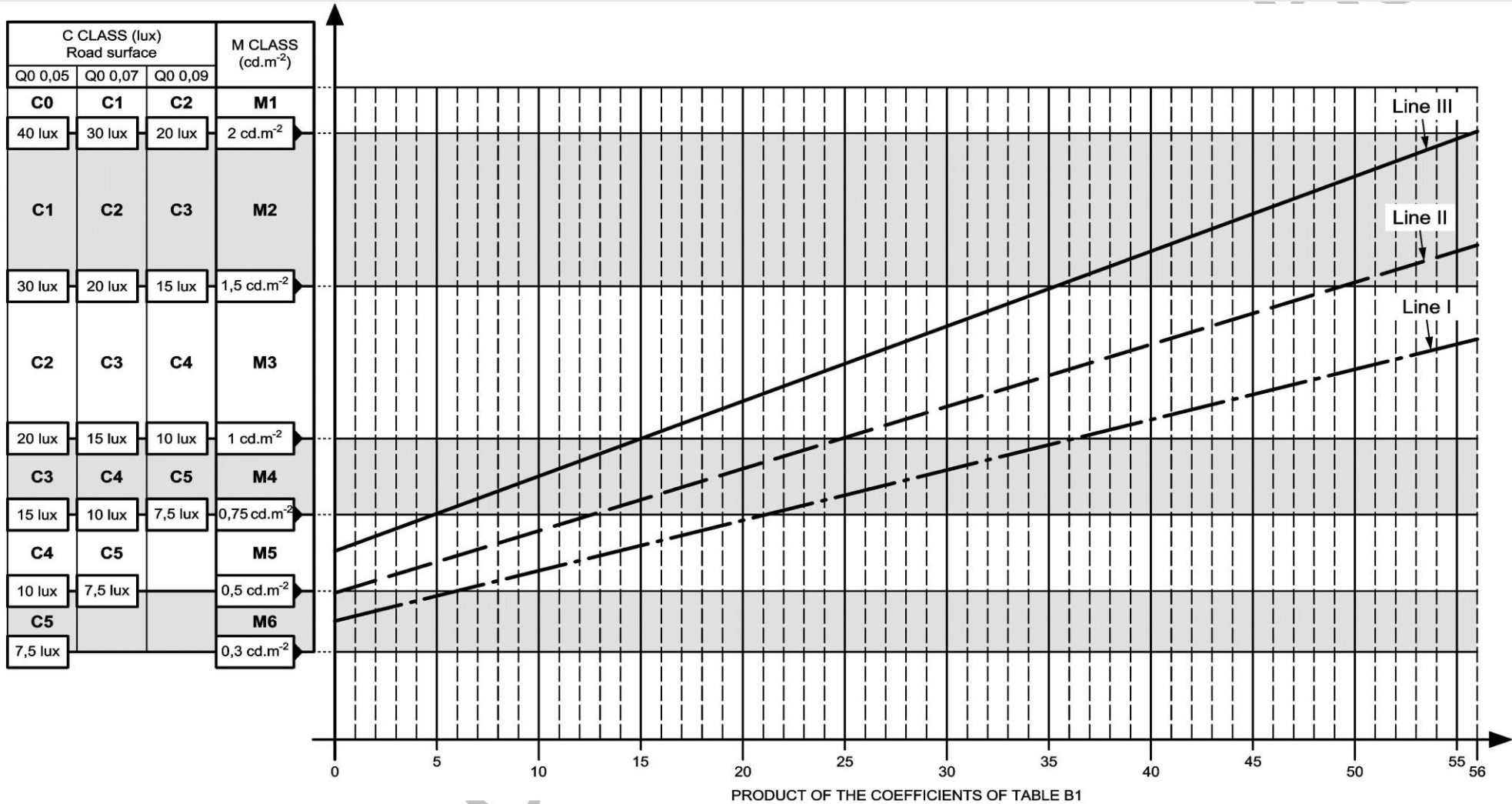
| Roads or streets designation                        | CARRIAGEWAY & SPEED LIMIT |                |               | TRAFFIC                              |              |        |     |                 |              |      |      | A<br>Product speed traffic | B<br>Ambient luminosity | C<br>Mental task load | Overall coefficient |                  |                      |           |    |    |
|---|---------------------------|----------------|---------------|--------------------------------------|--------------|--------|-----|-----------------|--------------|------|------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|------------------|----------------------|-----------|----|----|
|   | Carriageway               |                | Speed<br>km/h | Coefficients<br>carriageway<br>speed | Composition  |        |     |                 | Volume       |      |      |                            |                         |                       | Ambient luminosity  | Mental task load | A x B<br>or<br>A x C | A x B x C |    |    |
|   | single                    | separated      |               |                                      | Coefficients |        |     |                 | Coefficients |      |      |                            |                         |                       | Coefficients        |                  |                      |           |    |    |
|   |                           |                | 1             |                                      | 2            | 3      | 4   | 3               | 2            | 1    | 1    |                            |                         |                       | 1                   |                  |                      |           |    |    |
|   | Not motorized             | Motorized only | Mixed traffic | Mixed mainly not motorized           | High         | Medium | Low | Low to moderate | Line I *     | High | High |                            |                         |                       | Line II *           | Line III *       |                      |           |    |    |
| Interurban motorway                                 |                           | X              | ≤ 130         | 5                                    |              | 2      |     |                 | 3            |      |      | ●                          | ●                       | 30                    | —                   | ●                | 38                   |           |    |    |
|   |                           |                |               |                                      |              |        |     |                 |              |      |      |                            | 2                       |                       |                     |                  |                      |           | 20 | 25 |
|   |                           |                |               |                                      |              |        |     |                 |              |      |      |                            |                         |                       |                     |                  | 1                    |           | 10 | 12 |
| Urban motorway Expressway                           |                           | X              | ≤ 110         | 5                                    |              | 2      |     |                 | 3            |      |      | —                          | —                       |                       | ●                   | ●                | 38                   | 47        |    |    |
|   |                           |                |               |                                      |              |        |     |                 |              |      |      |                            | 2                       |                       |                     |                  |                      |           | 25 | 31 |
|   |                           |                |               |                                      |              |        |     |                 |              |      |      |                            |                         |                       |                     |                  | 1                    |           | 12 | 16 |
| Interurban main road                                | X                         |                | ≤ 90          | 5                                    |              |        | 3   |                 | 3            |      |      | ●                          | ●                       | 45                    | —                   | ●                | 56                   |           |    |    |
|   |                           |                |               |                                      |              |        |     |                 |              |      |      |                            | 2                       |                       |                     |                  |                      |           | 30 | 38 |
|   |                           |                |               |                                      |              |        |     |                 |              |      |      |                            |                         |                       |                     |                  | 1                    |           | 15 | 19 |
| Main crossing road                                  | X                         |                | ≤ 70          | 4                                    |              |        | 3   |                 | 3            |      |      | —                          | —                       |                       | ●                   | ●                | 45                   | 56        |    |    |
|   |                           |                |               |                                      |              |        |     |                 |              |      |      |                            | 2                       |                       |                     |                  |                      |           | 30 | 37 |
|   |                           |                |               |                                      |              |        |     |                 |              |      |      |                            |                         |                       |                     |                  | 1                    |           | 15 | 19 |
| Main urban road Boulevard - Avenue                  | X                         |                | ≤ 50          | 3                                    |              |        | 3   |                 | 3            |      |      | —                          | —                       |                       | ●                   | ●                | 34                   | 42        |    |    |
|   |                           |                |               |                                      |              |        |     |                 |              |      |      |                            | 2                       |                       |                     |                  |                      |           | 23 | 28 |
|   |                           |                |               |                                      |              |        |     |                 |              |      |      |                            |                         |                       |                     |                  | 1                    |           | 11 | 14 |
| Secondary urban road Avenue - Street                | X                         |                | ≤ 50          | 3                                    |              |        | 3   |                 |              | 2    |      | ●                          | ●                       | 18                    | ●                   | —                | 22                   |           |    |    |
|   |                           |                |               |                                      |              |        |     |                 |              |      |      |                            |                         |                       |                     |                  | 1                    |           | 9  | 11 |
|   |                           |                |               |                                      |              |        |     |                 |              |      |      |                            |                         |                       |                     |                  |                      |           |    |    |
| Urban service road                                  | X                         |                | ≤ 50          | 2                                    |              |        | 3   |                 |              | 2    |      | ●                          | ●                       | 12                    | ●                   | —                | 15                   |           |    |    |
|   |                           |                |               |                                      |              |        |     |                 |              |      |      |                            |                         |                       |                     |                  | 1                    |           | 6  | 8  |
|   |                           |                |               |                                      |              |        |     |                 |              |      |      |                            |                         |                       |                     |                  |                      |           |    |    |
| Urban road Dangerous intersections Village crossing | X                         |                | ≤ 50          | 3                                    |              |        | 3   |                 | 3            |      |      | ●                          | ●                       | 27                    | ●                   | ●                | 34                   | 42        |    |    |
|   |                           |                |               |                                      |              |        |     |                 |              |      |      |                            | 2                       |                       |                     |                  |                      |           | 18 | 23 |
|   |                           |                |               |                                      |              |        |     |                 |              |      |      |                            |                         |                       |                     |                  | 1                    |           | 9  | 11 |
| Urban road in dangerous section                     | X                         |                | ≤ 30          | 1                                    |              |        | 4   |                 | 3            |      |      | ●                          | ●                       | 12                    | ●                   | ●                | 15                   | 18        |    |    |
|   |                           |                |               |                                      |              |        |     |                 |              |      |      |                            | 2                       |                       |                     |                  |                      |           | 8  | 10 |
|   |                           |                |               |                                      |              |        |     |                 |              |      |      |                            |                         |                       |                     |                  | 1                    |           | 4  | 5  |

\* see Figure B1

- Unlikely case
- Current possible case



# Selection of lighting Class M or C versus the Overall Coefficient, (CEN/TR 13201-1:2014, Annex B)



# Beleuchtungsklassen M, C, P mit vergleichbarem Beleuchtungs- / Leuchtdichte-Niveau

|  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Beleuchtungsklasse M                                 |      |      | M1   | M2   | M3   | M4   | M5   | M6   |      |      |      |
| Mittlere Bemessungsleuchtdichte in cd/m <sup>2</sup> | 5.00 | 3.00 | 2.00 | 1.50 | 1.00 | 0.75 | 0.50 | 0.30 | 0.20 | 0.15 | 0.10 |
| Beleuchtungsklasse C für $q_0 = 0.05$ 1/sr           |      |      | C0   | C1   | C2   | C3   | C4   | C5   |      |      |      |
| Beleuchtungsklasse C für $q_0 = 0.07$ 1/sr           |      | C0   | C1   | C2   | C3   | C4   | C5   |      |      |      |      |
| Beleuchtungsklasse C für $q_0 = 0.09$ 1/sr           | C0   | C1   | C2   | C3   | C4   | C5   |      |      |      |      |      |
| Beleuchtungsklasse C oder P für $\rho = 0.15$        |      |      | C0   | C1   | C2   | P1   | P2   | P3   | P4   | P5   | P6   |
| Beleuchtungsklasse C oder P für $\rho = 0.20$        |      | C0   | C1   | C2   | P1   | P2   | P3   | P4   | P5   | P6   |      |
| Beleuchtungsklasse C oder P für $\rho = 0.30$        | C0   | C1   | C2   | P1   | P2   | P3   | P4   | P5   | P6   |      |      |





# Auswahl einer geeigneten Beleuchtungsklasse M, C, P; zu berücksichtigende Parameter

- Sowohl bei der **Auswahl einer geeigneten Beleuchtungsklasse** als auch für den **Einsatz adaptiver Beleuchtung** sind eine Anzahl verschiedenen Parameter zu betrachten und zu berücksichtigen
- Die zu berücksichtigenden Parameter beziehen sich im Allgemeinen auf:
  - **Die Geometrie der zu beleuchtenden Fläche (fest)**
  - **Das Verkehrsaufkommen und die Verkehrszusammensetzung (zeitabhängig)**
  - **Die Umgebungsbedingungen (zeitabhängig)**
- Die größte Anzahl der zu berücksichtigenden Parameter für die verschiedenen Beleuchtungsklassen M, C und P sind im **Technischen Bericht CEN/TR 13201-1** allgemein beschrieben worden
- In nationalen Regelwerken, so auch in **E DIN 13201-1:2018**, werden häufig nur für eine spezielle Beleuchtungssituation wesentliche Parameter betrachtet



# Zuordnung der Kategorien von Verkehrsflächen zu entsprechenden Auswahltabellen, E DIN 13201-1:2018

| Kategoriengruppe                    | Kategorie  |
|-------------------------------------|--|
| Autobahnen                          | alle   |
| Landstraßen (außerorts)             | alle   |
| Hauptverkehrsstraßen                | Ortsdurchfahrten, innergemeindliche Hauptverkehrsstraßen                 |
| Verbindungsstraßen                  | Sammelstraßen $v > 30$ km/h  |
|                                     | Sammelstraßen $v \leq 30$ km/h   |
|                                     | Anliegerstraßen und verkehrsberuhigte Flächen                            |
| Radwege                             | Inner- und außergemeindliche Radverkehrsflächen                          |
| Gehwege                             | Inner- und außergemeindliche Gehwege                                     |
| Sonstige Verkehrsflächen            | Plätze mit Bereichen des öffentlichen Personenverkehrs, Park-/Rastplätze |
| Konfliktbereiche, z.B. Knotenpunkte |  |



# Feste und variable Auswahlparameter / Beispiel Hauptverkehrsstraße, E DIN 13201-1:2018

| Auswahlparameter   | Optionen/Auswahlmöglichkeit              | Wichtungswert VW               |                |                |
|--|--|--------------------------------|----------------|----------------|
| Geschwindigkeit  | >50 km/h                                 | 1                              |                |                |
|  | ≤ 50km/h                                 | 0                              |                |                |
| Anzahl richtungsabhängiger Fahrstreifen für den fließenden Verkehr | > 1                                      | 1                              |                |                |
|  | 1  | 0                              |                |                |
| Trennung der Richtungsfahrbahnen                                   | Nein                                     | 1                              |                |                |
|  | ja                                       | 0                              |                |                |
|  |  | Zwischenwert                   |                |                |
| Variable Parameter für die adaptive Beleuchtung                    | Optionen/Auswahlmöglichkeit              | Wichtungswert VW               | Zeitpunkt      |                |
|  |  |                                | t <sub>0</sub> | t <sub>1</sub> |
| Verkehrsaufkommen  | Normal                                   | 0                              |                |                |
|  | Gering                                   | -1                             |                |                |
| Verkehrsart Zusammensetzung  | Gemischt, hoher Anteil nicht motorisiert | 2                              |                |                |
|  | Gemischt                                 | 1                              |                |                |
|  | Nur motorisierter Verkehr                | 0                              |                |                |
| Leuchtdichte der Umgebung  | Hoch                                     | 1                              |                |                |
|  | Mittel                                   | 0                              |                |                |
|  | Gering                                   | -1                             |                |                |
| Parkende Fahrzeuge   | zulässig                                 | 1                              |                |                |
|  | nicht zulässig                           | 0                              |                |                |
| Erhöhte Anforderungen  | Vorhanden                                | 1                              |                |                |
|  | Nicht vorhanden                          | 0                              |                |                |
|  |  | Summe der Wichtungswerte Vws   |                |                |
|  |  | Beleuchtungsklasse M = 6 - VWS |                |                |



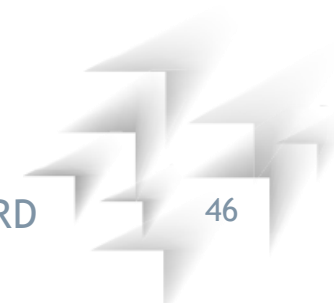
- Das überarbeitete Regelwerk zur Straßenbeleuchtung weist ein **vereinfachtes Verfahren zur Auswahl der Beleuchtungsklassen** auf
- Die Anforderungen in den Beleuchtungsklassen sind so gestaltet, dass dem Einsatz **adaptiver Beleuchtungslösungen** nichts mehr entgegensteht
- Dem Parameter ‚**Gesichtserkennung**‘ ist nunmehr eine Anforderung an eine vertikale/halbzyllindrische Beleuchtungsstärke zugeordnet
- Die **Bewertung der physiologischen Blendung** kann auch für C und P Beleuchtungsklassen im Sinne der Schwellenwerterhöhung erfolgen
- Zur Erfassung der möglichen Blendung durch **Leuchten geringer Lichtpunkthöhe** wurde die Berechnung der Schleierleuchtdichte um eine entsprechende Gleichung ergänzt



- Die Berechnung der photometrischen Größen erfordert die **Kenntnis der Lichtstärkeverteilung** in einem für lineare Interpolation hinreichend engen Messraster
- Die **Messung** kann unter Beachtung der besonderen Anforderungen auch mit **Hilfe dynamischer und/oder Bild gebenden Messsystemen** durchgeführt werden
- Zur vergleichenden Betrachtung der Energieeffizienz einer Straßenbeleuchtungsanlage werden im neuen Teil 5 der europäischen Norm **Energieeffizienzindikatoren** angegeben sowie im informativen Anhang eine Methode zur Bestimmung der **Lichtausbeute einer Anlage**
- Die **visuelle Wahrnehmung und das subjektive Blendempfinden** werden allerdings durch die angegebenen Bewertungsverfahren nur bedingt hinreichend abgebildet



- 1 Introduction
- 2 The purpose of road lighting
  - 2.1 Road lighting for motorized traffic
  - 2.2 Road lighting for pedestrians
  - 2.3 Road lighting, appearance and environment
- 3 Lighting situations
- 4 Lighting classes
  - 4.1 Parameters for the selection of lighting classes M for motorized traffic
  - 4.2 Parameters for the selection of lighting classes C for conflict areas
  - 4.3 Parameters for the selection of lighting classes P for pedestrian areas
- 5 Lighting quality criteria and lighting requirements
  - 5.1 Photometric requirements for lighting classes M
  - 5.2 Photometric requirements for lighting classes C
  - 5.3 Photometric requirements for lighting classes P
  - 5.4 Lighting classes of comparable lighting (luminance) level
- 6 Road areas to be illuminated



- 7 Areas not to be illuminated
- 8 Adaptive / dynamic lighting - influencing parameters
  - 8.1 Parameter speed
  - 8.2 Parameter traffic volume
  - 8.3 Parameter traffic composition
  - 8.4 Parameter separation of carriageways
  - 8.5 Parameter junction density
  - 8.6 Parameter parked vehicles
  - 8.7 Parameter ambient luminance
  - 8.8 Parameter navigational task / visual guidance / Traffic control
  - 8.9 Parameter facial recognition
  - 8.10 Other parameters
- 9 Alternative method for selection of lighting classes
- 10 Energy efficiency
  - 10.1 Power related energy efficiency measures
  - 10.2 Consumption related energy efficiency measures
- 11 Conclusions



- DIN 13201-1 Teil 1: „Auswahl der Beleuchtungsklassen“ (MM.2019)
- DIN EN 13201-2 Teil 2: „Gütemerkmale“ (2016)
- DIN EN 13201-3 Teil 3: „Berechnung der Gütemerkmale“ (2016)
- DIN EN 13201-4 Teil 4: „Methoden zur Messung der Gütemerkmale von Straßenbeleuchtungsanlagen“ (2016)
- DIN EN 13201-5 Teil 5: „Energieeffizienzindikatoren“ (2016)
- **DIN EN 13032-5 Teil 5: „Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten - Teil 5: Darstellung von Daten für Leuchten zur Verwendung in der Straßenbeleuchtung“ (2018)**





## ■ **Beleuchtungswirkungsgrad**

Verhältnis des von einer Referenzfläche empfangenen Lichtstromes zur Summe der einzelnen Lichtströme der Lampen der Beleuchtungsanlage

## ■ **Utilanz**

Verhältnis des von einer Referenzfläche empfangenen Lichtstromes zur Summe der einzelnen Gesamtlichtströme der Leuchten der Beleuchtungsanlage

## ■ **Beleuchtungswirkungsgrad Straßenbeleuchtung**

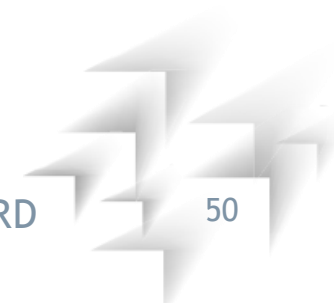
Verhältnis des von einem oder mehreren Streifen entlang einer Straße empfangenen Lichtstromes zur Summe der einzelnen Lichtströme der Lampen der Beleuchtungsanlage

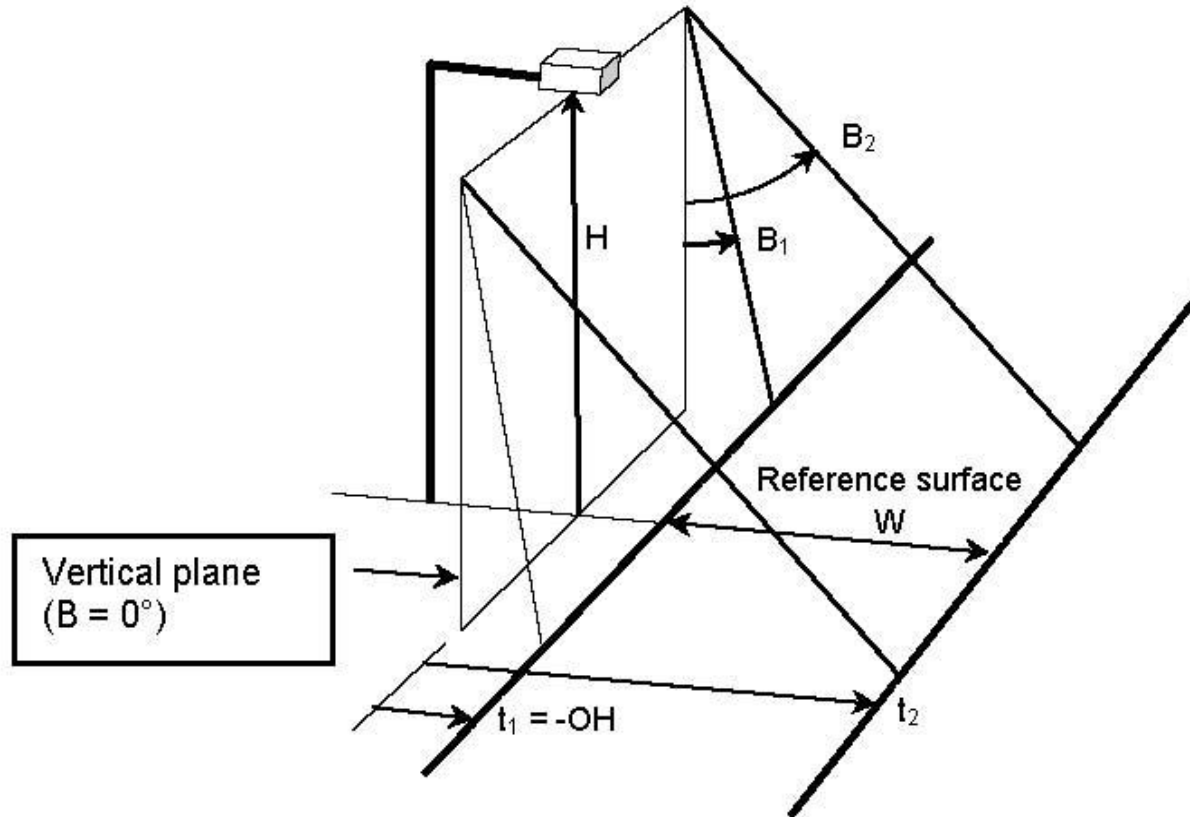
## ■ **Utilanz Straßenbeleuchtung**

Verhältnis des von einem oder mehreren Streifen entlang einer Straße empfangenen Lichtstromes zur Summe der einzelnen Gesamtlichtströme der Leuchten der Beleuchtungsanlage



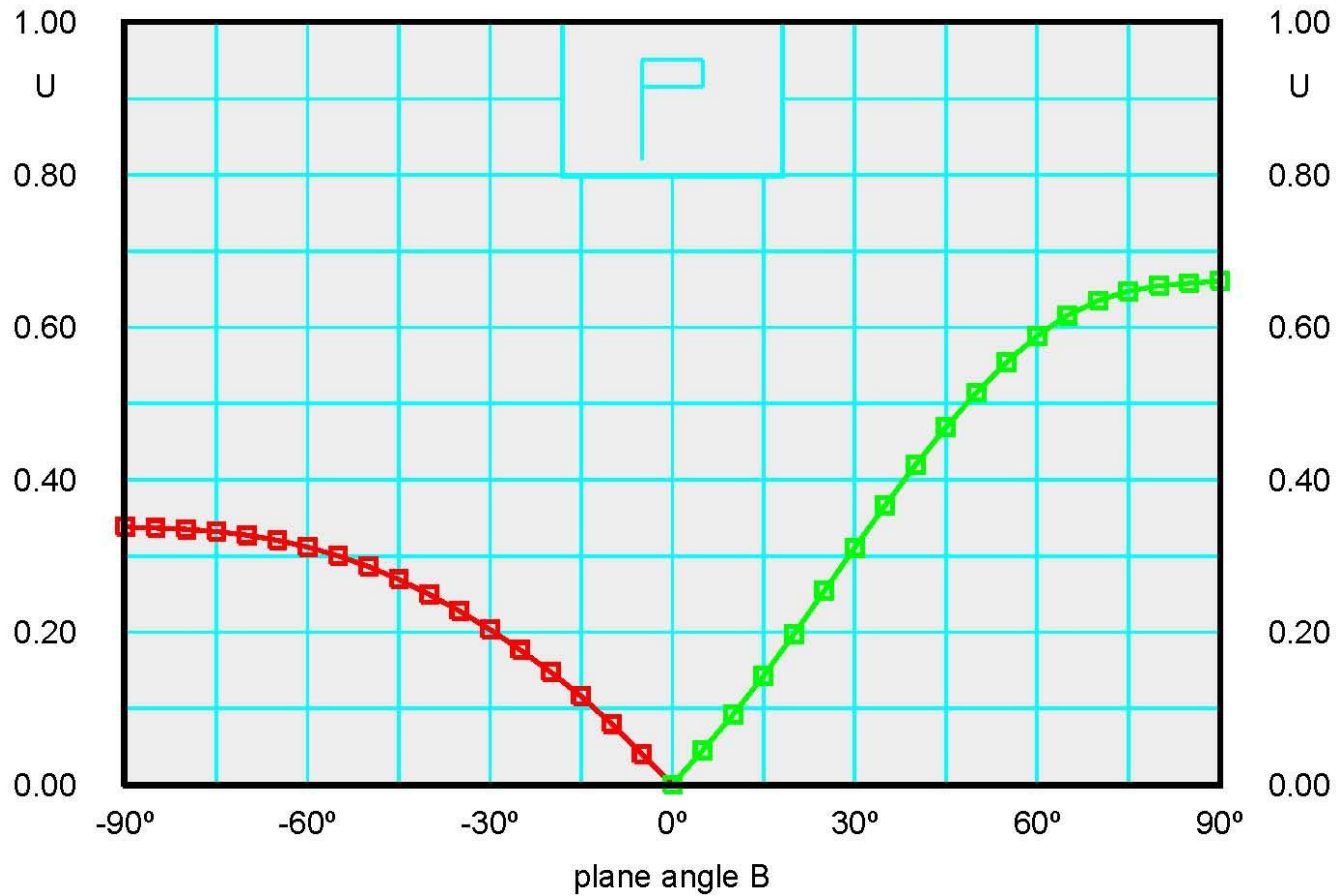
- Die **Utilanz** ist ein Maß für die Eignung der Lichtstärkeverteilung, mit dem eine Leuchte ihren Lichtstrom auf eine festgelegte Fläche wirft, wenn alle weiteren Gütemerkmale nach DIN EN 13201 erfüllt sind.
- Die **Utilanz** kann als Werkzeug zur Vorauswahl geeigneter Leuchten zur Erfüllung der Anforderungen aus DIN EN 13201-2:2016 hinsichtlich des Randbeleuchtungsstärkeverhältnisses (EIR) herangezogen werden.
- Diese Norm legt die Form von Tabellen von Utilanzen und Beleuchtungswirkungsgraden von Leuchten für den Einsatz in der Straßenbeleuchtung fest.
- Die **Utilanz** wird anstelle von Beleuchtungswirkungsgraden verwendet, da sie auf Leuchten mit herkömmlichen oder mit integrierten Lichtquellen angewendet werden kann.





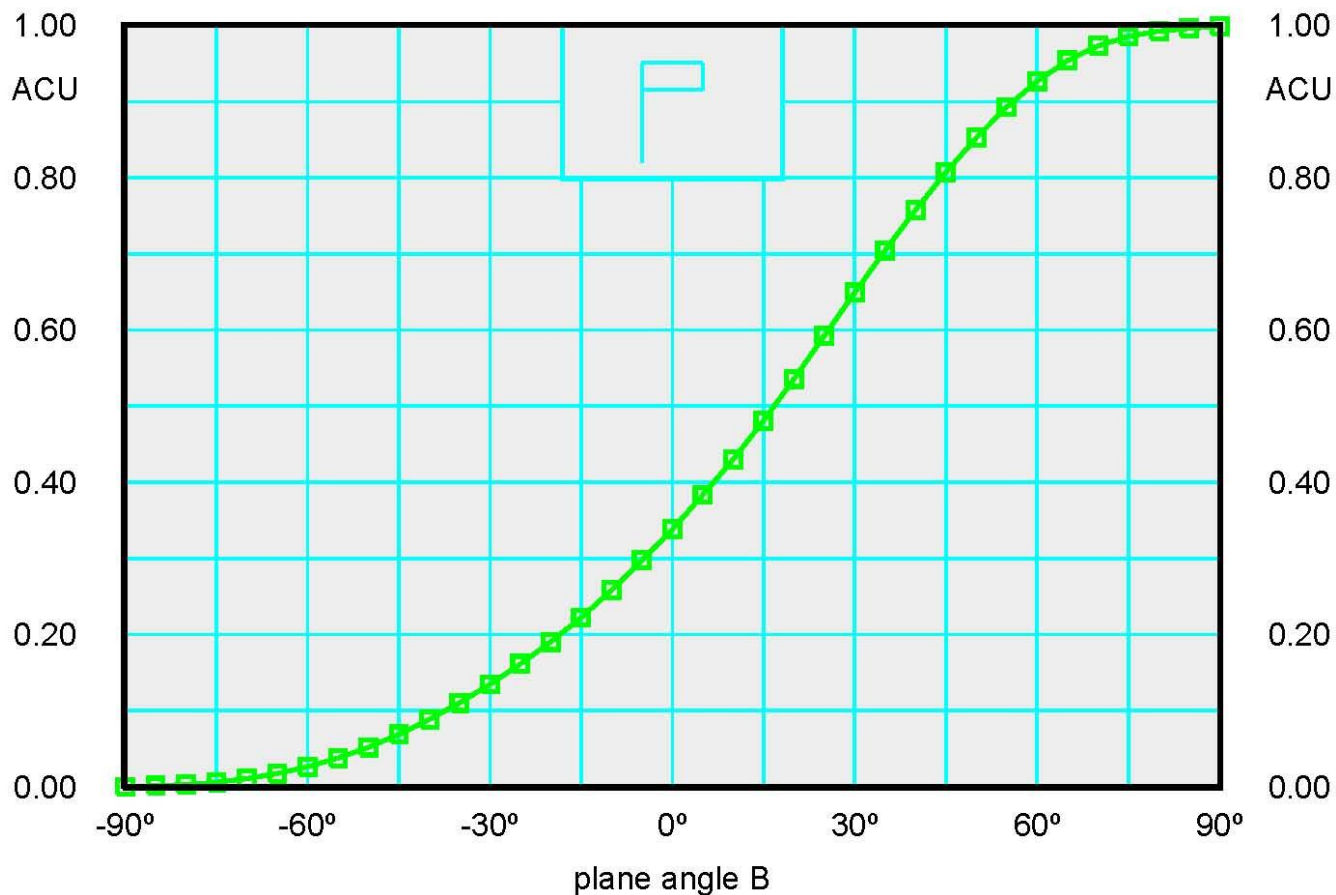
## Position der Referenz-Fläche relativ zu einer Leuchtenreihe





**Darstellung der Utilanz als Funktion des Winkels B**

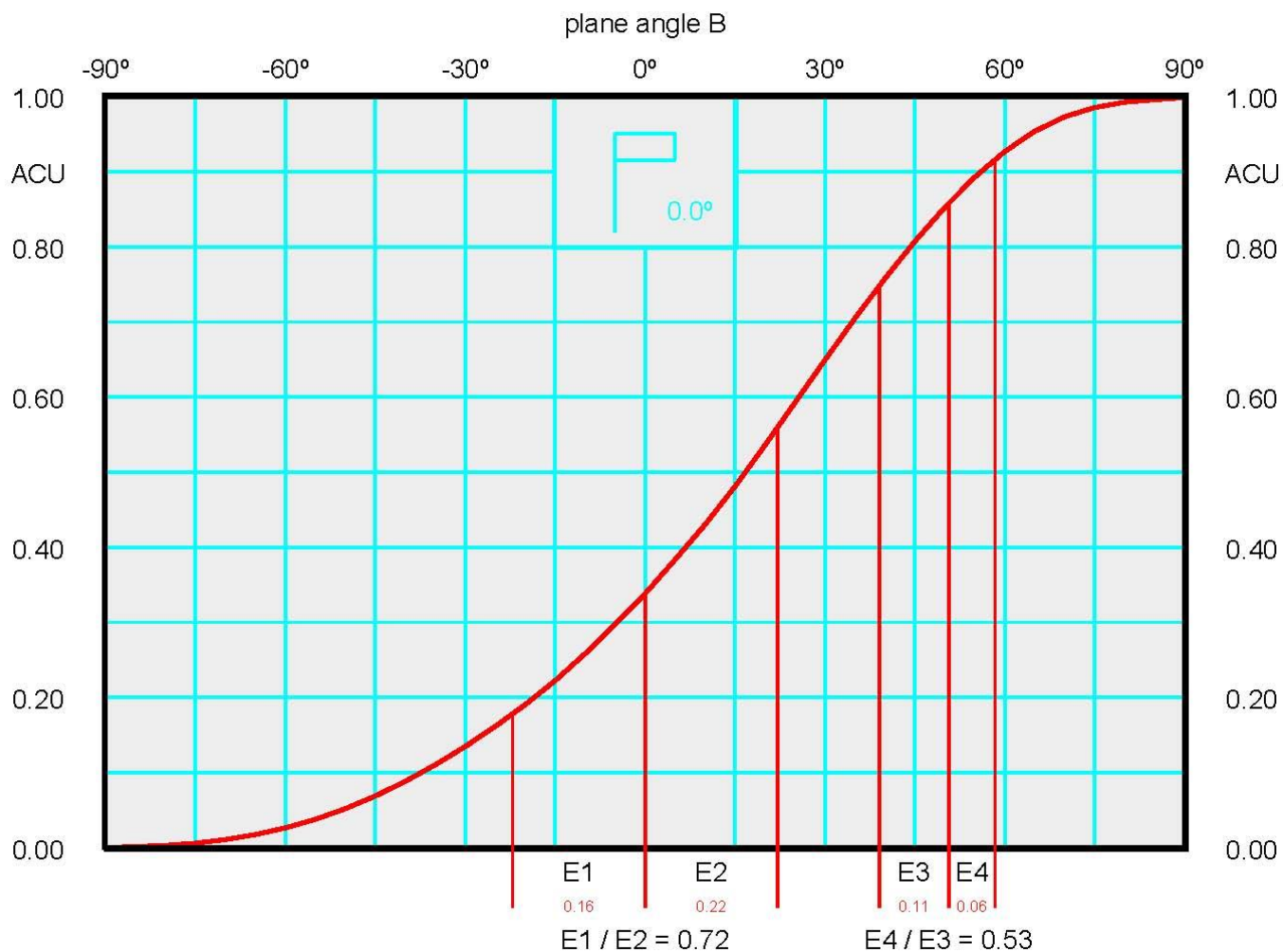




Darstellung der **akkumulierten** Utilanz als Funktion des Winkels B



# Ermittlung Randbeleuchtungsstärkeverhältnis mit Hilfe akkumulierter Utilanzen (DIN EN 13032-5:2018)



# Akkumulierte Utilanz Straßenbeleuchtung (herkömmliche Hochdrucklampen-Leuchte)

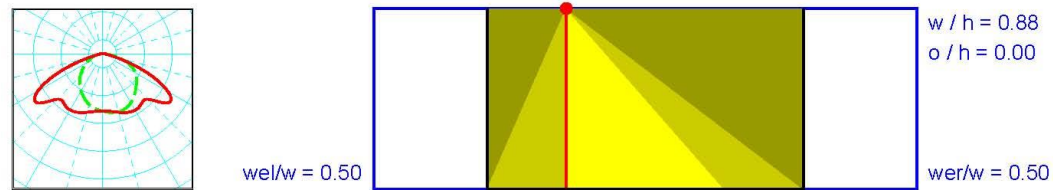
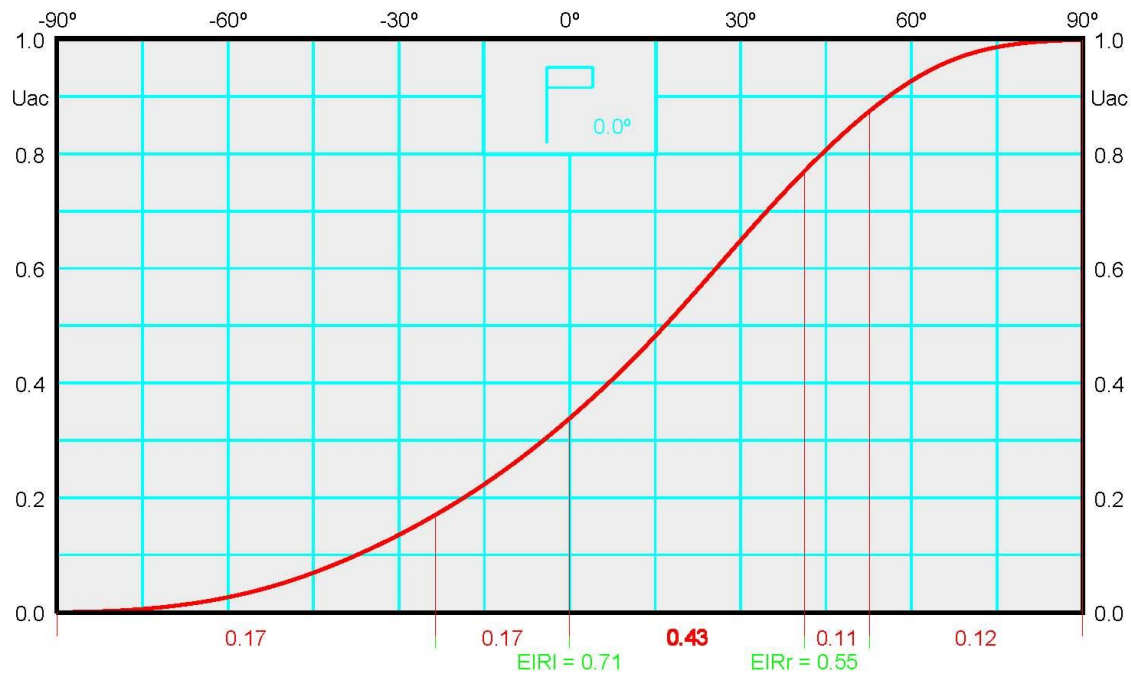


DIAGRAMM DER AKKUMULIERTEN UTILANZ / EN 13032-5



# Akkumulierte Utilanz Straßenbeleuchtung (moderne Hochdrucklampen-Leuchte)

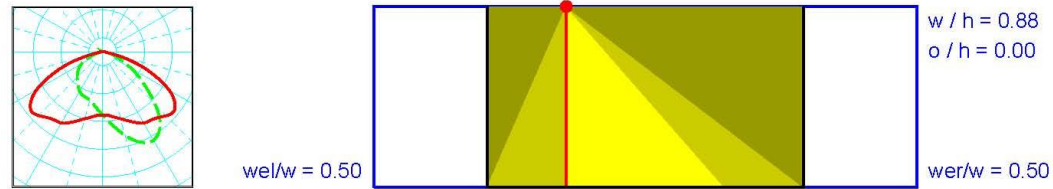
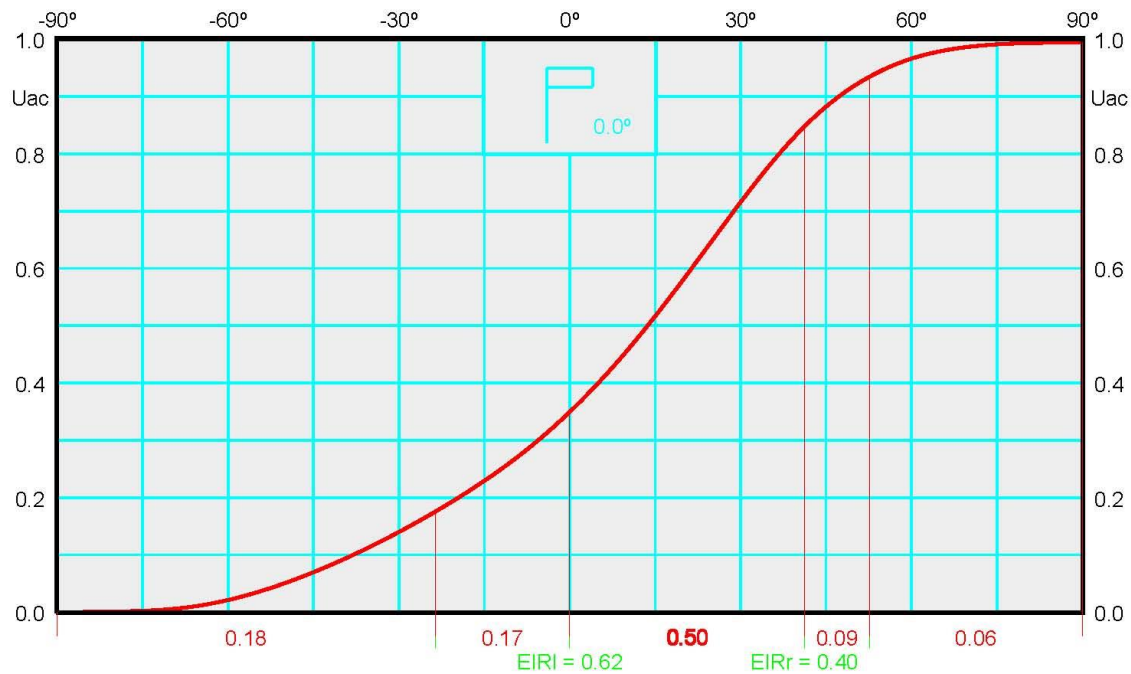


DIAGRAMM DER AKKUMULIERTEN UTILANZ / EN 13032-5





# Akkumulierte Utilanz Straßenbeleuchtung (moderne LED-Leuchte)

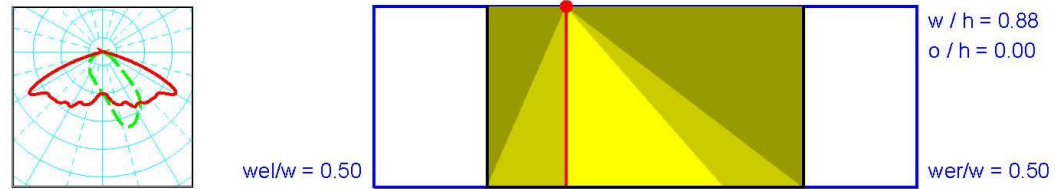
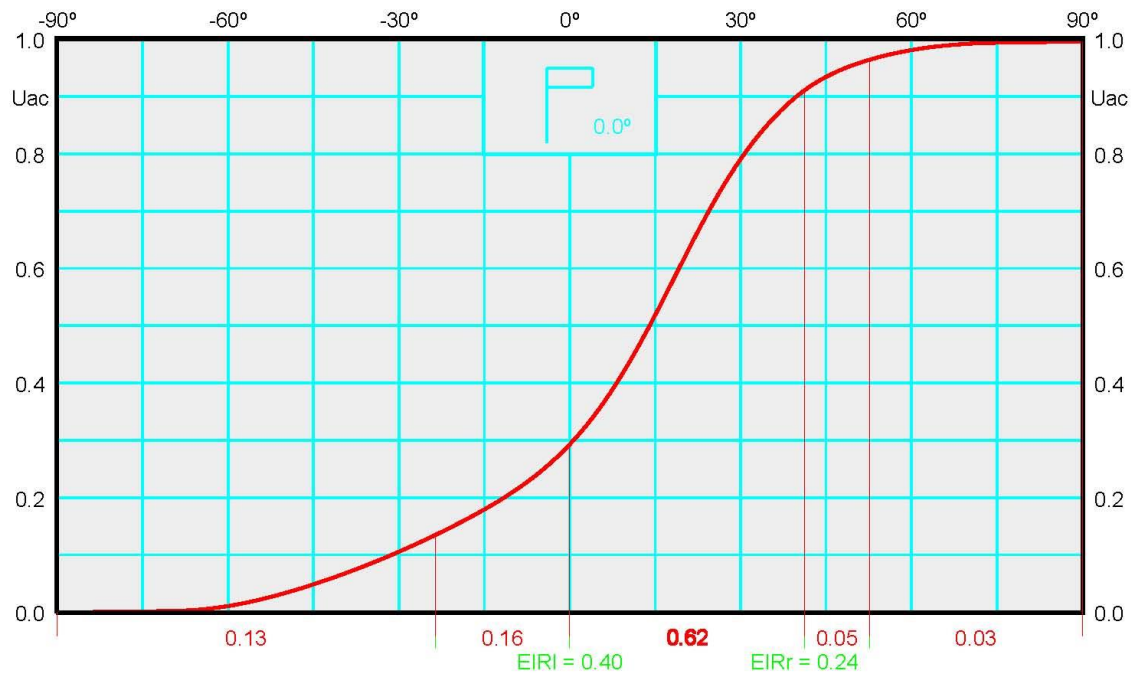
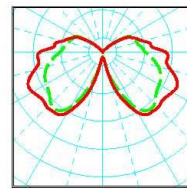


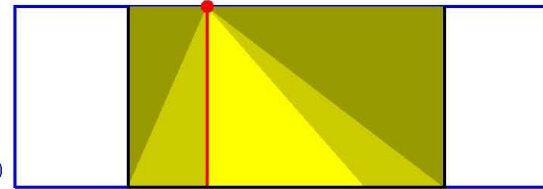
DIAGRAMM DER AKKUMULIERTEN UTILANZ / EN 13032-5



# Akkumulierte Utilanz Straßenbeleuchtung (direkt / indirekt strahlende Leuchte)



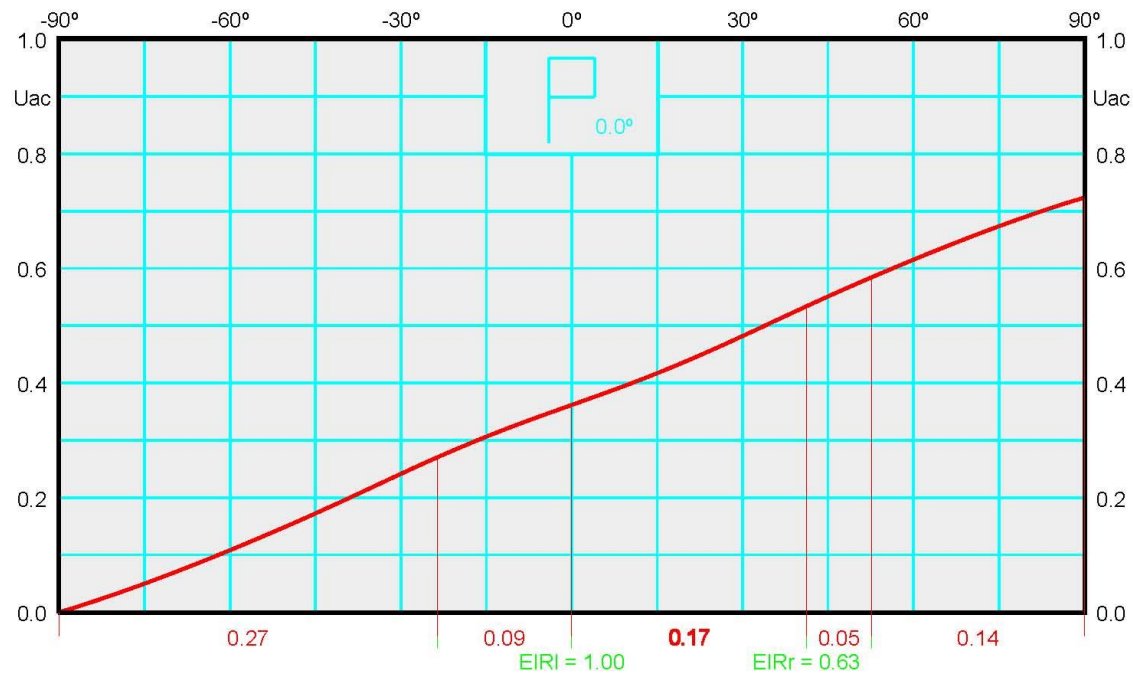
wel/w = 0.50



w / h = 0.88  
o / h = 0.00

wer/w = 0.50

DIAGRAMM DER AKKUMULIERTEN UTILANZ / EN 13032-5



- Für **Beleuchtungsklassen M** ist das **Randbeleuchtungsstärkeverhältnis  $R_{EI}$**  ein Teil der **Anforderungen** nach DIN EN 13201-2, welches nach DIN EN 13201-3 berechnet werden kann
- Sind die nach DIN EN 13032-5 definierten **akkumulierten Utilanzen bekannt**, so kann die **Berechnung der  $R_{EI}$ -Werte** durch eine **einfache Ermittlung von wenigen Utilanz-Werten** ersetzt werden
- Die **Utilanzen können also zur Vorauswahl geeigneter Leuchten** zur Erfüllung der  $R_{EI}$ -Anforderungen aus DIN EN 13201-2 herangezogen und als **Indikator hinsichtlich Fassadenaufhellung** angesehen werden
- Da **Utilanzen nicht vom Lichtpunktastand abhängig** sind, **müssen** für die verschiedenen Beleuchtungsklassen **Gleichmäßigkeiten bzw. minimale Beleuchtungsstärken** zusätzlich nach den in DIN EN 13201-3 festgelegten Verfahren bewertet werden



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

