

# Planung und Berechnung von adaptiven Straßenbeleuchtungsanlagen

- **Anwendung der neuen SB-Norm DIN 13201-1**
- **Berechnung und Bewertung der lichttechnischen Gütemerkmale**
- **Energieeinsparung durch adaptive Straßenbeleuchtung**
- **Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit der „smarten Straßenbeleuchtung“**

**CHRISTOPH HEYEN**

freiberufl. Ingenieur für Lichttechnik

Mitarbeiter im DIN FNL 11

DIN 13201-1:2020 Tabelle 1

Zuordnung der Kategorien von verschiedenen Straßen-, Wegen- und Platzsituationen in 9 Auswahltabellen

DIN 13201-1:2020 Tabellen 3 bis 11

Ermittlung der Beleuchtungsklassen (M, C, P) für die jeweilige Verkehrssituation mit den entsprechenden Auswahlparametern

Möglichkeit der Realisierung adaptiver Beleuchtungssituationen auf Basis der Auswahl von verkehrs- und / oder umgebungsabhängigen Parametern

DIN EN 13201-2:2016 Tabellen 1 bis 6  
Bestimmung der Gütemerkmale gem.  
der ermittelten Beleuchtungsklasse

Gütemerkmale:

- Leuchtdichte, Beleuchtungsstärke ( $L$ ,  $E$ )
- Gleichmäßigkeiten ( $U_o$ ,  $U_l$ )
- Blendungsbegrenzung ( $f_{TI}$ )

Eine Aufteilung der Verkehrswege im Freien erfolgt seitens der Verkehrsplanung in verschiedene Kategorien.

In der Tabelle 1 sind diese Kategorien mit einem Verweis auf weitere Tabellen gegeben, die die Parameter zur Bestimmung der Beleuchtungsklasse enthalten und zur Festlegung der Beleuchtungsklasse dienen.

**Tabelle 1 - Zuordnung der Kategorien von Verkehrsflächen zu entsprechenden Auswahltabellen zur Bestimmung von Beleuchtungsklassen**

Kategoriengruppe		Kategorie	Tabelle	Klasse
AS	Autobahnen	Alle	3	M
LS	Landstraßen (außerorts)	Alle	4	M
HS	Hauptverkehrsstraßen	Ortsdurchfahrten, innergemeindliche Hauptverkehrsstraßen $\geq 50$ km/h	5	M
ES	Erschließungsstraßen	Sammelstraßen innerorts $> 30$ km/h	6	M
		Sammelstraßen innerorts $\leq 30$ km/h	7	P
		Anliegerstraße und verkehrsberuhigte Fläche	8	P
	Radwege	Inner- und außergemeindliche Radverkehrsflächen	9	P
	Gehwege	Inner- und außergemeindliche Gehwege	10	P
	sonstige Verkehrsflächen	Plätze mit Bereichen des öffentlichen Personenverkehrs und Park- und Rastplätze	11	P
	Konfliktbereiche, z. B. Knotenpunkte		siehe Kapitel 8.5	C / P

Information	Autobahn	Land- straße	Haupt- verkehrs- straße ≥ 50 km/h	Sammel- straße > 30 km/h	Sammel- straße ≤ 30 km/h	Anlieger- straße	Radweg	Gehweg	Plätze ≤ 30 km/h	Konflikt- bereiche
Zugehörige Tabelle / Kapitel	Tab. 3	Tab. 4	Tab. 5	Tab. 6	Tab. 7	Tab. 8	Tab. 9	Tab. 10	Tab. 11	Kap. 8.5
Max. zulässige bzw. typische (x) Geschwindigkeit	X	X	(x)	(x)		X			X	X
Abstand Knotenpunkte < oder ≥ 3 km	X									
Anzahl Knotenpunkte pro km		X								
Trennung der Richtungsfahrbahn ja / nein		X	X	X	X	X				X
Anzahl Fahrstreifen je Fahrtrichtung 1 / >1			X							
Betriebsart Ein- / Zweirichtungsverkehr							X			X
Gehrichtungen verschieden / linienförmig								X		
Bauliche Abgrenzung oder räumlich getrennt zu angrenzenden Verkehrsflächen ja / nein							X			
Verkehrsaufkommen normal / gering		X	X	X	X	X				
Verkehrsfluss Radfahrer normal / gering							X			X
Verkehrsfluss Fußgänger normal / gering								X	X	X
Verkehrsart / Zusammensetzung ohne motorisierten Anteil / gemischt, mit motorisierten Anteil										X
gemischt, hoher Anteil nichtmotorisiert / gemischt / nur motorisiert (für (x) nicht erforderlich)		X	X	X	(x)	(x)				
Radfahrer und Fußgänger / nur Radfahrer							X			
Fußgänger und Radfahrer / nur Fußgänger								X		
Leuchtdichte der Umgebung hoch / mittel / gering	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Parkende Fahrzeuge zulässig / nicht zulässig			X	X	X	X				X
Aufenthaltfunktion bedeutsam / nicht relevant								X		
Erhöhte Anforderungen (Details siehe Kap.6.3) z.B. schlechte, unbefestigte oder unebene Oberfläche für Radfahrer und/oder Fußgänger	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Einbauten zur Verkehrsberuhigung bzw. Geschwindigkeitsdämpfung des Kraftverkehrs		X	X	X	X	X				X
reduzierte Querschnitte der Verkehrsfläche, engkurviger Straßen- oder Radwegverlauf	X	X	X	X			X			
Gesichtserkennung erforderlich / nicht erforderlich					X	X		X	X	X

Leuchtdichte-Methode

Beleuchtungsstärke-Methode

Erhöhte Anforderungen an die Beleuchtung bestehen regelmäßig dann, wenn Bedingungen vorliegen durch die die Fahraufgabe, die Nutzung oder die Wahrnehmung des Verkehrsraumes sowie relevanter angrenzender Bereiche schwieriger als typisch sind.

Zu erhöhten lichttechnischen Anforderungen können beitragen

- **bauliche Bedingungen**,
- **betriebliche und verkehrliche Bedingungen** sowie
- **lichttechnische Bedingungen**

**Bauliche Bedingungen** sind:

- **reduzierte Straßenquerschnitte und Straßenräume,**
- **verminderte seitliche oder obere Sicherheitsräume**  
**(z. B. Engstellen im Radweg, besonders beengte Straßen)**
- **Beeinträchtigung der Wahrnehmung der Fahrbahn, ihres Verlaufes, der Grenzen des eigenen Fahrstreifens und des nutzbaren Verkehrsraumes**  
**(z. B. Poller und Umlaufsperrern auf Radwegen, Einbauten zur Verkehrsberuhigung bzw. Geschwindigkeitsdämpfung des Kraftverkehrs),**
- **Beeinträchtigung der Befahrbarkeit und des Verkehrsablaufes durch schlechte, unbefestigte oder unebene Verkehrsoberflächen oder Aufpflasterungen sowie ungünstige Linienführungen**  
**(z. B. Straßen mit sehr geringen Kurvenradien)**

## Betriebliche und verkehrliche Bedingungen

betreffen den Verkehrsablauf und die Interaktion von Verkehrsteilnehmern.

- **Wechsel von Kraftfahrzeugen über mehr als einen Fahrstreifen.**
- **unübersichtliche Ein- und Ausparkvorgänge** (z. B. Schräg- oder Querparkstände an Hauptverkehrsstraßen, Parkflächen direkt neben Radverkehrsflächen),
- **häufig wechselndes Kurzzeitparken oder Halten** (z. B. in Bereichen von Bahnhofsvorplätzen),
- **Begegnungsverkehr auf beengtem Raum** (z. B. Einbahnstraßen mit erlaubtem Radverkehr in Gegenrichtung oder Straßen im Zweirichtungs-betrieb mit Querschnitten schmäler als zwei Fahrzeuge),
- **erhöhtes Querungsaufkommen** (Fußgänger, Radfahrer) **über Straßen außerhalb der Knotenpunkte und an gesicherten Querungsstellen**
- **regelmäßiges Betreten der Fahrbahn durch Fahrgäste** (z. B. an Haltestellen des ÖPNV in Mittellage),
- **regelmäßige Aufenthalt von Personen auf der Straße**  
(z. B. starke Aufenthaltsfunktion eines verkehrsberuhigten Bereiches für Kinder)

## Lichttechnische Bedingungen

für erhöhte Beleuchtungsanforderungen können

- **bei ungünstiger Wirkung von Beleuchtungsanlagen im Sichtfeld der Nutzer vorliegen, die sie irreführen, ablenken, stören oder belästigen** (z. B. durch beleuchtete oder selbstleuchtende Anzeigeflächen, Sportstättenbeleuchtung oder die Beleuchtung von Arbeitsstätten im Freien).
- **Erhöhte Anforderungen können schließlich auch vorliegen, wenn das Sicherheitsgefühl der Nutzer auf der betrachteten Fläche und in ihrer unmittelbaren Umgebung erhöht werden soll.**  
Dazu kann es notwendig sein, neben der Anpassung der Beleuchtungsintensität auch weitere Aspekte einer das Sicherheitsgefühl unterstützenden Lichtplanung zu betrachten, wie z. B. Vermeidung von dunklen Bereichen, Erhöhung der vertikalen Beleuchtungsstärken, Blendungsfreiheit usw..

## Definition der Adaptationsstrecke

Für einen sicheren Verkehrsablauf kommt dem Beginn und dem Ende einer beleuchteten Strecke eine besondere Bedeutung zu, da sich das menschliche Auge einer Veränderung der Leuchtdichte im Gesichtsfeld nur mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung anpassen kann.

Aus diesem Grund muss für die Adaptation an ein anderes Leuchtdichteniveau, **besonders für den Übergang von beleuchteter zu unbeleuchteter Straße**, ausreichend Zeit vorhanden sein.

Der Zeitbedarf hängt von dem Leuchtdichteunterschied und der Geschwindigkeit ab und bestimmt die Länge der Adaptationsstrecke.

**Eine Adaptationsstrecke im Verlauf einer Straße ist in der Regel dann notwendig, wenn**

- die **zulässige Fahrgeschwindigkeit  $\geq 50$  km/h** **und**
- die **Bemessungs-Leuchtdichte  $\geq 0,75$  cd/m<sup>2</sup>** beträgt **sowie**
- die **mittlere Leuchtdichte** des davor oder danach liegenden Anschlussstückes **weniger als 20 % dieser Leuchtdichte** beträgt **und**
- die **Bedingungen für erhöhte Anforderungen** zutreffen

ANMERKUNG Für die beschriebenen Bedingungen  
(Geschwindigkeit = 50 km/h, Leuchtdichte  $\geq 0,75$  cd/m<sup>2</sup>)  
hat sich eine Wegstrecke bewährt, die innerhalb von 3 s zurück gelegt wird.  
Dies entspricht einer Strecke von etwa 41 m.

Werden die Fahrbahn für den motorisierten Verkehr und weitere Verkehrsflächen, z. B. Rad- und Gehwege bezüglich ihrer Bewertung als separate Flächen betrachtet, so sind dies die an die Fahrbahn angrenzenden Flächen, auch wenn sie durch einen Grünstreifen getrennt sind.

Die Hauptfläche ist die Fläche mit dem höchsten Beleuchtungsniveau und damit die Referenzfläche.

Das Auswahlverfahren wird für die Hauptfläche angewendet, woraus dann die Anforderungen an die Beleuchtung der übrigen Flächen abzuleiten sind.

Alternativ kann das Auswahlverfahren für jede einzelne Verkehrsfläche angewendet werden.

Zwischen angrenzenden Flächen darf das Verhältnis zwischen den jeweiligen mittleren Beleuchtungsniveaus nicht größer als 2,5 sein.

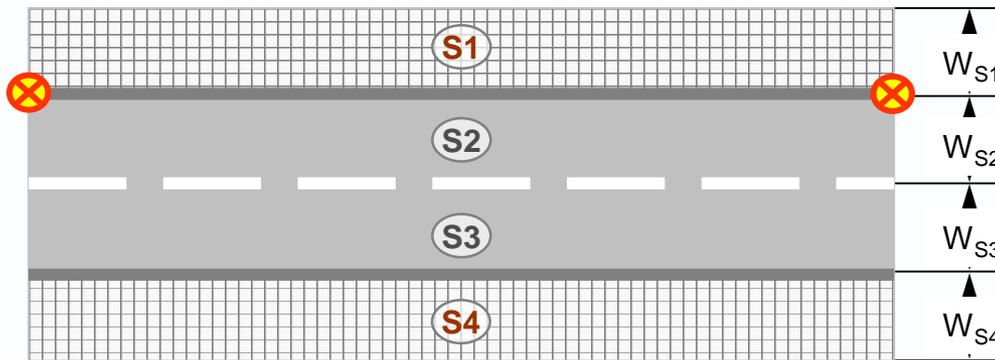


Foto: Ch. Heyen

## Randbeleuchtungsstärkeverhältnis $R_{EI}$

Ein ausreichendes Randbeleuchtungsstärkeverhältnis der Beleuchtungsstärke ermöglicht die ausreichende Wahrnehmung von möglichen Hindernissen oder Geschehnissen in Randbereichen neben einer Verkehrsfläche.

Das Randbeleuchtungsstärkeverhältnis wird für Verkehrsflächen angewendet, die mittels Leuchtdichte bewertet werden und an deren Seiten keine angrenzenden Verkehrsflächen mit eigenen Beleuchtungskriterien definiert sind.



Die Breite aller 4 Randstreifen muss gleich sein und der Fahrstreifenbreite der Fahrbahn oder, falls kleiner, der Breite des freien Streifens neben der Fahrbahn entsprechen.

Berechnung nach DIN EN 13201-3:2016

$$R_{EI 12} = \frac{E_{m, S1}}{E_{m, S2}}$$

$$R_{EI 43} = \frac{E_{m, S4}}{E_{m, S3}}$$

$$R_{EI} = \min(R_{EI 12}; R_{EI 43})$$

In der Praxis ist die separate Berechnung der jeweiligen Nebenanlagen die bevorzugte Methode !

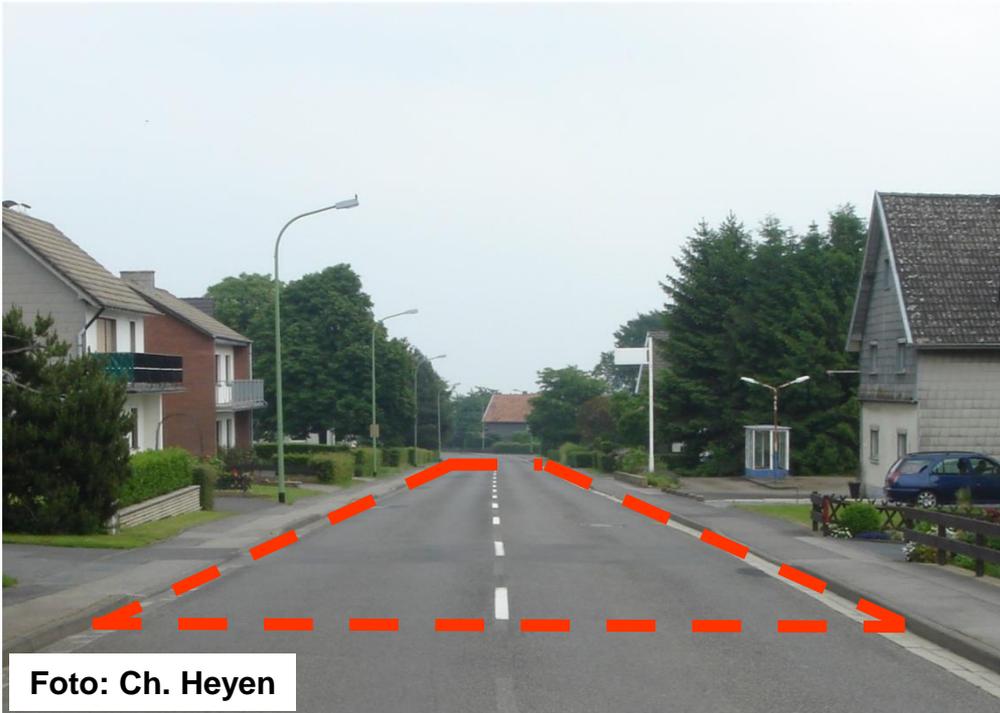


Foto: Ch. Heyen

### 5.3.3 Betrachtete Fläche für Beleuchtungssituationen B1, B2

Wenn Fuß- oder Radwege angrenzen, werden Fahrbahn und Fuß- oder Radweg getrennt betrachtet.

- Die Fläche der Fahrbahn umfasst die Breite der Fahrbahn zwischen den Begrenzungen (Bordsteine).

Wenn keine Verkehrsflächen mit eigenen Anforderungen an die Fahrbahn angrenzen und eine ME-Klasse ausgewählt wurde, ist für die Berechnung des Umgebungsverhältnisses der Beleuchtungsstärke die Breite des angrenzenden Streifens gleich der Breite des ersten Fahrstreifens zu setzen.

## DIN 13201 – 1 Ermittlung der Beleuchtungs-Situation

Typische Geschwindigkeit des Hauptnutzers	> 30 und ≤ 60 km/h
Hauptnutzer	motorisierter Verkehr, langsam fahrende Fahrzeuge, Radfahrer
Andere zugelassene Nutzer	Fußgänger
Ausgeschlossene Nutzer	keine
<b>Beleuchtungssituation</b>	<b>B2</b>

## Situation B2

## Basistabelle A.9

Bauliche Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung	Kreuzungen je km	Schwierigkeit der Fahraufgabe	Verkehrsfluss Fahrzeuge je Tag					
			< 7.000			≥ 7.000		
			←	O	⇒	←	O	⇒
nein	< 3	normal	ME5	ME5	ME4b	ME4b	ME4b	ME3c
		höher als normal	ME4b	ME4b	ME3c	ME4b	ME4b	ME3c
	≥ 3	normal	ME4b	ME3c	ME2	ME3c	ME3c	ME2
		höher als normal	ME3c	ME3c	ME2	ME3c	ME3c	ME2
ja			Auswahl wie oben, jedoch nur im Bereich der verkehrsberuhigten Flächen Leuchtdichte um eine Stufe erhöhen <sup>a</sup>					
<sup>a</sup> Wenn die Leuchtdichte als Auslegungskriterium nicht anzuwenden ist, kann die Beleuchtungsstärke verwendet werden. Zu den empfohlenen ME-Klassen vergleichbare CE-Klassen werden in Tabelle 3 angegeben.								

## Situation B2

## Zusatztable A.10

Konfliktzone	Komplexität des visuellen Feldes	Parkende Fahrzeuge	Leuchtdichte der Umgebung					
			Niedrig		mittel		hoch	
			Verkehrsfluss Radfahrer		Verkehrsfluss Radfahrer		Verkehrsfluss Radfahrer	
nein	normal	nicht zulässig	normal	hoch	normal	hoch	normal	hoch
		zulässig	O	⇒	O	⇒	⇒	⇒
	hoch	nicht zulässig	O	O	O	O	O	O
		zulässig	O	O	⇒	⇒	⇒	⇒
ja			⇒ <sup>a</sup>					
<sup>a</sup> In Konfliktzonen ist die Leuchtdichte das zur Planung empfohlene Kriterium. Die Beleuchtungsstärke kann als Kriterium verwendet werden, wenn die Leuchtdichte wegen geringer Sichtweiten oder anderer Faktoren nicht zu verwenden ist. Zu den empfohlenen ME-Klassen vergleichbare CE-Klassen werden in Tabelle 3 angegeben.								

## DIN EN 13201-2 Güte Merkmale

Tabelle 1 — M-Beleuchtungsklassen

Klasse	Fahrbahnleuchtdichte bei trockener bzw. nasser Straßenoberfläche			nass $U_{ow}^b$ [Mindestwert]	Physiologische Blendung	Beleuchtung der Umgebung
	trockene Zustände		trockene Zustände $f_{TI}^c$ [Höchstwert] %		trockene Zustände $R_{EI}^d$ [Mindestwert]	
	$\bar{L}$ [minimaler Wartungswert] cd/m <sup>2</sup>	$U_o$ [Mindestwert]				$U_l^a$ [Mindestwert]
M1	2,00	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70		10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60		15	0,30
M4	0,75	0,40	0,60		15	0,30
M5	0,50	0,35	0,40		15	0,30
M6	0,30	0,35	0,40		20	0,30

Beleuchtungsklasse im Bereich der verkehrsberuhigten Flächen:

M4

analog

C4

**ANMERKUNG:**

M3 = ME3b

M4 = ME4a

Auswahlparameter	Optionen/Auswahlmöglichkeit	Wichtungswert $V_w$	Gewählte Wichtungswerte		
Anzahl Fahrstreifen je Richtung <sup>1</sup>	> 1	1	0	0	0
	1	0			
Trennung der Richtungsfahrbahnen	nein	1	1	1	1
	ja	0			

Variable Parameter für die adaptive Beleuchtung	Optionen/Auswahlmöglichkeit	Wichtungswert $V_w$	Zeitpunkt		
			$t_0$	$t_1$	$t_2$
Verkehrsaufkommen	normal	0	-1		
	gering	-1			
Typische Geschwindigkeit	normal	0	0		
	reduziert auf $\leq 30$ km/h	-1			
Verkehrsart / Zusammensetzung	gemischt, hoher Anteil nicht motorisiert	2	1		
	gemischt	1			
	nur motorisierter Verkehr	0			
Leuchtdichte der Umgebung	hoch	1	-1		
	mittel	0			
	gering	-1			
Parkende Fahrzeuge	zulässig	1	1		
	nicht zulässig	0			
Erhöhte Anforderungen	vorhanden	1	0		
	nicht vorhanden	0			

**Tabelle 5 -  
Hauptverkehrsstraßen  
innerorts**

<b>Summe der Wichtungswerte</b>	$V_{ws}$	1	1	1
<b>Beleuchtungsklasse</b>	$M = 6 - V_{ws}$	5	5	5
<b>Leuchtdichte</b>		0,5 cd/m <sup>2</sup>	0,5 cd/m <sup>2</sup>	0,5 cd/m <sup>2</sup>

Anlieger- / Wohnstraße  
(30 km/h-Zone)

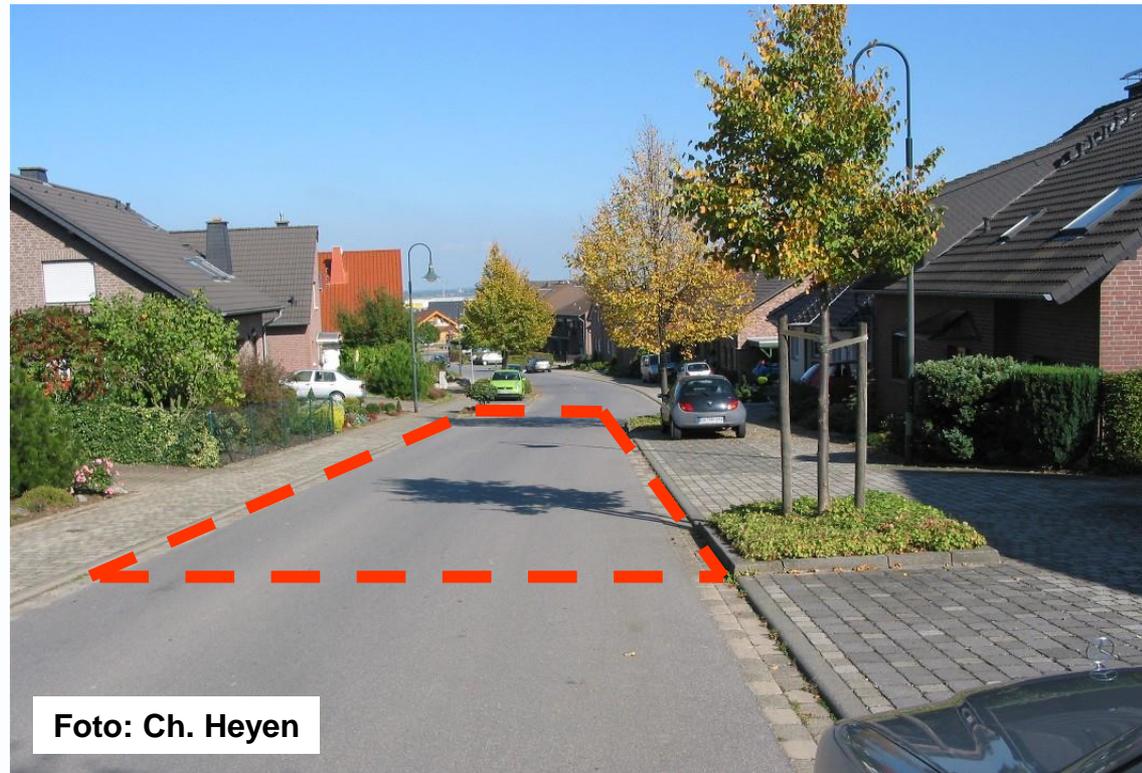
Beleuchtungssituation D3

Beleuchtungsklasse P 5

$E_m$  3,00 lx

max.  $E_m = 1,5 \times 3,00 \text{ lx} = 4,50 \text{ lx}$

$E_{min}$  0,60 lx



Auswahl der Beleuchtungsklasse nach DIN 13201-1:2005

mit dem LCI-Berechnungsprogramm

Beleuchtungssituation D3

	Verkehrsfluss Fußgänger und Radfahrer <input type="radio"/> normal <input type="radio"/> hoch	geparkte Fahrzeuge <input type="radio"/> nicht vorhanden <input type="radio"/> vorhanden	Schwierigkeit der Fahraufgabe <input type="radio"/> normal <input type="radio"/> höher als normal
Komplexität des visuellen Feldes <input type="radio"/> normal <input type="radio"/> hoch	Kriminalitätsrisiko <input type="radio"/> normal <input type="radio"/> höher als normal	Gesichtserkennung <input type="radio"/> nicht notwendig <input type="radio"/> notwendig	Umgebungsleuchtdichte <input type="radio"/> niedrig <input type="radio"/> mittel <input type="radio"/> hoch
Beleuchtungsklasse <b>S5</b>	$E_m$ in lx <b>3.0</b>	$E_{min}$ in lx <b>0.60</b>	<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Abbrechen"/>

In einem evtl. vorhandenen Bereich baulicher Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung gilt Beleuchtungsklasse S4 ( $E_m = 5.0 \text{ lx}$ ,  $E_{min} = 1.0 \text{ lx}$ )

Auswahlparameter	Optionen/Auswahlmöglichkeit	Wichtungswert $V_w$	Gewählte Wichtungswerte		
Geschwindigkeit	> 30 km/h	1	0	0	0
	≤ 30 km/h	0			
	Schrittgeschwindigkeit	-1			
Trennung der Richtungsfahrbahnen	nein	1	1	1	1
	ja	0			

Variable Parameter für die adaptive Beleuchtung	Optionen/Auswahlmöglichkeit	Wichtungswert $V_w$	Zeitpunkt		
			$t_0$	$t_1$	$t_2$
Verkehrsaufkommen	normal	0	-1		
	gering	-1			
Verkehrsart / Zusammensetzung	gemischt, hoher Anteil nicht motorisiert	1	0		
	gemischt	0			
Leuchtdichte der Umgebung	hoch	1	-1		
	mittel	0			
	gering	-1			
Parkende Fahrzeuge	zulässig	1	1		
	nicht zulässig	0			
Erhöhte Anforderungen	vorhanden	1	1		
	nicht vorhanden	0			
Gesichtserkennung	erforderlich	zusätzliche Anforderungen			
	nicht erforderlich	keine zusätzlichen Anforderungen			

**Tabelle 8 -  
Erschließungsstraßen  
(Anliegerstraßen)**

<b>Summe der Wichtungswerte</b>	$V_{ws}$	1	1	1
<b>Beleuchtungsklasse</b>	$P = 6 - V_{ws}$	5	5	5
<b>Beleuchtungsstärke</b>		3 lux	3 lux	3 lux

## 7.9 Adaptive Beleuchtung

Die Parameterwerte der Beleuchtungsklassen können sich innerhalb der Dunkelstunden **abhängig von den verschiedenen Anwendungs- und Umgebungsbedingungen ändern.**

**Somit können auch Anforderungen und Empfehlungen an die Beleuchtung während dieser Zeitabschnitte angepasst werden.**

- **Ermittlung der Bemessungsbeleuchtungsklasse für den Zeitraum  $\Delta t_0$**
- **Bestimmung der adaptiven Beleuchtung durch Anpassung der Verkehrs- bzw. Umgebungs-Parameter für bestimmte Zeiträume (z.B.  $\Delta t_1, \Delta t_2$ ) mit daraus resultierenden alternativen Beleuchtungsklassen (aus der gleichen Tabelle).**  
Die neue Beleuchtungsklasse gilt solange, bis sich ein oder mehrere Parameter signifikant ändern.

**Dabei sind unmittelbare Sprünge des Beleuchtungsniveaus von mehr als 2,5 nicht zulässig.**

- **Möglichkeit der Energieeinsparung und Minderung des Streulichts**

$\Phi$		$L$		$E$		$P$
Lichtstrom [lm]	~	Leuchtdichte [cd/m <sup>2</sup> ]	~	Beleuchtungsstärke [lx]	≈	elektrische Leistung [W]

M1	M2	M3	M4	M5	M6
2,00 cd/m <sup>2</sup>	1,50 cd/m <sup>2</sup>	1,00 cd/m <sup>2</sup>	0,75 cd/m <sup>2</sup>	0,50 cd/m <sup>2</sup>	0,30 cd/m <sup>2</sup>
100 %	75 %	50 %	37,5 %		
	100 %	66,7 %	50 %	33,3 %	
		100 %	75 %	50 %	30 %
			100 %	66,7 %	40 %

P1	P2	P3	P4	P5	P6
15 lx	10,0 lx	7,50 lx	5,00 lx	3,00 lx	2,00 lx
100 %	66,7 %	50 %	33,3 %		
	100 %	75 %	50 %	30 %	
		100 %	66,7 %	40 %	26,7 %
			100 %	60 %	40 %

Die zu verschiedenen Zeiten realisierten Beleuchtungsklassen dürfen sich um nicht mehr als drei Stufen der Beleuchtungsklassen verändern.

Anmerkung in Tab. 5 + 6

Anmerkung in Tab. 7, 8 + 9

Tabelle 5 — Hauptverkehrsstraßen innerorts ≥ 50 km/h für M-Klassen

Auswahlparameter	Optionen/Auswahlmöglichkeit	Wichtungswert $V_w$	Gewählte Wichtungswerte		
Anzahl Fahrstreifen je Richtung <sup>1</sup>	> 1	1	0	0	0
	1	0			
Trennung der Richtungsfahrbahnen	nein	1	1	1	1
	ja	0			

Variable Parameter für die adaptive Beleuchtung	Optionen/Auswahlmöglichkeit	Wichtungswert $V_w$	Zeitpunkt		
			$t_0$	$t_1$	$t_2$
Verkehrsaufkommen	normal	0	0	-1	-1
	gering	-1			
Typische Geschwindigkeit	normal	0	0	0	0
	reduziert auf ≤ 30 km/h	-1			
Verkehrsart / Zusammensetzung	gemischt, hoher Anteil nicht motorisiert	2	1	1	1
	gemischt	1			
	nur motorisierter Verkehr	0			
Leuchtdichte der Umgebung	hoch	1	0	0	-1
	mittel	0			
	gering	-1			
Parkende Fahrzeuge	zulässig	1	1	1	1
	nicht zulässig	0			
Erhöhte Anforderungen	vorhanden	1	1	1	0
	nicht vorhanden	0			

$t_0$  SU – 20 Uhr  
5 Uhr – SA

$t_1$  20 – 23 Uhr

$t_2$  23 – 5 Uhr

Summe der Wichtungswerte $V_{ws}$		4	3	1
Beleuchtungsklasse $M = 6 - V_{ws}$		2	3	5

M1	M2	M3	M4	M5	M6
2,00 cd/m <sup>2</sup>	1,50 cd/m <sup>2</sup>	1,00 cd/m <sup>2</sup>	0,75 cd/m <sup>2</sup>	0,50 cd/m <sup>2</sup>	0,30 cd/m <sup>2</sup>
	100 %	66,7 %	50 %	33,3 %	

Monat	Summe	16:00 -	17:00 -	18:00 -	19:00 -	20:00 -	21:00 -	22:00 -	23:00 -	0:00 -	1:00 -	2:00 -	3:00 -	4:00 -	5:00 -	6:00 -	7:00 -	8:00 -
Jul.	220 h						1 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	2 h			
Aug.	267 h					1 h	22 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	27 h			
Sept.	307 h				4 h	22 h	30 h	30 h	30 h	30 h	30 h	30 h	30 h	30 h	30 h	11 h		
Okt.	385 h		2 h	24 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	18 h							
Nov.	423 h		18 h	30 h	30 h	30 h	30 h	30 h	30 h	30 h	15 h							
Dez.	468 h	5 h	29 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	29 h	2 h						
Jan.	455 h	1 h	20 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	30 h	1 h						
Febr.	377 h		1 h	24 h	28 h	28 h	28 h	28 h	28 h	28 h	28 h	16 h						
März	359 h			5 h	26 h	29 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	20 h		
Apr.	285 h					9 h	29 h	30 h	30 h	30 h	30 h	30 h	30 h	30 h	28 h	9 h		
Mai	241 h						12 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	12 h			
Juni	213 h						2 h	30 h	30 h	30 h	30 h	30 h	30 h	30 h	1 h			
	4.000 h	6 h	70 h	145 h	181 h	212 h	278 h	365 h	365 h	365 h	365 h	365 h	365 h	365 h	282 h	178 h	90 h	3 h

<b>LED SB-Anlage M2</b>		<b>18.000 lm / 146 W je LSt.</b>		<b>28,571 LSt. / km</b>	
100,0%	x	4.000	h	x	4,171 kW/km
					16.684 kWh/km

M2	100,0%	x	955	h	x	4,171	kW/km	3.983	kWh/km
M3	66,7%	x	855	h	x	2,782	kW/km	2.379	kWh/km
M5	33,3%	x	2.190	h	x	1,389	kW/km	3.042	kWh/km
			4.000	h				9.404	kWh/km

<b>Energieeinsparung</b>
<b>7.280 kWh = 44%</b>

Anforderungen an die Dimmung:

- Sprünge des Beleuchtungsniveaus nicht mehr als Faktor 2,5 OK
- Veränderung der Beleuchtungsklassen max. 3 Stufen OK

Tabelle 7 - Erschließungsstraßen P-Klasse ≤ 30 km/h (Sammelstraße)

Auswahlparameter	Optionen/Auswahlmöglichkeit	Wichtungswert $V_w$	Gewählte Wichtungswerte		
Trennung der Richtungsfahrbahnen	nein	1	1	1	1
	ja	0			

Variable Parameter für die adaptive Beleuchtung	Optionen/Auswahlmöglichkeit	Wichtungswert $V_w$	Zeitpunkt		
			$t_0$	$t_1$	$t_2$
Verkehrsaufkommen	normal	0	0	-1	
	gering	-1			
Verkehrsart / Zusammensetzung	gemischt, hoher Anteil nicht motorisiert	1	0	0	
	gemischt	0			
Leuchtdichte der Umgebung	hoch	1	0	-1	
	mittel	0			
	gering	-1			
Parkende Fahrzeuge	zulässig	1	1	1	
	nicht zulässig	0			
Erhöhte Anforderungen	vorhanden	1	1	1	
	nicht vorhanden	0			
Gesichtserkennung	erforderlich	zusätzliche Anforderungen			
	nicht erforderlich	keine zusätzlichen Anforderungen			

$t_0$  SU – 20 Uhr  
5 Uhr – SA

$t_1$  20 – 5 Uhr

Summe der Wichtungswerte	$V_{ws}$	3	1	1
Beleuchtungsklasse	$P = 6 - V_{ws}$	3	5	5

P1	P2	P3	P4	P5	P6
15 lx	10,0 lx	7,50 lx	5,00 lx	3,00 lx	2,00 lx
		100 %	66,7 %	40 %	26,7 %

Monat	Summe	16:00 -	17:00 -	18:00 -	19:00 -	20:00 -	21:00 -	22:00 -	23:00 -	0:00 -	1:00 -	2:00 -	3:00 -	4:00 -	5:00 -	6:00 -	7:00 -	8:00 -
Jul.	220 h						1 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	2 h			
Aug.	267 h					1 h	22 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	27 h			
Sept.	307 h				4 h	22 h	30 h	30 h	30 h	30 h	30 h	30 h	30 h	30 h	30 h	11 h		
Okt.	385 h		2 h	24 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	18 h							
Nov.	423 h		18 h	30 h	30 h	30 h	30 h	30 h	30 h	30 h	15 h							
Dez.	468 h	5 h	29 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	29 h	2 h						
Jan.	455 h	1 h	20 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	30 h	1 h						
Febr.	377 h		1 h	24 h	28 h	28 h	28 h	28 h	28 h	28 h	28 h	16 h						
März	359 h			5 h	26 h	29 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	20 h		
Apr.	285 h					9 h	29 h	30 h	30 h	30 h	30 h	30 h	30 h	30 h	28 h	9 h		
Mai	241 h						12 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	31 h	12 h			
Juni	213 h						2 h	30 h	30 h	30 h	30 h	30 h	30 h	30 h	1 h			
	4.000 h	6 h	70 h	145 h	181 h	212 h	278 h	365 h	365 h	365 h	365 h	365 h	365 h	365 h	282 h	178 h	90 h	3 h

<b>LED SB-Anlage P3</b>		<b>5.000 lm / 38 W je LSt.</b>		<b>25,0 LSt. / km</b>	
100,0%	x	4.000 h	x	0,950 kW/km	3.800 kWh/km

P3	100,0%	x	955 h	x	0,950 kW/km	907 kWh/km
P5	40,0%	x	3.045 h	x	0,380 kW/km	1.157 kWh/km
			4.000 h			2.064 kWh/km

<b>Energieeinsparung</b>
<b>1.736 kWh = 46%</b>

Anforderungen an die Dimmung:

- Sprünge des Beleuchtungsniveaus nicht mehr als Faktor 2,5 OK
- Veränderung der Beleuchtungsklassen max. 3 Stufen OK

## Beleuchtungsklassen für Konfliktbereiche

**Konfliktbereiche sind Bereiche, in denen sich Verkehrsströme kreuzen, trennen oder vereinen, z. B. Kreuzungen.**

Abschnitte in denen sich die Straßengeometrie aufgrund einer Erhöhung oder Verringerung der Anzahl an Fahrspuren oder die Breite der einzelnen Fahrspur sowie der mehrspurigen Straße ändert, zählen auch dazu.

**Für Konfliktbereiche ist die Berechnung der Fahrbahnleuchtdichte nicht praktikabel; daher erfolgt die Bewertung nach dem Beleuchtungsstärke-Verfahren.**

**Konfliktbereiche** im Verlauf von Verkehrsflächen, die **gemäß M-Beleuchtungsklassen bewertet** werden, sind **mindestens eine Beleuchtungsklasse höher** zu beleuchten als die höchste zuführende Verkehrsfläche.

Dies betrifft insbesondere M-Beleuchtungsklassen mit niedrigen Beleuchtungsniveaus und Konfliktbereiche mit komplexem Verkehrsgeschehen.

**Konfliktbereiche** im Verlauf von Verkehrsflächen, die **nach P-Beleuchtungsklassen bewertet** werden, sind **mit mindestens der höchsten Beleuchtungsklasse einer der zuführenden Straßen** zu beleuchten.

Für diesen Fall muss **im Konfliktbereich eine Gleichmäßigkeit  $U_0 \geq 0,20$**  erreicht werden.

## Beleuchtungsklassen von vergleichbarem Beleuchtungsniveau

In Tabelle 12 sind die vergleichbaren M-, C- und P-Beleuchtungsklassen unter Beachtung der Reflexionseigenschaften enthalten. Dazu sind die Angaben zum mittleren Leuchtdichtekoeffizienten oder des Reflexionsgrades für die Verkehrsfläche für die Planung zur Verfügung zu stellen.

Tabelle 12 — Beleuchtungsklassen vergleichbaren Beleuchtungsniveaus

Beleuchtungsklasse M				M1	M2	M3	M4	M5	M6			
mittleres Leuchtdichteniveau	cd/m <sup>2</sup>	5	3	2,00	1,50	1,00	0,75	0,50	0,30	0,20	0,15	0,1
<b>Beleuchtungsklasse C</b>				<b>C0</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>			
Straßenbelag C2, $q_0 = 0,05 \text{ cd/m}^2/\text{lx}$	lx			50	30	20,0	15,0	10,0	7,50			
<b>Beleuchtungsklasse C</b>			<b>C0</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>				
Straßenbelag C2, $q_0 = 0,07 \text{ cd/m}^2/\text{lx}$	lx		50	30	20,0	15,0	10,0	7,50				
<b>Beleuchtungsklasse C</b>		<b>C0</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>					
Straßenbelag C2, $q_0 = 0,09 \text{ cd/m}^2/\text{lx}$	lx	50	30	20,0	15,0	10,0	7,50					
<b>Beleuchtungsklasse P</b>				<b>C0*</b>	<b>C1*</b>	<b>C2*</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>
Straßenbelag $\rho = 0,15$	lx			50	30	20,0	15,0	10,0	7,50	5,00	3,00	2,00
<b>Beleuchtungsklasse P</b>			<b>C0*</b>	<b>C1*</b>	<b>C2*</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	
Straßenbelag $\rho = 0,20$	lx		50	30	20,0	15,0	10,0	7,50	5,00	3,00	2,00	
<b>Beleuchtungsklasse P</b>		<b>C0*</b>	<b>C1*</b>	<b>C2*</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>		
Straßenbelag $\rho = 0,30$	lx	50	30	20,0	15,0	10,0	7,50	5,0	3,00	2,00		

\* Verwendet wird der Wartungswert der mittleren Beleuchtungsstärke  $\bar{E}$  der jeweiligen Beleuchtungsklasse C bei einer Gesamtgleichmäßigkeit  $U_0$  von 0,2



Foto: Ch. Heyen

5.3.3 Betrachtete Fläche von Konfliktzonen

ohne angrenzende Geh- oder Radwege:  
 gesamte Fläche der Fahrbahn zwischen den Begrenzungen (Bordsteine bzw. Zufahrt) + Fläche der überfahrbaren Mittelinsel

mit angrenzenden Geh- oder Radwegen:

- a) Betrachtung der gesamten Fläche bestehend aus Fahrbahn, Gehwege + Radwege mit evtl. Grünstreifen
- b) Fahrbahn und Gehweg / Radweg werden getrennt betrachtet.  
 Fläche der Fahrbahn entspricht der Fläche zwischen den Begrenzungen (Bordsteine), Fläche des Gehweges oder Radweges entspricht der Beschreibung in 5.3.4.

Auswahl der Beleuchtungsklasse nach DIN 13201-1:2005

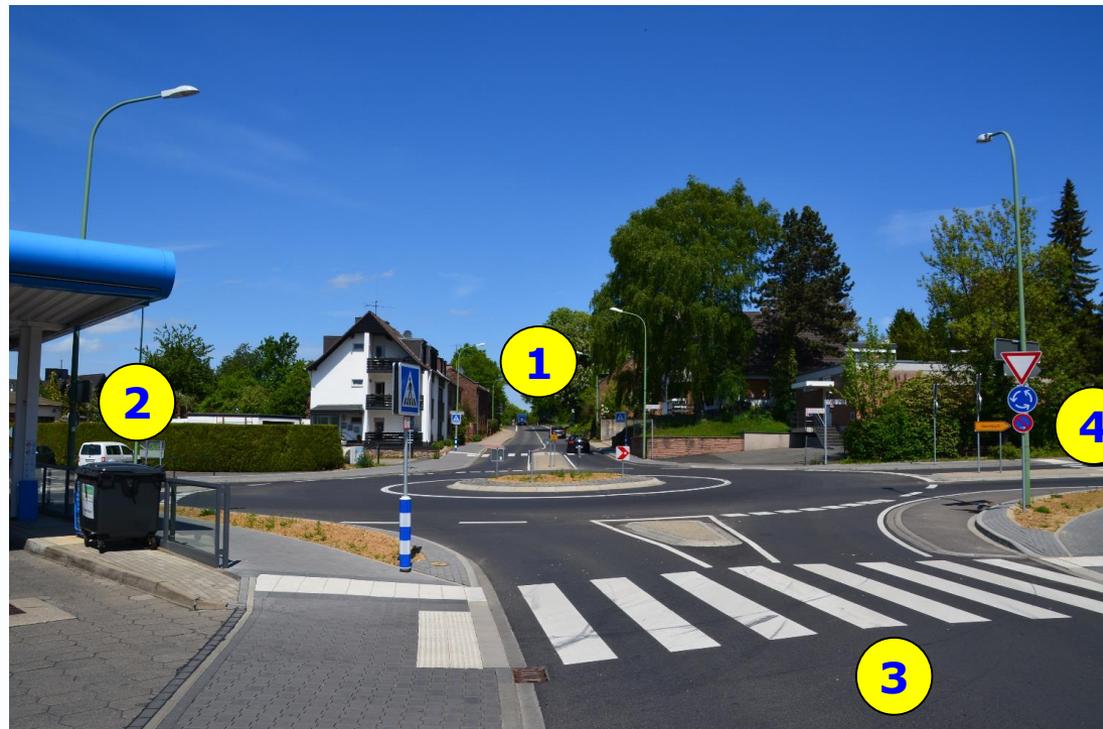
mit dem LCI-Berechnungsprogramm

Beleuchtungssituation B2

Kreuzungsdichte		Schwierigkeit der Fahraufgabe		Verkehrfluss in Fahrzeugen je Tag	
< 3 / km	<b>&gt;= 3 / km</b>	normal	<b>höher als normal</b>	< 7000	<b>&gt; 7000</b>

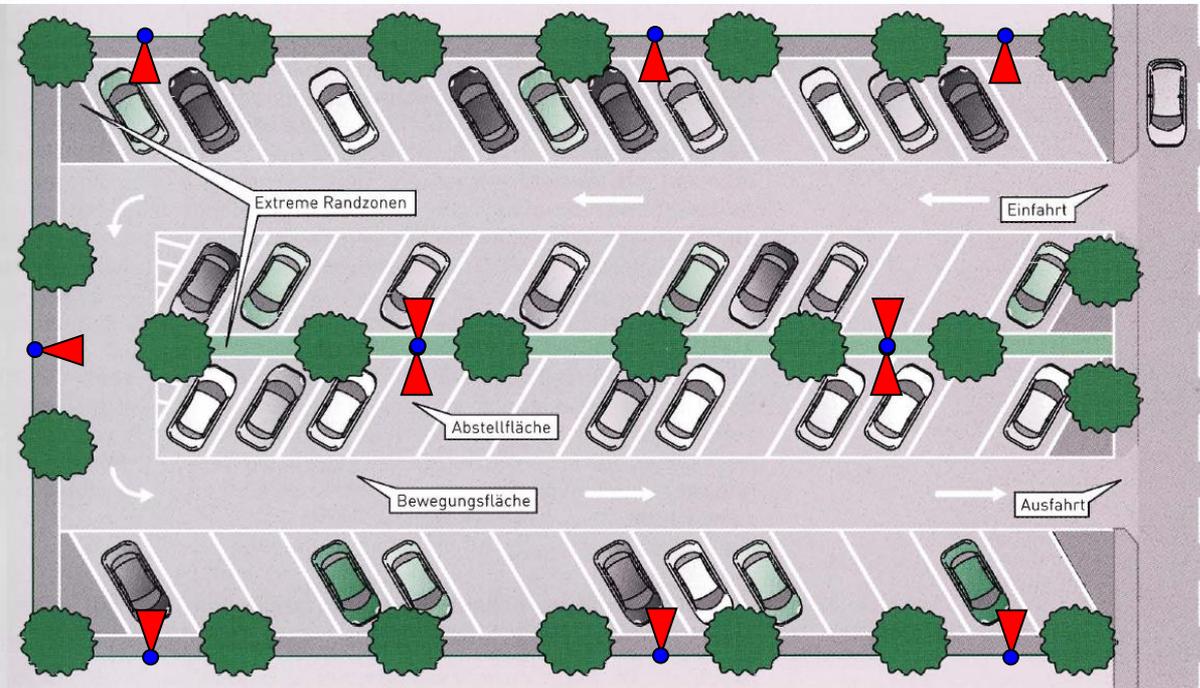
Beleuchtungsklasse	Em in lx	Uo
<b>CE2</b>	<b>20</b>	<b>0.40</b>

OK      Abbrechen



Beleuchtungs-niveaus der zuführenden Straßen	
1	M5 = 0,50 cd/m <sup>2</sup>
2	M3 = 1,00 cd/m <sup>2</sup>
3	P4 = 5,0 lx
4	M5 = 0,50 cd/m <sup>2</sup>

höchste Beleuchtungsklasse der zuführenden Straße	▶	M3	$L_m = 1,00 \text{ cd/m}^2$
▼			
gewählte M-Beleuchtungsklasse für den Konfliktbereich M3 -1	▶	M2	$L_m = 1,50 \text{ cd/m}^2$
▼			
analoge C-Beleuchtungsklasse	▶	C2	$E_m = 20 \text{ lx}, U_0 = 0,40$



5.3.5 Betrachtete Fläche für Beleuchtungssituationen D1, D2, D3

Wenn keine Gehwege angrenzen, besteht die betrachtete Fläche aus der gesamten, gemeinsam genutzten Fläche, die von den Fassaden der direkt an der Fläche anliegenden Gebäude oder von Grundstücksgrenzen begrenzt wird.

Auswahl der Beleuchtungsklasse nach DIN 13201-1:2005

mit dem LCI-Berechnungsprogramm

Beleuchtungssituation D2

Verkehrsfluss Fußgänger		Schwierigkeit der Fahraufgabe		Umgebungsleuchtdichte		
<input type="button" value="normal"/> <input type="button" value="hoch"/>		<input type="button" value="normal"/> <input type="button" value="höher als normal"/>		<input type="button" value="niedrig"/> <input type="button" value="mittel"/> <input type="button" value="hoch"/>		
Kriminalitätsrisiko		Gesichtserkennung				
<input type="button" value="normal"/> <input type="button" value="höher als normal"/>		<input type="button" value="nicht notwendig"/> <input type="button" value="notwendig"/>				

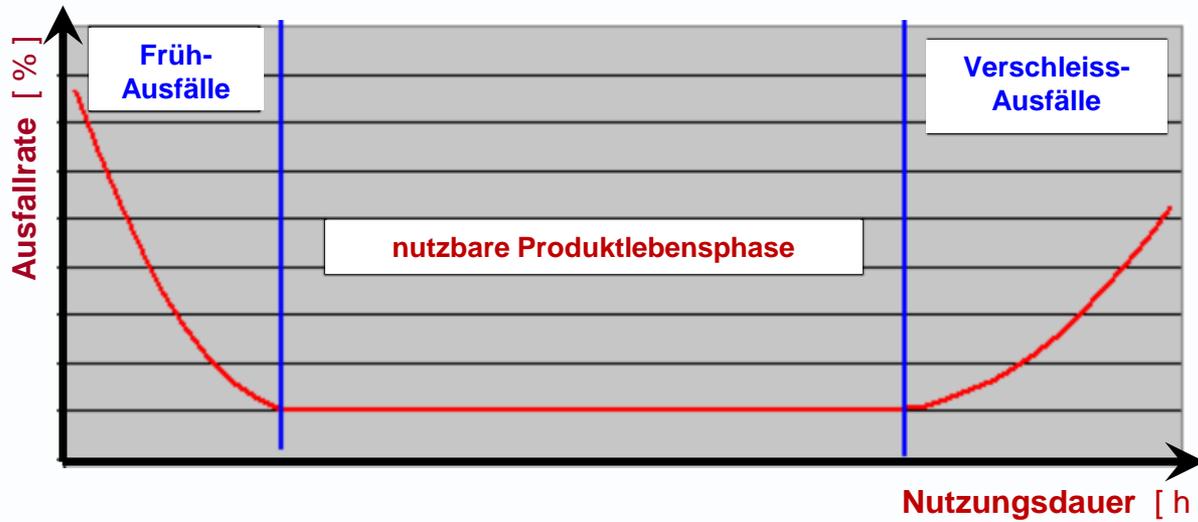
Beleuchtungsklasse	Em in lx	Uo
CE5	7.5	0.40

OK    Abbrechen

In einem evtl. vorhandenen Bereich baulicher Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung gilt Beleuchtungsklasse CE4 (Em = 10 lx, Uo = 0.40)

Auswahlparameter	Optionen/Auswahlmöglichkeit	Wichtungswert $V_w$	Gewählte Wichtungswerte		
Geschwindigkeit	> Schrittgeschwindigkeit	2	2	2	2
	Schrittgeschwindigkeit	1			
Variable Parameter für die adaptive Beleuchtung	Optionen/Auswahlmöglichkeit	Wichtungswert $V_w$	Zeitpunkt		
			$t_0$	$t_1$	$t_2$
Verkehrsfluss Fußgänger	normal	1	1		
	gering	0			
Leuchtdichte der Umgebung	hoch	1	-1		
	mittel	0			
	gering	-1			
Erhöhte Anforderungen	vorhanden	1	1		
	nicht vorhanden	0			
Gesichtserkennung	erforderlich	zusätzliche Anforderungen			
	nicht erforderlich	keine zusätzlichen Anforderungen			
<b>Summe der Wichtungswerte</b>		$V_{ws}$	3	2	2
<b>Beleuchtungsklasse</b>		$P = 6 - V_{ws}$	3	4	4
<b>Beleuchtungsstärke</b>			7,5 lux	5 lux	5 lux

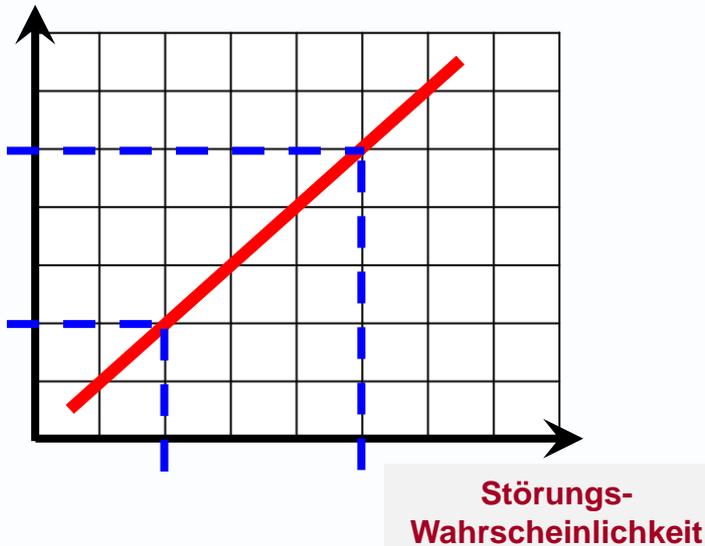
**Tabelle 11 -  
Plätze  $\leq 30\text{km/h}$  für P-Klassen**



„Badewannenkurve“

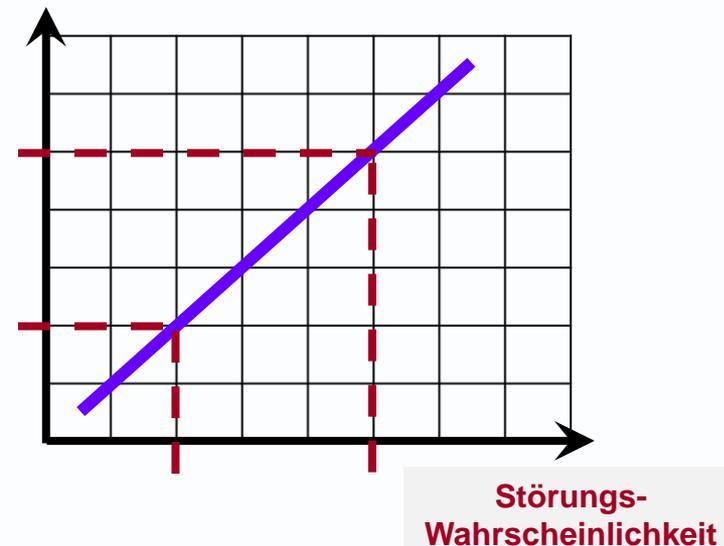
Die nutzbare Produktlebensphase ist unterschiedlich und bestimmt maßgeblich die Wirtschaftlichkeit

Komplexität des Systems



Störungswahrscheinlichkeit

Instandhaltungskosten



Störungswahrscheinlichkeit

## Anforderungen an „Elektronik-Komponenten“ im Außenbereich

- **Höchste Zuverlässigkeit und Langlebigkeit**
- **Temperaturfestigkeit**
- **Feuchtigkeitsschutz ( IP 66)**
- **Vermeidung von Kondensatbildung** ( Thermostatisierung z. B. auf 30°C )
- **Geringe Verlustleistung + hohe Energieeffizienz**
- **Überspannungsfestigkeit**

## Beispiele für höchste Anforderungen an „Elektronik-Komponenten“ mit Langzeiterfahrung

- **Militärischer Bereich**
- **Energieversorgung (Kraftwerke, Umspannanlagen)**
- **Funk- und Fernmeldeanlagen**
- **Industrie- und Fertigungsanlagen**
- **Offshore Windkraftanlagen**

**Schutz der elektronischen Systeme vor Hackerangriffen und Daten-Diebstahl -  
die größte Herausforderung unserer Zeit !**

**Vielen Dank  
für  
Ihre  
Aufmerksamkeit !**

**eMail: [Christoph.Heyen@t-online.de](mailto:Christoph.Heyen@t-online.de)**