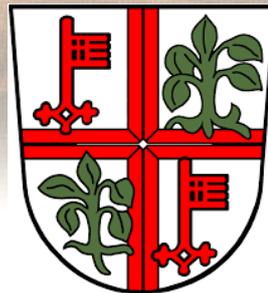


Leuchtenkatalog

für die öffentliche Beleuchtung der Stadt Mayen

Auftraggeber (AG):

Stadt Mayen



Auftragnehmer (AN):



ILB Dr. Rönitzsch GmbH

Inhaltsverzeichnis

A	PRÄAMBEL	3
B	AUFGABENSTELLUNG	3
C	ERFÜLLUNG DER AUGABENSTELLUNG	3
C.1	VORGEHENSWEISE UND GRUNDLAGEN DES LEUCHTENKATALOGS	3
C.1.1	<i>Schwerpunktbildung</i>	3
C.1.2	<i>Formulierung technischer Mindesteigenschaften der Leuchten</i>	4
C.1.3	<i>Hinweise zu lichttechnischen Grundgrößen</i>	6
C.1.4	<i>Hinweise zu Bewertung von Messflächen</i>	8
C.2	ERGEBNISSE	9
C.2.1	<i>Ergebnisse für Beleuchtungsklasse C₃ – Technische Leuchten</i>	10
C.2.2	<i>Ergebnisse für Beleuchtungsklasse C₄ - Technische Leuchten</i>	10
C.2.3	<i>Ergebnisse für Beleuchtungsklasse C₅ - Technische Leuchten</i>	11
C.2.4	<i>Ergebnisse für Beleuchtungsklasse C₅ – Dekorative Leuchten</i>	11
C.2.5	<i>Ergebnisse für Beleuchtungsklasse P₅ – Kandelaber</i>	11
D	FAZIT	12
E	ANLAGEN	13
E.1	SCHREIBEN AN DIE LEUCHTENFIRMEN	13
E.2	VERGLEICHENDE GEGENÜBERSTELLUNG DER LEUCHTEN FÜR DIE BELEUCHTUNGSKLASSE C₃ (TECHNISCH)	14
E.3	VERGLEICHENDE GEGENÜBERSTELLUNG DER LEUCHTEN FÜR DIE BELEUCHTUNGSKLASSE C₄ (TECHNISCH)	15
E.4	VERGLEICHENDE GEGENÜBERSTELLUNG DER LEUCHTEN FÜR DIE BELEUCHTUNGSKLASSE C₅ (TECHNISCH)	16
E.5	VERGLEICHENDE GEGENÜBERSTELLUNG DER LEUCHTEN FÜR DIE BELEUCHTUNGSKLASSE C₅ (DEKORATIV)	17
E.6	VERGLEICHENDE GEGENÜBERSTELLUNG DER LEUCHTEN FÜR DIE BELEUCHTUNGSKLASSE P₅ (KANDELABER) ...	18
E.7	DOKUMENTATION DER LICHTTECHNISCHEN BERECHNUNGEN DER FIRMA SCHREDER	19
E.8	DOKUMENTATION DER LICHTTECHNISCHEN BERECHNUNGEN DER FIRMA SIGNIFY	20
E.9	DOKUMENTATION DER LICHTTECHNISCHEN BERECHNUNGEN DER FIRMA TRILUX	21
E.10	DOKUMENTATION DER LICHTTECHNISCHEN BERECHNUNGEN DER FIRMA AEC	22
E.11	DOKUMENTATION DER LICHTTECHNISCHEN BERECHNUNGEN DER FIRMA SITECO	23
E.12	CD MIT ÜBERSANDTEN DATEN DER HERSTELLER (DATENBLÄTTER, BILDER)	24

A PRÄAMBEL

Diese Unterlage stellt eine separierte Ergänzung zum Masterplan dar.

B AUFGABENSTELLUNG

Aus der Kategorisierung der Beleuchtungssituationen (s. Masterplan) und der Festlegung des Beleuchtungsniveaus in diesem, soll ein Leuchtenkatalog abgeleitet werden. Dieser soll auch eine sinnvolle Vereinheitlichung der Materialverwendung zwecks Minimierung des Wartungs- und Instandhaltungsaufwandes abbilden.

C ERFÜLLUNG DER AUGABENSTELLUNG

C.1 Vorgehensweise und Grundlagen des Leuchtenkatalogs

C.1.1 Schwerpunktbildung

Zunächst wurde der Bestand in Mayen hinsichtlich der Schwerpunkte im Bestand untersucht. Der derzeitige Bestand der Stadt ist zu 80% durch folgende Leuchten geprägt:

- ca. 30 %: technische Leuchte, 5-6 m, 2 x TCL 24 W
-> technische Leuchte
- ca. 14 %: technische Leuchte, 7,5-9 m, 2 x HSE 70 W bzw. 1 x HSE 100 W
-> technische Leuchte
- ca. 15 %; Langfeldleuchte, 7,5 m; 2 x T26 36 W
-> technische Leuchte
- ca. 8 %; Pilzleuchte; 4 m; 2 x HSE 50 W
-> dekorative Leuchte
- ca. 8 %; Kandelaber, 4 m; 1 x HSE 50 W
-> dekorative Leuchte, Kandelaber

Es ist festzustellen, dass sich der deutliche Schwerpunkt der Beleuchtung im Bereich der technischen (nicht dekorativen) Beleuchtung befindet.

C.1.2 Formulierung technischer Mindesteigenschaften der Leuchten

ILB formulierte aus ihrer licht-, elektro- und betriebswirtschaftlichen Erfahrung heraus, wünschenswerte Leuchteigenschaften. Nachfolgend sollen diese und die Begründung, warum diese gewünscht wurden, kurz erläutert werden.

Nr.	Kriterium		Wunsch	Inhaltliche Begründung des Wunsches
12	Anzahl an Baugrößen der Leuchte dieser Serie (inkl. der hier benannten Baugröße)	≥	2	<ul style="list-style-type: none"> Einheitliches Stadtbild durch Einsatz gleicher Leuchten trotz unterschiedlicher Lichtpunkthöhen und/oder Anforderungen
13	Material Leuchtengehäuse	=	Aluminiumdruckguss	<ul style="list-style-type: none"> Höhere Lebensdauer, weil keine Versprödung durch UV-Strahlung bei Kunststoffen Gut zu recyceln
14	Material Leuchtenaufsatz/-ansatzstutzen	=	Aluminiumdruckguss	<ul style="list-style-type: none"> Höhere Lebensdauer, weil keine Versprödung durch UV-Strahlung bei Kunststoffen Gut zu recyceln
15	Material Leuchtenabdeckung (Abdeckung nach außen, nicht Material der LED-Linsen)	=	Sicherheitsglas (ESG)	<ul style="list-style-type: none"> Höhere Lebensdauer, weil keine Versprödung durch UV-Strahlung bei Kunststoffen Gut zu recyceln
16	Montagemöglichkeit der Leuchte (ggfls. auch mittels Adapter)	=	Aufsatzmontage <u>und</u> Ansatzmontage 42-76 mm	Einheitliche Stadtgestaltung und Lagerhaltung trotz unterschiedlicher Leuchtenmontage und Zopfmaße von Bestandsmasten
17	Neigungsmöglichkeit der Leuchte (Ansatz)	=	$\leq -5^\circ$ und $\geq +10^\circ$	<ul style="list-style-type: none"> Anpassung der Lichttechnik an die örtlichen Gegebenheiten bei Auslegern mit Eigenneigung ggfls. negative Neigung der Leuchte
18	Neigungsmöglichkeit der Leuchte (Aufsatz)	=	$\leq 0^\circ$ und $\geq +15^\circ$	<ul style="list-style-type: none"> Anpassung der Lichttechnik an die örtlichen Gegebenheiten
19	Leuchtenform	=	technische Leuchte	<ul style="list-style-type: none">
20	Gehäusefarbe	=	DB 703 oder ähnlich	<ul style="list-style-type: none"> oft Standard, kein Mehrpreis zu erwarten
21	Wahlmöglichkeit von Lichtstärkeverteilungskurven (ohne Unterscheidung nach Lichtströmen)	≥	5 unterschiedliche LVK's	<ul style="list-style-type: none"> Anpassung der Lichttechnik an die örtlichen Gegebenheiten bei gleicher Leuchte
22	Farbtemperatur	=	3.000 K	<ul style="list-style-type: none"> warmweißes Licht, allerdings ca. 5% bis 8% schlechtere Energieeffizienz als 4.000 K
23	mögliche Lichtströme	=	... bis ... lm (bei o. g. Farbtemperatur)	<ul style="list-style-type: none"> Lichtstrom („Lichtmenge“) variabel bei gleicher Größe der Leuchte

24	Farbwiedergabeindex (Ra, CRI)	≥	70	<ul style="list-style-type: none"> gute bis sehr gute Farbwiedergabe
25	mögliche Systemleistungen (bei Lichtstromkonstanthaltung mittlere Systemleistung über Lebensdauer)	=	... bis ... W (bei o. g. Farbtemperatur/Lichtstrom)	<ul style="list-style-type: none"> S. 23
26	Multiple-Layer-Technologie / Additionsprinzip (Beibehaltung Gleichmäßigkeit bei Ausfall einzelner LED)	=	Ja	<ul style="list-style-type: none"> Ausfall einzelner LED auf der Platine führen nicht zu dunklen Flecken auf der Straße
27	Leistungsreduzierung über Steuerader möglich	=	Ja	<ul style="list-style-type: none"> Eine Art der Dimmung zur Anpassung des Beleuchtungsniveaus z.B. von 23:00 Uhr – 04:00 Uhr
28	Leistungsreduzierung autark (ohne Steuerader) möglich	=	Ja	<ul style="list-style-type: none"> Eine Art der Dimmung zur Anpassung des Beleuchtungsniveaus z.B. von 23:00 Uhr – 04:00 Uhr
29	Treiber (Nachtabsenkung programmiert nach Vorgabe, RFID freigeschalten)	=	Ja	<ul style="list-style-type: none"> S. Punkt 28 RFID ermöglicht die Umprogrammierung der Leuchte bei anderen Beleuchtungsanforderungen vor Ort
30	Überspannungsschutz Treiber	=	Typ 3, 10kV nach EN 61643-11	<ul style="list-style-type: none"> Werterhalt bei Überspannungen im Netz
31	Schutzart	≥	IP 65	<ul style="list-style-type: none"> hohe Dichtheit gegen Eindringen Staub und Nässe
32	Schutzklasse	=	SK I	<ul style="list-style-type: none"> Hohe Sicherheit
33	Schlagfestigkeit	≥	IK08	<ul style="list-style-type: none"> Hohe Sicherheit bei Vandalismus, insbesondere bei kleinen Lichtpunkthöhen wichtig
34	Lebensdauer LED L80/B10 (Ta=25%)	≥	80.000 Stunden	<ul style="list-style-type: none"> Hohe Lebensdauer, entspricht ca. 20 Jahre Betriebsdauer bei den üblichen 4.000h im Jahr
35	Lichtstromkonstanthaltung (vgl. ggfls. Lichtstromrückgang)	=	nicht festgelegt (max. Lichtstromrückgang beachten)	<ul style="list-style-type: none"> LED verlieren an Lichtstrom über die Lebensdauer, das wird elektronisch kompensiert, d.h. kein Absinken des Beleuchtungsniveaus
36	Lichtstromrückgang am Ende Lebensdauer	≤	15%	<ul style="list-style-type: none"> Maßzahl für Begrenzung s. 35
37	Zertifizierung	=	VDE und/oder ENEC	<ul style="list-style-type: none"> Sicherheit Qualitätsanspruch
38	Sonstige Kriterien	=	LED-Modul austauschbar	<ul style="list-style-type: none"> Wartungsfreundlichkeit, geringerer Wartungsaufwand
39		=	LED-Treiber austauschbar	<ul style="list-style-type: none"> Wartungsfreundlichkeit, geringerer Wartungsaufwand

40	=	LED-Modul und LED-Treiber separat austauschbar	<ul style="list-style-type: none"> Wartungsfreundlichkeit, geringerer Wartungsaufwand
41	=	Möglichkeit zum Einsatz von Nema- und/oder Zhaga (SR) – Sockel	<ul style="list-style-type: none"> Zukunftsträchtig für IOT, Radar, Sensorik
42	=	Möglichkeit der Anbringung von Blendschutzrastern o.ä.	<ul style="list-style-type: none"> Anwohnerschutz bei fensternaher Anordnung der Leuchte

Danach wurde 6 namhafte Leuchtenfirmen mit der Bitte angeschrieben, sowohl für den Bereich:

- der technischen Beleuchtung
- der dekorativen Beleuchtung
- und der Kandelaberbeleuchtung

eine oder mehrere Leuchten anzubieten, die diese Anforderungen aus Sicht der Firmen am besten erfüllen bzw. übererfüllen.

Für die gewünschte lichttechnische Dimensionierung ist systemimmanent, dass bei dieser Vorgehensweise die Firmen dann versuchen unter Verwendung der der Leuchte mit der für den Einsatzzweck besten vorliegenden Lichtstärkeverteilung ein Mindestmaß an elektrischer Energie zur Erreichung der jeweiligen Beleuchtungsklasse einzusetzen. Diese dann dafür notwendige Leistung war dann ebenfalls anzugeben.

Zudem wurde auch eine Stückzahl von 250 Leuchten vorgegeben und dafür eine Preisindikation erbeten. Das komplette Anschreiben kann E.1 entnommen werden. 5 Leuchtenfirmen stellten sich dieser Aufgabe.

Die, in diesem Zusammenhang von den Firmen vorzulegenden Ergebnisse z.B. der lichttechnischen Berechnungen wurden nochmals von ILB geprüft (hier insbesondere auf „Mogeleien“ an der Beleuchtungsgeometrie bzw. dem Verminderungsfaktor).

C.1.3 Hinweise zu lichttechnischen Grundgrößen

Zum besseren Verständnis der im technischen Bereich (C.1.2) und bzgl. der Beleuchtungsklassen (C.2) genannten lichttechnischen Kennwerte, sollen im Folgenden auszugsweise einige der relevanten Größen erläutert werden.

Als Lichtstrom wird die „Lichtmenge“ bezeichnet, die von einem Leuchtmittel/Leuchte abgegeben wird. Hierbei ist unerheblich in welche Richtung das Licht abgestrahlt wird. Ein großer Lichtstrom bedeutet damit nicht automatisch ein gutes Beleuchtungsniveau auf der Straße (z. B. Leuchten, die einen Großteil des Lichtes nach oben abstrahlen).

Diesen Aspekt greift die Lichtstärke auf, die die Intensität darstellt mit der das vorhandene Licht (Lichtstrom) in eine bestimmte Richtung (z. B. Straße) abgestrahlt wird. Aus den Lichtstärkewerten in alle Richtungen generiert sich die Lichtstärkeverteilungskurve (LVK). Je besser eine LKV einer Leuchte auf den vorgesehenen Einsatzzweck ausgerichtet ist, desto effektiver verteilt den vorhandenen Lichtstrom auf die Bewertungsfläche (z. B. Straße). Daran wird deutlich, dass eine Leuchte mit geringem Lichtstrom und guter LVK ein besseres Beleuchtungsergebnis auf der Bewertungsfläche erzielen kann als eine Leuchte mit gleichem/höheren Lichtstrom und weniger guter Lichtstärkeverteilungskurve.

Die weiterhin abgebildeten Kenngrößen „Beleuchtungsstärke“ und „Leuchtdichte“ stellen Ergebnisse dar, die von Licht auf Bewertungsflächen erzeugt werden. Der wesentliche Unterschied der beiden Größen ist die Abhängigkeit von der Beschaffenheit der Bewertungsfläche. Die Beleuchtungsstärke gibt an, welche Lichtmenge in einem vorgegebenen Winkel (z.B. horizontal, vertikal) auf der Bewertungsfläche auftrifft, unabhängig davon wie diese Bewertungsfläche beschaffen ist. Die Leuchtdichte bezieht diese Beschaffenheit (z. B. Reflektionsgrad der Straße) mit ein, indem nicht das auf der Bewertungsfläche auftreffende Licht, sondern das von der Bewertungsfläche reflektierte Licht bewertet wird. Gut nachvollziehbar ist dies an einer weißen und schwarzen Bewertungsfläche, die vom auftreffenden Licht unterschiedlich viel Licht reflektieren – die weiße Bewertungsfläche wirkt bei gleicher Beleuchtungsstärke heller als die schwarze (Ausdruck dessen ist die Leuchtdichte). Zudem spielen hier die Richtung aus der das Licht auf der Bewertungsfläche auftrifft und in welche Richtung es reflektiert wird eine Rolle. Die Leuchtdichte ist damit von vielen Faktoren der Bewertungsfläche abhängig, deren exakten Ausprägungen im praktischen Einsatz jedoch oft nur bedingt für die Bewertungsfläche bekannt sind. Im Rahmen der Bewertung von Beleuchtungssituationen kommt deswegen häufig die Beleuchtungsstärke zum Einsatz.

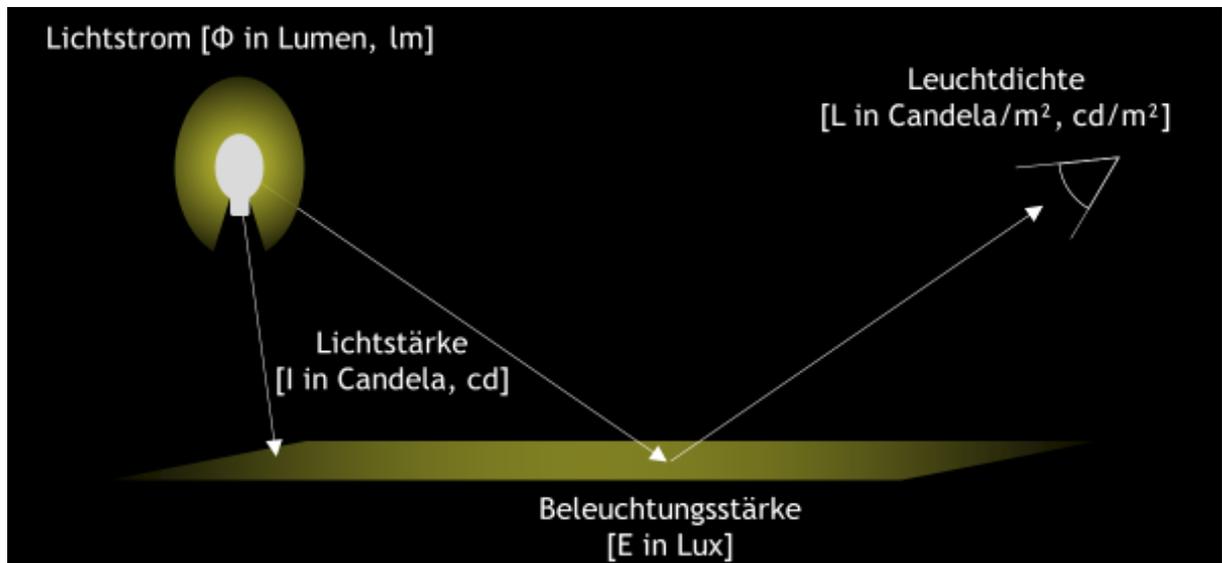


Abbildung 1: Erläuterung der lichttechnischen Grundgrößen

C.1.4 Hinweise zu Bewertung von Messflächen

Die Bewertung von Messflächen (z. B. Straßen) erfolgt i. d. R. durch Erhebung oder Berechnung von Beleuchtungsstärke- oder Leuchtdichtewerten, die sich an bestimmten Punkten der Messfläche ergeben. Hierzu kommen vorgegebenen Messraster zum Einsatz. Anhand dieser Werte werden die minimalen und die mittleren (durchschnittlichen) Messwerte ermittelt und für die Aussage über ein hohes oder niedriges Beleuchtungsniveau herangezogen. Entsprechende Vorgaben und Zielgrößen können einschlägigen Normen (z. B. DIN EN 13201 für Straßenbeleuchtung) entnommen werden.

Eine weitere wichtige Kenngröße für die Qualität des Beleuchtungsniveaus ist die Gleichmäßigkeit. Diese kann für Beleuchtungsstärken und Leuchtdichten ermittelt werden und stellt das Verhältnis zwischen den minimalen und mittleren oder zwischen den minimalen und maximalen Messwerten dar. Beispielhaft sei dies an nachfolgender Darstellung anhand der Gleichmäßigkeit „U₀“ (minimale/mittlere Beleuchtungsstärke) dargestellt. Anhand der Beispiele A-C wird die Einhaltung der Zielgrößen zur mittleren und minimalen Beleuchtungsstärke dargestellt, die z. B. in Normen zu finden sind. In den Beispielen A und B werden die Zielgrößen jeweils erreicht, wobei im Beispiel B jedoch ein stark unterschiedliches Beleuchtungsniveau auf der Bewertungsfläche vorherrscht. Durch

die hellen und dunklen Bereiche sind nachteilige Wirkungen (z. B. bei der Erkennung von Hindernissen) möglich. Beispiel C hingegen unterschreitet die Zielgrößen zwar geringfügig, ist bei näherer Betrachtung jedoch deutlich gleichmäßiger als Beispiel B und weist keine gravierenden Hell-/Dunkelzonen auf. Damit kann Beispiel C trotz geringerer Beleuchtungsstärken als vorteilhafter als Beispiel B abgesehen werden.

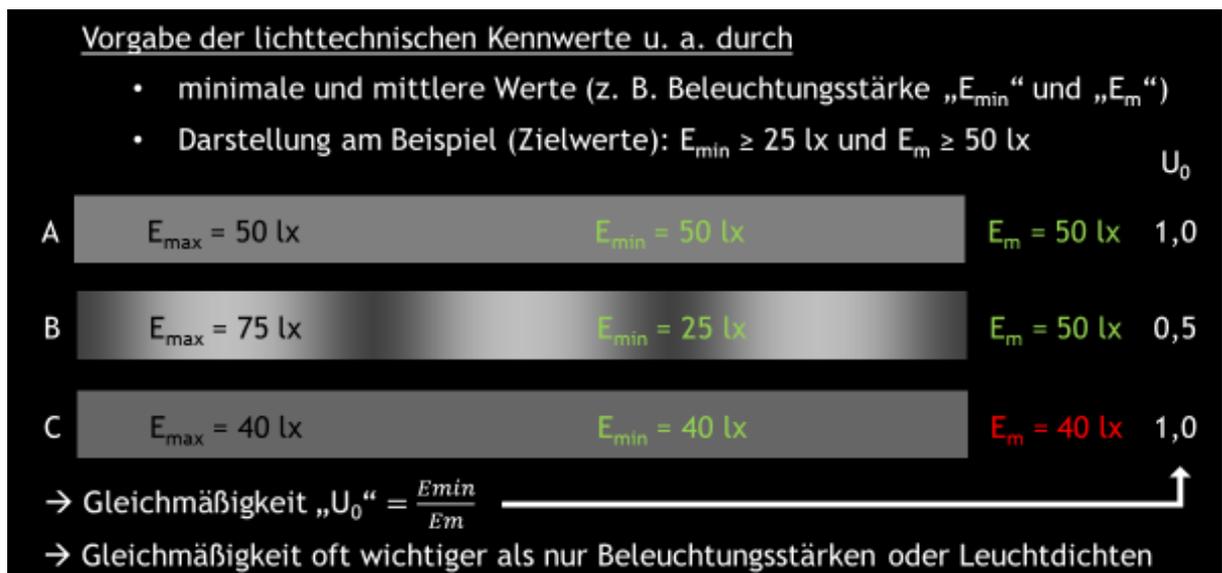


Abbildung 2: Erläuterung Beleuchtungsstärke und Gleichmäßigkeit

C.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse (technische Eigenschaften und Preise [Stand 03/21]) sind in E.2- E.6, unterschieden nach Beleuchtungsniveau und Kategorie der Beleuchtung (technisch/dekorativ/Kandelaber), vergleichend gegenübergestellt. Dabei wurden Abweichungen / Auffälligkeiten wie folgt gekennzeichnet:¹

- grün = Eigenschaften lt. Vorgabe oder besser
- gelb = leichte Abweichungen von der Vorgabe
- rot = eher nicht zu akzeptierende Abweichung von den Vorgaben

¹ Auf die Korrektur der Rechtschreibung der Firmen wurde zur Wahrung des „Gesamtbildes“ verzichtet.

Ergänzend für eine nicht übertriebene Wertung der benötigten Leistung sei hier angefügt, dass die Kosten „1 Watt Straßenbeleuchtung“ etwa einem 1 €/Jahr entsprechen.² Die vollständigen lichttechnischen Berechnungen sind der Anlage E.7 - E.11 zu entnehmen.

C.2.1 Ergebnisse für Beleuchtungsklasse C₃ – Technische Leuchten

Diese (höchste hier vorgegebene) Beleuchtungsklasse ist durch folgende vorgegebene minimale lichttechnische Eigenschaften determiniert:

$$E_m = 15 \text{ lx}$$

$$E_{\min}/E_m = U_0 = 0,4$$

Im Ergebnis ist festzustellen, dass die Leuchte TECEO Gen2 1 der Fa. Schreder wohl die Leuchte der Wahl für diesen Anwendungsfall ist, was insbesondere auf den Grundpreis und auf den Verzicht von „Aufpreisen“ für die verlängerte Gewährleistung und den Sockel für die zukünftig evtl. „smarte Stadt“ zurückzuführen ist.

C.2.2 Ergebnisse für Beleuchtungsklasse C₄ - Technische Leuchten

Diese Beleuchtungsklasse ist durch folgende vorgegebene minimale lichttechnische Eigenschaften determiniert:

$$E_m = 10 \text{ lx}$$

$$E_{\min}/E_m = U_0 = 0,4$$

Im Ergebnis ist festzustellen, dass die Leuchte „SL21“ des Herstellers Siteco den geringsten Grundpreis aufweist. Dennoch ist die Leuchte TECEO Gen2 1 der Fa. Schreder wohl für diesen Anwendungsfall die Leuchte der Wahl, was auf den Grundpreis, auf den Verzicht von „Aufpreisen“ für die verlängerte Gewährleistung und den Sockel für die zukünftig evtl. „smarte Stadt“ sowie insbesondere auf Standardisierungsgedanken (Beleuchtungsklasse C₃ und C₅ ebenfalls Leuchte „Teceo“) zurückzuführen ist.

² Insofern macht die Nachkommabetrachtung von Wattzahlen keinen wirklichen Sinn.

C.2.3 Ergebnisse für Beleuchtungsklasse C₅ - Technische Leuchten

Diese Beleuchtungsklasse ist durch folgende vorgegebene minimale lichttechnische Eigenschaften determiniert:

$$E_m = 7,5 \text{ lx}$$

$$E_{\min}/E_m = U_0 = 0,4$$

Im Ergebnis ist festzustellen, dass die Leuchte TECEO S der Fa. Schreder wohl für diesen Anwendungsfall der Leuchte der Wahl ist, was insbesondere auf den Grundpreis und auf den Verzicht von „Aufpreisen“ für die verlängerte Gewährleistung und der Sockel für die zukünftig evtl. „smarte Stadt“ zurückzuführen ist.

C.2.4 Ergebnisse für Beleuchtungsklasse C₅ – Dekorative Leuchten

Diese Beleuchtungsklasse ist durch folgende vorgegebene minimale lichttechnische Eigenschaften determiniert:

$$E_m = 7,5 \text{ lx}$$

$$E_{\min}/E_m = U_0 = 0,4$$

ILB möchte hier keine Empfehlung aussprechen, da dieser Kategorie eher ästhetisch geprägt ist. Wir verweisen jedoch auf die nicht unerheblichen Preisunterschiede einzelner Leuchten in E.5.

C.2.5 Ergebnisse für Beleuchtungsklasse P₅ – Kandelaber

Diese Beleuchtungsklasse ist durch folgende vorgegebene minimale lichttechnische Eigenschaften determiniert:

$$E_m = 3 \text{ lx}$$

$$E_{\min} = 0,6 \text{ lx}$$

Wie der E.6 zu entnehmen ist, haben sich in dieser Kategorie nur 3 Firmen entsprechende Leuchten angeboten, wobei die angebotene Leuchte der Fa. Signify zumindest aus ILB Verständnis kein Kandelaber ist.

D FAZIT

ILB hofft mit dieser sehr komprimierten Darstellung der Stadt Mayen eine Entscheidungshilfe gegeben zu haben. Weitere Information und alle von den Firmen bereit gestellten Informationen einschließlich bildlichen Darstellungen können E.12 (CD) entnommen werden.

ILB Dr. Rönitzsch GmbH

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'A. Rönitzsch'.

Freital, den 01.09.2021 11:46

E ANLAGEN

E.1 Schreiben an die Leuchtenfirmen

E.2 Vergleichende Gegenüberstellung der Leuchten für die Beleuchtungsklasse
C₃ (technisch)

E.3 Vergleichende Gegenüberstellung der Leuchten für die Beleuchtungsklasse C₄ (technisch)

E.4 Vergleichende Gegenüberstellung der Leuchten für die Beleuchtungsklasse C5 (technisch)

E.5 Vergleichende Gegenüberstellung der Leuchten für die Beleuchtungsklasse
C5 (dekorativ)

E.6 Vergleichende Gegenüberstellung der Leuchten für die Beleuchtungsklasse P₅ (Kandelaber)

E.7 Dokumentation der lichttechnischen Berechnungen der Firma Schreder

E.8 Dokumentation der lichttechnischen Berechnungen der Firma Signify

E.9 Dokumentation der lichttechnischen Berechnungen der Firma Trilux

E.10 Dokumentation der lichttechnischen Berechnungen der Firma AEC

E.11 Dokumentation der lichttechnischen Berechnungen der Firma Siteco

E.12 CD mit übersandten Daten der Hersteller (Datenblätter, Bilder)