

# Straßen-, Radweg-, Gehweg- sowie Parkplatzbeleuchtung

Positionspapier der Tiroler Umweltschutzanwaltschaft · TEIL 2 · März 2021 · 8 Seiten

Bei Straßen-, Radweg-, Gehweg- und Parkplatzbeleuchtung handelt es sich um *sicherheitstechnischen Zwecken dienende Beleuchtung*. Sie dient der Orientierung, optischen Führung und sicheren Bewegung. Verkehrsteilnehmer wie Fußgänger und Radfahrer sollen sichtbar gemacht und Unfälle verhindert werden. Zudem bieten beleuchtete Arbeits- und Erholungswege Bürgern ein Sicherheitsempfinden in den Dunkelzeiträumen.

Um allenfalls notwendige Anpassungen an den Stand der Technik zu ermöglichen, ist im Zuge der naturschutzrechtlichen Genehmigung eine Befristung für den Betrieb von Beleuchtungsanlagen vorzusehen.<sup>1</sup> So können ordnungsgemäß umgesetzte Anlagen für die Beleuchtung von Straßen, Radwegen, Gehwegen sowie Parkplätzen auf 15 Jahre befristet bewilligt werden.

## Fragmentierende Wirkung

Siedlungs- und Verkehrsentwicklung formen und prägen unseren Lebensraum. Indem ihr Habitat verkleinert oder zerschnitten wird, sind auch Tiere und Pflanzen betroffen. Die Erhaltung der Arten ist von intakten Lebensräumen und ungestörten Interaktionen abhängig. Werden immer mehr Straßen und Wege am Siedlungsrand und außerhalb beleuchtet, so formen diese ein Netz aus Lichtbarrieren. **Die Lichtemission verschärft dabei den landschaftsökologisch ohnehin gegebenen, fragmentierenden Charakter von Verkehrswegen bzw. Siedlungs- und Gewerbegebietserweiterungen.**

Lichtscheue Arten meiden aufgehellte Bereiche und anlockungsempfindliche Arten hängen in ihnen fest. Der Bewegungsradius der Individuen wird eingeschränkt, eine entscheidende Hürde für Verbreitungs- und Migrationsbewegung ist gegeben, der Populationsaustausch zwischen Habitaten wird beeinträchtigt.<sup>2</sup> Besonders ins Gewicht fällt die künstliche Beeinflussung der Nacht, wenn artenreiche Übergangsbiotope wie Wald- und Gewässerränder betroffen sind oder biotopverbindende Lebensräume wie bspw. Hecken.

Für den verantwortungsvollen Umgang mit Kunstlicht sind folgende Kriterien bedeutend:

## **Gewusst WO – Erhalt zusammenhängender Dunkelgebiete, standortgerecht beleuchten!**

---

- ⇒ Beleuchtung möglichst nur innerhalb geschlossener Ortschaften und nur außerhalb von Schutzgebieten.
- ⇒ Kritisch ist die Beleuchtung von Freiland umgebenen Straßen, Wegen und Parkplätzen, die Beleuchtung im durchgrüntem Siedlungsbereich, am Siedlungsrand sowie in Gewässernähe, Parks und Gärten innerorts. In diesen Bereichen verträglich beleuchten – *Gewusst WANN* und *WIE*.
- ⇒ Beleuchtung an landschaftlich exponierten Standorten vermeiden.<sup>3</sup>
- ⇒ Beleuchtung von Einzelbäumen und Gehölzgruppen vermeiden.
- ⇒ Bereiche sensibler, geschützter Lebensräume, welche an Verkehrsflächen angrenzen, dürfen durch künstliche Beleuchtung um max. 0,25 lx<sup>4</sup> aufgehellt werden.

### **Normen zur Planung von Straßen-, Radweg-, Gehweg- sowie Parkplatz-Beleuchtungsanlagen**

Generell sind Normen rechtlich nicht bindende Empfehlungen. Die Normenreihe ÖNORM EN 13201 Teil 2-5<sup>5</sup> regelt die Beleuchtung auf öffentlichen Verkehrsflächen im Freien in allen EU-Staaten.

Die ÖNORM O 1055<sup>6</sup> definiert die erforderliche Beleuchtungsklasse (M-, C- oder P-Klasse<sup>7</sup>). Mit Hilfe bestimmter Kriterien (Geschwindigkeit, Verkehrsmenge und -zusammensetzung, Leuchtdichte der Umgebung etc.) werden diese Klassen weiter unterteilt. Die Beleuchtungsklasse und damit die visuellen Bedürfnisse und situativen Erfordernisse können zu verschiedenen Nacht- und Jahreszeiten variieren. Geregelt wird daher auch ein entsprechender Absenkbetrieb während der verkehrsarmen Zeit.

Die Güteigenschaften der jeweiligen Beleuchtungsklasse (Mindestbeleuchtungsniveau, Gleichmäßigkeit, Blendungsbegrenzung etc.) sind in der ÖNORM EN 13201-2<sup>8</sup> zu finden.

**Der ÖNORM EN 13201-5<sup>9</sup> ist u.a. zu entnehmen, dass notwendige Beleuchtungsstärken nur in der erforderlichen Zeit zur Verfügung stehen müssen. Überbeleuchtung sollte auf das technisch mögliche Minimum reduziert werden.**

Die ÖNORM O 1051<sup>10</sup> ist im Bereich von Konfliktzonen wie Schutzwegen, Radfahrerüberfahrten, Kreisverkehren, Parkplätzen etc. zu beachten.

Straßen-, Radweg-, Gehweg sowie Parkplatzbeleuchtung wird in der ÖNORM O 1052<sup>11</sup> nicht geregelt, da es sich um *sicherheitstechnischen Zwecken dienende Beleuchtung* handelt. Im informativen Anhang dieser Norm finden sich jedoch Grenzwerte hinsichtlich der zulässigen Wohnraumaufhellung durch Verkehrsbeleuchtung und Maßnahmen zur Verringerung der Störwirkung auf die Umwelt.

## Gewusst WANN – Beleuchtung jahres- und tageszeitlich eingrenzen, bedarfsgerecht beleuchten!

---

- ⇒ Dämmerungssensoren als Teil des Beleuchtungssystems vorsehen.
- ⇒ Je nach Zweck des Verkehrsweges und den Rahmenbedingungen besonders im Freiland, durchgrünten Siedlungsbereich, am Siedlungsrand sowie in Gewässernähe, Parks und Gärten innerorts:
  - Nachtabstaltung** z.B. von 00:00-05:00 Uhr bei Verkehrswegen mit max. 30 km/h.<sup>12</sup>
  - Betrieb der **Beleuchtung mit der Geschäftsöffnungszeit koppeln** – relevant für Geschäftsparkplätze, Gewerbegebietszufahrten und ähnliche Anlagen.
  - Sensorgesteuerte Beleuchtung** ermöglicht die Erkennung von Verkehrsteilnehmern und stellt im Bedarfsfall auf das notwendige Beleuchtungsniveau um.<sup>13</sup>
  - Stufenweiser Absenkbetrieb** in zu definierenden Zeiträumen.<sup>14</sup>

### Bedarfsgerechte Beleuchtung und damit im Zusammenhang stehende rechtliche Fragen

Straßen-, Radweg-, Gehweg und Parkplatzbeleuchtung wird üblicherweise ganzjährig betrieben. Dämmerungssensoren sorgen dafür, dass Anlagen erst ab einer gewissen Umgebungshelligkeit in Betrieb gehen und damit für jahreszeitlich dynamische Ein- und Ausschaltzeiten.

Während der Dunkelstunden ist Beleuchtung nicht immer erforderlich bzw. nicht immer in der vollen Intensität. **Mit Nachtabstaltung, sensorgesteuerter Beleuchtung und stufenweisem Absenkbetrieb können Lichtverschmutzung<sup>15</sup> und Energieverbrauch minimiert werden.** Zunehmende Kriminalität durch Komplett- oder Nachtabstaltung kann nicht bestätigt werden.<sup>16</sup>

**In Österreich ist weder die Verpflichtung zur Beleuchtung gegeben, noch die Abschaltung der Straßenbeleuchtung explizit geregelt.** So ist es in einigen Gemeinden gängige Praxis, die öffentliche Beleuchtung während der zweiten Nachthälfte außer Betrieb zu nehmen.<sup>17</sup>

Nachtabstaltung ist auf Verkehrsflächen mit nachgewiesenermaßen äußerst geringem Verkehrsaufkommen zu verantworten. Eine stündliche Kfz-Verkehrsmenge im Straßenschnitt von unter 20 wird gemäß ÖNORM O 1055<sup>6</sup> auf üblichen Gemeindestraßen als *geringes* Verkehrsaufkommen eingestuft. Fahren im Zeitraum von 00:00-05:00 Uhr weniger als 5 Kfz pro Stunde, so kann dies als *äußerst geringes* Verkehrsaufkommen bewertet werden.

Bedeutend für Straßen mit Nachtabstaltung ist die zugelassene Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h. Die Fahrzeug-Scheinwerfer sollen ausreichen, um bei Gefahrensituationen das Kfz sicher anzuhalten. Basierend auf dem Anhalteweg bedeutet das bei Abblendlicht eine max. Geschwindigkeit von 30 km/h.<sup>18</sup>

Straßenbeleuchtung dient v.a. Fußgängern, die dadurch von Kfz-Lenkern rechtzeitig erkannt werden können. Wenn in der zweiten Nachthälfte praktisch kein Fußgängeranteil auf der Verkehrsfläche vorhanden ist, so wäre ein weiteres Argument für die Abschaltung gefunden.

Schließlich ist der Nachtabschaltung eine gewisse gesellschaftliche Akzeptanz vorauszusetzen. Objektive Informationsarbeit im Vorfeld darf dabei nicht zu kurz kommen.

Als Straßenhalter ist es sinnvoll, eine Beschreibung der jeweiligen Situation sowie eine nachvollziehbare Begründung für die Nachtabschaltung vorlegen zu können.

Die äußeren Umstände bei Schutzwegen, Radfahrerüberfahrten, Kreisverkehren etc. erfordern häufig eine Beleuchtung während der gesamten Dunkelzeit. Ein Absenkbetrieb ist auch hier möglich.<sup>10</sup>

### Gewusst WIE – Gute Fachliche Praxis!

- ⇒ Gezielte Beleuchtung: Einsatz von Leuchten mit asymmetrischer Lichtverteilung, Lichtaustrittsfläche horizontal, ULR 0 %, <sup>19</sup> max. Lichtstärke in einem Winkel kleiner 70° zur Normalen der Lichtaustrittsfläche.
- ⇒ Lichtpunkthöhe reduzieren zur Eindämmung der Fernwirkung: Max. 6 m, reine Gehwege bspw. in Hotelanlagen mit Pollerleuchten ausstatten.<sup>20</sup>
- ⇒ Straßen-, Radweg- und Gehwegbeleuchtung am Hang: Leuchten talseitig situieren.
- ⇒ Parkplatzbeleuchtung: Leuchten möglichst am Rand des Platzes anordnen, Beleuchtung von außen nach innen.<sup>10</sup>
- ⇒ CLO-Betriebsgeräte als Teil des Beleuchtungssystems vorsehen – zur Reduktion des Lichtstroms der Lichtquelle auf das erforderliche Niveau.<sup>21</sup>
- ⇒ Wahl der niedrigsten Beleuchtungsklasse, welche gemäß ÖNORM O 1055<sup>6</sup> und ÖNORM EN 13201-2<sup>8</sup> den Rahmenbedingungen und Sehanforderungen entspricht, Überbeleuchtung jedenfalls vermeiden.

#### Bsp. Straßen

<b>Geschwindigkeit</b>	40-70 km/h	<b>Abstand zwischen Verkehrsknoten oder Kreuzungsdichte</b>	normal	<b>Beleuchtungsklasse</b> → M6: 0,3 cd/m <sup>2</sup> Mindestwert der mittleren Fahrbahnleuchtdichte bei trockenen Bedingungen.
<b>Verkehrsmenge</b>	mittel (durchschnittlich 2000-7000 Fahrzeuge pro Tag)	<b>Parkende Fahrzeuge</b>	zulässig	
<b>Art des Verkehrs</b>	hauptsächlich motorisiert, jedoch gemischt	<b>Leuchtdichte der Umgebung</b>	gering	
<b>Fahrbahn</b>	Trennung der Richtungsfahrbahnen	<b>Fahraufgabe</b>	einfach	

Bei M-Klassen ist ein heller Straßenbelag umwelt- und energietechnisch vorteilhaft. Da mehr Licht reflektiert wird, die Oberfläche heller erscheint und vergleichsweise ein höherer Leuchtdichtewert erzielt wird, ist eine geringere installierte Lichtleistung für das Erreichen des Beleuchtungsniveaus erforderlich.



<b>Höchst-geschwindigkeit</b>	40 km/h (aus Sicherheitsgründen 30 km/h)	<b>Parkende Fahrzeuge</b>	zulässig	<b>Beleuchtungsklasse</b> → P4: 5 lx Mindestwert der mittleren horizontalen Beleuchtungsstärke auf der Verkehrsfläche.
<b>Verkehrsaufkommen</b>	ruhig	<b>Leuchtdichte der Umgebung</b>	gering	
<b>Art des Verkehrs</b>	gemischt (hauptsächlich Fußgänger, Radfahrer, auch motorisierter Verkehr)			

Bsp. Radwege

<b>Höchst-geschwindigkeit</b>	40 km/h	<b>Parkende Fahrzeuge</b>	nicht zulässig	<b>Beleuchtungsklasse</b> → P6: 2 lx Mindestwert der mittleren horizontalen Beleuchtungsstärke auf der Verkehrsfläche.
<b>Verkehrsaufkommen</b>	normal	<b>Leuchtdichte der Umgebung</b>	gering	
<b>Art des Verkehrs</b>	nur Radfahrer			

<b>Höchst-geschwindigkeit</b>	40 km/h	<b>Parkende Fahrzeuge</b>	nicht zulässig	<b>Beleuchtungsklasse</b> → P5: 3 lx Mindestwert der mittleren horizontalen Beleuchtungsstärke auf der Verkehrsfläche.
<b>Verkehrsaufkommen</b>	normal	<b>Leuchtdichte der Umgebung</b>	gering	
<b>Art des Verkehrs</b>	Radfahrer und Fußgänger			

Bsp. Gehweg

<b>Höchst-geschwindigkeit</b>	5 km/h	<b>Parkende Fahrzeuge</b>	nicht zulässig	<b>Beleuchtungsklasse</b> → P6: 2 lx Mindestwert der mittleren horizontalen Beleuchtungsstärke auf der Verkehrsfläche.
<b>Verkehrsaufkommen</b>	belebt	<b>Leuchtdichte der Umgebung</b>	gering	
<b>Art des Verkehrs</b>	nur Fußgänger			

Bsp. Parkplatz

<b>Höchst-geschwindigkeit</b>	40 km/h (aus Sicherheitsgründen 30 km/h)	<b>Parkende Fahrzeuge</b>	zulässig	<b>Beleuchtungsklasse</b> → P2: 10 lx Mindestwert der mittleren horizontalen Beleuchtungsstärke auf der Verkehrsfläche. Ein- und Ausfahrtsbereiche sind gemäß ÖNORM O 1051 <sup>10</sup> zu beleuchten.
<b>Verkehrsaufkommen</b>	normal	<b>Leuchtdichte der Umgebung</b>	mittel	
<b>Art des Verkehrs</b>	Fußgänger, Radfahrer und motorisierter Verkehr			

Die o.g. Werte verstehen sich als Richtwerte, ein detaillierter Blick in die einschlägigen Normen wird empfohlen. Beispielhafte Berechnungen zu den Klassen inkl. Absenkbetrieb befinden sich auch im Kapitel „Beleuchtung von öffentlichen Verkehrsflächen und Wegen in Parkanlagen“ im Österreichischen Leitfaden Außenbeleuchtung.<sup>17</sup>

- ⇒ Kurzwelligen Strahlungsanteil vermeiden, keine UV- und IR-Strahlung – es eignen sich warmweiße LEDs mit einer Farbtemperatur von max. 3000 Kelvin.
- ⇒ Geschlossenes Gehäuse, Schutzart des Leuchtkörpers min. IP 65.<sup>22</sup>
- ⇒ Langlebige, einfach austauschbare Komponenten.
- ⇒ Ordnungsgemäße Installation und Wartung.
- ⇒ Eine gesamtkonzeptionelle und individuelle Planung ist bedeutend für eine normgerechte, verträgliche Beleuchtung von Straßen, Wegen und Parkplätzen.
- ⇒ Öffentliche Beleuchtung: Entscheidungs- und Planungskriterien sind transparent zu gestalten und öffentlich zur Verfügung zu stellen.<sup>23</sup>
- ⇒ Um Störungen zu vermeiden, sind Anrainer bzw. Nachbarn zu informieren sowie bestenfalls partizipativ in den Planungsprozess einzubeziehen.
- ⇒ Lichttechnische Messung und Überprüfung der Anlage durch eine qualifizierte Fachfirma nach der Umsetzung.
- ⇒ Zum Zweck der Nachvollziehbarkeit ist eine Anlagendokumentation zu führen, in welcher die Betriebszeiten, Einstellungen, Wartungen sowie etwaige Beschwerden vermerkt sind.

### Blendung

Aus dem Österreichischen Leitfaden Außenbeleuchtung<sup>17</sup> geht hervor, dass Straßenbeleuchtungsanlagen, die zu Blendungen führen, nachteilig gegenüber unbeleuchteten Verkehrsflächen sind. Blendende Straßenleuchten sind kontraproduktiv.

**Um Blendung zu vermeiden helfen u.a. reduzierte Lichtintensitäten, schwache Hell-Dunkel-Kontraste und warmweiße Farbtemperaturen.** Die physiologische und psychologische Blendung für die Verkehrsteilnehmer wird durch die in der ÖNORM EN 13201-2<sup>8</sup> angegebenen Grenzwerte limitiert.

**Danke an Hrn. Rudolf Hornischer und Hrn. Franz Luisi von der Lichttechnischen Gesellschaft Österreichs (LTG) für die Beiträge zur Optimierung dieses Positionspapiers!**

<sup>1</sup> Gemäß § 29 Abs. 5 Tiroler Naturschutzgesetz 2005.

<sup>2</sup> Degen T, Mitesser O, Perkin EK, Weiß NS, Oehlert M et al. (2016) Street lighting: sex-independent impacts on moth movement. *Journal of Animal Ecology* 85(5):1352-1360.

Hahn M, Brühl CA (2016) The secret pollinators: an overview of moth pollination with a focus on Europe and North America. *Arthropod-Plant Interactions* 10:21-28.

<sup>3</sup> Eine Leuchte auf einem 50 m hohen Hügel lockte im Schnitt 3-5 Mal so viele Falter-Individuen wie eine Leuchte auf einem weniger exponierten Standort.

Quelle: Malicky H (1974) Der Einfluss des Standortes einer Lichtfalle auf das Anflugergebnis der Noctuidae (Lepidoptera). *FoL Ent Hung Suppl* 27:113-127.

<sup>4</sup> Max. horizontale und vertikale Beleuchtungsstärkeänderung hervorgerufen durch künstliche Beleuchtung, 0,25 lx entsprechen ungefähr der Vollmondhelligkeit. Vgl. ÖNORM O 1052, dort max. Aufhellung für Uferbereiche naturnaher Gewässer.

<sup>5</sup> ÖNORM EN 13201 Teil 2-5 (Teil 2 Gütemerkmale, Teil 3 Berechnung der Gütemerkmale, Teil 4 Methoden zur Messung der Gütemerkmale von Straßenbeleuchtungsanlagen, Teil 5 Energieeffizienzindikatoren).

<sup>6</sup> ÖNORM O 1055 Straßenbeleuchtung – Auswahl der Beleuchtungsklassen – Regeln zur Umsetzung des CEN/TR 13201-1 (2017-09-15).

<sup>7</sup> So sind M-Beleuchtungsklassen für hauptsächlich motorisierten, aber auch gemischten Verkehr gedacht. Die Mindestwerte der mittleren Fahrbahnleuchtdichte bei trockener Straßenoberfläche betragen  $0,3 \text{ cd/m}^2$  (M6) bis  $2 \text{ cd/m}^2$  (M1). Zu einer Straße gehören neben der Fahrbahn für den motorisierten Verkehr u.U. auch parallel geführte Verkehrsflächen wie bspw. Rad- und Gehwege.

C-Klassen sind dort anzuwenden, wo durch geringe Sichtweiten und andere Faktoren die Anwendung der Beleuchtungsklasse M nicht möglich ist. Konfliktzonen, wie z.B. Kreisverkehre, fallen auch in diese Kategorie. Die Mindestwerte der mittleren horizontalen Beleuchtungsstärke auf der Verkehrsfläche betragen  $7,5 \text{ lx}$  (C5) bis  $50 \text{ lx}$  (C0).

Beleuchtungsklassen P sind für Verkehrsflächen, die hauptsächlich von Fußgängern und Radfahrern genutzt werden. Sie sind für Anwohnerstraßen, Parkplätze, Fußgängerzonen etc. relevant. Die Mindestwerte der mittleren horizontalen Beleuchtungsstärke auf der Verkehrsfläche betragen  $2 \text{ lx}$  (P6) bis  $15 \text{ lx}$  (P1).

<sup>8</sup> ÖNORM EN 13201-2 Straßenbeleuchtung – Teil 2: Gütemerkmale (2016-05-15).

<sup>9</sup> ÖNORM EN 13201-5 Straßenbeleuchtung – Teil 5: Energieeffizienzindikatoren (2016-05-15).

<sup>10</sup> Siehe ÖNORM O 1051 Straßenbeleuchtung – Beleuchtung von Konfliktzonen (2019-08-01).

<sup>11</sup> ÖNORM O 1052 Lichtimmissionen – Messung und Beurteilung (2016-06-01).

<sup>12</sup> Das Abschalten bspw. jeder zweiten Leuchte ist lt. den gültigen lichttechnischen Normen nicht zulässig.

<sup>13</sup> Bei sensorgesteuerter Beleuchtung ist nach ÖNORM O 1055 während der gesamten Dunkelstunden ein Mindestbeleuchtungsniveau aufrechtzuerhalten. Die durchschnittlichen Mindestwerte haben  $0,15 \text{ cd/m}^2$  bei M-Beleuchtungsklassen und  $1 \text{ lx}$  bei P-Klassen zu betragen.

Begründet wird dies bei Anrainerstraßen damit, das subjektive Sicherheitsgefühl aufrecht zu halten. Ein weiteres Beispiel für den Zweck des Mindestbeleuchtungsniveaus sind Übergangsbereiche von beleuchteten Straßen zu bspw. unbeleuchteten Radwegen. Durch mangelnde Adaptation kann der Radfahrer, welcher in den Radweg einfährt, wesentliche Gefahrenhinweise übersehen. Eine Lösung, die einerseits den Radfahrer in seiner Sehleistung unterstützt und andererseits Lichtverschmutzung reduziert, wäre das Aufrechterhalten des Mindestbeleuchtungsniveaus der ersten Leuchten und das Einschalten der folgenden Leuchten mittels Sensorsteuerung.

<sup>14</sup> ÖNORM O 1055 gemäße Absenkung in zu definierenden Zeiträumen abhängig von der stündlichen Verkehrsmenge, eine Absenkung um max. drei Klassen ist gegebenenfalls möglich.

<sup>15</sup> Im Bereich von beleuchteten Straßen wurden eine geringere Aktivität von Nachtfaltern in Bodenhöhe, ein Rückgang der pollentragenden Falter sowie eine verringerte Artenvielfalt beobachtet. Dies hatte negative Auswirkungen auf die Bestäubung. Wenn die Abschaltung um Mitternacht erfolgte, kam es zu einer vollständigen Effektkompensation – die Pflanzen wurden in der zweiten Nachthälfte von Nachtinsekten besucht und bestäubt.

Quelle: Macgregor CJ, Pocock MJO, Fox R, Evans DM (2019) Effects of street lighting technologies on the success and quality of pollination in a nocturnally pollinated plant. *Ecosphere* 10(1):e02550.

<sup>16</sup> Steinbach R, Perkins C, Tompson L, Johnson S, Armstrong B et al. (2015) The effect of reduced street lighting on road casualties and crime in England and Wales: controlled interrupted time series analysis. *J Epidemiol Community Health* 69(11):1118-1124.

<sup>17</sup> Bierbaum H, Donat M, Doppler W, Juhasz P, Heilig P et al. (2018) Österreichischer Leitfaden Außenbeleuchtung – Licht, das mehr nützt als stört. Ämter der Österreichischen Bundesländer und Magistrat der Stadt Wien (Hrsg).

---

<sup>18</sup> Reflektoren an Lichtmasten sowie weiteren Objekten am Fahrbahnrand können dafür sorgen, dass Fahrzeuge mit Scheinwerfern bei unbeleuchteten Verhältnissen diese als Hindernisse wahrnehmen.

<sup>19</sup> ULR (Upward Light Ratio) ist der prozentuelle Anteil des aus einer bestehenden Lichtanlage oberhalb der Horizontalen abgestrahlten Lichtstroms im Verhältnis zum gesamten aus dieser Anlage stammenden Lichtstrom.

<sup>20</sup> Verglichen mit einer 2,5 m hohen Leuchte wurde an einer 5 m Höhe hohen Leuchte die durchschnittlich 1,5-fache Anflugmenge an Nachtinsekten festgestellt.

Quelle: Bauer R (1993) Untersuchung zur Anlockung von nachtaktiven Insekten durch Beleuchtungseinrichtungen. Dipl Arb FB Biologie der Univ Konstanz.

<sup>21</sup> Betriebsgeräte für LED-Leuchtmittel mit CLO (Constant Lumen Output) dienen dazu, dem alterungsbedingten Lichtstromabfall des Systems entgegen zu wirken sowie die in der Norm festgehaltenen Wartungswerte nicht zu über- oder unterschreiten. Formel: Wartungswert = Neuwert mittels CLO über Nutzbrenndauer. Da der erforderliche Lichtstrom der Leuchte über die Lebensdauer konstant gehalten werden kann, tragen CLO-Betriebsgeräte wesentlich zur Verringerung der Lichtverschmutzung bei und reduzieren den Energieverbrauch.

Bsp. Parkplatz mit der Beleuchtungsklasse P1 (15 lx Mindestwert der mittleren horizontalen Beleuchtungsstärke auf der Verkehrsfläche): Ohne CLO-Betrieb würde die Beleuchtungsstärke zu Beginn 19 lx betragen. Formel: Wartungswert (15 lx) = Neuwert (19 lx) x Wartungsfaktor (z.B. 0,79 – Herstellerangabe).

<sup>22</sup> Bei der IP-Schutzart beschreibt die erste Ziffer den Schutz gegen Fremdkörper und Berührung, die zweite Ziffer den Schutz gegen Wasser. Je höher die einzelne Ziffer desto „geschlossener“ ist der Leuchtkörper gegen Fremdkörper oder Wasser. IP 65 bedeutet Staubdichtheit und Strahlwasserschutz, Insekten können in den Leuchtkörper nicht eindringen und verenden.

<sup>23</sup> Schroer S, Huggins B, Böttcher M, Hölker F (2019) Leitfaden zur Neugestaltung und Umrüstung von Außenbeleuchtungsanlagen – Anforderungen an eine nachhaltige Außenbeleuchtung. BfN-Skripten 543. Bundesamt für Naturschutz Bonn (Hrsg).