

Österreichischer Leitfaden **AUSSENBELEUCHTUNG**



Licht, das mehr nützt als stört

Autoren und Mitwirkende:

Bierbaum Holger	Land Burgenland, Verkehrstechnik
Donat Martin	Oberösterreichische Umweltschutzgesellschaft
Doppler Wilfried	Wiener Umweltschutzgesellschaft
Juhász Petra	Land Salzburg, Landessanitätsdirektion
Heilig Peter	Wien, Facharzt für Augenheilkunde
Holzer Ewald	Land Kärnten, Abt. Umwelt, Wasser und Naturschutz
Hornischer Rudolf	Magistrat Wien, MA 39
Huter Erwin	Niederösterreichische Umweltschutzgesellschaft
Kaineder Heribert	Land Oberösterreich, Abt. Umweltschutz
Luisi Franz	Lichttechnische Gesellschaft Österreich
Nordmeyer Götz	Land Tirol, Landessanitätsdirektion
Posch Thomas	Universität Wien, Institut für Astronomie
Pribitzer Horst	Magistrat Wien, MA 39
Puschnig Johannes	Universität Stockholm, Institut für Astronomie
Raffetzedner Michael	Land Oberösterreich, Abt. Umwelt-, Bau- und Anlagentechnik
Roth Franz	Magistrat Wien, MA 46
Schernhammer Eva	Medizinische Universität Wien
Schwarzenbacher Klaus	Land Kärnten, Abt. Umwelt, Wasser und Naturschutz
Sperker Sigrid	Land Oberösterreich, Abt. Umweltschutz
Stadler Susanne	Land Salzburg, Abt. Natur- und Umweltschutz, Gewerbe
Suchy Stefanie	Tiroler Umweltschutzgesellschaft, Projektleitung „Helle Not“
Thaller Ernst	Land Niederösterreich, Abt. Landesstraßenplanung
Vötsch Karin	Land Vorarlberg, BH Feldkirch
Waslmeier Martin	Land Oberösterreich, Abt. Umweltschutz
Winkler Johann	Land Steiermark, Abt. Energie, Wohnbau und Technik

Koordination:

Kaineder Heribert	Land Oberösterreich, Abt. Umweltschutz
Waslmeier Martin	Land Oberösterreich, Abt. Umweltschutz



Österreichischer Leitfaden **AUSSEN**BELEUCHTUNG

Licht, das mehr nützt als stört

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in den Texten dieses Leitfadens der Einfachheit halber nur die männliche Form verwendet. Die weibliche Form ist selbstverständlich immer mit eingeschlossen.

VORWORT

Dieser Leitfaden ist eine bundesländerübergreifende Hilfestellung für die Planung einer umweltfreundlichen Außenbeleuchtung. Er liefert umfassende Informationen zu Auswirkungen von Kunstlicht im Außenraum und bringt Vorschläge für eine sowohl effiziente als auch menschen- und umweltfreundliche Beleuchtung.

Lange stand die künstliche Beleuchtung unter dem Motto „mehr Licht“: mehr Licht auf Straßen und Plätzen, mehr Licht auf Fassaden, mehr Lichtwerbung, hellere Innenraumbeleuchtung, Ausweitung der Sportstätten-Beleuchtung und so weiter. Vordergründig erhöht dieses „Mehr an Licht“ das Wohlbefinden und vermittelt ein Gefühl – mitunter aber auch nur eine Illusion – von „mehr an Sicherheit“.

In den letzten Jahrzehnten wurde es immer klarer: Es gibt auch „zu viel des Guten“, also ein Übermaß an künstlichem Licht. Neue wissenschaftliche Erkenntnisse zeigen deutlich, dass

Kunstlicht in falscher Qualität und Intensität zur falschen Zeit am falschen Ort gravierende Schattenseiten haben kann:

Die Lebensbedingungen vieler Tiere und Pflanzen haben sich dadurch verändert. Auch der Tag-Nacht-Rhythmus des Menschen ist aus dem Lot geraten, was zahlreiche Gesundheitsstörungen zur Folge hat. Verkehrsteilnehmer werden geblendet und abgelenkt. Energie wird ungenützt in die Atmosphäre geschickt und der Sternenhimmel ist nur noch in entlegenen Gebieten zu bewundern.

Das Ziel ist „besseres Licht“ – das uns hilft, besser zu sehen ohne zu blenden, die Gesundheit zu bewahren, die Verkehrssicherheit zu gewährleisten, die Umwelt nicht unnötig aufzuhellen, die Tierwelt nicht zu stören und Energie zu sparen.

Besseres Licht ist einfach machbar und bringt allen Vorteile.

Der Inhalt und die Veröffentlichung dieses Leitfadens wurden von den Landesumweltreferenten aller Bundesländer beschlossen (VSt-41/21 vom 6. Oktober 2017).

INHALT

1 AUSWIRKUNGEN KÜNSTLICHER AUSSENBELEUCHTUNG	6
1.1 Mensch.....	7
1.1.1 Physiologie des Auges.....	7
1.1.2 Melatonin und Gesundheit	9
1.1.3 Blendung.....	11
1.1.4 Verkehrssicherheit.....	12
1.1.5 Kriminalität	13
1.2 Fauna, Flora & Ökosysteme	14
1.2.1 Insekten	14
1.2.2 Vögel.....	16
1.2.3 Säugetiere	18
1.2.4 Arten von Feuchtlebensräumen und Gewässern.....	19
1.2.5 Pflanzen	21
1.3 Nachtlandschaft	22
1.4 Astronomie.....	23
1.5 Energieverbrauch	24
 2 RECHTLICHE UND NORMATIVE GRUNDLAGEN	26
 3 LEUCHTMITTEL	28
3.1 Leuchtmittel in der Außenbeleuchtung	29
3.2 Spektren moderner Leuchtmittel	29
3.2.1 Leuchtstofflampen und Kompaktleuchtstofflampen.....	29
3.2.2 Metallhalogendampflampen	31
3.2.3 Leuchtdiode (LED)	32
3.2.4 Niederdruck-Natriumdampflampen	35
3.2.5 Hochdruck-Natriumdampflampen	35
3.2.6 Glüh- und Halogenglühlampen.....	36
3.3 Leuchtmittel im Effizienz-Vergleich.....	37
3.4 Schadstoffinhalt moderner Leuchtmittel	38
3.5 Empfehlung für den Außenbereich	38

4 LEUCHTEN	40
4.1 Das Grundprinzip.....	41
4.2 Ideale Strahlengeometrie	42
4.3 Lichtstärkeverteilungskurve bzw. Lichtstärkeverteilungskörper.....	44
4.4 Lichtpunkthöhe	46
4.5 Anstrahlrichtung	46
4.6 Betriebsweise	47
4.6.1 Nachtabsenkung.....	47
4.6.2 Nachtabstaltung	47
4.6.3 Sensorgesteuerte Beleuchtung.....	48
 5 UMSETZUNGSEMPFEHLUNGEN	 50
5.1 Prüfen der Notwendigkeit der Beleuchtung.....	51
5.2 Begrenzung von Lichtemissionen nach dem Stand der Technik	52
5.2.1 Auswahl der Lichtfarbe	52
5.2.2 Zielgerichtete Beleuchtung	52
5.2.3 Bedarfsgerechte Beleuchtungszeiten	52
5.2.4 Intensität	52
5.3 Wartungs- und Instandhaltungskosten	53
5.4 Beleuchtung von öffentlichen Verkehrsflächen und Wegen in Parkanlagen	53
5.5 Beleuchtung von Gewerbe- und Industrieanlagen, Flughäfen, Eisenbahn-, Hafenanlagen und dergleichen.....	58
5.6 Arbeitsstättenbeleuchtung.....	58
5.7 Beleuchtung von Sportstätten.....	59
5.8 Wege- und Zufahrtsbeleuchtung und Kfz-Stellplatz bei Wohnanlagen ..	60
5.9 Bauliche und lichttechnische Gestaltung von Ein- und Ausfahrten in Parkhäusern und Tiefgaragen	61
5.10 Beleuchtung von Fassaden und Objekten, Werbebeleuchtung.....	62
5.10.1 Vermeidung von Beeinträchtigungen der Verkehrssicherheit	62
5.10.2 Begrenzung zum Immissionsschutz.....	64
5.10.3 Begrenzung zum Natur- und Landschaftsschutz.....	66
5.10.4 Lichtwerbung kontra Stadtbild.....	68
5.11 Beleuchtung von Denkmälern	69
5.12 Emissionen aus Wohngebäuden.....	69

5.13 Beleuchtung von privaten Objekten und Gärten	69
5.14 Weihnachtsbeleuchtung	69
5.15 Skybeamer	69
ANHANG	70
Abbildungsverzeichnis	70
Glossar	72
Quellenverzeichnis	74
Ansprechpartner	78
Impressum	84

1

AUSWIRKUNGEN KÜNSTLICHER AUSSENBELEUCHTUNG

1.1 Der Mensch

1.1.1 Physiologie des Auges

Die bewusste optische Wahrnehmung wird in der Netzhaut des menschlichen Auges durch unterschiedliche Sinneszellen geregelt. Die Stäbchenzellen erkennen nur Schwarz-Weiß-Kontraste, sind sehr lichtempfindlich und somit für das „Nachtsehen“ verantwortlich. Erst bei höheren Lichtintensitäten beginnt die Farbwahrnehmung. Dafür sorgen unterschiedliche Zapfenzellen, welche jeweils für eine der Grundfarben Rot, Grün und Blau empfindlich sind und deren Konzentration in der Makula, dem Ort des schärfsten Sehens, am größten ist.

Die Empfindlichkeit für die verschiedenen Wellenlängen ist nicht homogen über das **Spektrum** des sichtbaren Lichtes verteilt; die höchste **Sensitivität** (unter photopischen Bedingungen) wird im Gelbgrün erreicht (**Purkinje-Verschiebung** im Dämmerlicht (**skotopisch**)). Sowohl zum kurzwelligen blauen als auch zum langwelligen roten Bereich fällt die Empfindlichkeit ab.

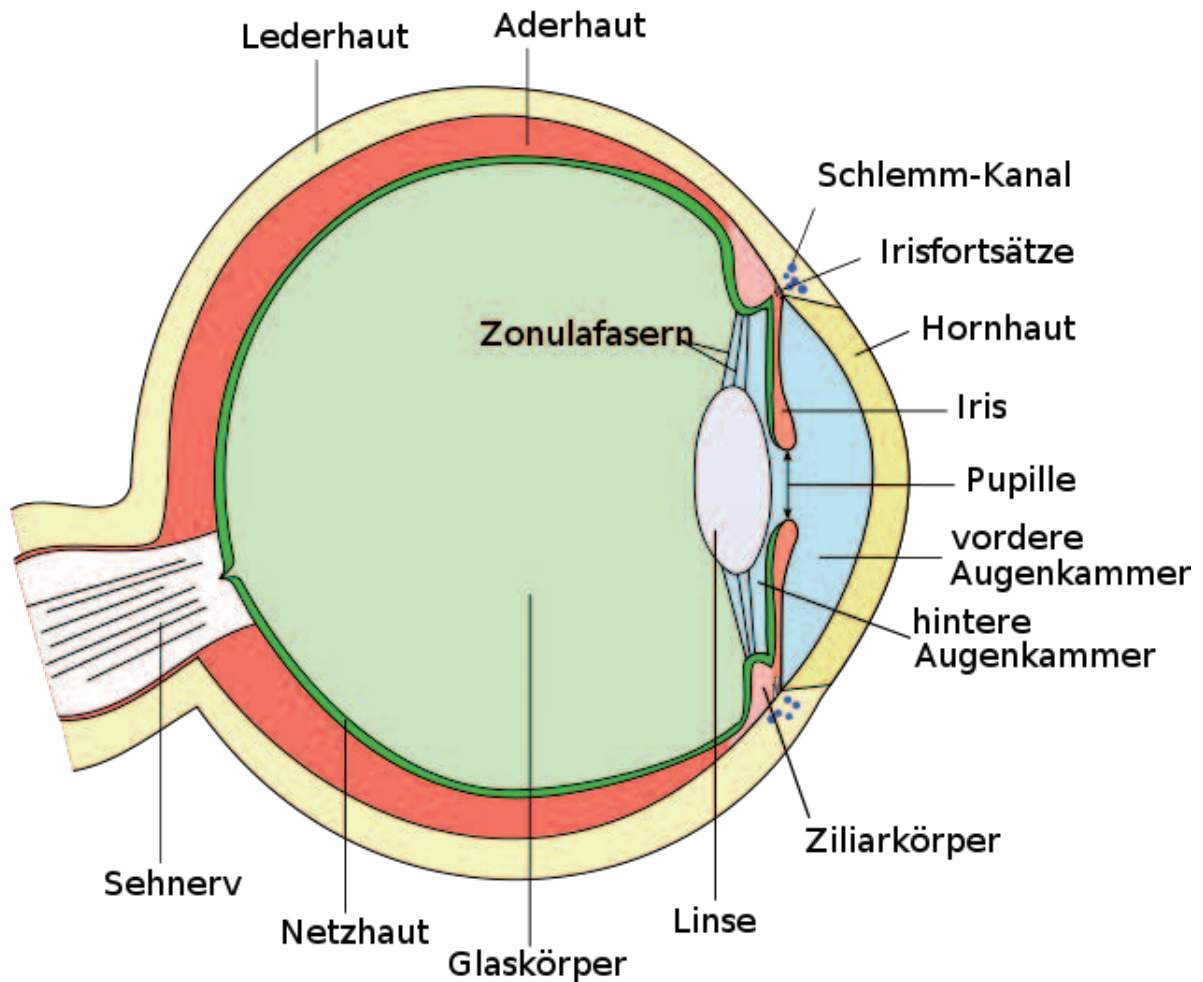


Abb. 1: Das menschliche Auge

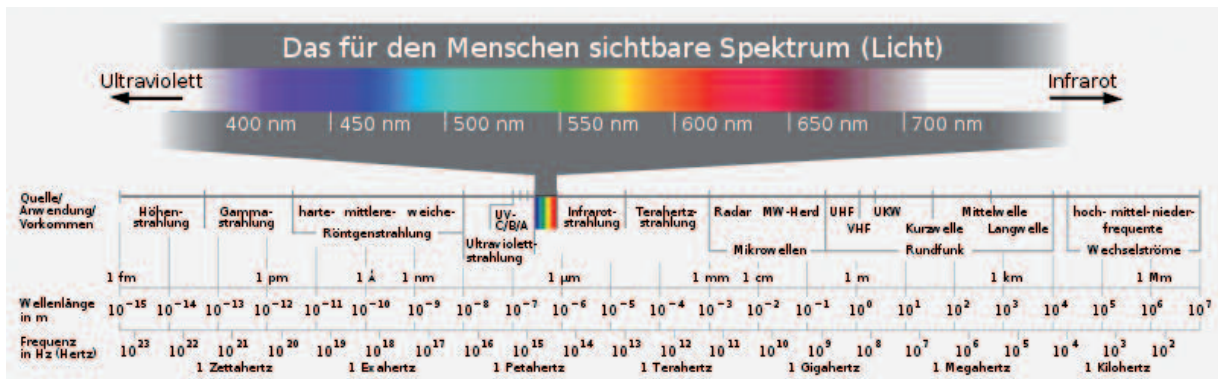


Abb. 2: Sichtbares Spektrum

Neben den für das Sehen verantwortlichen Rezeptoren besteht die Netzhaut noch aus vielen anderen Zellen. Hervorzuheben sind dabei lichtempfindliche Ganglienzellen (intrinsisch photosensitive Melanopsin exprimierende retinale Ganglienzellen – MRGC). Ihr Empfindlichkeitsmaximum liegt bei 460 bis 480 nm^[1, 2]. Sie reagieren langsamer auf Licht und dienen unter

anderem der Helligkeitsempfindung. Sie sind an der Regulierung der Melatonin-Ausschüttung beteiligt und somit für die Steuerung des Tag-Nacht-Rhythmus verantwortlich, weshalb sie auch als „circadiane Rezeptoren“ bezeichnet werden.

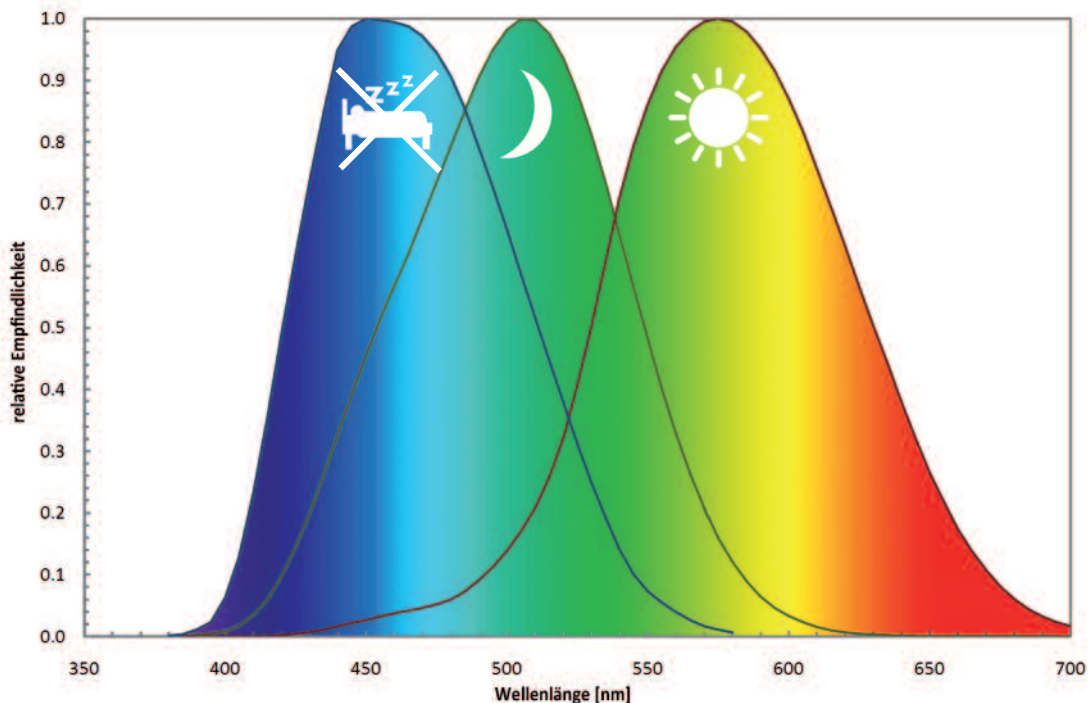


Abb. 3: Empfindlichkeiten der circadianen Rezeptoren für die Steuerung des Tag-Nacht-Rhythmus (links), der in der Nacht empfindlichen Stäbchen (Mitte) und mittlere Empfindlichkeit der für das Tagsehen verantwortlichen Zapfen (rechts)

Wird das Auge intensiv durch hohe Intensitäten kurzwelliger Strahlung belastet (z. B. Sonne oder Beamer), kann bereits nach kurzer Zeit (dosisabhängig) eine irreversible Schädigung der Netzhaut auftreten (s. Phototoxizität). So trägt kurzwelliges Licht durch die photochemische Schädigung zur altersbedingten Makuladegeneration bei^[3]. Dabei können die Sinneszellen der Netzhautmitte zugrunde gehen, Sehbehinderungen und Schlimmeres – z. B. Zentralskotom (legal blindness) – können die Folgen sein.

Eine jüngst entdeckte photo-sensitive retinale Ganglienzelle (ON delayed (OND) RGC), ein möglicher „Signalgeber für das Augenwachstum in der Kindheit“, lässt aufhorchen. Vom natürlichen (Sonnen-)Licht abweichende Kunstlicht-Spektren werden als kausale bzw. auslösende Faktoren verdächtigt, via „überstimulierter“ OND-RGCs „anomales überschießendes“ Bulbus-Wachstum zu induzieren. Dies wäre zum ersten

Mal ein experimentell gesicherter und „Evidence basierter“ (EBM) Hinweis zugunsten einer Myopie-„Prophylaxe“-Empfehlung: „Vermehrter Aufenthalt im Freien reduziere bzw. verlangsamt das Myopie-Wachstum.“^[4]

Die Verschaltung der OND-RGC mit retinalen Strukturen, wie zig weiteren Arten retinaler Ganglienzellen, welche die verschiedenartigen visuellen Stimuli weiterverarbeiten, ihr Einfluss auf höhere visuelle Bahnen, Zentren und kognitive Prozesse, die Entschlüsselung ihrer „genetischen Signatur“ etc. werden im Rahmen einer vom NIH geförderten Studie erforscht. Es eröffnen sich, so hoffen die Autoren, neue Perspektiven im Hinblick auf „Möglichkeiten der Gentherapie – um Blindheit zu behandeln und die Funktion künstlicher retinaler Prothetik zu verbessern“^[4].

1.1.2 Melatonin und Gesundheit

Seit jeher bestimmen Tag und Nacht den Lebensrhythmus von nahezu allen Organismen. Sämtliche Körperfunktionen – auch jene des Menschen – sind auf diesen Tag-Nacht-Rhythmus abgestimmt. Studien zeigen aber, dass der Mensch heutzutage in den wirtschaftlich hoch entwickelten Ländern 95 Prozent seiner Lebenszeit im Inneren von Gebäuden verbringt und dort trotz künstlicher Beleuchtung weitaus weniger Licht

als in der freien Natur bekommt. Während der Abend- und Nachtstunden ist es umgekehrt: Durch die künstliche Beleuchtung, sowohl im Innen- als auch im Außenraum, wird unsere Spezies viel mehr Licht ausgesetzt, als sie es von der Evolutionsgeschichte her kennt. Die Folge ist ein gravierender negativer Einfluss auf den physiologischen Tag-Nacht-Rhythmus.



Abb. 4: Zu viel Licht in der Nacht



Abb. 5: Zu wenig Licht tagsüber

Dieser sogenannte circadiane Rhythmus wird im Wesentlichen durch das Hormon **Melatonin** bestimmt. Die Freisetzung des in der Zirbeldrüse produzierten Hormons während der Abendstunden wird maßgeblich durch Licht gesteuert: Vereinfacht gesagt wird bei Helligkeit die Produktion unterdrückt und bei Dunkelheit die Ausschüttung angeregt. Dieser Vorgang wird durch spezielle Zellen (MRCG) in der Netzhaut des Auges, welche auf Licht reagieren – vor allem auf den kurzwelligen Bereich des sichtbaren Spektrums mit einem Sensibilitätsmaximum im Bereich von 460 bis 480 nm gesteuert. Dass die Sensitivität für blaues Licht am höchsten ist, hat wahrscheinlich evolutionäre Gründe und hängt mit dem Beginn der Entwicklung von Leben im Wasser zusammen. Bereits 1,5 **Lux** zur falschen Zeit können den circadianen Rhythmus des Menschen beeinflussen^[5].

Melatonin fördert aber nicht nur das Ein- und Durchschlafen, sondern beeinflusst durch seine Beteiligung an vielen verschiedenen Systemen auch andere Funktionen:

- Melatonin wirkt antioxidativ, neutralisiert somit Sauerstoffradikale im Körper
- weitere circadiane Funktionen wie z. B. die Sekretion anderer wichtiger Hormone, die Steuerung von Körpertemperatur, Blutdruck, Herzfrequenz, Verdauung und vieles mehr
- positive Auswirkungen auf Gedächtnis, Lernen und Emotionen durch den Einfluss auf den Hippocampus, einen zum limbischen System gehörigen Hirnanteil

- Wachstumshemmung von bestimmten hormonabhängigen Tumoren, wie z. B. Brust- oder Prostatakrebs durch seine antigonadotrope Wirkung
- positive Wirkungen auf das Immunsystem, vor allem die Freisetzung bestimmter Interleukine und die Steigerung der Wirksamkeit körpereigener „Killerzellen“
- diskutiert werden auch protektive Wirkungen in Bezug auf Migräne, Alzheimer- und Parkinsonerkrankung.

Es zeigt sich also die Notwendigkeit, den Melatonin-Regelkreis möglichst wenig zu stören, um negative gesundheitliche Auswirkungen hintanzuhalten. Wobei aber betont werden muss, dass „schlechtes Licht“ oder „Licht zur falschen Zeit“ nie die einzige Ursache für eine schwerwiegende Erkrankung ist, sondern wie auch viele andere ungünstige „Lifestyle-Faktoren“ (Stress, Konflikte am Arbeitsplatz oder im Privatleben, ungesunde Nahrungsmittel etc.) die Entstehung einer solchen Erkrankung mit begünstigen kann. Dennoch gilt es danach zu streben, tagsüber mehr natürlichem Licht und nachts wenig bis gar keinem künstlichen Licht ausgesetzt zu sein. Falls künstliche Beleuchtung nachts unvermeidbar ist, sollte darauf geachtet werden, Leuchtmittel mit Ausstrahlung im Wellenlängenbereich zwischen 300 bis 500 nm zu minimieren, weil kurzwelliges Licht auch bei geringer Intensität den physiologischen circadianen Rhythmus stört.



Künstliches Licht mit kurzwelligen Anteilen ist zu vermeiden, da dieses den Tag-Nacht-Rhythmus stört und Reparaturvorgänge des Körpers hemmt!

Eine Kompensation, das heißt ein „Nachholen“ der in den Nachtstunden versäumten bzw. verhinderten Melatonin-Produktion untertags oder durch medikamentöse Therapien ist problematisch bis unmöglich.

Die Gefahr besteht, dass sich die Körperfunktionen des Menschen an das „Zuviel an Kunstlicht“

in den Abend- und Nachtstunden derart anpassen, dass diese Gegebenheiten regelrecht benötigt werden. Diese Gewöhnung an Kunstlicht könnte epigenetische Folgen für nächste Generationen haben.

1.1.3 Blendung

Das menschliche Auge hat die Fähigkeit der Anpassung an höchst unterschiedliche Licht-Intensitäten – Dunkel- bzw. Hell-Adaptation. Der Anpassungsbereich umfasst etwa zwölf Zehnerpotenzen (d. h. 1 zu 1.000 Milliarden). Die Adaptation von dunkel auf hell erfolgt rasch, wogegen die von hell auf dunkel im vollen Umfang bis zu 30 Minuten benötigt.

Blenden bedeutet wörtlich „blind machen“. Blendung entsteht nicht nur durch zu helles Licht, sondern auch durch zu große Helligkeitsunterschiede. Wenn nachts eine Lichtquelle mit hoher **Leuchtdichte** sichtbar wird, kann sich das Auge nicht auf diese Lichtquelle und zugleich auf die wesentlich dunklere Umgebung einstellen. Es passt sich dann an die höhere Leuchtdichte der dominierenden Lichtquelle an. Zugleich entsteht durch Streuung des Lichts aus dieser dominanten Lichtquelle eine Trübung des gesamten Gesichtsfelds. Durch Licht-Streuung (vor allem bei kurzwelligem Licht) legt sich eine Art „Lichtschleier“ über das gesamte Gesichtsfeld, die Wahrnehmungsqualität wird dadurch empfindlich beeinträchtigt.

Häufig kommt es zu schwerer Blendung, bei der im Extremfall Schmerzschwellen überschritten werden können. Schwächere, jedoch irritierende Blendung verursacht Ablenkung und das Übersehen weniger heller Objekte.

Mit fortschreitendem Alter wird die Augenlinse trüber, einfallendes Licht – insbesondere blaues Licht – wird stärker gestreut, wodurch auch die Anfälligkeit für Blendung zunimmt. Die Wieder-Erholungszeit der Netzhaut nach „Licht-Stress“ wird, nicht nur infolge zunehmenden Alters, sondern auch wegen bestehender Lichtschäden, länger. Mit Rücksicht auf unsere alternde Gesellschaft ist es daher besonders wichtig, die Ursachen der Blendung zu minimieren.

Die **physiologische Blendung** ist bei blauem/kaltweißem Licht wesentlich stärker als im roten Wellenlängenbereich, weshalb z. B. die deutsche Strahlenschutzkommission empfiehlt, den Blaulichtanteil bei der Entwicklung neuer Lichtquellen zu minimieren.



Abb. 6: Blendung



Blendung entsteht durch zu hohe Leuchtdichten und hohe Hell-Dunkel-Kontraste. Die visuelle Wahrnehmung des Menschen setzt für einige Momente aus, was z. B. hinsichtlich Verkehrssicherheit fatale Folgen haben kann.

1.1.4 Verkehrssicherheit

Im Straßenverkehr ist Blendung ein besonders schwerwiegendes Problem. Haben sich die Augen an die nächtlichen Sichtverhältnisse gewöhnt, blendet helles Licht und beeinträchtigt die visuelle Wahrnehmung. Auch beim Übergang von hellen Zonen in Dunkelzonen benötigt das menschliche Auge eine Mindestadaptationszeit von einigen Sekunden, damit ein Teil der Wahrnehmung wiederhergestellt ist. Bei regennasser Fahrbahn wird Blendung durch zahllose Reflexionen deutlich verstärkt.

LED-Screens, Kfz-Scheinwerfer, Tagfahrlichter, nicht normgerecht ausgeführte Straßenbeleuchtung, Warnlichter und Ampeln etc. können Beeinträchtigungen der visuellen Wahrnehmung, Blendung, Adaptations-Störungen, Verwechslung und Ablenkung auslösen. Dies kann zu Wahrnehmungsausfällen, z. B. zum Übersehen von Fußgängern, Verkehrszeichen oder Hindernissen führen.

Verkehrsfremde visuelle Informationsträger (**VIT**), wie z. B. Werbeanlagen, dürfen weder blenden noch ablenken, weil dadurch in unzulässiger

Weise die Straßenverkehrssicherheit beeinträchtigt werden kann. Das Maß für die Helligkeit eines VIT ist die Leuchtdichte. Die maximal zulässige Leuchtdichte von VIT ist in Abhängigkeit der Größe und der Position im Straßenraum in den Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen der österr. Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr (FSV) RVS 05.06.12 und die Kriterien für den Betrieb in der RVS 05.06.11 geregelt.

Eine Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit liegt vor z. B. bei zu hellen, dynamisch ablenkenden, an unzulässiger Stelle angebrachten Verkehrsleiteinrichtungen, optisch maskierenden und in unzulässiger Größe oder Farbe ausgeführten Anzeigen.

Die Behörde kann durch Überprüfung feststellen, ob eine Beeinträchtigung im Sinne des § 35 StVO vorliegt und gegebenenfalls den Betreiber auffordern, die (Werbe-)Anlage entsprechend zu ändern, zu versetzen oder zu entfernen, um die Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit abzustellen.



Abb. 7: Lichtwerbung am Times Square in New York

Ob mehr bzw. hellere Straßenbeleuchtung zu einer Abnahme von Verkehrsunfällen führt, wird kontrovers diskutiert, kann aber nicht durch wissenschaftliche Ergebnisse gestützt werden^[6, 7, 8, 9]. Dies trifft auch auf das Tagfahrlicht zu. Derartige Stimuli können im Straßenverkehr ablenken,

irritieren und blenden. Jedes „verkehrsrelevante“ Objekt verdient exakt gleich viel Aufmerksamkeit; durch die Über-Akzentuierung einer ausgewählten Gruppe wird deren Auffälligkeit erhöht und zwangsläufig die aller anderen verringert.

1.1.5 Kriminalität

Als Argument für die Notwendigkeit künstlicher Beleuchtung im Außenraum wird oft angeführt, dass mehr Licht mehr Sicherheit bringe. Es gibt aber kaum konfliktfreie Studien, die einen so simplen Zusammenhang wie „mehr Licht – mehr Sicherheit“ belegen würden. In vielen erhellten Umgebungen mag das subjektive Sicherheitsempfinden höher sein, aber das bedeutet noch lange keine geringere Kriminalitätsrate an hellen Plätzen (manche Fallstudien belegen sogar eher das Gegenteil: mehr Licht führt zu mehr Vandalismus). Zumeist kommt es lediglich zu lokalen

Verdrängungen krimineller Handlungen, jedoch zu keiner generellen Veränderung aufgrund geänderter Beleuchtungen. Dazu kommt, dass zweifelsohne nicht jede Art von Beleuchtung unser subjektives Sicherheitsgefühl erhöht. Nur blendfreie Beleuchtung und dem Beleuchtungszweck angepasste **Beleuchtungsstärken** unterstützen unser Sehvermögen, während blendendes Licht desorientierend wirkt.

Beleuchtung privater Objekte

Eine Statistik aus Großbritannien zeigt, dass in 48 Prozent von mehr als 284.000 Anwesen, in die eingebrochen wurde, außen angebrachte Beleuchtung vorhanden war^[10].

Eine weitere Studie^[11] zeigt, welche Faktoren Einbrüche effizient verhindern:

- der Anschein, dass jemand im Einbruchsobjekt zu Hause sei: 84 Prozent
- Alarmanlagen: 84 Prozent
- sichtbare Überwachungskameras: 82 Prozent

- Anschein stabiler Fenster und Türen: 55 Prozent^[10]

Außenbeleuchtung wurde hingegen von den Befragten nicht als einbruchshemmender Faktor genannt. Vernünftiger ist es also, wenn schon, dann sparsames Licht im Inneren eines Hauses eingeschaltet zu lassen, als eine starke, außen angebrachte „Sicherheitsbeleuchtung“ zu verwenden oder gar auf eine einbruchshemmende Wirkung naher Straßenlaternen zu hoffen.



Mehr Licht im Außenraum bedeutet nicht zwingend mehr Sicherheit vor Einbruch oder Vandalismus.

1.2 Fauna, Flora & Ökosysteme

Für Insekten, Vögel, Amphibien, Reptilien, Fische, Krebse, Säugetiere, Pflanzen und Ökosysteme gibt es bereits wissenschaftliche Nachweise über die Beeinflussung durch künstliches Licht. Die Auswirkung auf Organismen hängt vor allem von der spektralen Zusammensetzung des Lichts und der Beleuchtungsintensität ab.

Ein Problem mit nächtlicher Illumination haben tagaktive Tiere, die in ihrer Ruhephase gestört werden, aber auch nachaktive Tiere, welche aufgrund ihrer spezifischen Anpassung von der Dunkelheit abhängig sind. Die artspezifische Aktivitätsphase erleichtert den Tieren das Auffinden von Paarungspartnern oder Beutetieren und das Vermeiden von Nahrungskonkurrenten oder Fressfeinden. Rund 30 Prozent der Wirbeltiere (Säugetiere, Vögel, Amphibien, Fische etc.) und mehr als 60 Prozent der Wirbellosen (Insekten, Spinnen, Krebse etc.) sind nachaktiv^[12].

Beeinträchtigt werden:

- Orientierung
- Räuber-Beute-Beziehung
- Futtersuche
- Aktionsradius (Lebensraumzerschneidung, Barrierewirkung und Vertreibung)
- Ruhephasen
- soziale Interaktion (Entwicklung und Fortpflanzung).

1.2.1 Insekten

Mit rund 75 Prozent aller Tierarten sind Insekten die arten- und zahlreichste Tiergruppe auf unserem Planeten. Circa 85 Prozent aller Schmetterlinge in Österreich sind in der Nacht aktiv. Viele Vertreter der Insekten üben Schlüsselfunktionen im jeweiligen Ökosystem aus. Sie sind für Ökosystemdienstleistungen wie die Pflanzenbestäubung und als Nahrungsgrundlage für andere Tiere unersetzlich. Sinkende Populationszahlen,

Nicht nur der Mensch, sondern auch Vögel, Fische und Säuger produzieren in den dunklen Abendstunden das Hormon **Melatonin**, welches für eine Reihe von Lebensfunktionen eine Rolle spielt. Durch Kunstlicht kann auch bei Tieren die Melatoninsynthese gehemmt werden. Generell ist die Tag- und Nachtabfolge sowie die jahreszeitliche Veränderung der Tageslänge ein wichtiger Zeitgeber für die Synchronisation der tageszeitlichen und saisonalen Rhythmen im Körper vieler Lebewesen. Verkürzt sich die Tageslänge, wird der Winter angekündigt und Insekten treten in die Diapause – beispielsweise verpuppen sich Raupen. Wird die Tageslänge durch Kunstlicht verlängert, werden sie daran gehindert, in das „Winterschlafstadium“ zu wechseln^[13, 14]. Möglicherweise können dadurch lokale Insektenpopulationen den Winter nicht überleben.

Zusammenfassend sind sowohl Naheffekte (z. B. direkte Anziehung von Nachtfaltern durch eine Lichtquelle) als auch Ferneffekte (z. B. Auswirkungen auf den Tag-Nacht-Rhythmus von Singvögeln) wesentlich bei der Beurteilung der Auswirkungen nächtlicher Beleuchtung auf natürliche Lebensräume und einzelne Arten. Als besonders gefährdet gelten standorttreue und spezialisierte Arten, die auf isolierte Lebensräume beschränkt sind und in kleinen Populationen vorkommen.

der Rückgang des Artenreichtums sowie der Verbreitung von Nachtfaltern wurden schon in einigen Ländern Europas beobachtet^[15, 16, 17]. Auf Ökosystemebene kann es durch Beleuchtungsanlagen zu einer dauerhaften Veränderung von Insekten-Gesellschaften kommen^[18]. Eine treibende Kraft dieses Rückgangs ist somit die zunehmende Lichtverschmutzung.

Auswirkungen der Anlockwirkung

- **Leerfangeffekt:** Kunstlicht kann dazu führen, dass die gesamte Insektenpopulation aus einem Lebensraum abgezogen wird. Das Aussterben einzelner isolierter Populationen kann die Folge sein.
- **Fehlen der Insekten als Nahrungsgrundlage:** Nachtaktive Insekten sind eine Nahrungsquelle für Fledermäuse, Amphibien und nachtaktive Säuger. Auch ein beachtlicher Teil der Vogel-nahrung besteht aus größeren Faltern und Raupen^[19, 20]. Die vom künstlichen Licht ange-lockten Insekten fehlen in ihrem angestamm-ten Lebensraum als Nahrungsgrundlage, was wiederum Auswirkungen auf die Populations-stärke ihrer Fressfeinde hat.
- **Fehlen von nachtaktiven Insekten als Bestäuber:** Nachtfalter bestäuben während der dunk-len Tageshälfte eine Reihe von verschiedenen Pflanzenarten und spielen eine bedeutende Rolle für die Aufrechterhaltung der Biodiversi-tät. Die häufigsten untersuchten Falter-Blüten-Interaktionen sind den Familien der Eulenfalter und der Schwärmer zuzuordnen^[21, 22]. Bleiben die Falter aus, so haben die Pflanzen keine Bestäuber und werden ebenfalls dezimiert.

Die zahlreichen Insektenarten, die während der dunklen Tageshälfte unterwegs sind, nutzen die Sterne und den Mond als Orientierungshilfen. Künstliche Lichtquellen ziehen nachtaktive Insekten an. Einzelne beleuchtete Werbeanlagen oder Gebäudeanstrahlungen können Hundert-tausende Insekten pro Nacht anlocken. Je nach Insektenart und Beleuchtungsanlage kann die Anlockwirkung mehrere Hundert Meter weit reichen.

Gelangen diese zu nahe an die Beleuchtungs-körper, sind sie meist gezwungen, so lange um die Lampe zu schwirren, bis sie vor Erschöpfung sterben. Es lässt sich beobachten, dass je nach spektraler Zusammensetzung der Lichtquelle unterschiedliche Insektenarten angezogen wer-den. Die Wahrnehmungsfähigkeit von Nacht-faltern beispielsweise reicht vom kurzwelligen Ultraviolett- bis in den **Infrarot**bereich, die größte Anlockwirkung wird jedoch generell bei Leuchtmitteln festgestellt, welche ultraviolette und kurzwellige Strahlung emittieren^[23-28].



Leuchtmittel mit UV- und hohem Blauanteil im Emissionsspektrum sind zu vermeiden, da Nachtfalter besonders empfindlich darauf reagieren.



Abb. 8: Nachtfalter schwirren um eine Lampe

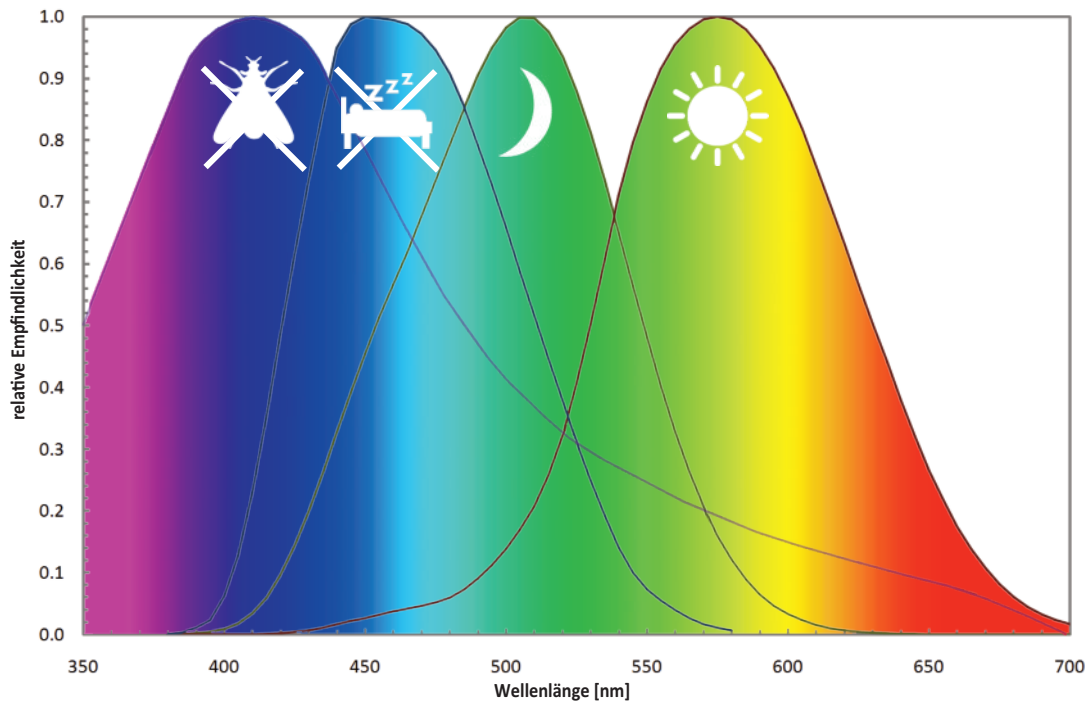


Abb. 9: Empfindlichkeiten (von links nach rechts): Nachtfalter, circadiane Rezeptoren des Menschen, Stäbchen und Zapfen der menschlichen Netzhaut

1.2.2 Vögel

Vogelzug

Nächtliches Kunstlicht ist in der Lage, das Verhalten der Vögel zu ändern, so kann es auf manche Arten abschreckend oder desorientierend wirken, andere Arten hingegen nutzen beleuchtete Areale als Jagdgebiet oder fühlen sich vom Licht angezogen.

Etwa zwei Drittel der Zugvögel wandern in der Nacht, sie nutzen neben dem Erdmagnetfeld u. a. den Sternenhimmel als „Kompass“. Insbesondere bei schlechten Wetterbedingungen

wie starkem Gegenwind, Nebel, Nieselregen, Schneefall oder tief hängenden Wolken können punktuelle Lichtquellen oder große beleuchtete Areale zur Desorientierung der Vögel führen. Die Alpenquerung findet im sogenannten Breitfrontzug statt. Am Alpenrand, in manchen Tälern und an Gebirgsübergängen kann sich der Vogelzug konzentrieren, weshalb beleuchtete Burgruinen, Schlösser, Berghütten, Gipfelkreuze, Skipisten und sonstige Lichtinstallationen an diesen Standorten kritisch sind.



Je höher die Struktur und je exponierter der Standort, desto wahrscheinlicher ist das beleuchtete Objekt eine „Falle“ für Zugvögel.



Abb. 10: Viele Vogelarten werden durch künstliches Licht irregeleitet

Die meisten Zugvögel zeigen bei künstlichem Licht folgende Verhaltensauffälligkeiten: Sie verringern die Flughöhen, ändern die Flugrichtung, kehren um, reduzieren die Geschwindigkeit oder umkreisen die Lichtquellen und können dabei mit Strukturen kollidieren und sterben. Viele landen im Nahbereich erschöpft am Boden und werden dort Opfer von Fressfeinden oder gehen nach stundenlangen Irrflügen an Erschöpfung und Stress zugrunde. Eine einjährige Untersuchung des 160 m hohen beleuchteten Post

Towers in Bonn belegte die Anlockung von über tausend Vögeln aus 29 Arten, ca. 200 davon wurden durch Kollision sofort getötet, weitere verletzt. Beispiele aus Deutschland, der Schweiz und anderen Staaten belegen den Tod von Tausenden Zugvögeln zur Hauptzugzeit August bis November und Februar bis Mai. Diese Ausfälle können relevante Auswirkungen auf die Populationen der Vogelarten haben. Zumindest aber kommt es zu erheblichen Energieverlusten, die sich auf den weiteren Zug negativ auswirken^[29-42].



Warnleuchten im Blitzlicht-Modus (mind. 3 Sekunden Unterbrechung) an hohen Bauwerken oder zur Flugsicherung wirken für Zugvögel weniger anziehend als Dauerbeleuchtung, rotierendes Licht und Blinklicht^[32, 33, 43-45].

Störung des tageszeitlichen und saisonalen Rhythmus

Wird der Tag-Nacht-Rhythmus durch Kunstlicht gestört, kann dies stressbedingte Auswirkungen auf die Tiere haben. Dazu reicht schon eine geringe Beleuchtungsstärke von 0,3 Lux. So beginnen viele Vogelarten wie Rotkehlchen, Amseln, Kohl- und Blaumeisen jahres- und tageszeitlich

früher mit dem Reviergesang. Die Folge ist eine frühere Brut, Nahrungssuche und Entwicklung. Dieses veränderte Verhalten wird auf die Änderung des Hormonhaushalts zurückgeführt, mit Beeinträchtigungen hinsichtlich Fitness und Lebenserwartung muss gerechnet werden^[33, 46-52].

1.2.3 Säugetiere

Fledermäuse

Ungefähr 69 Prozent der Säugetiere sind nachtaktiv und ein Drittel davon sind Fledermäuse^[53]. Fledermäuse gehören zu den am meisten gefährdeten Tierarten und sind gemäß europäischer FFH-Richtlinie und den Landesnaturschutzgesetzen geschützt. Fledermäuse orientieren sich zwar mit Echo-Ortung, haben jedoch auch lichtempfindliche Augen.

Durch beleuchtete Ausflugsöffnungen, beispielsweise von Kirchendachstühlen, fliegen die weiblichen Fledermäuse später aus den Quartieren

aus. Dadurch verringert sich die aktive Zeit der Nahrungssuche – mit möglichen Folgen für den Fortpflanzungserfolg, denn die Jungtiere bleiben zurück und warten auf ihre säugende Mutter. Auch sind Fälle bekannt, in welchen Fledermaus-Quartiere nach der Beleuchtungsinstallation verlassen wurden. Die Auswirkungen sind überwiegend in den Sommermonaten zu erwarten, da im Winter andere Quartiere genutzt werden.



Ausflugsöffnungen von Dachstühlen, die von Fledermäusen als Sommerquartier genutzt werden, dürfen nicht beleuchtet werden.

Einige Fledermausarten wie die Zwergfledermaus oder der Große Abendsegler können beim Jagen von nachtaktiven Insekten im Schein von Straßenlaternen beobachtet werden. Viele Fledermausarten meiden jedoch Licht. Beispielsweise

werden Hufeisennasen- und Mausohrfledermäuse durch Kunstlicht vertrieben, für diese Arten ergibt sich dadurch eine Lebensraumeinschränkung und Nahrungsreduktion^[53-59].



Abb. 11: Viele Fledermausarten werden von Kunstlicht gestört

Kleinsäuger und Wild

Studien zeigen, dass kleine Nagetiere wie Mäuse und auch Hasen die Aktivität und Futtersuche bei hohen Beleuchtungsstärken einschränken, ihre Lebensräume werden verkleinert^[60-62].

Auch eine negative Auswirkung auf die Ruhe- und Erholungsphase von Wild kann die Folge von Lichteinsatz sein. Dies ist besonders im Winter relevant: Um Energie zu sparen, geht Rotwild in die „tägliche Starre“, wird es gestört;

kommt es zu erhöhtem Energiebedarf. Die Folgen sind unerwünschter Verbiss, Schwächung und sogar Tod der Tiere. Auch wenn Kunstlicht das Wild nicht direkt stören sollte, so kann z. B. im Fall von Skipistenbeleuchtung die mit dem Betrieb einhergehende Lärmemission (Ski-betrieb, Pistenpräparierung etc.) beeinträchtigend wirken.



Abb. 12: Durch Kunstlicht beeinträchtigte Wildtiere

1.2.4 Arten von Feuchtlebensräumen und Gewässern

Amphibien

Amphibien zählen aufgrund der zunehmenden Zerschneidung und Zerstörung ihrer Lebensräume zu den stark gefährdeten Tiergruppen. Durch das allabendliche „Froschkonzert“ während der Fortpflanzungszeit kann ihre überwiegend nächtliche Aktivitätsphase wahrgenommen werden. Amphibien meiden vielfach das Tageslicht, um sich vor Fressfeinden und vor Austrocknung zu schützen.

Dabei kann ihnen Kunstlicht zum Verhängnis werden, denn Frösche und Kröten profitieren von den vom Kunstlicht angelockten Insekten. Durch den Aufenthalt unter Beleuchtungsanlagen werden sie jedoch selbst leicht zu Opfern des Straßenverkehrs oder von Fressfeinden. Zudem wird ihr Sehsystem überfordert, Frösche benötigen zum Teil Stunden, um sich wieder an die Dunkelheit zu gewöhnen^[63].

Es gibt Hinweise, dass nächtliches Kunstlicht auch die Wanderung zu Laichgebieten und damit die Fortpflanzung erschwert oder verhindert.



Abb. 13: Fröschen wird Kunstlicht oft zum Verhängnis



Abb. 14: Fische reagieren sensibel auf Kunstlicht

Fische

Künstliches Licht in der Nacht beeinflusst den Hormonhaushalt der Fische, was wiederum Auswirkungen auf das Wachstum und die Fortpflanzung hat. Auch das Wanderverhalten kann durch künstliches Licht beeinträchtigt werden, beleuchtete Brücken können wie Barrieren wirken. Viele Fischarten werden von Kunstlicht angelockt, was beim kommerziellen Fischfang genutzt wird. Die meisten Fischlarven und Jungfische meiden jedoch Licht^[64].

Zooplankton-Phytoplankton-Gleichgewicht

Zooplankton ist eine vielfältige Gruppe von Kleinstlebewesen in Gewässern. Unter natürlichen Verhältnissen steigen die Organismen im Schutz der Nacht zur Wasseroberfläche auf und ernähren sich dort von Algen. Tagsüber ist das Zooplankton, zu welchem beispielsweise auch Wasserflöhe zählen, in tieferen Gewässerschichten zu

finden. Bleibt diese tagesperiodische vertikale Wanderung durch den Lichtsmog in der Stadt oder beleuchtete Uferpromenaden aus, so kann dies zu einer Algenblüte – vermehrtes Wachstum von Phytoplankton – und damit zu einer Verschlechterung der Wasserqualität führen^[64, 65].



Feuchtlebensräume und Gewässer sind sensibel und gefährdet, sie beherbergen eine Vielzahl seltener Tier- und Pflanzenarten. Daher ist der Einsatz von Kunstlicht in der unmittelbaren Umgebung zu vermeiden oder zumindest auf ein Minimum zu reduzieren.

1.2.5 Pflanzen

Pflanzen reagieren auf die natürliche Tageslänge (Photoperiode), ihr Wachstum und ihre Entwicklung sind daran gekoppelt. Kürzere Tage im Herbst stimulieren beispielsweise bei Gehölzen das Knospenwachstum für die nächste Saison. Längere Tage im Frühjahr und Sommer induzieren bei vielen Wildpflanzen unserer Breiten die Blüte.

Daher werden auch Pflanzen von den Beeinträchtigungen durch das erhöhte Kunstlichtregime bei Nacht nicht verschont. Beispielsweise

ist bekannt, dass von Straßenleuchten angestrahlte Bäume bzw. einzelne Zweige ihr Laub später abwerfen, Frostschäden und Schwächung können die Folge sein^[66]. Sind Pflanzen ständig dem Licht ausgesetzt, werden sie anfälliger für Krankheiten. Künstliche Beleuchtung in der Nacht führt beispielsweise zu erhöhter Empfindlichkeit gegenüber bodennahem Ozon und in der Folge zu Blattschäden^[67].



Abb. 15: Angestrahlte Bäume im Park

Auch Schädlinge, Nützlinge und Bestäuber der Pflanzen können durch Kunstlicht beeinflusst werden. Wie schon im Kapitel „Insekten“ erwähnt, sind einige Pflanzen auf die Bestäubung ihrer nachtaktiven Partner angewiesen. Bleibt die Bestäubung aus, so kann dies zu einer Veränderung der Vegetationszusammensetzung bis hin zum Artenschwund führen. Insbesondere sind jene Pflanzen betroffen, die sich auf die

Bestäubung durch einzelne Insektenarten spezialisiert haben. Die meisten untersuchten Pflanzenfamilien, die durch Nachtfalter bestäubt werden, gehören der Familie der Orchideen und der Familie der Nelkengewächse an. So sind beispielsweise die Zweiblättrige Waldhyazinthe und das Taubenkropf-Leimkraut ausgesprochene „Nachtfalterpflanzen“^[21].

1.3 Nachtlandschaft

Die Wirkung von Nachtlandschaften lebt von der Abwesenheit von künstlichem Licht sowie von den Landschaftselementen und Strukturen in ihren dunklen Schattierungen. Die visuelle Wahrnehmung lässt nach, und andere Sinne wie der Hör- und Geruchssinn werden geschärft – diese Dimension ist ebenfalls eine Komponente der Nachtlandschaft. Schließlich sind natürlich auch die Sichtbarkeit des Firmaments und Phänomene wie Mond, Sternschnuppen, Kometen oder die Milchstraße faszinierende und wesentliche Teile der nächtlichen Landschaft. Die Nachtlandschaft war und bleibt für uns Menschen geheimnisvoll, auch ihr Charakter und ihre Eigenart sind einzigartig und identitätsstiftend.

Künstliches Licht kann bei exzessivem Einsatz die nächtliche Landschaft verunstalten. Die Aufmerksamkeit auf sich ziehende einzelne Lichter

wie Skybeamer oder beleuchtete Gebäude und Strukturen wie z. B. Festungen, Kapellen oder Skipisten mindern das Erleben der Nachtlandschaft deutlich. Lichtglocken, die nachts Städte und Regionen einhüllen, lassen im Durchschnitt 90 Prozent der mit freiem Auge sichtbaren Sterne verschwinden. Bei Bewölkung kann die Himmelshelligkeit im städtischen Bereich überdies um das Zehnfache steigen. Messungen zeigen einen rapiden und exponentiellen Anstieg der Aufhellung des Nachthimmels – abhängig vom Ort – von zwei bis acht Prozent jährlich. Schon 83 Prozent der Weltbevölkerung und 99 Prozent der Europäer leben unter einem lichtverschmutzten Himmel. Für 60 Prozent der Europäer bleibt die Milchstraße im Verborgenen^[68-70].



Die Atmosphäre streut blaues Licht deutlich stärker als rotes, weshalb auch der wolkenlose Taghimmel blau ist (Rayleigh-Streuung). Blaue bzw. kaltweiße Lichtquellen sind daher hochwirksame Lichtverschmutzer und möglichst zu vermeiden.



Abb. 16: Lichtverschmutzte Nachtlandschaft

Unter dem **Natur-Defizit-Syndrom** werden Störungen verstanden, die durch eine Entwöhnung des Menschen von der Natur entstehen (auch körperliche Beeinträchtigungen wie z. B. Vitamin-D-Mangel durch zu wenig Sonnenexposition). Unter anderem ist unter Natur neben der natürlichen Nachtlandschaft auch der nächtliche Sternenhimmel zu verstehen, der uns die Begrenztheit der natürlichen Ressourcen unseres Planeten bewusst macht. Das Fehlen des Naturerlebnisses führt zu mangelnder Empathie für die Notwendigkeit des Erhalts von Lebensräumen und in weiterer Folge zur Zerstörung der eigenen Lebensgrundlage^[71].

Organisationen wie die Royal Astronomical Society of Canada (RASC), die International Dark-Sky Association (IDA) aus den USA sowie die UNESCO Starlight Initiative mit Sitz auf den Kanarischen Inseln haben Programme und Auszeichnungen zum gezielten Schutz des Nachthimmels und der natürlichen Nachtlandschaft ins Leben gerufen. Ziele sind der Schutz des nächtlichen Lebensraums, Energieeinsparung

durch intelligente Beleuchtung, die Sensibilisierung im Umgang mit Kunstlicht und die öffentliche Teilhabe am Sternenhimmel und der Nachtlandschaft durch Begleitprogramme. Lichtschutzgebiete oder Sternenparks sind vor allem auch aus touristischer Sicht interessant, der sanfte Tourismus kann zukünftig verstärkt davon profitieren. Insbesondere in den Alpen gibt es Bereiche, in welchen der Anblick des Sternenhimmels in klaren Nächten atemberaubend ist. In vielen Ländern (u. a. Deutschland, Großbritannien, Ungarn) gibt es bereits seit einigen Jahren Gebiete, in denen der Nachthimmel eigens geschützt wird. Im Weinviertel, nicht weit von Wien entfernt, gibt es mit dem Sternenweg „Großmugl an der Milchstraße“ eine innovative touristische Attraktion, die in Fachkreisen weltweit Aufmerksamkeit erregte. Gestaltet wurde der Themenweg im Jahr 2014 von project night-flight in enger Zusammenarbeit mit der Marktgemeinde Großmugl (www.sternenweg-grossmugl.at). Derzeit läuft ein Bewerbungsverfahren für die Auszeichnung als UNESCO „Sternenlicht-Oase“.

1.4 Astronomie

Seit dem Aufkommen künstlicher Beleuchtung vor über 120 Jahren haben Astronomen das Problem der Lichtverschmutzung erkannt. Vor allem in städtischen Observatorien wurde die Beobachtung des Nachthimmels massiv erschwert, immer mehr Sternwarten flüchteten in ländliche Gebiete. Mittlerweile sind Berufsastronomen gezwungen, ihre Observatorien auf entlegenen

Berggipfeln zu errichten. Das derzeit größte Teleskop der Welt befindet sich auf einer etwa 2600 m hohen Erhebung in der chilenischen Atacama-Wüste. Gesetzliche Regelungen sorgen in Chile und in weiteren Ländern mit astronomischen Observatorien dafür, dass in der Umgebung dieser Einrichtungen nicht mehr künstliches Licht abgestrahlt wird, als unbedingt nötig.



Abb. 17: Sternwarte im ländlichen Raum

Der Nachthimmel ist das „Fenster ins Universum“, wir blicken in unsere Galaxie. Bereits unsere Vorfahren vor Tausenden von Jahren haben denselben Nachthimmel gesehen. In vielen Kulturen

diente er der Navigation, Künstler wurden inspiriert und zahlreiche Mythen als Sternbilder auf das Firmament gezaubert.



Abb. 18: Sommer-Milchstraße über dem Tauernwindpark (Steiermark)

1.5 Energieverbrauch

Heute kann sehr effizient elektrische Energie in Licht umgewandelt werden. Mit relativ wenig Strom, der noch dazu vergleichsweise kostengünstig ist, kann viel Kunstlicht freigesetzt werden – was gerade zu dem verschwenderischen Umgang mit künstlichem Licht führt.



Statt mit weniger Energie die gleiche Lichtmenge zu erzeugen, wird mit gleichbleibendem Energieaufwand mehr Licht erzeugt (Rebound-Effekt).

Die Beleuchtung benötigt weltweit 19 Prozent des Elektrizitätsverbrauchs, in der EU sind es 16 Prozent. Davon entfallen 80 Prozent auf Industrie- und Bürobeleuchtung, Verkaufsbeleuchtung und Straßenbeleuchtung etc., 20 Prozent auf die Beleuchtungen privater Haushalte. Die Straßenbeleuchtung alleine benötigt ein bis zwei Prozent des Strombedarfs in der EU (wobei die genauen Prozentsätze von Land zu Land variieren). Auf kommunaler Ebene macht aber die Straßenbeleuchtung bis zu 45 Prozent des öffentlichen Stromverbrauchs aus^[72]. Und etwa ein Drittel der Energie wird bei herkömmlicher Straßenbeleuchtung und alter Technik verschwendet, weil dieser Anteil des Lichts nicht dort ankommt, wo er gebraucht wird. Man schätzt, dass auf diese Weise EU-weit etwa fünf Milliarden kWh pro Jahr bei der Straßenbeleuchtung verschwendet werden (allein in Großbritannien sind es z. B. 843 Millionen kWh^[10]). In Österreich muss von einer verlorenen Energie in der Größenordnung von 100 Millionen kWh jährlich ausgegangen werden, in anderen Worten 15 Millionen Euro (bei angenommenen

0,15 Euro/kWh) oder 19.500 Tonnen CO₂. Der Wert liegt um ein Vielfaches höher, wenn man private und Werbebeleuchtung hinzunimmt.

Optimierte Beleuchtung garantiert vielerorts nicht nur einen geringeren Stromverbrauch und weniger Kosten, sondern auch einen niedrigeren Ausstoß an CO₂. Übermäßiges CO₂ in der Atmosphäre fördert den Treibhauseffekt, welcher die Klimaerwärmung beschleunigt. Bei der Produktion, im Betrieb und bei der Entsorgung aller Produkte, die für die Erzeugung von Licht notwendig sind, fällt CO₂ an. Durch Beleuchtung werden so indirekt jährlich Tausende Tonnen dieses klimarelevanten Gases produziert. Messbar und vergleichbar ist dies vor allem durch den Stromverbrauch im Betrieb. Bei der Stromerzeugung, insbesondere bei der Verbrennung von nicht erneuerbaren Energieträgern, wird CO₂ emittiert. Durchschnittlich fallen beim österreichischen Stromverbrauch ca. 195 g/kWh CO₂ an. Laut UCTE-Mix sind es europaweit ca. 432 g/kWh CO₂.



Sinnvoller und effizienter Einsatz von Beleuchtung ist ein wertvoller Beitrag zum Klimaschutz.

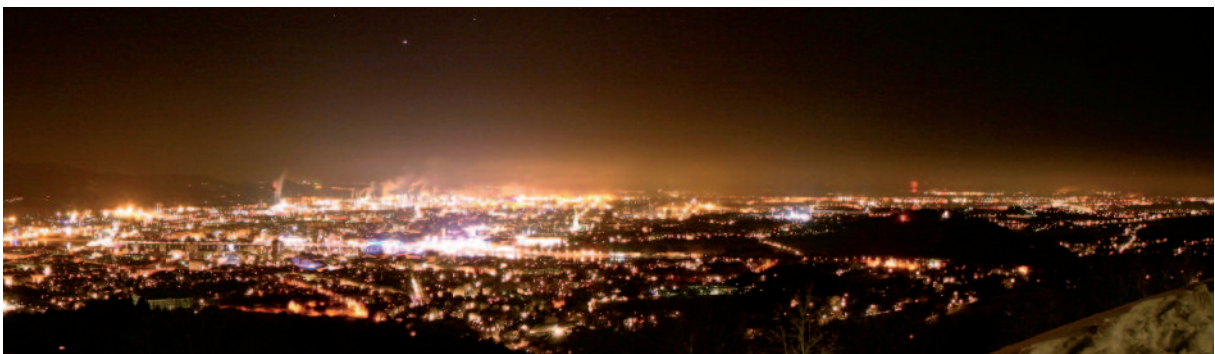


Abb. 19: Nach oben abgestrahltes Licht verschwendet Energie

2

RECHTLICHE UND NORMATIVE GRUNDLAGEN

Die meisten beleuchtungstechnischen Fragen sind in Österreich derzeit nicht gesetzlich geregelt. Es gibt jedoch Normen, die bestimmte Mindeststandards für die Beleuchtung wie auch zur Vermeidung unerwünschter Störwirkungen von künstlichem Licht setzen. Normen sind anerkannte „Regeln der Technik“, die besonders in Bereichen, wo Gesetze nur grobe Rahmenbedingungen setzen, von Bedeutung sind.

Für die Planung der öffentlichen Beleuchtung – v. a. der Straßenbeleuchtung – wird derzeit in insgesamt 28 europäischen Staaten die europäische Normenreihe EN 13201 herangezogen. Die Teile 2 bis 5 wurden 2016 neu herausgegeben, der Teil 1 „Auswahl der Beleuchtungsklassen“ gilt nicht EU-weit, weil sich die Mitgliedsländer nicht abschließend auf einen gemeinsamen Teil 1 verständigen konnten. In Österreich ersetzt diesen Teil 1 die ÖNORM O 1055 „Straßenbeleuchtung – Auswahl der Beleuchtungsklassen – Regeln zur Umsetzung des CEN/TR 13201-1“.

Als ergänzender nationaler Teil zur EN 13201 ist die ÖNORM O 1051 zu nennen. Die ÖNORM O 1051 enthält Vorgaben zur Beleuchtung sogenannter Konfliktzonen (Schutzwege, Radfahrerüberfahrten, Kreisverkehre, Parkplätze usw.).

Eine wichtige normative Grundlage ist die ÖNORM O 1052, „Lichtimmissionen – Messung

und Beurteilung“, die im Herbst 2012 in Kraft trat. In dieser Norm geht es nicht um einen speziellen Typ von Beleuchtung, sondern ganz allgemein darum, wie man künstliche Beleuchtung so gestalten kann, dass Blendung, Raumaufhellung, Aufhellung der Umwelt, Himmelsaufhellung usw. möglichst vermieden werden können. Kurzum: Ein wichtiges Thema der ÖNORM O 1052 ist die Vermeidung von Lichtverschmutzung.

Wichtige Grundbestimmungen der ÖNORM O 1052 und der übrigen oben genannten Normen sind in den vorliegenden Leitfaden eingeflossen.

Weiters sind folgende Normen und Richtlinien anzuführen:

- ÖNORM EN 12193 „Licht und Beleuchtung – Sportstättenbeleuchtung“
- ÖNORM EN 12464 „Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten“ – Teil 1 Arbeitsstätten in Innenräumen, und Teil 2 Arbeitsplätze im Freien
- RVS 05.06.11 und RVS 05.06.12: Diese Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen beschreiben u. a. Grenzwerte und Kriterien, um die Beeinträchtigung von Verkehrsteilnehmern durch Licht (z. B. Blendung durch Lichtwerbetafeln) zu minimieren.



Der vorliegende Leitfaden soll und kann keine der oben genannten Normen ersetzen.

Die Aufgabe dieses Leitfadens ist es vor allem, über umwelt- und gesundheitsverträgliche Beleuchtung zu informieren sowie Handlungsempfehlungen zu geben.

3

LEUCHTMITTEL

3.1 Leuchtmittel in der Außenbeleuchtung

In der Außenbeleuchtung werden seit den 30er-Jahren des letzten Jahrhunderts vorwiegend Gasentladungslampen verwendet. Die Lichterzeugung erfolgt dabei durch ein Gasplasma, für den Betrieb der Lampe ist ein Vorschaltgerät erforderlich. Technisch gesehen unterscheidet man Niederdruck- und Hochdruckentladungslampen.

Mit Beginn des 21. Jahrhunderts wurde eine gänzlich neue, aus Halbleitermaterial bestehende Lichtquelle kommerziell erhältlich: die LED oder Licht Emittierende Diode.

Heute hat die LED in weiten Bereichen der Straßen- und Außenbeleuchtung die Gasentladungslampen abgelöst. Die im Wohnbereich noch verbreiteten Glüh- und Halogenglühlampen haben in der Außenbeleuchtung immer eine untergeordnete Rolle gespielt.

In diesem Kapitel werden Lichtspektren, Effizienz und Schadstoffinhalt der unterschiedlichen Leuchtmittel kurz vorgestellt.

3.2 Spektren moderner Leuchtmittel

3.2.1 Leuchtstofflampen und Kompaktleuchtstofflampen

Leuchtstoff- und Kompaktleuchtstofflampen gehören technisch gesehen zu den Quecksilber-Niederdruck-Entladungslampen. Nach der Zündung der Lampe emittiert das Quecksilber-Gasgemisch der Leuchtstofflampe hauptsächlich ultraviolette und ein klein wenig blaue Strahlung. Um weißes Licht zu erzeugen, wird daher der Glaskolben der Lampe mit einer Mischung aus unterschiedlichen fluoreszierenden Pulvern beschichtet, welche die ultraviolette Strahlung in sichtbares Licht umwandeln. Das Resultat ist ein Spektrum mit ausgeprägten **Emissionslinien**, das vom menschlichen Auge als weißes Licht wahrgenommen wird. **Wellenlänge** und Höhe der Emissionslinien hängen von den verwendeten fluoreszierenden Pulvern ab, doch haben alle Quecksilber-Niederdruck-Entladungslampen

auch mehr oder weniger stark ausgeprägte Linien im blauen Spektralbereich. Hinsichtlich ihrer Umweltverträglichkeit sollten diese Leuchtmittel daher individuell nach ihren Spektren beurteilt werden. Dabei ist darauf zu achten, die Strahlungsemission im Wellenlängenbereich kleiner als 500 nm möglichst gering zu halten. Abbildung 20 und Abbildung 21 zeigen typische Spektren unterschiedlicher Quecksilber-Niederdruck-Entladungslampen. Aufgrund der starken Emission im Wellenlängenbereich kleiner als 500 nm sollte z. B. die Lampe aus Abbildung 20 nicht für Beleuchtung im Außenbereich verwendet werden. Ebenso sollten Emissionen im Wellenlängenbereich größer als 680 nm bzw. Infrarotbereich vermieden werden.

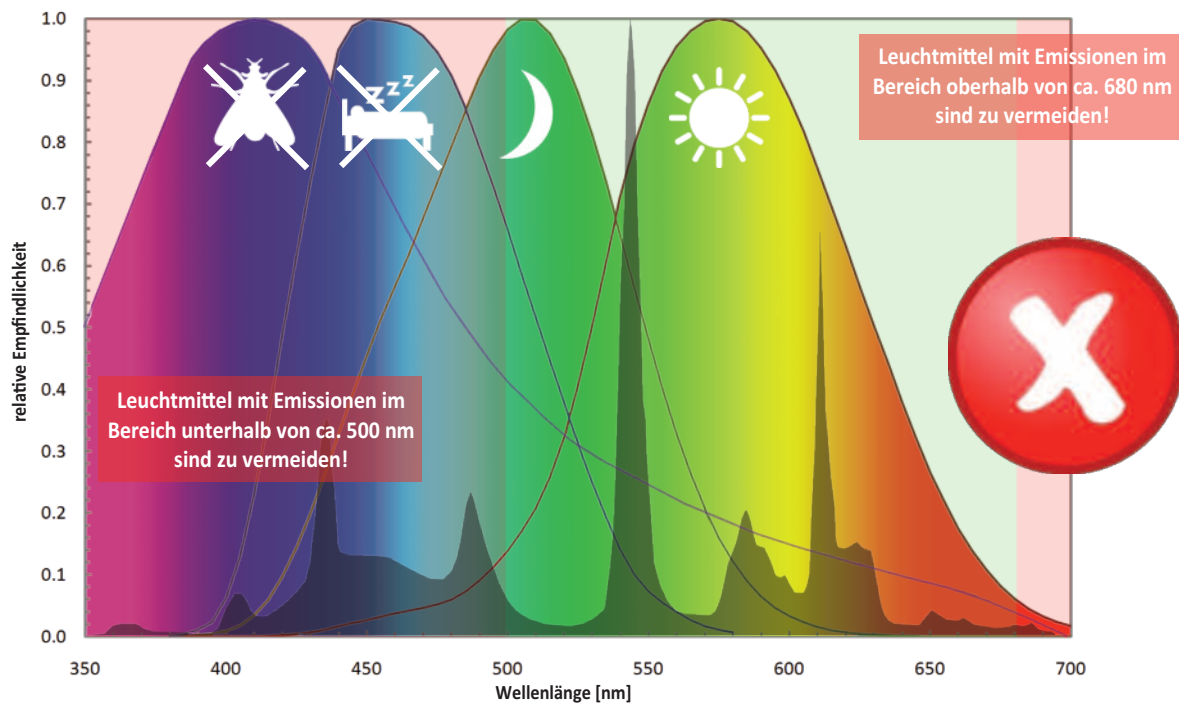


Abb. 20: Typisches **Spektrum** einer Leuchtstofflampe mit einer Farbtemperatur von 5000 K

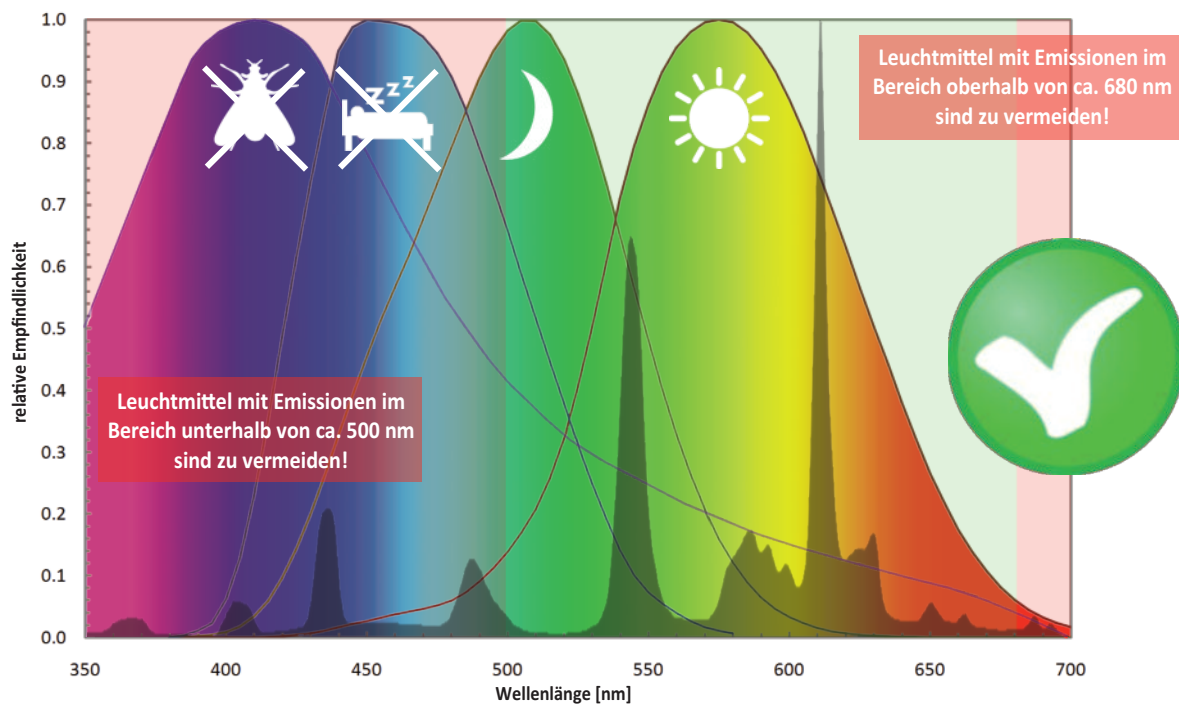


Abb. 21: Spektrum einer Leuchtstofflampe bzw. Energiesparlampe mit einer Farbtemperatur von 3000 K und geringem Blauanteil

3.2.2 Metallhalogendampflampen

Metallhalogendampflampen gehören technisch zu den Quecksilber-Hochdruck-Entladungslampen. In der heißen Brennerkammer sind neben Quecksilber auch Halogenidverbindungen und seltene Erden in den Entladungsprozess mit eingebunden und emittieren ihr eigenes Spektrum. Dadurch entsteht letztendlich ein Spektrum, das vom menschlichen Auge als weißes Licht wahrgenommen wird. Durch den Wegfall der fluoreszierenden Beschichtung ist die Entladungskammer selbst die emittierende Oberfläche, wodurch diese Lampen kompakt gebaut werden

können und für den Einsatz in Reflektor- und Flutlichtleuchten gut geeignet sind. Ähnlich wie bei Leuchtstofflampen zeigen auch die Spektren dieser Leuchtmittel ausgeprägte Emissionslinien, sowohl im ultravioletten wie auch im blauen Spektralbereich. Hinsichtlich ihrer Umweltverträglichkeit sollten daher auch diese Lampen individuell nach ihrem Spektrum beurteilt bzw. sollten Lampen mit UV-Block verwendet werden. Als UV-Blocker eignen sich beispielsweise Farbglasfilter (Langpassfilter ab 440 nm oder ab 400 nm).

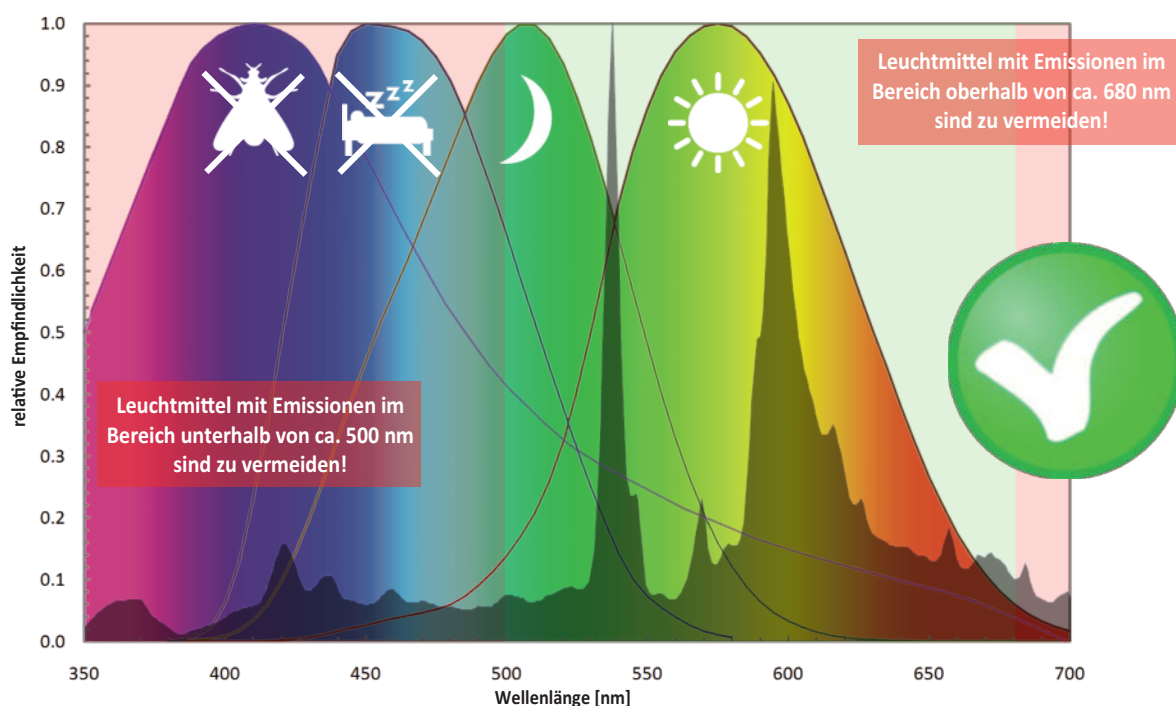


Abb. 22: Spektrum einer Metallhalogendampflampe

3.2.3 Leuchtdiode (LED)

Weißes Licht aus der LED

Bedingt durch das physikalische Wirkprinzip der „Lichterzeugung im Kristall“ emittiert eine Leuchtdiode zunächst immer sehr schmalbandige, beinahe monochromatische Strahlung und damit farbiges Licht. Ein Spektrum, das vom menschlichen Auge als weißes Licht wahrgenommen wird, kann entweder durch Kombination unterschiedlicher farbiger LEDs oder durch Kombination einer blauen LED mit fluoreszierendem Material erzielt werden. In der Straßenbeleuchtung kommt praktisch nur letztere Technologie zur Anwendung. Dabei wird ein Teil der energiereichen blauen Strahlung der LED durch eine Konversionsschicht in Licht mit zahlreichen anderen Wellenlängen umgewandelt. Das so erzeugte Spektrum ist im Gegensatz zu jenem der Gasentladungslampen kontinuierlich, weist aber einen, abhängig von der ähnlichsten Farbtemperatur, mehr oder weniger starken Blauanteil auf.

LEDs mit einer nominellen ähnlichsten Farbtemperatur über 3000 K sollten mit Bedacht ausgewählt

und in ökologisch empfindlichen Bereichen nicht verwendet werden.

Warmweiße LEDs mit einer nominellen ähnlichsten Farbtemperatur von 3000 K oder geringer weisen meist einen sehr geringen Blauanteil in der Strahlung auf und können vom gesundheitlichen und ökologischen Standpunkt empfohlen werden.

Hinsichtlich Anlockwirkung auf nachtaktive Insekten wurden die Hochdruck-Natriumdampflampe, warmweiße LEDs (2700 Kelvin) sowie neutralweiße LEDs (4000 Kelvin) getestet. Dabei werden die meisten nachtaktiven Insekten von der Hochdruck-Natriumdampflampe und die geringste Anzahl von den warmweißen LEDs angelockt. Signifikante Ergebnisse liegen auf Ordnungsebene insbesondere für Nachtfalter und Zweiflügler vor^[73].

Aktuell gehören weiße LEDs zu den effizientesten kommerziell erhältlichen Leuchtmitteln.

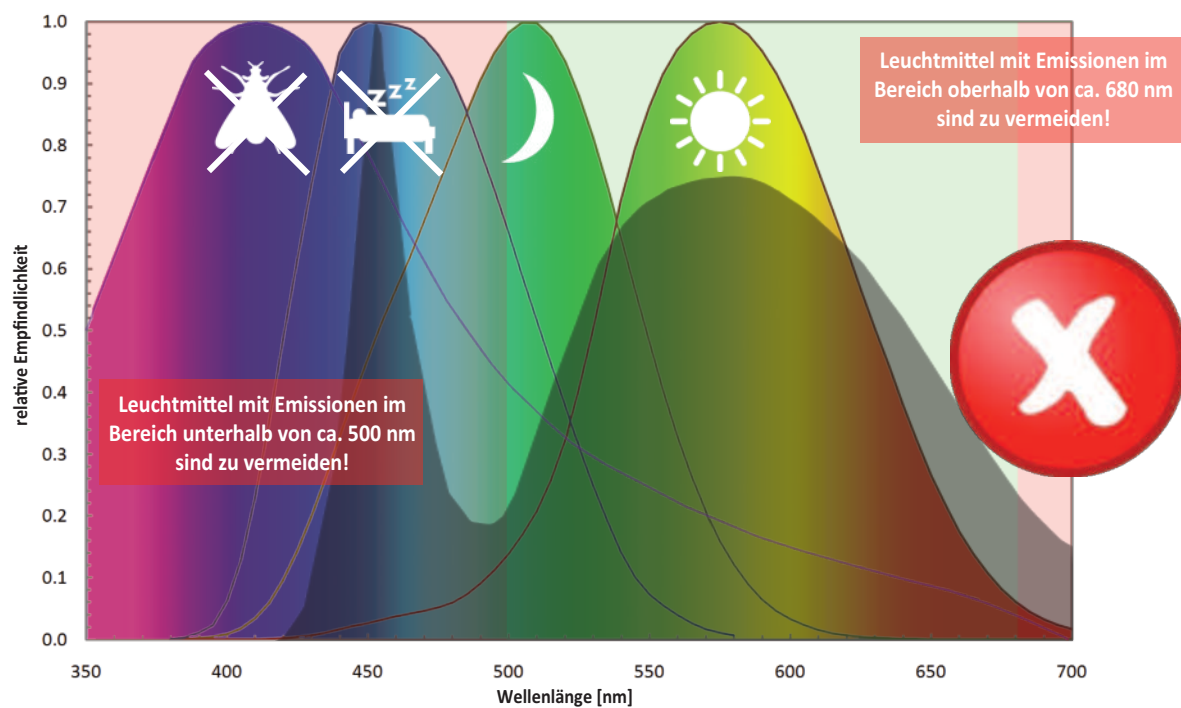


Abb. 23: Spektrum einer neutralweißen LED

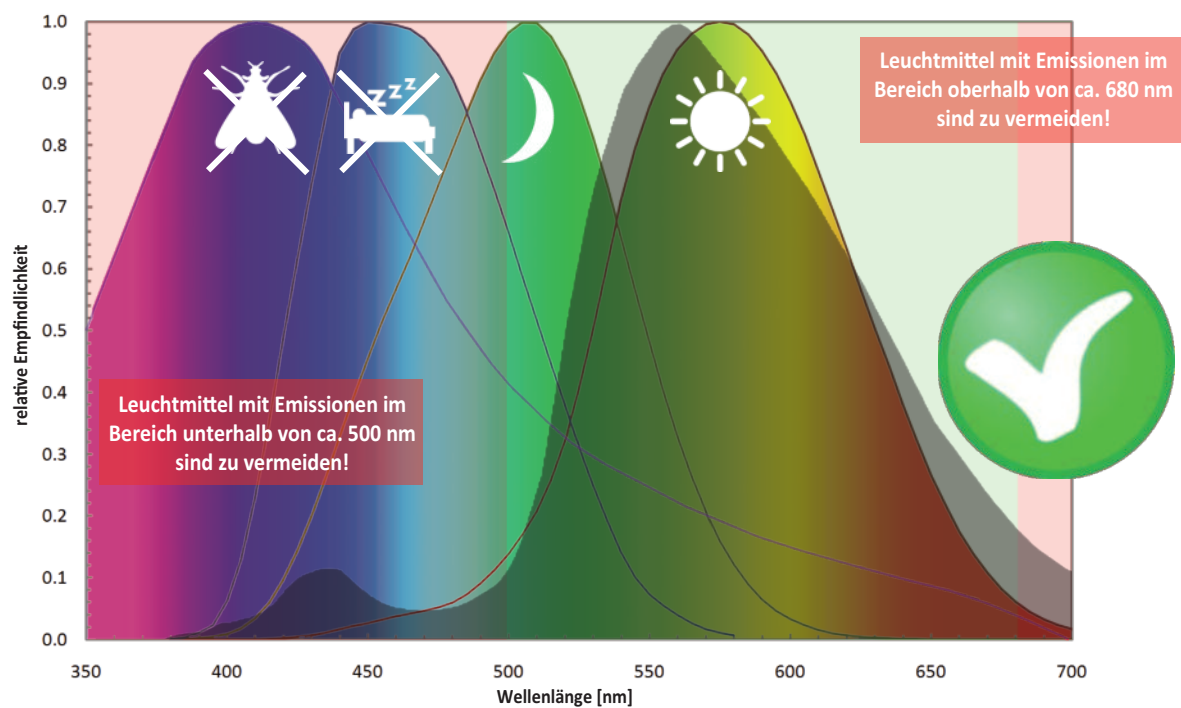


Abb. 24: Spektrum einer warmweißen LED (2700 Kelvin)

Gelbe LED

Gelbe LEDs, die für den Einsatz in der Allgemeinbeleuchtung geeignet sind, generieren ihr Spektrum wie auch die weiße LED durch Kombination einer blauen LED mit fluoreszierendem Material. Im Gegensatz zur weißen LED ist bei der gelben LED die Fluoreszenzschicht so ausgelegt, dass nur Licht im gelben Spektralbereich emittiert und die kurzwellige blaue Strahlung der Treiber-LED praktisch vollständig umgewandelt wird.

Bedingt durch die eingeschränkte Spektralverteilung (siehe Abbildung 25) kommt es zwar zu deutlichen Einbußen in der Farbwiedergabe, ist diese jedoch von untergeordneter Bedeutung, kann der Einsatz von gelben LEDs zur Beleuchtung, z. B. in ökologisch sensiblen Bereichen empfohlen werden.

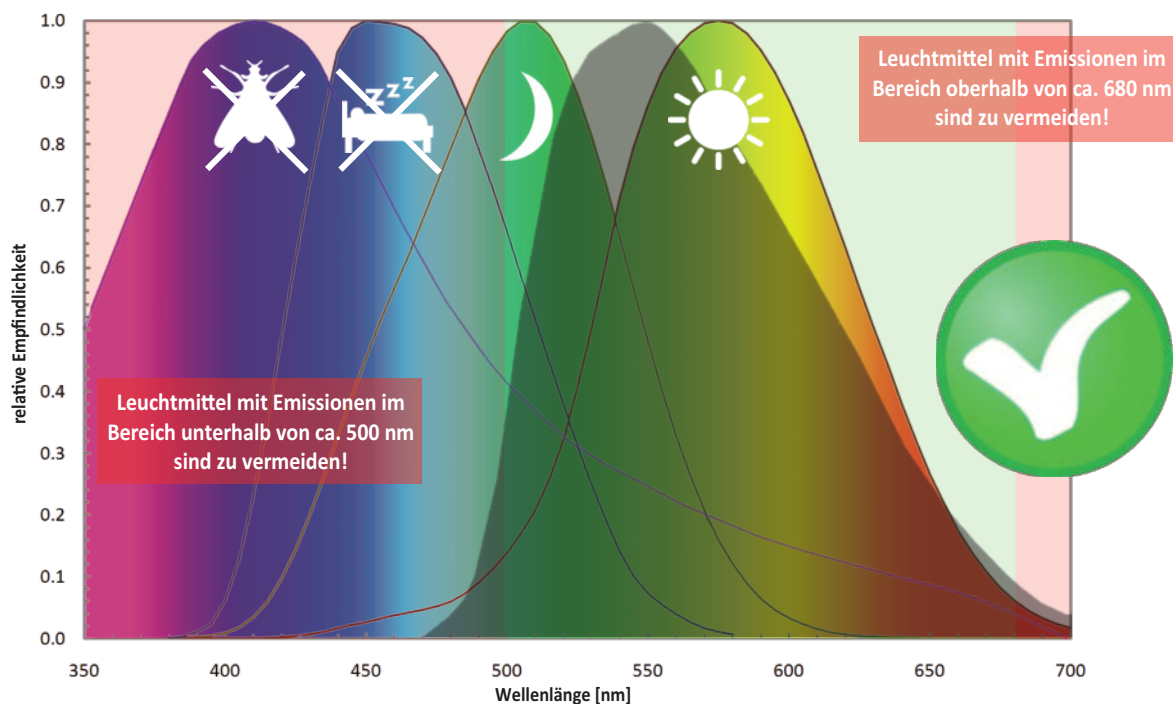


Abb. 25: Spektrum einer gelben LED

3.2.4 Niederdruck-Natriumdampflampen

Niederdruck-Natriumdampflampen sind die aktuell effizientesten kommerziell erhältlichen Leuchtmittel. Sie emittieren praktisch **monochromatisches Licht** mit einer Wellenlänge von 589 nm und damit nahe der Wellenlänge der maximalen Augenempfindlichkeit von 555 nm, wodurch sich auch der hohe Wirkungsgrad erklärt. Durch

die physikalisch bedingte lange Bauform ist es nicht möglich, das Licht durch Reflektoren exakt zu lenken, sodass ein hoher Streulichtanteil entsteht. Durch das monochromatische Licht ist keine Farberkennung möglich. Niederdruck-Natriumdampflampen benötigen kein Quecksilber.

3.2.5 Hochdruck-Natriumdampflampen

Hochdruck-Natriumdampflampen weisen wie alle Hochdruck-Gasentladungslampen eine relativ kompakte Bauform auf, ihr Licht kann mit Reflektoren besser gelenkt werden als jenes der Niederdrucklampe. Bedingt durch den hohen Druck in der Brennerkammer kommt es zu einer Aufweitung der Natrium-Spektrallinien, sodass mit diesen Lampen

zumindest eingeschränkte Farbwahrnehmung möglich ist. Die Effizienz von Hochdruck-Natriumdampflampen ist aktuell mit jener von LEDs vergleichbar. Je nach Ausführung kann auch bei Hochdruck-Natriumdampflampen auf Quecksilber verzichtet werden.

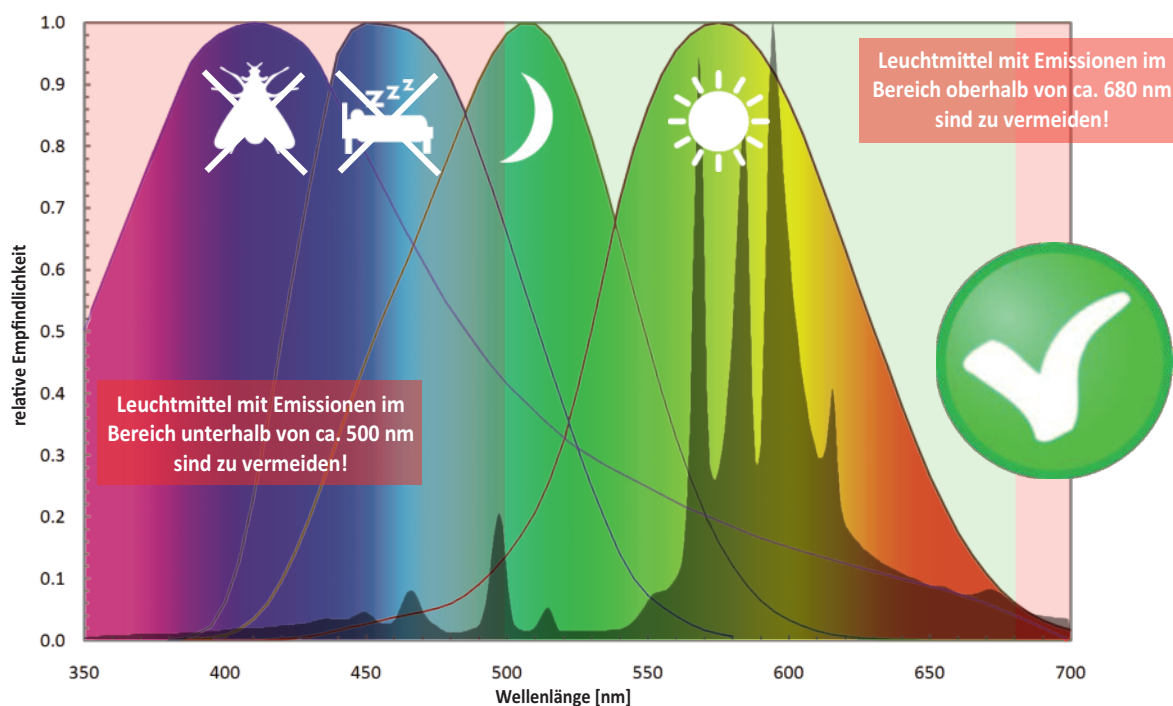


Abb. 26: Spektrum einer Hochdruck-Natriumdampflampe

3.2.6 Glüh- und Halogenglühlampen

Das Spektrum von Glühlampen und Halogenglühlampen zeigt zwar kaum Emissionen im blauen Bereich, allerdings liegt das Maximum der Ausstrahlung zu weit im Roten, genauer im Infraroten (siehe Abbildung 16), was dazu führt, dass die Effizienz dieser Leuchtmittel sehr gering ist. Ein Großteil

der elektrischen Energie wird in Wärme und nicht in Nutzlicht umgewandelt. Glüh- und Halogenglühlampen können daher für Außenbeleuchtung nicht empfohlen werden.

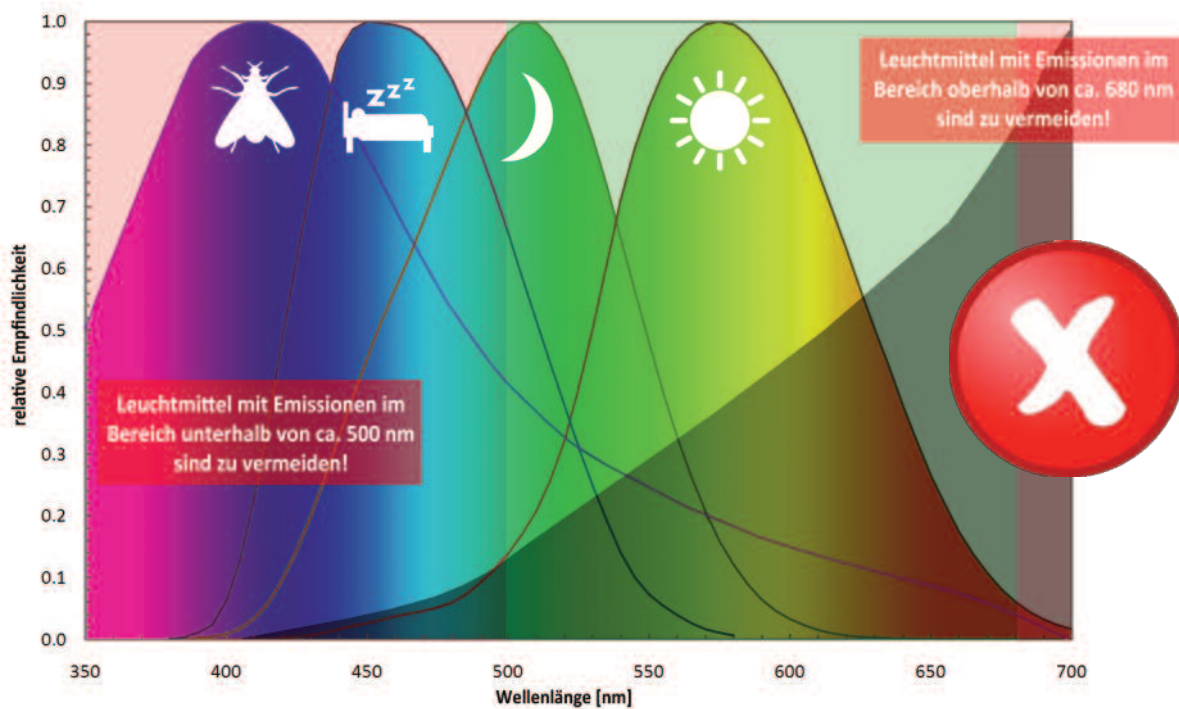


Abb. 27: Typisches Spektrum von Glüh- und Halogenlampen

3.3 Leuchtmittel im Effizienz-Vergleich

Aktuell sind Niederdruck-Natriumdampflampen nach wie vor die effizientesten Leuchtmittel, allerdings ist mit ihnen, wie bereits vorab beschrieben, keine Farbwahrnehmung möglich. Die Effizienz von LEDs hat in den letzten Jahren stark zugenommen und liegt aktuell etwas über jener der Hochdruck-Natriumdampflampe.

Die Vorteile der LED sind eine gute bis sehr gute Farbwiedergabe und die, durch die geringe Baugröße bedingte, sehr gute Möglichkeit zur Lichtlenkung durch Linsen oder Reflektoren, weiters die Möglichkeit des Dimmens mit dem Vorteil der Verlängerung der Lebensdauer.

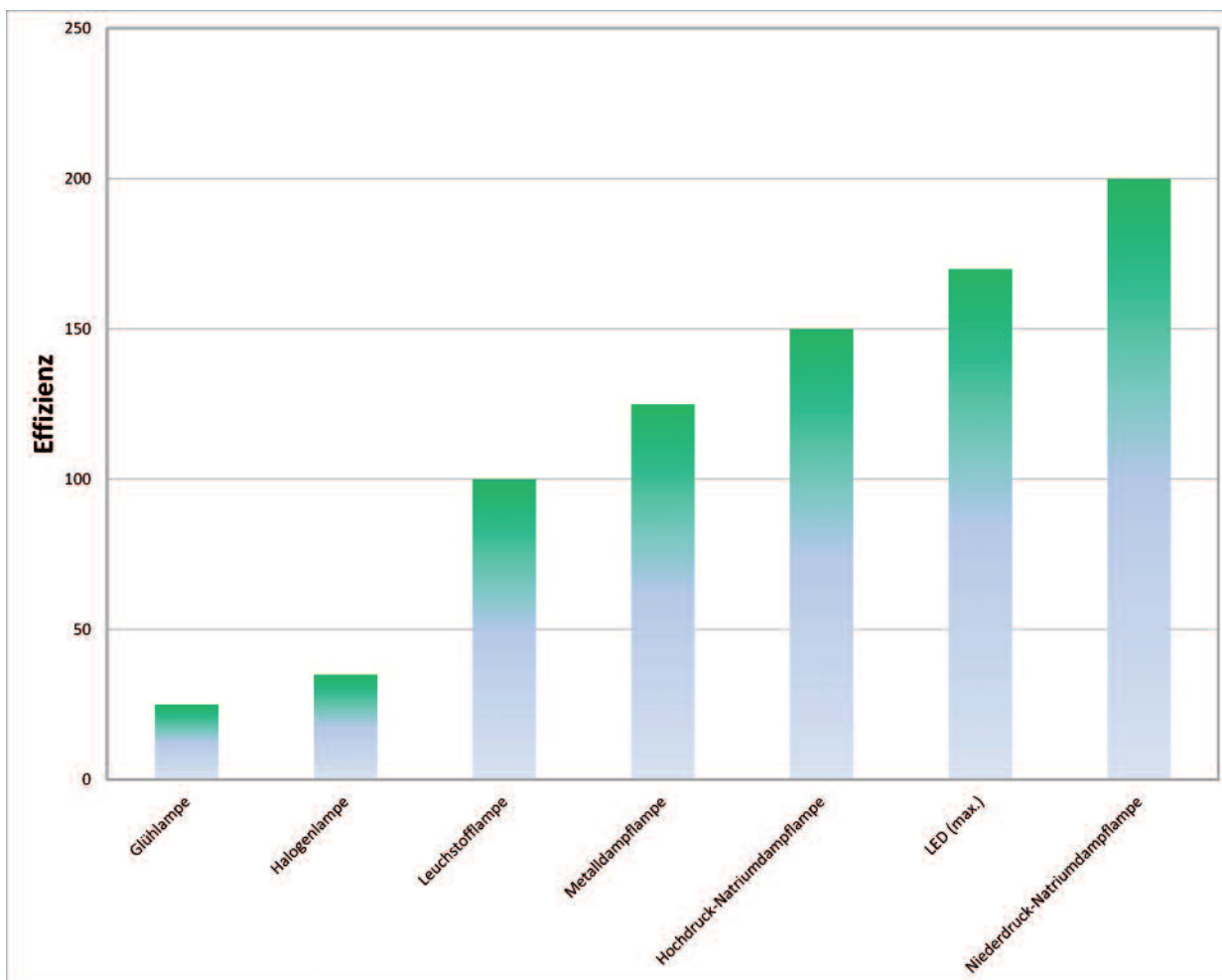


Abb. 28: Leuchtmittel-Effizienz-Vergleich (Effizienz = Lichtausbeute)



Warmweiße LEDs und Hochdruck-Natriumdampflampen können aufgrund ihrer hohen Effizienz und ihres Spektrums empfohlen werden.

3.4 Schadstoffinhalt moderner Leuchtmittel

Hinsichtlich des Schadstoffgehaltes sind Leuchtstofflampen, Kompaktleuchtstofflampen, Metallhalogendampflampen und LEDs kritisch zu betrachten. Leuchtstofflampen und Kompaktleuchtstofflampen benötigen für ihre Funktion Quecksilber und seltene Erden, Letztere sind auch für LEDs unverzichtbar. Während die seltenen Erden meist unter ökologisch bedenklichen Bedingungen

gewonnen werden, ist Quecksilber ein giftiges Schwermetall und eines der schädlichsten Umweltgifte. Defekte oder ausgediente LEDs müssen als Elektronikschrott fachgerecht entsorgt werden. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bei modernen Leuchtmitteln jedenfalls auf ordnungsgemäßes Recycling zu achten ist.

3.5 Empfehlung für den Außenbereich

Aus medizinischen Gründen sollten Leuchtmittel gemäß den umweltmedizinischen Empfehlungen des Robert Koch-Institutes^[74] nicht im Wellenlängenbereich kleiner als 500 nm Licht abgeben, da ansonsten u. a. der natürliche Tag-Nacht-Rhythmus gestört wird. Ebenso ist bei Vermeidung dieser Wellenlängen eine geringere Beeinträchtigung der Natur (z. B. Insekten) zu erwarten. Derzeit liegen keine Leuchtmittel vor, welche diese Bedingung vollkommen erfüllen. Ein guter Kompromiss sind gängige LED-Leuchten mit einer angegebenen Farbtemperatur von maximal 3000 K. Konstruktionsbedingt verbleibt eine Restemission im Blaubereich, welche im

optimalen Fall durch einen Blaufilter eliminiert wird. Dieser Filter empfiehlt sich auch deshalb, da er der „Alterung“ des Leuchtmittels und damit einer weiteren Verschiebung der emittierten Wellenlängen in den kurzwelligeren Bereich entgegenwirkt.

Bei gerichteten Lichtquellen mit einer hohen Lichtemission/Leuchtdichte (z. B. Strahler) wird aufgrund der phototoxischen Effekte sowie der hohen Blendwirkung empfohlen, auf Leuchtmittel, welche Licht im Wellenlängenbereich kleiner als 500 nm emittieren, zu verzichten.



Aus Sicht von Medizin, Natur- und Umweltschutz wird empfohlen, warmweiße Leuchtmittel bis 3000 K Farbtemperatur mit möglichst geringem Blauanteil im Spektrum einzusetzen.

4

LEUCHTEN

In diesem Kapitel werden die Abstrahlrichtungen von Leuchten, die Anstrahlung von Objekten sowie die erforderlichen Lichtintensitäten behandelt.

4.1 Das Grundprinzip

Bei moderner Beleuchtungstechnik ist es besonders wichtig, auf die richtige Abstrahlrichtung bzw. die richtige Strahlgeometrie zu achten. Bedingt durch die verwendeten Leuchtmittel mit kleiner leuchtender Fläche und hoher Lichtintensität kommt es zu sehr hohen Leuchtdichten. Bei direktem Blick in die Leuchtmittel besteht die

Gefahr der physiologischen Blendung (siehe Kapitel 1.1.3).

Blendung und unerwünschte Lichtimmissionen können durch Beachtung eines einfachen Grundsatzes leicht reduziert werden:



Die beleuchtete Fläche, nicht die Lichtquelle selbst, soll zu sehen sein!



Abb. 29: Abgeschirmte Leuchten beleuchten nur die Straße und blenden dabei nicht

Lichtemissionen geringer Intensität können durchaus zur optischen Führung beitragen. Dies hat jedoch nichts mit dem direkten Blick in die Lichtquelle zu tun.

4.2 Ideale Strahlengeometrie

Wesentlich bei der Auswahl von Leuchten ist, dass kein Licht in und über die Horizontale abgestrahlt wird. Dies ist bei sogenannten **Full-Cut-off**-Leuchten der Fall, wenn sie ordnungsgemäß horizontal montiert sind.

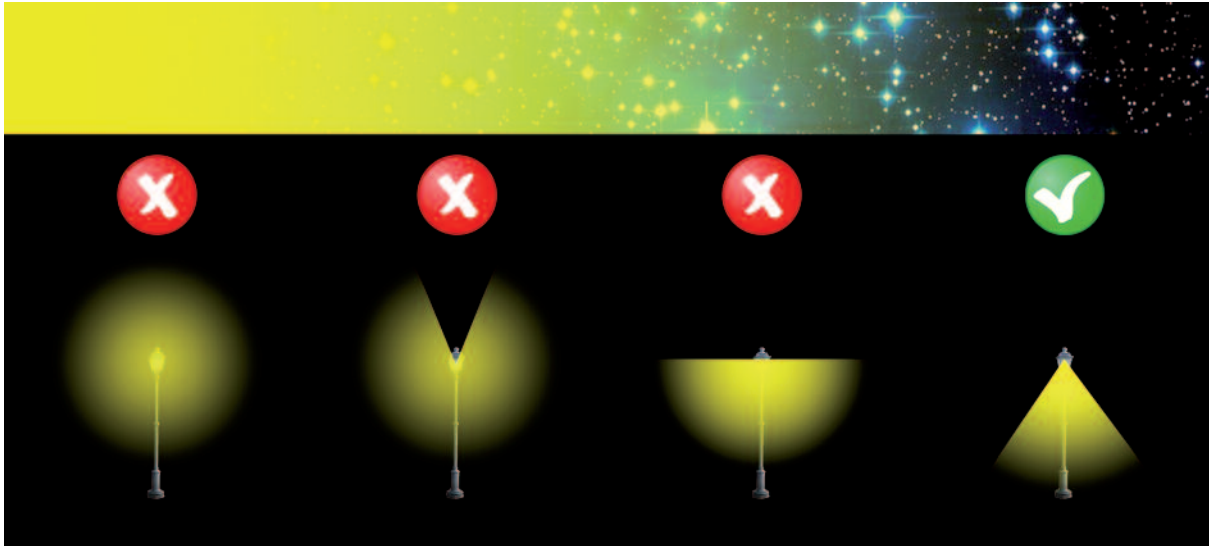
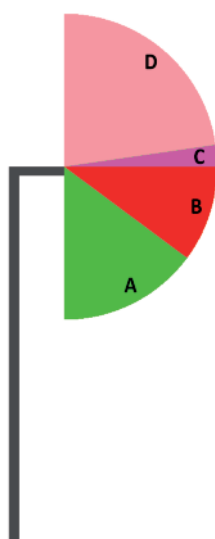


Abb. 30: Veranschaulichung zur idealen Strahlengeometrie

Licht, das außerhalb der Zone A abgestrahlt wird, trägt praktisch nicht zur Platz- oder Straßenbeleuchtung und somit zum Nutzlicht bei, sondern ist verschwendet, wie auch die Energie, die zu seiner Erzeugung erforderlich ist.



Zone D (Strahlungswinkel 95 bis 180 Grad):

Kein zusätzlicher Beitrag zum Nutzlicht. Deutliche lokale Himmelsaufhellung, insbesondere im Nahbereich von einigen Kilometern um die Leuchte.

Zone C (Strahlungswinkel 90 bis 95 Grad):

Kein zusätzlicher Beitrag zum Nutzlicht, kritischer Bereich für die Beeinträchtigung von Lebewesen und Himmelsaufhellung. Stark störende Fernwirkung, in diese Richtung abgestrahltes Licht ist auch aus großer Entfernung, viele Dutzend Kilometer weit, wahrnehmbar.

Zone B (Strahlungswinkel 70 bis 90 Grad):

Geringer zusätzlicher Beitrag zum Nutzlicht, signifikanter Bereich für die Beeinträchtigung von Lebewesen, Gefahr der Blendung.

Zone A (Strahlungswinkel 0 bis 70 Grad):

Idealer Ausstrahlwinkel. Maximaler Beitrag zum Nutzlicht, minimale störende Fernwirkung.

Abb. 31: Strahlungszonen laut ÖNORM O 1052



Full-Cut-off-Leuchten sind zu bevorzugen, da diese Energie und somit Kosten sparen und einen wesentlich geringeren Beitrag zur Himmelsaufhellung leisten. Darüber hinaus werden die Fauna, Flora und Lebensräume wesentlich geringer beeinträchtigt.



Abb. 32: Bisherige Beleuchtung einer Gasse in Wien mit Leuchtstofflampe



Abb. 33: Umrüstung der Beleuchtung auf LED

4.3 Lichtstärkeverteilungskurve bzw. Lichtverteilungskörper

Die Darstellung der Abstrahlcharakteristik einer Leuchte erfolgt mithilfe von Lichtstärkeverteilungskurven, abgekürzt LVK. Lichtstärkeverteilungskurven beschreiben, wie viel Licht durch die Lichtquelle in welche Richtung abgegeben wird und werden meist vom Hersteller der Lichtquelle zur Verfügung gestellt. Lichtstärkeverteilungskurven sind für den Entwurf von Beleuchtungsanlagen erforderlich und zeigen anschaulich, in

welche räumlichen Bereiche Licht abgestrahlt wird. Meist werden aus der ganzen Kurvenschar, die den Lichtstärkeverteilungskörper bildet, zwei aufeinander senkrecht stehende Schnittebenen dargestellt (siehe Abbildung 34).

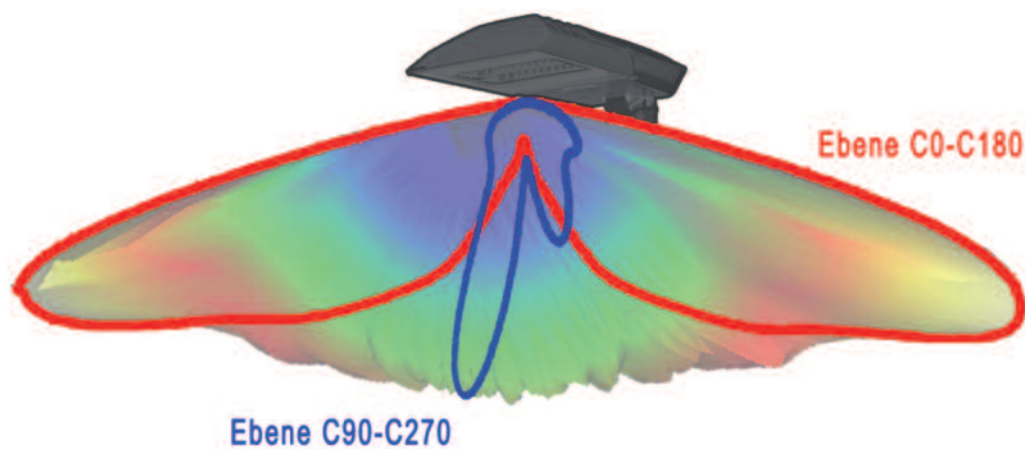


Abb. 34: Veranschaulichung von zwei Messebenen einer LVK an einer Straßenleuchte

Die Lichtstärkeverteilungskurve (LVK) zeigt die in die jeweilige Schnittebene emittierte Lichtstärke in **Candela** an. In Abbildung 34 ist die LVK einer Straßenleuchte zu sehen. Bei asymmetrischen Strahlern werden die Strahlungsverteilungen von zwei Ebenen in einem Diagramm dargestellt (siehe Abbildung 36).

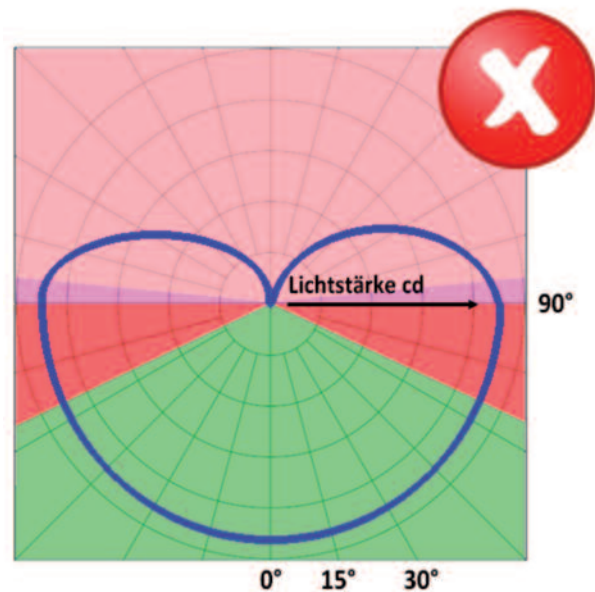


Abb. 35: LVK einer alten Seilhängeleuchte

Hinsichtlich allfälliger unerwünschter Lichtemissionen werden Lichtstärkeverteilungskurven nach der ÖNORM O 1052 bewertet. Idealerweise sollte ab einem Winkel von 70° zur Senkrechten keine Abstrahlung erfolgen. Die alte Seilhängeleuchte in Abbildung 35 würde diesem Kriterium

bei Weitem nicht genügen. Die blaue Kurve sollte nur im grün markierten Bereich, Zone A, verlaufen.

Typische Beispiele zur Lichtstärkeverteilungskurve

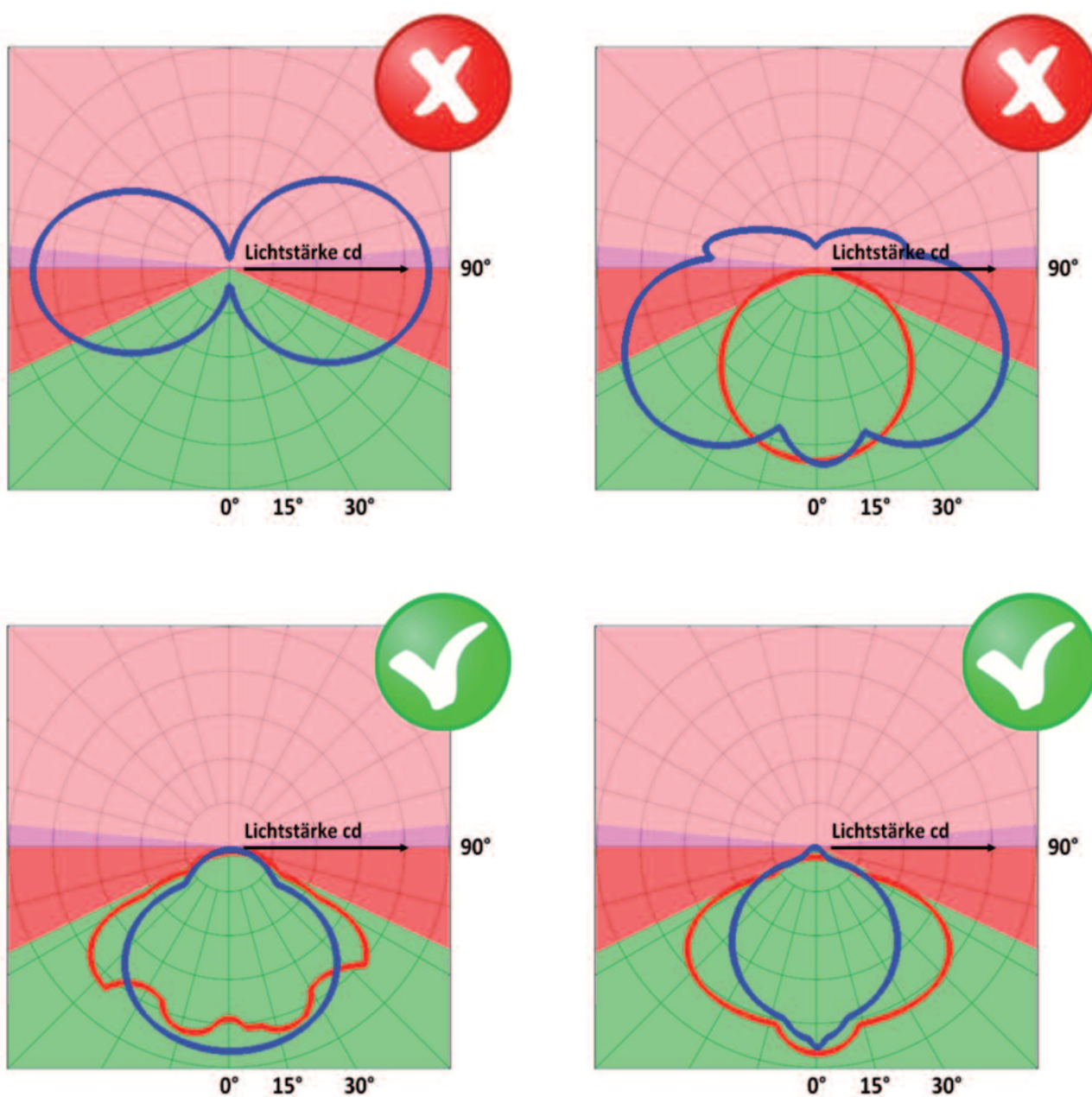


Abb. 36: Typische Lichtstärkeverteilungskurven

4.4 Lichtpunkthöhe

Sowohl die Anlockwirkung für nachtaktive Insekten wie auch der Beitrag zur Lichtverschmutzung sind umso geringer, je niedriger die Lichtpunkthöhe ist. Demgegenüber stehen die mit geringer werdender Lichtpunkthöhe größer werdende

Anzahl erforderlicher Leuchten und die Funktion der Beleuchtung an sich. Aus funktionellen Gründen ist die Lichtpunkthöhe meist nicht frei wählbar.

4.5 Anstrahlrichtung

Bei Objektbeleuchtungen ist grundsätzlich einer objektnahen Anstrahlung von oben der Vorzug zu geben; nur in Fällen, wo dies nicht möglich ist, kann mit geeigneten Strahlern eine Anstrahlung

von unten erfolgen (siehe Abbildung 37). Bei Anstrahlungen ist generell dafür Sorge zu tragen, dass die Vorgaben der ÖNORM O 1052 eingehalten werden.

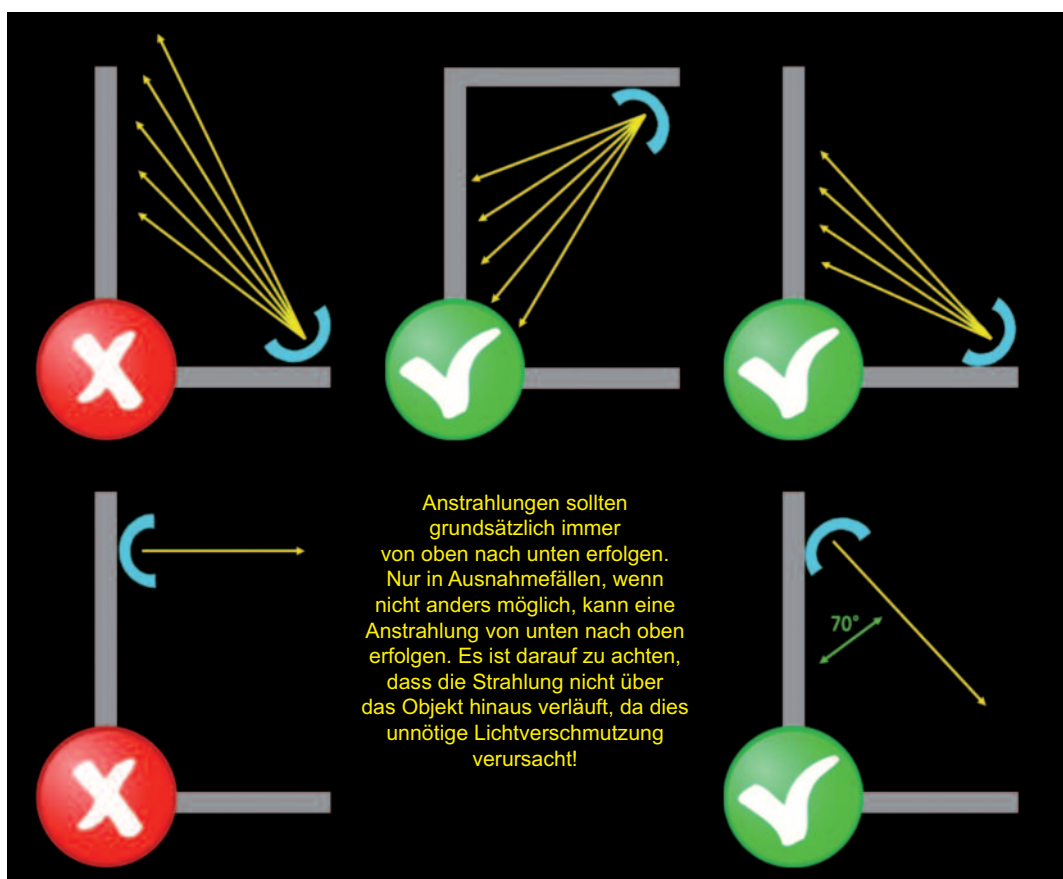


Abb. 37: Empfehlung für Beleuchtungsinstallationen

4.6 Betriebsweise



Kunstlicht soll nur zu den Zeiten und in den Intensitäten zur Verfügung stehen, in welchen es benötigt wird.

4.6.1 Nachtab senkung

Unter Nachtab senkung versteht man die Reduktion des Beleuchtungsniveaus innerhalb gewisser Zeitabschnitte der Nacht. Dabei ist darauf zu achten, dass die Gleichmäßigkeit der Fahrbahn-helligkeit nicht vermindert wird. Eine Reduktion des Beleuchtungsniveaus durch Abschalten einzelner Leuchten im Straßenverlauf ist daher ungünstig, da dies zu einer Reduktion der Gleichmäßigkeit und zur Entstehung von Tarnzonen führen würde.

Mit der Einführung moderner Regel- und Steuergeräte ist es möglich geworden, praktisch alle Leuchtmittel zumindest in einem gewissen Leistungs- und Helligkeitsbereich zu dimmen, wobei LEDs hier den größten Regelbereich der im Außenbereich verwendeten Leuchtmittel aufweisen.

Eine ausführliche Anleitung für die Nachtab senkung findet sich in der ÖNORM O 1055.



Durch Nachtab senkungen wird Energie gespart und unerwünschte Lichtemission reduziert.

4.6.2 Nachtab schaltung

Erlauben es die Umstände, so kann zu bestimmten Nachtzeiten auf Beleuchtung gänzlich verzichtet werden. Rechtlich ist in Österreich weder die Verpflichtung zur Beleuchtung noch eine Abschaltung der Straßenbeleuchtung explizit geregelt. In manchen Gemeinden ist es daher gängige Praxis, die Straßenbeleuchtung während der zweiten Nachthälfte abzuschalten.

Bei der Beurteilung der Notwendigkeit einer Beleuchtung kann davon ausgegangen werden, dass die Benutzer die (Straßen-)Verkehrsvorschriften einhalten. Der Wegehalter darf sich

darauf verlassen, dass sich die Benutzer einer Straße an die StVO halten und z. B. ihr Fahrzeug ordnungsgemäß beleuchten^[75]. Keine grobe Fahrlässigkeit liegt (i. d. R.) vor, wenn auf Hindernisse nicht aufmerksam gemacht wird, die bei Einhaltung der Verkehrsvorschriften nicht zum Unfall führen^[76]. Die Notwendigkeit und der Umfang einer Straßenbeleuchtung richten sich nach der Zweckbestimmung des Weges^[76].

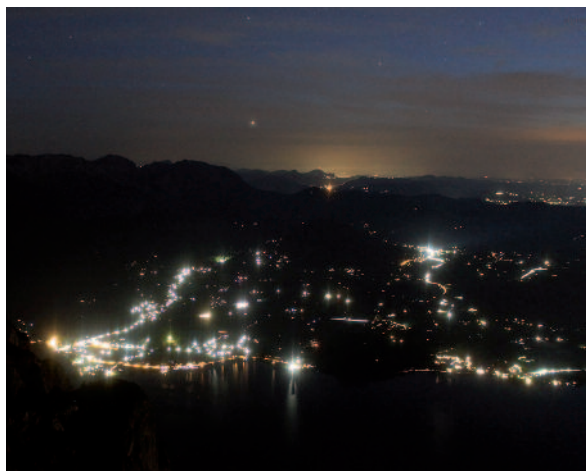


Abb. 38: Blick Gmundnerhütte, Traunstein, Richtung Salzburg auf die Gemeinde Gmunden (Oberösterreich) vor und nach der teilweisen Nachtabschaltung

4.6.3 Sensorgesteuerte Beleuchtung

Sensorgesteuerte Beleuchtungsanlagen sorgen dafür, dass es nur dann Licht gibt, wenn es wirklich gebraucht wird. Durch neue Technologien kann die Beleuchtung gedimmt werden, was einer deutlichen Reduktion von Energie und

Licht entspricht. Vor allem in Gebieten geringer Siedlungs- und Verkehrsdichte können diese Systeme zu erheblichen Einsparungen führen. Angaben zur Nachtabsenkung finden sich in der ÖNORM O 1055.

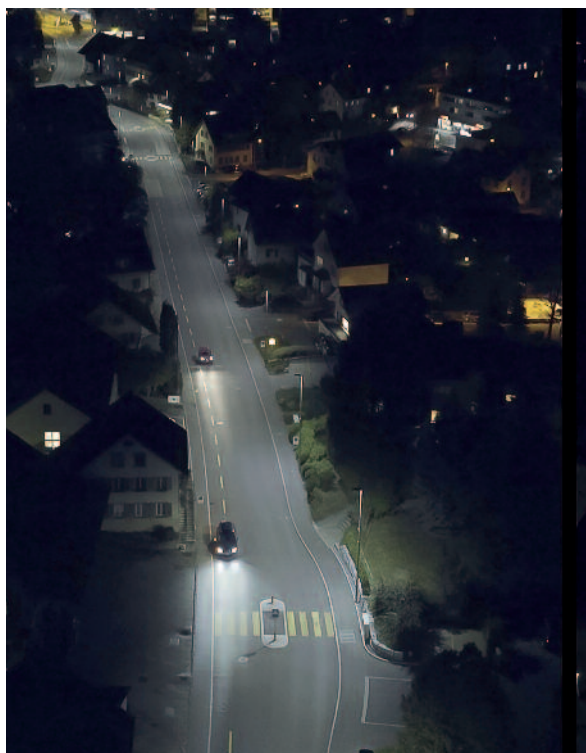


Abb. 39: Das verkehrsbeobachtende Licht in Urdorf (CH): Je nach Verkehrsaufkommen verändert sich die Beleuchtungsstärke zwischen 100 % (links) und 40 % (rechts)

5

UMSETZUNGS- EMPFEHLUNGEN

Die Empfehlungen basieren auf dem Grundprinzip der Angemessenheit. Diese Empfehlungen gelten als Leitmotiv für das zu erreichende Lichtniveau, die zu erzeugende Lichtatmosphäre und Lichtfarbe, die Auswahl der Leuchtentypen in Bezug zu ihrem räumlichen Umfeld und nicht zuletzt für die mit künstlicher Beleuchtung verbundenen wirtschaftlichen, energetischen und ökologischen Rahmenbedingungen.

Leider wird der Leitgedanke der Angemessenheit bei der Planung von Anlagen derzeit noch

zu wenig berücksichtigt, weshalb jährlich eine Zunahme der Lichtverschmutzung von sechs Prozent^[69] festzustellen ist.

Der ökologische Ansatz des Lichtkonzeptes gründet auf einer umfassenden, wissenschaftlich fundierten Auseinandersetzung mit dem Einfluss des künstlichen Lichtes auf die menschliche Gesundheit und den Lebensraum von Mensch und Tier.

5.1 Prüfen der Notwendigkeit der Beleuchtung

Am Beginn jedes Beleuchtungskonzeptes sollte zunächst die Frage stehen, inwieweit Beleuchtung überhaupt erforderlich ist und welche Auswirkungen diese auf Mensch und Umwelt haben wird. Sollte eine künstliche Beleuchtung erforderlich sein, ist diese, unter Berücksichtigung der medizinischen und ökologischen Grundlagen des Leitfadens, entsprechend der aktuellen Regelwerke auszuführen.

Beleuchtungsanlagen, die weder der Sicherheit noch dem subjektiven Sicherheitsempfinden dienen, wie z. B. Werbebeleuchtung und Objektbeleuchtung, sind aus den beschriebenen gesundheitlichen und ökologischen Gründen

kritisch zu hinterfragen und sofern nicht vermeidbar, auf ein Minimum zu reduzieren.

Diese Empfehlung richtet sich auch an Außenbeleuchtung im privaten Bereich.

Grundsätzlich soll in naturschutzrechtlich geschützten Gebieten Österreichs auf Beleuchtung weitestgehend verzichtet werden. Die möglichen negativen Auswirkungen des nächtlichen Kunstlichts sind mit den jeweiligen Schutzzielen meist nicht vereinbar.



Vor Planung eines Beleuchtungsprojektes soll die Notwendigkeit hinterfragt werden!

5.2 Begrenzung von Lichtemissionen nach dem Stand der Technik

Die jeweils einschlägigen technischen Regelwerke sind für die Bestimmung des maßgebenden Stands der Technik heranzuziehen. Sollten die Vorgaben der einschlägigen Regelwerke die

gesundheitlichen und ökologischen Anforderungen nicht ausreichend abdecken, sind die Grundlagen des Leitfadens anzuwenden.

5.2.1 Auswahl der Lichtfarbe

Die Farbtemperatur der verwendeten Leuchten sollte 3000 Kelvin nicht übersteigen. In begründeten Fällen können Leuchtmittel mit einer Farbtemperatur bis zu 4000 Kelvin und bei speziellen Anforderungen größer als 4000 Kelvin verwendet

werden (z. B. Sportstätten mit Fernsehübertragung und für den Nachwuchs-Leistungssport). Der kurzwellige (blaue) Anteil des Lichtspektrums soll dabei so gering wie möglich gehalten werden (siehe Kapitel 3.2).

5.2.2 Zielgerichtete Beleuchtung

Licht soll nur auf jene Flächen treffen, die beleuchtet werden sollen. Full-Cut-off-Leuchten bzw. Leuchten, die nur in Zone A gemäß Kapitel 4.2 Licht emittieren, sind zu bevorzugen und horizontal, d. h. nicht gegen die Horizontale geneigt, zu montieren. Falls erforderlich, sind Blendschuten zu verwenden.

Bei Hanglagen sollte die Beleuchtung wenn möglich auf der Talseite der Straße oder des Weges montiert werden.

Störende Reflexionen an Fassaden und sonstigen Oberflächen sind zu vermeiden.

5.2.3 Bedarfsgerechte Beleuchtungszeiten

In allen Bereichen sollte Kunstlicht nur zu jenen Zeiten eingesetzt werden, zu denen es benötigt wird.

- Bei der Straßenbeleuchtung sollte das Beleuchtungsniveau zumindest in der Zeit von 22:00 bis 6:00 Uhr entsprechend der ÖNORM O 1055 an die situative Verkehrsmenge angepasst werden.

- Die Außenbeleuchtung von Gewerbe- und Industrieanlagen außerhalb der Betriebszeiten ist kritisch zu hinterfragen und sofern nicht vermeidbar, auf ein Minimum zu reduzieren.

- Auf Beleuchtung von Werbung, Fassaden und Objekten – öffentlich wie privat – soll zumindest zwischen 22:00 bzw. 24:00 und 6:00 Uhr verzichtet werden (siehe ÖNORM O 1052).

5.2.4 Intensität

Kunstlicht-Intensitäten dürfen sinnesphysiologische Limits keinesfalls überschreiten. Um individuellen Unterschieden in der Wahrnehmung bei Blendung, Irritation und Ablenkung, besonders

im Straßenverkehr, gerecht zu werden, sollten Beleuchtungsintensitäten prinzipiell so gering wie möglich gehalten werden^[77].

5.3 Wartungs- und Instandhaltungskosten

Oft werden bei den Kosten der Beleuchtung die Energiekosten in den Mittelpunkt gestellt. Diese machen aber in vielen Fällen nur die Hälfte der Betriebskosten aus, die andere Hälfte betrifft die Instandhaltungskosten, wie z. B. Wartungs- und Prüfkosten. Zu den Faktoren, die den Wartungsaufwand erhöhen, gehört auch die Verschmutzung durch Spinnennetze oder Insekten.

Die äußere Verschmutzung der Leuchten ist von den örtlichen Gegebenheiten beeinflusst und im Wartungsfaktor zu berücksichtigen.

5.4 Beleuchtung von öffentlichen Verkehrsflächen und Wegen in Parkanlagen

Die Beleuchtung von öffentlichen Verkehrsflächen wird durch die Normenreihe ÖNORM EN 13201 – Teil 2 – 5, ÖNORM O 1055 und ÖNORM O 1051 geregelt. Die für den Verkehrsteilnehmer wesentlichen Gütemerkmale, wie z. B. das Beleuchtungsniveau und dessen Gleichmäßigkeit, Blendungsbegrenzung usw., werden durch die Auswahl der Beleuchtungsklasse bestimmt. Das Beleuchtungsniveau wird dem Verkehrsgeschehen angepasst und soll während der Dunkelstunden gemäß ÖNORM O 1055 reduziert werden. Neben den in der ÖNORM EN 13201-2 angeführten Mindestbeleuchtungsniveaus werden in der ÖNORM EN 13201-5 auch zwei Metriken (Leistungsdichte D_p und jährlicher Stromverbrauch D_E) zur Beschreibung der Energieeffizienz von Straßenbeleuchtungsanlagen eingeführt.

Darüber hinaus wird in der ÖNORM EN 13201-5 festgehalten, dass bei der Projektierung einer Beleuchtungsanlage das normative Beleuchtungsniveau nur zu den richtigen Zeiten und für die erforderliche Mindestdauer geboten wird, sowie eine allfällige Überschreitung der normativen Anforderungen auf das technisch erforderliche Mindestmaß zu begrenzen ist.

Es ist sinnvoll, die Normenreihe ÖNORM EN 13201 – Teil 2 – 5, ÖNORM O 1055 und ÖNORM O 1051 auch für im privaten Besitz befindliche Wege- und Zufahrtsbeleuchtung und Kfz-Stellplätze bei Wohnanlagen anzuwenden.

Entscheidend für eine gute Beleuchtungsanlage ist die Planung nach lichttechnischen, verkehrstechnischen, ökologischen und ökonomischen Vorgaben. Um mittels der Beleuchtungsanlage die Verkehrssicherheit erhöhen zu können, müssen jene lichttechnischen Kriterien angewandt werden, die der Wahrnehmung des Verkehrsteilnehmers im öffentlichen Verkehr entsprechen.

Aus diesem Grund ist für den motorisierten Verkehrsteilnehmer die Methode der Leuchtdichte-Beleuchtungsklasse M anzuwenden, unabhängig von der Nutzung und Art der Straße. Werden die Bedingungen zur Anwendung des Berechnungsverfahrens der Leuchtdichte-Beleuchtungsklasse M, laut ÖNORM EN 13201-3, nicht erfüllt,

- Sichtabstand (Beobachter) zum Berechnungsfeld: 60 m
- Berechnungsfeld und Lage der Berechnungspunkte

ist die Methode der Beleuchtungsstärke-Beleuchtungsklassen C oder P heranzuziehen.

Die Beleuchtungsklasse C ist für den hauptsächlich motorisierten Verkehrsteilnehmer, besonders in Konfliktzonen anzuwenden (ÖNORM O 1051).

Die Beleuchtungsklasse P ist für Fußgänger und Radfahrer, deren Verkehrswege getrennt oder entlang einer Fahrbahn liegen, sowie auf Verkehrsflächen, die hauptsächlich diesen Verkehrsteilnehmern dienen, wie z. B. Fußgängerzonen, vorgesehen.

Bei Siedlungsstraßen im ländlichen Raum kann eine Einteilung aufgrund der örtlichen Rahmenbedingungen, der Verkehrszusammensetzung und des geringen Verkehrsaufkommens schwierig sein. Hier könnte die EN 13201-2, die im Punkt 6.1 Allgemeine Anforderungen, erster Absatz, mit „... sowie auf Anwohnerstraßen ...“ beschreibt, zur Klasseneinteilung hilfreich sein.

Nachfolgende Beispiele zeigen, nach Auswahl der Beleuchtungsklasse, wie anhand der Gewichtung der verkehrstechnischen und verkehrspsychologischen Parameter die erforderlichen lichttechnischen Parameter bestimmt und mithilfe der erweiterten Gewichtung zusätzlich situative Erfordernisse berücksichtigt werden können.

Die farblich hinterlegten Gewichtungen zeigen die Anpassung an diese situativen Erfordernisse und die Änderung/Reduktion der Beleuchtungsverhältnisse während der Dunkelstunden an.

Beispiel 1 – Beleuchtungsklasse M

Annahme einer Straße mit vorwiegend motorisiertem Verkehr in beide Richtungen ohne Fahrbahntrennung, maßgebliche Geschwindigkeit von < 70 km/h, maßgebliche Verkehrsmenge von 5000 Fahrzeugen pro Tag (JDTV), restliche Annahmen sind der Tabelle zu entnehmen:

Δt_1 : Die Gewichtungsparemeter werden für das Hauptverkehrsaufkommen sowie die Umgebungsparameter zum Zeitpunkt des Einschaltens gewählt.

Parameter	Auswahl	Beschreibung		Gewichtung	V _w für ausgewählte Zeitabschnitte			
				V _w	Δt1	Δt2	Δt3	Δt4
Maßgebliche Geschwindigkeit	Sehr hoch	≥ 100 km/h		2	-1	-1	-1	-1
	Hoch	≥ 70 und < 100 km/h		1				
	Mittel	> 40 und < 70 km/h		-1				
	Langsam	≤ 40 km/h		-2				
Verkehrsmenge ^{a)}		Richtungsverkehr	Gegenverkehr					
		(Autobahnen und Straßen mit mehr als einem Fahrstreifen)	(auch für Richtungsverkehr mit nur einem Fahrstreifen)					
	Hoch	≥ 45.000	≥ 7.000	1	0	-1	-1	-2
	Mittel	≥ 25.000 und < 45.000	≥ 2.000 und < 7.000	0				
	Gering	< 25.000	< 2.000	-1				
Verkehrszusammensetzung	Gemischter, mit hohem Anteil an nicht motorisiertem Verkehr		2	1	1	1	1	
	Gemischter Verkehr		1					
	Nur motorisierter Verkehr		0					
Trennung der Richtungsfahrbahnen	y		1	1	1	1	1	
	Ja		0					
Abstand zwischen Verkehrsknoten, Kreuzungsdichte		Abstand zwischen Anschlussstellen, Entfernung zwischen Brücken	Anzahl von Kreuzungen je km					
	Hoch	< 3 km	> 3					
	Normal	≥ 3 km	≤ 3	0				
Parkende Fahrzeuge	Zulässig		1	1	1	1	1	
	Nicht zulässig		0					
Leuchtdichte der Umgebung	Hoch	Örtlich durchgängige hohe Umgebungsleuchtdichte durch Schaufenster, Werbeflächen, Sportplätze, Bahnhofsbereiche, Rangierbereiche von Speditionen etc.		1	0	-1	-1	-1
	Mittel	Normale Situation, moderate Umgebungshelligkeit		0				
	Gering	Dunkler als normal, unbeleuchtet		-1				
Schwierigkeit der Fahraufgabe	Sehr schwierig		2	1	1	1	1	
	Schwierig		1					
	Einfach		0					
				Summe der Gewichtung V _{ws}	3	1	1	0
				M = 6 - V _{ws}	3	5	5	6
				L _{av} cd/m ²	1,00	0,50	0,50	0,30

Tabelle 1: ÖNORM O 1055 – Zeitabhängige Auswahl von Parametern – Beleuchtungsklasse M, Beispiel 1

^{a)} Erweiterte Gewichtung der Verkehrsmenge über DTV und MSV

Absenkbetrieb über festen Zeitraum		
JDT (durchschnittlich täglicher Verkehr)	Gewichtung V_W 22:00 bis 06:00	JDTV (durchschnittlich täglicher Verkehr)
Richtungsverkehr		Gegenverkehr
(Autobahnen und Straßen mit mehr als einem Fahrstreifen)		(auch für Richtungsverkehr mit nur einem Fahrstreifen)
	1	größer als 21.000
größer als 45.000	0	7.000 bis 21.000
25.000 bis 45.000	-1	4.000 bis 6.999
kleiner als 25.000	-2	kleiner als 4.000

Tabelle 2: Absenkbetrieb über festen Zeitraum

Absenkbetrieb über variablen Zeitraum		
MSV	Gewichtung V_W	MSV
Richtungsverkehr		Gegenverkehr
(Autobahnen und Straßen mit mehr als einem Fahrstreifen)		(auch für Richtungsverkehr mit nur einem Fahrstreifen)
	1	größer als 300
größer als 600	0	100 bis 300
350 bis 599	-1	40 bis 100
kleiner als 350	-2	20 bis 40
	-3	kleiner als 20

Tabelle 3: Absenkbetrieb über variablen Zeitraum

In diesem Beispiel werden zwei Absenkvarianten gezeigt:

- Aufgrund des vorliegenden JDTV von 5000 kann gemäß Tabelle über den festen Zeitraum von 22:00 bis 6:00 Uhr abgesenkt werden – siehe Δt_2 .
- Aufgrund der vorliegenden maßgeblichen stündlichen Verkehrsmenge (MSV) kann gemäß Tabelle variabel abgesenkt werden – siehe Δt_3 (22:00 bis 24:00 Uhr, MSV: 45) und Δt_4 (0:00 bis 6:00 Uhr, MSV: 25).

Die der Planung zugrunde liegenden Verkehrsmengen – JDTV und MSV – müssen durch Zählung oder andere zugelassene Verfahren nachgewiesen werden.

Beispiel 2 – Beleuchtungsklasse P

Annahme einer Verkehrsfläche mit belebtem Verkehrsaufkommen, welche in der Verkehrszusammensetzung vorwiegend durch Radfahrer und Fußgänger genutzt wird, langsamer Geschwindigkeit von 5 bis 40 km/h, restliche Annahmen sind der Tabelle zu entnehmen.

Nennbetrieb:

Δt_1 : Die Gewichtungsparemeter werden für das Hauptverkehrsaufkommen sowie die Umgebungsparameter zum Zeitpunkt des Einschaltens gewählt.

Parameter	Auswahl	Beschreibung	Gewichtung V_W	V_W für ausgewählte Zeitabschnitte		
				Δt_1	Δt_2	Δt_3
Maßgebliche Geschwindigkeit	Langsam	≤ 40 km/h	1	1	1	1
	Sehr langsam	Schrittgeschwindigkeit	0			
Verkehrsaufkommen	Belebt		1	1	0	-1
	Normal		0			
	Ruhig		-1			
Verkehrszusammensetzung	Fußgänger, Radfahrer und motorisierter Verkehr		2	1	1	1
	Fußgänger und motorisierter Verkehr		1			
	Fußgänger und Radfahrer		1			
	Nur Fußgänger		0			
	Nur Radfahrer		0			
Parkende Fahrzeuge	zulässig		1	0	0	0
	nicht zulässig		0			
Leuchtdichte der Umgebung	Hoch	Örtlich durchgängige hohe Umgebungsleuchtdichte durch Schaufenster, Werbeflächen, Sportplätze, Bahnhofsbereiche, Rangierbereiche von Speditionen etc.	1	0	-1	-1
	Mittel	Normale Situation, moderate Umgebungshelligkeit	0			
	Gering	Dunkler als normal, unbeleuchtet	-1			
Summe der Gewichtung V_{WS}				3	1	0
$P = 6 - V_{WS}$				3	5	6
E_{UV} Lux				7,50	3,00	2,00

Tabelle 4: ÖNORM O 1055 – Zeitabhängige Auswahl von Parametern – Beleuchtungsklasse P, Beispiel 2

In diesem Beispiel wird folgende Absenkmöglichkeit gezeigt:

- Aufgrund des sich verringernden Verkehrsaufkommens (normal) und der reduzierten Umgebungsbeleuchtung (gering) wird die Beleuchtung abgesenkt – siehe Δt_2 (21:00 bis 23:00 Uhr).
- Aufgrund des sich weiter verringernden Verkehrsaufkommens (ruhig) wird die Beleuchtung weiter abgesenkt – siehe Δt_3 (23:00 bis 6:00 Uhr).

Die in beiden Auswahlverfahren berechneten Beleuchtungsklassen (Beispiel 1: M3, M5, M6 und Beispiel 2: P3, P5, P6) ergeben die zugeordneten lichttechnischen Werte aus der ÖNORM EN 13201, Straßenbeleuchtung – Teil 2: Gütemerkmale.

Beispielhaft sind nur die Leuchtdichtewerte bzw. Beleuchtungsstärke ohne Gleichmäßigkeit und Blendungsbegrenzung angeführt. Angrenzende Verkehrsflächen wie Gehsteige, Parkstreifen etc. sind in diesem Auswahlverfahren nicht berücksichtigt.



Das Beleuchtungsniveau soll im Verlauf der Nacht anhand der sich ändernden Parameter gemäß ÖNORM O 1055 abgesenkt werden.



Beleuchtungsanlagen, die zu Blendungen und/oder einer ungleichmäßigen Ausleuchtung der zu beleuchtenden Verkehrsfläche führen, sind sowohl aus Sicht der Medizin und Ökologie als auch der Verkehrssicherheit nachteilig gegenüber unbeleuchteten Verkehrsflächen.

5.5 Beleuchtung von Gewerbe- und Industrieanlagen, Flughäfen, Eisenbahn-, Hafenanlagen und dergleichen

Im Zuge eines Genehmigungs- bzw. Anzeigeverfahrens bei gewerblichen Betriebs- und Industrieanlagen ist besonders darauf Bedacht zu nehmen, dass deren Außenbeleuchtungsanlagen inklusive Reklamebeleuchtung zu keiner unzumutbaren Belästigung der Nachbarn i. S. d. § 74 Abs. 2 und Abs. 3 GewO 1994 führen.

Bei Anträgen an die Gewerbebehörde ist auf Lichtemissionen – auch aus dem Inneren von Gebäuden – zur Minimierung von Beeinträchtigungen der Gesundheit und Ökologie in Bezug auf Lichtfarbe, Intensität, Beleuchtungsfläche und Beleuchtungszeit (siehe Punkt 5.2) Bedacht zu nehmen.



Die Außenbeleuchtung von Gewerbe- und Industrieanlagen soll sich auf arbeits- und betriebstechnische Notwendigkeiten beschränken.

5.6 Arbeitsstättenbeleuchtung

Arbeitsstätten sind generell nach ÖNORM EN 12464-1 und ÖNORM EN 12464-2 zu beleuchten. Lichtemissionen, die über den Arbeitsbereich

hinausreichen, sind nach den maßgebenden Normen, Richtlinien und Empfehlungen wie in diesem Leitfaden angeführt zu begrenzen.

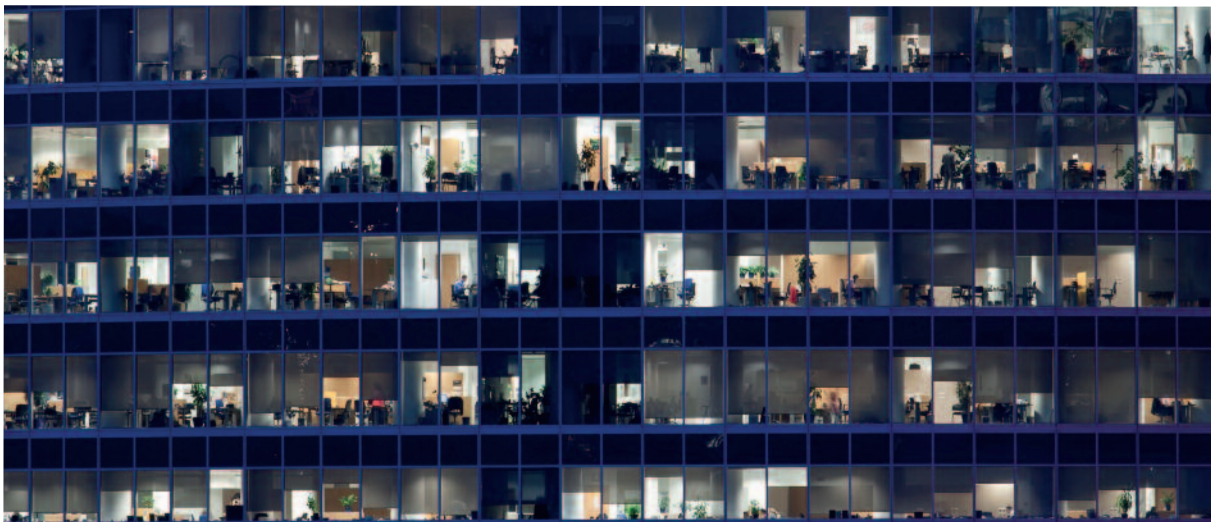


Abb. 40: Innenbeleuchtung erhellt den Außenbereich



Auch Licht aus dem Inneren von Gebäuden kann störend sein.

5.7 Beleuchtung von Sportstätten

Beleuchtungsanlagen für Schul- und Breitensport, Training und Wettkampf sind hinsichtlich ihrer lichttechnischen Güte Merkmale gemäß ÖNORM EN 12193 auszuführen. Es wird die Verwendung von Planflächenstrahlern mit waagrecht angeordneter Lichtaustrittsfläche und Blendschuten empfohlen. Die Lichteinstrahlung ist auf die Sportfläche und allfällige Sicherheitszonen zu begrenzen. Die Lichtimmissionen sind nach der ÖNORM O 1052 zu beurteilen (siehe 5.10.2 und 5.10.3). Darüber hinaus ist eine Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit zu vermeiden.

Sportanlagen, bei denen die Grenzwerte nach der ÖNORM O 1052 hinsichtlich Immissionschutz nicht eingehalten werden können, z. B. Sportanlagen für Fernsehübertragung, sind in der Betriebszeit zu begrenzen und dürfen nur an festgelegten Tagen und zu festgelegten Zeiten betrieben werden. Die Beeinträchtigung von Nachbarn ist unter Berücksichtigung der Dosis (Dauer und Intensität), unter Beiziehung eines

medizinischen Sachverständigen zu beurteilen. Dabei sind insbesondere die Spieltage, die Betriebszeiten sowie die erhöhte Intensität der Lichtimmission zu beachten. Prinzipiell sollte die Betriebszeit bei allen Beleuchtungsanlagen von Sportstätten mit 22:00 Uhr begrenzt werden.

Wird die Beleuchtungsanlage für mehrere Beleuchtungsniveaus ausgelegt, z. B. Wettkampf und Training, werden schaltbare Anlagen (Stufenschaltung) empfohlen.

Bei der für Sportstätten üblichen Beleuchtung kommen Strahler hoher Intensität/Leuchtdichte zur Anwendung. Um negative Auswirkungen wie Blendung, auch während der Ausübung des Sportes, sowie phototoxische Effekte, Nachbarschaftsimmissionen, als auch Umweltauswirkungen so gering wie möglich zu halten, wird der Verzicht auf Beleuchtungen mit einer Farbtemperatur über 3000 K empfohlen.

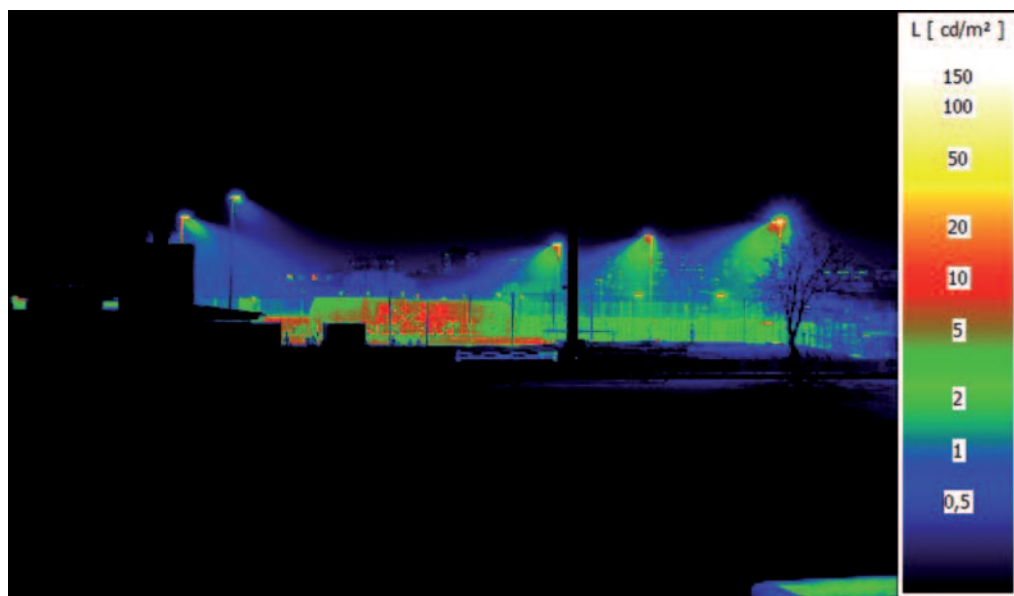


Abb. 41: Beispiel einer optimierten Trainingsplatz-Beleuchtung (Leuchtdichtemessung in Falschfarbendarstellung)



Sportspezifische Beleuchtungen nach ÖNORM EN 12193 müssen immissionsseitig auch die ÖNORM O 1052 berücksichtigen!

5.8 Wege- und Zufahrtsbeleuchtung und Kfz-Stellplatz bei Wohnanlagen

Bei der Beurteilung von Wege- und Zufahrtsbeleuchtungen bei Wohnanlagen kommt es bei der Anwendung von Regelwerken unter Umständen zu einer Diskrepanz zwischen Bestimmungen für Arbeitsplatz- bzw. Straßenbeleuchtung. Bei Bedarf soll aus medizinischer und ökologischer Sicht die geringste Beleuchtungs-

klasse nach der ÖNORM O 1055 und ÖNORM EN 13201 gewählt werden.

Der Einsatz von sensorgesteuerten Beleuchtungsanlagen wird in diesen Bereichen empfohlen.



Abb. 42: Smart Light „Grüne Mitte Linz“, ein Projekt der LINZ AG

5.9 Bauliche und lichttechnische Gestaltung von Ein- und Ausfahrten in Parkhäusern und Tiefgaragen

Parkhäuser und Tiefgaragen sind baulich hinsichtlich der Ausführung der Verkehrsführung sowie der Lage und Ausrichtung von Rampen und Fahrgassen so zu gestalten, dass Blendwirkungen durch Kfz-Scheinwerfer vermieden und

keine unzulässigen Immissionen hervorgerufen werden.



Abb. 43: Aufhellung gegenüberliegender Wohnräume durch das Kfz-Scheinwerferlicht bei der Ausfahrt

Die Beleuchtung der Fahrwege, Aus- und Einfahrten sowie der Abstellflächen von Parkhäusern und Tiefgaragen ist gemäß ÖNORM EN 12464-1 auszuführen. Der Übergang vom Innen- zum Außenbereich ist gemäß der ÖNORM O 1051 auszuführen.

Blendwirkungen sowie unzulässige Lichtimmissionen sind zu vermeiden.

Der Einsatz von sensorgesteuerten Beleuchtungsanlagen wird in diesen Bereichen empfohlen.

5.10 Beleuchtung von Fassaden und Objekten, Werbebeleuchtung

Die Werbe-/Fassaden- bzw. Objektbeleuchtung stellt im Sinne der Normen eine nicht notwendige Beleuchtung dar und steht im Widerspruch zu medizinischen und ökologischen Schutzinteressen. Bei Nichteinhaltung der verkehrstechnischen Regelwerke kann diese eine unzulässige Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit (Ablenkung, Aufmerksamkeitsbindung) auslösen. Die Beleuchtung ist in ihrer Intensität zu begrenzen und grundsätzlich zeitlich zu limitieren.

Vorgaben für Werbeeinrichtungen ergeben sich im Wesentlichen aus den Bereichen:

- Verkehrsrecht/Verkehrstechnik (StVO, RVS 05.06.12, RVS 05.06.11)
- Immissionsschutz bei Anrainern (ÖNORM O 1052)
- Natur- und Landschaftsschutz (ÖNORM O 1052, Naturschutzgesetze der Länder)

Die Anforderungen aller Vorgaben sind zu erfüllen. Auf die Vorgaben zur Begrenzung der Leuchtdichte gemäß RVS 05.06.12 und ÖNORM O 1052 und Begrenzung der Betriebszeiten in ÖNORM O 1052 wird besonders hingewiesen.

Neben den in diesem Kapitel dargestellten Grenzwerten für Aufhellung und Helligkeit gelten weitere Anforderungen hinsichtlich Blendung durch die Beleuchtungseinrichtung. Kriterien zur Bewertung von Blendung würden den Rahmen dieses Leitfadens sprengen – diesbezüglich wird auf die oben angeführten Regelwerke verwiesen.

Allgemeine Anforderungen an die Beleuchtung wie Farbtemperatur, Strahlrichtung und Intensität finden sich im Kapitel 5.2.

Dieses Kapitel stellt eine Orientierung bei der Bewertung von beleuchteten Werbeeinrichtungen dar. Bei der Planung und Beurteilung derartiger Anlagen ist die detaillierte Kenntnis der oben angeführten Regelwerke unentbehrlich.

In Frankreich ist im Juli 2013 ein Dekret in Kraft getreten, welches den Betrieb von Schaufenster- und teilweise auch Fassadenbeleuchtungen im Zeitraum von 01:00 bis 06:00 Uhr einschränkt. Dadurch soll jährlich Strom in einer Menge eingespart werden, welche 260.000 Haushalte versorgen könnte^[78].

5.10.1 Vermeidung von Beeinträchtigungen der Verkehrssicherheit

Gemäß StVO 1960 und entsprechend den Kriterien in der RVS 05.06.12 dürfen verkehrstechnische Einrichtungen in keiner Weise in ihrer Erkennbarkeit herabgemindert werden. Es ist z. B. die Darstellung von Verkehrszeichen auf Werbeflächen generell verboten, da sie eine Irritation auslösen können; auch die Textlänge ist kurz zu halten, um rasche Erfassbarkeit zu gewährleisten.

Gemäß RVS 05.06.12 gelten je nach mittlerer Beleuchtungsstärke bzw. Beleuchtungsklasse gemäß EN 13201 ÖNORM O 1055 der vorbeifahrenden Straße mit öffentlichem Verkehr, in deren Nähe ein verkehrsfremder visueller Informationsträger (VIT) steht, und je nach der Größe der Werbeeinrichtung bestimmte maximale zulässige Werte für die Leuchtdichte (Helligkeit).

Ausschließungsgründe für verkehrsfremde visuelle Informationsträger (VIT) gemäß RVS 05.06.12 sind unter anderem:

- Stellen mit Unfallhäufung und/oder überdurchschnittlichen allgemeingültigen Unfallkennzahlen
- Verdeckung – wenn eine Einrichtung zur Regelung und Sicherung des Verkehrs verdeckt wird
- Überschwelligkeit – wenn eine Häufung verkehrsfremder gegenüber verkehrsrelevanter Information im Sinne eines der folgenden Punkte vorliegt:
 - Blendung mit Beeinträchtigung der Sehleistung
 - Verwechslung
 - Überstrahlung
 - Blinken, Flimmern, Flackern
 - rasche Bildwechsel, schnelle Bewegungen
 - zu lange andauernde Ablenkung vom Verkehrsgeschehen (lange Lesezeiten)
- Projektion auf die Fahrbahn.

Im unmittelbaren Umfeld der Fahrbahn (Verkehrszeichenraum) gelten für Lichtwerbe-

anlagen strengere Kriterien.

Gemäß StVO 1960 i. d. g. F. sind Werbeanlagen generell nur im Ortsgebiet zulässig; außerhalb des Ortsgebiets im straßennahen Bereich (100 m) sind diese grundsätzlich verboten.

Für beleuchtete, insbesondere teil-dynamische oder dynamische verkehrsfremde visuelle Informationsträger (VIT) sind zusätzlich die Kriterien der RVS 05.06.11 einzuhalten. Gemäß RVS 05.06.12 sind Filmsequenzen, Videos und dgl. im befahrenen Straßenraum grundsätzlich verboten.

Lichttechnisch ist jeweils die Beleuchtungsstärke der anliegenden Straßen zugrunde zu legen.

In der RVS 05.06.12 wird u. a. für VIT die zulässige Leuchtdichte für die Tageszeit und die Dunkelstunden geregelt. Es gelten je nach mittlerer Beleuchtungsstärke der Straße, in deren Nähe die Anlage steht, und je nach der Größe der Werbeeinrichtung bestimmte maximal zulässige Werte für die Leuchtdichte (Helligkeit); (siehe Abbildung 44).

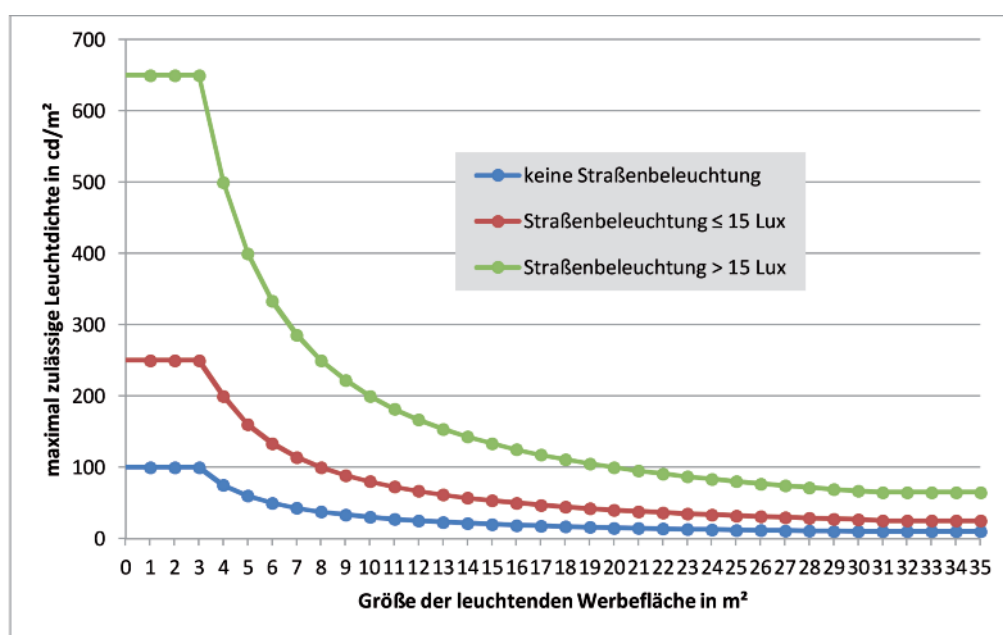


Abb. 44: Bewertungszonen für die maximal zulässigen Leuchtdichten bei Dunkelheit



Abb. 45: Beispiel für die Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit: Überstrahlung einer Fußgängerampel

Gemäß naturschutzfachlichen Vorgaben im Sinne der ÖNORM O 1052 können geringere Leuchtdichten erforderlich sein!

5.10.2 Begrenzung zum Immissionsschutz

Die Vorgehensweise zur Beurteilung von Lichtimmissionen ist in der ÖNORM O 1052 „*Lichtimmissionen – Messung und Beurteilung*“ dargestellt.

In der ÖNORM O 1052 sind bezüglich der Aufhellung von Wohnräumen durch Lichtwerbung, je nach Betriebszeit und der Zuordnung zu Bewertungsgebieten, folgende Grenzwerte der maximal

zulässigen mittleren vertikalen Beleuchtungsstärke in Lux in der Fensterebene des zu beurteilenden Raums angeführt. Dabei sind Immissionen aus Beleuchtungseinrichtungen für Verkehrszwecke, wie z. B. die Straßenbeleuchtung, nicht zu berücksichtigen.

Bewertungsgebiet	6–20 Uhr	20–22 Uhr	22–6 Uhr
Gebiet A Bebautes Gebiet mit besonderem Schutzbedürfnis, z. B. Bereich um Kurgebiete, Spitäler, Pflegeanstalten	1 lx	1 lx	1 lx
Gebiet B Wohngebiete, Bereiche, die überwiegend dem Wohnen dienen, nur vereinzelt Geschäftslokale, Kleinsiedlungsgebiete	5 lx	3 lx	1 lx
Gebiet C Mischgebiete, Geschäftslokale und Wohnungen, Einkaufsstraßen lokaler Bedeutung	10 lx	5 lx	1 lx
Gebiet D Kerngebiete, Betriebs- und Industriegebiete, Geschäftsstraßen übergeordneter Bedeutung	25 lx	15 lx	5 lx

Tabelle 5: ÖNORM O 1052 – Grenzwerte der maximal zulässigen mittleren vertikalen Beleuchtungsstärke in Lux in der Fensterebene

Anmerkungen zur Tabelle 5:

Die Zuordnung zu den Bewertungsgebieten ist sinngemäß anzuwenden und hat keinen unmittelbaren Zusammenhang mit Bauordnungs-, Raumordnungs- oder Flächenwidmungsplänen.

Die Grenzwerte sind für intensiv farbige, bewegte, dynamische oder blinkende Lichtquellen durch Korrekturfaktoren gemäß ÖNORM O 1052 anzupassen.

Bei der Beurteilung der Zulässigkeit neuer Lichtquellen ist auf den Bestand Bedacht zu nehmen. Überschreitet der bereits vorhandene Immissionswert am zu beurteilenden Immissionsort die Grenzwerte, so ist dieser Wert als akzeptierter Bestand zu betrachten. Gemäß ÖNORM O 1052

ist jede weitere Erhöhung des Wertes (durch zusätzliche Lichtquellen) unzulässig.

Für die Beurteilung der Blendung sind die in der ÖNORM O 1052 beschriebenen Verfahren heranzuziehen.

5.10.3 Begrenzung zum Natur- und Landschaftsschutz

Im Sinne der ÖNORM O 1052 wird zwischen sicherheitstechnisch begründeter Beleuchtung (SB) – wie z. B. die Straßenbeleuchtung oder Beleuchtung aus arbeitsschutzrechtlichen Vorgaben – und nicht notwendiger Beleuchtung (NNB), welche keinen sicherheitstechnischen Zwecken dient, unterschieden.

Die Beleuchtung von Werbung, Fassaden und Objekten zählt zur nicht notwendigen Beleuchtung (NNB).

Werbeanlagen erfordern grundsätzlich eine naturschutzrechtliche Genehmigung, sofern sie außerhalb der geschlossenen Ortschaft (in Wien im Grünland) angebracht werden.

In der ÖNORM O 1052 sind für nicht notwendige Beleuchtung (NNB), je nach Zuordnung zu Bewertungsgebieten, folgende Betriebszeiten definiert:

Bewertungsgebiet	Zulässige Betriebszeit
Gebiet I Gesetzlich festgelegte Gebiete zum Schutz der Natur, z. B. Nationalparks, Naturschutzgebiete u. dgl.	nicht zulässig
Gebiet II Nicht für Bebauung gewidmete Gebiete, Freilandgebiete, unbebaute Gebiete, Grünland	nicht zulässig ^{*)}
Gebiet III Siedlungsrand, ländliche und durchgrünte Siedlungsgebiete	5:00 Uhr – 22:00 Uhr ^{*)}
Gebiet IV Dicht bebaute Gebiete, städtische Gebiete, Industriegebiete	5:00 Uhr – 24:00 Uhr ^{*)}

Tabelle 6: ÖNORM O 1052 – Bewertungsgebiete und zulässige Betriebszeiten

^{*)} In den Gebieten II, III und IV sind auch vereinzelt Beleuchtungsanlagen mit abweichenden Betriebszeiten (in Gebiet II jedoch maximal bis 22:00 Uhr) zulässig. Dabei ist immer die Fernwirkung zu beurteilen. Die Notwendigkeit der Abweichung von der empfohlenen Betriebszeit ist zu begründen.

Für selbstleuchtende oder beleuchtete Werbeschilder gelten folgende maximalen Leuchtdichten:

Bewertungsgebiet	Maximale Leuchtdichte cd/m²
Gebiet II	100
Gebiet III	250
Gebiet IV	650
ANMERKUNG: <i>Für das Gebiet IV wird ein Abschalten der Beleuchtung für Werbeanlagen um 22:00 Uhr empfohlen.</i>	

Tabelle 7: ÖNORM O 1052 – Bewertungsgebiete und maximale Leuchtdichte bei selbstleuchtenden oder beleuchtenden Werbeschildern

Anmerkungen zur Tabelle 7:

Verkehrstechnische Vorgaben gemäß RVS können geringere Leuchtdichten erfordern!

Die Werte gelten für Werbeflächen bis zu 10 m². Größere Werbeflächen sind einer gesonderten ökologischen Betrachtung zuzuführen – empfohlen wird eine Beurteilung nach RVS bzw. Rücksprache mit der Naturschutzbehörde.

Anstrahlungen erzielen nur dann ihre Wirkung, wenn sie über der Wahrnehmungsschwelle liegen und sich so von der Umgebung abheben. Das dunkeladaptierte Auge hat höhere Sensitivität; je dunkler die Umgebung ist, desto geringer kann die Intensität der Anstrahlung sein.

Selbstleuchtende Fassaden und Anstrahlungen sind dabei gleich zu beurteilen und dürfen die in Tabelle 8 angeführten maximalen mittleren Leuchtdichten nicht überschreiten. Zusätzlich ist auf die Einhaltung einer Gleichmäßigkeit von $L_{\text{mitt}}/L_{\text{max}} \geq 0,05$ zu achten.

Bewertungsgebiet	Maximale Leuchtdichte cd/m²
Gebiet II	5
Gebiet III	10
Gebiet IV	25

Tabelle 8: ÖNORM O 1052 – Bewertungsgebiete und maximale mittlere Leuchtdichte bei Anstrahlungsanlagen

Die Werte in der Tabelle 8 wurden von städtischen Gebieten abgeleitet. Das slowenische Lichtverschmutzungsgesetz (2007) gibt 1 cd/m² maximale mittlere Leuchtdichte von Fassaden

vor. In Gebieten mit geringer Umgebungshelligkeit sind Fassadenleuchtdichten mit 1 cd/m² ausreichend für eine effektvolle Beleuchtung.



In Gebieten mit geringer Umgebungshelligkeit sind mittlere Fassadenleuchtdichten mit 1 cd/m^2 ausreichend für eine effektvolle Beleuchtung.



Abb. 46: Eine normgerechte Objektbeleuchtung ist in einer dunklen Umgebung sehr hell und somit für die optimale Wahrnehmung nicht erforderlich, Hotel Alpenblick, Kirchschlag bei Linz

5.10.4 Lichtwerbung kontra Stadtbild

Lichtwerbung, sogar solche, die Grenzwerte nicht überschreitet, kann störend auf das nächtliche Stadtbild wirken, da mitunter visuelle

Akzente gesetzt werden, die völlig austauschbar sind und nichts mit der jeweiligen Stadt zu tun haben.

5.11 Beleuchtung von Denkmälern

Denkmäler, bei denen die Kriterien der Fassadenbeleuchtung nicht anwendbar sind, sind möglichst von oben nach unten zu beleuchten. Die

Lichtstrahlen sollen nicht über das zu beleuchtende Objekt hinausgehen. Dafür empfiehlt sich die Verwendung von Blenden.

5.12 Emissionen aus Wohngebäuden

Eine für Wohnzwecke übliche Innenbeleuchtung bleibt bei der Immissionsbewertung gemäß ÖNORM O 1052 unberücksichtigt. Gleichzeitig

steigt die Problematik mit größer werdenden Fensterflächen; Sonnenschutzsysteme bzw. Rollläden können hier Abhilfe schaffen.

5.13 Beleuchtung von privaten Objekten und Gärten

Die Beleuchtung von privaten Objekten und Gärten sollte möglichst eingeschränkt vorgenommen

werden, eine unangemessene und ortsunübliche Inszenierung sollte vermieden werden.

5.14 Weihnachtsbeleuchtung

Dekorative Beleuchtung sollte auf den Zeitraum zwischen 15. November und 15. Jänner des jeweiligen folgenden Kalenderjahres begrenzt werden. Ein Betrieb während der Nachtstunden

(22:00 bis 6:00 Uhr) unter Bedachtnahme auf Betriebszeiten und Fremdenverkehr sollte vermieden werden.

5.15 Skybeamer

Gemäß ÖNORM O 1052 ist der Einsatz von direkt nach oben abgestrahltem Licht (z. B. Skybeamer, Bodeneinbaustrahler) zu vermeiden. Der Einsatz von Skybeamern, Laserscheinwerfern oder ähnlichen weitreichenden Lichtquellen ist daher auf

temporäre Veranstaltungen zu begrenzen. Dabei sind die Vorgaben der RVS 05.06.11 und RVS 05.06.12 und naturschutzrechtliche Bestimmungen einzuhalten.

ANHANG

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Das menschliche Auge; Talos, colored by Jakov – copied from German Wikipedia – CC-BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3321021> https://de.wikipedia.org/wiki/Makuladegeneration#/media/File:Eye_scheme.svg
- Abb. 2: Sichtbares Spektrum; Horst Frank / Phrood / Anony – Horst Frank, Jailbird and Phrood – GFDL, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electromagnetic_spectrum_c.svg
- Abb. 3: Empfindlichkeiten der circadianen Rezeptoren für die Steuerung des Tag-Nacht-Rhythmus (links), der in der Nacht empfindlichen Stäbchen (Mitte) und mittlere Empfindlichkeit der für das Tagsehen verantwortlichen Zapfen (rechts)
- Abb. 4: Zu viel Licht in der Nacht; berlinphotos030; Marco2811 - stock.adobe.com
- Abb. 5: Zu wenig Licht tagsüber; industrieblick; industrieblick - stock.adobe.com
- Abb. 6: Blendung; Peter Heilig
- Abb. 7: Lichtwerbung am Times Square in New York; Manuel Cañón P. – CC-BY-SA 3.0, https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f4/Time_squadre_in_NY_-_panoramio.jpg
- Abb. 8: Nachtfalter schwirren um eine Lampe; adobe.stock - THANAGON
- Abb. 9: Empfindlichkeiten (von links nach rechts): Nachtfalter, circadiane Rezeptoren des Menschen, Stäbchen und Zapfen der menschlichen Netzhaut (vgl. Cleve 1967, DIN V 5031-100 und CIE 1978)
- Abb. 10: Viele Vogelarten werden durch künstliches Licht irregeleitet; mirpic - stock.adobe.com
- Abb. 11: Viele Fledermausarten werden von Kunstlicht gestört; Valeriy Kirsanov - stock.adobe.com
- Abb. 12: Durch Kunstlicht beeinträchtigte Wildtiere; jamiehall - stock.adobe.com
- Abb. 13: Fröschen wird Kunstlicht oft zum Verhängnis; lizmyosotis - stock.adobe.com
- Abb. 14: Fische reagieren empfindlich auf Kunstlicht; puntel - stock.adobe.com
- Abb. 15: Angestrahlte Bäume in einem Park; rebellion - stock.adobe.com
- Abb. 16: Lichtverschmutzte Nachtlanschaft
<http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/lichtverschmutzung-bei-nacht-der-himmel-ueber-staedten-faerbt-sich-rot-a-848985.html>
- Abb. 17: Sternwarte im ländlichen Raum; Land OÖ/Heribert Kaineder
- Abb. 18: Sommer-Milchstraße über dem Tauernwindpark (Steiermark); Thomas Posch
- Abb. 19: Nach oben abgestrahltes Licht verschwendet Energie; Johannes Stübler
- Abb. 20: Typisches Spektrum einer Leuchtstofflampe mit einer Farbtemperatur von 5000 K (vgl. Elvidge et al. 2010, „Spectral Identification of Lighting Type and Character“)
- Abb. 21: Spektrum einer Leuchtstofflampe bzw. Energiesparlampe mit einer Farbtemperatur von 3000 K und geringem Blauanteil
- Abb. 22: Spektrum einer Metallhalogendampflampe (vgl. Elvidge et al. 2010, „Spectral Identification of Lighting Type and Character“)
- Abb. 23: Spektrum einer neutralweißen LED (vgl. Elvidge et al. 2010, „Spectral Identification of Lighting Type and Character“)
- Abb. 24: Spektrum einer warmweißen LED (Quelle: <http://ledmuseum.candlepower.us>)
- Abb. 25: Spektrum einer gelben LED (Quelle: <http://ledmuseum.candlepower.us>)
- Abb. 26: Spektrum einer Hochdruck-Natriumdampflampe (vgl. Elvidge et al. 2010, „Spectral Identification of Lighting Type and Character“)
- Abb. 27: Typisches Spektrum von Glüh- und Halogenlampen (vgl. Elvidge et al. 2010, „Spectral Identification of Lighting Type and Character“)
- Abb. 28: Leuchtmittel-Effizienz-Vergleich (nach Vortrag Rudolf Koch, LTG Österreich)
- Abb. 29: Abgeschirmte Leuchten beleuchten nur die Straße und blenden dabei nicht; Andreas Hänel
- Abb. 30: Veranschaulichung zur idealen Strahlengeometrie
- Abb. 31: Strahlungszonen laut ÖNORM O 1052
- Abb. 32: Bisherige Beleuchtung einer Gasse in Wien mit Leuchtstofflampen; Horst Pribitzer
- Abb. 33: Umrüstung der Beleuchtung auf LED; Horst Pribitzer
- Abb. 34: Veranschaulichung von zwei Messebenen einer LVK an einer Straßenleuchte; Horst Pribitzer
- Abb. 35: LVK einer alten Seilhängeleuchte
- Abb. 36: Typische Lichtstärkeverteilungskurven
- Abb. 37: Empfehlung für Beleuchtungsinstallationen

- Abb. 38: Blick Gmundnerhütte, Traunstein, Richtung Salzburg auf die Gemeinde Gmunden (Oberösterreich) vor und nach der teilweisen Nachtabstaltung; www.foto-webcam.eu – Station Gmundner Hütte, Bilder vom 16.08.2017, 21:50 Uhr; und 17.08.2017, 01:10 Uhr; Land OÖ/Heribert Kaineder
- Abb. 39: Das verkehrsbeobachtende Licht in Urdorf (CH): Je nach Verkehrsaufkommen verändert sich die Beleuchtungsstärke zwischen 100 % (links) und 40 % (rechts); Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ)
- Abb. 40: Innenbeleuchtung erhellt den Außenbereich; Sailorr - stock.adobe.com
- Abb. 41: Beispiel einer optimierten Trainingsplatz-Beleuchtung (Leuchtdichtemessung in Falschfarbendarstellung); Horst Pribitzer
- Abb. 42: Smart Light „Grüne Mitte Linz“, ein Projekt der LINZ AG; LINZ AG
- Abb. 43: Aufhellung gegenüberliegender Wohnräume durch das Kfz-Scheinwerferlicht bei der Ausfahrt; bodu9 - stock.adobe.com
- Abb. 44: Bewertungszonen für die maximal zulässigen Leuchtdichten bei Dunkelheit
- Abb. 45: Beispiel für die Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit: Überstrahlung einer Fußgängerampel; Franz Roth
- Abb. 46: Eine normgerechte Objektbeleuchtung ist in einer dunklen Umgebung sehr hell und somit für die optimale Wahrnehmung nicht erforderlich; Land OÖ/Heribert Kaineder

ANHANG

Glossar

Beleuchtungsstärke:

Die Beleuchtungsstärke gibt den Lichtstrom an, der von der Lichtquelle auf eine bestimmte Fläche trifft.

Candela pro Quadratmeter:

Physikalische Einheit der Leuchtdichte (Helligkeit pro Fläche). Diese wird zum Beispiel auf Fahrbahnen bezogen. Der Wert der Leuchtdichte ist unabhängig von der Entfernung.

Emissionslinie:

Lichtfarbe, bei der mehr Strahlung ausgesandt wird als bei anderen Lichtfarben.

Full-Cut-off-Leuchte:

Leuchten-Bauart, bei der praktisch kein Licht über der Horizontalen ausgestrahlt wird. Laut EN 13201 der Lichtstärkeklasse G6 entsprechend.

Infrarot:

Bereich der elektromagnetischen Strahlung mit geringerer Energie – somit größerer Wellenlänge – als das sichtbare Licht; teilweise auch als Wärmestrahlung bezeichnet.

Leuchtdichte:

Die Leuchtdichte ist der Helligkeitseindruck, den eine beleuchtete oder leuchtende Fläche dem Auge vermittelt. Die Leuchtdichte beschreibt die physiologische Wirkung des Lichts auf das Auge und wird in der Außenbeleuchtung als Planungsgröße verwendet.

Lux:

Physikalische Einheit der Beleuchtungsstärke, definiert als Lumen pro Quadratmeter.

Melatonin:

Hormon, das in Lebewesen zu Ruhezeiten freigesetzt wird – beim Menschen vor allem in der zweiten Nachthälfte.

Monochromatisches Licht:

Licht, das nur bei einer bestimmten Wellenlänge bzw. Frequenz ausgestrahlt wird (z. B. von einem Laser, aber auch von einer Niederdruck-Natriumdampflampe).

Photopisch Sehen:

Tagsehen oder Zapfensehen, bezeichnet das Sehen des Menschen bei ausreichender Helligkeit.

Physiologische Blendung:

Form von Blendung, welche die Wahrnehmung von visueller Information technisch messbar reduziert. Sie wird durch Streulicht innerhalb des Auges verursacht, welches die wahrnehmbaren Kontraste durch seine Schleierleuchtdichte reduziert.

Purkinje-Verschiebung:

Als Purkinje-Effekt oder Purkinje-Phänomen (nach Jan Evangelista Purkinje) wird das unterschiedliche Helligkeitsempfinden für Farben bei Tag und Nacht bezeichnet. Es beruht auf der unterschiedlichen spektralen Empfindlichkeit der Sehzellen (Fotorezeptoren) bei Tag- und bei Nachtsehen. Am Tag sind vor allem die Zapfen aktiv, in der Nacht vor allem die Stäbchen.

Skotopisch Sehen:

Nachtsehen oder Stäbchensehen, bei geringer Helligkeit.

Skybeamer:

Direkt zum Himmel gerichtete, gebündelte Lichtquelle (wird oft periodisch geschwenkt, vor allem bei Werbeanlagen von Diskotheken).

Spektrum:

Zerlegung elektromagnetischer Strahlung in seine Wellenlängen- bzw. Frequenzkomponenten.

VIT:

Visueller Informationsträger mit verkehrsfremden Inhalten (z. B. Werbeanlage).

Wellenlänge:

Maß für die Lichtfarbe. Rotes Licht hat eine größere Wellenlänge als gelbes, grünes und blaues Licht.

ANHANG

Quellenverzeichnis

- [1] Russel G. Foster: „Neurobiology: bright blue times“, *Nature*, 17. Februar 2005, 433(7027):698-9.
- [2] „Biologische Wirkung von Licht“, Schierz, Vandahl, TU Ilmenau
- [3] Wu J, Seregard S, Algvere PV (2006) Photochemical damage of the retina. *Surv Ophthalmol* 51:461-481.
- [4] Circuit Mechanisms of a Retinal Ganglion Cell with Stimulus-Dependent Response Latency and Activation Beyond Its Dendrites; Mani & Schwartz, 2017, *Current Biology* 27, 471–482; February 20, 2017 © 2016 Elsevier Ltd.
- [5] Wright Jr KP, Hughes RJ, Kronauer RE, Dijk DJ, Czeisler CA (2001) Intrinsic near-24-h pacemaker period determines limits of circadian entrainment to a weak synchronizer in humans. *Proc Natl Acad Sci USA* 98(24):14027–14032.
- [6] Beyer F, Ker K. Street lighting for preventing road traffic injuries (Review). The Cochrane Collaboration, September 2010. Online: www.cochrane.org/CD004728/INJ_street-lighting-for-preventing-road-traffic-crashes-and-injuries
- [7] Steinbach R, Perkins C, Tompson L, Johnson S, Armstrong B, Green J et al. The effect of reduced street lighting on road casualties and crime in England and Wales: controlled interrupted time series analysis. In: *Journal of Epidemiology and Community Health*. 2015;69(11):1118-1124. Online: <http://jech.bmj.com/content/early/2015/07/08/jech-2015-206012>
- [8] Paul Marchant, Evaluating area-wide crime-reduction measures, In: *Significance*, Volume 2, Issue 2 (2005), 62–65. Online: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1740-9713.2005.00093.x/full>
- [9] Prof. Dr. David Spiegelhalter: <https://understandinguncertainty.org/node/231>
- [10] Mizon, Bob: *Light Pollution. Responses and Remedies*. 2. Auflage, Springer Verlag, New York 2012
- [11] Marchant, P. (2006): Investigating whether a crime reduction measure works. *Radical Statistics*, 91, 41; <http://www.radstats.org.uk/no091/Marchant91.pdf>
- [12] Hölker F, Wolter C, Perkin EK, Tockner K (2010) Light pollution as a biodiversity threat. *TREE* 25:682. doi:10.1016/j.tree.2010.09.003 PMID:20952090
- [13] van Geffen KG, van Grunsven RHA, van Ruijven J, Berendse F, Veenendaal EM (2014) Artificial light at night causes diapause inhibition and sex-specific life-history changes in a moth. *Ecology and Evolution*, 4(11):2082-2089. doi:10.1002/ece3.1090
- [14] Hayes DK, Sullivan WN, Oliver MZ, Schechter MS (1970) Photoperiod manipulation of insect diapause: A method of pest control? *Science*, 169(3943), 382-383.
- [15] Eisenbeis G (2006) Artificial Night Lighting and Insects: Attraction of Insects to Streetlamps in a Rural Setting in Germany. In: Rich L, Longcore T (Hrsg.) *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*, 281-304. Washington, Island Press.
- [16] Fox R (2013) The decline of moths in Great Britain: a review of possible causes. *Insect Conservation and Diversity* 6(1):5-19. doi:10.1111/j.1752-4598.2012.00186.x
- [17] van Langevelde F, Ettema JA, Donners M, Michiel F, WallisDeVries MF, Groenendijk D (2011) Effect of spectral composition of artificial light on the attraction of moths. *Biological Conservation* 144:2274-2281. doi:10.1016/j.biocon.2011.06.004
- [18] Davies TW, Bennie J, Gaston KJ (2012) Street lighting changes the composition of invertebrate communities. *Biol Lett*. 85:764-767. doi:10.1098/rsbl.2012.0216
- [19] Visser ME, Holleman LJM, Gienapp P (2006) Shifts in caterpillar biomass phenology due to climate change and its impact on the breeding biology of an insectivorous bird. *Oecologia* 147, 164-172. doi:10.1007/s00442-005-0299-6
- [20] Whittaker JO, Karatas A (2009) Food and feeding habits of some bats from Turkey. *Acta Chiropterologica* 11, 393-403. doi:10.3161/150811009X485611
- [21] 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. doi:10.1007/s11829-016-9414-3

- [22] Macgregor CJ, Pocock MJO, Fox R, Evans DM (2014) Pollination by nocturnal Lepidoptera and the effects of light pollution: a review. *Ecological Entomology*. doi:10.1111/een.12174
- [23] Longcore T, Rich C (2004) Ecological light pollution. *Front Ecol Environ* 2(4):191–198.
- [24] Eisenbeis G, Eick K (2011) Studie zur Anziehung nachtaktiver Insekten an die Straßenbeleuchtung unter Einbeziehung von LEDs. *Natur und Landschaft* 86, Heft 7:298-306.
- [25] Soneira M (2013) Anlockwirkung unterschiedlicher Beleuchtungsmittel auf Insekten (Insecta) unter besonderer Berücksichtigung der Köcherfliegen (Trichoptera) [Dipomarbeit]. University of Vienna.
- [26] Longcore T, Aldern HJ, Eggers S, Flores L, Franco E, Hirshfield-Yamanishi L et al. (2015) Tuning the white light spectrum of light emitting diode lamps to reduce attraction of nocturnal arthropods. *Phil. Trans. R. Soc. B* 370:20140125. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2014.0125>
- [27] Cleve K (1967) Das spektrale Wahrnehmungsvermögen nachts fliegender Schmetterlinge. *Nachrichtenblatt der Bayerischen Entomologen*, 16:33-35.
- [28] Esche T, Freundt S, Pauschert P, Schanowski A (1989) Untersuchung zur Auswirkung unterschiedlicher Lichtquellen auf nachtaktive Großschmetterlinge (Macrolepidoptera) im Rastatter Oberwald, Landkreis Rastatt. Institut für Ökologie und Artenschutz im DBV.
- [29] Mazzucco K (1967) Lichtfänge von nächtlich ziehenden Vögeln im Weissee-Gebiet (2207) Hohe Tauern. *Vogelkundliche Nachrichten und Informationen*, Ausgabe Salzburg, Folge 28:1-9
- [30] Haupt H (2009) Der Letzte macht das Licht an! – Zu den Auswirkungen leuchtender Hochhäuser auf den nächtlichen Vogelzug am Beispiel des „Post-Towers“ in Bonn. *Charadrius* 45, 1:1-19
- [31] Poot H, Ens BJ, de Vries H, Donners MAH, Wernand MR, Marquenie JM (2008) Green light for nocturnally migrating birds. *Ecology and Society* 13(2):47. <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art47/>
- [32] Schmid H, Doppler W, Heinen D, Rössler M (2012) Vogelfreundliches Bauen mit Glas und Licht. 2. überarbeitete Auflage. Schweizerische Vogelwarte Sempach.
- [33] Hüppop O, Klenke R, Nordt A (2013) Vogel und künstliches Licht. In: Posch T, Hölker F, Freyhoff A, Uhlmann T (Hrsg.) *Das Ende der Nacht. Lichtsmog: Gefahren – Perspektiven – Lösungen*. 2. überarbeitete Auflage. Wiley-VCH Verlag: Weinheim, Deutschland. 111-137.
- [34] Ogden LJE (1996) Collision Course: The hazards of lighted structures and windows to migrating birds. A special report for World Wildlife Fund Canada and the Fatal Light Awareness Program.
- [35] Wiese FK, Montevecchi WA. et al. (2001): Seabirds at risk around offshore oil platforms in the North-west Atlantic. *Marine Pollution Bulletin* 42(12):1285-1290.
- [36] Trapp JL (1998) Bird kills at towers and other man-made structures: an annotated partial bibliography (1960-1998). U.S. Fish and Wildlife Service Office of Migratory Bird Management.
- [37] Shire GG, Brown K, Winegrad G (2000): Communication towers: a deadly hazard to birds. Report documents. A report compiled by American Bird Conservancy. Killing of 230 bird species.
- [38] Jones J, Francis CM (2003) The effects of light characteristics on avian mortality at lighthouses. *J. Avian Biol.* 34:328–333. doi:10.1111/j.0908-8857.2003.03183.x
- [39] Le Corre M, Ollivier A et al. (2002) Light-induced mortality of petrels: A 4-year study from Reunion Island (Indian Ocean). *Biological Conservation* 105(1):93-102.
- [40] Podolsky R (2002) Artificial lighting and the decline of seabirds. The Urban Wildlands Group and Ecological consequences of artificial night lighting (conference). <http://www.urbanwildlands.org/abstracts.html>
- [41] Reed JR, Sincock JL. et al. (1985) Light attraction in endangered procellariiform birds: Reduction by shielding upward radiation. *Auk* 102(2):377-383.
- [42] Klaus G (2005) Empfehlung zur Vermeidung von Lichtemissionen. Ausmass, Ursachen und Auswirkungen auf die Umwelt. Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL (Hrsg.).

- [43] Gauthreaux S, Belser CG (2002) The behavioral responses of migrating birds to different lighting systems on tall towers. The Urban Wildlands Group and Ecological consequences of artificial night lighting (conference). <http://www.urbanwildlands.org/abstracts.html>
- [44] Gauthreaux SA, Belser CG (2006) Effects of artificial night lighting on migrating birds. In: Rich L, Longcore T (Hrsg.) *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*, 67-93. Washington, Island Press.
- [45] Evans WR, Akashi Y, Altman NS, Manville AM (2007) Response of night-migrating songbirds in cloud to colored and flashing light. *North American Birds* 60:476-488.
- [46] Nordt A, Klenke R (2013) Sleepless in Town – Drivers of the Temporal Shift in Dawn Song in Urban European Blackbirds. *PLoS ONE* 8(8):e71476. doi:10.1371/journal.pone.0071476
- [47] Dominoni D, Quetting M, Partecke J (2013) Artificial light at night advances avian reproductive physiology. *Proc. R. Soc. B* 280:20123017. doi:10.1098/rspb.2012.3017
- [48] Dominoni DM, Helm B, Lehmann M, Dowse HB, Partecke J (2013) Clocks for the city: circadian differences between forest and city songbirds. *Proc R Soc B* 280:20130593. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2013.0593>
- [49] Kempenaers B, Borgstrom P, Loes P, Schlicht E, Valcu M (2010) Artificial night lighting affects dawn song, extra-pair siring success, and lay date in songbirds. *Curr. Biol.* 20, 1735-1739. doi:10.1016/j.cub.2010.08.028
- [50] Da Silva A, Valcu M, Kempenaers B (2015) Light pollution alters the phenology of dawn and dusk singing in common European songbirds. *Phil. Trans. R. Soc. B* 370:20140126. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2014.0126>
- [51] Jones TM, Durrant J, Michaelides EB, Green MP (2015) Melatonin: a possible link between the presence of artificial light at night and reductions in biological fitness. *Phil. Trans. R. Soc. B* 370, 20140122. doi:10.1098/rstb.2014.0122
- [52] Navara KJ, Nelson RJ (2007) The dark side of light at night: physiological, epidemiological, and ecological consequences. *J. Pineal Res* 43, 215-224. doi:10.1111/j.1600-079X.2007.00473.x
- [53] Mathews F, Roche N, Aughney T, Jones N, Day J, Baker J et al. (2015) Barriers and benefits: implications of artificial night-lighting for the distribution of common bats in Britain and Ireland. *Phil. Trans. R. Soc. B* 370:20140124. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2014.0124>
- [54] Rydell J, Baagøe HJ (1996): Bats & streetlamps. *Bats* 14(4):10-13.
- [55] Blake D, Hutson AM et al. (1994) Use of lamplit roads by foraging bats in southern England. *Journal of Zoology* 234(3):453-462.
- [56] Kuijper DPJ, Schut J, van Dulleman D, Toorman H, Goossens N, Ouwehand J, Limpens HJGA (2008) Experimental evidence of light disturbance along the commuting routes of pond bats (*Myotis dasycneme*). *Vereniging voor Zoogdierkunde en Zoogdierbescherming*, 51(1), 37-49.
- [57] Stone EL, Jones G, Harris S (2009) Street Lighting Disturbs Commuting Bats. *Current Biology* 19, 1-5. doi:10.1016/j.cub.2009.05.058
- [58] Rydell J, Bach L, Dubourg-Savage MJ, Green M, Rodrigues L, Hedenström A (2010) Mortality of bats at wind turbines links to nocturnal insect migration? – *European Journal of Wildlife Research*, 56/6:823-827.
- [59] Lewanzik D, Voigt CC (2013) Lichtverschmutzung und die Folgen für Fledermäuse. In: Held M, Hölker F, Jessel B (Hrsg.) *Schutz der Nacht – Lichtverschmutzung, Biodiversität und Nachtlandschaft*, 65-68. BfN-Skripten 336, Bonn.
- [60] Lima SL (1998) Stress and decision-making under the risk of predation: recent developments from behavioral, reproductive, and ecological perspectives. *Adv Stud Behav* 27:215-90.
- [61] Gilbert BS, Boutin S (1991) Effect of moonlight on winter activity of snowshoe hares. *Arctic Alpine Res* 23:61–65.

- [62] Spoelstra K, van Grunsven RHA, Donners M, Gienapp P, Huigens ME, Slaterus R, Berendse F, Visser ME, Veenendaal E (2015) Experimental illumination of natural habitat – an experimental set-up to assess the direct and indirect ecological consequences of artificial light of different spectral composition. *Phil. Trans. R. Soc. B.* doi:10.1098/rstb.2014.0129
- [63] Perry G, Buchanan BW, Fisher RN, Salmon M, Wise SE (2008): Effects of artificial night lighting on amphibians and reptiles in urban environments. *Urban Herpetology*, 3:239-256.
- [64] Brüning A, Hölker F (2013) Lichtverschmutzung und die Folgen für Fische. In: Held M, Hölker F, Jessel B (Hrsg.) *Schutz der Nacht – Lichtverschmutzung, Biodiversität und Nachtlandschaft*, 6972. BfN-Scripten 336, Bonn.
- [65] Moore MV, Pierce SM, Walsh HM, Kvalvik SK, Lim JD (2000) Urban light pollution alters the diel vertical migration of *Daphnia*. *Verh. Internat. Verein. Limnol. Stuttgart*, 27:1-4.
- [66] Rich C, Longcore T (2006) *Ecological consequences of artificial night lighting*. Washington, Island Press.
- [67] Bennie J, Davies TW, Cruse D, Gaston KJ (2016) Ecological effects of artificial light at night on wild plants. *Journal of Ecology*, 104, 611-620. doi:10.1111/1365-2745.12551
- [68] Falchi F, Cinzano P, Duriscoe D, Kyba CCM, Elvidge CD, Baugh K, Portnov BA, Rybnikova NA, Furgoni R (2016) The new world atlas of artificial night sky brightness. *Science Advances*, Vol. 2, no. 6, e1600377. doi:10.1126/sciadv.1600377
- [69] Cinzano P, Falchi PF, Elvidge CD (2001) The first world atlas of the artificial night sky brightness. *Mon Not R Astron Soc* 328:689–707. doi:10.1046/j.1365-8711.2001.04882.x
- [70] Kyba CCM, Ruhtz T, Fischer J, Hölker F (2011) Cloud coverage acts as an amplifier for ecological light pollution in urban ecosystems. *PLoS ONE* 6, e17307. doi:10.1371/journal.pone.0017307
- [71] Louv R (2013) *Das letzte Kind im Wald – Geben wir unseren Kindern die Natur zurück!* Herder Verlag
- [72] *Beleuchtungs-Check in Tiroler Gemeinden*, Projektträger: Energie Tirol, Land Tirol, Tiroler Umweltanwaltschaft. <http://www.hellenot.org/projekte/#c794>
- [73] *Anlockwirkung moderner Leuchtmittel auf nachtaktive Insekten*. Projektträger: Tiroler Landesmuseen, Land Tirol Tiroler Umweltanwaltschaft. <http://www.hellenot.org/projekte/#c797>
- [74] *Bundesgesundheitsblatt* 2015, 58:1171–1174; DOI 10.1007/s00103-015-2215-5; Online publiziert: 15. August 2015; Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015
- [75] Reischauer in Rummel, Kommentar zum Allgemeinen bürgerlichen Gesetzbuch (2000-2007), 3. Aufl., § 1319 a Rz 17
- [76] Fössl, *Rechts- und Finanzierungspraxis der Gemeinden (RFG)* 2007/37, 144
- [77] *ad Blendung: Prophylaxe (Licht-Hygiene)*: <http://ub.meduniwien.ac.at/blog/?p=22675> und <http://ub.meduniwien.ac.at/blog/?p=14844>
Irritation und Ablenkung: <http://ub.meduniwien.ac.at/blog/?p=26411> etc.
- [78] „Kleine Zeitung“ vom 30.03.2012, S. 12
<http://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do?idArticle=LEGIARTI000022496023&idSectionTA=LEGISCTA000022496025&cidTexte=LEGITEXT000006074220&dateTexte=20130201>

Dieser Leitfaden enthält zudem Inhalte aus folgenden vorangegangenen Werken: „Zu Hell – Die Helle Not – Wenn Licht zum Problem wird“, Tiroler Umweltanwaltschaft (Hrsg.), 2012. 4. Auflage, Innsbruck, und Leitfaden „Besseres Licht – Alternativen zum Lichtsmog“, Amt der Oberösterreichischen Landesregierung (Hrsg.), 2013, Linz.

Ansprechpartner

Burgenland

Für den Bereich Straßenbeleuchtung, Verkehrssicherheit sowie Beleuchtung von Gewerbe-/Industrieanlagen

Amt der Burgenländischen Landesregierung

Abteilung 5 – Baudirektion

Referat Verkehrstechnik

Landhaus, Europaplatz 1

7000 Eisenstadt

Tel.: (+43 5) 7600-6640

E-Mail: post.a5-sbp@bgld.gv.at

Web: www.burgenland.at

Kärnten

Amt der Kärntner Landesregierung

Abteilung 8 – Umwelt, Wasser und Naturschutz

Unterabteilung Schall- und Elektrotechnik

Flatschacher Straße 70

9021 Klagenfurt am Wörthersee

Tel.: (+43 50) 536-18132

E-Mail: Abt8.Schall@ktn.gv.at

Web: www.ktn.gv.at

Niederösterreich

Für den Bereich Wirtschaft und Umwelt sowie Beleuchtung von Gewerbe-/Industrieanlagen

Fachbereich „Wirtschaft und Umwelt“ der Bezirkshauptmannschaften und Magistrate

Web: www.noel.gv.at

Für den Bereich Straßenbeleuchtung und Verkehrssicherheit

Fachgebiet „Verkehr“ der Bezirkshauptmannschaften und Magistrate

Web: www.noel.gv.at

Oberösterreich

Amt der Oö. Landesregierung
Abteilung Umweltschutz
 Kärntnerstraße 10-12
 4021 Linz
 Tel.: (+43 732) 77 20-145 43
 E-Mail: us.post@ooe.gv.at
 Web: www.land-oberoesterreich.gv.at

Für den Bereich der Verkehrssicherheit

Abteilung Verkehr
 Tel.: (+43 732) 77 20-135 35
 E-Mail: vt.verk.post@ooe.gv.at

In Linz, Wels und Steyr das örtlich zuständige Magistrat:

Magistrat Steyr
 Tel.: (+43 7252) 575-0
 E-Mail: office@steyr.gv.at

Magistrat Wels
 Tel.: (+43 7242) 235-0
 E-Mail: post.magistrat@wels.gv.at

Magistrat Linz
 Tel.: (+43 732) 707-0
 E-Mail: info@mag.linz.at

Für den Bereich der Beleuchtung von Werbung, Fassaden und Objekten im Bau- und Gewerbeverfahren

Abteilung Umwelt-, Bau- und Anlagentechnik
 Tel.: (+43 732) 77 20-135 28
 E-Mail: ubat.post@ooe.gv.at

Bezirksbauamt Linz
 Tel.: (+43 732) 77 20-475 00
 E-Mail: ubat-bba-l.post@ooe.gv.at

Bezirksbauamt Wels
 Tel.: (+43 7242) 44858-0
 E-Mail: ubat-bba-we.post@ooe.gv.at

Bezirksbauamt Ried
 Tel.: (+43 7752) 823 48-0
 E-Mail: ubat-bba-ri.post@ooe.gv.at

Bezirksbauamt Gmunden
 Tel.: (+43 7612) 755 93-0
 E-Mail: ubat-bba-gm.post@ooe.gv.at

In Linz, Wels und Steyr das örtlich zuständige Magistrat (s. oben).

Weiters steht Ihnen für Auskünfte zur Verfügung

Oö. Umweltschutz
 Tel.: (+43 732) 77 20-134 50
 E-Mail: uanw.post@ooe.gv.at

Für Energie-Effizienz-Fragen

Oö. Energiesparverband
 Tel.: (+43 732) 77 20-14380
 E-Mail: office@esv.or.at

Salzburg

Amt der Salzburger Landesregierung
Abteilung 5: Natur- und Umweltschutz, Gewerbe
 Postfach 527
 5010 Salzburg
 Tel.: (+43 662) 8042-4544
 E-Mail: natur-umwelt-gewerbe@salzburg.gv.at

Abteilung 6: Infrastruktur und Verkehr
 Postfach 527
 5010 Salzburg
 Tel.: (+43 662) 8042-4160
 E-Mail: landesbaudirektion@salzburg.gv.at

Steiermark

Amt der Steiermärkischen Landesregierung
A15 – Fachabteilung Energie und Wohnbau
Referat Energietechnik und Klimaschutz
Landhausgasse 7
8010 Graz
Tel.: (+43 316) 877 4381
E-Mail: wohnbau@stmk.gv.at

Tirol

Allgemein in Umweltfragen

Abteilung Umweltschutz
Eduard-Wallnöfer-Platz 3
6020 Innsbruck
Tel.: (+43 512) 508 3452
E-Mail: umweltschutz@tirol.gv.at

Für den Bereich Umwelt-/Naturschutz sowie Beleuchtung von Gewerbe-/Industrieanlagen

Umwelt-, Gewerbe-(Anlagen-)Referate der Bezirkshauptmannschaften und Stadtmagistrat Innsbruck
Web: www.tirol.gv.at
Web: www.innsbruck.gv.at

Für den Bereich Straßenbeleuchtung und Verkehrssicherheit

Verkehrsreferate der Bezirkshauptmannschaften und Stadtmagistrat Innsbruck
Web: www.tirol.gv.at
Web: www.innsbruck.gv.at

Weiters steht Ihnen für Auskünfte zur Verfügung

Tiroler Umwelthanwaltschaft
Meraner Straße 5
6020 Innsbruck
Tel.: (+43 512) 508 3492
E-Mail: landesumwelthanwalt@tirol.gv.at
Web: www.hellenot.org

Energie Tirol
Südtiroler Platz 4
6020 Innsbruck
Tel.: (+43 512) 589913
E-Mail: office@energie-tirol.at

Vorarlberg

Abteilungen „Wirtschaft und Umweltschutz“ der Bezirkshauptmannschaften und die Abteilung IVe – Umweltschutz, Abt. für Naturschutz beim Amt der Vorarlberger Landesregierung
Web: www.vorarlberg.at

Wien

Für den Bereich der Verkehrssicherheit und Lichtwerbung

Magistratsabteilung 46 – Verkehrsorganisation und technische Verkehrsangelegenheiten –

Gruppe Verkehrssicherheit

Niederhofstraße 21–23

1120 Wien

Tel.: (+43 1) 4000-92997

E-Mail: post@ma46.wien.gv.at

Web: www.verkehr-wien.at

www.wien.gv.at/verkehr/verkehrssicherheit/

Magistratsabteilung 39 – Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle der Stadt Wien – Lichttechniklabor

Rinnböckstraße 13-15

1110 Wien

Tel.: (+43 1) 79514-39375

E-Mail: post@ma39.wien.gv.at

Web: www.wien.gv.at/forschung/laboratorien/vfa

Allgemein in Umweltfragen

Wiener Umweltschutz

Muthgasse 62

1190 Wien

Tel.: (+43 1) 37979

E-Mail: post@wua.wien.gv.at

Web: www.wua-wien.at

IMPRESSUM

Medieninhaber

Land Oberösterreich

Herausgeber

Amt der Burgenländischen Landesregierung
Abteilung 5 - Baudirektion
Europaplatz 1, 7000 Eisenstadt

Amt der Kärntner Landesregierung
Umwelt, Wasser und Naturschutz
Flatschacher Straße 70, 9020 Klagenfurt am Wörthersee

Amt der Niederösterreichischen Landesregierung
Umwelt- und Energiewirtschaft
Landhausplatz 1, 3109 St. Pölten

Amt der Oberösterreichischen Landesregierung
Umweltschutz
Kärntnerstraße 10-12, 4021 Linz

Amt der Salzburger Landesregierung
Natur- und Umweltschutz, Gewerbe
Michael-Pacher-Straße 36, 5020 Salzburg

Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Umwelt und Raumordnung
Stempfergasse 7, 8010 Graz

Amt der Tiroler Landesregierung
Umweltschutz
Eduard-Wallnöfer-Platz 3, 6020 Innsbruck

Amt der Vorarlberger Landesregierung
Umwelt- und Klimaschutz
Jahnstraße 13-15, 6900 Bregenz

Magistrat der Stadt Wien
Umweltschutz (MA 22)
Dresdner Straße 45, 1200 Wien

Redaktion

Expertengruppe im Auftrag der Landesumweltreferenten Österreich
(Autoren und Mitwirkende, siehe 1. Innenseite)

Korrektur: Manuela Grazi, www.adlerauge.at

Titelbild pixabay.com | **Layout** Isabella Denkmair, Land OÖ/Abteilung Umweltschutz
Druck Friedrich Druck & Medien GmbH | 1. Auflage, Jänner 2018 | DVR: 0069264