

Österreichischer Leitfaden Außenbeleuchtung



Licht, das mehr nützt als stört

2. Auflage

Autoren und Mitwirkende der 1. Auflage:

Bierbaum Holger	Land Burgenland, Verkehrstechnik
Donat Martin	Oberösterreichische Umweltschutz
Doppler Wilfried	Wiener Umweltschutz
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 Umweltschutz
Kaineder Heribert	Land Oberösterreich, Abt. Umweltschutz
Luisi Franz	Lichttechnische Gesellschaft Österreich
Nordmeyer Götz	Land Tirol/Salzburg, Landessanitätsdirektion
Posch Thomas	Universität Wien, Institut für Astrophysik
Pribitzer Horst	Magistrat Wien, MA 39
Puschnig Johannes	Universität Stockholm, Institut für Astronomie
Raffetzedler 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 Umweltschutz - Tirol Kompetenzzentrum für Lichtverschmutzung und Nachthimmel
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

Ergänzend bei der 2. Auflage:

Amegah Thomas	Land Steiermark, Abt. 8 Gesundheit und Pflege
Bachl Thomas	Land Oberösterreich, Abt. Umwelt-, Bau- und Anlagentechnik
Braunisch Judith	Land Niederösterreich, Abt. Umwelt- und Energiewirtschaft
Cech Ramona	Wiener Umweltschutz
Gadlinger-Kromp Julia	Wiener Umweltschutz
Hrabak Werner	Land Niederösterreich, Abt. Landesstraßenplanung
Kaspar Armin	Land Oberösterreich, Abt. Umweltschutz
Lechner Christoph	Land Tirol, Abteilung Emissionen Sicherheitstechnik Anlagen
Reitsamer Johannes	Land Salzburg, Abt. 5 - Natur- und Umweltschutz, Gewerbe
Schindler Michael	Stadt Wien, Umweltschutz
Wallner Stefan	Universität Wien, Institut für Astrophysik
Wötzl Gerald	Magistrat Wien, MA 33

Blume Christine und	
Stefani Oliver	Universitäre Psychiatrische Kliniken Basel, Zentrum für Chronobiologie

Koordination:

Waslmeier Martin und	
Kaspar Armin	Land Oberösterreich, Abt. Umweltschutz



Prüf-, Inspektions- und
Zertifizierungsstelle



Österreichischer Leitfaden Außenbeleuchtung

Licht, das mehr nützt als stört



VORWORT

Dieser Leitfaden ist eine bundesländerübergreifende Hilfestellung für die Planung einer umweltfreundlichen Außenbeleuchtung. Er liefert Informationen zu den Auswirkungen von Kunstlicht im Außenraum und zeigt Möglichkeiten für eine effiziente sowie menschen- und umweltfreundliche Beleuchtung auf – insbesondere vor dem Hintergrund des bislang begrenzten rechtlichen Handlungsspielraums in Österreich.

Das Ziel ist „besseres Licht“: Beleuchtung, die gutes Sehen ermöglicht, ohne zu blenden, die Gesundheit berücksichtigt, die Verkehrssicherheit unterstützt, die Umwelt nicht unnötig aufhellt, die Tierwelt möglichst wenig beeinträchtigt und Energie spart.

Die 2. Auflage berücksichtigt die überarbeitete ÖNORM O 1052, aktuelle Studienergebnisse sowie erstmals gesetzliche Bestimmungen in Oberösterreich.

Der mittlerweile nahezu durchgängige Einsatz von LED in Außenbeleuchtungen führte zu Kürzungen im Kapitel über Leuchtmittel. Gleichzeitig wurden die Auswirkungen künstlicher Außenbeleuchtung auf den Menschen ausführlicher behandelt und die Umsetzungsempfehlungen vereinfacht.

Die Entstehung dieses Leitfadens geht auf die Initiative von **Herrn Ing. Heribert Kaineder** und **Herrn Priv.-Doz. DDr. Thomas Posch** zurück. Aus ihrer wertvollen Zusammenarbeit gingen innovative und erfolgreiche Projekte zur Eindämmung der zunehmenden Lichtverschmutzung hervor, darunter auch das erste international zertifizierte Lichtschutzgebiet Österreichs, der Sternenpark Attersee-Traunsee.

Beide wurden viel zu früh aus dem Leben gerissen. Ihr leidenschaftliches Engagement für den Erhalt des natürlichen Nachthimmels – für diese und kommende Generationen – wirkt als Inspiration und Vorbild weiter.

INHALT

1 Auswirkungen künstlicher Außenbeleuchtung

1.1	Der Mensch.....	10
1.1.1	Das Auge	10
1.1.2	Der Tag-Nacht-Rhythmus.....	11
1.1.3	Auswirkungen auf die Gesundheit.....	13
1.1.4	Voraussetzungen für einen erholsamen Schlaf	15
1.1.5	Verkehrssicherheit	16
1.1.6	Kriminalität	18
1.2	Fauna, Flora & Ökosysteme	19
1.2.1	Insekten	20
1.2.2	Vögel	23
1.2.3	Säugetiere	25
1.2.4	Arten von Feuchtlebensräumen und Gewässern	27
1.2.5	Pflanzen	28
1.3	Nachlandschaft	30
1.4	Astronomie.....	31
1.5	Energieverbrauch.....	32

2 Rechtliche und normative Grundlagen

2.1	Allgemein gültige normative Regelungen.....	36
2.2	Gesetzliche Bestimmungen in Oberösterreich	37

3 Leuchtmittel

3.1	Lichtfarbe	40
3.2	Leuchtdiode (LED)	40
3.3	Empfehlung für den Außenbereich	42

4 Leuchten

4.1	Das Grundprinzip	44
4.2	Ideale Strahlengeometrie	44
4.3	Lichtstärkeverteilungskurve bzw. Lichtverteilungskörper	46
4.4	Lichtpunkthöhe	48
4.5	Anstrahlrichtung.....	48
4.6	Betriebsweise.....	48
4.6.1	Nachtabsenkung.....	48
4.6.2	Nachtabstaltung	49
4.6.3	Sensorgesteuerte Beleuchtung	50

5 Umsetzungsempfehlungen

5.1 Prüfen der Erforderlichkeit der Beleuchtung.....	52
5.2 Begrenzung von Lichtemissionen nach dem Stand der Technik.....	53
5.2.1 Auswahl der Lichtfarbe.....	53
5.2.2 Zielgerichtete Beleuchtung.....	53
5.2.3 Bedarfsgerechte Beleuchtungszeiten	53
5.2.4 Intensität	54
5.3 Wartungs- und Instandhaltungskosten.....	54
5.4 Beleuchtung von öffentlichen Verkehrsflächen, Stellplätzen und Wegen in Parkanlagen	55
5.5 Wege- und Zufahrtsbeleuchtung und Kfz-Stellplatz bei Wohnanlagen .	56
5.6 Bauliche und lichttechnische Gestaltung von Ein- und Ausfahrten in Parkhäusern und Tiefgaragen	56
5.7 Arbeitsstättenbeleuchtung, Beleuchtung von Gewerbe- und Industrieanlagen, Flughäfen, Eisenbahn-, Hafenanlagen und der- gleichen.....	57
5.8 Beleuchtung von Sportstätten.....	58
5.9 Beleuchtung von Fassaden und Objekten, Denkmälern und Wer- bebeleuchtung	59
5.9.1 Vermeidung von Beeinträchtigungen der Verkehrssicherheit	59
5.9.2 Begrenzung zum Immissionsschutz.....	61
5.9.3 Begrenzung zum Natur- und Landschaftsschutz	61
5.10 Emissionen aus Wohngebäuden	62
5.11 Beleuchtung von privaten Objekten und Gärten.....	62
5.12 Weihnachtsbeleuchtung	62
5.13 Skybeamer	62

6 Anhang

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	64
Glossar / Fachbegriffe / Begriffserklärung.....	66
Quellenverzeichnis	68
Ansprechpartner	78
ÖNORM O 1052	82

1

AUSWIRKUNGEN KÜNSTLICHER AUSSENBELEUCHTUNG

1.1 Der Mensch

1.1.1 Das Auge

Die bewusste optische Wahrnehmung wird in der Netzhaut des menschlichen Auges (Abb. 1) 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.

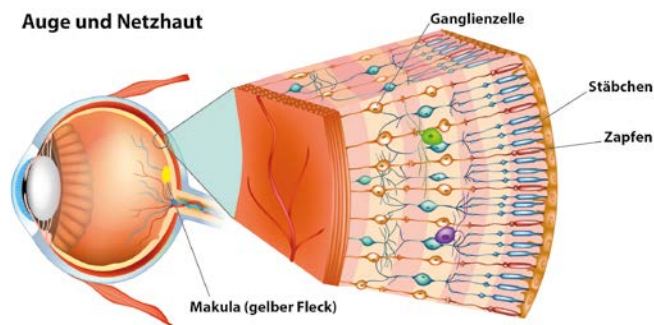


Abb. 1: das menschliche Auge

Bei Tageslicht wird die höchste Sensitivität im Gelbgrün erreicht. Sowohl zum kurzwelligen blauen als auch zum langwelligen roten Bereich fällt die Empfindlichkeit ab. Beim Übergang vom Tag- (**photopisch**) zum Nachtsehen (**skotopisch**), während der Dunkel-adaptation, reagiert das Auge empfindlich auf kurzwelliges Licht (**Purkinje-Verschiebung**).

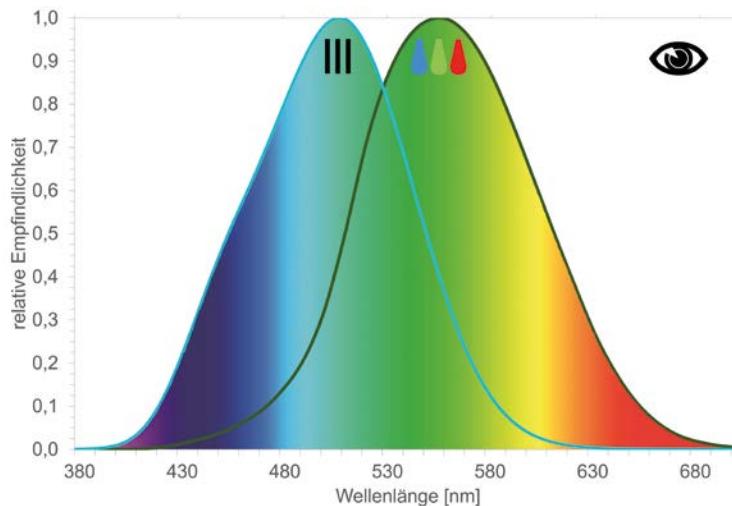


Abb. 2: Empfindlichkeit der Stäbchen (Nachtsehen) und der Zapfen (Tagsehen)

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 bzw. ipRGC). Ihr Empfindlichkeitsmaximum liegt bei ca. 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.

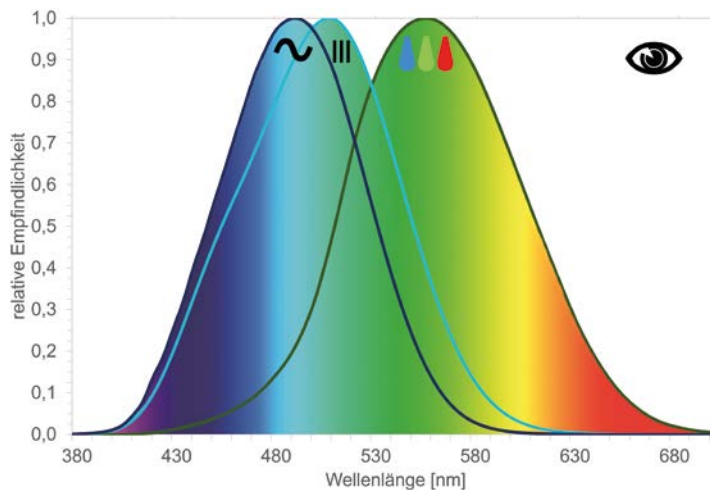


Abb. 3: Empfindlichkeiten der circadianen Rezeptoren für die Steuerung des Tag-Nacht-Rhythmus (links), der Stäbchen (Nachtsehen, Mitte) und der Zapfen (Tagsehen, rechts)

1.1.2 Der Tag-Nacht-Rhythmus

Seit jeher bestimmen Tag und Nacht den Lebensrhythmus von nahezu allen Organismen. Sämtliche Körperfunktionen – auch jene des Menschen – sind auf diesen sogenannten circadianen Rhythmus abgestimmt. Studien^[3] 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, sind wir viel mehr Licht ausgesetzt, als wir es von der Evolutionsgeschichte her kennen.



Abb. 4: zu viel Licht in der Nacht



Abb. 5: zu wenig Licht tagsüber

1.1.2.1. Melatonin

Der 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. Bereits sehr niedrige **Beleuchtungsstärken** wie etwa in der Größenordnung von Vollmondlicht zur falschen Zeit können den circadianen Rhythmus des Menschen beeinflussen ^[4-7]. Die Folge ist ein gravierender negativer Einfluss auf den physiologischen Schlaf-Wach-Rhythmus.

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

- antioxidative Wirkung, neutralisiert somit Sauerstoffradikale im Körper
- weitere circadiane Funktionen wie z. B. die Bildung 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, durch die Freisetzung bestimmter körpereigener Botenstoffe der Zellen des Immunsystems (Steigerung der Wirksamkeit körpereigener „Killerzellen“)

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, ungesunde Ernährung, Umweltgifte 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.

Künstliches Licht mit kurzwelligen Spektralanteilen in den Abend- und Nachtstunden 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 ^[8].

1.1.2.2. Melanopsin

Melanopsin ist ein spezielles lichtempfindliches Protein, genauer gesagt ein Photopigment, das in den photosensitiven retinalen Ganglienzellen (ipRGCs) vorkommt. Es spielt eine entscheidende Rolle bei der Wahrnehmung von Licht, die unabhängig vom Sehen ist. Melanopsin ist besonders empfindlich für Licht im blauen Spektralbereich (etwa 480 nm **Wellenlänge**).

Es reguliert den circadianen Rhythmus indem es hilft, Lichtsignale in Informationen umzuwandeln, die an die innere biologische Uhr im Gehirn weitergeleitet werden. Dadurch wird unser Schlaf-Wach-Rhythmus an den Tag-Nacht-Zyklus angepasst. Weiters ist Melanopsin an der Steuerung der Pupillenweite beteiligt, indem es Lichtveränderungen erkennt und die Pupillen entsprechend erweitert oder verengt (Pupillenreflex). Darüber hinaus spielt es eine Rolle bei der Regulation der Freisetzung von Hormonen wie Melatonin, das für den Schlaf zuständig ist.

1.1.3 Auswirkungen auf die Gesundheit

1.1.3.1. Direkte Wirkungen

Wird das Auge intensiv durch hohe Intensitäten kurzwelliger Strahlung belastet (z. B. Sonne oder Projektoren), kann bereits nach kurzer Zeit 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. zentraler Gesichtsfeldausfall (Zentralskotom) – können die Folgen sein.

In einer 2017 veröffentlichten Studie ^[9] wird eine kurz zuvor entdeckte photosensitive retinale Ganglienzelle (ON delayed (OND) RGC), als möglicher „Signalgeber für das Augenwachstum in der Kindheit“, beschrieben. Vom natürlichen (Sonnen-)Licht abweichende Kunstlichtspektren werden verdächtigt, Kurzsichtigkeit zu fördern.

Phototoxizität

Bei den phototoxischen Effekten werden drei Typen unterschieden:

- Photomechanische Schädigung: Durch sehr hohe Energiedichten verursachte mechanische Zerreißen von Gewebe (z. B. beim Neodym-YAG Laser, operativ).
- Photothermische Schädigung: thermische Schädigung der Netzhaut bis zur Gewebskoagulation, vor allem bei Lasereinwirkung.
- Photochemische Schädigung:
Hierbei wird zwischen einer langandauernden Exposition niedriger Intensität (insbesondere durch blaues Licht, „blue light hazard“, ein Zusammenhang mit der Makuladegeneration wird in der Literatur vermutet) und einer kurzandauernden Exposition hoher Intensität (z. B. Netzhautschäden durch starke Strahlung) unterschieden.

Blendung

Das menschliche Auge hat die Fähigkeit der Anpassung an höchst unterschiedliche Lichtintensitäten – 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 ^[10]. Blendung bedeutet wörtlich „blind machen“, darunter wird allgemein eine Überlastung des visuellen Systems durch zu hohe Lichtintensität verstanden. Eine Blendung kann aber auch durch starke Helligkeitsunterschiede (insbesondere in der Nacht) auftreten. Wenn sich das Auge an eine hellere Leuchtquelle anpasst, kann die dunklere Umgebung dadurch nicht mehr ausreichend wahrgenommen werden. Die vorher beschriebene Anpassungsfähigkeit des Auges wird überfordert.

Weiters kommt es zur Streuung des Lichts. z. B. an kleineren Strukturen im Auge (wie z. B. Fibrillen in der Linse oder Glaskörper). Dies führt zu einer Trübung im Bereich des Gesichtsfeldes, wobei Licht umso mehr im optischen System gestreut wird, je kurzwelliger es ist. Aus diesem Grund empfehlen verschiedene Fachgesellschaften, wie die CSAPH (Council on Science & Public Health) der AMA (American Medical Association), oder die deutsche Strahlenschutzkommission, auf blaues Licht im Straßenverkehr zu verzichten.

In der ÖNORM O 1052:2022 10 15 „Lichtimmissionen - Messung und Beurteilung“ wird unterschieden zwischen:

- physiologischer Blendung:
Blendung, die eine Herabsetzung der Sehfunktionen zur Folge hat, ohne dass damit notwendigerweise ein unangenehmes Gefühl verbunden sein muss
- psychologischer Blendung
Blendung, bei der ein unangenehmes Gefühl hervorgerufen wird, ohne dass damit notwendigerweise eine merkbare Herabsetzung des Sehvermögens verbunden sein muss

Mit fortschreitendem Alter trübt sich die Augenlinse, einfallendes Licht – insbesondere blaues Licht – wird stärker gestreut, wodurch auch die Anfälligkeit für Blendung zunimmt.



Die Erholungszeit der Netzhaut nach „Licht-Stress“ wird länger, nicht nur infolge zunehmenden Alters, sondern auch wegen bestehender Lichtschäden. Mit Rücksicht auf unsere alternde Gesellschaft ist es daher besonders wichtig, die Ursachen der Blendung zu minimieren.

Abb. 6: Blendung im Straßenverkehr

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

1.1.3.2. Indirekte Wirkungen

Störung des Tag-Nacht-Rhythmus

Siehe dazu „Der Tag-Nacht-Rhythmus“

Unaufmerksamkeitsblindheit – „Inattentional Blindness“

Neben der Blendung kann es, u. a. auf Grund der ablenkenden Wirkung von Licht, im Rahmen einer sogenannten Unaufmerksamkeitsblindheit z. B. zu Verkehrsunfällen kommen. Hierbei spielen z. B. bei visuellen Informationsträgern (VIT) insbesondere die Lichtfarbe und -intensität sowie Bewegtheit der Darstellung als auch inhaltliche Aspekte (z. B. Länge des Textes) eine wichtige Rolle. Andere verkehrsrelevante Reize können auf Grund der eingeschränkten Verarbeitungskapazität des Gehirnes nicht mehr wahrgenommen werden.

Flackern oder Flimmern - „Flicker“

Ein weiterer Effekt von Leuchtkörpern, insbesondere von LEDs, ist das Flackern. Nachdem bei nicht allen LEDs ein konstanter Lichtstrom vorhanden ist, kommt es zu Helligkeitsschwankungen (sogenannter Flicker). Dies kann sowohl zu Kopfschmerzen als auch zu Einschränkungen der Sehfunktion führen. Wenn die Frequenz unter einen bestimmten Schwellenwert fällt, ist theoretisch auch die Auslösung epileptischer Anfälle möglich ^[11].

1.1.4 Voraussetzungen für einen erholsamen Schlaf

Die unerwünschte Aufhellung von Innenräumen wird vor allem dann als besonders störend empfunden, wenn Schlafräume oder Wohnbereiche, in denen ein besonderes Ruhebedürfnis besteht, betroffen sind. Bei einer Raumaufhellung im Nachtzeitraum ist vor allem die Beeinträchtigung der Schlafqualität und der Einfluss auf den circadianen Rhythmus als negativ anzusehen. Während die empfohlene Schlafdauer bei Frauen zwischen acht und neun Stunden beträgt, sollten Männer durchschnittlich sieben bis acht Stunden schlafen ^[5].

Nachdem um 6:00 Uhr noch deutlich mehr als 50 % der Bevölkerung schlafen, sollte die Nacht aus Sicht des Gesundheitsschutzes grundsätzlich auf 7:00 Uhr ausgedehnt werden. Obwohl um 22:00 Uhr weniger als 50% schlafen, würde ein früherer Nachtbeginn dem Schutz von Kindern dienen ^[12].

Gesundheitliche Reaktionen können grundsätzlich auch schon bei relativ geringer Raumaufhellung beobachtet werden. Es sind zwar kaum signifikante Studien dazu vorhanden, jedoch gibt es Hinweise, dass bereits durch Vollmondlicht Änderungen des Schlafverhaltens auftreten.

Maßgebliche Faktoren für die Entstehung von Belästigungsreaktionen sind aber auch die Erwartungshaltung an das Umfeld, wie stark sich eine Bestandssituation verändert und ob diese Veränderung über die ganze Nacht andauert.

Ein internationales Expertengremium empfiehlt, die abendliche Beleuchtung ab drei Stunden vor der Schlafenszeit auf eine Beleuchtungsstärke von ca. 10 **Lux** zu begrenzen. Während des Schlafes sollte eine maximale Beleuchtungsstärke von ca. 1 Lux nicht überschritten werden ^[13].

Zum Vergleich: das Licht des Vollmondes beträgt ca. 0,25 Lux. Da je nach Wohnumgebung die Beleuchtungsstärke durch Außenbeleuchtung im Innenraum bis zu ca. 20 Lux betragen kann, sollte das Schlafzimmer ausreichend abgedunkelt werden.

Um Messergebnisse mit tatsächlichen, bekannten Situationen und deren Beleuchtungsstärken in Relation setzen zu können, werden zur Orientierung folgende Werte angegeben:

	Lux	
Sternklare Neumondnacht	0,001	Orientierung möglich
Vollmondnacht	ca. 0,25	Lesen bereits möglich
Straßenbeleuchtung	1 – 50	Beginn der Farbunterscheidung
Arbeitsbeleuchtung	200 – 2.000	
trüber Wintertag	2.000 – 4.000	
bedeckter Sommertag	10.000 – 30.000	
sonniger Sommertag	100.000	

Tab. 1: Beleuchtungsstärken in Relation

Aus medizinischer Sicht sind daher abweichend von den Bestimmungen der ÖNORM O 1052 eine Ausweitung der Dunkelstunden auf 21:00 – 7:00 Uhr und eine Begrenzung der Raumaufhellung durch sonstige Beleuchtung (lt. Norm) auf 0,25 lx an der Außenseite der Fensterebene anstatt 1 lx (Tabelle 4 lt. Norm) zu empfehlen.

Bekannt ist, dass intensiv farbiges Licht schlechter akzeptiert wird als gleichbleibend weißes Licht. Wechselnde Helligkeiten (z. B. Blinklichter oder Stroboskope) werden als besonders störend wahrgenommen. Daher sind diese Lichtquellen bei der Berechnung der zulässigen Helligkeit gemäß ÖNORM O 1052 mit dem Korrekturfaktor für intensiv farbiges Licht bzw. einem Frequenzkorrekturfaktor zu versehen.

1.1.5 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 in dunkle Zonen 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, 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 österreichischen 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 oder 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 in der Kärntner Straße (Wien)

Ob mehr bzw. hellere Straßenbeleuchtung zu einer Abnahme von Verkehrsunfällen führt, wird kontrovers diskutiert, kann aber nicht durch wissenschaftliche Ergebnisse gestützt werden^[14-17]. 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.

Der konsensgemäße Betrieb von visuellen Informationsträgern ist entscheidend für die Verkehrssicherheit und kann von der Behörde überprüft werden.

1.1.6 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 bedeutet 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 ^[18].

Eine weitere Studie ^[19] 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 ^[18]

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 außen angebrachte „Sicherheitsbeleuchtung“ zu verwenden oder gar auf eine einbruchshemmende Wirkung naher Straßenlaternen zu hoffen.

Bewegungsmelder oder eine Innenraumbeleuchtung tragen stärker zum Schutz vor Einbruch oder Vandalismus bei, als dauerhafte ungerichtete Außenbeleuchtung.

1.2 Fauna, Flora & Ökosysteme

Eine Vielzahl wissenschaftlicher Studien zeigt, dass verschiedene Organismen wie Insekten, Vögel, Amphibien, Reptilien, Fische, Krebse, Säugetiere und Pflanzen sowie Ökosysteme durch künstliches Licht negativ beeinflusst werden. Das Ausmaß der Beeinträchtigung von Organismen hängt vor allem von Beleuchtungsintensität und von der spektralen Zusammensetzung des Lichts ab.

Ein Problem mit nächtlicher Beleuchtung haben tagaktive Tiere, die in ihrer Ruhephase gestört werden, sowie nachtaktive Tiere, die aufgrund ihrer spezifischen Anpassung auf die Dunkelheit angewiesen sind. Die artspezifische Aktivitätsphase erleichtert den Tieren das Auffinden von Paarungspartnern oder Beutetieren sowie 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 nachtaktive ^[20].

Beeinträchtigt werden:

- Orientierung
- Räuber-Beute-Beziehung / Pflanze-Bestäuber-Interaktion
- Futtersuche
- Aktionsradius (Lebensraumzerschneidung, Barrierewirkung und Vertreibung)
- Hormonsystem & Ruhephasen
- Soziale Interaktion (Entwicklung, Fortpflanzung, innerartliche Kommunikation und Konkurrenz)
- Biotopverbund

Jede Abweichung von den natürlichen Beleuchtungsstärken und Lichtrhythmen kann Lebewesen beeinträchtigen. Dabei sind die Anwesenheit von Kunstlicht in der Nacht und dessen Helligkeit relevanter als die Lichtfarbe des eingesetzten Leuchtmittels.

Neben dem Menschen produzieren viele Tiere in den dunklen Nachtstunden das Hormon Melatonin, das eine Rolle bei einer Reihe von Lebensfunktionen spielt. Bereits sehr geringe Beleuchtungsstärken von 0,01 bis 0,03 Lux reichen aus, um die Melatoninsynthese bei Säugetieren und Fischen zu hemmen. Sogar noch geringere, wellenlängenabhängige Lichtintensitäten beeinflussen Organismen ^[21].

Generell sind die Abfolge von Tag und Nacht sowie die jahreszeitliche Veränderung der Tageslänge wichtige Zeitgeber für die Synchronisation der tageszeitlichen und saisonalen Rhythmen im Körper vieler Lebewesen. Verkürzt sich die wahrgenommene Tageslänge, wird der Winter angekündigt und Insekten treten in die Diapause ein, beispielsweise indem sich Raupen verpuppen. 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 ^[21, 22]. Trotz der bereits bekannten, negativen Folgen auf Flora, Fauna und Ökosysteme steigt die Lichtverschmutzung europaweit derzeit durchschnittlich um 6 Prozent jährlich an ^[23].

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

1.2.1 Insekten

Mit rund 75 Prozent aller Tierarten sind Insekten die artenreichste und zahlenmäßig größte Tiergruppe auf unserem Planeten. In Österreich sind circa 85 Prozent aller Schmetterlinge nachtaktiv. Viele Insektenarten üben Schlüsselfunktionen in den jeweiligen Ökosystemen aus. Sie sind für Ökosystemleistungen wie die Pflanzenbestäubung und als Nahrungsgrundlage für andere Tiere unersetzlich. Der ökonomische Nutzen der von Bestäubern geleisteten Arbeit beträgt weltweit mindestens 200 Milliarden US-Dollar jährlich ^[24].

Die Artenvielfalt und die Individuenzahl von Insekten nehmen jedoch global tendenziell ab. Das hat weitreichende Folgen ^[25, 26]: Ein Drittel aller blühenden Pflanzenarten kommt ohne tierische Bestäuber (hauptsächlich Insekten) nicht zur Samenbildung. Bei etwa der Hälfte würde sich die Samenbildung um mindestens 80 % reduzieren ^[27].

Zudem ist auch der Ertrag von 85 % aller Kulturpflanzen zumindest teilweise von Bestäubern abhängig ^[28].

Ein Rückgang der Artenvielfalt, der Verbreitung sowie der Populationsgrößen von Nachtfaltern wurden schon in vielen Ländern beobachtet ^[28-33], wobei Populationsrückgänge bereits direkt mit Lichtverschmutzung in Verbindung gebracht wurden ^[34, 35].

Kunstlicht beeinträchtigt Nachtfalter in allen Lebensphasen und kann auch indirekte negative Effekte nach sich ziehen ^[36].

Auf Ökosystemebene kann es durch Beleuchtungsanlagen zu einer dauerhaften Veränderung von Insekten-Gesellschaften kommen ^[18].

Auswirkungen der Anlockwirkung:

- **Leerfangeffekt:** Kunstlicht kann durch Anlockwirkung dazu führen, dass ein Großteil der 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 Vogelnahrung, besonders die von Küken, besteht aus größeren Faltern und Raupen ^[19, 20]. Die vom künstlichen Licht angelockten Insekten fehlen in ihrem angestammten Lebensraum als Nahrungsgrundlage, was wiederum die Populationsstärke ihrer Fressfeinde reduziert.

- Fehlen von nachtaktiven Insekten als Bestäuber: Nachtfalter bestäuben während der dunklen Tageshälfte eine Reihe verschiedener Pflanzenarten und spielen eine bedeutende Rolle für die Aufrechterhaltung der Biodiversität. 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.

Nachaktive Fluginsekten wenden ihren Rücken dem Himmel zu, weil dieser immer heller als die Erdoberfläche ist. Sie wissen dadurch wo oben und unten ist und können die Fluglage halten.

Einzelne beleuchtete Werbeanlagen oder Gebäudeanstrahlungen können hunderttausende Insekten pro Nacht anlocken ^[37]. Je nach Insektenart und Beleuchtungsanlage kann die Anlockwirkung mehrere hundert Meter weit reichen. Gelangen Fluginsekten zu nahe an den Beleuchtungskörper, umschwirren sie diesen gefangen im Lichtkegel meist bis zu ihrem Erschöpfungstod ^[38].

Die Reichweite der Anlockung durch eine Natriumdampf-Straßenleuchte betrug bei Nachtfaltern 23 m und bei Wasserinsekten 40 m. Da der Abstand zwischen Straßenleuchten in der EU meist zwischen 20 und 45 m liegt, ist es wahrscheinlich, dass Nachtfalter, die eine beleuchtete Straße queren, zwangsläufig durch die Straßenleuchten „gefangen“ werden bzw. diese eine Barriere darstellen. Dies könnte in der Folge zu einer Fragmentierung ihres Lebensraums führen ^[39, 40].

Sowohl natürliches als auch künstliches Licht vermindert die Fähigkeit von Nachtfaltern, die Ultraschall-Laute von Fledermäusen zu hören. Dies führt zu einem höheren Fangerfolg der Fledermäuse in beleuchteten Bereichen ^[41-43].

Die nicht flugfähigen weiblichen Glühwürmchen locken mit ihrem Lichtsignal Männchen an. Sind sie nächtlichem Kunstlicht ausgesetzt, so kommt es zu einer Verzögerung oder einem Aussetzen ihrer eigenen Lichtproduktion, einer verringerten Partneranziehung und damit reduziertem Reproduktionserfolg ^[44].

Künstliche Beleuchtung reduziert auch die Produktion von Sexualpheromonen bei weiblichen Faltern, was zu einem geringeren Paarungserfolg führt.

Die Bestrahlung von Nachtfalterraupen mit grünem und weißem Licht scheint die individuelle Fitness der Tiere zu verringern ^[45-47].

Es lässt sich beobachten, dass je nach spektraler Zusammensetzung der Lichtquelle unterschiedliche Insektenarten angezogen werden. Die Wahrnehmungsfähigkeit von Nachtfaltern beispielsweise reicht vom kurzwelligen Ultraviolett- bis in den **Infrarotbereich**, die größte Anlockwirkung wird jedoch generell bei Leuchtmitteln festgestellt, welche ultraviolette und kurzwellige Strahlung emittieren ^[48-53].

Keine Leuchtmittel mit UV- und hohem Blauanteil im Emissionsspektrum verwenden, da nachtaktive Insekten dadurch massiv in ihrer Orientierung gestört werden und im Lichtkegel vor Erschöpfung sterben.



Abb. 8: nachtaktive Insekten schwirren um eine Lampe

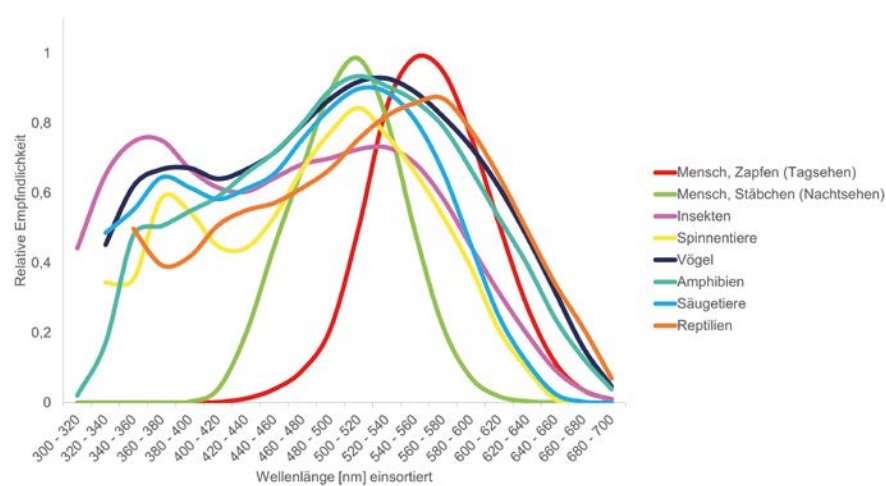


Abb. 9: Spektrale Empfindlichkeit der menschlichen Stäbchen und Zapfen mit Gesamttempfindlichkeit für andere Klassen terrestrischer Arten

Neue Erkenntnisse zeigen, dass aquatische Insekten im Gegensatz zu fliegenden Insekten auf ein anderes **Spektrum** des sichtbaren Lichts reagieren. In Gewässern mit einem hohen Anteil an farbigen gelösten organischen Stoffen (cDOM oder Gelbstoff) sprechen Insekten stärker auf Wellenlängen zwischen 500 nm und 600 nm an, also auf gelbes und grünes Licht.

Es wurde auch gezeigt, dass Nymphen von Eintagsfliegen gar nicht auf blaues Licht reagieren. Die Ursache dürfte darin liegen, dass blaues Licht in gelbstoff-reichen Gewässern stärker gefiltert wird und daher von geringerer Relevanz ist. Der Einsatz warmweißer Lichtquellen aus Gründen des Insektenschutzes führt an solchen Gewässern daher wohl nicht zum gewünschten Erfolg ^[54].

1.2.2 Vögel

1.2.2.1. 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.

An Vogelzugrouten gelegene, exponierte, künstlich aufgehellte Standorte sowie großflächig beleuchtete Areale können eine tödliche Falle für Zugvögel sein.



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, prallen an Fensterscheiben von beleuchteten Innenräumen oder gehen nach stundenlangen Irrflügen an Erschöpfung und Stress zugrunde^[55].

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. Durch nächtliche direkte Beobachtung konnte an mehreren Örtlichkeiten festgestellt werden, dass Zugvögel in der zweiten Nachthälfte selbst auf Bodenniveau zur jeweils hellsten Beleuchtung flogen und gegen die Glasfassade prallten.

Zugvögel sind somit auch dann noch lichtaffin, wenn sie nach nächtlichem Zug gelandet sind. Es ist nach diesen Befunden außerdem davon auszugehen, dass nachts hellere Lichtquellen auch in einer bereits diffus aufgehellten Umgebung verstärkt Zugvögel anlocken können. Auch wenn mit größerer Höhe einer Lichtquelle in der Regel auch ihre Exposition und damit ihre Gefährlichkeit für Zugvögel zunimmt, ist dies keine notwendige Voraussetzung ^[56].

Beispiele aus Österreich, Deutschland, der Schweiz und anderen Staaten belegen den Tod von Tausenden Zugvögeln durch künstliche Beleuchtung. Die Hauptzugzeiten in Mitteleuropa erstrecken sich von Anfang Februar bis Ende Mai und von Mitte Juli bis Ende November. Die meisten verunglücken in den Herbstmonaten Oktober und November, da zu dieser Zeit die Zugvolumina maximal sind, durch häufigen Gegenwind der Vogelzug oft niedriger verläuft und kritische Wetterlagen mit aufkommenden Wolken und Nebel häufiger sind.

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 ^[57-71].

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 ^[60, 61, 72-74].

1.2.2.2. Störung des tageszeitlichen und saisonalen Rhythmus

Wird der Tag-Nacht-Rhythmus durch Kunstlicht gestört, kann dies stressbedingte Auswirkungen auf die Tiere haben. Vögel, welche in der Nähe von ausgeleuchteten Bereichen leben, werden während ihrer Schlafphase gestört ^[75, 76].

Zur Hemmung der Melatoninproduktion von Vögeln reicht schon eine geringe Beleuchtungsstärke von 0,3 Lux ^[77].

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 ^[61, 78-84].

Nächtlich aufgehellte Vogel-Lebensräume stehen auch mit einer verlängerten Infektionszeit und einem geschwächten Immunsystem in Verbindung ^[85, 86].

1.2.3 Säugetiere

1.2.3.1. Fledermäuse

Ungefähr 69 Prozent der Säugetierarten 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.

Die Lichtempfindlichkeit variiert zwischen verschiedenen Fledermausarten - die Flugaktivität von Fledermäusen kann bereits ab einer Beleuchtungsstärke von 0,1 Lux negativ beeinflusst werden ^[87]. Für Fledermäuse ist die Dunkelheit in der Regel auch der wichtigste Schutz vor Fressfeinden ^[88].

Manche Arten, wie der Große Abendsegler oder die Zwergfledermaus jagen um Kunstlichtquellen (z. B. Straßenlaternen) Insekten, während lichtscheue Arten (z. B. Hufeisennasen, Mausohren, Langohrfledermäuse) diese bei Jagd- und Transferflügen meiden, was für Letztere eine geringere Nahrungsverfügbarkeit und Lebensraumeinschränkung bedeutet ^[89-96].

Dies kann zu einer Verschiebung des Artenspektrums führen:

Relativ artenreiche Fledermausgemeinschaften in unbeleuchteten Gebieten könnten durch Urbanisierungsprozesse in artenarme Gemeinschaften bestehend aus opportunistischen Arten ersetzt werden, deren Häufigkeit dann mit dem Voranschreiten künstlicher Beleuchtung weiter zunimmt.

Dies könnte lokal oder regional zur Verarmung der Fledermausartengemeinschaft führen ^[97]. Durch die Verwendung von LEDs mit einer deutlich geringeren Anlockwirkung auf Insekten kann sich jedoch die Artenzusammensetzung wieder ändern: Bei Untersuchungen wurde eine Abnahme der Aktivitäten von lichttoleranten Opportunisten wie der Zwergfledermaus und eine Zunahme lichtsensibler Spezies, z. B. Myotis Arten, festgestellt, wieder andere Arten zeigten keine Bestandsveränderungen ^[98]. Selbst im Lichtschein jagende Arten meiden jedoch beleuchtete Wasserquellen sowie Quartiere. Langfristig kommt es durch Kunstlicht zu einer Reduktion der Nahrungsgrundlage von Fledermäusen ^[88].

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 (selbst bei geringer Beleuchtungsstärke) verlassen wurden oder die Ausflugszeit einer ganzen Kolonie um Tage verzögert wurde ^[88].

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

Nach derzeitigem Forschungsstand darf an Ein- und Ausflugsöffnungen von Quartieren auf keinen Fall mehr als 0,1 Lux gemessen werden, müssen das Innere der Quartiere sowie mindestens ein Quartierausgang, Gewässer und Wälder dunkel bleiben und ist auf den Erhalt großer, zusammenhängender Dunkel-Lebensräume und unbeleuchteter Wanderkorridore zu achten ^[88, 96].



Abb. 11: viele Fledermausarten werden von Kunstlicht gestört

1.2.3.2. 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 ^[99-101].

Kunstlichtexposition hat bei Säugetieren signifikant negative Auswirkungen auf die Melatoninproduktion (z. B. 60 % Reduktion bei Nagetieren bei 0,03 Lux kurzwelligem blauen Licht und 95 % Reduktion bei 8 Lux mit langwelligem rotem Licht) ^[21].

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 (Skibetrieb, Pistenpräparierung etc.) beeinträchtigend wirken.

Abb. 12: durch Kunstlicht beeinträchtigte Wildtiere

1.2.4 Arten von Feuchtlebensräumen und Gewässern

1.2.4.1. Amphibien

Amphibien zählen aufgrund der zunehmenden Zerschneidung und Zerstörung ihrer Lebensräume sowie der klimawandelinduzierten Austrocknung temporärer Laichgewässer (Verdunstung durch Temperaturanstieg, veränderte Niederschlagsmuster) ^[102] 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 ^[103].

Nächtliches Kunstlicht erschwert die Wanderung zu Laichgebieten und damit die Fortpflanzung. So wirken bspw. künstlich erhellte Straßen wie Barrieren für die Tiere.

Kunstlicht kann das Wachstum, die Aktivität und das Verhalten von Kröten negativ beeinflussen ^[104, 105] und verändert die Zusammensetzung des weißen Blutbildes ähnlich einer Stressreaktion ^[106].



Abb. 13: Amphibien wird Kunstlicht oft zum Verhängnis

1.2.4.2. 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 ^[107, 108].

1.2.4.3. Fische

Künstliches Licht in der Nacht beeinflusst den Hormonhaushalt der Fische, was wiederum Auswirkungen auf das Wachstum und die Fortpflanzung hat. Die Melatoninproduktion wird bei empfindlichen Arten (z. B. dem Flussbarsch) bereits bei extrem geringen Beleuchtungsstärken von 0,01 Lux beeinträchtigt ^[21].

Auch das Wanderverhalten kann durch künstliches Licht beeinträchtigt werden, beleuchtete Brücken, Radwege, Sportanlagen, usw. in der Nähe von Gewässern können wie Barrieren wirken. Viele Fischarten werden von Kunstlicht angelockt, was beim kommerziellen Fischfang genutzt wird. Die meisten Fischlarven und Jungfische meiden jedoch Licht ^[107].



Abb. 14: Fische reagieren sensibel auf Kunstlicht

Ökologisch sensible Lebensräume (oft gesetzlich geschützt) 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

Große, alte Bäume, Hecken oder Wiesenflächen stellen im Siedlungsraum Lebensräume dar. Sie dienen innerhalb des bebauten Bereiches als Biotopverbund oder als Trittsteine zwischen den Lebensräumen.

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.

Durch Lichtverschmutzung erfolgt in Städten der Austrieb der Gehölze früher ^[109]. Kunstlichtexposition kann die Blütenbildung je nach Art verzögern, unterdrücken oder beschleunigen, kann den Pflanzenstoffwechsel und die lokale Individuenzahl von Herbivoren und Parasiten beeinflussen ^[22]. Daher werden auch Pflanzen von den Beeinträchtigungen durch das erhöhte Kunstlicht-Regime 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^[110, 111]. Sind Pflanzen ständig dem Licht ausgesetzt, werden sie anfälliger für Krankheiten.

Nächtliche Dunkelphasen sind essentiell für Pflanzen, um sich von tagassoziierten Umweltstressoren (z. B. UV-, Ozonschäden) zu erholen. Künstliche Beleuchtung in der Nacht führt beispielsweise zu erhöhter Empfindlichkeit gegenüber bodennahem Ozon und in der Folge zu Blattschäden^[22, 112].



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“^[113].

Das gezielte Anstrahlen von Pflanzen und Vegetation z. B. zur Dekoration oder als gartenarchitektonisches Gestaltungselement muss vermieden werden.

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 zumindest scheinbar 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 % der mit freiem Auge sichtbaren Sterne verschwinden. Bei Bewölkung kann die Himmelshelligkeit im städtischen Bereich überdies um das Zehnfache steigen. Mit schneebedeckten Straßen können Werte gar über das Hundertfache erreicht werden. Messungen zeigen einen rapiden und exponentiellen Anstieg der Aufhellung des Nachthimmels – abhängig vom Ort – von zwei bis über zehn Prozent jährlich. Schon 83 % der Weltbevölkerung und 99 % der Europäer leben unter einem lichtverschmutzten Himmel. Für 60 % der Europäer bleibt die Milchstraße im Verborgenen ^[114-117].

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^[3].

Organisationen wie beispielsweise DarkSky International mit der regionalen Untergruppe DarkSky Austria 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 Sterneparks 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.



Seit 2021 gibt es in Oberösterreich mit dem Sternepark Attersee-Traunsee das Erste von DarkSky International offiziell zertifizierte Schutzgebiet in Österreich.

www.sternenpark-attersee-traunsee.at



Im März 2026 wurde das Naturnachtgebiet Eisenwurzen als Dark Sky Reserve von DarkSky International zertifiziert. Es vereint sechs Schutzgebiete und 20 Gemeinden in Oberösterreich, Niederösterreich und der Steiermark.

<https://naturnacht.eisenwurzen.com>

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).

Für Beleuchtungsanlagen werden weltweit 19 Prozent und EU-weit 16 Prozent des elektrischen Energieverbrauchs benötigt. 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 elektrischen Energiebedarfs 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 Energieverbrauchs aus ^[118]. 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 elektrische Energie pro Jahr bei der Straßenbeleuchtung verschwendet werden. (Allein in Großbritannien sind es z. B. 843 Millionen kWh ^[18]).

In Österreich muss von einer verlorenen Energie in der Größenordnung von 100 Millionen kWh elektrischer Energie jährlich ausgegangen werden, in anderen Worten 15 Millionen Euro (bei angenommenen 0,15 Euro/kWh_{el}) 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. 131 g/kWh CO₂ an. Laut UCTE-Mix sind es europaweit ca. 432 g/kWh CO₂ [119, 120].

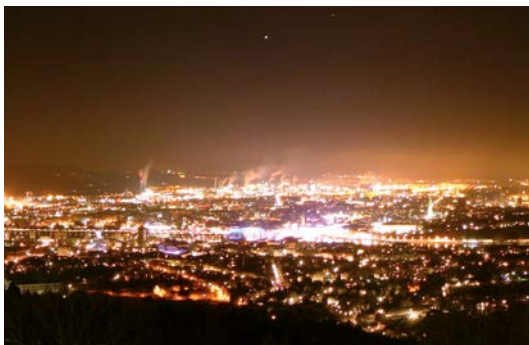


Abb. 19: nach oben abgestrahltes Licht verschwendet Energie

Sinnvoller und effizienter Einsatz von Beleuchtung ist ein wertvoller Beitrag zum Natur-, Klima- und Gesundheitsschutz.



2

RECHTLICHE UND NORMATIVE GRUNDLAGEN

2.1 Allgemein gültige normative Regelungen

Bisher besteht in Österreich ein sehr eingeschränkter rechtlicher Handlungsspielraum betreffend Lichtverschmutzung. Gewerbliche und bauliche Anlagen sowie Blendung im Verkehr bieten etwa gesetzliche Möglichkeiten, erhöhten Lichtimmissionen und -emissionen zu begegnen. Dies ist insofern unbefriedigend, als zahlreiche Lichthanlagen von den bestehenden Regelungen nicht erfasst werden und beeinträchtigte Bürger:innen sich teilweise nur über das Zivilrecht wehren können.

Es gibt jedoch technische Normen und Richtlinien, welche den Stand der Technik abbilden, Mindestanforderungen an die Beleuchtung vorgeben und Maßnahmen zur Vermeidung unerwünschter Störwirkungen von künstlichem Licht definieren.

Eine wichtige normative Grundlage ist die ÖNORM O 1052 für die Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen aus dem Jahr 2012, welche im Oktober 2022 in einer überarbeiteten Version veröffentlicht wurde. Diese ist auch – dank der Veröffentlichung des im Mai 2024 novellierten Oö. Umweltschutzgesetzes 1996 – im Anhang dieses Leitfadens zu finden. In dieser ÖNORM sind maximal zulässige Grenzwerte für die Lichteinwirkungen auf Mensch und Umwelt sowie grundlegende Parameter und Anforderungen an spezifische Beleuchtungsanlagen festgelegt.

Für die Planung der Straßenbeleuchtung wird die europäische Normenreihe EN 13201 herangezogen. Die Teile 2 bis 5 wurden 2016 neu herausgegeben. Die Auswahl der Beleuchtungsklassen erfolgt in Österreich gemäß ÖNORM O 1055, der nationalen Umsetzung von Teil 1 dieser Normenreihe.

Ergänzend gelangt im Bereich der Straßenbeleuchtung die ÖNORM O 1051 für Konfliktzonen (Schutzwege, Radfahrerüberfahrten, Kreisverkehre, Parkplätze usw.) zur Anwendung.

Darüber hinaus sind folgende Normen und Richtlinien zu beachten:

- ÖNORM EN 12193 „Licht und Beleuchtung – Sportstättenbeleuchtung“
- ÖNORM EN 12464 „Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten“ – Teil 1 Arbeitsstätten in Innenräumen (Außenwirkung) und Teil 2 Arbeitsplätze im Freien
- RVS 05.06.11 „visuelle Störungen – Kriterien zu Standorten von Informationsträgern“ und RVS 05.06.12 „visuelle Informationsträger für verkehrsfremde Zwecke“

Die wesentliche normative Grundlage für den vorliegenden Leitfaden stellt die ÖNORM O 1052 dar.

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.

2.2 Gesetzliche Bestimmungen in Oberösterreich

Mit 1. Mai 2024 ist in Oberösterreich das novellierte Oö Umweltschutzgesetz 1996 in Kraft getreten. Dieses enthält erstmals Regelungen zur Vermeidung von Lichtverschmutzung im öffentlichen Raum.

Die Bestimmungen beschränken sich hauptsächlich auf Außenbeleuchtungsanlagen, die von Gemeinden oder vom Land betrieben werden. Angelegenheiten, die in den Zuständigkeitsbereich des Bundes fallen, wie zum Beispiel das Gewerberecht, sind davon nicht erfasst.

Es wird geregelt, dass Außenbeleuchtungsanlagen generell effizient und umweltschonend zu betreiben sind, sodass Beeinträchtigungen von Menschen, Umwelt, Natur und Landschaft möglichst vermieden werden. Die Novelle verweist auf die ÖNORM O 1052:2022 10: Lichtimmissionen Messung und Beurteilung. Konkret werden die Punkte 4 und 7 für verbindlich erklärt.

Die Regelungen der ÖNORM O 1052:2022 10 sind nur dann einzuhalten, wenn im Einzelfall nicht überwiegende andere öffentliche Interessen, wie Ruhe, Ordnung oder Sicherheit entgegenstehen. Beispielsweise sind hier Gefahrenstellen auf Wegen und Plätzen denkbar.

Eine weitere Ausnahme sieht die Novelle für Außenbeleuchtungsanlagen vor, die nicht dauerhaft errichtet und nur für den vorübergehenden Betrieb vorgesehen sind z. B. Beleuchtungen auf Zeltfesten, Kirtagen, aber auch die öffentliche Weihnachtsbeleuchtung.

Die Novelle des Oö Umweltschutzgesetzes bringt zusätzlich für die Gemeinden Rechtssicherheit und klärt somit die lange offene Haftungsfrage bei abgesenkten bzw. ausgeschalteten Außenbeleuchtungsanlagen.

Für Gemeinden besteht die Möglichkeit, die Betriebszeiten für ihre Außenbeleuchtung individuell und bedarfsgerecht mit einem Beleuchtungskonzept in Form von Richtlinien zu regeln.

Durch die neuen Regelungen werden allerdings keine so genannten subjektiv-öffentlichen Rechte vermittelt. Das heißt, dass damit für Bürgerinnen und Bürger kein Rechtsanspruch auf die Abschaltung bestimmter Außenbeleuchtungen entsteht.



3

LEUCHTMITTEL

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.

Mit der im Frühjahr 2022 geänderten RoHS-Richtlinie 2011/65/EU wurde das Inverkehrbringen der gängigsten Leuchtstofflampen verboten. Auf das ordnungsgemäße Recycling durch fachgerechte Entsorgung von alten Leuchtmitteln ist unbedingt zu achten!

3.1 Lichtfarbe

Die Lichtfarbe oder ähnlichste Farbtemperatur einer Lampe wird in der Einheit Kelvin (K) angegeben. Sie beschreibt unter anderem, ob das Licht eher gelblich-warm oder bläulich-kühl empfunden wird. Abweichend zur ÖNORM O 1052 werden aus medizinischer und ökologischer Sicht folgende Lichtfarben empfohlen:

- $\leq 2.200\text{ K}$ Außenbeleuchtung in Wohnhausanlagen, Wohnstraßen, Parkanlagen und ökologisch sensiblen Bereichen
- $\leq 2.700\text{ K}$ niederrangiges Straßennetz, Stadtzentrum, Fußgängerzonen

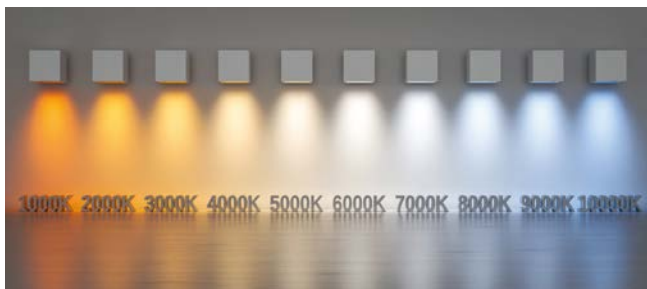


Abb. 20: Lichtfarben

3.2 Leuchtdiode (LED)

Eine Licht emittierende Diode ist ein Halbleiter-Bauelement, das Licht ausstrahlt, wenn elektrischer Strom in Durchlassrichtung fließt. In Gegenrichtung sperrt die LED den Strom. Somit entsprechen die elektrischen Eigenschaften der LED denjenigen einer Diode. Die Wellenlänge des emittierten Lichts hängt vom Halbleitermaterial und der Dotierung der Diode ab: Das Licht kann für das menschliche Auge sichtbar oder im Bereich von Infrarot- oder Ultraviolettstrahlung sein.

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 kontinuierlich, weist aber einen, abhängig von der ähnlichsten Farbtemperatur, mehr oder weniger starken Blauanteil auf.

Die neutralweiße LED emittiert im biologisch wirksameren blauen Spektralbereich deutlich mehr Licht als eine warmweiße LED.

Gelbe bzw. amberfarbene 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.

Die Beeinflussung verschiedener Lichtfarben auf Tiere wird in Kapitel 1 näher abgehandelt.

LEDs mit einer nominellen ähnlichsten Farbtemperatur über 2700 K sollten mit Bedacht ausgewählt und in ökologisch empfindlichen Bereichen nicht verwendet werden.

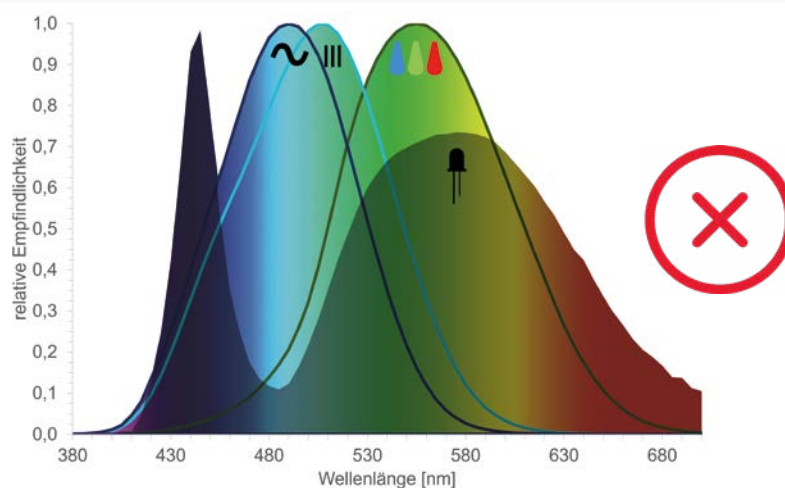


Abb. 21: Spektrum einer neutralweißen LED, im Hintergrund: Empfindlichkeiten der circadianen Rezeptoren für die Steuerung des Tag-Nacht-Rhythmus (links), der Stäbchen (Nachtsehen, Mitte) und der Zapfen (Tagsehen, rechts)

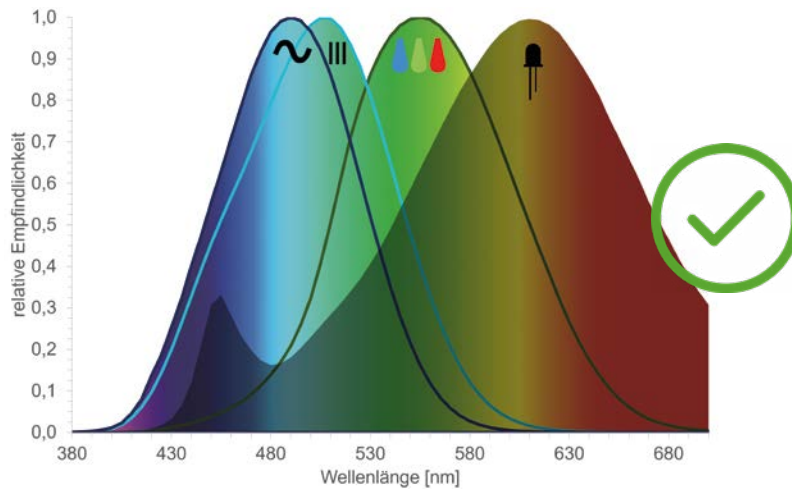


Abb. 22: Spektrum einer warmweißen LED (2700 K)

LEDs benötigen für ihre Funktion seltene Erden, die meist unter ökologisch bedenklichen Bedingungen gewonnen werden. Aus diesem Grund ist die Lebenszeit jedenfalls sinnvoll auszunutzen und auf ordnungsgemäßes Recycling zu achten.

3.3 Empfehlung für den Außenbereich

Aus medizinischen Gründen sollten Leuchtmittel gemäß den umweltmedizinischen Empfehlungen des Robert Koch-Institutes^[121] nicht im Wellenlängenbereich kleiner als 500 nm Licht abgeben, da ansonsten u. a. der natürliche Tag-Nacht-Rhythmus von Menschen 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 2700 K (siehe Punkt 3.1. Lichtfarbe). Konstruktionsbedingt verbleibt eine Restemission im Blaubereich, welche im optimalen Fall durch einen Blaufilter eliminiert wird.

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 2700 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 1.1.3.1). 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. 23: abgeschirmte Leuchten beleuchten nur die Straße

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 Strahlgeometrie

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.

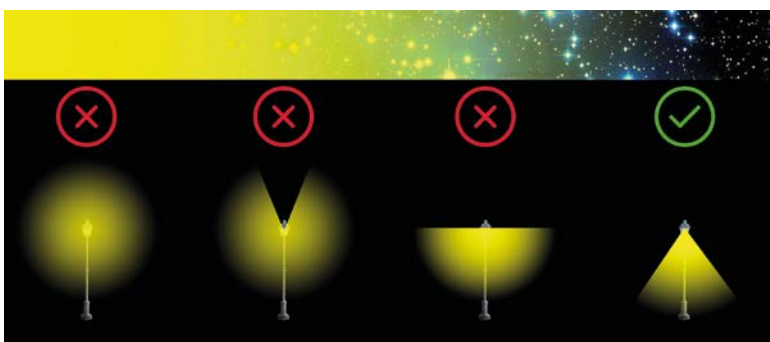


Abb. 24: Veranschaulichung zur idealen Strahlgeometrie

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.

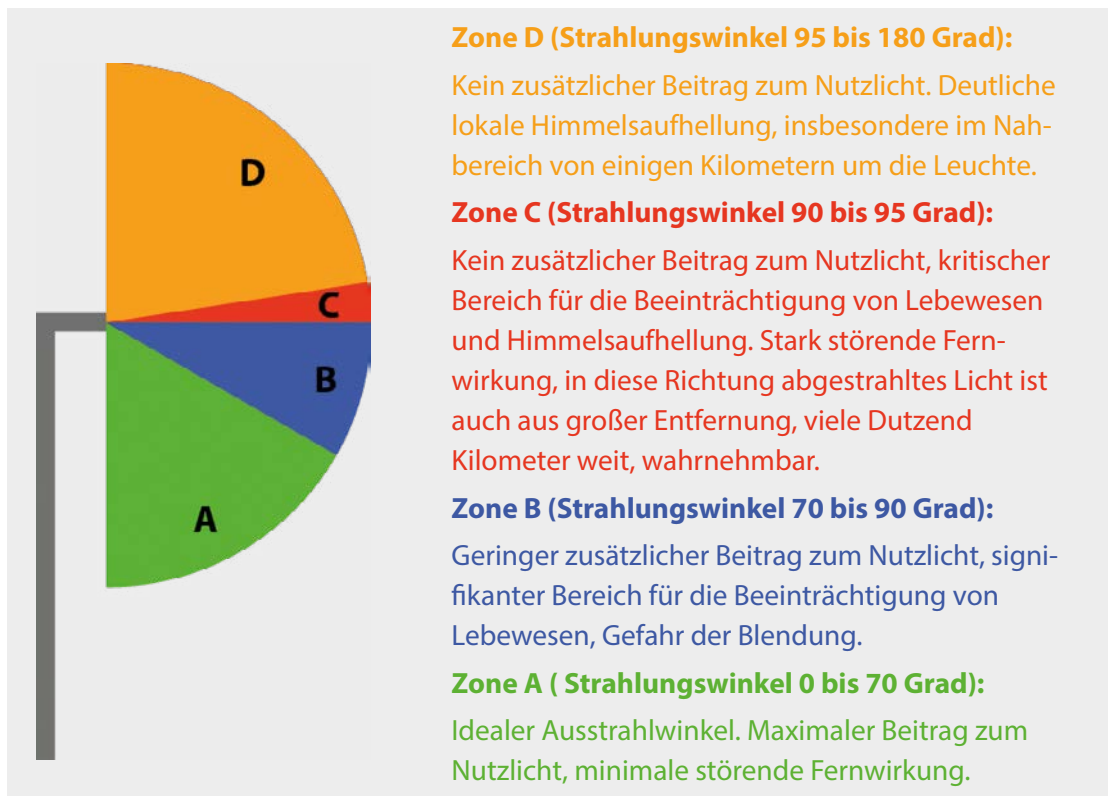


Abb. 25: Strahlungszonen laut ÖNORM O 1052

Full-Cut-off-Leuchten sind zu bevorzugen, da diese elektrische 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. 26: bisherige Beleuchtung einer Gasse in Wien mit Leuchtstofflampen



Abb. 27: nach der Umrüstung auf eine gezielte LED-Beleuchtung

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 28).

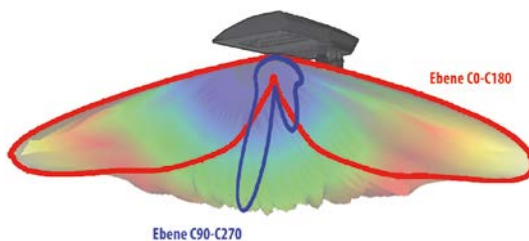


Abb. 28: Veranschaulichung von zwei Messebenen einer LVK an einer Straßenleuchte

Die **Lichtstärkeverteilungskurve** (LVK) zeigt die in die jeweilige Schnittebene emittierte Lichtstärke in **Candela** an. In Abbildung 28 ist die LVK einer Straßenleuchte zu sehen. Bei asymmetrischen Strahlern werden die Strahlungsverteilungen von zwei Ebenen in einem Diagramm dargestellt (siehe Abbildung 30).

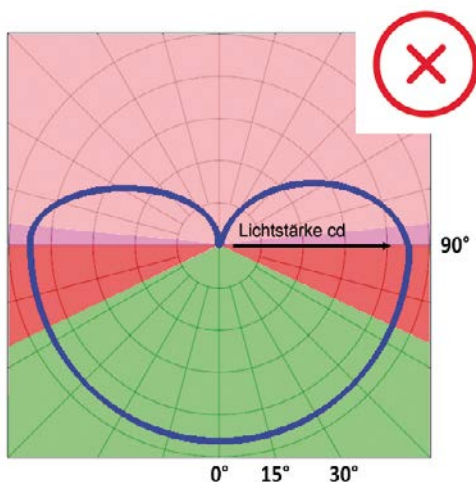


Abb. 29: LVK einer alten Seilhängeleuchte

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

Typische Beispiele zur Lichtstärkeverteilungskurve

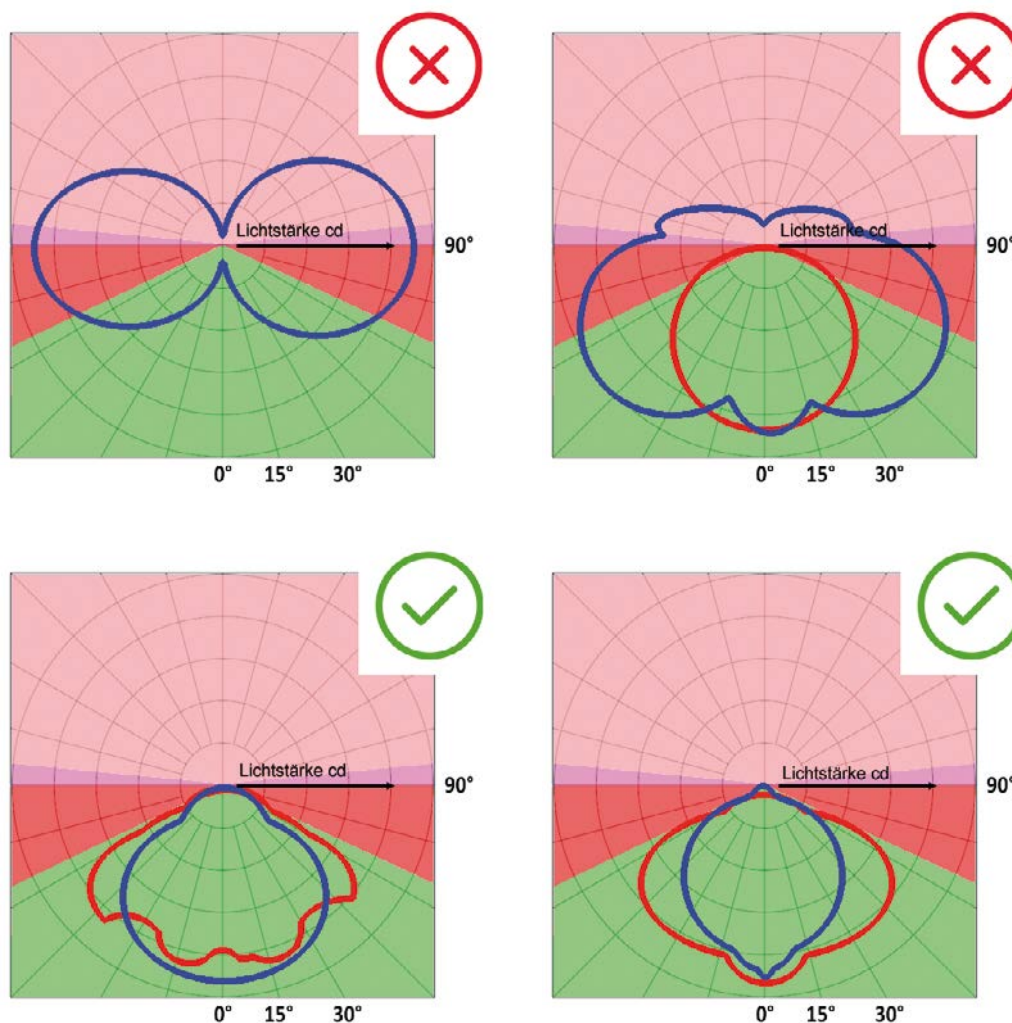


Abb. 30: typische Lichtstärkeverteilungskurven

4.4 Lichtpunkthöhe

Die Umweltaufhellung und damit potenzielle Beeinträchtigung von Tieren und Pflanzen sowie die Weitenwirkung einer künstlichen Lichtquelle 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 31). Bei Anstrahlungen ist generell dafür Sorge zu tragen, dass die Vorgaben der ÖNORM O 1052 eingehalten werden.

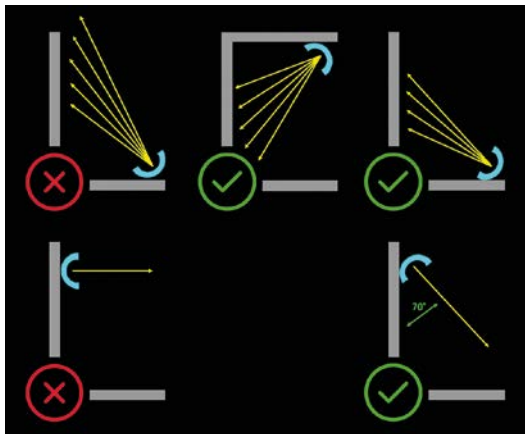


Abb. 31: Empfehlung für Beleuchtungsinstallationen

4.6 Betriebsweise

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

4.6.1 Nachtabsenkung

Unter Nachtabsenkung versteht man die Reduktion des Beleuchtungsniveaus innerhalb gewisser Zeitabschnitte der Nacht. Dabei ist darauf zu achten, dass die Gleichmäßigkeit der Fahrbahnelligkeit 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 gibt es dazu nur in Oberösterreich Regelungen im Oö. Umweltschutzgesetz 1996. In den anderen Bundesländern ist 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 Benützer einer Straße an die StVO halten und z. B. ihr Fahrzeug ordnungsgemäß beleuchten ^[122]. Vor Hindernissen, die bei richtigem Verhalten im Straßenverkehr Unfälle verursachen würden, ist zu warnen. Die Notwendigkeit und der Umfang einer Straßenbeleuchtung richten sich nach der Zweckbestimmung des Weges ^[123].

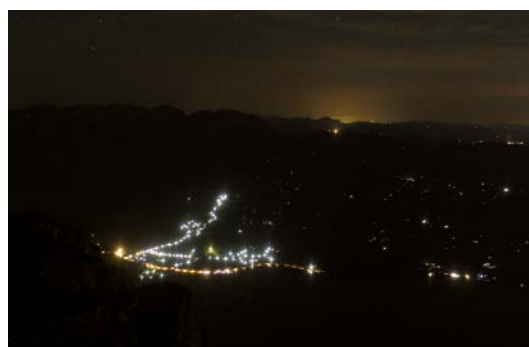
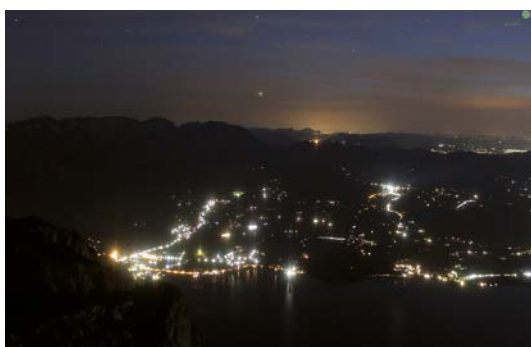


Abb. 32: Blick Gmundnerhütte, Traunstein, Richtung Salzburg auf die Gemeinde Gmunden (OÖ) vor und nach der teilweisen Nachtab schaltung

4.6.3 Sensorgesteuerte Beleuchtung

Sensorgesteuerte Beleuchtungsanlagen sorgen dafür, dass es nur dann Licht gibt, wenn es wirklich gebraucht wird. Mithilfe neuer Technologien kann die Beleuchtung auf ein Mindestniveau gedimmt oder komplett ausgeschaltet werden. Dadurch wird deutlich weniger Energie und Licht benötigt.

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. 33: 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 Zweckmäßigkeit und Erforderlichkeit von Beleuchtungsanlagen und gelten 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.

Sie orientieren sich weitgehend an der ÖNORM O 1052, welche technische Details zu den nachfolgenden Ausführungen enthält.

Oftmals wird dieses Grundprinzip bei der Planung von Anlagen zu wenig berücksichtigt. Jährlich ist weltweit eine Zunahme der Lichtverschmutzung von ca. 10 Prozent ^[17] festzustellen.

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 Erforderlichkeit der Beleuchtung

Am Beginn jedes Beleuchtungskonzeptes ist zunächst die Frage zu stellen, inwieweit Beleuchtung überhaupt erforderlich ist und welche Auswirkungen diese auf Menschen und Umwelt haben wird. Ist eine künstliche Beleuchtung erforderlich, so ist diese, unter Berücksichtigung des aktuellen medizinischen und ökologischen Stands des Wissens, 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 gemäß den Anforderungen der ÖNORM O 1052 zu reduzieren.

Generell sind Beleuchtungsanlagen in der freien Landschaft, also außerhalb von Siedlungsgebieten, i. d. R. naturschutzrechtlich genehmigungspflichtig, da das nächtliche Kunstlicht einen nicht unerheblichen negativen Einfluss auf Tiere, Pflanzen und ihre Lebensräume sowie auf den Naturhaushalt hat. In naturschutzrechtlich geschützten Gebieten Österreichs ist auf Beleuchtung weitestgehend zu verzichten. Die möglichen negativen Auswirkungen des nächtlichen Kunstlichts sind mit den jeweiligen Schutzzielen in der Regel nicht vereinbar.

Diese Empfehlung richtet sich auch an Außenbeleuchtung im privaten Bereich.

Vor Planung eines Beleuchtungsprojektes soll die Erforderlichkeit 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. Für Anwendungsfälle, die von den einschlägigen Regelwerken nicht abgedeckt werden, ist dieser Leitfaden anzuwenden.

5.2.1 Auswahl der Lichtfarbe

Entsprechend der ÖNORM O 1052 ist die Farbtemperatur der verwendeten Leuchten in Wohnhausanlagen auf maximal 2.700 Kelvin und in Stadtzentren sowie Wohnstraßen auf maximal 3.000 Kelvin zu begrenzen. In begründeten Einzelfällen, beispielsweise in Konfliktzonen, dürfen Leuchtmittel mit einer Farbtemperatur von bis zu 4.000 Kelvin verwendet werden. Wenn in einem ökologisch sensiblen Gebiet eine Beleuchtungsanlage unbedingt erforderlich ist, so sind in diesen Bereichen PC Amber-LED-Leuchten zu nutzen.

Der kurzwellige (blaue) Anteil des Lichtspektrums ist generell so gering wie möglich zu halten (siehe Kapitel 3.1).

5.2.2 Zielgerichtete Beleuchtung

Licht soll nur auf die zu beleuchtenden Flächen wie z. B. Straße, Gehweg, Arbeitsbereich treffen.

- 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 aufgeneigt, zu montieren.
- Falls erforderlich, sind Blendschuten zu verwenden.
- Bei Hanglagen soll die Beleuchtung wenn möglich auf der Talseite der Straße oder des Weges montiert werden.
- Das Leuchtmittel selbst darf von Aufenthaltsbereichen von Wohngebäuden aus nicht direkt einsehbar sein.
- Lichteinfall auf reflektierende Fassaden und Oberflächen ist zu vermeiden.

5.2.3 Bedarfsgerechte Beleuchtungszeiten

In allen Bereichen sollte Kunstlicht nur zu jenen Zeiten eingesetzt werden, zu denen es benötigt wird. Im Sinne der ÖNORM O 1052 sind grundsätzlich folgende Beleuchtungszeiten zulässig:

- Keine Beleuchtung in ökologisch sensiblen Gebieten ohne vorgesehene Bebauung (ÖNORM-Gebiete S + G).
- Beleuchtung von 6:00 bis 22:00 Uhr in Gebieten mit vorgesehener Bebauung (ÖNORM-Gebiete A, B + C).
- Beleuchtung von 6:00 bis 24:00 Uhr in Kern-, Gewerbe- und Industriegebieten sowie Geschäftsstraßen übergeordneter Bedeutung (ÖNORM-Gebiet D).

Im Sinne des Leitfadens gilt es weiters zu beachten:

- Die Außenbeleuchtung von Gewerbe- und Industrieanlagen außerhalb der Betriebszeiten ist hinsichtlich deren Erforderlichkeit zu prüfen. Ist ein Erfordernis nicht gegeben, so ist die Beleuchtung abzuschalten.
- Werbebeleuchtung (selbstleuchtend oder angestrahlt), auch jene von Einkaufszentren, Geschäften etc. bzw. die Betriebsbezeichnung an Gebäuden ist auf die Öffnungszeiten zu begrenzen. Gehen diese über den Zeitraum von 7:00 – 21:00 Uhr hinaus, ist der Betrieb fundiert zu begründen.
- Auf Beleuchtung von Fassaden, Schildern und anderen Objekten – öffentlich wie privat – soll aus Gründen des Umweltschutzes und der Schlafhygiene zumindest zwischen 21:00 und 7:00 Uhr verzichtet werden.
- 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

5.2.4 Intensität

Um individuellen Unterschieden in der Wahrnehmung bei Blendung, Irritation und Ablenkung, besonders im Straßenverkehr, gerecht zu werden, sind Beleuchtungsintensitäten und starke Helligkeitsunterschiede prinzipiell so gering wie möglich zu halten ^[124]. Zusätzlich sind die Reflexionseigenschaften der zu beleuchtenden Oberflächen mit zu berücksichtigen.



Abb. 34: gleichmäßige Straßenbeleuchtung in der Beleuchtungs-Mustergemeinde Kirschschlag bei Linz

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, Stellplätzen 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 soll zumindest im Zeitraum 22:00 – 6:00 Uhr gemäß der ÖNORM O 1055 an die situativen Verkehrserfordernisse angepasst/reduziert werden.

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 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.

In Bezugnahme auf die ÖNORM EN 13201-2, Abschnitt 6.1, kann bei der Planung von Siedlungsstraßen im ländlichen Raum aufgrund der örtlichen Rahmenbedingungen, der Verkehrszusammensetzung, Geschwindigkeitsbegrenzung (≤ 40 km/h) und des geringen Verkehrsaufkommens auf eine P-Klasse zurückgegriffen werden.

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.

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 Wege- und Zufahrtsbeleuchtung und Kfz-Stellplatz bei Wohnanlagen

Bei Bedarf einer derartigen Beleuchtung soll aus medizinischer und ökologischer Sicht die geringste Beleuchtungsklasse gemäß ÖNORM O 1055 und ÖNORM EN 13201 gewählt werden. Zusätzlich sind die Anforderungen der ÖNORM O 1052 zu berücksichtigen.

Der Einsatz von sensorgesteuerten Beleuchtungsanlagen wird in diesen Bereichen empfohlen, wobei auf den Auslösebereich, die Ausrichtung, das Zeitintervall und die Empfindlichkeit des Sensors sorgfältig zu achten ist.



Abb. 35: Smart light „Grüne Mitte Linz“, ein Projekt der LINZ AG (ÖÖ)

5.6 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. 36: 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, wie sie insbesondere durch Beleuchtungsinstallation mit horizontaler Ausstrahlung entstehen, sind zu vermeiden.

5.7 Arbeitsstättenbeleuchtung, Beleuchtung von Gewerbe- und Industrieanlagen, Flughäfen, Eisenbahn-, Hafenanlagen und dergleichen

Arbeitsstätten sind generell nach ÖNORM EN 12464-1 und ÖNORM EN 12464-2 zu beleuchten. Es ist besonders darauf Bedacht zu nehmen, dass Lichtemissionen von Außen- sowie Innenbeleuchtungsanlagen inklusive Reklamebeleuchtung zu keiner unzumutbaren Belästigung der Nachbarn i. S. d. § 74 Abs. 2 und Abs. 3 GewO 1994 führen.

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

Die ÖNORM EN 12464-2, Abschnitt 5.11 Adaptive Beleuchtung, sieht hierzu Absenkungen der Beleuchtungsstärke in Bereichen vor, in denen temporäre Anwesenheit oder wechselnde Tätigkeiten stattfinden, wie z. B. zeitweise Be- und Entladung sowie zwischenzeitliche Nutzung als reiner Gehweg.

Generell 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.



Abb. 37: Innenbeleuchtung erhellt den Außenbereich

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

Auch Licht aus dem Inneren von Gebäuden kann störend sein und soll im Zeitraum von 21:00 bis 7:00 Uhr durch Verschattung vermieden werden.

5.8 Beleuchtung von Sportstätten

Beleuchtungsanlagen für Schul- und Breitensport, Training und Wettkampf sind hinsichtlich ihrer lichttechnischen Gütemerkmale gemäß ÖNORM EN 12193 als auch ÖNORM O 1052 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. Es ist darüber hinaus sicherzustellen, dass die Verkehrssicherheit und die Naturschutzgüter nicht beeinträchtigt werden.

Die Betriebszeit bei allen Beleuchtungsanlagen von Sportstätten ist mit 22:00 Uhr zu begrenzen.

Wird die Beleuchtungsanlage für mehrere Beleuchtungsniveaus ausgelegt, z. B. Wettkampf und Training, sind schalt- bzw. dimmbare Anlagen (Stufenschaltung) auszuführen.

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, sind Beleuchtungen auf das erforderliche Maß und eine Farbtemperatur von ≤ 3.000 K zu beschränken.

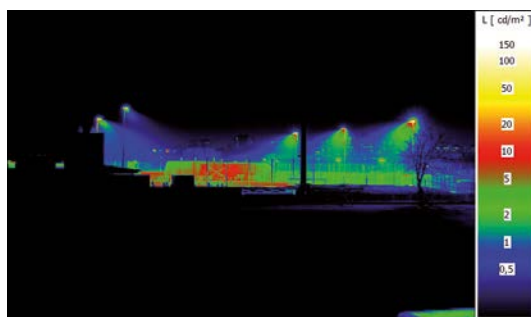


Abb. 38: Beispiel einer optimierten Trainingsplatz-Beleuchtung (Leuchtdichtemessung in Falschfarbendarstellung)

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

5.9 Beleuchtung von Fassaden und Objekten, Denkmälern und Werbebeleuchtung

Die Werbe-/Fassaden- bzw. Objektbeleuchtung steht im Widerspruch zu medizinischen und ökologischen Schutzinteressen. Die Beleuchtung ist daher in ihrer Intensität zu begrenzen und grundsätzlich zeitlich zu limitieren. Bei Nichteinhaltung der verkehrstechnischen Regelwerke kann diese eine unzulässige Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit (Blendung, Ablenkung, Aufmerksamkeitsbindung, Verwechslung etc.) verursachen.

Vorgaben für Werbeeinrichtungen und Anstrahlungen 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)

Aus lichttechnischer Sicht sind die Anforderungen dieser Regelwerke unabhängig voneinander zu erfüllen. Dazu sind detaillierte Kenntnisse der Regelwerke unentbehrlich. 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.

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 der ÖNORM O 1052 angeführten maximalen mittleren Leuchtdichten nicht überschreiten.

Denkmäler, bei denen die Kriterien der Fassadenbeleuchtung nicht anwendbar sind, sind möglichst von oben nach unten zu beleuchten. Der überwiegende Anteil (annähernd 90 %) des gerichteten Lichts soll jedenfalls das angestrahlte Objekt treffen. Dafür empfiehlt sich die Verwendung von Blenden-, Masken- und Projektionstechnik wie unter anderem **GOBO**. Dadurch kann Streulicht beinahe gänzlich vermieden werden.

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.

5.9.1 Vermeidung von Beeinträchtigungen der Verkehrssicherheit

Aus verkehrstechnischer Sicht kann eine Beeinträchtigung aus mehreren Gründen vorliegen: Durch zu hohe Leuchtdichte (Helligkeit) bei Tag oder Nacht, z. B. Positionierung in der Nähe zu Verkehrslichtsignalen (Ampeln), Darstellung in Signalfarben, Größe, Form und Farbe wie notwendige verkehrstechnische Einrichtungen. Dadurch wird z. B. Verwechslung und Fehlinformation ausgelöst, was erhebliches Gefahrenpotential beinhaltet.

Gemäß StVO 1960 und entsprechend den Kriterien in der RVS 05.06.12 dürfen verkehrstechnische Einrichtungen in keiner Weise in ihrer Erkennbarkeit herabgemindert werden. In diesem Regelwerk finden sich genaue Bestimmungen über die Zulässigkeit der Ausführung von **Visuellen Informationsträgern (VIT)**; (Diagramme und Tabellen). Es ist u. a. 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. Je nach der Größe und Position der Werbeeinrichtung sind bestimmte maximal zulässige Werte für die Leuchtdichte (Helligkeit) zulässig.

Bei Einhaltung der vorgegebenen Leuchtdichtwerte bleibt der VIT durchaus gut erkennbar bzw. lesbar. Durch überhöhte Leuchtdichte wird gute Lesbarkeit erheblich verringert. Gemäß RVS 05.06.12 gelten die Leuchtdichtwerte 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.

An Straßen mit reduzierten Leuchtdichtwerten z. B. nach 22:00 Uhr („Halbnachtschaltung“) kann die Reduktion der Leuchtdichtwerte des VIT in der gleichen Zeit ebenso erforderlich sein.

LED-Screens können u. U. an Positionen unzulässig sein, wo VIT in herkömmlicher Technik (Papier) zulässig sind.

Bei Errichtung von Projektionen ist zu achten, dass diese nicht über die vorgesehene Projektionsfläche hinausstrahlen, da durch Streulicht Blendung von Verkehrsteilnehmern ausgelöst werden kann.

Videsequenzen an LED-Screens sind im öffentlichen Straßenraum grundsätzlich verboten. Auch an Unfallhäufungsstellen kann die Errichtung von VIT unzulässig sein. Zur Bestimmung der Zulässigkeit einer Position eines VIT, insbesondere teildynamischer Werbeträger, ist die genaue Kenntnis der RVS 05.06.11 erforderlich.

Zur genauen Bestimmung der zulässigen Leuchtdichtwerte sowie sonstiger Erfordernisse bzgl. der Darstellung eines VIT ist die umfangreiche Kenntnis der RVS-en erforderlich. Bei Einhaltung der Bestimmungen der RVS 05.06.11 und RVS 05.06.12 kann davon ausgegangen werden, dass keine Blendung oder Beeinträchtigung der Verkehrsteilnehmer auftritt.



Abb. 39: Beispiel für die Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit: Überstrahlung einer Fußgängerampel

Gemäß der ÖNORM O 1052 können geringere Leuchtdichten als in der RVS zulässig, erforderlich sein!

5.9.2 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 sonstige Beleuchtung, je nach Betriebszeit und der Zuordnung zu Bewertungsgebieten, Grenzwerte für die maximal zulässige mittlere vertikale Beleuchtungsstärke in der Fensterebene des zu beurteilenden Raums angeführt. Immissionen aus Beleuchtungseinrichtungen für Verkehrszwecke, wie z. B. die Straßenbeleuchtung, sind nicht zu berücksichtigen und unterliegen anderen Grenzwerten.

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

5.9.3 Begrenzung zum Natur- und Landschaftsschutz

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

Ergänzend zu 5.9.2 sind in der ÖNORM O 1052 für die Aufhellung von Natur und Umwelt allgemeine Grundlagen sowie Anforderungen zur Vermeidung von Himmelsaufhellungen definiert.

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



Abb. 40: eine normgerechte Objektbeleuchtung wirkt in einer dunklen Umgebung sehr hell und ist somit für die optimale Wahrnehmung nicht erforderlich (Hotel Alpenblick, Kirchschlag bei Linz, OÖ)

5.10 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.

5.11 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.

Auch bei der privaten Beleuchtung im Außenbereich sollen die Anforderungen der ÖNORM O 1052 hinsichtlich Anstrahlung, Betriebszeit, Lichtfarbe und Immissionsschutz möglichst eingehalten werden.

5.12 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.

5.13 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.

6

ANHANG

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abb. 1:	das menschliche Auge; © sakurra - stock.adobe.com, Bildbeschreibung ergänzt.....	10
Abb. 2:	Empfindlichkeit der Stäbchen (Nachtsehen) und der Zapfen (Tagsehen); vgl. http://www.cvrl.org/lumindex.htm	10
Abb. 3:	Empfindlichkeiten der circadianen Rezeptoren für die Steuerung des Tag-Nacht-Rhythmus (links), der Stäbchen (Nachtsehen, Mitte) und der Zapfen (Tagsehen, rechts); vgl. http://www.cvrl.org/lumindex.htm , CIE S 026	11
Abb. 4:	zu viel Licht in der Nacht; © Marco2811 - stock.adobe.com.....	11
Abb. 5:	zu wenig Licht tagsüber; © industrieblick - stock.adobe.com.....	11
Abb. 6:	Blendung im Straßenverkehr; © Alena - stock.adobe.com	14
Abb. 7:	Lichtwerbung in der Kärntner Straße (Wien); https://commons.wikimedia.org/wiki/ File:K%C3%A4rntner_Stra%C3%9Fe_Wien_at_night_2022-08-08_02.jpg	17
Abb. 8:	nachaktive Insekten schwirren um eine Lampe; © THANAGON - stock.adobe.com	22
Abb. 9:	Spektrale Empfindlichkeit der menschlichen Stäbchen und Zapfen mit Gesamtempfindlichkeit für andere Klassen terrestrischer Arten; vgl. Longcore 2023, A Compendium of Photopigment Peak Sensitivities and Visual Spectral Res- ponse Curves of Terrestrial Wildlife to Guide Design of Outdoor Nighttime Lighting.....	22
Abb. 10:	viele Vogelarten werden durch künstliches Licht irregeleitet; © mirkomedia - stock.adobe.com	23
Abb. 11:	viele Fledermausarten werden von Kunstlicht gestört; © Valeriy Kirsanov - stock.adobe.com.....	26
Abb. 12:	durch Kunstlicht beeinträchtigte Wildtiere; © jamiehall - stock.adobe.com.....	26
Abb. 13:	Amphibien wird Kunstlicht oft zum Verhängnis; © lizmyosotis - stock.adobe.com.....	27
Abb. 14:	Fische reagieren sensibel auf Kunstlicht; © puntel - stock.adobe.com	28
Abb. 15:	angestrahlte Bäume im Park; © rebellion - stock.adobe.com	29
Abb. 16:	lichtverschmutzte Nachtlandschaft; www.spiegel.de/wissenschaft/natur/ lichtverschmutzung-bei-nacht-der-himmel-ueber-staedten-faerbt-sich- rot-a-848985.html ; dapd	30
Abb. 17:	Sternwarte im ländlichen Raum; Heribert Kaineder/Land OÖ	31
Abb. 18:	Sommer-Milchstraße über dem Tauernwindpark (Steiermark); Thomas Posch	32
Abb. 19:	nach oben abgestrahltes Licht verschwendet Energie; Johannes Stübler	33
Abb. 20:	Lichtfarben; © tiero - stock.adobe.com	40
Abb. 21:	Spektrum einer neutralweißen LED, im Hintergrund: Empfindlichkeiten der circa- dianen Rezeptoren für die Steuerung des Tag-Nacht-Rhythmus (links), der Stäb- chen (Nachtsehen, Mitte) und der Zapfen (Tagsehen, rechts); vgl. http://www.cvrl. org/lumindex.htm , CIE S 026, Longcore et al. „Rapid Assessment of Lamp Spectrum to Quantify Ecological Effects of Light at Night“	41

Abb. 22:	Spektrum einer warmweißen LED (2700 K); vgl. http://www.cvrl.org/lumindex.htm , CIE S 026, Longcore et al., „Rapid Assessment of Lamp Spectrum to Quantify Ecological Effects of Light at Night“	42
Abb. 23:	abgeschirmte Leuchten beleuchten nur die Straße; Andreas Hänel	44
Abb. 24:	Veranschaulichung zur idealen Strahlengeometrie	44
Abb. 25:	Strahlungszonen laut ÖNORM O 1052	45
Abb. 26:	bisherige Beleuchtung einer Gasse in Wien mit Leuchtstofflampen; Horst Pribitzer	45
Abb. 27:	nach der Umrüstung auf eine gezielte LED-Beleuchtung; Horst Pribitzer	45
Abb. 28:	Veranschaulichung von zwei Messebenen einer LVK an einer Straßenleuchte; Horst Pribitzer	46
Abb. 29:	LVK einer alten Seilhängeleuchte	46
Abb. 30:	typische Lichtstärkeverteilungskurven	47
Abb. 31:	Empfehlung für Beleuchtungsinstallationen	48
Abb. 32:	Blick Gmundnerhütte, Traunstein, Richtung Salzburg auf die Gemeinde Gmunden (OÖ) vor und nach der teilweisen Nachtabstimmung; www.foto-webcam.eu – Station Gmundner Hütte, Bilder vom 16.08.2017, 21:50 Uhr und 17.08.2017, 01:10 Uhr; Heribert Kaineder/Land OÖ	49
Abb. 33:	das verkehrsbeobachtende Licht in Urdorf (CH): Je nach Verkehrsaufkommen verändert sich die Beleuchtungsstärke zwischen 100 % (links) und 40 % (rechts); Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ)	50
Abb. 34:	gleichmäßige Straßenbeleuchtung in der Beleuchtungs-Mustergemeinde Kirschschlag bei Linz; Land OÖ	54
Abb. 35:	Smart light „Grüne Mitte Linz“, ein Projekt der LINZ AG (OÖ); LINZ AG	56
Abb. 36:	Aufhellung gegenüberliegender Wohnräume durch das Kfz-Scheinwerferlicht bei der Ausfahrt; © bodu9 - stock.adobe.com	56
Abb. 37:	Innenbeleuchtung erhellt den Außenbereich; Dietmar Rabich / https://commons.wikimedia.org/wiki/File:M%C3%BCnster,_Westdeutsche_Lotterie,_WestLotto_Concept_Store_--_2018_--_2546-50.jpg / https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/	57
Abb. 38:	Beispiel einer optimierten Trainingsplatz-Beleuchtung (Leuchtdichtemessung in Falschfarbendarstellung); Horst Pribitzer	58
Abb. 39:	Beispiel für die Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit: Überstrahlung einer Fußgängerampel; Franz Roth	60
Abb. 40:	eine normgerechte Objektbeleuchtung wirkt in einer dunklen Umgebung sehr hell und ist somit für die optimale Wahrnehmung nicht erforderlich (Hotel Alpenblick, Kirschschlag bei Linz, OÖ); Heribert Kaineder/Land OÖ	61
Tab. 1:	Beleuchtungsstärken in Relation	16

Glossar / Fachbegriffe / Begriffserklärung

Antigonadotrope Wirkung:

Hemmung der Produktion oder Freisetzung von Geschlechtshormonen

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.

Epigenetische Folgen:

Zelluläre Prozesse, welche Änderungen der Genfunktion auslösen, ohne die DNA zu verändern.

Full-Cut-off-Leuchte:

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

GOBO:

Ein Gobo (Graphical optical blackout) ist eine Maske für Scheinwerfer oder Projektoren zur Darstellung von Logos, Muster, Texten oder Bilder.

Infrarotbereich:

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.

Lichtstärkeverteilungskurve:

Eine grafische Darstellung die angibt, in welche Richtung und mit welcher Intensität eine Leuchte Licht aussendet.

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.

RoHS:

Die RoHS (Restriction of Hazardous Substances) bzw. EU-Richtlinie 2011/65/EU dient der Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten.

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.

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] Louv R (2013) *Das letzte Kind im Wald – Geben wir unseren Kindern die Natur zurück!* Herder Verlag
- [4] Casiraghi, L. P., Spiouzas, I., Dunster, G. P., McGlothlen, K., Fernández-Duque, E., Valeggia, C. R. & de la Iglesia, H. O. (2021). Moonstruck sleep: Synchronization of human sleep with the moon cycle under field conditions. *Science Advances*, 7(5), eabe0465. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abe0465>
- [5] Högl, B. (2023). *Besser schlafen: Wie erholsamer Schlaf Gehirn und Körper fit hält und uns länger und gesünder leben lässt.* Brandstätter Verlag Wien
- [6] Hartstein, L. E., Wright Jr, K. P., Akacem, L. D., Diniz Behn, C., & LeBourgeois, M. K. (2022). Evidence of circalunar rhythmicity in young children’s evening melatonin levels. *Journal of Sleep Research*, 32(2), e13635. <https://doi.org/10.1111/jsr.13635>
- [7] Dergaa, I., Romdhani, M., Fessi, M. S., Ben Saad, H., Varma, A., Ben Salem, A., Gadhavi, B., Chaabane, M., Souissi, N., & Hammouda, O. (2021). Does lunar cycle affect biological parameters in young healthy men? *Chronobiology International*, 38(6), 933–940. <https://doi.org/10.1080/07420528.2021.1897609>
- [8] Haim, A. & Zubidat, A. E. (2015). Artificial light at night: melatonin as a mediator between the environment and epigenome. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1667), 20140121. <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0121>
- [9] Rao, S., Chun, R. H., & Feldkaemper, M. (2022). The role of intrinsically photosensitive retinal ganglion cells in ocular growth and myopia development. *Science Advances*, 8(17), eabm9027. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abm9027>
- [10] Hecht, S., Haig, C., & Chase, A. M. (1937). The influence of light adaptation on subsequent dark adaptation of the eye. *Journal of General Physiology*, 20(6), 831–850
- [11] Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks – SCENIHR, *Health effects of artificial light*, 2012
- [12] Eidgenössische Kommission für Lärmbekämpfung EKLb (2021): *Grenzwerte für Strassen-, Eisenbahn- und Fluglärm. Empfehlungen der Eidgenössischen Kommission für Lärmbekämpfung EKLb.* Bern
- [13] Brown, T. M., Brainard, G. C., Cajochen, C., Czeisler, C. A., Hanifin, J. P., Lockley, S. W., Lucas, R. J., Münch, M., O’Hagan, J. B., Peirson, S. N., Price, L. L. A., Roenneberg, T., Schlangen, L. J. M., Skene, D. J., Spitschan, M., Vetter, C., Zee, P. C. & Wright, K. P. Jr (2022). Recommendations for daytime, evening, and nighttime indoor light exposure to best support physiology, sleep, and wakefulness in healthy adults. *PLoS Biology*, 20(3), e3001571. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001571>
- [14] 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

- [15] 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>
- [16] 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>
- [17] Prof. Dr. David Spiegelhalter: <https://understandinguncertainty.org/node/231>
- [18] Mizon, Bob: *Light Pollution. Responses and Remedies*. 2. Auflage, Springer Verlag, New York 2012
- [19] Marchant, P. (2006): Investigating whether a crime reduction measure works. *Radical Statistics*, 91, 41; <http://www.radstats.org.uk/no091/Marchant91.pdf>
- [20] 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
- [21] Grubisic, M.; Haim, A.; Bhusal, P.; Dominoni, D.M.; Gabriel, K.M.A.; Jechow, A.; Kupprat, F.; Lerner, A.; Marchant, P.; Riley, W.; Stebelova, K.; van Grunsven, R.H.A.; Zeman, M.; Zubidat, A.E.; Hölker, F. Light Pollution, Circadian Photoreception, and Melatonin in Vertebrates. *Sustainability* 2019, 11, 6400. <https://doi.org/10.3390/su11226400>
- [22] Singhal, R.K., Kumar, M. & Bose, B. Eco-physiological Responses of Artificial Night Light Pollution in Plants. *Russ J Plant Physiol* 66, 190–202 (2019). <https://doi.org/10.1134/S1021443719020134>
- [23] Kyba, C. C. M., Kuester, T., Sánchez de Miguel, A. u. a. (2023). Citizen scientists report global rapid reductions in the visibility of stars from 2011 to 2022. *Science, Auswertung von Globe at Night Daten*
- [24] Porto, R.G., de Almeida, R.F., Cruz-Neto, O. et al. Pollination ecosystem services: A comprehensive review of economic values, research funding and policy actions. *Food Sec.* 12, 1425–1442 (2020). <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01043-w>
- [25] Sánchez-Bayo & Wyckhuys (2020). Further evidence for a global decline of the entomofauna. <https://doi.org/10.1111/aen.12509>
- [26] Habel, J.C., Samways, M.J. & Schmitt, T. Mitigating the precipitous decline of terrestrial European insects: Requirements for a new strategy. *Biodivers Conserv* 28, 1343–1360 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01741-8>
- [27] Rodger JG, Bennett JM, Razanajatovo M, Knight TM, van Kleunen M, Ashman TL, Steets JA, Hui C, Arceo-Gómez G, Burd M, Burkle LA, Burns JH, Durka W, Freitas L, Kemp JE, Li J, Pauw A, Vamosi JC, Wolowski M, Xia J, Ellis AG. Widespread vulnerability of flowering plant seed production to pollinator declines. *Sci Adv.* 2021 Oct 15;7(42):eabd3524. doi: 10.1126/sciadv.abd3524. Epub 2021 Oct 13. PMID: 34644118; PMCID: PMC8514087
- [28] Eardley et al. 2016. The assessment report on POLLINATORS, POLLINATION AND FOOD PRODUCTION SUMMARY FOR POLICYMAKERS https://www.researchgate.net/publication/367068320_Background_to_pollinators_pollination_and_food_production_of_the_assessment_report_of_the_Intergovernmental_Science-Policy_Platform_on_Biodiversity_and_Ecosystem_Services

- [29] 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.
- [30] 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
- [31] 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
- [32] Dar, Afaq & Jamal, Khowaja. (2021). THE DECLINE OF MOTHS GLOBALLY: A REVIEW OF POSSIBLE CAUSES. *Munis Entomology and Zoology Journal*. 16. 310-319
- [33] Francisco Sánchez-Bayo, Kris A.G. Wyckhuys, Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers, *Biological Conservation*, Volume 232, 2019, Pages 8-27, ISSN 0006-3207, <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>
- [34] van Grunsven RHA, van Deijk JR, Donners M, Berendse F, Visser ME, Veenendaal E, Spoelstra K. Experimental light at night has a negative long-term impact on macro-moth populations. *Curr Biol*. 2020 Jun 22;30(12):R694-R695. doi: 10.1016/j.cub.2020.04.083. PMID: 32574627
- [35] Grubisic M, van Grunsven R HA, Artificial light at night disrupts species interactions and changes insect communities, *Current Opinion in Insect Science*, Volume 47, 2021, Pages 136-141, ISSN 2214-5745, <https://doi.org/10.1016/j.cois.2021.06.007>
- [36] Boyes, Douglas & Evans, Darren & Fox, Richard & Parsons, Mark & Pocock, Michael. (2020). Is light pollution driving moth population declines? A review of causal mechanisms across the life cycle. *Insect Conservation and Diversity*. 14. 10.1111/icad.12447
- [37] GEPP, J. (1977): Technogene und Strukturbedingte Dezimierungsfaktoren der Stadttierwelt - ein Überblick: https://www.zobodat.at/pdf/MONO-LAND-OEKO_MLO5_0099-0127.pdf
- [38] Fabian, S.T., Sondhi, Y., Allen, P.E. et al., Why flying insects gather at artificial light, *nature communications* 15, 689 (2024), <https://doi.org/10.1038/s41467-024-44785-3>
- [39] Perkin, E.K., F. Hölker & K. Tockner (2014): The effects of artificial lighting on adult aquatic and terrestrial insects. *Freshwater Biology* 59: 368-377
- [40] Degen, T., O. Mitesser, E.K. Perkin, N.-S. Weiss, M. Oehlert, E. Mattig & F. Hölker (2016): Street lighting: sex-independent impacts on moth movement. *Journal of Animal Ecology* 85: 1352-1360
- [41] Svensson, A.M. & J. Rydell(1998): Mercury vapour lamps interfere with the bat defence of tympanate moths (*Operophtera* spp.; *Geometridae*). *Animal Behaviour* 55: 223-226
- [42] Svensson, A.M., J. Eklöf, N. Skals & J. Rydell(2003): Light dependent shift in the anti-predator response of a pyralid moth. *Oikos* 101: 239-246. Wakefield et al. 2015
- [43] Wakefield, A., E.L. Stone, G. Jones & S. Harris (2015): Light-emitting diode street lights reduce last-ditch evasive manoeuvres by moths to bat echolocation calls. *Royal Society Open Science*: 150291
- [44] Elgert Christina, Hopkins Juhani, Kaitala Arja and Candolin Ulrika 2020 Reproduction under light pollution: maladaptive response to spatial variation in artificial light in a glow-worm, *Proc. R. Soc. B*.2872020080620200806 <http://doi.org/10.1098/rspb.2020.0806>

- [45] Van Geffen, K.G, A.T. Groot, R.H.A. van Grunsven, M. Donners, F. Berendse & E.M. Veenendaal(2015a): Artificial night lighting disrupts sex pheromone in a noctuid moth. *Ecological Entomology* 40: 401-408
- [46] Van Geffen, K.G., E. van Eck, R.A. de Boer, R.H.A. van Grunsven, L. Salis, F. Berendse & E.M. Veenendaal(2015b) Artificial light at night inhibits mating in a geometrid moth. *Insect conservation and diversity* 8(3): 282-287
- [47] Van Geffen, K.G., R.H.A. van Grunsven, J. van Ruijven, F. Berendse & E.M. Veenendaal(2014): Artificial light at night causes diapause inhibition and sex-specific life history changes in a moth. *Ecology and Evolution* 4: 2082-2089
- [48] Longcore T, Rich C (2004) Ecological light pollution. *Front Ecol Environ* 2(4):191–198
- [49] 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
- [50] Soneira M (2013) Anlockwirkung unterschiedlicher Beleuchtungsmittel auf Insekten (Insecta) unter besonderer Berücksichtigung der Köcherfliegen (Trichoptera) [Dipomarbeit]. University of Vienna
- [51] 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>
- [52] Cleve K (1967) Das spektrale Wahrnehmungsvermögen nachts fliegender Schmetterlinge. *Nachrichtenblatt der Bayerischen Entomologen*, 16:33-35
- [53] 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
- [54] Kühne, J.L., van Grunsven R.H.A., Jechow, A., Hölker F., Impact of Different Wavelengths of Artificial Light at Night on Phototaxis in Aquatic Insects, *Integrative and Comparative Biology*, Volume 61 Nr. 3, pp. 1182–1190 (2021), <https://doi.org/10.1093/icb/icab14>
- [55] Lao et al. (2020). The influence of artificial light at night and polarized light on bird-building collisions <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320719312339>
- [56] Rössler, M., W. Doppler, R. Furrer, H. Haupt, H. Schmid, A. Schneider, K. Steiof & C. Wegworth (2022): *Vogelfreundliches Bauen mit Glas und Licht. 3., überarbeitete Auflage.* Schweizerische Vogelwarte Sempach
- [57] Mazzucco K (1967) Lichtfänge von nächtlich ziehenden Vögeln im Weissee-Gebiet (2207) Hohe Tauern. *Vogelkundliche Nachrichten und Informationen*, Ausgabe Salzburg, Folge 28:1-9
- [58] 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
- [59] 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/>

- [60] Schmid H, Doppler W, Heinen D, Rössler M (2012) Vogelfreundliches Bauen mit Glas und Licht. 2. überarbeitete Auflage. Schweizerische Vogelwarte Sempach.
- [61] Hüppop O, Klenke R, Nordt A (2013) Vögel 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
- [62] 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.
- [63] 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.
- [64] 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.
- [65] 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.
- [66] 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
- [67] 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.
- [68] Podolsky R (2002) Artificial lighting and the decline of seabirds. The Urban Wildlands Group and Ecological consequences of artificial night lighting (conference). <http://www.urban-wildlands.org/abstracts.html>
- [69] Reed JR, Sincok JL. et al. (1985) Light attraction in endangered procellariiform birds: Reduction by shielding upward radiation. *Auk* 102(2):377-383.
- [70] 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.).
- [71] Rössler, M., W. Doppler, R. Furrer, H. Haupt, H. Schmid, A. Schneider, K. Steiof & C. Wegworth (2022): Vogelfreundliches Bauen mit Glas und Licht. 3., überarbeitete Auflage. Schweizerische Vogelwarte Sempach
- [72] 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>
- [73] 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
- [74] 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
- [75] Thomas Raap, Jiachen Sun, Rianne Pinxten, Marcel Eens, Disruptive effects of light pollution on sleep in free-living birds: Season and/or light intensity-dependent? *Behavioural Processes*, Volume 144, 2017, Pages 13-19, ISSN 0376-6357, <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2017.08.011>

- [76] Raap, T., Pinxten, R. & Eens, M. Light pollution disrupts sleep in free-living animals. *Sci Rep* 5, 13557 (2015). <https://doi.org/10.1038/srep13557>
- [77] Dominoni Davide M., Goymann Wolfgang, Helm Barbara, Partecke Jesko (2013): Urban-like night illumination reduces melatonin release in European blackbirds (*Turdus merula*): implications of city life for biological time-keeping of songbirds. *Front Zool* 10, 60. <https://doi.org/10.1186/1742-9994-10-60>
- [78] 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
- [79] 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
- [80] 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>
- [81] 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
- [82] 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>
- [83] 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
- [84] 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
- [85] Kernbach Meredith E., Newhouse Daniel J., Miller Jeanette M., Hall Richard J., Gibbons Justin, Oberstaller Jenna, Selechnik Daniel, Jiang Rays H. Y., Unnasch Thomas R., Balakrishnan Christopher N. and Martin Lynn B. (2019): Light pollution increases West Nile virus competence of a ubiquitous passerine reservoir species. *Proc. R. Soc. B*.28620191051. <http://doi.org/10.1098/rspb.2019.1051>
- [86] Junxia Jiang, Yu He, Honghong Kou, Zongqi Ju, Xuebin Gao, Hongfeng Zhao (2020): The effects of artificial light at night on Eurasian tree sparrow (*Passer montanus*): Behavioral rhythm disruption, melatonin suppression and intestinal microbiota alterations. *Ecological Indicators*, Volume 108. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105702>
- [87] Stone et al. (2015). Impacts of artificial lighting on bats: a review of challenges and solutions <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1616504715000233>
- [88] Voigt et al. (2019). EUROBATS Leitfaden für die Berücksichtigung von Fledermäusen bei Beleuchtungsprojekten, EUROBATS Publication Series No. 8 (deutsche Ausgabe) UNEP / EUROBATS, ISBN: 978-92-95058-44-6
- [89] 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>

- [90] Rydell J, Baagøe HJ (1996): Bats & streetlamps. *Bats* 14(4):10-13.
- [91] Blake D, Hutson AM et al. (1994) Use of lamplit roads by foraging bats in southern England. *Journal of Zoology* 234(3):453-462.
- [92] Kuijper DPJ, Schut J, van Dullemen 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.
- [93] 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
- [94] 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.
- [95] 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.
- [96] Laforge et al. (2019). Reducing light pollution improves connectivity for bats in urban landscapes <https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-019-00803-0>
- [97] Arlettaz, R., S. Godat & H. Meyer (2000): Competition for food by expanding pipistrelle bat populations (*Pipistrellus pipistrellus*) might contribute to the decline of lesser horseshoe bats (*Rhinolophus hipposideros*). *Biol Conserv* 93: 55-60
- [98] Lewanzik D, Voigt CC (2016): White is not white: Pervasive transition from conventional to LED street lighting changes activity of urban bats, *Journal of Applied Ecology*, DOI: 10.1111/1365-2664.12758 Forschungsbund Berlin e.V.
- [99] 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
- [100] Gilbert BS, Boutin S (1991) Effect of moonlight on winter activity of snowshoe hares. *Arctic Alpine Res* 23:61–65
- [101] 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
- [102] Rödel, M.-O., C. Dittrich, S. Kirchhof & J. Penner (2016): Amphibien und Reptilien im Klimawandel: eine differenzierte Sicht der Gefahren und Anpassungen. In: Lozán, J. L., S.-W. Breckle, R. Müller & E. Rachor (Hrsg.). *Warnsignal Klima: Die Biodiversität*. pp. 139-144. Online: www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de. doi:10.2312/warnsignal.klima.die-biodiversität.23
- [103] 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
- [104] Dananay Kacey L. and Benard Michael F. 2018 Artificial light at night decreases metamorphic duration and juvenile growth in a widespread amphibian *Proc. R. Soc. B*. 2852018036720180367 <http://doi.org/10.1098/rspb.2018.0367>

- [105] Morgane Touzot, Loïc Teulier, Thierry Lengagne, Jean Secondi, Marc Théry, Paul-Antoine Libourel, Ludovic Guillard, Nathalie Mondy, Artificial light at night disturbs the activity and energy allocation of the common toad during the breeding period, *Conservation Physiology*, Volume 7, Issue 1, 2019, cox002, <https://doi.org/10.1093/conphys/cox002>
- [106] Gastón MS, Pereyra LC, Vaira M. Artificial light at night and captivity induces differential effects on leukocyte profile, body condition, and erythrocyte size of a diurnal toad. *J Exp Zool A Ecol Integr Physiol.* 2019 Feb;331(2):93-102. doi: 10.1002/jez.2240
- [107] 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
- [108] 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
- [109] French-Constant RH, Somers-Yeates R, Bennie J, Economou T, Hodgson D, Spalding A, McGregor PK. Light pollution is associated with earlier tree budburst across the United Kingdom. *Proc Biol Sci.* 2016 Jun 29;283(1833):20160813.doi:10.1098/rspb.2016.0813
- [110] Rich C, Longcore T (2006) *Ecological consequences of artificial night lighting*. Washington, Island Press
- [111] Matzke (1936). The effect of street lights in delaying leaf-fall in certain trees. <https://bsa-pubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/j.1537-2197.1936.tb09009.x>
- [112] 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
- [113] 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
- [114] 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
- [115] 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
- [116] 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
- [117] Kyba CCM, Altintas YÖ, Walker CE, Newhouse M (2023): Citizen scientists report global rapid reductions in the visibility of stars from 2011 to 2022. *Science* 379(6629):265-268
- [118] Beleuchtungs-Check in Tiroler Gemeinden, Projektträger: Energie Tirol, Land Tirol, Tiroler Umweltschutz. <http://www.hellenot.org/projekte/#c794>
- [119] Umweltbundesamt Österreich. (2023). *Klimaschutzbericht 2023 – Status der österreichischen Treibhausgas-Emissionen (REP-0871)*
- [120] Tranberg, B., Corradi, O., Lajoie, B., Gibon, T., Staffell, I. & Andresen, G. B. (2019). Real-Time Carbon Accounting Method for the European Electricity Markets. *Energy Strategy Reviews*, 26, 100367

- [121] Bundesgesundheitsblatt 2015, 58:1171–1174; DOI 10.1007/s00103-015-2215-5; Online publiziert: 15. August 2015; Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015
- [122] Reischauer in Rummel, Kommentar zum Allgemeinen bürgerlichen Gesetzbuch (2000-2007), 3. Aufl., § 1319 a Rz 17
- [123] Fössl, Rechts- und Finanzierungspraxis der Gemeinden (RFG) 2007/37, 144
- [124] 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.

Dieser Leitfaden enthält zudem Inhalte aus folgenden vorangegangenen Werken:
„Zu Hell – Die Helle Not – Wenn Licht zum Problem wird“, Tiroler Umwelthanwaltschaft (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 50
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: 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. Umwelthanwaltschaft

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

Für den Bereich Umwelt-/Naturschutz:

**Amt der Salzburger Landesregierung
Abteilung 5: Natur- und Umweltschutz,
Gewerbe**

Postfach 527

5010 Salzburg

Tel.: (+43 662) 8042-4601

E-Mail: natur-umwelt-gewerbe@salzburg.gv.at

Für den Bereich Straßenbeleuchtung, Verkehrssicherheit sowie Gewerbe- und Industrieanlagen:

**Amt der Salzburger Landesregierung
Abteilung 6: Infrastruktur und Verkehr**

Postfach 527

5010 Salzburg

Tel.: (+43 662) 8042-4300

E-Mail: landesbaudirektion@salzburg.gv.at

Für Anliegen in der Stadt Salzburg:

Magistrat Salzburg

MA 5/01 - Baurechtsamt

Auerspergstraße 7

Postfach 63, 5020 Salzburg

Tel.: (+43 662) 8072 3321

E-Mail: baurechtsamt@stadt-salzburg.at

Magistrat Salzburg

MA 6/04 – Öffentliche Beleuchtung

Josef-Brandstätter-Straße 4

Postfach 63, 5020 Salzburg

Tel.: (+43 662) 8072 4601

E-Mail: beleuchtung@stadt-salzburg.at

Weiters steht Ihnen für Auskünfte zur Verfügung:

Landesumwelthanwaltschaft Salzburg

Membergerstraße 42

5020 Salzburg

Tel.: (+43 662) 629 805-0

E-Mail: office@lua-sbg.at

Steiermark

**Amt der Steiermärkischen Landes-
regierung, Abteilung 15 – Energie,
Wohnbau, Technik, Referat
Energietechnik und Klimaschutz**

Landhausgasse 7
8010 Graz
Tel.: (+43 316) 877 2952
E-Mail: abteilung15@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 Bezirkshaupt-
mannschaften und Stadtmagistrat
Innsbruck**

Web: www.tirol.gv.at
Web: www.innsbruck.gv.at

Weiters steht Ihnen für Auskünfte
zur Verfügung:

**Tiroler Umweltschutz - Tirol
Kompetenzzentrum für Lichtver-
schmutzung und Nachthimmel**

Meraner Straße 5
6020 Innsbruck
Tel.: (+43 512) 508 3492
E-Mail: landesumweltschutz@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 Bezirkshaupt-
mannschaften sowie**

**Abteilung Umwelt- und Klimaschutz
Amt der Vorarlberger Landesregierung**
Jahnstraße 13-15
6900 Bregenz
Tel.: (+43 5574) 511 24505
E-Mail: umwelt@vorarlberg.at

Wien

Für den Bereich der Verkehrssicherheit
und Lichtwerbung:

**Magistratsabteilung 46 – Verkehrs-
organisation und technische Verkehrs-
angelegenheiten –**

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 Zertifizierungs-
stelle der Stadt Wien – Fachbereich
Lichttechnik**

Rinnböckstraße 13-15

1110 Wien

Tel.: (+43 1) 4000-39375

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

Web: ma39.wien.gv.at

Allgemein in Umweltfragen:

Wiener Umwelthanwaltschaft

Muthgasse 62

1190 Wien

Tel.: (+43 1) 37979

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

Web: www.wua-wien.at

Themenbezogene Kontakte

DarkSky Austria

Web: www.darksnyaustria.org

Paten der Nacht

Web: www.paten-der-nacht.de/team-oesterreich

ÖNORM O 1052:2022 10 15 „Lichtimmissionen - Messung und Beurteilung“

lizenziert von Austrian Standards plus GmbH für Amt der OÖ Landesregierung, Bahnhofplatz 1 (LDZ), AT-4021 Linz 02dc347-e826-5416-e053-3a04a8c06714 zur Nutzung durch eine bestimmte physische Person (Single User),
Weitergabe und Nutzung im Netzwerk sind nur im Rahmen einer aufrechten Mehrfachlizenz im davon abgedeckten Umfang zulässig.

Impressum:

Medieninhaber:

Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung Umweltschutz
Kärntnerstraße 10-12, 4021 Linz
Tel.: +43 732 7720 - 14550
E-Mail: us.post@ooe.gv.at
www.land-oberoesterreich.gv.at
Redaktion: Expertengruppe im Auftrag der Landesumweltreferenten Österreich (Autoren und Mitwirkende, siehe 1. Innenseite)
Titelbild: pixabay.com
Grafik: Marianne Schöftner
Druck: Samson Druck GmbH
2. Auflage, Mai 2026
Informationen zum Datenschutz finden Sie unter:
<https://www.land-oberoesterreich.gv.at/datenschutz>

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



- gedruckt nach der Richtlinie „Druckerzeugnisse“
des Österreichischen Umweltzeichens,
Samson Druck GmbH, UW-Nr. 837

