

Leitfaden Licht

Naturschutzfachliche Bewertung von Licht im Rahmen von Eingriffen

Stand: 29.06.2021

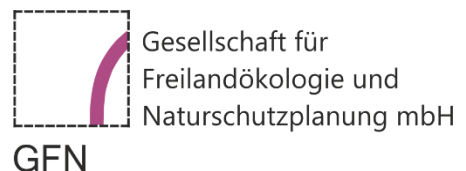
Impressum

Auftraggeber:

Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft
Amt für Naturschutz, Grünplanung und Bodenschutz
Abteilung Naturschutz
Neuenfelder Straße 19
21109 Hamburg

Auftragnehmer:

GFN-Gesellschaft für Freilandökologie und
Naturschutzplanung mbH
Edisonstr. 3
24145 Kiel
www.gfnmbh.de



Inhaltsverzeichnis

1. Einführung in den Leitfaden	2
2. Überblick	4
3. Licht – ein Problem?	5
3.1. Exkurs: Physikalische Begriffe zum Thema Licht	5
3.2. Auswirkungen von Licht auf Lebewesen	6
3.2.1. Pflanzen	7
3.2.2. Menschen	7
3.2.3. Tiere	8
3.2.3.1. Insekten	8
3.2.3.2. Fledermäuse	10
3.2.3.3. Vögel	11
3.2.3.4. Sonstige Artengruppen	12
4. Gesetzliche Grundlagen	13
4.3. Naturschutzrecht	14
4.3.4. Eingriffsregelung nach §§ 13 ff. BNatSchG	14
4.3.5. Artenschutz nach §§ 37 ff. BNatSchG	15
4.3.5.5. Allgemeiner Artenschutz nach § 39 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG	15
4.3.5.6. Besonderer Artenschutz nach § 44 Abs. 1 BNatSchG	15
4.3.6. Beeinträchtigung von Natura 2000-Schutzgebieten nach § 34 BNatSchG	17
4.4. Immissionsschutzrecht nach §§ 3 ff. BImSchG	18
4.5. Bauplanungsrecht nach §§ 1a ff. BauGB und Landesbauordnungsrecht	18
5. Naturschutzfachliche Konflikte	19
5.6. Risikomatrix und Ergebnismatrix	19
6. Maßnahmen	26
6.7. Bedarfsanalyse	27
6.8. Beleuchtungsstärke	28
6.9. Leuchtdichte optimieren	29
6.10. Abschirmung	30
6.11. Abstrahlungsgeometrie	31
6.12. Bedarfsorientierte Lichtreduktion	32
6.13. Farbtemperatur/Farbspektrum	33
6.14. Weitere Hinweise	34
7. Normen	35
8. Quellenverzeichnis	37

Anhang A - Best Practice, Positivbeispiele	i
A1. Intelligente Beleuchtung, Lichtmanagementsysteme	i
A1.1. Göttingen	i
A1.2. Rhön	i
A1.3. Urdorf	ii
A1.4. Kopenhagen	ii
A2. Brückenbeleuchtung im ökologisch sensitiven Gebiet - Girona	iii
A3. Gesamtstädtisches Konzept - Sternenstadt Fulda	iv
A4. Abschirmung – Gebäude mit Schablonen beleuchten.....	v
A5. Außenbeleuchtungen.....	vi
A6. Bebauungsplan HafenCity 16	viii
Anhang B - Checklisten	x

Abkürzungen

Abs.	Absatz
BAFU-CH	Schweizerisches Bundesamt für Umwelt
BauGB	Baugesetzbuch
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BMJV	Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BSU HH	Hamburgische Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt
BUKEA HH	Hamburgische Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft
BSW HH	Hamburgische Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen
DEE AUS	Australian Government: Department of the Environment and Energy
DIN	Deutsches Institut für Normung
DOLL	Danish Outdoor Lighting Lab
EA RP	Energieagentur Rheinland-Pfalz
EN	Europäische Norm
EU	Europäische Union
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
FDSC	Flagstaff Dark Skies Coalition
FFH	Fauna-Flora-Habitat
GFN	Gesellschaft für Freilandökologie und Naturschutzplanung
HmbBNatSchAG	Hamburgisches Gesetz zur Ausführung des Bundesnaturschutzgesetzes
IDA	International Dark Sky Association
IES	Illuminating Engineering Society
LAG-VSW	Länderarbeitsgemeinschaft Vogelschutzwarte
LAI	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz
LANU-SH	Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (jetzt: LLUR)
LED	Light emitting diode (Licht ausstrahlende Diode)
LLUR SH	Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein
LZ	Lighting zone (Beleuchtungszone)
PC	Phosphor coated (phosphorbeschichtet)
SPEC	Specification (Spezifizierung)
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen
StMUV-BY	Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz
Tab.	Tabelle
UV	Ultraviolett
WBAE	Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz
2D	Zweidimensional

1. Einführung in den Leitfaden

Künstliche Beleuchtung ist allgegenwärtig, denn es gehört zum Lebensstandard in Deutschland, dass Licht zu jeder Tages- und Nachtzeit vorhanden ist. Neben den eindeutigen Vorzügen sind seit einigen Jahren jedoch verstärkt Nachteile künstlicher Beleuchtung in den Fokus der Öffentlichkeit gerückt. Der Begriff „Lichtverschmutzung“ beschreibt alle nachteiligen Auswirkungen künstlichen Lichts auf die Umwelt, bezieht sich jedoch meist auf die Aufhellung des Nachthimmels. Dies hat nicht nur Folgen für die menschliche Gesundheit, auch für Tiere und Pflanzen sind starke negative Auswirkungen bekannt. Mit stetig steigender Lichtverwendung gewinnen naturschutzfachliche Fragestellungen, wie der Artenschutz und die Bewahrung von Schutzgebieten, zunehmend an Bedeutung. Der Schutz der biologischen Vielfalt ist eine wichtige gesellschaftliche Aufgabe, die - bezogen auf Beleuchtungen - nach heutigem technischem Stand gelöst werden kann.

Der vorliegende Leitfaden fasst den aktuellen Kenntnisstand zum Thema „Lichtimmission“ zusammen und richtet den Fokus dabei auf naturschutzrechtliche Konflikte. Er bietet praxisorientierte Handlungsempfehlungen für Behörden, Planungsbüros, Vorhabenträger*innen und deren Dienstleister*innen, z.B. Architekt*innen. Durch die verschiedenen Zielgruppen sind einzelne Textpassagen möglicherweise nur für bestimmte Adressaten relevant. Die Einbeziehung des Leitfadens in frühe Planungsphasen, wie beispielsweise bei der Aufstellung von Bebauungsplänen, als auch in folgende Planungsschritte, wie die Optimierung bestehender Lichanlagen, ist gewünscht.

Zunächst werden die möglichen Auswirkungen künstlichen Lichts auf einige, hierdurch besonders beeinflusste Tiergruppen dargestellt. Die anschließende kurze Übersicht der deutschen Rechtslage zum Thema zeigt Handlungsverpflichtungen und mögliche Konsequenzen auf. Mittels einer Matrix, die das Risiko des Vorhabens bezüglich naturschutzfachlicher Konflikte aufzeigt (Kap. 5), werden anwendungsbezogene Hinweise für eigene Eingriffsvorhaben gegeben. Des Weiteren stellt der Leitfaden die nach dem derzeitigen Stand der Forschung wirksamsten Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen vor. Fallbeispiele, die gelungene Maßnahmen zeigen, sowie eine Checkliste unterstützen bei der optimalen Umsetzung der Empfehlungen.

Dieser Leitfaden erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Da die Einschätzungen zur Rechtslage einen Überblick über möglichst viele Vorhaben und Maßnahmen bieten sollen, können Einzel- und Sonderfälle nicht in ausreichender Tiefe dargestellt werden. Im Zweifel wird empfohlen, rechtliche und naturschutzfachliche Fragen im Detail und in Rücksprache mit der Genehmigungsbehörde durch Fachgutachter*innen klären zu lassen.

Weiterführende nützliche Informationen und Leitfäden, die zusätzlich bei der Planung beachtet werden können, sind nachfolgend dargestellt:

- Vogelschlagmonitoring an ausgewählten Hamburger Hochhäusern während der Vogelzugzeiten 2020 – Abschlussbericht im Auftrag der BUKEA HH, (Jödicke und Mitschke 2021)
- [Lichtverschmutzung – Ausmaß, gesellschaftliche und ökologische Auswirkungen sowie Handlungsansätze](#) (Schröter-Schlaack et al. 2020)
- Bayern: [Leitfaden zur Eindämmung der Lichtverschmutzung](#) (StMUV-BY 2020)
- [Positionspapier Vermeidung von Lichtimmissionen – Möglichkeiten der Kommunen, Landkreise und Träger öffentlicher Belange](#) (Roth et al. 2020)
- [Leitfaden zur Neugestaltung und Umrüstung von Außenbeleuchtungsanlagen](#) (Schroer et al. 2019)
- [Vermeidung von Vogelverlusten an Glasscheiben](#) (LAG VSW 2019)
- [Hessen: Nachhaltige Außenbeleuchtung - Informationen und Empfehlungen für Industrie und Gewerbe](#) (Hänel und Schmidt 2018)
- [Paten der Nacht](#) (Philipp o. J.)
- [International Dark Sky Association](#) (IDA o. J.)

2. Überblick

Künstliche Beleuchtung kann zur Beeinträchtigung lichtempfindlicher Tiere und natürlicher Prozesse führen. In Bezug auf das Naturschutzrecht ist es daher von Bedeutung, Lichtquellen schonend zu planen oder umzurüsten, damit keine Verbotstatbestände eintreten. Der untere Kasten gibt einen Überblick über aus naturschutzfachlicher Sicht optimale Maßnahmen, durch die Lichtverschmutzung reduziert werden kann. Sollten diese aus Sicherheitsgründen nicht umsetzbar sein, ist eine Beleuchtung, die den unten genannten Maßnahmen möglichst nahekommt, anzustreben. Für eine detailliertere Überprüfung der Planung können die Checklisten im Anhang B verwendet werden.

- **Bedarfsanalyse** erstellen: An welchen Stellen wird Licht benötigt und welche Bereiche können dunkel bleiben/werden?
- **Mittlere Beleuchtungsstärke reduzieren**: In bereits ausgeleuchteten Gebieten Reduktion auf max. 10 lx, in bisher unbeleuchteten Flächen auf unter 1 lx. Streulicht in der Nähe von naturschutzfachlich sensiblen Gebieten grundsätzlich vermeiden: 0 lx.
- **Leuchtdichte geringhalten**: Werbeanlagen/Flächen <10 m²: Max. 50 - 100 cd/m². Größere Flächen: max. 2 - 5 cd/m² (jeweils höheren Werte nur im urbanen Bereich).
- **Full-Cut-Off Leuchten** verwenden oder die Leuchte so abschirmen, dass der Abstrahlungswinkel unter 70° zur Vertikalen beträgt (Lichtkegel so eng wie möglich).
- **Von oben nach unten beleuchten**.
- **Zeitschaltuhren** oder effizient eingestellte **Bewegungsmelder** verwenden. Wenn das Licht nicht zwingend benötigt wird, **Beleuchtung abschalten**, ansonsten **dimmen**.
- **Amber LEDs** oder zumindest LEDs mit einer Farbtemperatur bis 3000 K verwenden, die annähernd keinen Blau- und UV-Anteil aufweisen.
- **Baumaterialien** verwenden, die hohe **Kontraste erzeugen** und somit eine geringe Beleuchtungsstärke ermöglichen.

3. Licht – ein Problem?

Der Einsatz von Licht ist in zahlreichen Situationen nützlich für den Menschen. Es ist notwendig, um Gefahrenstellen im Straßenverkehr zu kennzeichnen, sogenannte „Angsträume“ im öffentlichen Raum zu reduzieren oder um das Arbeiten nach Einbruch der Dunkelheit zu ermöglichen. Zudem erfüllt es ästhetische Zwecke, z.B. beim Hervorheben von markanten Bauwerken und Denkmälern, oder es lenkt die Aufmerksamkeit auf Geschäfte und Werbeflächen. Besonders im eng besiedelten, städtischen Raum führt die Vielzahl von in den Himmel strahlenden Lichtquellen zu einer diffusen Lichtlocke, die schon aus weiter Entfernung zu erkennen ist. Die vielen Lichter bewirken, dass es innerhalb der Stadt zu keinem Zeitpunkt mehr dunkle Gebiete gibt, wie sie in dünn besiedelten Umgebungen noch gelegentlich vorzufinden sind. Das Ausmaß der Lichtverschmutzung kann über die Himmelshelligkeit objektiv gemessen werden, die Methode ist in Schroer et al. (2019) erläutert.

3.1. Exkurs: Physikalische Begriffe zum Thema Licht

Licht kann physikalisch über Teilchen (Photonen) oder Wellen elektromagnetischer Strahlung beschrieben werden. Das für Menschen sichtbare Licht reicht von kurzen, energiereichen Wellenlängen von ca. 400 nm (wahrgenommen als violett, s. Abb. 1) bis zu langen Wellenlängen von etwa 750 nm (wahrgenommen als rot). In weißem Licht sind alle Wellenlängen gemischt vorhanden. Tiere nehmen Licht anders wahr als Menschen. Sowohl die Empfindlichkeit für als auch das Spektrum der wahrgenommenen Wellenlängen sind dabei sehr verschieden; so ist das ultraviolette Spektrum unterhalb von 400 nm für viele Artengruppen sichtbar (DEE AUS 2019; Schroer et al. 2019). Kurze Wellenlängen (blaues Licht) werden an Molekülen (z.B. der Atmosphäre) stärker abgelenkt als lange Wellenlängen, demnach streut Licht mit hohen Blauanteilen stärker (DEE AUS 2019).

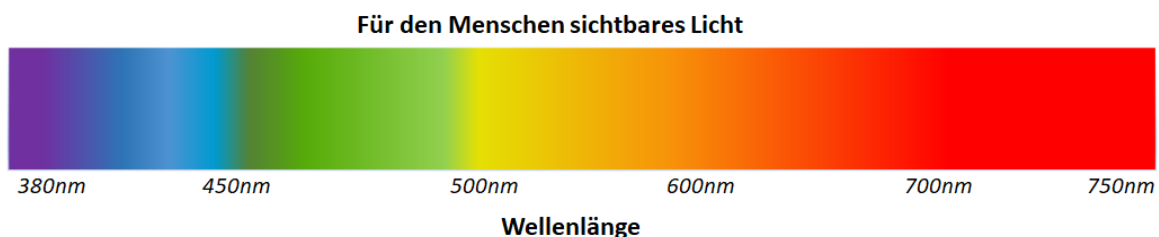


Abb. 1. Sichtbarer Anteil des elektromagnetischen Spektrums. *Illustration von GFN.*

Folgende Begriffe zur Lichtmessung sind gebräuchlich: Die **Farbtemperatur** wird über die Einheit **Kelvin (K)** angegeben und stellt - bezogen auf die menschliche Wahrnehmung - dar, ob das Licht bläulich „kalt“ ist (über 5000 K) oder gelblich „warm“ (rund 2000-3000 K, vergl. Abb. 6) (Waldorf 2018a). In **Lumen (lm)** wird der **Lichtstrom** gemessen. Dieser beschreibt, wieviel Licht von einer Lichtquelle erzeugt wird und in alle Richtungen abgestrahlt wird.

(Lipinski 2016). In **Candela (cd)** wird die **Lichtstärke** gemessen, also der Lichtstrom, der nur in eine bestimmte Richtung abgestrahlt wird. **Lux (lx)** hingegen ist die Einheit der **Beleuchtungsstärke**. Sie gibt die Intensität des Lichtes an, das auf einer Fläche auftrifft. Des Weiteren wird die optisch wahrnehmbare Helligkeit einer Fläche über die **Leuchtdichte** beschrieben. Diese wird in der physikalischen Einheit Candela pro Flächeneinheit (cd/m^2) gemessen. Im Gegensatz zur Beleuchtungsstärke (Anstrahlung) ist die Leuchtdichte nicht nur von der Lichtquelle, sondern auch von den Reflexionseigenschaften, der Farbe und der Helligkeit abhängig (Waldorf 2018a).

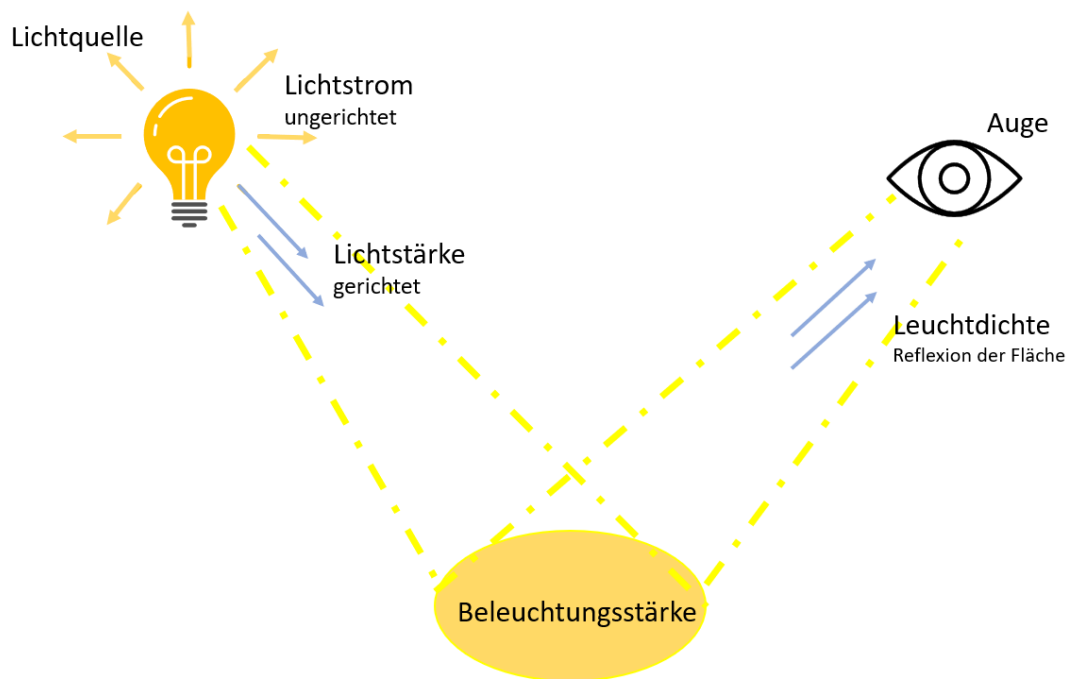


Abb. 2. Schematische Darstellung der gängigsten Begriffe zur Lichtmessung. Illustration von GFN.

3.2. Auswirkungen von Licht auf Lebewesen

Viele Lebensvorgänge in der Natur werden durch Licht gesteuert. Die Lebewesen haben sich auf den Wechsel zwischen hell und dunkel angepasst und zirkadiane Prozesse (lateinisch *circa*: „ungefähr“, *dies*: „Tag“), die sog. „innere Uhr“, steuern diese. Künstliche Beleuchtung kann diese natürlichen Prozesse durcheinanderbringen. Verhaltensänderungen und Folgen für Populationen sind möglich. Die Beeinträchtigungen von Pflanzen, Menschen und Tiergruppen, die im Folgenden dargestellt werden, können durch weniger künstliches Licht in der Nacht minimiert werden.

3.2.1. Pflanzen

Künstliches Licht hat u.a. Auswirkungen auf das Wachstum, saisonale Prozesse und den Tag-Nacht-Rhythmus der Pflanzen. Zunächst wird ein kurzer Überblick über einige nachgewiesene Folgen künstlicher Beleuchtung auf Pflanzen gegeben, dieser Leitfaden befasst sich jedoch hauptsächlich mit den Auswirkungen nächtlicher Beleuchtung auf Tiere.

Der Laubabwurf bei Bäumen, die an einer künstlichen Lichtquelle stehen, setzt verspätet ein, wodurch eine stärkere Gefahr für Frostschäden besteht. Auch die Samenreifung und die Blütenbildung können zu unterschiedlichen Zeiten erfolgen, sodass die Bestäubung aus dem Gleichgewicht geraten kann. Indirekte Auswirkungen übermäßiger nächtlicher Beleuchtung können durch eine veränderte Artenzusammensetzung der bestäubenden Insekten entstehen, da lichtempfindliche Arten vertrieben werden (Schröter-Schlaack et al. 2020).

3.2.2. Menschen

Der menschliche Schlaf-Wach-Rhythmus wird naturgemäß durch den Wechsel von Tag und Nacht gesteuert. Die Schlafphase ist dabei wichtig für die Stärkung und Erholung des Körpers. Durch nächtliche Beleuchtung können die Erholbarkeit des Schlafes gestört und körperliche Regenerationsprozesse beeinträchtigt werden. Für den Menschen kann sie daher zu gesundheitlichen Problemen führen (Hänel und Schmidt 2018). Im Fokus der Untersuchungen stehen überwiegend die Innenbeleuchtung und ihre Folgen auf den Menschen, für die Auswirkungen nächtlicher Außenbeleuchtung besteht weiterer Forschungsbedarf (Schroer et al. 2019).

Vor allem Licht mit hohen Blauanteilen gilt als besonders schädlich, da es die Ausschüttung des Schlafhormons Melatonin unterdrückt (Schröter-Schlaack et al. 2020). Fehlendes Melatonin verändert den zirkadianen Rhythmus. Längeres Wachbleiben und späteres Erwachen und daraus resultierende Schlafstörungen sind mögliche Folgen (Hänel und Schmidt 2018). Zudem existieren Studien, die einen Zusammenhang zwischen der Exposition durch nächtliches Licht und Stoffwechselerkrankungen oder Tumorbildungen herstellen (Schroer et al. 2019). Dem Hormon Melatonin wird eine krebshemmende Wirkung zugeschrieben, weshalb das Fehlen des Hormons negative gesundheitliche Auswirkungen zur Folge haben könnte. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen nächtlichem Licht und der Entstehung von Krebserkrankungen ist jedoch wissenschaftlich noch nicht ausreichend erwiesen (Schröter-Schlaack et al. 2020). Vielmehr ist belegt, dass nächtliche Aktivitäten, die durch künstliche Beleuchtung ermöglicht werden, wie Essen oder Arbeiten, gesundheitliche Beeinträchtigungen wie Schlafstörungen, Fettleibigkeit sowie Herz-Kreislaufstörungen hervorrufen können (Knab 2013).

Insgesamt würde der Mensch von dunkleren Nächten profitieren, da eine geringere Lichtverschmutzung neben dem Schutz der Gesundheit auch ökonomisch vorteilhaft ist, weil sie zu einem geringeren Energieverbrauch führen würde. Darüber hinaus kann die Betrachtung des Sternenhimmels das Wohlfühl steigern.

3.2.3. Tiere

Besonders gut untersucht sind Wirkungen künstlichen Lichts auf Insekten, Fledermäuse und Vögel, bei denen vielfältige negative Auswirkungen bekannt sind, die oft sogar direkt oder indirekt zum Tode führen. Im Folgenden werden die Empfindlichkeiten der einzelnen Tiergruppen dargestellt:

3.2.3.1. Insekten

Von den wirbellosen Tieren, zu denen die Insekten zählen, sind mehr als 60% nachtaktiv (Hänel und Schmidt 2018; Held et al. 2013) und reagieren vor allem auf kurzweilige Lichtanteile, sowohl für den Menschen sichtbare bläuliche Anteile als auch auf UV-Strahlung. (Hänel und Schmidt 2018; Held et al. 2013; LAI 2012; Schröter-Schlaack et al. 2020). Nachts liegen diese Anteile von Natur aus nur in geringen Intensitäten vor, weshalb viele Insekten sehr empfindlich auf diese Reize reagieren. Je nachdem wann die Insekten in der Nacht aktiv werden, werden sie unterschiedlich stark von Lichtquellen beeinflusst: In der Dämmerung ist natürlicherweise mehr Licht vorhanden als tief in der Nacht. Sind Insekten demnach erst spät in der Nacht aktiv, werden sie bereits von geringsten künstlichen Lichtreizen beeinflusst (Owens und Lewis 2018). Oft wird in Bezug auf das Anlocken von einem „Staubsaugereffekt“ gesprochen, da die Insekten von den Lampen angezogen werden und nicht wieder zurückfinden. Der Wirkradius unterscheidet sich je nach Umgebung und vermutlich auch je nach Art. Er kann von 10 m bis zu 700 m betragen, bei exponierten beleuchteten Gebäuden locken die Lichtmissionen sogar noch bis zu einer Entfernung von 5 km Insekten an (Huggins und Schlaack 2019).

Fliegende Wasserinsekten scheinen besonders stark angezogen zu werden (Hotz und Bontadina 2008). Je naturnaher ein Gebiet ist, umso gravierender können bereits wenige Lichtquellen in die Insektenpopulationen eingreifen.

Die angezogenen, desorientierten Tiere können leichter von Fressfeinden erbeutet werden und durch Erschöpfung beim Umkreisen der Lichtquelle sterben oder verbrennen, wenn sie mit ihr kollidieren (Hänel und Schmidt 2018; Held et al. 2013; Schmid et al. 2012; Schröter-Schlaack et al. 2020; SRU und WBAE 2018).

Zusätzlich entstehen auf indirektem Wege Beeinträchtigungen. Licht kann für die Tiere z.B. eine Barrierewirkung haben. Nachtfalter fliegen Straßenlaternen aus einer Entfernung von etwa 20-40 m an. Dies ist der Abstand, in dem diese in Städten i.d.R. aufgestellt werden. Somit gibt es keine dunkle Lücke für die Tiere, in der diese ohne Ablenkung auf die andere Seite gelangen können (Voigt et al. 2019).

Die Lichtglocke über urbanen Gebieten kann wie eine Insekten-Senke wirken und die umliegende Landschaft an Insekten verarmen lassen (Voigt et al. 2019). Zudem werden auch andere Tiergruppen, die auf Insekten als Nahrung angewiesen sind, von der Umverteilung bzw. dem Rückgang ihrer Beute beeinflusst. In einigen wenigen Fällen kann dies jedoch, z.B. für bestimmte, weniger lichtempfindliche Fledermausarten auch positive Auswirkungen haben, wenn diese dann Insekten in der Umgebung von Laternen jagen. Für die meisten Insektenarten und auch für gegenüber Licht empfindliche Fledermäuse sind die Auswirkungen jedoch negativ (siehe 3.2.3.2). Beleuchtungen verringern darüber hinaus auch die Produktion von Sexualhormonen bei Nachtfaltern, was zu einer Veränderung ihres Paarungsverhaltens führt (Voigt et al. 2019). Die Eiablage findet an für die Nachkommen ungünstigen Orten statt, da die Nachtfalter aus ihrem Habitat heraus gelockt werden (Huggins und Schlacke 2019). Auch Glühwürmchen reagieren offenbar sehr empfindlich auf Lichtveränderungen und eignen sich daher als Indikatorspezies für den Insektenschutz hinsichtlich künstlicher Beleuchtung (Owens und Lewis 2018).

Künstliche Lichtquellen verändern demnach das Vorkommen, Wanderungsverhalten und die Zusammensetzung der Insektengemeinschaften (SRU und WBAE 2018). Konkrete Grenzwerte zum Schutz der Insekten anhand der Leistung (Watt) und Beleuchtungsstärke (Lux) sind jedoch nur schwer festzulegen, da Insekten Licht anders wahrnehmen als Menschen (Huggins und Schlacke 2019) und für Insekten generell noch Forschungsbedarf zum Thema Lichtimmissionen besteht (SRU und WBAE 2018).

Insekten sind von künstlichem Licht in der Nacht stark betroffen und sterben entweder direkt an den Lichtquellen oder sind durch indirekte, negative Auswirkungen auf die Populationen betroffen. Im Zusammenhang mit artenschutzrechtlichen Konflikten sind in erster Linie streng geschützte Nachtfalterarten relevant (siehe 4.3.5.6). Es gibt darüber hinaus weitere durch Licht beeinträchtigte, zum Teil stark gefährdete Arten, wie einige Eintagsfliegenarten (LANU-SH 1999), die jedoch nicht durch europäisches Recht geschützt sind. Im Rahmen einer Eingriffsbewertung (siehe 4.3.4) müssen die Auswirkungen von Licht auf alle betroffenen Artengruppen berücksichtigt und nicht auf die streng geschützten Insektenarten beschränkt werden.

3.2.3.2. Fledermäuse

Fledermäuse gehören zu den lichtsensiblen Säugetieren. Sie sind dämmerungs- und nachtaktiv und damit möglichen Beeinträchtigungen, die durch künstliches Licht in der Nacht verursacht werden, ausgesetzt. Fledermäuse gelten überwiegend als lichtscheu, die Beeinträchtigung durch Licht ist jedoch je nach Art verschieden (Voigt et al. 2019). Einige Arten können sich an gegebene Beleuchtungssituationen anpassen und gelten insbesondere bei der Nahrungssuche als opportunistisch. Sie haben im Vergleich zu konsequent lichtscheuen Arten einen Jagdvorteil, da sie gezielt Lichtquellen zur Jagd nutzen können. Zu ihnen gehört z.B. die Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) (Voigt et al. 2019). Die Insekten, vor allem Nachtfalter, die von der Lichtquelle angezogen werden, in ihrem Lichtkegel umherkreisen und ermatten, werden leichte Beute für Fledermäuse. Dies hat zur Folge, dass sogar Veränderungen in der Zusammensetzung von Insektengemeinschaften zu erwarten sind, da die Fledermäuse um die Lichtquellen herum mehr und leichter Insekten fangen können als in natürlich dunklen Bereichen in der Umgebung (Lewanzik und Voigt 2013).

Andererseits führt Licht zu enormen Beeinträchtigungen im Jagdverhalten. Einige Waldfledermausarten wie z.B. die Gattung der Langohren (*Plecotus spp.*) müssen u.U. weite Umwege fliegen, weil sie beleuchtete Bereiche meiden und künstliches Licht ihre Flugstrecken zerschneidet (BAFU-CH 2017). Es hat für diese Arten auch Auswirkungen auf die Nutzbarkeit der Jagdhabitats. Sehr lichtscheue Arten verlassen ihre Quartiere erst spät und kehren verfrüht zurück, wodurch sich die Jagdzeit verkürzt (Lewanzik und Voigt 2013). Durch die Ausleuchtung weiterer Gebiete verlieren sie zudem Jagdreviere und Transferstrecken, was eine Verkleinerung ihres Lebensraums zur Folge hat. Dies kann Auswirkungen auf den Jagderfolg und folglich auf das Bestehen von Populationen haben (Lewanzik und Voigt 2013). Für opportunistische Fledermausarten besteht somit ein Jagdvorteil, der die Konkurrenzverhältnisse zwischen den Arten verschiebt und zur Verdrängung nicht-opportunistischer Arten aus ihrem Lebensraum führen kann (Schroer et al. 2019). Ab einer Beleuchtungsstärke von 0,1 lx, vergleichbar mit der Helligkeit einer Vollmondnacht, wird die Flugaktivität lichtempfindlicher Fledermäuse bereits negativ beeinflusst (Voigt et al. 2019).

Besonders empfindlich reagieren alle Fledermausarten auf künstliche Beleuchtung in der Nähe ihrer Wochenstuben und Tagesquartiere. Das Aus- oder Anleuchten von Quartieren z.B. an Kirchen und (Wohn-)Häusern kann dazu führen, dass Fledermäuse ihre Quartiere und Wochenstuben verlassen und gänzlich aufgeben. Für die lichtsensiblen Fledermäuse (in Norddeutschland v.a. die Arten der Gattung *Myotis*) gilt daher, dass die Beleuchtungsstärke an wichtigen Flug- und Jagdrouten, in Schutzgebieten und an Quartieren und Wochenstuben nicht mehr als 0,1 lx betragen darf, um ihren Schutz zu gewährleisten (Voigt et al. 2019).

3.2.3.3. Vögel

Künstliches Licht stellt zudem eine Gefahr für Vögel dar: Neben Brutvögeln, die insbesondere in Siedlungen aufgrund dauerhafter nächtlicher Beleuchtung in ihrem Verhalten beeinträchtigt werden, sind Zugvögel betroffen, die entlang ihrer Flugrouten künstlichen Lichtquellen ausgesetzt sind.

Eine ausgeprägte nächtliche Beleuchtung kann zur Störung des biologischen Rhythmus von Singvögeln führen. Dies spiegelt sich in einer zeitlichen Verschiebung der Paarung, der Brut, dem Zug oder der Mauser wider (Schroer et al. 2019). Verantwortlich dafür ist höchstwahrscheinlich eine hormonelle Verschiebung, die verstärkt durch kurzweiliges Licht mit hohen Blau-Grünanteilen ausgelöst wird (Schröter-Schlaack et al. 2020). Saisonale und zirkadiane Verhaltensweisen geraten durcheinander, sodass negative Auswirkungen auf die Fitness der Tiere zu erwarten sind. Zu nennen sind u. a. eine verminderte Anzahl von Nachkommen (nachgewiesen bei der Kohlmeise) oder eine verringerte Tagesaktivität (Schröter-Schlaack et al. 2020).

Vögel besitzen einen ausgeprägten visuellen Sinn, der bereits geringe Lichtintensitäten wahrnehmen kann. Für Zugvögel birgt künstliches Licht daher bedeutende Gefahren. Intensive, stark leuchtende Lichtquellen führen zur Blendung und Irritation der Vögel (Hänel und Schmidt 2018). Nachts ziehende Vögel, die ihre Orientierung anhand der Anordnung von Mond, Sternen und dem Magnetfeld vornehmen (Mitschke 2020), können desorientiert werden. Die Veränderung der Flugrichtung und das Herumirren im Lichtkegel der Lichtquelle bis zur völligen Erschöpfung sind beobachtete Folgen von Blendung (LAI 2012). Das Licht zieht die Vögel zudem an. Da Vögel Glasflächen oft nicht als solche erkennen, wenn sie in Richtung des Lichts fliegen, kann es teilweise zu tödlichen Kollisionen der Tiere mit beleuchteten Gebäuden kommen (Schmid et al. 2012). Licht abstrahlende Glasflächen, beispielsweise an Bürogebäuden, stellen daher eine ernst zu nehmende Gefahr dar. Vor allem im Frühjahr und Herbst zu Zeiten des Vogelzugs sind die Beeinträchtigungen durch Licht am stärksten. Gut belegt ist diese Gefährdung durch verschiedene nationale und internationale Untersuchungen. In Hamburg wurden zu den Vogelzugzeiten Schlagopfer an Hochhäusern untersucht, wobei die nächtliche Beleuchtung als wichtigster Faktor identifiziert werden konnte (Jödicke und Mitschke 2021). Bei einer Studie am Posttower in Bonn konnte zudem festgestellt werden, dass über 90% der Tiere aufgrund der ausgeprägten Beleuchtung des Gebäudes eine deutliche Irritation zeigten, die sich u.a. in Form von Flugrichtungswechseln ausdrückte (Haupt 2009) und hierdurch die Kraftreserven der Tiere schneller erschöpften.

Vor allem Lichtquellen mit starker Abstrahlung sowie besonders exponierte Gebäude, wie beleuchtete Türme und Hochhäuser, erhöhen das Risiko der Beeinträchtigung. Doch nicht nur punktuelle Lichtquellen führen zur Beeinträchtigung der Vögel. Die Lichtlocke von Städten

kann die Vögel ablenken und ihre Navigationsfähigkeiten einschränken. Nebel und Schlechtwetterbedingungen haben einen verstärkenden Effekt (Mitschke 2020); obwohl die Tiere sich am Erdmagnetfeld orientieren können, ziehen sie offenbar die Orientierung an Licht vor. Im Nebel fliegen sie tiefer und können Lichtquellen schlechter ausweichen (BAFU-CH 2017).

Licht im grünblauen Farbbereich kann zu einer verstärkten Hormonveränderung bei Singvögeln und damit zu Veränderungen im saisonalen und zirkadianen Rhythmus führen (Schröter-Schlaack et al. 2020). Es ist jedoch zu betonen, dass unabhängig von der Lichtfarbe vor allem die Lichtintensität entscheidend ist (Haupt 2009; Huggins und Schlacke 2019). Der Schwellenwert für hormonelle und Wachstums- und Entwicklungsveränderung liegt bei Amseln unter Laborbedingungen beispielsweise bereits bei 0,3 lx (Dominoni et al. 2013), dementsprechend empfindlich reagieren sie auf helle Lichtquellen. Die besondere Berücksichtigung der o.g. möglichen Beeinträchtigungen ist bei der Beurteilung von Lichtmissionen auch zum Schutz der (Zug-)Vögel fachlich zwingend geboten.

3.2.3.4. Sonstige Artengruppen

Neben den an Land lebenden Tieren werden auch **im Wasser lebende Arten** durch künstliches Licht beeinflusst. Wasserflöhe (*Daphnia spp.*) z.B. wandern nachts zur Wasseroberfläche, um Algen zu fressen und halten sich tagsüber in der Tiefe des Gewässers auf. Künstliche Beleuchtung suggeriert den Tieren auch während der Nacht, dass es Tag ist, wodurch sie nicht zur Wasseroberfläche wandern. Als Folge können sich mehr Algen an der Oberfläche sammeln, die nicht gefressen werden, und somit letztendlich die Wasserqualität verändern. Viele Fischlarven sind ebenfalls lichtscheu. Um Fressfeinden zu entgehen, die bei hellerer Umgebung die Larven besser erkennen können, wandern sie wie Wasserflöhe erst nachts an die Oberfläche (Brüning und Hölker 2013).

Nächtliche Beleuchtung führt dazu, dass die auf Licht angewiesenen Fressfeinde über längere Zeit aktiv bleiben und mehr lichtscheue Arten erbeuten können. Gleichzeitig bedeutet dies jedoch auch eine kürzere Zeit zur nächtlichen Regeneration. Künstliches Licht ist dementsprechend in der Lage, Konkurrenzverhältnisse und Nahrungsnetze zu verändern (Schroer et al. 2019).

Darüber hinaus hindert künstliches Licht die Laichwanderung einiger Fische. Der Europäische Aal (*Anguilla anguilla*) wandert z.B. fast nur nachts ins Meer zurück. Beleuchtete Brücken oder helle Straßenbeleuchtungen an Gewässern stellen eine Barriere dar und verzögern die Wanderung oder halten sie auf und zehren so an den Energiereserven der Tiere (Brüning und Hölker 2013).

Des Weiteren können Wachstum und Entwicklung sowie die sexuelle Reife der Tiere verändert werden, da das Licht diese Prozesse beeinflusst (Brüning und Hölker 2013). Vereinzelt Studien befassen sich außerdem mit den negativen Auswirkungen von kurzwelligem, blauen Lichtanteilen auf Fische. Dieses ist auch in der Lage, am tiefsten in Gewässer einzudringen, da es am wenigsten stark durch Wasser absorbiert wird. Marchesan et al. (2005) haben beispielsweise Meidungsverhalten der Fische als Folge blauen Lichts dokumentiert, allerdings reagierten die Fischarten sehr unterschiedlich (Brüning und Hölker 2013). Flussbarsche (*Perca fluviatilis*) scheinen dagegen hauptsächlich von langwelligem Lichtanteilen negativ beeinflusst zu werden, weißes Licht reduzierte hier außerdem bereits bei geringen Intensitäten Fortpflanzungshormone (Brüning et al. 2016). Insgesamt liegen jedoch nur vergleichsweise wenige Daten zur Lichtwirkung auf aquatische Tiere vor.

Weitere möglicherweise beeinträchtigte Artengruppen sind **Amphibien und Reptilien**. Amphibien sind überwiegend nachtaktiv und verlassen bei künstlicher Beleuchtung später ihre Verstecke, wodurch sie weniger Zeit zur Nahrungssuche haben. Andererseits können Frösche und Kröten in helleren Nächten besser jagen, werden aber ggf. auch selbst schneller zur Beute (Hotz und Bontadina 2008). Zudem ist bekannt, dass lichtscheue Arten durch künstliche Beleuchtungen an der Fortpflanzung gehindert werden.

Eine Untersuchung von 121 Frosch-, Kröten- und Unkenarten hat ergeben, dass 87% der Arten vom Licht angelockt werden und 8% Licht meiden (Jaeger und Hailman 1973). Darüber hinaus fällt vielen Arten die Anpassung an den Wechsel zwischen hellen und dunklen Bereichen schwer (BAFU-CH 2017).

Eidechsen verfügen mit dem „Scheitelauge“ (Parietalorgan) über ein lichtempfindliches Organ, das deren Aktivität und Stoffwechselaktivitäten steuert. Künstliches Licht kann diese Abläufe stören (Hotz und Bontadina 2008).

4. Gesetzliche Grundlagen

Die möglichen Auswirkungen durch künstliches Licht unterliegen verschiedenen rechtlichen Bestimmungen. Die wichtigsten Rechtsfelder sind:

- Naturschutzrecht (s. Kap. 4.3)
- Immissionsschutzrecht (s. Kap. 4.4)
- Bauplanungsrecht und Landesbauordnungsrecht (s. Kap. 4.5)

In den folgenden Abschnitten werden die oben genannten Rechtsbereiche zusammengefasst; eine ausführliche Beschreibung und rechtliche Einordnung sind unter Huggins und Schlacke (2019) nachzulesen.

4.3. Naturschutzrecht

Im Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) wird u.a. zwischen der Eingriffsregelung (§§ 13 ff.), dem Gebietsschutz (§ 34) und dem allgemeinen (§§ 37 ff.) und besonderen Artenschutz (§§ 44 ff.) unterschieden. Im Sommer 2021 wurde eine neue Regelung zur Vermeidung von umweltschädlichen Lichtimmissionen eingeführt (§ 41a BNatSchG), welche im Folgenden nur knapp betrachtet wird, da die ausgestaltenden Rechtsnormen noch nicht erlassen worden sind.

4.3.4. Eingriffsregelung nach §§ 13 ff. BNatSchG

Ziel: Allgemeiner Schutz von Natur und Landschaft, Vermeidung von Beeinträchtigungen der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts sowie des Landschaftsbildes, Kompensation unvermeidbarer Beeinträchtigungen.

Anwendungsbereich: Die Eingriffsregelung ist, soweit ein Vorhaben die Eingriffsdefinition nach § 14 BNatSchG erfüllt, anzuwenden bei allen fachrechtlichen Zulassungen, Vorhaben durch Behörden und auch bei der Aufstellung von Bebauungsplänen. Sie gilt ebenso bei solchen Eingriffen, denen kein fachrechtliches Trägerverfahren zugrunde liegt, und die daher naturschutzrechtlich zugelassen werden. Sie ist hingegen nicht anzuwenden für Vorhaben in Gebieten mit Bebauungsplänen nach § 30 BauGB und für zulässige Vorhaben nach § 34 BauGB. Im Hamburger Hafengebiet als Sondergebiet der Bauleitplanung gemäß Hafen-EG ist die Regelung für alle Eingriffsvorhaben anzuwenden.

Damit sind in Hamburg hinsichtlich der Beurteilung zu erwartender Licht-Auswirkungen als Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft letztlich nur solche Eingriffsvorhaben ausgenommen, deren bauliche Zulässigkeit bereits durch einen Bebauungsplan geregelt worden ist, oder die nach § 34 BauGB zulässig sind. Eingriffe setzen eine Veränderung der Gestalt oder Nutzung von Grundflächen voraus.

Beeinträchtigungen aufgrund von Lichtinstallationen, etwa durch neue Baulichkeiten, können damit erfasst werden, mobile Strahler oder Umrüstungen im Regelfall jedoch nicht.

Erläuterungen: Liegt ein Eingriff vor, sind u.a. die von ihm möglicherweise ausgehenden Beeinträchtigungen des Naturhaushalts (lokale Artenzusammensetzung und/oder Auswirkungen auf Populationen oder Individuen) aufgrund von Lichtemissionen dahingehend zu beurteilen, inwieweit sie vermeidbar sind. Zumutbare Vorkehrungen zur Vermeidung von Beeinträchtigungen sind in der Zulassung eines Vorhabens bzw. im Planverfahren festzusetzen. Bei unvermeidbaren Beeinträchtigungen sind diese im Rahmen der Bestimmung der erforderlichen Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen mit zu berücksichtigen.

4.3.5. Artenschutz nach §§ 37 ff. BNatSchG

Es wird zwischen allgemeinem und besonderem Artenschutz unterschieden:

4.3.5.5. Allgemeiner Artenschutz nach § 39 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG

Ziel: Verhindern, dass wildlebende Tiere mutwillig beunruhigt oder ohne vernünftigen Grund gefangen, verletzt oder getötet werden.

Anwendungsbereich: Der Artenschutz gilt unabhängig von der städtischen, naturnahen oder ggf. einem rechtlichen Schutzregime unterliegenden Umgebung. Da die in diesem Leitfaden angesprochenen Beleuchtungsanlagen nicht das Ziel haben, Tiere gezielt (mutwillig) zu schädigen und durch Gebäude, Verkehrssicherung oder auch ästhetische Kunstinstallationen stets ein vernünftiger Grund vorliegt, ist der allgemeine Artenschutz von den Vorhaben nicht betroffen und wird an dieser Stelle nicht weiter behandelt. Zudem liegen in der Planungspraxis für viele Vorhaben die Privilegierungstatbestände des § 39 Abs. 5 BNatSchG vor (z.B. für die nach § 15 BNatSchG zulässigen Eingriffe).

4.3.5.6. Schutz von Tieren und Pflanzen vor Licht nach § 41a BNatSchG

Ziel: Neu zu erreichende Beleuchtungen an Straßen, Wegen, baulichen Anlagen und Werbeanlagen sollen so konstruiert werden, dass Tiere und Pflanzen wildlebender Arten von nachteiligen Auswirkungen durch Lichtimmissionen geschützt sind.

Anwendungsbereich: Die am 24. Juni 2021 vom Bundestag neu beschlossene Regelung gegen „Lichtverschmutzung“ gilt für Neuerrichtungen und wesentliche Änderungen von Beleuchtungsanlagen. In einer noch zu erlassenden Rechtsverordnung nach § 54 Absatz 4d Nr. 1 und Nr. 2 BNatSchG werden zukünftig Grenzwerte sowie technische und konstruktive Anforderungen und Maßnahmen zum Schutz von Tieren und Pflanzen festgelegt. Planer sind angehalten, die in diesem Leitfaden aufgeführten Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen schon jetzt zu berücksichtigen, da die Rechtsverordnung auch Vorschriften zur Um- und Nachrüstung von Beleuchtungsanlagen enthalten wird.

Die Errichtung oder wesentliche Änderung von Beleuchtungsanlagen ist der BUKEA anzuzeigen, soweit keine Genehmigung erforderlich ist. Genehmigungen von Beleuchtungsanlagen sind mit der BUKEA abzustimmen.

4.3.5.7. Besonderer Artenschutz nach § 44 Abs. 1 BNatSchG

Ziel: Bewahrung der maßgeblichen Arten vor Schädigung von Individuen, der erheblichen Störung und der Beeinträchtigung von Fortpflanzungs- und Ruhestätten.

Anwendungsbereich: Der Artenschutz gilt unabhängig von der städtischen, naturnahen oder ggf. einem rechtlichen Schutzregime unterliegenden Umgebung. Er umfasst sowohl besonders geschützte als auch streng geschützte Arten, diese sind nach § 7 BNatSchG Absatz 2 definiert. In der Planungspraxis greifen für viele Vorhabentypen die Privilegierungstatbestände des § 44 Abs. 5 BNatSchG (z.B. für die nach § 15 BNatSchG zulässigen Eingriffe).

Erläuterungen: Zu den besonders geschützten Arten zählen die Arten, die in der Bundesartenschutzverordnung (BArtSchV) Anlage 1 Spalte 2 gekennzeichnet sind und alle europäischen Vogelarten. Streng geschützt sind die Arten, die in der BArtSchV Anlage 1 Spalte 3 markiert sind, sowie in Anhang IV der Richtlinie 92/43/EWG (auch FFH-Richtlinie genannt) aufgeführt sind. Hierzu zählen beispielsweise alle in Deutschland vorkommenden Fledermausarten (BfN 2019), viele europäische Vogelarten und über 100 Schmetterlings- und Nachtfalterarten (BMJV 2013). Alle streng geschützten Arten sind auch besonders geschützt. Auf die geschützten und streng geschützten Arten bestehen verschiedene Zugriffsverbote:

- Tötungs- und Verletzungsverbot nach § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG

Es ist verboten, wildlebende Individuen zu verletzen oder zu töten. Bei einer Privilegierung liegt nicht mit jedem getöteten Tier ein Tatbestand vor. Erst bei einem signifikant erhöhten Tötungsrisiko ist dies gegeben. Es tritt ein, wenn in dem Lebensraum der betrachteten Art, in dem das Vorhaben geplant ist, eine deutliche Steigerung von Tötungen vorliegt. Bei Arten, die natürlicherweise ein geringes Tötungsrisiko haben und deren Bestand klein ist, ist die Signifikanzschnelle ggf. bereits bei einzelnen Tieren überschritten.

- Störungsverbot nach § 44 Abs. 1 Nr. 2 BNatSchG

Während der Fortpflanzungs-, Aufzucht-, Mauser-, Überwinterungs- und Wanderungszeiten dürfen die Tiere nicht erheblich gestört werden. Eine erhebliche Störung tritt dann ein, wenn sich der Erhaltungszustand der lokalen Population verschlechtert. Liegt das Vorhabengebiet beispielsweise in einer Wanderroute einer Fledermauskolonie zwischen ihrem Jagd- und Überwinterungsquartier und die Tiere meiden ihre Route aufgrund von dort aufgestellten Straßenlaternen, kann dies bereits eine erhebliche Störung sein.

- Schutz der Fortpflanzungs- und Ruhestätten nach § 44 Abs. 1 Nr. 3 BNatSchG

Es ist verboten, Fortpflanzungs- und Ruhestätten zu entnehmen, beschädigen oder zu zerstören. Dazu gehören nicht nur natürliche Lebensstätten (wie z.B. Höhlen) sondern auch künstlich geschaffene (beispielsweise Nistkästen). Ist die Funktionsfähigkeit beeinträchtigt, weil z.B. eine Wochenstube, in der die Fledermäuse ihre Jungtiere aufziehen, angestrahlt wird und die Jungtiere nicht mehr versorgt werden oder die Elterntiere die Fortpflanzungsstätte aufgeben, wird dieser Verbotstatbestand verwirklicht. Bei einer Privilegierung tritt das Verbot nicht ein, wenn die ökologische Funktion der Lebensstätte im räumlichen Zusammenhang erhalten bleibt, d.h. wenn z.B. ein einzelner Baum in einem Wald gefällt wird, aber nachweislich ausreichend Ersatzquartiere im Umfeld erhalten bleiben. Dies kann auch durch vorgezogene Ausgleichsmaßnahmen (sog. CEF-Maßnahmen), wie z.B. dem Anbringen von Nistkästen als Ersatz einer Baumhöhle, erreicht werden.

Um die Verbotstatbestände bei der Privilegierung zu verwirklichen, müssen also besondere Umstände (signifikante Zunahme des Tötungsrisikos, fehlende Ausweichmöglichkeit beim Verlust von Fortpflanzungs- und Ruhestätten) und die Betroffenheit von europäisch geschützten Arten vorliegen, die im Einzelfall zu prüfen sind. Das Eintreten der Verbotstatbestände muss generell anhand einer naturschutzfachlichen Einschätzung bestimmt werden. Dabei sind Vermeidungsmaßnahmen anzuwenden (s. Kap. 6), andernfalls ist das Vorhaben unzulässig. Bauvorhaben, die gegen die artenschutzrechtlichen Verbotstatbestände verstoßen, sind nicht genehmigungsfähig. Zudem können Verstöße als Ordnungswidrigkeit oder Straftat gewertet und dementsprechend geahndet werden.

4.3.6. Beeinträchtigung von Natura 2000-Schutzgebieten nach § 34 BNatSchG

Ziel: Verhindern von erheblichen Beeinträchtigungen der Schutz- und Erhaltungsziele von Natura 2000-Gebieten.

Anwendungsbereich: Wenn Beeinträchtigungen der Schutzgebiete nicht von vornherein ausgeschlossen werden können, ist eine Verträglichkeitsprüfung durchzuführen (ggf. gestaffelt als FFH-Vorprüfung und formaler FFH-VP). Dafür muss das Vorhaben nicht im Schutzgebiet selbst liegen oder unmittelbar daran grenzen, sondern es sind jegliche Auswirkungen eines Vorhabens relevant, die Auswirkungen auf die Schutz- und Erhaltungsziele des Natura 2000 Gebiets haben können. Dies ist besonders bei größeren Bauvorhaben oder Vorhaben mit großer Raumwirkung zu beachten.

Neben den in den Erhaltungszielen eines Natura 2000-Gebietes genannten und dort zu schützenden Tierarten sind auch mögliche Beeinträchtigungen der im jeweiligen Gebiet zu schützenden FFH-Lebensraumtypen sowie deren charakteristischer Arten zu prüfen.

Erläuterungen: Wird in der Verträglichkeitsprüfung eine erhebliche Beeinträchtigung des Vorhabens für die Schutz- und Erhaltungsziele im Schutzgebiet festgestellt, ist das Vorhaben unzulässig. Eine Durchführung kann dann nur im Rahmen einer sog. Abweichungsprüfung gem. § 34 (5) BNatSchG legalisiert werden, wobei das Vorliegen der einschlägigen Voraussetzungen dafür zu prüfen wäre. Bei der Bewertung der Erheblichkeit der Beeinträchtigung müssen auch kumulierende Effekte durch andere Vorhaben berücksichtigt werden.

4.4. Immissionsschutzrecht nach §§ 3 ff. BImSchG

Ziel: Schutz der Menschen, Tiere und Pflanzen, des Bodens, Wassers, der Atmosphäre sowie der Kultur- und sonstigen Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen.

Anwendungsgebiet: Errichtung und Betrieb von gewerblichen Beleuchtungsanlagen, zu denen auch mobile Anlagen, wie Skybeamer (Himmelsstrahler), zählen. Öffentliche oder private Anlagen werden nicht erfasst. Was als Anlage gilt, regelt § 2 Abs. 1 in Verbindung mit § 3 Abs. 5 BImSchG. Das BImSchG nennt in § 22 Abs. 1 auch für nicht genehmigungspflichtige Anlagen Pflichten.

Erläuterungen: Liegt eine erhebliche schädliche Umwelteinwirkung durch Lichtemissionen vor, ist der Betreiber der Beleuchtungsanlagen dazu verpflichtet, Vermeidungsmaßnahmen nach dem Stand der Technik zu ergreifen, um schädliche Einwirkungen zu vermeiden (Vermeidungspflicht) oder zumindest auf ein Minimum zu beschränken (Minimierungspflicht). Diese Pflicht gilt auch dann, wenn das konkrete Ausmaß der Beeinträchtigungen unsicher ist, aber trotzdem Schäden zu erwarten sind. Die Behörde kann Vermeidungsmaßnahmen anordnen, wenn der Betreiber gegen seine Pflichten verstößt oder zu verstoßen droht. Der baurechtliche Bestandsschutz und eine bereits erteilte Baugenehmigung entbinden nicht von der Umsetzung. Nicht genehmigungspflichtige Anlagen genießen keinen Bestands- und Vertrauensschutz (d.h. Gesetzesänderungen gelten rückwirkend).

4.5. Bauplanungsrecht nach §§ 1a ff. BauGB und Landesbauordnungsrecht

Ziel: Bodennutzung der Gemeinde mithilfe von Bauleitplänen regeln und dabei die Beachtung des Umweltschutzes sichern. Standards und Sicherheit beim Bau durch die Bauordnung gewährleisten.

Anwendungsgebiet: Bezogen auf den Umweltschutz können im Bebauungsplan Maßnahmen festgesetzt werden, um Natur und Landschaft gemäß § 9 Abs. 1 Nr. 20 BauGB zu schützen und gemäß § 9 Abs. 1 Nr. 24 BauGB schädliche Umwelteinwirkungen abzuwenden. In Hamburg gilt zusätzlich § 4 Abs. 3 des Hamburgischen Gesetzes zur

Ausführung des BNatSchG (HmbBNatSchAG). Die Bauordnung betrifft nicht nur Neuerrichtungen, sondern auch Nutzungsänderungen. Diese Festsetzungen sind, anders als im BImSchG, in dem nur gewerbliche Anlagen erfasst werden, für jegliche Lichtanlagen anwendbar, die der Bauordnung unterliegen.

Erläuterungen: Die planende Gemeinde ist verpflichtet, bei der Bauleitplanung die Auswirkungen auf Natur und Landschaft – auch von Licht auf die in diesem Leitfaden vorgestellten Tiergruppen - zu prüfen und gegen die betroffenen Naturschutzbelange abzuwägen. Dies hat in der obligatorischen Umweltprüfung gemäß § 2 Abs. 4 BauGB zu geschehen. Wird z.B. das Artenschutzrecht verletzt, kann der Bebauungsplan nicht umgesetzt werden. Hinweise für die Bearbeitungsschritte können der Veröffentlichung der hamburgischen Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt entnommen werden (BSU HH 2014). Ggf. erforderliche Festsetzungen müssen ausreichend konkret formuliert sein, Formulierungen wie „insektenfreundliche Lichtquellen“ reichen beispielsweise nicht aus. Als Beispiel für eine geeignete Formulierung siehe Entwurf der Verordnung über den Bebauungsplan HafenCity 16 (s. Anhang A6).

Bei der Umrüstung von Straßenbeleuchtungen muss das Bauordnungsrecht in Hamburg nicht beachtet werden, da sie Teil der Straße und somit nicht genehmigungspflichtig sind. Lichtwerbeanlagen und Skybeamer (Himmelsstrahler) hingegen können in bestimmten Bereichen verboten sein, z.B. in den öffentlichen Grün- und Erholungsanlagen. Details hierzu sind der Veröffentlichung des Amtes für Bauordnung und Hochbau (BSU HH 2013) zu entnehmen.

5. Naturschutzfachliche Konflikte

5.6. Risikomatrix und Ergebnismatrix

Das folgende zweistufige Schema (Tab. 1 - 2) soll eine erste Einschätzung ermöglichen, wie risikoreich die Lichtimmissionen eines Vorhabens in Bezug auf naturschutzrechtlichen Fragestellungen sind. Zudem zeigt die Matrix auf, welche Optionen es zur Minderung des Risikos gibt. Die Maßnahmen werden im nachfolgenden Kapitel 6 noch einmal detailliert aufgegriffen.

In der folgenden Tabelle 1 werden verschiedene Kriterien abgefragt. Unter jeder Kategorie sind Beispiele aufgeführt, die einen Überblick über mögliche Vorhaben mit Beleuchtung geben und somit die Einordnung des eigenen Vorhabens erleichtern sollen. Pro Zeile erhält das Vorhaben Punkte, die aufsummiert werden. Lichtvorhaben, die in nahezu dunklen Bereichen mit überwiegend grünen Strukturen geplant sind und durch starke Lichtverwendung zu einer sichtlichen Veränderung des Lichtklimas der Umgebung führen, sind als am schädlichsten für

Natur und Umwelt einzuschätzen. Sie erhalten deshalb bei der Punktevergabe eine stärkere Gewichtung.

Die Summe der Punkte wird mit der zweiten Tabelle verglichen, die Handlungsempfehlungen gibt und ggf. weiteren Prüfbedarf aufzeigt. Das vorliegende Schema ersetzt jedoch keine fachgutachterliche Einschätzung, ob beispielsweise Verbotstatbestände (s. Kap. 4) eintreten.

Das Prüfschema in Tabelle 1 wurde für Hamburg entworfen. Hamburg ist für den Vogelzug von besonderer Bedeutung, da über dem Stadtgebiet mehrere Vogelzugkorridore kreuzen. Eine Berücksichtigung dieses Sachverhalts bei der Entwicklung von Beleuchtungskonzepten in den Zugzeiten ist somit außerordentlich wichtig. Ziehenden Vögeln lässt sich während des Zuges keine Lebensstätte zuordnen, weshalb das Kriterium „Lebensstättenpotenzial“ in diesen Fällen nicht anwendbar ist. Die Beeinträchtigung von Zugvögeln ist allerdings in anderen Kategorien mitberücksichtigt. Beispielsweise wird im Kriterium „Vorhabentyp“ die Größe der Glasscheiben an Gebäuden abgefragt. Es ist belegt, dass großflächige Verglasung an Gebäuden der bedeutendste Gefährdungsfaktor für Vögel ist (Jödicke und Mitschke 2021). Ab einer Scheibengröße von $> 6 \text{ m}^2$ ist von einem hohen Konfliktrisiko auszugehen. Scheibengrößen von bis zu $1,5 \text{ m}^2$, die für Wohngebäude gängig sind, weisen nur ein geringes Risiko für Vogelschlag auf. Die angegebenen Grenzwerte beschreiben das Kollisionsrisiko von Vögeln während des Tages (ohne Beleuchtung) (LAG VSW 2019). Über die Scheibengröße kann allerdings auch indirekt auf den beleuchteten Anteil der Fassade geschlossen werden - ein Einfamilienhaus wird oft eine geringere Lichtabstrahlung aufweisen als ein großflächig verglastes Hochhaus. Somit werden die oben genannten Grenzwerte der Scheibengrößen auch für das Kollisionsrisiko bei Nacht verwendet. Bei der Scheibengröße ist jedoch auch in Bezug auf andere Tiergruppen relevant, wie groß der Gesamtanteil der beleuchteten Fassade ist. Auch viele Fenster mit geringen Scheibengrößen oder wenige, kleine Fenster, die besonders intensiv beleuchtet werden, können das Lichtklima der Umgebung deutlich verändern. Dies sollte bei der Einordnung des Vorhabens in der Risikomatrix bedacht werden.

Gleichermaßen verhält es sich mit Fledermausquartieren an Gebäuden und dem Lebensstättenpotenzial. Hier ist die Abfrage nach vorhandenen Grünstrukturen irrelevant. Der Schutz von Gebäudequartieren erfolgt ebenfalls bei der Einordnung zum Vorhabentyp. Jegliches Anstrahlen von Gebäuden löst einen direkten Überprüfungsbedarf aus, da auch bei geringer Lichtverwendung ein naturschutzfachlicher Konflikt mit gebäudebewohnenden Fledermäusen verursacht werden kann. Eine fachgutachterliche Bewertung muss daher vorab prüfen, ob Fledermausquartiere an der Fassade betroffen sein können. Zu berücksichtigen ist hier nicht nur das direkte Anstrahlen beispielsweise einer Gebäudefassade, sondern auch eine durch das Vorhaben ausgelöste indirekte Gebäudeanstrahlung. Dies ist über Streulicht von

Außenbeleuchtungen oder durch nächtliche Beleuchtung, die aus Innenräumen auf gegenüberliegende Häuser fällt, möglich.

Für die Intensität der Beleuchtung können mehrere technische Größen verwendet werden. Für die Risikomatrix wird die mittlere Beleuchtungsstärke in Lux betrachtet, da die Empfindlichkeit der Tiere und die Beleuchtungsintensität, die ihren Lebensraum erreicht, relevante Bezugsgrößen sind. Auch in der Literatur finden sich Angaben zu Beeinträchtigungen überwiegend in Lux, weshalb diese Größe in der Matrix verwendet worden ist.

Eine Umrechnung von Lumen zu Lux ermöglicht eine grobe Einschätzung der Beleuchtungsverhältnisse, wenn eine geeignete Planungssoftware oder ein Messgerät nicht zur Verfügung stehen (s. Tabelle 4). Abhängig von der bisherigen Ausleuchtung der Umgebung ergeben sich unterschiedliche kritische oder unbedenkliche Richtwerte für die Beleuchtungsstärke, daher ist das Kriterium in Gebiete mit geringer und ausgeprägter Umgebungshelligkeit unterteilt. Mittlere Werte von max. 40 lx, gemessen am Boden in einem Abstand von 1 m zu Schaufenstern, werden in der Richtlinie der Sternenstadt Fulda (Stadt Fulda 2019) (vgl. Anhang A3) festgesetzt.

Leitfaden Licht – Naturschutzfachliche Bewertung von Licht im Rahmen von Eingriffen

Tabelle 1: Schema zur Abschätzung des naturschutzfachlichen Konfliktpotenzials von Vorhaben mit Außenbeleuchtung und/oder Innenbeleuchtung, die zur Dämmerung und/oder nachts nach außen abstrahlen. Sollten in einem Kriterium mehrere Spalten zutreffen, ist stets diejenige mit der höheren Punktzahl zu wählen.

Kriterium	Sehr gering	Gering	Mittel	Hoch	Sehr hoch
Bisherige Helligkeit/ Ausleuchtung der Umgebung	Innerhalb voll ausgeleuchteter Umgebung	-	Innerhalb von Schattenbereichen zwischen Lichtquellen	Innerhalb überwiegend dunkler Umgebung mit vereinzelt Lichtquellen	Innerhalb dunkler Umgebung
<i>Beispiele</i>	<i>An allseits beleuchteten Gebäuden; vollständig ausgeleuchtete Straßen; mit Flutlichtern ausgestrahlte Plätze</i>	-	<i>Zwischen Strahlern an Gebäudefassaden; dunkle Bereiche zwischen Straßenlaternen</i>	<i>Einzelne Leuchten an Gebäuden am Ortsrand; einzelne Laternen in ansonsten nicht ausgeleuchteten Parks</i>	<i>Keine Leuchtquellen im Umkreis vorhanden</i>
Punkte	0		2	4	6
Lebensstätten-Potenzial für lichtempfindliche Artengruppen im Wirkradius des Vorhabens (*Sonderfall: Fledermausquar- tiere an Gebäuden, siehe Anmerkung bei Vorhabentyp)	Keine relevanten Grünstrukturen	Vereinzelt Grünstrukturen, Gebüschgruppen, keine Bäume	„Grüne Inseln“ bis 10 ha Größe, einzelne Bäume mit Stammdurchmesser unter 0,5 m	Zusammenhängende Grünstrukturen, Grünflächen ab 10 ha Größe	Sensible Bereiche im Wirkradius; Grünstrukturen mit Schutzstatus; Bäume mit über 0,5 m Stammdurchmesser
<i>Beispiele</i>	<i>Industriegebiet/ Innenstadt/ Wohnsiedlung lediglich mit Verkehrinseln, keine Hecken oder Gehölzgruppen</i>	<i>Industriegebiet/ Innenstadt/ Wohnsiedlung mit vereinzelt Gebüsch</i>	<i>Aufgelockerte Einzelhausbebauung/ kleinere Parks/ Friedhöfe/ Kleingartenanlagen/ Straßenbegleitgrün mit einzelnen jüngeren Bäumen unter 0,5m Stammdurchmesser</i>	<i>Ortsrand, größere Parks/ Friedhöfe/ Kleingartenanlagen; Nadelforste/jüngere Wälder und Waldränder mit Bäumen unter 0,5m Durchmesser, Grünland</i>	<i>FFH- und Vogelschutz-Gebiete; Naturschutzgebiete; Naturdenkmäler; Wälder mit alten Baumbeständen/ Einzelbäume mit über 0,5 m Stammdurchmesser; (Fließ-) Gewässer; gesetzlich geschützte Biotope (§ 30 BNatSchG, § 10 und § 14 HmbBNatSchAG)</i>
Punkte	0	1	2	4	6

Leitfaden Licht – Naturschutzfachliche Bewertung von Licht im Rahmen von Eingriffen

Kriterium	Sehr gering	Gering	Mittel	Hoch	Sehr hoch
Vorhabentyp (*jegliches Anstrahlen von Gebäuden kann zum Konflikt mit Fledermäusen führen, Handlungsbedarf aus Tabelle 2 „Hohes Konfliktpotenzial“ befolgen)	Vorhaben mit sehr geringfügiger Lichtverwendung und/oder Lichtklima der Umgebung nicht verändernd	Vorhaben mit geringfügiger Lichtverwendung und/oder Lichtklima der Umgebung kaum verändernd	-	Vorhaben mit deutlich wahrnehmbarer Lichtverwendung und/oder Lichtklima der Umgebung sichtlich verändernd	Vorhaben mit intensiver Lichtverwendung und/oder Lichtklima der Umgebung stark verändernd
<i>Beispiele</i>	<i>Einzelne zusätzliche Lampen auf bereits ausgeleuchteten Parkplätzen oder Straßenzügen</i>	<i>Einfamilienhaus mit Scheiben bis 1,5 m² ohne ganznächtliche Außenbeleuchtung</i>	-	<i>Außenbeleuchtung oder Parkplatzbeleuchtung in bisher unbeleuchteten Bereichen, Gebäude mit ganznächtlicher Beleuchtung z.B. Gewerbegebäude, LED-Werbetafeln, beleuchtete Werbetürme</i>	<i>Skybeamer; Flutlichter; (Hoch-)Häuser mit großflächigen Scheiben über 6 m² oder leuchtenden Werbetafeln in der Höhe</i>
Punkte	0	1		4	6
Beleuchtungsgestaltung					
Lichtfarbe/ Spektrum	Orangenes Licht (Hauptenergie zw. ca. 580- ca.650 nm), keine blauen und UV-Anteile, keine Wellenlängen unter 500nm	Gelbes bis orangenes Licht (Hauptenergie zw. ca.550 - 700 nm), (nahezu) keine blauen und UV-Anteile	Weißes Licht, nahezu kein UV-Anteil	Weißes Licht, deutlicher Blau- und UV-Anteil	Weißes Licht mit hohem Blau- und UV-Anteil, Wellenlängen unter 420 nm
Punkte	0	1	2	3	4
Farbtemperatur	Unter 1.800 K (amber)	1.800-2.500 K (gelblich)	Über 2.500 K – 3.300K (warmweiß)	über 3.300 K – 5.300 K (neutralweiß)	Über 5.300 K (tageslichtweiß)
Punkte	0	1	2	3	4
Abstrahlungs- geometrie	-	Full-Cut-Off-Leuchte, Winkel unter 70° zur Vertikalen	-	Abstrahlung in Horizontale, Winkel zwischen 70° - 90° zur Vertikalen	Abstrahlung über die Horizontale hinaus, Winkel über 90° zur Vertikalen
Punkte		1		3	4

Leitfaden Licht – Naturschutzfachliche Bewertung von Licht im Rahmen von Eingriffen

Kriterium	Sehr gering	Gering	Mittel	Hoch	Sehr hoch
<p>Beleuchtungsstärke in 1m Entfernung zur Lichtquelle/Glasscheibe</p> <p><i>Vorhaben in Gebieten mit geringer Umgebungshelligkeit</i></p> <p>oder</p> <p><i>Vorhaben in Gebieten mit bereits ausgeprägter Umgebungshelligkeit</i></p>	Bis 0,1 lx (= Vollmondnacht bis 0,3 lx);	Über 0,1 – 1 lx (= Kerze aus 1 m Entfernung: 1 lx)	Über 1 lx – 5 lx (= Dämmerung)	Über 5 lx	Über 10 lx (= Gängige Straßenlaterne: 10 lx)
	Bis 5 lx	Über 5 – 10 lx	Über 10 – 40 lx	Über 40 lx	Über 100 lx
Punkte	0	1	2	3	4
<p>Dauer der geplanten Beleuchtung</p> <p align="center">-</p>		Bedarfsweise, z.B. Beleuchtung wird an beruhigten Orten über (effizient eingestellte!) Bewegungsmelder aktiviert	Unter 2h z.B. dauerhaftes Abschalten oder Dimmen in der Nacht ab zwei Stunden nach Sonnenuntergang oder gesamtnächtliche Beleuchtung, jedoch mit Teilabschaltung (Halbnachtschaltung bei Straßenbeleuchtung)	Gesamtnächtliche Beleuchtung ohne Abschalten oder Dimmen	-
Punkte		1	2	3	
<p>Lichtpunkthöhe</p> <p>(*bei Außenbeleuchtungen)</p>	Lichtpunkthöhe unter 0,5 m, bodennah	Lichtpunkthöhe 0,5 - 1m	Lichtpunkthöhe 1-2 m	Lichtpunkthöhe 2-5 m	Lichtpunkthöhe über 5 m
<p>Beispiele</p>	<i>Stufenleuchten (Treppen)</i>	<i>Sockelleuchten</i>	<i>Pollerleuchten; beleuchtete Hausnummer</i>	<i>Straßenlaternen (z.B. Kandelaber); Strahler an der Fassade eines Wohnhauses</i>	<i>Reguläre Straßenlaterne (Lichtmasten); Flutlichter (Stadion)</i>
Punkte	0	1	2	3	4

Tabelle 2: Gesamtbewertung des Prüfschemas aus Tabelle 1

Ergebnis (Punkte)	Einschätzung Konfliktpotenzial	Handlungsbedarf
1-7	Sehr geringes Konfliktpotenzial	Zulassungsrelevante naturschutzrechtliche Konflikte sind im Regelfall nicht zu erwarten. I.d.R. keine fachgutachterliche Einschätzung und weiteren Maßnahmen notwendig.
8-14	Geringes Konfliktpotenzial	Zulassungsrelevante naturschutzrechtliche Konflikte sind nicht auszuschließen, aber wenig wahrscheinlich. Fachgutachterliche Potenzialeinschätzung hinsichtlich Beeinträchtigung von relevanten Artengruppen i.d.R. ausreichend. Prüfen, ob ggf. (weitere) Vermeidungs- oder Minimierungsmaßnahmen ergriffen werden können.
15-19	Mittleres Konfliktpotenzial	Zulassungsrelevante naturschutzrechtliche Konflikte sind möglich. Zur Bewertung möglicher Beeinträchtigungen v.a. von Vögeln, Fledermäusen und anderen lichtempfindlichen Artengruppen sind i.d.R. weitere Erhebungen und eine fachgutachterliche Bewertung erforderlich. (Weitere) Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen sollten i.d.R. umgesetzt werden. Untersuchungsrahmen muss mit der Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft, Abteilung Naturschutz abgestimmt werden.
20-41	Hohes Konfliktpotenzial	Zulassungsrelevante naturschutzrechtliche Konflikte sind wahrscheinlich. Zur Bewertung möglicher Beeinträchtigungen von Vögeln, Fledermäusen und anderen lichtempfindlichen Artengruppen sind weitere Erhebungen und eine fachgutachterliche Bewertung erforderlich. Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen müssen umgesetzt werden. Untersuchungsrahmen muss mit der Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft, Abteilung Naturschutz abgestimmt werden.

Ein fiktives Vorhaben verdeutlicht die Anwendung des Prüfschemas:

Es soll ein neues Wohngebäude mit darin untergebrachten Geschäften in der Innenstadt verwirklicht werden, welches die umstehenden Gebäude nicht überragt.

Bei dem Kriterium „Bisherige Helligkeit/Ausleuchtung der Umgebung“ gilt „mittel“, da es angrenzende dunklere Bereiche unter Brücken und zwischen Strahlern und Laternen in der Umgebung gibt. Zudem sind niedrige, vereinzelte Gebüsche vorhanden („gering“). Die umliegenden Gebäude sind bereits ausgeleuchtet und die Fensterfronten des neu geplanten Gebäudes sind nicht auf die unbeleuchteten Bereiche der bestehenden Fassaden gerichtet, der Verweis auf die Fledermäuse trifft demnach nicht zu. Beim Vorhabentyp gilt die Spalte „gering“, da die Wohneinheiten nachts nicht durchgehend beleuchtet sind und die Schaufenster der geplanten Geschäfte sowie die Außenbeleuchtung ebenso hell wie die Straßenlaternen und umliegenden Geschäfte sind. Für die Außenbeleuchtung ist weißes Licht mit gewöhnlichen LEDs, die einen hohen Blauanteil aufweisen, und einer Farbtemperatur von 4000 K („hoch“) geplant. Die Innenbeleuchtung soll mit ähnlichen LEDs ausgeführt werden („hoch“), die jedoch eine Farbtemperatur von 2700 K haben („mittel“).

Da die Außenbeleuchtung bei der Farbtemperatur hinsichtlich des Eingriffs mit „hoch“ bewertet wird, werden trotz der geringer bewerteten Innenbeleuchtung an dieser Stelle 3 Punkte hinzugerechnet. Es werden Full-Cut-Off-Leuchten verwendet („gering“) und die Schaufensterbeleuchtung bleibt die ganze Nacht über eingeschaltet, wird aber gedimmt („mittel“). Beim Kriterium Beleuchtungsstärke kommt die Zeile „Gebiete mit ausgeprägter Umgebungshelligkeit“ zur Anwendung, weil sich das Vorhaben im städtischen Bereich ohne zusammenhängende, dunklere Flächen, wie Parks, befindet. Durch das Dimmen werden 40 lx erreicht, daher gilt an dieser Stelle die Spalte „mittel“. Die Schaufenster sowie Außenbeleuchtung sind in einer Höhe von 3 m geplant („hoch“). Die Fenster der Wohneinheiten sind nachts nicht beleuchtet oder durch Rollos abgeschirmt und fallen daher für die Lichtpunkthöhe nicht ins Gewicht.

Dieses Vorhaben würde aufsummiert 18 Punkte erhalten und daher ein mittleres Konfliktpotenzial aufweisen. Eine vertiefende Einschätzung sollte durchgeführt werden, damit beispielsweise Beeinträchtigungen potenzieller Fledermausquartiere in den umliegenden dunkleren Bereichen ausgeschlossen werden können. Möglicherweise sind auch weitere Tiergruppen betroffen. Um eine vertiefte Betrachtung von vornherein zu verhindern, können im Vorfeld bereits weitere Vermeidungsmaßnahmen geplant werden. In diesem Beispiel kann die Beleuchtungsgestaltung naturschutzfachlich optimiert werden (s. Tabelle 3).

Tabelle 3 zeigt, wie ein potenziell konflikträchtiges Vorhaben durch leichte Änderungen des Lichtkonzeptes so optimiert werden kann, dass in der Risikomatrix weniger Punkte erreicht werden und es dadurch unter bestimmten Konfliktschwellen bleibt. Zu beachten ist, dass beim Kriterium „Vorhabentyp“ unter Umständen eine weniger kritische Einschätzung möglich sein kann, wenn die Beleuchtungsgestaltung hinsichtlich des Naturschutzes verbessert wurde. Die Bewertung des fiktiven Vorhabens hinsichtlich naturschutzfachlicher Konflikte kann durch eine Veränderung der Lichtfarbe, der Farbtemperatur und der Beleuchtungsstärke von einem Vorhaben mit mittlerem zu einem Vorhaben mit geringem Konfliktpotenzial verändert werden.

***Tabelle 3:** Gegenüberstellung von Vorhaben mit verschiedener Beleuchtungsgestaltung in Bezug auf die Risikomatrix (Tab. 1-2) P. = Punkte*

Kriterium	Fiktives Vorhaben	P.	Lichtoptimiertes Vorhaben	P.
Bisherige Helligkeit	Schattenbereiche zw. Lichtquellen	2	Schattenbereiche zw. Lichtquellen	2
Lebensstätten-Potenzial	Vereinzelte Grünstrukturen, Fledermäuse nicht relevant	1	Vereinzelte Grünstrukturen, Fledermäuse nicht relevant	1
Vorhabentyp	Lichtklima kaum verändernd	1	Lichtklima kaum verändernd	1
Lichtfarbe/Spektrum	Weiß, deutl. Blau-Anteil	3	Gelbl. bis orangefarben (Innen- und Außenbeleuchtung)	1
Farbtemperatur	4000 K	3	2700 K (Innen- und Außenbeleuchtung)	2
Beleuchtungsstärke	40 lx	2	10 lx	1
Abstrahlungs-geometrie	Full Cut-Off	1	Full-Cut-Off	1
Dauer	Gedimmt	2	Gedimmt	2
Lichtpunkthöhe	3 m	3	3 m	3
Konfliktpotenzial, Summe	Mittel	18	Gering	14

6. Maßnahmen

Wie bereits im vorherigen Kapitel beschrieben, lässt sich die künstliche Beleuchtung mit verschiedenen Maßnahmen naturschutzfachlich optimieren. Werden bei einem Vorhaben die Lichtmissionen von vornherein auf das notwendige Maß beschränkt, so ist dies grundsätzlich zu begrüßen. Allerdings können trotz einer bereits bei der Planung berücksichtigten Reduzierung der Beleuchtung weiterhin naturschutzrechtliche Prüfungen

nötig sein, das hängt u.a. davon ab, in welcher Umgebung ein Vorhaben geplant wird und wie viel Lichtintensität in welcher Umgebung zurückbleibt (vgl. Kap. 5). So kann z.B. eine neu zu errichtende Straßenbeleuchtung im Umfeld eines Fledermauswinterquartiers zu naturschutzrechtlichen Konflikten führen, auch wenn schon bei der Planung vorgesehen wurde, dass die Laternen im doppelten Abstand errichtet werden oder in der Nacht jede zweite Laterne abgeschaltet werden soll. Auch wenn die Quartiere etwas weniger beleuchtet werden, kann das Restlicht weiterhin zu hell für empfindliche Arten sein und zur Aufgabe der Quartiernutzung führen.

Technisch ist die Reduktion der Lichtverschmutzung für jedes Vorhaben umsetzbar. Als erster Schritt muss zunächst ermittelt werden, an welchen Stellen Licht zwingend erforderlich ist und welche Bereiche auch ohne zusätzliche Beleuchtung dunkel bleiben können.

6.7. Bedarfsanalyse

Über eine Bedarfsanalyse im Vorfeld einer Planung wird die maximal benötigte Beleuchtung festgelegt. Inhalt einer solchen Analyse können Parameter wie „Besucherzahlen touristischer Einrichtungen“ zu bestimmten Uhrzeiten oder Gefahrenstellen wie Fußgängerüberwege oder bekannte Unfallschwerpunkte sein (Schroer et al. 2019). Für Straßenbeleuchtungen sollte die nächtliche Nutzung der Straßen gemessen werden (StMUV-BY 2020). Bei Gebäuden kann einfließen, an welchen Stellen Notbeleuchtungen notwendig sind, wo Eingänge und Arbeitsplätze liegen und in welchen Bereichen sich stets oder nur zu bestimmten Uhrzeiten Personen aufhalten.

Eine ganzheitliche Betrachtung der Umgebungshelligkeit führt dazu, unerwünschte Effekte planerisch zu vermeiden: Schaufensterbeleuchtungen sollen die Straßenbeleuchtung in der Umgebung beispielsweise nicht überstrahlen (Hänel 2020) - zum einen liegt in solchem Falle eine unnötige Doppelbeleuchtung vor und zum anderen kann eine Blendwirkung für die Verkehrsteilnehmer entstehen.

Die International Dark Sky Association (IDA) definiert fünf Bedarfszonen für Umgebungshelligkeit, an denen Planer*innen sich orientieren können. Sie geben nicht den Status quo wieder, sondern die *wünschenswerte*, von der Gemeinde *anzustrebende* Helligkeit. Die Beleuchtungszonen (lighting zones) reichen von LZ0: keinerlei Beleuchtung bis LZ4: Ausnahme-Kategorie, hohe Beleuchtung. Sie müssen nicht ausschließlich in einer 2D-Ebene (horizontal) angewendet werden, sondern können auch in der Vertikalen vergeben werden. Details zur Anwendung können dem englischsprachigen Model Lighting Ordinance User's Guide entnommen werden (IDA und IES 2011).

Wurde der Bedarf ermittelt, kann im nächsten Schritt die angemessene Beleuchtung über folgende Maßnahmen geplant werden:

6.8. Beleuchtungsstärke

Häufig besteht das Umrüsten von alten Lichanlagen darin, alte Leuchtmittel gegen LEDs auszutauschen. Die LED gilt als deutlich effizienter hinsichtlich der Lichtausbeute und ist dadurch bei gleichem Stromverbrauch heller. Wenn energiesparende Lampen verwendet werden, diese aber mit einem höheren Lichtstrom ausgewählt werden, wird die Effizienz nicht zum Vorteil genutzt und man spricht vom „Rebound-Effekt“. Die Einsparung und die potenzielle naturschutzfachliche Verbesserung gehen darüber verloren.

In den Normen werden Beleuchtungsklassen festgelegt, um die minimal nötige Beleuchtungsstärke oder Leuchtdichte festzusetzen. Soll normgerecht beleuchtet werden (siehe Hinweis zu veralteten technischen Standards in Kap. 7), sollte die niedrigste Beleuchtungsklasse gewählt werden (hierbei steigt die Zahl der Klasse, z.B. M5 statt M4) und eine zeitliche Herabsetzung der Beleuchtungsklasse in Betracht gezogen werden, wenn sich beispielsweise das Verkehrsaufkommen nachts reduziert. Der Minimumwert der niedrigsten Klasse sollte zudem nicht überschritten werden.

Liegt die Lichtquelle in der Nähe von naturnahen Gebieten oder in der Nähe von Fledermausquartieren, sollte die Beleuchtung möglichst geringer als 0,1 lx sein. Dieser Wert ist vergleichbar mit einer Vollmondnacht (Voigt et al. 2019). Optimalerweise ist eine Beleuchtungsstärke von 0 lx für Nichtzielflächen in naturschutzfachlich sensiblen Gebieten anzustreben.

Darüber hinaus sollte auch der Abstand der Lichtquellen zueinander an die Beleuchtungsstärke angepasst werden. Viele, eng beieinanderstehende Leuchten, die einzeln betrachtet eine geringe Beleuchtungsstärke haben, können in der Summe zu einem stark ausgeleuchteten Bereich führen.

Als erste Einschätzung, wie groß die Beleuchtungsstärke ist, dient eine Berechnung über den Lichtstrom, die Entfernung zwischen Leuchte und Fläche und den Abstrahlwinkel. Sowohl der Lichtstrom als auch der Abstrahlwinkel lassen sich den technischen Datenblättern oder ggf. den Angaben auf der Verpackung des Leuchtmittels entnehmen. Dieser Abstrahlwinkel ist nicht derselbe wie derjenige zur Vertikalen (vgl. Kap. 6.11), weil er den gesamten Lichtkegel beschreibt, der aus der Lampe austritt. Da der Winkel vom Gehäuse oder Schirm der Leuchte abhängt, ist die Berechnung ungenau. Mit Onlinerechnern wird die Beleuchtungsstärke daher nur grob geschätzt. Einige Ergebnisse sind nachfolgend gezeigt (Tabelle 4). Die Ergebnisse können die tatsächliche Lichtverteilung jedoch nicht genau wiedergeben, eine exakte

Berechnung sollte über Fachleuten erfolgen. Ein breiter Lichtkegel mit 3000 lm erreicht beispielsweise erst in 68 m Entfernung eine Beleuchtungsstärke von rund 0,1 lx, die für den Randbereich sensibler Bereiche zu empfehlen ist.

Zu beachten ist, dass die Beleuchtungsstärke in der Nähe der Lichtquelle höher ist als z.B. am Boden und die betroffenen Tierarten sich nicht ständig unmittelbar in Bodennähe aufhalten. Bei 3000 Lumen mit engem Lichtkegel, die in 10 m Höhe zum Boden installiert werden, beträgt die Beleuchtungsstärke am Boden zwar nur rund 16 lx, in einer Höhe von 3 m allerdings beachtliche 180 lx.

***Tabelle 4.** Ergebnisse aus der Berechnung der Beleuchtungsstärke über den Lichtstrom, den Abstand der Lichtquelle zur Fläche (Entfernung) und den Abstrahlwinkel mithilfe eines Onlinerechners (Müller 2020).*

Lichtstrom [Lumen]	Entfernung [m]	Abstrahlwinkel [°]	Beleuchtungsstärke [lx]
500	3	90	30,2
500	3	180	8,8
500	10	90	2,7
3000	3	90	181,1
3000	3	180	53,1
3000	10	90	16,3
3000	68	180	0,1
5000	3	90	301,9
5000	3	180	88,4
5000	10	90	27,2

6.9. Leuchtdichte optimieren

Die wahrgenommene Helligkeit einer Fläche (s. Kap. 3.1) variiert mit den verwendeten Farben und Baumaterialien, auf die das Licht fällt. Reflektoren können Gefahrenstellen auch bei geringer Beleuchtungsstärke besser sichtbar machen. Zusätzlich kann über das Baumaterial und Farben gearbeitet werden: sollen beispielsweise Fuß- und Fahrradweg deutlich voneinander unterscheidbar sein, können sie durch kontrastierende, farblich differenzierte Bereiche voneinander abgegrenzt werden und sind damit auch bei schwacher Beleuchtung deutlich erkennbar (Schroer et al. 2019).

Eine zu hohe Leuchtdichte blendet, die Beleuchtung muss entsprechend angepasst werden. So muss für denselben Helligkeitseindruck eine helle, glatte Wand deutlich weniger stark

angestrahlt werden als eine raue, dunkle Wand. Ist es nicht nötig, dass die Fläche als hell wahrgenommen wird, sollte wenig reflektierendes Material verwendet werden und dunklere Farben bevorzugt werden.

Es wurde gezeigt dass bereits eine mittlere Leuchtdichte (Nennleuchtdichte) von 1 cd/m^2 ausreicht, um in angemessener Zeit auf ein Hindernis zu reagieren, da sie bei steigender Leuchtdichte nicht schneller erkannt werden (Fotios et al. 2019). Für Werbeanlagen und andere beleuchtete Flächen unter 10 m^2 sind Maximalwerte von $50 - 100 \text{ cd/m}^2$ empfehlenswert und für großflächiges Anstrahlen $2 - 5 \text{ cd/m}^2$. Die jeweils höheren Werte sind nur im urbanen Bereich anzustreben (Hänel 2020; Schroer et al. 2019). Aus artenschutzrechtlicher Sicht sind diese Grenzwerte immer noch hoch, geringere Werte in der Stadt aber kaum realistisch. Es sollte stets überprüft werden, ob auf beleuchtete Flächen und Werbeanlagen verzichtet werden kann (Schroer et al. 2019).

6.10. Abschirmung

Licht sollte nur dorthin gelangen, wo es tatsächlich benötigt wird. **Abschirmungen an der Lichtquelle** vermeiden, dass Licht außerhalb dieser Bereiche gelangt. Kugelförmige Straßenleuchten beispielsweise strahlen nicht nur auf die Straße, sondern auch in den Himmel. Zusätzlich zur Abschirmung sollte die Glasabdeckung gerade und nicht gewölbt sein, um möglichst wenig Licht zu den Seiten zu verlieren (Schroer et al. 2019). Sogenannte „Full-Cut-Off“ Leuchten setzen diese Anforderungen um und strahlen ausschließlich nach unten (Schröter-Schlaack et al. 2020).

Eine **Abschirmung am Objekt** reduziert das unerwünschte Streulicht zusätzlich. Ist bei Gebäuden mit großen Fensterflächen der Innenraum beleuchtet, helfen Jalousien, Rollläden, Lamellen und Vorhänge die Abstrahlung nach außen zu begrenzen. Auch an der Fassade angebrachter Blendschutz vermindert nächtliche Lichtimmissionen.

Darüber hinaus ist auch die **Abschirmung von Lebensräumen** möglich, beispielsweise können angrenzende sensible Bereiche, wie Gewässer, die nicht beleuchtet werden sollen, durch Bepflanzungen vor Lichtimmissionen geschützt werden.



Abb. 3. Beispiel einer Full-Cut-Off Straßenleuchte.

Foto: A. Hänel.

6.11. Abstrahlungsgeometrie

Strahler und Beleuchtungen an Fassaden sollten stets von oben nach unten ausgerichtet werden, um das Abstrahlen in den Himmel zu vermeiden. Kann die Abstrahlung nach oben nicht verhindert werden, sollte der Lichtkegel nicht über das Bauwerk hinaus gehen. Dies kann über Abblendklappen oder Schablonen gewährleistet werden. Auf diese Weise können Teilbereiche der Fassade dunkel gehalten werden, in dem sich z.B. eine Wochenstube von Fledermäusen befindet (Schröter-Schlaack et al. 2020). Abgeschirmte Leuchten können zudem in unterschiedlichen Winkeln angebracht werden. Hierbei ist ein enger Abstrahlwinkel unter 70° zur Vertikalen optimal (LAI 2012), sodass möglichst wenig Licht in die Horizontale oder nach oben abgestrahlt wird (s. Abb. 4). In der normgerechten Beleuchtung (s. Kap. 7) sollte die Leuchtstärkeklasse G6 entsprechen (Hänel 2020).

Zusätzlich sollten Leuchtmittel so niedrig wie möglich angebracht werden, weil sich das Licht bei einer kürzeren Strecke bis zum Boden weniger stark in seitliche Richtungen ausbreiten kann. Bei Wegebeleuchtungen (z.B. in Wohnanlagen oder Gewerbeparks) können beispielsweise bodennahe Lösungen denselben Zweck erfüllen wie Laternenmasten, bei Gebäuden können Strahler unmittelbar über den Türen die Eingänge beleuchten. Hierbei sollte jedoch bedacht werden, dass bei einer Beleuchtung mit niedriger Lichtpunkthöhe gegebenenfalls mehr Lichtquellen benötigt werden. Dadurch kann die gesamte Beleuchtungsintensität steigen. Es ist daher eine sorgfältige Abwägung zwischen der Lichtpunkthöhe und der Beleuchtungsintensität notwendig.

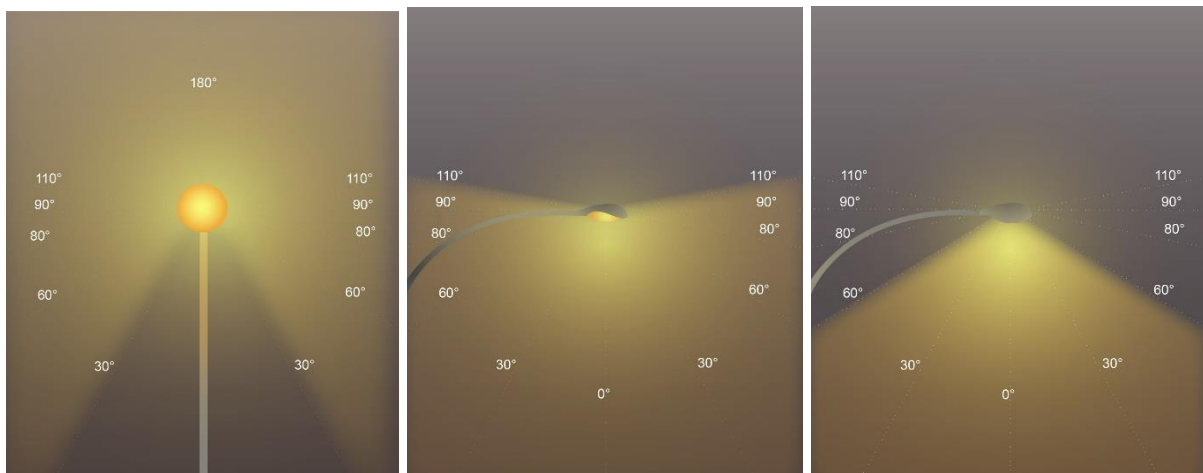


Abb. 4. Abstrahlungswinkel unterschiedlicher Leuchten. Die Gradzahlen beziehen sich auf den Winkel zur Vertikalen. Das rechte Bild zeigt die naturschutzfachlich beste Option mit einem engen Lichtkegel, der weniger als 60° zur Vertikalen aufweist. Illustration von Catherine Perez Vega aus [Schroer et al. \(2019\)](#).

6.12. Bedarfsorientierte Lichtreduktion

Wenn die Beleuchtung nur gelegentlich benötigt wird, kann sie für bestimmte Zeiträume abgeschaltet oder zumindest gedimmt werden. Dafür eignen sich Zeitschaltuhren oder „intelligente LEDs“. Dies sind Leuchten, die über Bewegungssensoren die Helligkeit anpassen und beispielsweise bei geringem Fußgänger- oder Verkehrsaufkommen die Beleuchtung dimmen. Sie sind bei Straßenbeleuchtungen in Göttingen und Kopenhagen bereits in Betrieb und steuern wesentlich zur Energieeinsparung bei (Citelum 2018; Epperlein 2011). Bewegungssensoren gibt es in verschiedenen Ausführungen, die unterschiedlich sensibel reagieren. Sie können u.a. auf Infrarotstrahlung basieren (IR oder PIR-Bewegungsmelder) oder radargesteuert Bewegungen erfassen (HF-Bewegungsmelder). Intelligente HF-Sensoren (iHF) lassen sich so anpassen, dass Zweige im Wind und kleine Objekte, wie z.B. Katzen, ignoriert werden, größere Objekte, wie Menschen oder Autos, den Sensor hingegen aktivieren (Dicker 2019).

Moderne Lichtsteuerungsanlagen, auch Lichtmanagementsysteme genannt, sind darüber hinaus dazu in der Lage, die Beleuchtung tages- und jahreszeitlich, nutzungs- und witterungsbedingt anzupassen. Selbst die Reflexionen der Fläche (Leuchtdichte) und somit die Umgebungshelligkeit können in solchen Systemen einbezogen werden (Schröter-Schlaack et al. 2020; Wachholz 2009). Möglich ist bei Straßenlaternen auch der sogenannte Halbnachtbetrieb, auch Halbnachtschaltungen genannt, bei denen jede zweite Laterne bei schwachem Verkehrsaufkommen abgeschaltet wird (Waldorf 2018a).

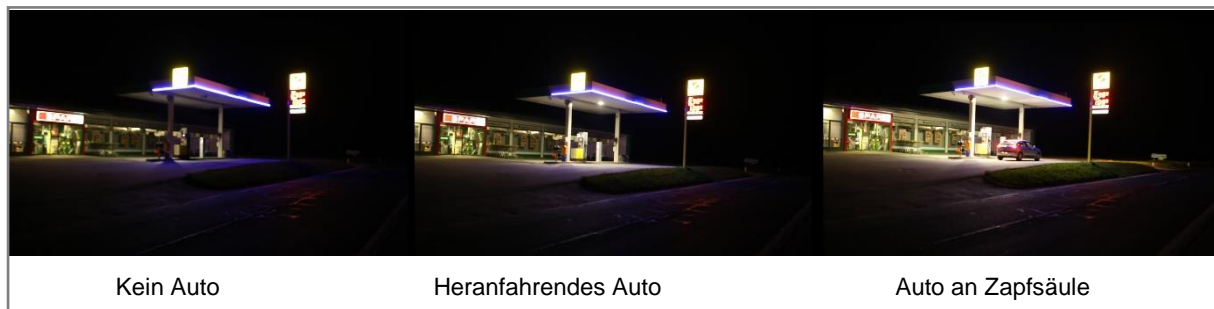


Abb. 5. Bedarfsgesteuerte Beleuchtung einer Tankstelle. Erst wenn sich Fahrzeuge der Tankstelle nähern, wird die Lichtstärke erhöht. Foto: A. Hänel.

Bei Sicherheitsbeleuchtungen hilft blinkendes Licht im Vergleich zu permanenter Beleuchtung die Beeinträchtigung der Zugvögel zu reduzieren, dabei sollte das Licht bestenfalls nur kurz aufblitzen (Held et al. 2013; Schmid et al. 2012; Schröter-Schlaack et al. 2020). Während der Hauptzeiten des Vogelzugs etwa vom 15. Februar bis 31. Mai und vom 1. August bis 30. November sollten Skybeamer (Himmelsstrahler) (LAI 2012), Strahler und ein Großteil der Außenbeleuchtung an exponierten Hochhäusern ausgeschaltet werden.

6.13. Farbtemperatur/Farbspektrum

Da viele Organismen stark von blauen Lichtanteilen beeinflusst werden und die kurzwellige Lichtanteile stärker streuen und somit zur Lichtverschmutzung beitragen, sollte auf Licht mit hohem Blauanteil verzichtet werden. Fledermäuse können bereits von grünlich-blauen Lichtanteilen unter 540 nm negativ beeinträchtigt werden (Voigt et al. 2019), das Spektrum sollte diesen Bereich also aussparen oder zumindest kaum Energieanteile in diesem Bereich aufweisen. Für den Menschen nicht sichtbare und daher für die Nutzung irrelevante UV- und Infrarotanteile sollten ausgeschlossen werden. Dies ist einerseits über Sperrfilter möglich, die in unterschiedlichen Ausführungen sogar die ursprüngliche Farbtemperatur herabsetzen können oder andererseits über Leuchtmittel, die in diesen Bereichen des Spektrums annähernd keine Energie aufweisen. Letztgenanntes trifft auf die meisten LEDs zu (Waldorf 2018b). Beispiele für die Spektren einiger Beleuchtungen können auf der Seite der [Flagstaff Dark Skies Coalition](#) nachgeschlagen werden (FDSC 2018).

Die geringsten Effekte auf viele Tierarten erzielen Niederdruck-Natriumdampflampen. An Stellen, an denen eine genaue Farbwiedergabe nötig ist, können sie jedoch nicht eingesetzt werden, deshalb sind vor allem (PC) Amber LEDs mit einem eng begrenzten Spektrum (schmalbandig) zu empfehlen. Diese bernsteinfarbenen Leuchtquellen rufen im Vergleich zu anderen gängigen Leuchtmitteln die wenigsten Reaktionen bei Wildtieren hervor, haben eine geringe Farbtemperatur und erzielen dabei aber im Vergleich zu Niederdruck-Natriumdampflampen hohe Werte beim Farbwiedergabeindex, was bedeutet, dass viele Farbunterschiede erkannt werden können (Longcore et al. 2018).

Grundsätzlich sind warmweiße LEDs zu bevorzugen, die Farbtemperaturen von *unter* 3000 K aufweisen (Hänel und Schmidt 2018; Schmid et al. 2012; Schroer et al. 2019; Schröter-Schlaack et al. 2020). Im Straßenverkehr und dort, wo viele Farbunterschiede sichtbar sein müssen, sind 3000 K bereits ausreichend. Höhere Farbtemperaturen sind nicht unbedingt erforderlich (Schroer et al. 2019) und tageslichtweiße Beleuchtung ist generell zu vermeiden.

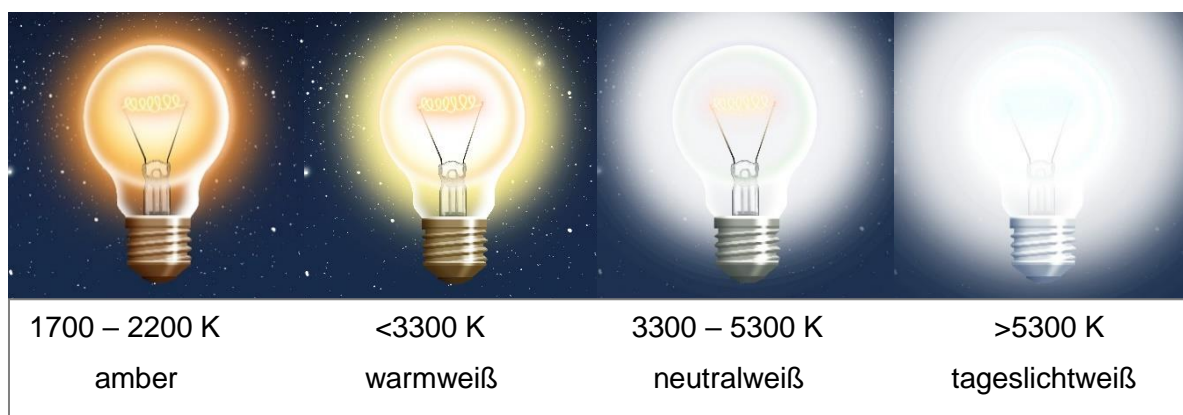


Abb. 6. Verschiedene Farbtemperaturen. Illustration zur Verfügung gestellt von Paten der Nacht.

Bläuliches und „kälteres“ Licht benötigt häufig geringere Beleuchtungsstärken und ist somit energieeffizienter, im Sinne des Artenschutzes ist aber strikt davon abzuraten. Eine hohe Energieeffizienz kann ebenfalls mit warmweißen LEDs im Zusammenspiel mit bedarfsgerechter Beleuchtung (Kap. 6.12) erzielt werden.

6.14. Weitere Hinweise

Bei der Auswahl der Beleuchtung sollte auf vollständig geschlossene Gehäuse geachtet werden, damit Insekten nicht direkt an das Leuchtmittel gelangen können und dort verbrennen oder in der Leuchte gefangen werden (LAI 2012). Hierbei ist mind. die Schutzart IP 65 anzuwenden, die den Schutz gegen Staub und Wasser gewährleistet (EA RP 2015). Die Oberflächentemperatur an den Gehäusen sollte maximal 60°C betragen (Wachholz 2009).

Werden die gängigen Computerprogramme zur Beleuchtungsplanung verwendet, sollte das Ergebnis immer kritisch hinterfragt werden, da diese bei den Standardeingaben die technisch möglichen Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen bisher meist noch nicht berücksichtigen (DEE AUS 2019).

Eine aus Sicht der Eingriffsminimierung optimale Lösung setzt alle vorgeschlagenen Maßnahmen zur Beleuchtungsreduzierung um (vgl. Anhang A). Viele, niedrig angebrachte Leuchtmittel mit geringer Leistung sind beispielsweise einer einzelnen, leistungsstarken und hoch angebrachten Leuchte vorzuziehen (LAI 2012). Die Umsetzung lediglich einzelner Maßnahmen führt unter Umständen nicht zum gewünschten Erfolg. Dies ist z.B. der Fall, wenn der positive Effekt eines angemessenen Lichtspektrums durch zu viel Helligkeit wieder aufgehoben wird.

Andererseits ist es auch möglich, dass nicht alle vorgeschlagenen Maßnahmen umgesetzt werden können. So ist es z.B. bei der Landebahnbefeurung eines Flugplatzes unvermeidbar, dass Licht nach oben abgestrahlt werden muss. Dennoch kann auch in diesem Fall über eine bedarfsgesteuerte Befeurung oder engere Abstrahlwinkel die negative Umweltauswirkung reduziert werden.

An dieser Stelle soll außerdem kurz auf die häufig diskutierte Frage der Sicherheit bzw. zunehmender Kriminalität in nicht hell ausgeleuchteten Bereichen eingegangen werden: Werden bei einer Reduktion der Beleuchtung Straftaten zunehmen? In der Literatur finden sich hierzu hauptsächlich ablehnende Ergebnisse. Das Ausleuchten dunkler Bereiche vermittelt mehr Sicherheit, die objektiv allerdings nicht besteht. Eine Studie aus Chicago (Morrow und Hutton 2000) hat bei stärkerer Beleuchtung sogar mehr Straftaten beobachtet und auch die zusammenfassende Betrachtung mehrerer britischer Studien stellt fest, dass es keinen wissenschaftlich haltbaren Beweis dafür gibt, dass mehr Licht zu mehr Sicherheit auf den

Straßen führt (Marchant 2004). Eine weitere Studie hat sowohl Straftaten als auch Unfälle in England und Wales betrachtet und schlussfolgert ebenfalls, dass die Reduzierung der Beleuchtung unkritisch ist (Steinbach et al. 2015). Es ist also anzunehmen, dass eine gute Kriminalitätsprävention auch bei einer Reduktion der Ausleuchtung möglich ist. Ob diese Studien auf Hamburg übertragbar sind, bleibt jedoch offen.

7. Normen

Zur optimalen Beleuchtung existieren deutschland- (DIN) oder EU-weite (EN) Standards: Die Industrienormen. Oft schreitet der aktuelle Stand der Technik allerdings schneller voran als die Aktualisierungen dieser Normen. Anders als zum Zeitpunkt der Veröffentlichung der derzeitigen Normen sind heutzutage meist effizientere Leuchtquellen verfügbar (Schroer et al. 2019).

Es ist im naturschutzfachlichen Hinblick daher äußerst empfehlenswert, bei den in Frage kommenden Beleuchtungs-Normen zu prüfen, ob die sicherheitsrelevanten und ggf. ästhetischen Belange auch mit geringeren Beleuchtungsstärken und wärmeren Farbtemperaturen erfüllt werden können. Folgende, gängige Beleuchtungs-Normen sind in Bezug auf naturschutzfachlichen Fragestellungen relevant - weitere gültige Beleuchtungs-Normen können unter licht.de nachgeschlagen werden (Waldorf 2018c):

- Straßenbeleuchtung DIN 13201-1, DIN EN 13201-2, -3, -4, -5
- Beleuchtung von Fußgängerüberwegen mit Zusatzbeleuchtung DIN 67523
- Beleuchtung von Straßentunneln und Unterführungen DIN 67524
- Beleuchtung von Arbeitsstätten im Freien DIN EN 12464-2
- Sportstättenbeleuchtung DIN EN 12193
- Beleuchtung von öffentlichen Parkbauten und öffentlichen Parkplätzen DIN 67528
- Biologisch wirksame Beleuchtung – Planungsempfehlungen DIN SPEC 67600

Beispielsweise sind in den DIN-Normen zur Straßenbeleuchtung unterschiedliche Mindestwerte für die Beleuchtungsstärke bzw. Leuchtdichte der Straße vermerkt, abhängig von der Verkehrsdichte und der Gefahrensituation für den Verkehr, wie z.B. bauliche Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung. Die oben aufgeführten Normen sind rechtlich nicht bindend, sie stellen lediglich technische Handlungsempfehlungen dar. Es können daher keine Schadensersatzansprüche geltend gemacht werden, wenn sie nicht eingehalten werden (Schroer et al. 2019). Es können in diesem Zusammenhang nur über die Verkehrssicherungspflichten Schadensersatzansprüche gestellt werden, wenn

Verkehrsteilnehmende, die ihr Verhalten der Dunkelheit anpassen, die Gefahrenquelle nicht rechtzeitig erkennen konnten. Dies kann jedoch auch verhindert werden, wenn die Verkehrssicherung mit geringerer Beleuchtung als in der Norm vorgeschrieben geschieht (Schroer et al. 2019).

Darüber hinaus ist bei der Beleuchtung von öffentlichen Parkbauten und öffentlichen Parkplätzen zu beachten, dass in der Neufassung Hinweise zur Lichtsteuerung aufgenommen wurden, die beispielsweise eine bedarfsgerechte Reduzierung der Lichtstärke beinhalten können (Waldorf 2018c).

Die Empfehlungen des Fachberichts zu biologisch wirksamer Beleuchtung beziehen sich zwar ausschließlich auf den Menschen, Teile davon sind jedoch auch auf naturschutzfachliche Belange übertragbar, beispielsweise eine Reduktion der Farbtemperatur in den Abendstunden (Fassian et al. 2013).

8. Quellenverzeichnis

- BAFU-CH (2017): Vollzugshilfe Lichtemissionen (Entwurf zur Konsultation). Bundesamt für Umwelt. Bern.
- BfN (2019): Internethandbuch Arten - Arten Anhang IV FFH-Richtlinie - Säugetiere - Fledermäuse. Internet: <https://ffh-anhang4.bfn.de/arten-anhang-iv-ffh-richtlinie/saeugetiere-fledermaeuse.html> (04.02.2021).
- BMJV (2013): Bundesartenschutzverordnung (BArtSchV). Bundesrechtsverordnung. Berlin.
- BMU (2021): Gesetzentwurf der Bundesregierung - Entwurf eines Dritten Gesetzes zur Änderung des Bundesnaturschutz-gesetzes. Internet: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Gesetze/3_aenderung_bnatsc hg_bf.pdf (18.02.2021).
- Brüning, A. und F. Hölker (2013): Lichtverschmutzung und die Folgen für Fische. In: Held, M., F. Hölker und B. Jessel (Hrsg.) (2013): Schutz der Nacht - Lichtverschmutzung, Biodiversität und Nachtlandschaft: Grundlagen, Folgen, Handlungsansätze, Beispiele guter Praxis, BfN-Skripten. Bonn: 69–72.
- Brüning, A., F. Hölker, S. Franke, W. Kleiner und W. Kloas (2016): Impact of different colours of artificial light at night on melatonin rhythm and gene expression of gonadotropins in European perch. *Science of The Total Environment* 543 (A): 214–222.
- BSU HH (2014): Hinweise zum Artenschutz in der Bauleitplanung und der baurechtlichen Zulassung. Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Abteilung Naturschutz. Hamburg.
- BSU HH (2013): Bauprüfdienst (BPD) Werbeanlagen. Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Amt für Bauordnung und Hochbau. Hamburg.
- BSW HH (2020): Bebauungsplan-Entwurf HafenCity 16 (Elbtower). Internet: <https://www.hamburg.de/bauleitplanung/10651678/hafencity-16/> (19.02.2021).
- Citelum (2018): Citelum and the smart lighting project in Copenhagen recognized at the Green Solutions Awards. Internet: <https://www.citelum.com/news/citelum-and-the-smart-lighting-project-in-copenhagen-recognized-at-the-green-solutions-awards/> (15.01.2021).
- DEE AUS (2019): Draft Light Pollution Guidelines. National Light Pollution Guidelines for Wildlife Including marine turtles, seabirds and migratory shorebirds. Commonwealth of Australia.
- Dicker, M. (2019): Funktionsweise und Unterschiede von Sensoren. Deko-Light. Internet: <https://deko-light.com/funktionsweise-und-unterschiede-von-infrarot-ir-hochfrequenz-hf-und-ultraschall-sensoren-um/> (19.01.2021).
- Dominoni, D. M., W. Goymann, B. Helm und J. Partecke (2013): Urban-like night illumination reduces melatonin release in European blackbirds (*Turdus merula*): implications of city life for biological time-keeping of songbirds. *Frontiers in Zoology* 10 (60).
- EA RP (2015): Energieeffiziente Straßenbeleuchtung - ein Leitfaden für Kommunen. Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH. Kaiserslautern.

- Epperlein, D. (2011): Bedarfsgerechte Straßenbeleuchtung in Wohngebieten - Erste Erfahrungen mit einer sensorgesteuerten LED-Beleuchtung. Fachkonferenz des DStGB Energieeffiziente Beleuchtung in Städten und Gemeinden– Technik, Planung, Beschaffung, Finanzierung. Hannover.
- Fassian, M., A. Wojtysiak, W. Scharpenberg und U. Greiner Mai (2013): „Wirkung des Lichts auf den Menschen“. Biologisch wirksame Beleuchtung - Planungsempfehlungen. Vorstellung der DIN SPEC 67600:2013-04. Praxisforum Biologische Lichtwirkung - BioWi. Weimar.
- FDSC (2018): Lamp Spectrum and Light Pollution. Flagstaff Dark Skies Coalition. Internet: <http://www.flagstaffdarkskies.org/critical-dark-sky-issues/lamp-spectrum-light-pollution/> (18.02.2021).
- Fotios, S., C. Cheal, S. Fox und J. Uttley (2019): The transition between lit and unlit sections of road and detection of driving hazards after dark. *Lighting Res. Technol.* 51: 243–261.
- Frank, S. (2015): International Dark Sky Reserve Rhön UNESCO Biosphere Reserve, Annual Report 2015. Management des IDA Internationaler Sternenpark im Biosphärenreservat Rhön, ARGE Rhön, UNESCO Biosphärenreservat Rhön. Fulda.
- Hänel, A. (2020): Empfehlungen zur Reduzierung von Lichtimmissionen. Fachgruppe Dark Sky der Vereinigung der Sternfreunde, Sternenpark UNESCO Biosphärenreservat Rhön, Landkreis Fulda. Fulda.
- Hänel, A. und M. R. Schmidt (2018): Nachhaltige Außenbeleuchtung Informationen und Empfehlungen für Industrie und Gewerbe. Wiesbaden.
- 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.
- Held, M., F. Hölker und B. Jessel (Hrsg.) (2013): Schutz der Nacht - Lichtverschmutzung, Biodiversität und Nachtlandschaft: Grundlagen, Folgen, Handlungsansätze, Beispiele guter Praxis. BfN-Skripten. Bundesamt für Naturschutz, BfN. Bonn.
- Hotz, T. und F. Bontadina (2008): Grundlagenbericht Ökologische Auswirkungen künstlicher Beleuchtung. Zürich.
- Huggins, B. und S. Schlacke (2019): Schutz von Arten vor Glas und Licht: Rechtliche Anforderungen und Gestaltungsmöglichkeiten. Schriftenreihe Natur und Recht, Band 18. Springer.
- IDA (o. J.): International Dark-Sky Association. International Dark-Sky Association. Internet: <https://www.darksky.org/> (04.02.2021).
- IDA und IES (2011): Joint IDA - IES Model Lighting Ordinance (MLO) with User's Guide. Illuminating Engineering Society, International Dark Sky Association.
- Jaeger, R. G. und J. P. Hailman (1973): Effects of Intensity on the Phototactic Responses of Adult Anuran Amphibians: A Comparative Survey. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 33 (3–4): 352–407.
- Jödicke, K. und A. Mitschke (2021): Vogelschlagmonitoring an ausgewählten Hamburger Hochhäusern während der Vogelzugzeiten 2020. Abschlussbericht. BUKEA HH. Bordesholm, Hamburg.

- Knab, B. (2013): Lichtverschmutzung und die Folgen für die menschliche Gesundheit. In: (2013): Schutz der Nacht – Lichtverschmutzung, Biodiversität und Nachtlandschaft, BfN Skripten. Berlin: 77–80.
- LAG VSW (2019): Vermeidung von Vogelverlusten an Glasscheiben. Garmisch Patenkirchen, Berlin.
- LAI (2012): Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen. StMUV-BY. München.
- LANU-SH (1999): Eintags-, Stein- und Köcherfliegen Schleswig-Holstein und Hamburgs - Rote Liste. Rote Liste [Schleswig-Holstein]. Eigenverlag. Flintbek.
- Lewanzik, D. und C. C. Voigt (2013): Lichtverschmutzung und die Folgen für Fledermäuse. In: Held, M., F. Hölker und B. Jessel (Hrsg.) (2013): Schutz der Nacht - Lichtverschmutzung, Biodiversität und Nachtlandschaft: Grundlagen, Folgen, Handlungsansätze, Beispiele guter Praxis, BfN-Skripten. Bonn: 65–68.
- Lipinski, K. (2016): Lichtstrom. IT Wissen Info. Internet: <https://www.itwissen.info/Lichtstrom-luminous-flux.html> (04.02.2021).
- Longcore, T., A. Rodríguez, B. Witherington, J. F. Penniman, L. Herf und M. Herf (2018): Rapid assessment of lamp spectrum to quantify ecological effects of light at night. *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology* 329 (8–9): 511–521.
- Marchant, P. R. (2004): A Demonstration That the Claim That Brighter Lighting Reduces Crime Is Unfounded. *Brit. J. Criminol.* 44: 441–447.
- Marchesan, M., M. Spoto, L. Verginella und E. A. Ferrero (2005): Behavioural effects of artificial light on fish species of commercial interest. *Fisheries Research* 73: 171–185.
- Mitschke, A. (2020): B-Plan HafenCity - Artenschutzrechtliche Konflikteinschätzung. Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen. Hamburg.
- Mohar, A., M. Zagmajster, R. Verovnik und B. B. Skaberne (2014): Nature-friendlier lighting of objects of cultural heritage (churches) - Recommendations. *Dark-Sky Slovenia*. Ljubljana.
- Morrow, E. N. und S. A. Hutton (2000): The Chicago Alley Lighting Project: Final Evaluation Report. Chicago.
- Müller, T. (2020): Beleuchtungsrechner - Lumen, Lux und Candela. rechner-tools.de. Internet: <https://rechner-tools.de/72-lumen-lux-candela-rechner.php#rechner> (22.02.2021).
- Owens, A. C. S. und S. M. Lewis (2018): The impact of artificial light at night on nocturnal insects: A review and synthesis. *Ecology and Evolution* 8 (22): 11337–11358.
- Philipp, M. (o. J.): Paten der Nacht. [paten-der-nacht.de](https://www.paten-der-nacht.de/). Internet: <https://www.paten-der-nacht.de/> (04.02.2021).
- Roth, B., S. Frank, A. Hänel und B. Huggins (2020): Positionspapier Vermeidung von Lichtimmissionen – Möglichkeiten der Kommunen, Landkreise und Träger öffentlicher Belange. Fulda.
- Schmid, H., W. Doppler, D. Heynen und M. Rössler (2012): Vogelfreundliches Bauen mit Glas und Licht. Schweizerische Vogelwarte. Sempach.

- Schroer, S., B. Huggins, M. Böttcher und F. Hölker (2019): Leitfaden zur Neugestaltung und Umrüstung von Außenbeleuchtungsanlagen. Anforderungen an eine nachhaltige Außenbeleuchtung. BfN Skripten. Bonn.
- Schröter-Schlaack, C., N. Schulte-Römer und C. Revermann (2020): Lichtverschmutzung – Ausmaß, gesellschaftliche und ökologische Auswirkungen sowie Handlungsansätze. Endbericht zum TA-Projekt. Arbeitsbericht Nr. 186. Berlin.
- SRU und WBAE (2018): Stellungnahme. Für einen flächenwirksamen Insektenschutz. Sachverständigenrat für Umweltfragen, Beirat für Biodiversität und Genetische Ressourcen beim BMEL. Berlin, Bonn.
- Stadt Fulda (2019): Richtlinie der Stadt Fulda zum nachhaltigen Umgang mit funktionalem und gestalterischem Licht im Außenbereich. Fulda.
- Steinbach, R., C. Perkins, L. Tompson, S. Johnson, B. Armstrong, J. Green, C. Grundy, P. Wilkinson und P. Edwards (2015): The effect of reduced street lighting on road casualties and crime in England and Wales: controlled interrupted time series analysis. *Journal of Epidemiology and Community Health* 69 (11): 1118–1124.
- StMUV-BY (2020): Leitfaden zur Eindämmung der Lichtverschmutzung - Handlungsempfehlungen für Kommunen. München.
- Voigt, C. C., C. Azam, J. Dekker, J. Ferguson, M. Fritze, S. Gazaryan, F. Hölker, G. Jones, N. Leader, D. Lewanzik, H. J. G. A. Limpens, F. Mathews, J. Rydell, H. Schofield, K. Spoelstra und M. Zgajmajster (2019): EUROBATS Leitfaden für die Berücksichtigung von Fledermäusen bei Beleuchtungsprojekten. Publication Series. Bonn.
- Wachholz, C. (2009): NABU-INFO – Naturverträgliche Stadtbeleuchtung. NABU (Naturschutzbund Deutschland e. V.). Berlin.
- Waldorf, J. (2018a): Lichtlexikon: Fachbegriffe kurz erläutert. licht.de. Internet: <https://www.licht.de/de/grundlagen/lichtlexikon/> (03.12.2020).
- Waldorf, J. (2018b): Leuchten: Vorsätze und Filter. licht.de. Internet: <https://www.licht.de/de/grundlagen/beleuchtungstechnik/leuchten/vorsaetze-und-filter/> (07.01.2021).
- Waldorf, J. (2018c): Normen. licht.de. Internet: <https://www.licht.de/de/lichtplanung/normen-und-vorschriften/normen/> (03.12.2020).
- Wienröder, C. (2020): Gemeinde Dipperz - Bebauungsplan Nr. 15 „Ortsmitte Dipperz“. Gemeindeverwaltung Dipperz.
- Zinck, A. (2015): A place to see the light. Focus on smart cities - Ministry of Foreign Affairs of Denmark. Internet: http://www.netpublikationer.dk/um/focusdk_0415/html/kap05.html (15.01.2021).

Anhang A - Best Practice, Positivbeispiele

Im Folgenden wird ein Überblick über Positivbeispiele hinsichtlich der Verwendung von Licht gegeben. Die Best Practice-Beispiele stammen größtenteils nicht aus der Stadt Hamburg. Sie sollen jedoch an dieser Stelle als Inspirationsquelle dienen und eine Auswahl an Möglichkeiten aufzeigen, wie Licht naturschutzfachlich schonend und effizient verwendet werden kann.

Zum Beispiel lässt sich das in A1.1 beschriebene, intelligente Beleuchtungssystem im Straßenverkehr auch auf privaten Wegen und in Parkanlagen anwenden.

A1. Intelligente Beleuchtung, Lichtmanagementsysteme

A1.1. Göttingen

Im Rahmen eines Pilotprojekts wurden 2011 fünfzehn Straßenleuchten gegen LEDs ausgetauscht, deren Beleuchtungsintensität bedarfsgerecht gesteuert wird. Sobald Personen oder Fahrzeuge erfasst werden, wird das Licht gedimmt und die Beleuchtung intensiviert. Das Licht „wandert“ mit den Verkehrsteilnehmenden mit, da die vorausliegenden zwei Laternen ebenfalls aktiviert werden und die zurückliegenden gleichzeitig wieder gedimmt werden. Die Stadt berichtet von Energieeinsparungen um rund 80% im Vergleich zu herkömmlicher Straßenbeleuchtung (Epperlein 2011). Laut Auskunft der Stadt Göttingen sind die Straßenleuchten derzeit weiterhin in Betrieb und funktionieren bisher störungsfrei.

A1.2. Rhön

An der Wasserkuppe im Naturpark Hessische Rhön werden die intelligenten Leuchten über ein Lichtmanagementsystem gesteuert. Es liegt ein Plan vor, der festlegt, dass bis 21:00 Uhr das Licht schrittweise reduziert und danach abgeschaltet wird. Dies betrifft z.B. Bushaltestellen, an denen die Beleuchtung der Wartehäuschen ausgeschaltet wird, wenn kein Bus mehr fährt. Umliegende Leuchten können zeitgleich in mehreren Stufen gedimmt werden. Morgens wird die Beleuchtung, falls Bedarf besteht, schrittweise intensiviert. Sind zu bestimmten Zeiten, beispielsweise zu Veranstaltungen, mehr Touristen an der Wasserkuppe unterwegs, kann die Beleuchtungsintensität per Fernsteuerung angepasst werden. Zudem wurden warme, gelbliche, voll abgeschirmte Lichtquellen verwendet (Frank 2015).

A1.3. Urdorf

In der schweizerischen Gemeinde Urdorf wird die Straßenbeleuchtung der tatsächlichen Nutzung angepasst. Die volle Lichtintensität wird nur bei höherem Verkehrsaufkommen erreicht, ansonsten wird die Beleuchtung gedimmt (Abb. 1). Dies trägt zu einer weniger ausgeleuchteten Wohngegend bei.



Abb. A1. Bedarfsgerechte Beleuchtung in der Schweiz (Urdorf). Bei geringem Verkehrsaufkommen wird die Beleuchtungsstärke von 100% (links) auf 40% (rechts) reduziert. Foto: Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ)

A1.4. Kopenhagen

In Kopenhagen wurde die Stadtbeleuchtung großflächig ausgetauscht und rund die Hälfte der bestehenden Straßenlaternen durch intelligente LEDs, wie unter 1.1.2 beschrieben, ersetzt. Dies führte zu einer Einsparung von 77% an Energiekosten (Citelum 2018).

Darüber hinaus betreibt das Danish Outdoor Lighting Lab (DOLL) ein Testgelände, auf dem vernetzte, intelligente Außenbeleuchtungssysteme besichtigt werden können. Auf etwa 10 km werden dort Straßen- und Fahrradwege mit Produkten verschiedener Hersteller ausgeleuchtet (Zinck 2015).



Abb. A2. Eindrücke vom Testgelände des Danish Outdoor Lighting Lab (DOLL) für intelligente Beleuchtung. Zur Verfügung gestellt von DOLL.

A2. Brückenbeleuchtung im ökologisch sensiblen Gebiet - Girona

In Spanien wurde eine neue Verkehrsbrücke gebaut, die den Fluss Ter überspannt. Um das Gewässer zu schützen, weist die eingesetzte Beleuchtung sehr niedrige Lichtpunkthöhen, angemessene, niedrige Beleuchtungsstärke (s. Abb. 3) und PC Amber LEDs auf, deren Spektrum wildtierschonend ist.



Abb. A3. Brückenbeleuchtung im naturschutzfachlich sensiblen Gebiet über den Fluss Ter. Foto: Ignialight

A3. Gesamtstädtisches Konzept - Sternenstadt Fulda

Fulda wurde im Jahr 2019 von der International Dark Sky Association (IDA) als erste deutsche Stadt mit dem Titel „Sternenstadt“ ausgezeichnet, da sie Lichtverschmutzungen reduziert hat und auch in Zukunft weitere Maßnahmen anstrebt. Die Stadt hat bereits mehr als 500 Leuchten umgerüstet; die umweltfreundlichen LEDs werden von 22.30 auf 5.30 Uhr um die Hälfte der Beleuchtungsintensität gedimmt. Zum Konzept der Stadt Fulda gehört eine selbstverpflichtende Richtlinie, die auch für die Industrie und Privatpersonen gilt und dieselben Maßnahmen zugrunde legt, die auch in diesem Leitfaden erläutert sind.

Auch umliegende Gemeinden im Landkreis Fulda, die zum Sternenpark Rhön gehören, setzen erfolgreich Maßnahmen zur Reduzierung der Lichtverschmutzung um. Im Bebauungsplan Nr. 15 „Ortsmitte Dipperz“ (Wienröder 2020) ist die Regulierung der Außenbeleuchtung als Hinweis bzw. Empfehlung folgendermaßen festgehalten:

Zur Verringerung der Umweltbelastungen für Mensch und Tier, zum Artenschutz, zum Erhalt des nächtlichen Ortsbildes und zur Energieeinsparung ist möglichst umweltfreundliche Beleuchtung einzusetzen. Sie ist zum Schutz nachtaktiver Insekten mit insektenschonender Beleuchtung nach dem Stand der Technik auszustatten. Leuchten sollen nur unterhalb der Horizontalen abstrahlen.

Eine Strahlung über den Bestimmungsbereich (z. B. Grundstück, Parkplatz) hinaus ist zu vermeiden.

Beleuchtung von Gehölzen, großflächige Anstrahlung, Licht ohne Zielorientierung (insbesondere nach oben) und Blendungen sind zu vermeiden. Die Leuchtdichte soll sich an der Umgebungshelligkeit orientieren und Hintergründe der angestrahnten oder freistrahrenden Flächen dunkel gehalten werden sowie bzgl. Lichtmenge einschlägige Empfehlungen bzw. Normen nicht überschreiten. Sie sollen bedarfsorientiert geschaltet sein und in den Nachtstunden reduziert bzw. abgeschaltet werden sowie geringe Blaulichtanteile besitzen (Orientierung: Farbtemperatur 1.700 bis max. 3.000 Kelvin).

Die Gemeinde Neuhof hat Hinweise zur Reduzierung der Lichtmissionen in die Verträge für den kommunalen Grundstücksverkauf übernommen (Roth et al. 2020).

Der kommunale Versorger RhönEnergie Fulda betreibt ein Muster-Leuchtenpark, bei dem auch umweltfreundliche Straßenleuchten präsentiert werden und von Interessenten besichtigt werden können.



Abb. A4. Beleuchtung eines historischen Torbogens in Fulda. Die Bögen sind ästhetisch in Szene gesetzt und schirmen das Licht gleichzeitig ab. Copyright Stadt Fulda/Christian Tech

A4. Abschirmung – Gebäude mit Schablonen beleuchten

Auf Gebäude gerichtete Strahler können mit Schablonen z.B. Gobos (*Graphical optical blackout*) abgedeckt werden, sodass sichergestellt wird, dass das Licht nicht über die Gebäudegrenzen hinausstrahlt. Zusätzlich können einzelne sensible Bereiche wie z.B. Fledermausquartiere in Kirchtürmen von der Beleuchtung ausgespart werden (s. Abb. 5) (Mohar et al. 2014). Eine Beleuchtung von oben nach unten sollte jedoch stets vor den Strahlern mit Schablonen bevorzugt werden.



Abb. A5. Mit einer Schablone abgeschirmter Strahler (EcoSky Facade Luminaire). Links wären lediglich die Umrissse der slowenischen Kirche in Zaplana begrenzt, rechts sind durch die Schablone auch sensible Bereiche abgeschirmt. Fotos: A.Mohar.

A5. Außenbeleuchtungen

Nachfolgend sind Beispiele von voll abgeschirmten Leuchten (Full-cut-off) gezeigt:



Abb. A6. Full-Cut-Off Leuchten. Fotos: A. Hänel.

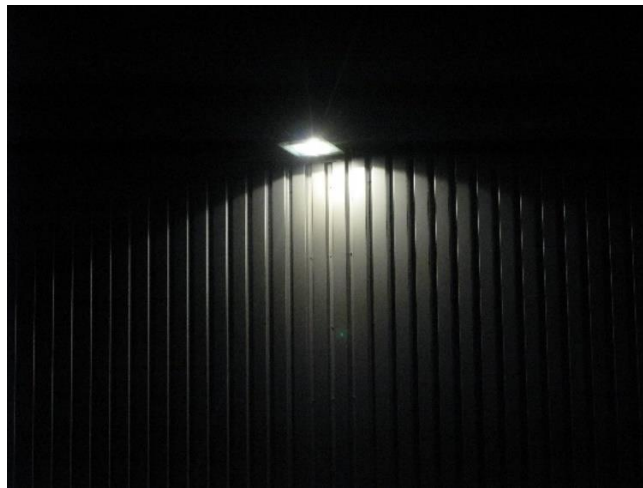


Abb. A7. Full-Cut-Off Leuchte, bei der der enge, nach unten gerichtete Lichtkegel sichtbar ist. Foto: Projekt Sternenpark Schwäbische Alb.

In Hilders (Rhön) wurde die Beleuchtung eines Lebensmittelhändlers mit 50 W LED-Strahlern optimiert, die ausschließlich nach unten strahlen. Die Parkplatz-Beleuchtung wird nach Geschäftsschluss abgeschaltet, die Fassadenbeleuchtung ab 22 Uhr ausgeschaltet. Auch die LED-Röhren an der Fassade wurden durch eingebaute Blenden abgeschirmt (s. Abb. 8 - 9) (Frank 2015):



Abb. A8. Zurückhaltende Außenbeleuchtung eines Lebensmittelgeschäfts in Hilders. Foto: A. Hänel.



Abb. A9. Außenbeleuchtung eines Lebensmittelgeschäfts in Hilders bei Tag. Die Strahler an der Fassade haben einen engen Lichtkegel und strahlen ausschließlich nach unten. Die Leuchtstoffröhre wurde zu den Seiten abgeschirmt. Fotos: A. Hänel.

Das folgende Beispiel (s. Abb. 10) zeigt eine amerikanische Fassadenbeleuchtung. Architektonische Details, wie die Fensterfront, treten bei geringer Beleuchtung von oben nach unten sogar noch hervor:



Abb. A10. Außenbeleuchtung eines Gebäudes in Tucson, Arizona. Foto: International Dark Sky Association (IDA)

A6. Bebauungsplan HafenCity 16

Zwischen den Elbbrücken, direkt an der Elbe gelegen, ist die Errichtung mehrerer Gebäude vorgesehen. Geplant ist unter anderem der Bau des Elbtowers, welcher die bestehenden Gebäude deutlich überragen soll. Der Entwurf zur Verordnung über den Bebauungsplan HafenCity 16 (BSW HH 2020) sieht deshalb konkrete Maßnahmen zur Verringerung der Lichtimmissionen vor: In § 2 Abs. 21 wird die Ausführung des Bebauungsplanes folgendermaßen festgesetzt:

In den Kerngebieten sind Außenleuchten ausschließlich zur Herstellung der verkehrssicheren Nutzung der Freiflächen zulässig. Diese sind als monochromatisch abstrahlende Leuchten oder Lichtquellen mit möglichst geringen Strahlungsanteilen im ultravioletten Bereich mit Wellenlängen zwischen 585 und 700 Nanometern, maximal 3.000 Kelvin Farbtemperatur zulässig. Die Leuchtgehäuse sind gegen das Eindringen von Insekten abzuschirmen und dürfen eine Oberflächentemperatur von 60 Grad C nicht überschreiten. Die Lichtquellen sind geschlossen auszuführen. Eine Abstrahlung oberhalb der Horizontalen, insbesondere auf angrenzende Wasserflächen, Gehölze und Biotope, ist zu vermeiden.

In der Begründung zum Bebauungsplan (BSW HH 2020) heißt es zusätzlich:

[...] Die nächtliche Beleuchtung des Elbtowers kann für Zugvögel aufgrund lichtbedingter Ablenkung und daraus resultierender Erschöpfung bzw. Kollisionsgefahr zu Konfliktlagen im Sinne des § 44 Absatz 1 Nummer 1 BNatSchG führen. Während der Zeit des Vogelzugs

(d. h. vom 16.02. bis 31.05. und vom 01.08. bis 15.11.) sind daher in der Nacht (d. h. im Zeitraum von einer Stunde nach Sonnenuntergang bis eine Stunde vor Sonnenaufgang) ab der Fußbodenhöhe des an die Hotelnutzung angrenzenden 7. Obergeschosses, d. h. dem untersten Bürogeschosses Maßnahmen zum Artenschutz zu ergreifen.

Zur Vermeidung des Vogelschlags ist es voraussichtlich erforderlich, Lichtquellen des Gebäudes im Kerngebiet „MK 1“ zu nächtlichen Vogelzugszeiten in den nach außen gerichteten Fenstern und sonstigen nach außen gerichteten Beleuchtungen im Zeitraum von einer Stunde nach Sonnenuntergang bis eine Stunde vor Sonnenaufgang gegen Lichtausfall abzuschirmen oder die Lichtquellen abzuschalten, sofern die Vermeidung des Vogelschlags nicht durch andere gleich wirksame gebäude- und lichttechnische Maßnahmen erreicht werden kann. Diese Maßnahmen sind voraussichtlich gebäudetechnisch zentral zu regeln, um individuell verursachte, nutzerbezogene Lichtimmissionen auszuschließen, die ansonsten zur Ablenkung von ziehenden Vögeln führen könnten. [...]

Anhang B - Checklisten

Tabelle B1. Planerische Checkliste/Bedarfsanalyse

	Ja	Nein
Bisherige Ausleuchtung geprüft und Beleuchtungsstärken ermittelt, Zusatznutzen der Lichtquelle erkennbar		
Projektspezifische Kriterien für die Nutzung des Vorhabengebiets festgelegt (z.B. bei Straßen Verkehrsdichte am Abend/nachts, Gefahrenstellen und Unfallschwerpunkte, touristische Besuchszahlen abends/nachts, Menschenströme auf Plätzen abends/nachts)		
Nutzung des Vorhabengebiets geprüft und Profil erstellt, an welchen Stellen und zu welchen Uhrzeiten welche Beleuchtungsintensität benötigt wird		
Geprüft, ob sensible Bereiche (s. Beispiele Tabelle 1) beeinträchtigt sind		
Geprüft, ob Beleuchtung gesetzlich vorgeschrieben ist		
Geprüft, ob normgerecht beleuchtet werden soll <i>Hinweis: Normgerechte Beleuchtung ist naturschutzrechtlich oft problematisch</i>		
Geprüft, wie entscheidend die Farbwiedergabe im Vorhabengebiet ist		

Tabelle B2. Technische Checkliste

Jedes Vorhaben		
Geprüft, ob	Ja	Nein
Amber LEDs mit einem schmalbandigen Spektrum verwendet werden können.		
Leuchtmittel eingesetzt werden können, deren Spektrum UV- und Infrarotlicht ausspart.		
Leuchtmittel eingesetzt werden können, deren Spektrum den blau-violetten Bereich ausspart.		
Gelbliche oder zumindest warmweiße LED bis 3000 K verwendet wurden.		
Full-Cut-Off-Leuchten mit dem am engsten möglichen Winkel zur Vertikalen (unter 70°) verwendet wurden.		
ein Lichtmanagementsystem möglich ist.		
nach Sonnenuntergang gedimmt werden kann.		
Zeitschaltuhren verwendet werden kann.		

effizient eingestellte Bewegungsmelder, evtl. sogar intelligente HF-Bewegungsmelder, verwendet werden können.		
die Lichtpunkthöhe so niedrig wie möglich angebracht wird.		
Gehäuse mit mind. der Schutzart IP 65 verwendet wurden.		
die Oberflächentemperatur des Gehäuses 60°C nicht übersteigt.		
mit Baumaterialien die Kontraststärke optimiert wurde, z.B. helle Oberflächen auf Verkehrsflächen. Bei Werbeschildern bedeutet dies eine dunkle Umgebung mit heller Schrift.		
Gebäude		
Geprüft, ob	Ja	Nein
ausschließlich von oben nach unten beleuchtet wird.		
beim Anstrahlen von Gebäuden von unten nach oben Schablonen oder zumindest Blenden zur Abschirmung verwendet wurde.		
bei durch Fenster nach außen strahlender Innenbeleuchtung, die zur Dämmerung/Dunkelheit nicht ausgeschaltet werden kann, Abschirmungen durch Jalousien, Blendschutz etc. verwendet wurden.		
die verwendeten Baumaterialien zur Reduzierung der Lichtintensität beitragen (helle Flächen, die beleuchtet werden, dunkle, raue die nicht wahrgenommen werden müssen).		
Straßen- und Wegebeleuchtung		
Geprüft, ob	Ja	Nein
Reflektoren die nachts zu beachtende Stelle bereits ausreichend kennzeichnen können.		