



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère du Développement durable
et des Infrastructures

Département de l'environnement

Leitfaden „Gutes Licht“ im Außenraum für das Großherzogtum Luxemburg



Herausgeber:



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère du Développement durable
et des Infrastructures
Département de l'environnement

**LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG**
Ministère du Développement durable
et des Infrastructures
Département de l'environnement
4, place de l'Europe
L-1499 Luxembourg

www.gouvernement.lu . www.luxembourg.lu
www.mddi.lu . www.emwelt.lu

Inhalt und Layout:

**licht
raum
stadt** | gmbh planung

licht | raum | stadt planung GmbH
Richard-Wagner-Straße 7
42115 Wuppertal
atelier@licht-raum-stadt.de
www.licht-raum-stadt.de

06.2018

Informationen und Download unter: www.emwelt.lu

Mitwirkende Arbeitsgruppen

Die am Leitfaden mitwirkenden Arbeitsgruppen bildeten eine Kern- bzw. Expertengruppen, welche auch die spezifischen Themengruppen begleitet haben. Diese setzte sich aus Mitgliedern folgender Organisationen / Institutionen zusammen:

- MDDI / Administration des Ponts et Chaussées
- MDDI / Administration des Bâtiments publics
- Syndicat des Villes et Communes luxembourgeoises
- Administration communale de la Ville de Luxembourg
- Naturpark Our
- MDDI / Département de l'Environnement
- licht|raum|stadt planung GmbH

Die Themengruppe „Sicherheit“ bestand aus Mitgliedern folgender Organisationen / Institutionen:

- Police Grand-Ducale
- MDDI / Département des Transports
- Sécurité routière
- Service national de la Sécurité dans la Fonction publique
- Inspection du Travail et des Mines

Die Themengruppe „Naturschutz“ bestand aus Mitgliedern folgender Organisationen / Institutionen:

- Mouvement écologique
- natur&emwelt
- Musée national d'histoire naturelle
- Astronomes amateurs du Luxembourg

Die Themengruppe „Inszenierung“ bestand aus Mitgliedern folgender Organisationen / Institutionen:

- Ordre des Architectes et Ingénieurs-Conseils
- Service des sites et monuments nationaux
- Administration communale de la Ville de Luxembourg
- MDDI / Département des Travaux publics

Fachwörter werden im Glossar erläutert.

Die Bildquellen und Urheberrechte sind im Abbildungsverzeichnis Seite 88 genannt.

Vorwort

Licht bei Nacht ist zu unserer heutigen Zeit nahezu allgegenwärtig. Früher orientierte sich der Mensch in der Dunkelheit an den Sternen, heute erfüllt die Außenbeleuchtung diesen Zweck. Der Mensch ist aber auch auf die Dunkelheit angewiesen, denn sie ermöglicht einen gesunden Schlaf und bildet somit auch Lebensgrundlage. Tiere und Pflanzen können sich der nächtlichen Außenbeleuchtung schwerer entziehen, sodass die negativen Folgen von zu viel oder falsch eingesetztem Licht hier deutlicher erkennbar sind. Zudem werden die Beobachtungen des Sternenhimmels, eines der wichtigsten Kulturgüter des Menschen, durch das Auftreten von immer größer werdenden Lichtglocken wenig bis kaum mehr möglich.



Claude Turmes

Staatssekretär im Ministerium für
nachhaltige Entwicklung und Infrastruktur

Auch in Luxemburg sind nächtliche Beleuchtungen in letzter Zeit ein fester Bestandteil geworden und vermehrt sind die überflüssigen und schädlichen Lichtemissionen, die wir als „Lichtverschmutzung“ wahrnehmen, erkennbar. So konnte die Situation in Luxemburg bereits 2016/17 mit Hilfe einer Lichtemissionsstudie besser eingeschätzt werden. Dabei ist nicht jede Form von Licht schlecht. Es gilt erstmal unnötiges Licht, dort wo es nicht hingehört, zu vermeiden. Dann erst soll „gutes Licht“, dort wo es erforderlich ist, mit Vernunft und nach Bedarf eingesetzt werden. Innerhalb der Politik, der Gemeinden und auch in der Bevölkerung konnte in den letzten Monaten die Entwicklung eines erhöhten Bewusstseins für die Thematik festgestellt werden. Dies ist ein klares Zeichen dafür, dass jetzt der richtige Moment zum Handeln gekommen ist.

Somit bin ich besonders froh über das Erscheinen des folgenden Leitfadens für „gutes Licht“ im Außenraum, denn Lichtverschmutzung betrifft uns alle, ohne Ausnahme. Es liegt in der Verantwortung eines Jeden den maßvollen Umgang mit Licht vorzuleben und zum richtigen Handeln zu ermutigen. Dieser Leitfaden liefert klare Handlungsempfehlungen für einen bewussteren Umgang mit Licht in alltäglichen Bereichen. Er soll aber auch zum Umdenken anregen. Die Umsetzung der darin enthaltenen Empfehlungen durch die Kommunen, nationale Stellen, Planungsbüros aber auch durch private Nutzer soll zu einem sorgsamen Umgang mit Licht und Respekt vor der Umwelt beitragen.

Das richtige Maß an Beleuchtung ist für ein rücksichtsvolles Zusammenleben unter Berücksichtigung aller Belange unerlässlich. Das zu schützende Kulturgut des Nachthimmels, die Gesundheit und das Wohlergehen unserer Tier- und Pflanzenwelt aber auch jenes von uns Menschen müssen es uns wert sein.

Ich wünsche Ihnen eine erhellende Lektüre.

Inhaltsverzeichnis

0	Anlass und Vorbemerkungen	7
0.1	Zielsetzungen des Leitfadens	7
0.2	Struktur des Leitfadens	8
1	Bedeutung des Lichts und Wirkungszusammenhang Licht und Mensch	9
2	Wahrnehmung von Licht und Farbe durch den Menschen	10
2.1	Visuelle Wahrnehmung von künstlichem Licht	10
2.2	Nicht-Visuelle Wahrnehmung von künstlichem Licht	11
2.3	Wahrnehmung Kulturgut „Nacht“ und astronomische Himmels-beobachtungen	12
3	Wirkung nächtlicher, künstlicher Beleuchtung auf den Menschen	13
3.1	Psychologische Wirkung von Außenbeleuchtung	13
3.2	Physiologische Wirkung von Außenbeleuchtung	13
4	Wirkung nächtlicher, künstlicher Beleuchtung auf Fauna und Flora	15
5	Mehrwerte einer bedarfsgerechten Beleuchtung	17
5.1	Vermeidung von Lichtverschmutzung, Energie- und Kosteneinsparung	17
5.2	Raumwahrnehmung durch Licht	19
6	Rechtliche und normative Grundlagen zur Beleuchtung	21
6.1	Normen und deren Anwendung in Luxemburg	21
6.2	Gesetze und Richtlinien zum Thema Beleuchtung in Luxemburg	22
7	Empfohlene Vorgehensweise für Gemeinden - Thema Außenbeleuchtung	24
7.1	Sensibilisierung und Beteiligung der Interessensgruppen	24
7.2	Herangehensweise der Gemeinden – Planungskultur leben	24
7.3	Lichtmasterpläne und Detailplanung	25
8	Einstufung von Raumtypen in Umweltzonen	28
9	Lampen und Leuchten im Außenbereich	30
9.1	Lichterzeugung und technische Lichtquellen	30
9.2	Leuchten im Außenbereich	31
10	Handlungsempfehlungen und „Best Practice“ nach Nutzungsbereichen	36
10.1	Funktionalbeleuchtung von Straßen, Wegen, Plätzen	36
10.2	Beleuchtung innerstädtischer Parkanlagen	42
10.3	Beleuchtung von Gewerbe- / Industriegebieten	47
10.4	Beleuchtung von Sport- und Freizeitanlagen	53
10.5	Architektur- und Objektbeleuchtung	57
10.6	Werbe- und Schaufensterlicht	62
10.7	Temporäre Beleuchtung	69
10.8	Beleuchtung privater Hausfassaden und Gärten in Wohngebieten	73
11	Zusammenfassung und Schlusswort	75

Glossar	76
Anhang: 1. Lichttechnische Grundgrößen	79
A.1.1 Lichtstrom.....	79
A.1.2 Lichtstärke	80
A.1.3 Beleuchtungsstärke.....	80
A.1.4 Leuchtdichte	81
A.1.5 Farbtemperatur und Farbwiedergabe.....	81
Anhang 2: Wirkung nächtlicher, künstlicher Beleuchtung auf Flora und Fauna	83
A.2.1 Nachtaktive Säugetiere	83
A.2.2 Nachtaktive Insekten.....	83
A.2.3 Sing- und Zugvögel	85
A.2.4 Fische.....	85
A.2.5 Pflanzen.....	86
A.2.6 Ökosysteme	87
Referenzdokumente.....	88
Literatur- und Quellenverzeichnis	88
Abbildungsverzeichnis mit Bildquellen.....	88

0 Anlass und Vorbemerkungen

Anlass der Erstellung dieses Leitfadens ist eine im Auftrag des Nachhaltigkeitsministeriums durchgeführte Lichtemissionsstudie für das Großherzogtum Luxemburg durch den Schweizer Experten Dr. Lukas Schuler in 2016. Anhand einer systematischen und mehrmonatigen Beobachtung konnte eine deutliche und konstant höhere Leuchtdichte, verglichen mit einem natürlichen Lichtniveau in den Gemeinden festgestellt werden.

Der aktuelle Trend, vor allem in dichtbesiedelten Gebieten aber auch das Auftreten von sogenannten Lichtinseln in naturnahen Räumen, lässt eine weitere Zunahme der Beleuchtung in Zukunft befürchten. Trotz bereits vorhandenem Bewusstsein, dass Energie gespart werden soll, führt die Verfügbarkeit von immer effizienteren und energiesparenden Lichtquellen zu einem eher noch vermehrten Einsatz von Licht. Hinzu kommt, dass LED Leuchten mit sehr geringen Abmessungen zu niedrigen Kosten erhältlich sind wodurch auch im privaten Bereich ohne besondere Notwendigkeit oder allgemeinen Nutzen immer mehr Fassaden, Gebäudedetails, Wege und Gärten unüberlegt beleuchtet werden.

In der oben genannten Studie wurden den regionalen Behörden erste Hinweise für die Ausarbeitung von Maßnahmen geliefert und wo diese prioritär anzusetzen sind.

Große Potentiale bietet die Erneuerung der Straßenbeleuchtungen. Diese sind im Bestand noch von Installationen mit Hochdrucklampen bestimmt, werden in den kommenden Jahren aber schrittweise gegen LED Technik ausgetauscht. Die Auswirkungen und Chancen der damit einhergehenden Veränderungen sollten vorher evaluiert werden, damit bei der Neuinstallation gezielt ein möglichst umweltschonendes Funktionallicht eingesetzt werden kann.

Architekturbeleuchtung sowie Werbelicht erfahren aufgrund neuer technischer Möglichkeiten eine Zunahme, die es notwendig macht, Qualität und Nutzen zu überdenken, sowie Nutzungszeiträume und Steuerung einzusetzen um Störwirkungen zu verhindern.

Um unnötige Lichtemissionen zukünftig zu vermeiden und die Gemeinden bei der Planung und Umsetzung emissionsreduzierenden Maßnahmen zu unterstützen, hat das Nachhaltigkeitsministerium die Ausarbeitung dieses **Leitfadens für „Gutes Licht“ im Außenraum** in Auftrag gegeben. Der Leitfaden wird durch die Verbreitung von Informationen sachlich aufklären und konkrete Handlungsempfehlungen für eine nachhaltige Außenbeleuchtung ohne Komfortverluste liefern.

0.1 Zielsetzungen des Leitfadens

Der Leitfaden steht unter dem Begriff **„Gutes Licht“**, da er einen bewussten und bedarfsgerechten Umgang mit Licht als wesentliches Merkmal von Lichtqualität behandelt. Bei jeder Planung sollte daher die Frage nach der Notwendigkeit, der Art und dem Umfang der Beleuchtung vorab gestellt werden.

Die Problematik der **„Lichtverschmutzung“** und deren Auswirkungen für Menschen, Tiere und Ökosysteme findet zunehmend Beachtung. In diesem Leitfaden werden Erkenntnisse über mögliche Folgeerscheinungen nächtlichen Kunstlichts gesammelt und bewertet.

Zu viel oder falsch eingesetztes künstliches Licht gefährdet nicht nur die nächtlichen Lebensräume der Tiere, sondern kann auch den Tag-Nacht-Zyklus und die Gesundheit und das Wohlbefinden der Menschen beeinträchtigen.

Nachaktive Insekten werden von Lichtquellen angezogen, verenden und werden so dem Naturkreislauf entzogen. Weitere Lebewesen, die durch künstliches Licht gestört werden können, sind u.a. Vögel, Fledermäuse und Frösche.

Die nächtliche Himmelsaufhellung durch Lichtverschmutzung schränkt die Sicht auf den Sternenhimmel ein. Das Kulturgut der Sternenbeobachtung, welches die menschliche Entwicklung begleitet hat, ist nur noch an wenigen Orten in Europa erlebbar.

Im Rahmen dieses Leitfadens stehen folgende Ziele im Fokus:

- Reduktion der Lichtverschmutzung und der Belastung von Flora und Fauna
- Energieeinsparung und Reduktion der Betriebskosten
- Sensibilisierung und Kommunikation
- Verbesserung der Wahrnehmungsqualitäten (Komfort) und Erhöhung der Sicherheit

Im Kern des erforderlichen Umdenkens und Wandels stehen unsere Städte, Gemeinden und der Staat allgemein.

Diese besitzen auf politischer und technischer Ebene die Verantwortung ihren Mitbürgern einen effizienteren Umgang mit Licht vorzuleben. Dabei muss über die entsprechenden Kommunikationswege auf den Zusammenhang zwischen Licht und Lebensqualität eingegangen werden und eventuell vorhandene Ängste und falsche Vorstellungen bei der Benutzung von weniger Licht aus dem Weg geräumt werden. Die Vorbildfunktion der Gemeinden und des Staates in der öffentlichen Umsetzung eines bewussten Umgangs mit Beleuchtung, Reduktion der Lichtverschmutzung, Erhöhung der Energieeffizienz und Kosteneinsparung wirken als Impuls für Bürger, Handel und Industrie, ebenfalls für den Umweltschutz aktiv zu werden.

Vorgehensweise bei der Erstellung dieses Dokumentes

Eine umfassende Recherche zu bestehenden, vergleichbaren Dokumenten in Europa ist der Erstellung dieses Leitfadens vorausgegangen.

Eine breite Literaturstudie zu den Teilthemen wurde durchgeführt und in Arbeitsgruppentreffen, bestehend aus einer Kerngruppe bzw. Expertengruppe welche jeweils auch die spezifischen Themengruppen begleitet haben, bearbeitet. Die Themengruppen haben die Schwerpunkte „Sicherheit“, „Inszenierung“ und „Naturschutz“ vorgestellt und diskutiert. Die mitwirkenden Arbeitsgruppen werden auf Seite 3 des Leitfadens genannt.

Im Vordergrund stehen eine unabhängige Bewertung aktueller Ergebnisse, sowie die Erläuterung allgemeiner Grundsätze zur Verwendung von Licht im Außenraum.

0.2 Struktur des Leitfadens

In den nächsten Abschnitten werden zunächst kurz die visuelle und nicht-visuelle Wahrnehmung als Grundlage zusammengefasst (**Kapitel 2**). Lichttechnische Begriffe finden sich **im Anhang: 1. Lichttechnische** Grundgrößen dieses Dokuments zur Erläuterung. Die psychologischen und physiologischen Bedürfnisse des Menschen in Bezug auf Licht werden in **Kapitel 3** erläutert und damit den Auswirkungen von nächtlichem Kunstlicht auf Mensch, Fauna und Flora in **Kapitel 4** vorangestellt. Detaillierte Aussagen zu den Effekten auf einzelne Tierarten und Pflanzen finden sich **im Anhang 2: Wirkung nächtlicher, künstlicher Beleuchtung auf Flora und Fauna** des Leitfadens.

Der Mehrwert und Nutzen bedarfsgerechter Beleuchtung wird in **Kapitel 5** dargestellt. Es folgen die rechtlichen Grundlagen (**Kapitel 6**) sowie Empfehlungen für Gemeinden zur Vorgehensweise bei Planungsaufgaben. Eine Einstufung von Raumtypen in Umweltzonen (**Kapitel 8**) unterstützt die Bewertung eines Bereiches in Hinsicht auf Beleuchtung. Kriterien für die Bewertung von Lampen und Leuchten im Außenbereich werden in **Kapitel 9** als Grundlage für die Handlungsempfehlungen nach Nutzungsbereichen und „Best Practice“ Beispielen **Kapitel 10** genannt.

1 Bedeutung des Lichts und Wirkungszusammenhang Licht und Mensch

Ohne Licht ist kein Leben auf der Erde möglich und ohne die Sonne als Energiequelle wäre die Erde ein vereister, lebensfeindlicher Planet. Licht ist Voraussetzung zum Sehen und Erkennen, wirkt auf emotionaler Ebene und hat eine komplexe nicht-visuelle Wirkung auf den Organismus von Menschen, Tieren und Pflanzen.

Das Leben auf der Erde ist geprägt durch die Rhythmen von Gezeiten, Tag und Nacht, den Mondzyklus und die Jahreszeiten.

Diese Rhythmen bestimmen die Dauer biologischer Vorgänge. Wiederkehrende Ereignisse werden durch die „innere Uhr“ von Lebewesen getaktet und der Körper kann sich entsprechend darauf einstellen. Somit wird z.B. nicht nur das Wachstum von Pflanzen bedingt, sondern auch der Schlaf-Wach-Rhythmus, der Blutdruck, das Hungergefühl und die Körpertemperatur von Menschen. Man unterscheidet mit dem Begriff „Chronotyp“ Menschen, deren biologische Uhr unterschiedlich ausgeprägt sind. Obwohl der Mensch von seiner Natur her ein tagaktives Wesen ist, das nachts schläft, sind die Zeitpunkte des tiefsten, natürlichen Schlafes unterschiedlich. Die sich mit diesen inneren Rhythmen befassende Chronobiologie, kategorisiert die verschiedenen Gruppen in „Frühtypen“ (Lerchen), „Normaltypen“ und „Spätypen“ (Eulen). Mit dem Begriff „Chronotypen“ kann aber auch grundsätzlich die Unterscheidung in tag- oder nachtaktive Lebewesen gemeint sein.

Tageslicht und die nächtliche Dunkelheit hat über die Jahrtausende unsere Wahrnehmung und Physiologie, aber auch unsere Kultur und Kunst geprägt. Der Übergang vom natürlichen Licht, der Nutzung von Tageslicht und Feuer, zu technischem Licht ist im Verhältnis zur menschlichen Entwicklungsgeschichte noch sehr jung.

Vor diesem Hintergrund lässt sich ein Wirkungszusammenhang „Licht und Mensch“ aufzeigen (**Abbildung 1**), welches den Menschen in den Mittelpunkt stellt und „interne“, den Menschen direkt beeinflussende Wirkungen von Licht darstellt, bzw. daraus hervorgehende „externe“ Wirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Ökonomie zeigt.

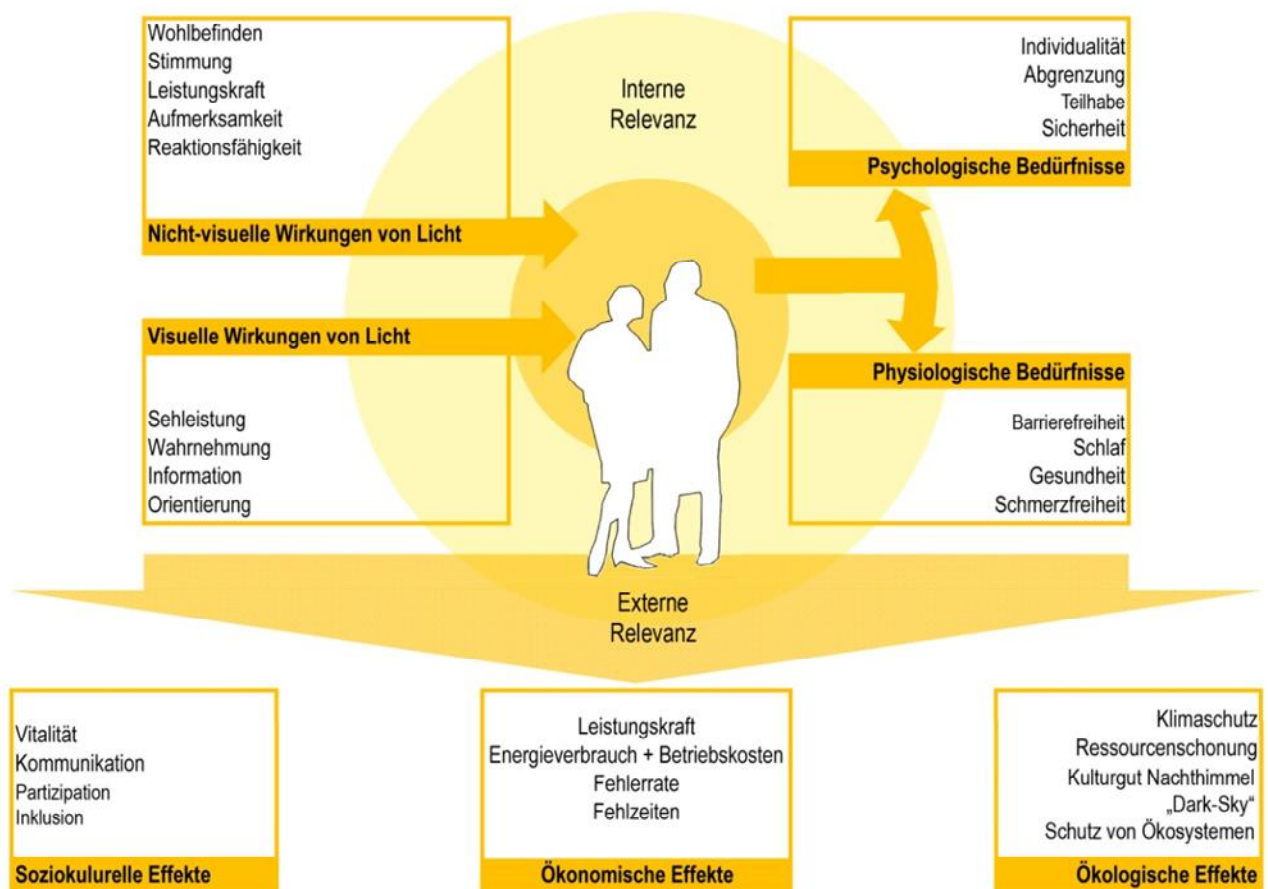


Abb. 1: Wirkungszusammenhang Licht und Mensch.

Allgemein gilt, dass für **eine bedarfsgerechte Beleuchtung** externe Effekte, also Effekte auf das gesellschaftliche Zusammenleben, wirtschaftliche und die Umwelt betreffende Aspekte beachtet werden müssen. Das Maß der Auswirkungen und die Relevanz für die direkte Umgebung müssen dabei erwägt werden.

2 Wahrnehmung von Licht und Farbe durch den Menschen

2.1 Visuelle Wahrnehmung von künstlichem Licht

Der physiologische und neuronal-psychologische Prozess des Sehens ist ein sehr komplexer Vorgang und basiert auf der Wahrnehmungstrennung und Sortierung von Lichtinformationen. Sehen findet zunächst im Sehapparat Auge statt (**Abbildung 2**). Licht wird von der Pupille in seiner Menge reguliert, um dann von der Linse gebündelt und als Leuchtdichtemuster der visuell erfassten Umgebung auf der Netzhaut abgebildet zu werden.

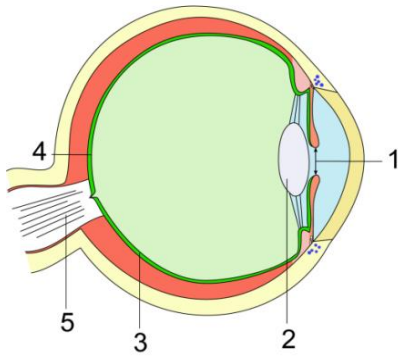


Abb. 2: Menschliches Auge: 1 Pupille, 2 Linse, 3 Netzhaut, 4 Fovea, 5 Sehnerv.

Die visuelle Wahrnehmung nimmt mit ca. 80% einen sehr großen Anteil an der Gesamtwahrnehmung des Menschen ein. Bei durch mangelhafte Beleuchtung gestörter Sehleistung ist die Informationsaufnahme und Orientierungsfähigkeit des Menschen stark eingeschränkt. „**Gutes Licht**“ ist daher entscheidend für die menschliche Sehleistung.

2.2 Nicht-Visuelle Wahrnehmung von künstlichem Licht

Licht und Dunkelheit besitzen große Bedeutung als Taktgeber für die „innere Uhr“, den so genannten Circadianen Rhythmus und dessen Einfluss auf den Schlaf-Wach-Rhythmus, Stoffwechselvorgänge, Kreislauf und Essverhalten. Licht bzw. das Fehlen von Licht oder die „Art des Lichtes“ wirkt allgemein auf Wohlbefinden, Stimmung, Leistungskraft, Aufmerksamkeit und Reaktionsfähigkeit.

Kühl-weißes, Tageslicht ähnliches Licht beeinflusst die Produktion des Schlafhormons Melatonin bei Menschen. Diese nicht-visuelle Wirkung des Lichtes erfolgt über einen Wirkungspfad von im Auge befindlichen Rezeptorzellen ausgehend über den „SCN“ genannten Bereich des Gehirns, der auch als „innere Uhr“ bezeichnet werden kann und die Zirbeldrüse, welche das Hormon Melatonin in die Blutbahn (**Abbildung 3**) ausschüttet. Zum Auslösen dieses Regulierungsvorgangs kommt es aber nicht alleine auf die Lichtfarbe an, sondern auf „die Intensität, die spektrale Zusammensetzung, die Lichtverteilung (z.B. direkt, indirekt, punktuell, etc.) und Lichtrichtung sowie den Zeitpunkt des Tages und die Dauer der Beleuchtung“ [1].

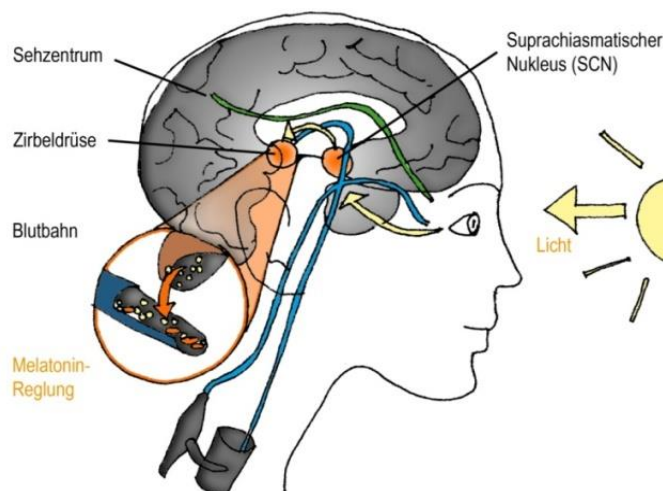


Abb. 3: Nicht-visueller Wirkungspfad des Lichtes.

2.3 Wahrnehmung Kulturgut „Nacht“ und astronomische Himmelsbeobachtungen

Nächtliche „Lichtglocken“, die durch in Richtung des Himmels abgestrahltes oder gestreutes, künstliches Licht von Städten am Horizont gebildet werden, stören auch noch in großer Entfernung die Sicht auf den natürlichen Nachthimmel und die Himmelskörper. Die professionelle Astronomie hat sich daher mit ihren Einrichtungen in entlegene Gebiete der Erde oder sogar in den Weltraum zurückgezogen.



Abb. 4: Lichtverschmutzung durch Aktivitätszone, Distanz 2km.

Astronomische Beobachtungen für Nachwuchs-Forscher und interessierte Laien sind nur gebietsweise möglich und meist sind es nur die lichtstarken Himmelskörper, welche sichtbar sind.

Das Erleben natürlicher Nachtlandschaften mit ihrem besonderen Charakter stellt eine unbedingt schützenswerte Qualität dar. Da es im dicht besiedelten Mitteleuropa nur noch wenige Regionen gibt, in denen der Sternenhimmel und eine natürliche Nachtlandschaft ungestört von Kunstlicht erlebt werden kann, ist deren Schutz besonders wichtig. Neben dem Schutz bestehender, naturnaher und nächtlich dunkler Bereiche wird angestrebt, Gebiete durch technische Umrüstung und bedarfsgerechte Nutzung von Licht wiederzuerlangen.

Als Teil des Projektes „Interreg Europe Night Light“ verfolgt beispielsweise der Naturpark Our in Luxemburg das Ziel, im Verbund mit 7 weiteren europäischen Regionen bis 2021 der Problematik der Lichtverschmutzung aktiv entgegenzuwirken und die Wertigkeit eines natürlich dunklen Nachthimmels zu steigern und zurückzugewinnen.

3 Wirkung nächtlicher, künstlicher Beleuchtung auf den Menschen

3.1 Psychologische Wirkung von Außenbeleuchtung

Licht suggeriert dem Menschen seit vielen tausend Jahren Sicherheit, Geborgenheit und Transparenz; Dunkelheit erzeugt im Gegensatz dazu eher Gefühle der Unsicherheit oder sogar Angst. Im Vordergrund der emotionalen Bedürfnisse des Menschen während der Nacht stehen Sicherheitsgefühl und angstfreie Teilhabe am öffentlichen Leben.

Forderungen und Empfehlungen zur Außenbeleuchtung sollten in ganzheitlicher Betrachtung folgende Aspekte berücksichtigen:

- Empfundene / *subjektive Sicherheit* im öffentlichen Raum
- Kriminal- / Gewaltprävention – *objektive Sicherheit*
- Verkehrssicherheit

Das subjektive Sicherheitsgefühl von Frauen und älteren Menschen gilt als Bestimmungsfaktor für die Nutzung von Räumen bei Nacht.

In Umfragen wird **eine gute Beleuchtung** dabei als wichtigste Voraussetzung angegeben, da sie allgemein eine erhöhte soziale Kontrolle durch mehr Nutzer der Räume zur Folge hat.

Andererseits bedeutet mehr Licht nicht zwangsläufig mehr Sicherheit. Das heißt insbesondere nicht, dass mehr Sicherheit und Lebensqualität erlangt wird, wenn nur die Mindestanforderungen der Regelwerke zur Straßenbeleuchtung (EN 13201) überschritten werden und Qualitätskriterien „**Guten Lichtes**“ dabei vernachlässigt werden.

Mögliche Maßnahmen und Konzepte, auch im Sinne eines kriminalpräventiven Aspekts von Raumplanung, können folgende sein:

1. Bedarfsgerechte Beleuchtung mit angemessenen Beleuchtungsstärken zur Ermöglichung der Raumwahrnehmung unter Berücksichtigung der Blendungsempfindlichkeit
2. Erhöhung des Entdeckungspotentials möglicher Gefährdender durch Vermeidung von „Tarn“- bzw. Dunkelzonen
3. Verbesserung des subjektiven Sicherheitsgefühls durch Vermeidung von „Lichtkorridoren“, d.h. Erweiterung der Übersichtlichkeit durch angemessenes Umgebungslicht
4. Verbesserung der Orientierungsfähigkeit

Punkte 2 und 3 werden insbesondere durch die Lichtverteilung von Leuchten zur Funktionalbeleuchtung bestimmt. Dennoch muss aber bei naturnahen Räumen ein Abstrahlen des Lichtes in Grünflächen durch Cut-off vermieden werden. Eine Abwägung der Situation muss stattfinden.

3.2 Physiologische Wirkung von Außenbeleuchtung

Der Mensch, wie auch andere tagaktive Lebewesen, ist auf die Dunkelheit der Nacht und Schlaf angewiesen. Der Schlaf dient der Regeneration und ermöglicht lebenswichtige Vorgänge im Körper. Daher ist eine Störung des Schlafes durch äußere Einwirkungen unbedingt zu vermeiden. Außenbeleuchtung muss so gestaltet sein, dass sie die Nachtruhe nicht stört und Lichtimmissionen in Schlafräume vermieden werden.

Seit dem Bekanntwerden des nicht-visuellen Wirkungspfades des Lichts (siehe **Kapitel 2.2**), einhergehend mit dem technologischen Umbruch und der „Marktreife“ von LED Leuchten, wurde viel über

die Wirkung von Straßenbeleuchtung auf den Menschen diskutiert und spekuliert. Um eine objektive Beurteilung zu erlangen, wurde im Jahr 2012 eine Studie [1] mit typischer Straßenbeleuchtung durchgeführt. Dabei wurden die Wirkung auf das circadiane System mit Metalldampfhalogen- und Natriumdampf-Hochdrucklampen sowie zwei unterschiedliche LED-Typen als „kalt-weiße“ Lichtquellen mit 6900K und 5200K Farbtemperatur, d.h. einem eher kurzwelligem also kühl-weißem Lichtspektrum, in 3 realistischen Straßenbeleuchtungs-Szenarien überprüft.

Das Ergebnis war, dass ausschließlich bei der 6900K LED Lampe nach 1 Stunde Bestrahlungsdauer eine leichte Unterdrückung der nächtlichen Melatoninproduktion von ca. 12% - 15% festgestellt wurde.

Auf dieser Grundlage wurde in der Studie für „weiße“ Lichtquellen als annehmbarer, mit Bedacht gesetzter Grenzwert ca. 30 Lux (Beleuchtungsstärke am Auge) bei einer 30 Minuten andauernden Bestrahlung mit dieser Lichtart angesetzt. Beleuchtungsstärken mit diesen Werten sind in Außenbereichen eher selten anzutreffen und kommen bei gängiger Straßenbeleuchtung z.B. nur an Fußgängerüberwegen vor, allerdings ist die Aufenthaltsdauer dort normalerweise auch nur von sehr kurzer Dauer.

„Weitere Studien zu dem Thema sind erforderlich, aber es muss darauf hingewiesen werden, dass die Einflüsse sehr komplex sind (z.B. Alter, Chronotyp, Lichthistorie, etc.) und nicht auf einzelne Aspekte, wie die der Farbtemperatur reduziert werden können.“ [1]

Da Menschen sich nachts meistens länger in Innenräumen aufhalten und dort normalerweise erheblich höheren Beleuchtungsstärken ausgesetzt sind, besitzt bei der Bewertung nicht-visueller Wirkung von Licht Innenraumbeleuchtung eine wesentlich höhere Relevanz.

Visuelle Wahrnehmbarkeit und ihre physiologische Wirkung sind wichtige Faktoren bezüglich der Barrierefreiheit. Barrierefreiheit ist ein wichtiges städtebauliches Thema beim Bestreben nach einer inklusiven Gesellschaft. Barrierefrei Bauen heißt „für Alle Bauen“, sowohl für Menschen mit visuellen, kognitiven, auditiven und motorischen Einschränkungen, als auch allgemein für Ältere ohne Behinderung oder z.B. Menschen, die einen Kinderwagen oder Rollkoffer schieben. Bei der Planung „Guten Lichtes“ im öffentlichen Raum sollte die Umsetzung von Barrierefreiheit als Möglichkeit der Komfortsteigerung verstanden werden. Eine visuelle Barrierefreiheit kann gegebenenfalls helfen andere Defizite, z.B. kognitive Einschränkungen zu kompensieren.

Die relevante Planungsgröße zur Bewertung der Wahrnehmbarkeit visueller Informationen sind Leuchtdichtekontraste.

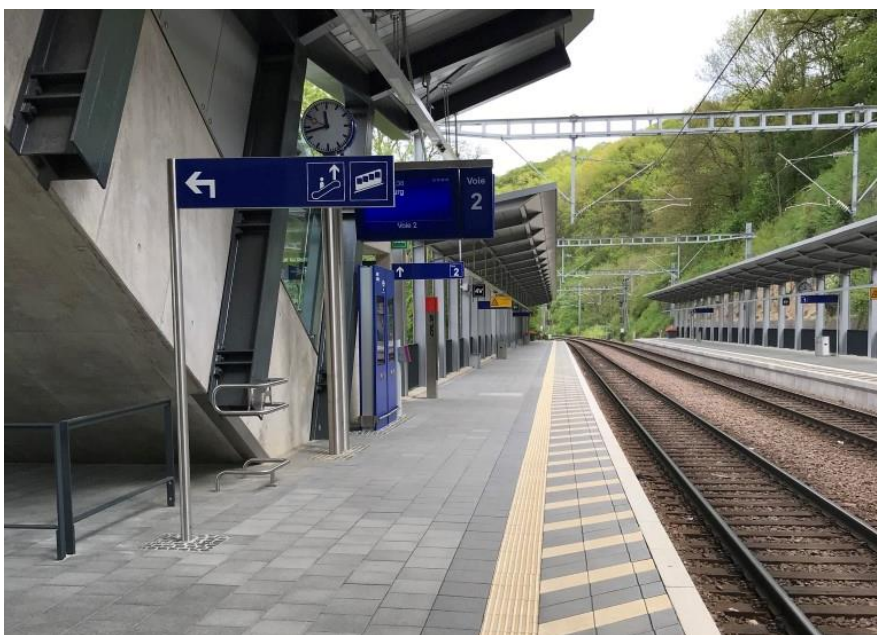


Abb. 5: Leitstreifen für Sehbehinderte am Bahnhof Pfaffenthal, Kirchberg.

Leitstreifen an Bahnhöfen, Fußgängerüberwegen oder Treppenstufen, sowie Informationstafeln müssen so gestaltet sein, dass Mindestkontrast- sowie Reflexionswerte von Oberflächen eingehalten werden.

Da Licht insbesondere durch seine Lichtfarbe und Farbwiedergabe einen entscheidenden Einfluss auf die Kontrastwahrnehmung hat, ist eine gute Abstimmung zwischen Lichtplanung und Außenraumgestaltung erforderlich. Eine Bestimmung der Leuchtdichten der ausgewählten Materialien ist notwendig und muss für die Spektren der tatsächlich eingesetzten Lichtquellen erfolgen.

Folgende Faktoren der Beleuchtung sind relevant für eine visuell barrierefreie Umgebung: die Lichtquantität, die Qualität als Farbtemperatur und Farbwiedergabe, eine gute Entblendung der Lichtquellen, der Einfluss von Gleichmäßigkeit der Beleuchtung sowie der Schattenwurf.

4 Wirkung nächtlicher, künstlicher Beleuchtung auf Fauna und Flora

Licht und Dunkelheit beeinflussen die Lebensbedingungen von Menschen, Tieren und Pflanzen, sowie das komplexe Zusammenspiel von Ökosystemen. So wie sich das Leben in verschiedenen Lebensräumen (Biotopen) entwickelte, haben sich auch unterschiedliche Chronotypen entwickelt und es wird zwischen nachtaktiven und tagaktiven Arten unterschieden.

Viele Tierarten wandern im jahreszeitlichen Rhythmus viele tausend Kilometer, bei anderen findet ein Wechsel zwischen einer aktiven Phase während des Sommers und einer passiven Phase, dem Winterschlaf bzw. Winterruhe statt. Der Anteil nachtaktiver Arten, die die Dunkelheit der Nacht für ihren Lebensrhythmus benötigen beträgt bei Wirbeltieren immerhin fast ein Drittel der Arten, bei wirbellosen Tieren sind es sogar 68%. (**Tabelle siehe Anhang 2**)

Künstliche Beleuchtung kann sich auf verschiedene Pflanzen- und Tierarten unterschiedlich auswirken. Während lichttolerante Arten von künstlichem Nachtlicht profitieren, sich anpassen können oder weniger davon betroffen sind, kann es für lichtempfindliche Arten eine Reduktion ihrer Überlebensfähigkeit bedeuten oder zu einem Sterberisiko werden. Beides führt langfristig zu einer Veränderung und ggf. Destabilisierung des jeweiligen Lebensraumes und dessen Ökosystems.



Abb. 6: Insekten gefangen in einer veralteten Leuchte, angezogen vom Licht und durch eine defekte Abdeckung in die Leuchte eingedrungen.

Die folgenden Grafiken zum Verhalten von Insekten zeigen, wie künstliche Beleuchtung den Lebensraum von Tierarten zerschneiden, bzw. ihren Aktionsradius und dadurch das Nahrungsangebot einschränken kann (**Abbildung 7 a/b/c**). Sie kann auch zur veränderten Konkurrenz und veränderten Räuber-Beute-Beziehung zwischen Arten führen. Durch diese Auswirkungen kann es zur schleichen- den Artenverschiebung innerhalb einer Lebensgemeinschaft kommen. Bei bedrohten Arten muss ein Rückgang oder gar das Verschwinden von kleinen, isolierten Populationen befürchtet werden, besonders dort, wo Lebensräume durch die städtische Entwicklung zerschnitten werden. [3]

Ausführlichere Informationen zu einzelnen Tierarten finden sich im **Anhang 2** dieses Leitfadens.



Abb. 7 a: Licht wirkt auf Insekten: sie werden wie gefangen und umkreisen vielfach das Licht. Einige bleiben erschöpft am Boden und nach mehreren erneuten Anflugversuchen liegen sie verendet am Boden (x).

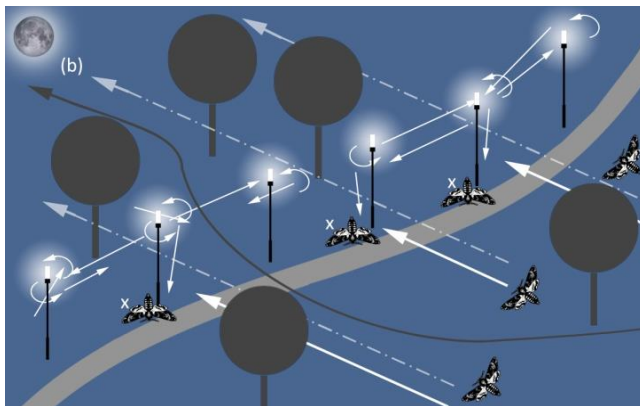


Abb. 7 b: Das Licht wirkt wie eine Barriere: Die Insekten orientieren sich in ihrem Flugverhalten (Strich-Punkt Pfeile) an natürlichen Lichtquellen, wie dem Mond.

Künstliche Lichtquellen können wie eine Barriere wirken. Die Flugbahn wird auf die Leuchten gelenkt und endet entlang der „Lichtbarriere“ (durchgehende Pfeile).



Abb. 7 c: Die Insekten werden von der Umgebung abgezogen. Besonders wenn die Leuchte an einem hohen Punkt montiert ist und Licht rundum abstrahlt. Es kommt dann zu einem „Staubsauger“-Effekt, bei dem auch Insekten aus der weiteren Umgebung angelockt werden.

Abb. 7a/b/c: Drei Möglichkeiten, wie Licht sich auf Insekten auswirken kann.

Der Einfluss des Lichts auf Pflanzen wird deutlich, wenn man den gezielten Einsatz von Licht in der Pflanzenzucht und Agrarindustrie betrachtet. Systematisch beobachtet wurden die Blühzeiten von Pflanzen bereits durch den Forscher Carl von Linné im Jahr 1745. Durch das Anlegen einer Blumenuhr stellte der Naturwissenschaftler fest, dass die Blumen genau wie andere Lebewesen über Lichtrezeptoren verfügen und damit sehr genau auf die Tageszeit reagieren können, indem sie ihre Blüten öffnen oder schließen.

Nächtliches Kunstlicht aber verändert Pflanzenwachstum und Blütenstand und hat so auch Folgen für die Pflanzenfresser, bzw. Bestäuber und deren Nahrungskette.

5 Mehrwerte einer bedarfsgerechten Beleuchtung

5.1 Vermeidung von Lichtverschmutzung, Energie- und Kosteneinsparung

Eine bedarfsgerechte Beleuchtung, die Lichtverschmutzung vermeidet, bildet einen Mehrwert auf verschiedenen Ebenen: die natürliche Dunkelheit der Nacht wird weitestgehend bewahrt bzw. respektiert, mit positiver Wirkung auf die Ökologie aber auch auf die Wirtschaftlichkeit. Gleichzeitig lassen sich soziokulturelle Effekte auf die Nutzung öffentlicher Räume feststellen, wenn gezielt und bedarfsgerecht Licht eingesetzt wird und so zur Attraktivität und Sicherheit beigetragen wird.

Der Stromverbrauch für Beleuchtung weltweit beträgt durchschnittlich etwa 15% des Gesamtstromverbrauchs und 5% des weltweiten Ausstoßes an Treibhausgas. Ein Wechsel zu effizienter, steuerbarer und vernetzter bzw. „Stand-alone“ Beleuchtungslösungen enthält ein errechnetes, weltweites Einsparpotential von jährlich ca. 120 Milliarden € und eine mögliche Reduktion von 580 Millionen Tonnen CO₂ Emissionen. [2]

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

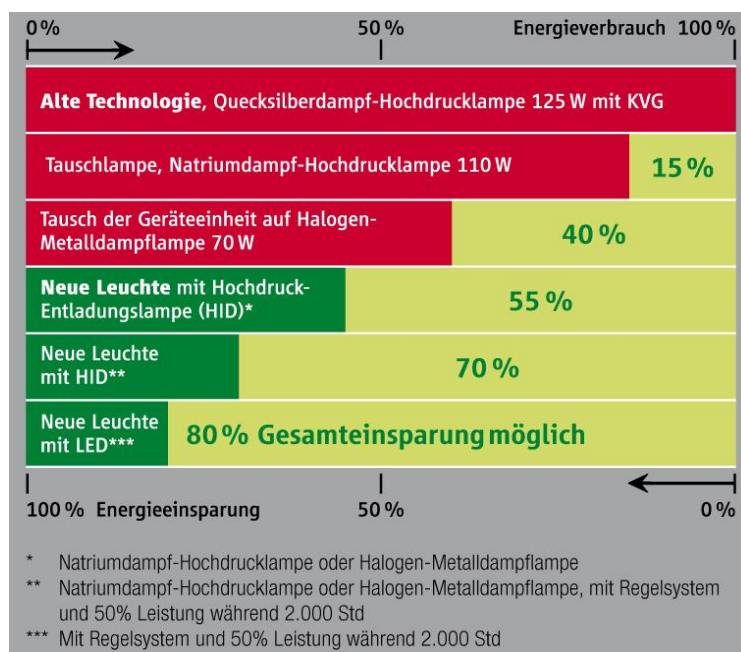


Abb. 8: Mit neuen Straßenbeleuchtungsanlagen können Kommunen ihren Energieverbrauch um bis zu 80 Prozent senken. Das Einsparpotential ist allerdings abhängig von der Ausgangssituation, d.h. der Effizienz des Leuchtenbestandes, sowie vom Einsatz eines Steuerungssystems und einer Nachtabsenkung.

Der Wirkungsgrad einer Lichtquelle beschreibt, wie viel Prozent der aufgenommenen elektrischen Leistung als Strahlungsleistung in Form sichtbaren Lichts abgegeben wird. Hier sind LEDs im Vergleich zu konventionellen Leuchtmitteln deutlich effizienter. Während der Wirkungsgrad bei Glühlampen beispielsweise zwischen 10 und 20% liegt, erreichen sehr effiziente LEDs derzeit zwischen 40 und 50%. Das bedeutet dann aber, dass auch bei LEDs zwischen 50 und 60% der Leistung als Wärme abgegeben werden.

Eine aussagekräftigere Größe zur Bewertung und zum Vergleich der Effizienz von Lichtquellen ist die Lichtausbeute. Sie beschreibt, wie viel Licht (Lichtstrom in Lumen) von einer Leuchte im Verhältnis zur aufgenommenen elektrischen Leistung (in Watt) abgegeben wird.

Der Begriff des Leuchtenwirkungsgrads beschreibt, welcher Anteil des von den Lichtquellen in der Leuchte erzeugten Lichtstroms von der Leuchte abgestrahlt wird und bewertet damit die optische Effizienz und die internen Verluste der Leuchte z.B. durch Absorption.

Zum Vergleich von LED-Leuchten und –Beleuchtungsanlagen hat sich die System-Lichtausbeute als sinnvolle Bewertungsgröße etabliert. Der von einer Leuchte abgegebene Lichtstrom wird dabei auf die gesamte elektrische Leistungsaufnahme bezogen und so wird die Leistungsaufnahme der Betriebsgeräte sowie der Leuchtenwirkungsgrad mit eingerechnet.

Es sollte beachtet werden, dass sich die Systemlichtausbeute von LED-Leuchten stark unterscheiden können. Bei technischen Leuchten sollte für die Systemlichtausbeute ein Mindestwert von 90lm/W nicht unterschritten werden.

Die Energieeffizienz einer Beleuchtungsanlage wird durch die Energieeffizienz ihrer Einzelkomponenten bestimmt – Lichtquelle, Betriebsgerät, Leuchte und Lichtverteilungsvorrichtung (optische Elemente) sowie Beleuchtungssteuerung. Bei der Leuchte sollte ein hochwertiges Reflektor- bzw. Lin senmaterial sowie eine optimierte Lichtlenkung dafür sorgen, dass das von der Lampe erzeugte Licht mit möglichst wenig Verlust den Leuchtenkörper verlässt und die zu beleuchtende Fläche definiert und bedarfsgerecht ausleuchtet.

Da bei LED-Leuchten Lichtquelle und Leuchte eine technische Einheit bilden, welche die Lichtausbeute der LEDs bestimmt (insbesondere über die Entwärmung) und sich nicht wie in konventionellen Systemen Lampe und Leuchte separat betrachten lassen, ist eine produktspezifische Angabe der System-Lichtausbeute durch den Hersteller erforderlich.

LEDs arbeiten äußerst effizient (**Abbildung 9**). Ihre gute Energie- und Leistungsbilanz ist das Ergebnis einer langen technischen Entwicklung. Inzwischen können technische LED-Leuchten Lichtausbeuten über 130 lm/W und LED-Module über 160 lm/W bei realen Betriebsbedingungen erreichen. Unter Laborbedingungen werden auch schon Werte von 200 lm/W und mehr erzielt.

Zum Vergleich: Halogenlampen erreichen 30 lm/W, effiziente Leuchtstofflampen bis zu 104 lm/W.

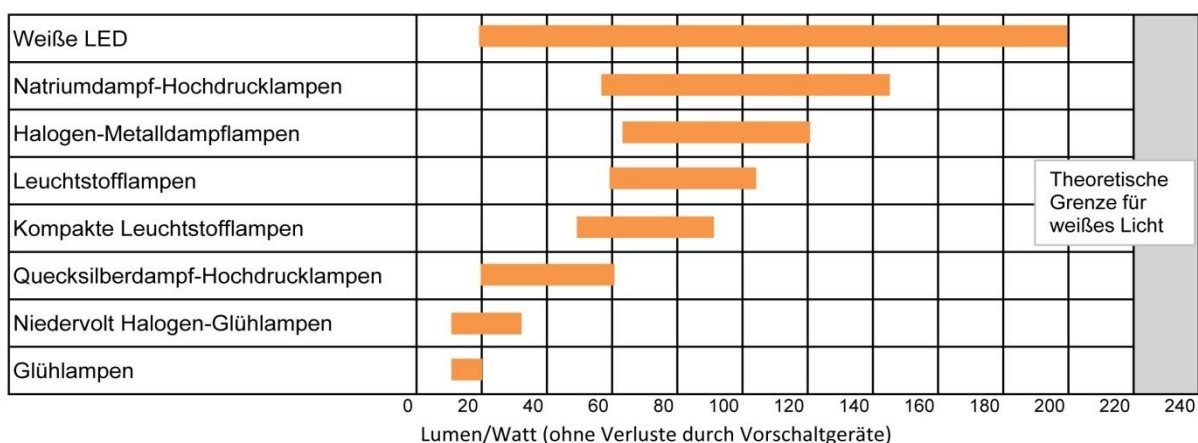


Abb. 9: Effizienz von Lichtquellen.

Eine bedarfsgerecht steuerbare Funktionalbeleuchtung hat den Vorteil, dass das Lichtniveau entsprechend der Situation angepasst werden kann. Ändert sich im Verlauf der Nacht das Verkehrsaufkommen und die Umgebungshelligkeit, dann kann entsprechend der geänderten Parameter das Beleuchtungs niveau abgesenkt werden.

Die Vorgaben der Norm für Straßenbeleuchtung (EN 13201) müssen dabei beachtet und alle Anforderungen an relevante Gütemerkmale immer eingehalten werden.

Möglich ist, entweder feste Dimmwerte für den Nachtbetrieb einzustellen (ähnlich einer Halbnachtschaltung) oder eine flexible Dimmung einzusetzen, die über Sensorik und Steuersysteme das Licht bedarfsgerecht dem Verkehrsaufkommen anpasst.

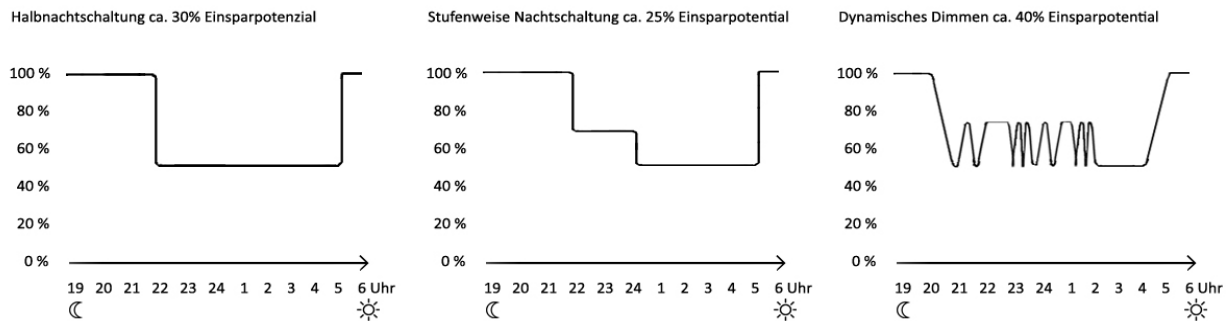


Abb. 10: Dimmvarianten: Halb- bzw. Stufenweise Nachschaltung und flexible, sensorgestützte Steuerung, die sich am Verkehrsaufkommen orientiert, maximal 50% Dimmung zur Einhaltung der Norm.

Rückmeldungen an das System sind möglich und so können Fehlermeldungen oder Betriebsstundenzähler helfen den Wartungsaufwand zu verringern, bei gleichzeitiger Verbesserung der Systemsicherheit und des Betriebskomforts.

Zudem bietet ein Steuerungssystem neue Möglichkeiten für die Nutzung der Stadträume zu besonderen Anlässen, wie Weihnachtsmärkten oder Events des Stadtmarketings. Die Attraktivität der Innenstädte kann damit gefördert und die Identität, das Nachtbild der Stadt, gestaltet werden.

5.2 Raumwahrnehmung durch Licht

„**Gutes Licht**“ wird nicht alleine durch lichttechnische Begriffe definiert, sondern bezieht sich immer auf die Sehaufgabe und den zu beleuchtenden Raum. Wird die Raumwahrnehmung durch Licht angemessen realisiert, dann führt dies zu einer Verbesserung der subjektiven und objektiven Sicherheit und Orientiertheit. Es soll aber nochmals darauf hingewiesen werden, dass mehr Licht nicht zwangsläufig zu einer Verbesserung der Lebensqualität und Sicherheit führt. Die Fragestellung nach der Notwendigkeit oder Pflicht zur Beleuchtung muss immer vorangestellt werden.

Damit **gutes Licht** im Sinne der Raumwahrnehmung realisiert werden kann, ist eine Raumanalyse notwendig, welche die Art des Stadt- oder Landschaftsraumes feststellt, dessen Bedeutung, Nutzung, Dimensionen, Struktur und Orientierung, sowie die Farb- und Materialeigenschaften der Umgebung.

Begegnungsräume haben Priorität in Hinblick auf Lebensqualität und Beleuchtung.

Die Realisierung der Beleuchtungsaufgabe sollte als Umsetzung eines Wahrnehmungsraumes mit dessen spezifischem Charakter verstanden werden.

Die Stadt hat ein Tag- und ein Nachtbild: die gebaute Struktur ist die Gleiche, die Wahrnehmung im Licht ist aber anders. Straßen- und Architekturbeleuchtung prägen das Nachtbild maßgeblich.

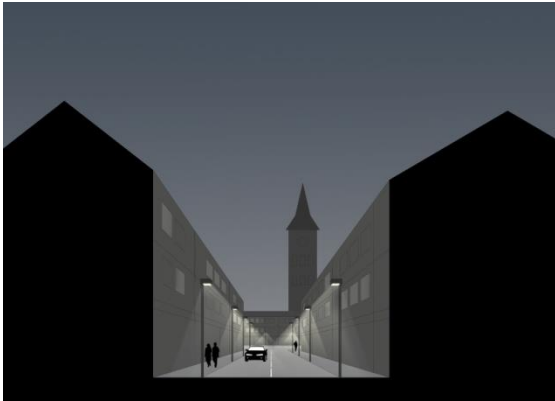


Abb. 11 a: Licht zum Sehen = **Funktionslicht**
Funktionslicht bedeutet ausschließliche Einsatz von notwendigem Licht um Verkehrssicherheit und Funktion zu gewährleisten z.B. Straßenbeleuchtung.



Abb. 11 b: Licht zum Ansehen = **Raumlicht**
Raumlicht bedeutet der Einsatz von Architekturbeleuchtung bzw. Akzentuierung von Raumelementen zur Wahrnehmung der räumlichen Tiefe und der Raumstruktur.



Abb. 11 c: Inszenierung/ Orientierung = **Identität**
Besondere Elemente des Ortes werden mit Licht inszeniert; speziell Wahrzeichen und Denkmäler mit Fernwirkung verleihen dem Ort vornehmlich nächtliche Identität und schaffen Orientierungspunkte im Stadtbild.

Abb. 11 a/b/c: „Gutes Licht“ im Stadtraum setzt sich aus Funktionslicht, Raumlicht und inszenierendem Licht zusammen.

6 Rechtliche und normative Grundlagen zur Beleuchtung

6.1 Normen und deren Anwendung in Luxemburg

In Luxemburg kommen für die Außenbeleuchtung europäische Normen zur Anwendung, welche Mindest-Standards für die Beleuchtung liefern. Die EN Normen (EN = Europäische Norm) werden von der nationalen Normungsorganisation ILNAS (*Institut luxembourgeois de la normalisation, de l'accréditation, de la sécurité et qualité des produits et services*) als nationale Norm übernommen und sind somit bindend. Die Angabe von oberen Lichtgrenzwerten fehlt in diesen nutzungsorientierten Normen. Daher wird empfohlen, dass zusätzlich und im Sinne einer Reduktion der Lichtverschmutzung unter Berücksichtigung von Umweltaspekten die Kriterien für die Außenbeleuchtungen in den jeweiligen Nutzungsbereichen unter **Kapitel 10** einbezogen werden. Nachfolgend findet sich eine Auflistung der am häufigsten zur Anwendung kommenden Normen in Luxemburg:

- EN 13201 (road lighting): ratifizierte und somit bindende fünfteilige Norm für die Beleuchtung von **öffentlichen Straßen, Wegen und Plätzen**. Entsprechend dieser Norm sind die Beleuchtungen an diesen Orten, einschließlich öffentlichen Parkplätzen zu dimensionieren. Innerhalb geschlossener Ortschaften wird empfohlen zu beleuchten, außerhalb wird nicht beleuchtet, außer an besonderen Gefahrenstellen auf Autobahnen und Schnellstraßen. Zu erwähnen sei, dass auch ein Nicht-Beleuchten nach dieser Norm ebenfalls zulässig ist, sofern die daraus resultierende Dunkelheit den Kriterien einer Gleichmäßigkeit genüge tut. (cf. Kriterien für die Funktionalbeleuchtung in **Kapitel 10.1**)
- EN 12464-2 (Light and lighting. Lighting of work places. Outdoor work places): regelt die Beleuchtung von **Arbeitsplätzen für verschiedene Arbeitsbereiche und Tätigkeiten**. Auch diese Norm ist als Regelwerk anerkannt und eine Beleuchtungsanlage ist entsprechend der darin enthaltenen Empfehlungen zu dimensionieren. In der Norm stehen vor allem sehphysiologische und produktionsbezogene Erfordernisse im Vordergrund. Die Anforderungen sollen zeitgleich eine gute Sehleistung und einen angenehmen Sehtkomfort berücksichtigen und sicherstellen. Je nach Arbeitsbereich und Tätigkeit werden differenzierte Beleuchtungsstärken gefordert. (cf. Kriterien für die Beleuchtung von Industrie- und Gewerbegebieten in **Kapitel 10.3**)
- EN 12193 (Light and lighting. Sports Lighting): ratifiziert und somit bindend für die Beleuchtung von **Sportstätten** (u. a. Fußballplätzen). Diese Norm legt ebenfalls Anforderungen unter Berücksichtigung sehphysiologischer Aspekte fest sodass für Sportler, Schiedsrichter und Zuschauer gute Sehbedingungen vorherrschen (ggf. auch für Fernsehübertragungen). In den Regelbüchern der hiesigen Sportverbände werden lediglich Empfehlungswerte (als Minima) vorgegeben, abgeleitet aus internationalen Spielregeln. Folglich besteht das Risiko, dass die Beleuchtungen im Übermaß verwendet werden. (cf. Kriterien für die Sportstättenbeleuchtung in **Kapitel 10.4**)
- DIN 67523 Teile 1-2 (Lighting of pedestrian crossings with additional lighting) und DIN 67528:2018-04 (Lighting in public car-parks and on public off-street parking spaces) regeln die Beleuchtung von **Fußgängerüberwegen** bzw. **Parkplätzen**. Für die Beleuchtung von Fußgängerüberwegen gibt es weder Europäische Normen, noch Richtlinien in Luxemburg. Es wird daher empfohlen die Beleuchtung nach der Deutschen Norm zu dimensionieren.

6.2 Gesetze und Richtlinien zum Thema Beleuchtung in Luxemburg

Die Außenbeleuchtung in Luxemburg ist sowohl einer nationalen als auch einer lokalen Verantwortung zuzuteilen. Das in Kraft tretende des sogenannten „Omnibus-Gesetzes“ im Frühjahr 2017 beispielsweise bewirkte eine Zuteilung der Verantwortlichkeiten für Gemeinden hinsichtlich der Architektur- und Werbebeleuchtung. Sowohl den Verwaltungen als auch den Gemeinden wird daher empfohlen ihre Kompetenzen und Möglichkeiten bezüglich einer Regelung der Außenbeleuchtungen zu nutzen und in einem zweiten Schritt (falls nötig) bestehende und veraltete Richtlinien anzupassen oder ergänzende Richtlinien zu erlassen, um somit einen respektvollen Umgang mit Licht zu fördern. Der Leitfaden soll den Gemeinden in diesem Prozess als unterstützendes Element zukommen. Im Rahmen dieses Leitfadens wird eine Zusammenstellung der aktuellen Gesetze und Richtlinien geliefert, welche die Außenbeleuchtung bzw. Lichtverschmutzung in Luxemburg behandeln:

- *Règlement-type sur les Bâtisses, les Voies publiques et les Sites (Fassung 2018)*: Vom Innenministerium erlassene Typ-Verordnung, welche den kommunalen Behörden als Orientierungsgrundlage bei der Anfertigung ihrer eigenen Verordnungen dienen soll. Die Absicht dieses Dokuments ist es zwischen den Gemeinden eine Homogenität der applizierten Regeln zu erreichen wobei es nach dem Prinzip der kommunalen Autonomie den lokalen Autoritäten überlassen ist, inwiefern sie den Inhalt übernehmen wollen. Artikel 7 Punkt 7.3. der Verordnung enthält allgemeine Anforderungen für Beleuchtungen in urbanen Räumen mit Fokus auf Sicherheitsaspekte. Zudem liefert der Artikel einen allgemeinen Hinweis hinsichtlich der Auslegung der Beleuchtung um die Lichtverschmutzung und deren Auswirkungen auf Nachthimmel, menschliche und natürliche Umwelt zu begrenzen.

(http://www.mi.public.lu/publications/amenagement_communal/rbvs/rbvs.pdf)

Die Gemeinden besitzen somit bereits Möglichkeiten ihre Beleuchtungen, auch unter Berücksichtigung von Lichtverschmutzungsaspekten, differenziert zu regeln, nämlich in ihren Bauverordnungen und (Teil-)Bebauungsplänen.

- Im Rahmen der Teilbebauungspläne (PAPs) können in Konventionen und Ausführungsplänen konkrete Vorschriften für die öffentliche Beleuchtung festgehalten werden (i.e. Leuchtentyp, Lichtausrichtung, Farbtemperatur, Steuerung...). Gleiches kann auch auf Ebene der allgemeinen Bebauungspläne (PAGs) in den Bedingungen für die sogenannten „zones de servitude urbanisation“ erfolgen.
- In der aktuellen *Kommodogesetzgebung* ist die Außenbeleuchtung über den Sicherheitsaspekt abgedeckt wobei Kriterien für die Beleuchtung in betriebsgebundenen Genehmigungen vorgeschrieben werden. Die Gewerbeinspektion ITM beispielsweise schreibt anhand ihrer beiden Regelwerke ITM ET 32.10 (Artikel 15) und CL 55.2 in betriebsgebundenen Genehmigungen Mindestbeleuchtungsstärken am Arbeitsplatz vor. Diese enthalten ähnlich der EN 12464-2 Norm differenzierte Beleuchtungsstärken je nach Arbeitsbereich und Tätigkeit.

(http://www.itm.lu/files/live/sites/Itm/files/securite-sante/Conditions_types/old/et32-10.pdf)

(http://www.itm.lu/files/live/sites/Itm/files/securite-sante/Conditions_types/old/cl55-2.pdf)

- Die Beleuchtungen entlang der staatlichen Straßen werden von den *permissions de voirie* der Brücken- und Straßenbauverwaltung abgedeckt.

(<http://www.pch.public.lu/fr/organisation/attributions-competences/permissions-voirie/index.html>)

- Der *nationale Dienst für die Sicherheit im öffentlichen Dienst* hat eine Verordnung erlassen, welche die Beleuchtung der Zuwege zu öffentlichen Gebäuden und öffentlichen Räumen regelt. Artikel 2.8 der Verordnung legt dabei Beleuchtungsstärken für Zonen mit erhöhtem Gefahrenpotential wie z. Bsp. Treppen/-stufen, Hindernissen und engen Passagen fest.
(<https://mfpra.gouvernement.lu/fr/le-ministere/organisation/administrations/service-national-securite-fonction-publique.html>)
- Die Genehmigungen von Laser und Flutlichtern, die unter anderem als Skybeamer und zur Anstrahlung von Gebäuden benutzt werden, werden einerseits von der ITM für Betriebe und andererseits von der Direktion für Zivilluftfahrt *Direction de l'aviation civile DAC* für spezifische und temporäre Veranstaltungen privater und öffentlicher Natur erteilt. In beiden Genehmigungsprozeduren spielt der Sicherheitsaspekt, mit u. a. einer Relevanz für die Flugsicherheit, eine wesentliche Rolle. Zusätzlich werden in DAC Genehmigungen Lichtstärke und Lichtspektrum berücksichtigt.
- Um die Lichtverschmutzung und deren negativen Einflüsse auf Flora und Fauna zu begrenzen werden die Beleuchtungen von in Grünzonen befindlichen Fahrrad- und Spazierwegen über die entsprechenden Anforderungen in Naturschutzgenehmigungen geregelt. Hier sind Kriterien wie etwa Beleuchtungstyp, Beleuchtungsdauer, Farbtemperatur und Lichtausrichtung abgedeckt.

7 Empfohlene Vorgehensweise für Gemeinden - Thema Außenbeleuchtung

7.1 Sensibilisierung und Beteiligung der Interessensgruppen

Das Thema Lichtverschmutzung wurde bisher in der breiten Öffentlichkeit wenig diskutiert. Damit aber die genannten Ziele der Verringerung der Himmelsaufhellung und Bewahrung natürlicher Nachtschaften erreicht werden können, müssen die verschiedenen Interessensgruppen informiert, sensibilisiert und möglichst an Planungsprozessen beteiligt werden. Städten und Gemeinden und allgemein dem Staat fällt dabei eine besondere Verantwortung zu, da sie Neuplanungen und Sanierungen von öffentlicher Beleuchtung verantworten und diese Beispiel gebend für den Umgang mit Licht sein können. Umweltverträgliche Beleuchtung mit einem Steuerungsmanagement, welches bedarfsorientiert ausgerichtet ist, kann als „best practice“ Vorbildcharakter im Umgang mit Licht haben. Als Interessensgruppen gelten Handel, Industrie, Sportverbände und allgemein die Bürger.



Abb. 12: Bürgerbeteiligung Neugestaltung Fußgängerzone Memmingen. Präsentation der Planung und Workshop im Gemeindesaal.

Dieser Vorbildwirkung sollten sich die Gemeinden bewusst werden und Neu- bzw. Umplanungen der öffentlichen Beleuchtung auch als Chance zu mehr Bürgerbeteiligung sehen. Da neue Beleuchtungsanlagen oftmals das Erscheinungsbild eines Straßenzugs bzw. öffentlicher Gebäude bei Nacht verändern, ist die Partizipation auch für die Akzeptanz und Identifikation von großer Bedeutung. Sensibilisierung kann z.B. durch Veranstaltungen wie Stadtfeste oder besondere Handelstage / Märkte durchgeführt und kommuniziert werden. Es hilft möglichst alle Altersgruppen zu erreichen, indem „gute Beleuchtung“ bei solchen Veranstaltungen angewendet wird mit entsprechenden Hinweisen für die Besucher. Aktivitäten an Schulen, Abendveranstaltungen wie z.B. astronomische Beobachtungen, „Birdwatch“, Nachtspaziergänge, Fledermausbeobachtungen etc. sind ebenfalls denkbar und lassen sich auch in Tourismusangebote einbinden.

7.2 Herangehensweise der Gemeinden – Planungskultur leben

Die Voraussetzung für die erfolgreiche Sensibilisierung hin zu einem bewussten, bedarfsgerechten Umgang mit Licht, setzt zunächst voraus, dass die Gemeindeverwaltung zu den Schutzziele steht und den Mehrwert einer verantwortungsvollen Beleuchtung für alle erkennt.

„Planungskultur leben“ bedeutet, dass kleine wie große Gemeinden den Dialog mit Verbänden und der breiten Öffentlichkeit herstellen. Informationsveranstaltungen und öffentliche Workshops schaffen Plattformen für Partizipation und bieten ein großes Entwicklungspotential. Auch wenn Beteiligungsverfahren manchmal Konflikte offenlegen, so fördern sie in jedem Fall die Akzeptanz und Identifikation auch mit größeren Infrastruktur- und Stadtbauprojekten.

Die Beteiligung der Öffentlichkeit bei der Planung und während der Verfahren verfolgt drei unterschiedliche Funktionen:

1. die Information über Vorhaben und Planungsstand,
2. die Anhörung von Meinungen, Empfehlungen und Einwänden, sowie
3. die Beteiligung an Lösungsfindung und Planung.

Die frühe und nicht-förmliche Öffentlichkeitsbeteiligung soll so angelegt und umgesetzt werden, dass alle drei Funktionen in Hinblick auf die Zielgruppen, Verbände und Bürger erreicht werden können. Soll die Beleuchtung von Industrie- und Gewerbegebieten verantwortungsvoll umgesetzt werden, dann sollten Interessensverbände von Wirtschaftsvertretern sowie die Gewerbeaufsicht (ITM), Industrie- und Handelskammern berücksichtigt werden. Regelungen für Werbung und Schaufensterlicht sollte in Gemeinschaft mit Händlern abgestimmt und dessen Wirkung auf Tourismus und Belebung der Innenstädte erläutert werden. Sportverbände und –vereine sind Ansprechpartner für die Beleuchtung von Sportplätzen und deren Nutzung.

Gemeinden haben bzw. schaffen sich durch Planungsinstrumente wie z.B. Bebauungspläne PAG und PAP oder Masterpläne einen Handlungsspielraum.

Mit einem **Masterplan** können stadtplanerische Strategien entwickelt und Handlungsvorschläge erarbeitet werden. Das Verfahren zur Aufstellung eines Masterplanes ist rechtlich nicht definiert, daher kann ein Masterplan sehr frei zur Entwicklung stadtplanerischer Lösungen herangezogen werden. Zugleich ist ein Masterplan fortschreibungsfähig.

Auch kleinere, ländliche Gemeinden sollten die Vorteile von Masterplänen für eine nachhaltige und geordnete Entwicklung, sowie für Lebensqualität und Tourismus sehen. Sie bieten eine Struktur einschließlich Kosten- und Zeitplan, welche langfristig Planungssicherheit bedeuten.

7.3 Lichtmasterpläne und Detailplanung

Lichtmasterpläne (*plans lumières*) sind übergeordnete Instrumente zur geordneten Entwicklung von Lichtenwendungen im Freiraum. Dabei soll ein räumliches Gesamtkonzept erstellt werden, das den Zusammenhang zwischen Funktionalbeleuchtung und Architektur- bzw. Objektlicht herstellt.

Vorrangiges Ziel ist es ein Stadtbild bei Nacht zu schaffen, das sowohl Lichtverschmutzung und unnötige Himmelsaufhellung vermeidet, als auch wahrnehmungsphysiologische, sicherheitstechnische und atmosphärische Aspekte berücksichtigt.

Durch das Erstellen eines Masterplans, entsteht eine Handlungsanweisung für die Kommune zur langfristigen Entwicklung der Beleuchtung.

Damit verbunden ist immer die Absicht, Beleuchtung zielgenau und bedarfsgerecht einzusetzen.



Abb. 13: Cité Esch-Belval Quest Gesamtplanung. Der Masterplan zeigt die Funktionalbeleuchtung im Zusammenhang mit der Akzentbeleuchtung und stellt Hierarchien der Beleuchtung innerhalb des Gebietes dar.

Voraussetzung für die Erstellung eines Gestaltungsplanes ist die Raumanalyse mit anschließender Definition / Konzeption der geplanten Raumwahrnehmung.

Die Rahmenparameter eines Lichtmasterplans sind folgende:

- Å **Bestandsaufnahme des Planungsgebietes**
- Å **Übergeordnete Betrachtung:** Fernwirkung, Profil, Eingänge, Orientierung
- Å **Normen:** Funktionalbeleuchtung für Straßen, Fußgängerüberwege, Parkplätze, Arbeitsplätze im Freien
- Å **Empfehlung für das Licht:** Lichttechnik, Lichtfarbe und Lampentechnik
- Å **Verkehrs- und Nutzungstechnik:** Straßenschnitte unterschiedlicher Straßen-Hierarchien
- Å **Blickbeziehungen:** Gebietsübergreifende Verbindungen, Nutzungsbeziehung, Nebenrouten
- Å **Architektur- und Objektbeleuchtung**

Dabei gelten folgende Kriterien für die Auswahl zu beleuchtender Architektur:

- Kulturhistorisch bedeutsam
- Städteräumlich bedeutsam
- Orientierungspunkt/Sichtachsen
- Verkehrstechnische Relevanz

Idealerweise mündet die Raumanalyse in eine "Positivliste" der beleuchtenswerten Gebäude.

- Å **Allgemeiner Umgang mit Werbung und Licht**
- Å **Formale Merkmale / Spezifikation Leuchten**
- Å **Kostenübersicht**

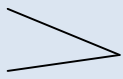
Die Umsetzung der gesetzten Ziele erfordert eine detaillierte Fachplanung, Spezifizierung und sachgerechte Ausführung der Licht- und Elektroplanung.



Abb. 14: Vom Gesamtkonzept bis zum technischem Detail. Die Spezifikation der Leuchten muss stimmen und entsprechend der Planung umgesetzt werden. Fachplaner ermöglichen eine unabhängige Bewertung der Umsetzung.

Empfohlen werden Messungen zur **Überprüfung und Qualitätskontrolle** im Bedarfsfall. Beleuchtungsstärke- und Leuchtdichtemessungen sind ein wichtiges Prüfinstrument um sicherzustellen, dass die vorgegebenen Werte der Planung eingehalten wurden und eine planungsgerechte Umsetzung stattgefunden hat.

Für die Durchführung der Messungen zur Qualitätskontrolle gibt es 3 Möglichkeiten:

- | | |
|---|--|
| 1. Beleuchtungsstärken mit Luxmeter punktuell oder in einer definierten Matrix messen. | ——— Qualifizierte Fachleute |
| 2. Leuchtdichte mittels Leuchtdichtekamera messen |  Teure Messgeräte und -aufbauten notwendig sowie besonders geschulte Fachleute |
| 3. Bildauflösende Leuchtdichtekamera zur Leuchtdichteauswertung des kompletten Umfeldes | |

Das Vorgehen bei der Abnahme einer gebauten Anlage soll vorher festgelegt sein und möglichst von unabhängigen Fachplanern durchgeführt werden.



Abb. 15: Luxmeter mit externem Messkopf.



Abb. 16: Kalibrierte Digitalkamera für bildauflösende Leuchtdichteauswertungen des ganzen Umfeldes.



Abb. 17: Leuchtdichtemessgerät.

8 Einstufung von Raumtypen in Umweltzonen

Es wird empfohlen, dass lokale Planungsbehörden Raumtypen entsprechend ihrer Umgebungshelligkeit und ihres Schutzgrades in Umweltzonen einstufen. Diese Kategorisierung unterstützt das Festlegen von Schutzziele und definiert Handlungsanweisungen für Beleuchtung entsprechend der Umweltzone. Sie gelten dabei allgemein und für alle Nutzungsbereiche.

Detaillierte Handlungsempfehlungen nach Nutzungsbereichen sind im **Kapitel 10.1 bis 10.8** genannt und sollen ebenfalls beachtet werden.

Umweltzonen		Beispiele für Raumtypen
Zone	Einstufung	
0	Geschützt	Naturreservate Natura 2000 Schutzgebiete
1	Natürlich	Naturparks Grünzone
2	Ländlich	Innerörtliche Grünzone
3	Vorstädtisch	Zentraler Bereich Kleinstadt, Vorort, Mischgebiet
4	Städtisch	Stadtzentrum, Geschäftszentrum mit hoher nächtlicher Aktivität

Abb. 18: Umweltzonen mit Einstufung und Beispiele für entsprechende Raumtypen.

Zone 0: Naturreservate und Natura 2000 Schutzgebiete

Naturreservate und Natura 2000 Schutzgebiete haben einen Sonderstatus in Bezug auf Beleuchtung und sind als geschützt eingestuft.

Auf Grund der sehr hohen Sensibilität der in Naturschutzgebieten lebenden Arten darf Beleuchtung hier nur sehr eingeschränkt eingesetzt werden.

Zu den Schutzgebieten gehören: Feuchtgebiete, Heide, Trockengebiete, Naturwald, Streuobstwiesen, andere Wald- und diverse Flächen. Generell gelten als besonders schützenswert Gebiete mit einer Nähe zu Wasserkörpern wie Seen, Flüssen und Bachläufen und deren Uferzonen, auch wenn dies keine ausgewiesenen Naturschutzgebiete sind.

Natura 2000 Gebiete beinhalten teilweise auch Siedlungsgebiete, Aussiedlerhöfe und Kläranlagen. Grundsätzlich soll Beleuchtung auf das Maß der Verkehrssicherung und Arbeitsplatzsituation bedarfsgerecht eingesetzt werden und entsprechend auf die Arbeitszeit, bzw. Nutzungsdauer zeitlich oder mit Sensorik geschaltet und begrenzt sein. Dies gilt insbesondere auch für die Zuwegung von Aussiedlerhöfen und Kläranlagen.

Es sollen **keine privaten Akzentbeleuchtungsmaßnahmen in Gärten oder an Fassaden** ausgeführt werden und nur jene Gebäude, welche per Gesetz als Nationalmonument eingeordnet sind („*immeubles et objets classés monuments nationaux*“) dürfen beleuchtet werden.

Funktionalbeleuchtung, die zur Verkehrssicherung notwendig ist, sollte mit Lichtfarbe „amber“ bzw. Farbtemperatur ca. 2200 – 2500K ausgeführt werden. Bei Arbeitsplatz- bzw. Sportstätten- und Freizeitanlagenbeleuchtung hingegen muss die Lichtfarbe den Anforderungen des Arbeitsbereichs bzw. der Sportstätte/Freizeitanlage entsprechend in Farbtemperatur 3000K bzw. 4000K und mit akzeptabler Farbwiedergabe ausgeführt werden.

Temporäre Beleuchtung soll nicht eingesetzt werden.

Die Bestandsbeleuchtung sollte in Zone 0 entsprechend der genannten Kriterien zur bedarfsgerechten Beleuchtung angepasst werden.

Zone 1: Naturparks und Grünzonen

Wie in Zone 0 gilt in Zone 1 grundsätzlich die Beleuchtung auf das Maß der Verkehrssicherung und Arbeitsplatzsituation bedarfsgerecht einzusetzen und entsprechend auf die Arbeitszeit, bzw. Nutzungsdauer zeitlich oder mit Sensorik geschaltet zu begrenzen. Dies gilt insbesondere auch für die Zuwegung von Aussiedlerhöfen und Kläranlagen.

Spazierwege in den Grünzonen und Naturparks sollen nicht beleuchtet werden.

Auch hier gilt wie in Zone 0, dass **keine privaten Akzentbeleuchtungsmaßnahmen in Gärten oder an Fassaden** ausgeführt werden sollen und nur jene Gebäude, welche per Gesetz als Nationalmonument eingeordnet sind („*immeubles et objets classés monuments nationaux*“) beleuchtet werden dürfen.

Funktionalbeleuchtung in Zone 1 soll in Lichtfarbe warmweiß mit Farbtemperatur max. 3000K ausgeführt werden.

Temporäre Beleuchtung soll nicht eingesetzt werden.

Für Zonen 2, 3 und 4 gelten die Bauvorschriften und Handhabung der Gemeinden.

Grundsätzlich sind bei Architektur- und Objektbeleuchtung die naturschutzrechtlichen Belange zu beachten. Im Einzelfall muss eine Prüfung des Naturschutzes durchgeführt werden, wobei der Naturschutz immer Vorrang haben sollte gegenüber Beleuchtung von Fassaden oder Objekten.

Sofern ein Sonderfall vorliegt und eine Überlagerung von beispielsweise Zone 4 mit Zone 0 vorliegt, sollten für den Überlagerungsbereich die strengeren Kriterien herangezogen werden, also in diesem Falle von Zone 0. Grenzt ein Gebiet Zone 0 direkt an eine Zone 2, 3 oder 4, muss in dem angrenzenden Bereich besonders auf die Einhaltung der genannten Kriterien von Architekturbeleuchtung oder Sportplatzbeleuchtung etc. geachtet werden. Ausrichtung und Auswahl einer geeigneten Abstrahlcharakteristik mit rückseitigem Cut-off, d.h. Vermeidung von nach hinten nicht auf die Nutzfläche abgegebenem Licht, sind strikt zu beachten.



Abb. 19: *Schiffflange: links Kugelleuchte mit Abstrahlverhalten rundum, rechts Leuchte mit Abstrahlverhalten nach unten jedoch mit mehr als 70° und ohne rückseitigem Cut-off.*

9 Lampen und Leuchten im Außenbereich

9.1 Lichterzeugung und technische Lichtquellen

Die erste allgemein gebräuchliche, elektrische Glühlampe als technisches Leuchtmittel wurde Ende des 19. Jahrhunderts produziert. Seitdem wurden immer wieder und immer schneller neue Lampen entwickelt, getrieben von dem Streben nach höherer Effizienz und besserer Lichtqualität.

Entstanden sind Lampen mit sehr unterschiedlichen Spektren in verschiedenen Farbtemperaturen und mit unterschiedlicher Lichtausbeute und Bauform. LED (engl. = light emitting diode) Lichtquellen haben seit der Realisierung weißer Lichtfarben den Markt der Leuchtenindustrie revolutioniert.

Technische Lampen

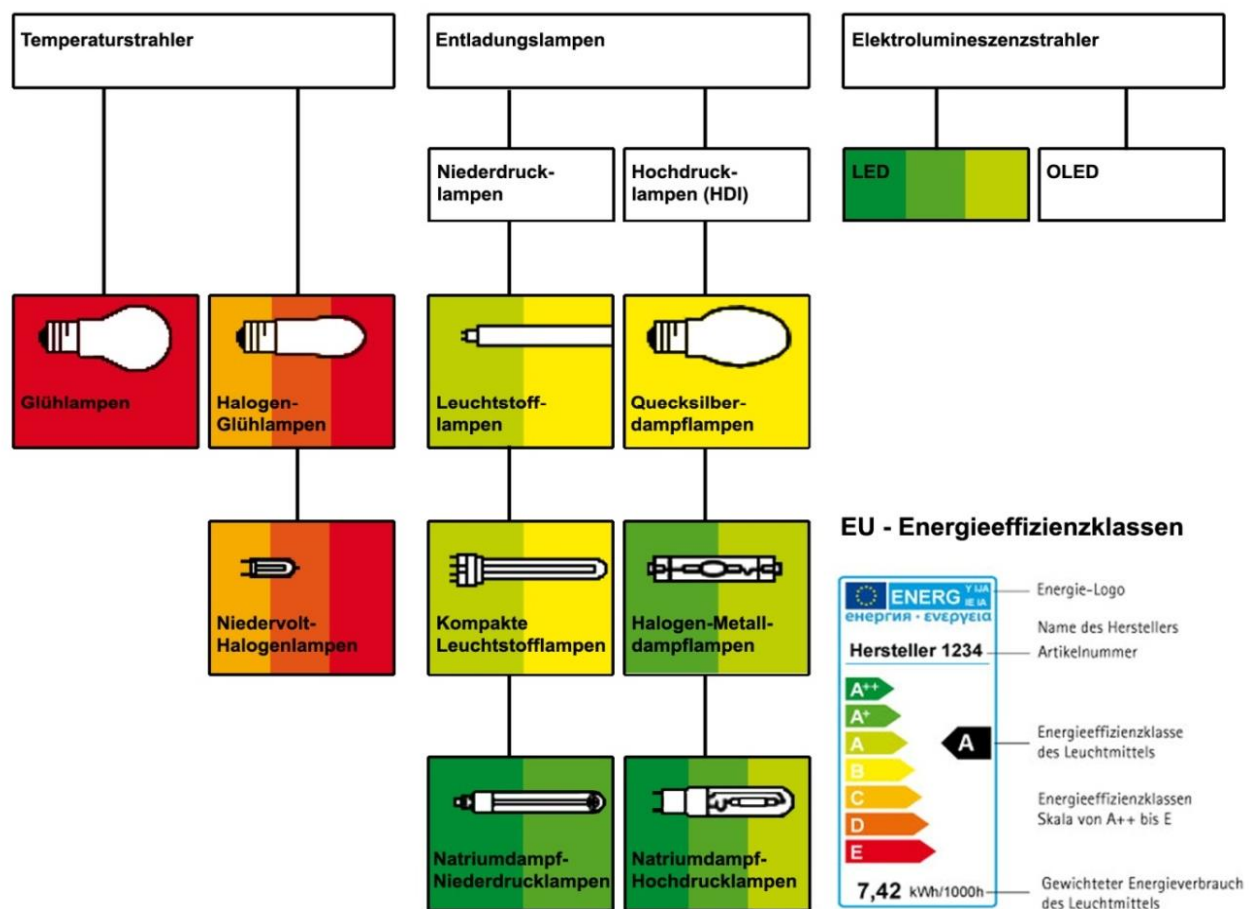


Abb. 20: Übersicht künstlicher Lichtquellen mit Energieeffizienzklassen EU.

Ihrem Energieverbrauch entsprechend werden Lampen für die Haushaltsbeleuchtung in Energieeffizienzklassen eingeordnet. Das Energielabel weist die Effizienzklassen A++ bis E aus: „A++“ steht für besonders sparsamen, „E“ für sehr hohen Energieverbrauch (EU-Richtlinie 92/75/EWG).

Neben der Wirtschaftlichkeit und Zielen der Umweltverträglichkeit muss auch die Qualität des Lichtes über Farbtemperatur, Farbwiedergabe und Dimmbarkeit gewährleistet sein. LEDs mit warm-weißer Farbtemperatur erwiesen sich als die ökologisch verträglichste Variante (siehe Anhang 2). Weshalb LEDs im Vergleich zu anderen als ökologisch einigermaßen verträglich eingestuft Leuchtmitteln wie NAV in Summe signifikant weniger Insekten anlocken ist aber noch ungeklärt.

9.2 Leuchten im Außenbereich

Die Auswahl von Leuchten erfolgt anhand vielfältiger Kriterien, entsprechend der spezifischen Anwendungsbereiche (siehe auch **Kapitel 10.1.-10.8. Methoden, „Best practice“**).

Dabei gilt es zunächst das angemessene Beleuchtungsniveau zu erreichen und dafür die entsprechende Anzahl zu kalkulieren. Die Gleichmäßigkeit bzw. Akzentuierung des zu planenden Szenarios wird über die Lichtverteilung, die Anordnung und Anzahl der Leuchten umgesetzt.

Übersicht der Anforderungskriterien an Leuchten allgemein:	
Technisch	Schutzart und Klasse (vergleiche örtliche Errichtungsvorschriften), Dauerhaftigkeit und Erwärmung (vergleiche Anforderungen der EN60598), Thermisches Konzept, Überspannungsfestigkeit (Empfehlung: mind. 6KV für leitungsgebundene Überspannungen), Lebensdauer und Wartungsfaktor, Systemeffizienz, Lichtfarbe und Farbwiedergabe, ULOR (=upper light output ratio, Anteil des in den oberen Halbraum abgegebenen Lichtes) Kenn- und Prüfzeichen (CE: Hersteller-Eigenerklärung der Konformität mit anzuwendenden europäischen Richtlinien, ENEC: Nachweis der Überprüfung durch ein unabhängiges europäisches Prüflabor)
Funktional	Lichtverteilungen, Dimmbarkeit / Ansteuerbarkeit, Zopfmaße und Montagearten, mechanische Einstellbarkeit, werkzeuglose Öffnung, Komponenten und Lichttechnik in Blöcken tauschbar, Steckverbindungen zwischen Lichttechnik und Treiber, Verfügbarkeit von Zubehör zur präzisen, blendfreien Beleuchtung der zu beleuchtenden Bereiche
Gestalterisch	Leuchte als Ausstattungsgegenstand im öffentlichen Raum, Leuchten“familien“, Realisierbarkeit unterschiedlicher Vorgaben in einer Bauform
Ökologisch	Werkstoffe, Lebensdauerzyklen, wieder verwendbare Materialien, separate Verwertung, „Cradle-to-Cradle-System“, Garantien / Gewährleistung, Ersatzteilverfügbarkeit, „Update-Fähigkeit“, Verwendung standardisierter Modulkomponenten (z.B. Zhaga)

Allgemeine technische Anforderungen werden hier für die nachfolgenden Nutzungsbereiche in Kapitel 10 genannt und dort ggf. näher spezifiziert.

Alle lichttechnischen Daten müssen nach EN 13032-4 unter realen Betriebsbedingungen und mit thermisch eingeschwungenen Leuchten ermittelt werden. So können verbindliche und vergleichbare Angaben zu Leuchtenlichtstrom, der Gesamtleistungsaufnahme, der ähnlichsten Farbtemperatur CCT, der Farbwiedergabe CRI und der Einheitlichkeit der Lichtfarbe (Farborttoleranz) „Standard Deviation of Colour Matching“ SDCM getroffen werden.

Die Austauschbarkeit von Komponenten sollte möglichst als werkzeuglos wechselbare, getrennte Baugruppen für Lichtquelle / Lichttechnik-Modul und Betriebsgerätemodul erfolgen können.

Durch Kennzeichnung von Leuchten mit **ENEC Prüfzeichen** und **CE-Kennzeichen** soll vor allem die Betriebssicherheit zugesichert werden.

Licht, das auf Flächen außerhalb der Nutzfläche abgestrahlt wird, trägt praktisch nicht zur Platz- und Straßenbeleuchtung und somit nicht zum Nutzlicht bei. Es ist also **verschwendetes Licht** das zur Lichtverschmutzung und zu unnötigem Energieverbrauch beiträgt.

Die Darstellung der Abstrahlcharakteristik einer Leuchte erfolgt mithilfe von Lichtstärkeverteilungskurven, abgekürzt LVK. Lichtstärkeverteilungskurven beschreiben, wie viel Licht durch die Lichtquelle zur Verfügung gestellt und in welche räumlichen Bereiche Licht abgestrahlt wird. Bei asymmetrischen Strahlern werden die Strahlungsverteilungen von zwei Ebenen dargestellt (**Abbildung 22 in räumlicher Darstellung und als Blick von oben; Abbildung 23 als Diagramm**).

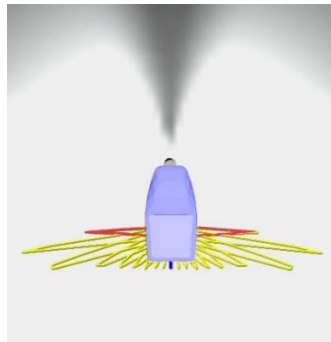
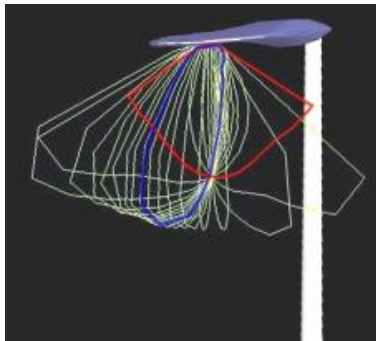


Abb. 22: Veranschaulichung von zwei Messebenen einer Lichtverteilungskurve an einer Straßenleuchte: blau gezeichnet ist das seitlich abstrahlende Licht der C0-C180 Ebene, rot dargestellt ist die C90-C270 Ebene, welche die Abstrahlung der Leuchte in den vor- bzw. rückseitigen Bereich (Cut-off) zeigt.

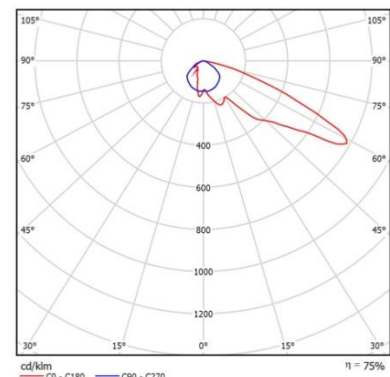
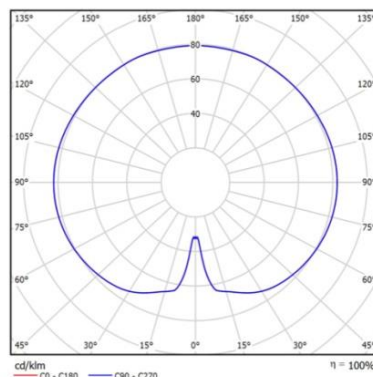
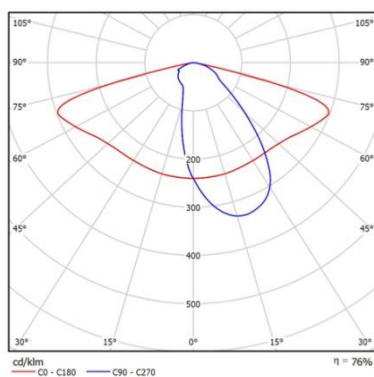


Abb. 23: a/b/c: Lichtverteilungskurve einer asymmetrischen Straßenleuchte, einer freistrahrenden Kugelleuchte und einer auf die Nutzebene ausgerichteten Optik.

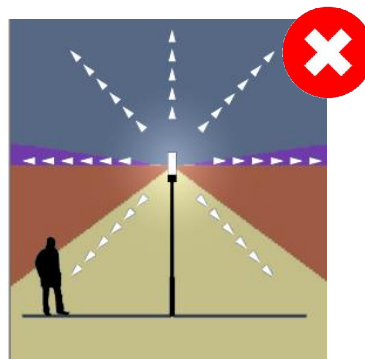
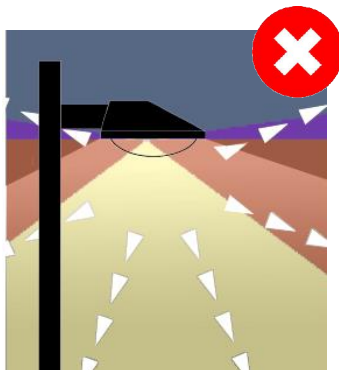


Abb. 24: Seitliches bzw. nach oben abstrahlendes Licht oberhalb des Nutzlicht Strahlungsbereichs ist zu vermeiden und kann nur bei horizontaler, flacher Glasabdeckung und entsprechender Ausrichtung erreicht werden.

Ein wesentliches Kriterium bei der Auswahl von Leuchten ist, dass kein Licht in und über die Horizontale abgestrahlt wird (ULOR = 0%). Dies ist bei sogenannten „Full-Cut-off“ Leuchten der Fall, wenn sie ordnungsgemäß horizontal montiert sind.

Durch die Definition spektraler Lichtqualität in Form von zugelassenen Lichtfarben und Farbwiedergabe soll möglichst Insekten-schonendes und eine Melatonin-Unterdrückung vermeidendes Funktionallicht zur Anwendung kommen. Als Anforderung an die ähnlichste Farbtemperatur wird daher grundsätzlich eine Farbtemperatur CCT von max. 3000K festgelegt. Ausnahmen gelten z.B. bei Beleuchtungen von Sportanlagen, Architektur- bzw. Objektanstrahlungen mit besonderen Anforderungen an die Lichtfarbe.

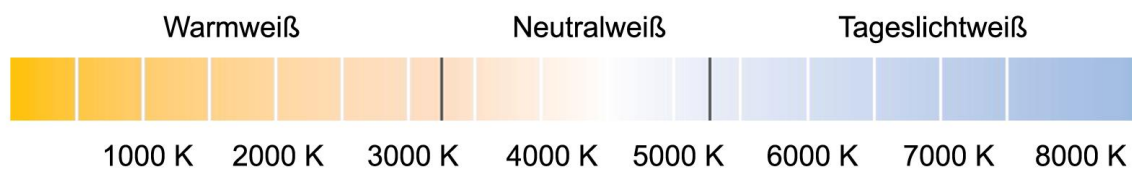


Abb. 25: Farbtemperaturangaben in Kelvin.

Im innerstädtischen Kontext soll eine Farbwiedergabe mit einem Farbwiedergabeindex Ra (CRI) von min. 70 gegeben sein. Eine gute Farbwiedergabe unterstützt die nächtliche Sehfähigkeit und Sicherheit.

Die Leuchtenhersteller sind verpflichtet, **Lebensdauerangaben** von Leuchten nach IEC 62722-2-1 im Format „z Stunden bei LxBy“ anzugeben.

Der **Lx Wert** steht für den prozentualen Wert des Lichtstroms, der nach der angegebenen Betriebsdauer von z Stunden im Verhältnis zum Lichtstrom im Neuzustand noch von der Leuchte abgegeben wird. Typische Werte von „x“ sind zum Beispiel 70 oder 80 Prozent (L70 oder L80) bei einer bestimmten, anzugebenden Lebensdauer von beispielsweise 50.000 Stunden unter festgelegten Betriebsbedingungen (z.B. Umgebungstemperatur ta typisch 25°C).

Der **By Wert** hingegen steht für den Anteil y der LED-Leuchten in Prozent, die nach dem angegebenen Zeitraum den angestrebten Lichtstrom von x Prozent (siehe x von Lx) nicht unterschreiten. Die Angabe L50/B70 bei 50.000h heißt dementsprechend: nach 50 000 Betriebsstunden beträgt der Lichtstrom bei mindestens der Hälfte der Leuchten noch mindestens 70% des ursprünglichen Lichtstroms (Neuwert). Von der anderen Hälfte der Leuchten könnten aber durchaus ein Teil vollständig ausgefallen sein und der Rest mit nur geringem Lichtstrom weiterarbeiten.

Ohne Angabe eines By-Wertes gilt B50 und die angegebene Lebensdauer wird bei LED-Leuchten als *mittlere* Bemessungslebensdauer bezeichnet.

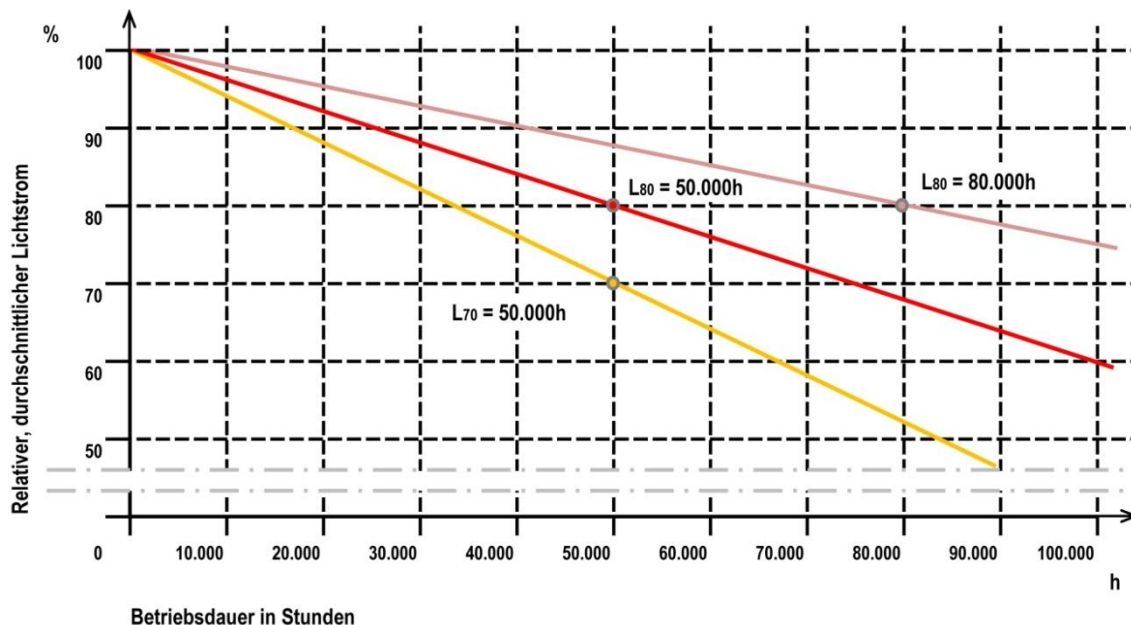


Abb. 26: Betriebsdauer in Stunden und relativer durchschnittlicher Lichtstrom in %.

Bei LEDs beinhaltet die **Lebensdauerangabe** eine Prognose zur Lebensdauer, welche auf Grund der Länge der Zeitspanne nicht tatsächlich geprüft werden kann, sondern mit Hilfe eines definierten Testverfahrens (TM30) auf den Zeitraum hochgerechnet wird (LM80).

Gefordert ist für technische Leuchten eine Bemessungslebensdauer L_{xBy} min. 70.000 Stunden bei einem Lichtstromerhalt von min. 80% des Neuwertes beträgt, der von max. 20% der Leuchten unterschritten werden darf (L_{80B20} nach 70.000h). Alternativ sollte bei Angabe der mittleren Bemessungslebensdauer L_x die Mindestanforderung 80.000h betragen, jeweils gültig für eine Umgebungstemperatur t_a von 25°C.

Für die zugelassenen Umgebungstemperaturen ist ein Betriebsbereich von mindestens t_a - 20°C....+45°C gefordert.

Die **Immunität gegen leitungsgebundene Überspannungen** sollte min. 6 kV/3kA (L-N) / 8 kV (L/N-GND) Stoßspannung betragen.

Eine **Steuerschnittstelle** an Betriebsgeräten ist vorzusehen (bevorzugt DALI). Zusätzliche Schnittstellen (z.B. 1-10V, Schaltkontakt, andere Steuerschnittstellen) sind zulässig.

Weitere Merkmale zur Bewertung von Leuchten:

- Ä Gewährleistungsbedingungen: 5 Jahre Garantie (d.h. ohne Beweislastumkehr) ohne zusätzliche Auflagen (z.B. Registrierungspflicht, Betriebszeitenbeschränkung, etc.)
- Ä Garantierte Langzeitverfügbarkeit / Nachkaufgarantie zu festzulegenden Konditionen für Komponenten und Lichtquellen / -technik über min. 15 Jahre

Energieverteilnetze sollen grundsätzlich als eigenes Beleuchtungsnetz ausgeführt werden.

Ein direkter Anschluss von Leuchten an Niederspannungsnetze ist nicht zu empfehlen.

10 Handlungsempfehlungen und „Best Practice“ nach Nutzungsbereichen

Im folgenden Kapitel werden die verschiedenen Planungsbereiche von Beleuchtung im Außenraum behandelt. Kriterien und Handlungsanweisungen für die Umsetzung „guter Beleuchtung“ werden genannt und können mit Hilfe von Checklisten abgearbeitet werden.

Eine Gesamtbetrachtung der zu beleuchtenden Situation und ihres Kontextes, sollte immer einer Planung vorangestellt werden, damit die Beleuchtungsanlage sowohl lichttechnischen Mindestforderungen, gestalterischen Ansprüchen, als auch Umweltschutz Kriterien entspricht.

Die Merkmale einer „guten Beleuchtung“ sind im Folgenden in den Anforderungen der Beleuchtungsqualität, der Leuchtenanforderung und der Anlagenanforderungen genannt.

10.1 Funktionalbeleuchtung von Straßen, Wegen, Plätzen

10.1.1 Definition

Der Begriff **Funktionalbeleuchtung** bezieht sich auf ortsfeste, öffentliche Beleuchtung von Verkehrsflächen in Form von Straßen, Wegen und Plätzen.

Die wichtigsten Aufgaben der öffentlichen Beleuchtung sind:

- a. Verkehrssicherungspflicht*, besonders in Gefahrenbereichen, wo Flächen gemeinsam von Kraftfahrzeugen, Fußgängern und Radfahrern genutzt werden.
- b. Straßenbeleuchtung als öffentliche Aufgabe der Daseinsvorsorge*, zur Unterstützung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung
- c. Stadtbeleuchtung als Ausdruck urbanen Lebens*

Im Sinne der Umweltverträglichkeit und der Vermeidung von Himmelsaufhellung sollte zu Beginn jeder Planungsaufgabe die Frage nach der Beleuchtungsnotwendigkeit gestellt werden.

Grundsätzlich besteht keine allgemeine Beleuchtungspflicht. Die Beleuchtung soll sich nach dem Bedarf richten und dementsprechend auch nur dorthin, wo sie benötigt wird.

Innerhalb von geschlossenen Ortschaften wird empfohlen zu beleuchten; außerhalb geschlossener Ortschaften wird nicht beleuchtet. Ausnahmen sind besondere Gefahrenstellen auf Autobahnen und Schnellstraßen.

Bei Planung, Bau und Betrieb von Beleuchtungsanlagen ist die europäische Norm EN 13201 Teil 1 bis 5 zu befolgen, da diese in Luxemburg ratifiziert ist.

Ein Übermaß an Licht soll vermieden werden. Beleuchtungsanlagen sollen möglichst umweltverträglich gestaltet werden und gleichzeitig den geforderten Richtlinien entsprechen.

10.1.2 Bestandssituation

Ein Großteil der Straßenbeleuchtung ist älter als 20 Jahre, Austausch und Erneuerung der alten Anlagen bietet Vorteile und Perspektiven speziell bei Verwendung von LED Technik.



Abb. 27: Kugelleuchten strahlen das Licht diffus in alle Richtungen ab. Das Auge fokussiert auf die hohe, sichtbare Leuchtdichte und setzt die Erkennbarkeit der Umgebung herab.

10.1.3 Zielsetzung

Vermeidung von Himmelsaufhellung und Lichtverschmutzung, die Belastung von Flora und Fauna minimieren, Energieeinsparung, Kosteneinsparung, CO₂-Minderung und Gesundheitsgewinn sind die Mehrwerte, die eine bedarfsgerechte Beleuchtung allgemein erreichen können. Verglichen mit konventionellen Beleuchtungslösungen, können insbesondere mit der LED-Technik neue und vielfältige Möglichkeiten des **Lichtmanagements** realisiert werden.

Das Beleuchtungsniveau kann im Verlauf der Nacht anhand der sich ändernden Parameter gemäß EN 13201 über Steuerung in Kombination mit Sensorik oder Zeitfunktion abgesenkt werden.

Lange Lebensdauern von LED Leuchten sowie Möglichkeiten des Fehlermanagements reduzieren den Wartungsaufwand einer Anlage. Die kompakte Bauweise der LEDs erlaubt den Einsatz von Linsen und Reflektoren, welche ein sehr präzises Beleuchten der Flächen ermöglicht.

Da die LED Technologie erst seit kurzer Zeit am Markt etabliert ist, müssen die verfügbaren bzw. angebotenen Produkte sorgfältig und möglichst durch Fachplaner geprüft werden.

10.1.4 Handlungsempfehlungen Funktionalbeleuchtung

A. Beleuchtungsqualität - Anforderungen Funktionalbeleuchtung

Generelle Handlungsempfehlungen für die Planung einer nachhaltigen Funktionalbeleuchtung sind:

- Ä Die Frage nach der Notwendigkeit einer Beleuchtung: Besteht eine Beleuchtungsnotwendigkeit für den zu planenden Bereich? Das heißt: Licht soll nur dorthin, wo es für die Verkehrssicherheit notwendig ist.
- Ä Streulicht auf Hausfassaden bzw. Grünflächen soll vermieden werden. Eine direkte Himmelsaufhellung ebenso.

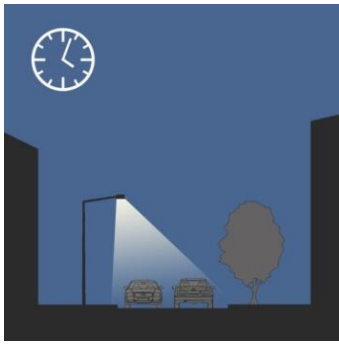


Abb. 28: Flexible Steuerung entsprechend der Zeit, bzw. des Verkehrsaufkommens ermöglicht den Grundsatz „Licht nach Bedarf“.

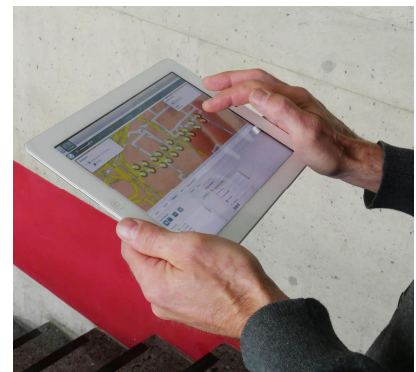
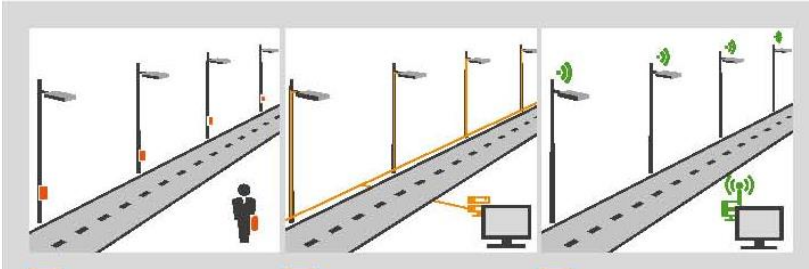


Abb. 29: Vielfältige Steuerungsmöglichkeiten für bedarfsgerechtes Licht, Wartungs- und Fehlermanagement reduziert den Arbeitsaufwand.

- Ä Planung durch fach- und sachkundige Personen erforderlich
- Ä Qualitätskontrollen werden empfohlen als zusätzliche Sicherheit einer entsprechenden Umsetzung. Das Vorgehen bei der Abnahme soll festgelegt sein: der zuständige Fachplaner ist für die Messung der Beleuchtungsstärke und Überprüfung korrekter Ausrichtung und Installation der Leuchten zur Abnahme hinzu zu ziehen.

Die Norm „EN 13201, Teile 1-5 Straßenbeleuchtung“ ist wie bereits erwähnt ein verbindliches Regelwerk. Es wird empfohlen die Anforderungen der Beleuchtungsklasse nicht signifikant zu überschreiten, um Lichtverschmutzung zu vermeiden.

Es ist gängige Praxis innerhalb der Norm bei Planungsaufgaben Spielräume zu nutzen, d.h. dass die Norm es ermöglicht das Umfeld der Beleuchtungssituation zu berücksichtigen. Dadurch können niedrigere Beleuchtungsstärken bei der Planung angesetzt werden.

Ebenso ist die bedarfsgerechte Steuerung nicht in der Norm vorgeschrieben, aber erlaubt und kann somit zur Reduzierung der Lichtverschmutzung genutzt werden.

Als weitere Möglichkeit der Gestaltung besteht die Interaktion mit anderen verkehrsgestaltenden Maßnahmen. Das heißt, dass z.B. eine Tempo-30-Zone eingeführt werden kann, wodurch sich neue Beleuchtungsanforderungen stellen.

Zudem lassen sich über die zur EN 13201 gehörenden Beleuchtungsklassen, welche jeweils entsprechend der Beleuchtungssituation zur Anwendung kommen, spezifische Gütemerkmale und Anforderungen anwenden, welche zwar nicht zwingend anzuwenden sind, aber förderlich im Sinne „Guten Lichtes“.

So lässt sich zum Beispiel für Fußgänger bzw. Konfliktsituationen (P-/C-Klassen = pedestrian/conflict) eine verbindliche **Anwendung der Grenzwerte des Gütemerkmals TI-Werts zur Bewertung und Begrenzung physiologischer Blendung festlegen**. Hoher Sehkomfort und Unterstützung von Sicherheit, wird damit gewährleistet. Nach Norm ist die Anwendung dieses Gütemerkmals nicht zwingend, sondern als "kann" / "sollte" formuliert.

Zudem sollte eine klare Definition für Anwendungsbereiche der in der Norm als „SC-Klasse“ (SC = semi-cylindric) bezeichneten Bereiche innerhalb von Gemeinden getroffen werden, da diese über die Forderung einer halb-zylindrischen Beleuchtungsstärke **Anforderungen an Gesichtserkennung in Bereichen erhöhten Kriminalitätsrisikos bietet**.

Checkliste Beleuchtungsqualität Anforderungen - Funktionalbeleuchtung

Die Dimensionierung der Funktionalbeleuchtung erfolgt entsprechend EN 13201. Die Einhaltung der nachfolgend aufgeführten Qualitätsanforderungen der Beleuchtung sind in der Planung zu berücksichtigen.

	Eigenschaft	Beschreibung	Ja/Nein
Grundsatz "Licht nach Bedarf"			
1.	Beleuchtungsnotwendigkeit	Frage nach der Notwendigkeit einer Beleuchtung: Besteht eine Notwendigkeit zur Beleuchtung für den zu planenden Bereich? Grundsätzlich besteht keine allgemeine Beleuchtungspflicht.	
	Eigenschaft	Beschreibung	erfüllt
2.	Beleuchtungsklassen verbindlich einhalten	EN 13201-1 bis 5 sind bei Planung, Bau und Betrieb einzuhalten. Es wird empfohlen die Anforderungen der Beleuchtungsklasse nicht signifikant zu überschreiten, um Lichtverschmutzung zu vermeiden.	
3.	Lichtverteilung	Streulicht vermeiden (siehe auch Punkt 4. und 5. Leuchtenanforderungen); Licht auf die zu beleuchtenden Flächen beschränken. Bei Bedarf ist ein rückseitiger Cut-off vorzusehen.	
4.	Bedarfsregelung	Regelung des Beleuchtungsniveaus in Abhängigkeit der Verkehrsstärke (z.B. Nachtabsenkung)	
5.		Interaktion mit anderen verkehrsgestaltenden Maßnahmen z.B. Tempo 30; entsprechend EN 13201 ist die Beleuchtungssituation ausschlaggebend für Auswahl der Beleuchtungsklasse.	
6.	Lichtpunkthöhen	Leuchten möglichst niedrig anordnen, Vermeidung der Anlockwirkung für Insekten. Eine Abwägung mit der Wirtschaftlichkeit und den organisatorischen Anforderungen ist notwendig!	
7.	Qualitätskontrollen	Kontrollen werden empfohlen, Abnahme mit definiertem Vorgehen, z.B. Messungen von Beleuchtungsstärken bzw. Leuchtdichte.	

B. Leuchten Anforderungen – Funktionalbeleuchtung

Allgemeine technische Anforderungen werden für die verschiedenen **Nutzungsbereiche in Kapitel 9.2** genannt und erläutert. Auf der folgenden Seite findet sich die entsprechende Checkliste.

Checkliste Leuchten Anforderungen - Funktionalbeleuchtung

Die Einhaltung der nachfolgend aufgeführten technischen (Mindest-) Anforderungen sollten von den Herstellern mittels Datenblätter als zugesicherte Eigenschaften gewährleistet werden.

	Eigenschaft	Beschreibung	erfüllt
1.	Kennzeichnung	ENEC-Prüfung für Standardprodukte (Haupttypen Leuchtenfamilie)	
2.		CE-Kennzeichnung bei modifizierten Leuchten, ausgehend vom geprüften Standardprodukt	
3.	Schutzart	IP 66 oder höher	
4.	Upper Light Output Ratio	max. ULOR < 0,5% bei technischen Leuchten; eine horizontale Glasabdeckung ist erforderlich max. ULOR < 2,0% bei technisch-dekorativen Leuchten, teilweise vertikale Glasumfassung erlaubt	
5.	Leuchtenstellung	Grundsätzlich horizontal, d.h. 0°	
6.	Systemlichtausbeute	> 90 Lumen pro Watt	
7.	Ähnlichste Farbtemperatur	zugelassene Lichtfarben: Tc < 3000° K	
8.	Farbwiedergabeindex	Ra (CRI) min. 70 innerstädtisch	
9.	Lebensdauerangabe der Leuchte nach IEC 62722-2-1	L80B20 nach 70.000h, <i>alternativ</i> : Lx mit min. 80.000h, jeweils für Umgebungstemperatur ta von 25°C.	
10.	Umgebungstemperaturen	zugelassen für den Betrieb bei ta -20°C....+45°C	
11.	Immunität gegen leitungsgebundene Überspannung	min. 6 kV/3kA (L-N) / 8 kV (L/N-GND) Stoßspannung	
12.	Steuerschnittstelle	Betriebsgeräte zwingend mit einer Steuerschnittstelle (z.B. DALI), ergänzende weitere Schnittstellen (z.B. 1-10V, Schaltkontakt, andere Steuerschnittstellen) zulässig.	
13.	Leistungsaufnahme im Standby-Betrieb	Limitierung auf max. 2W; gilt für eine Beleuchtungsanlage, die nach Bedarf über Anwesenheitssensoren gesteuert wird.	
Anlagen			
14.	Energieverteilnetze	Grundsätzlich als eigenes Beleuchtungsnetz auszuführen, direkter Anschluss von Leuchten an Niederspannungsnetze nicht zulässig.	

	weitere Eigenschaften	
15.	Gewährleistung	5 Jahre Garantie (d.h. ohne Beweislastumkehr) ohne zusätzliche Auflagen (z.B. Registrierungspflicht, Betriebszeitenbeschränkung, etc.)
16.	Langzeitverfügbarkeit	Garantierte Langzeitverfügbarkeit / Nachkaufgarantie zu festzulegenden Konditionen für Komponenten und Lichtquellen / -technik über min. 15 Jahre

Handlungsanweisung "Leuchtensanierung"

Idealerweise besteht ein Masterplan, der die gesamte Beleuchtungssituation definiert und auch Zielsetzungen zur Sanierung vorgibt.

Wenn das nicht der Fall ist, sollte folgendermaßen vorgegangen werden:

1. Schritt Bestandsaufnahme und Analyse → Gruppierung/Clusterbildung von Leuchten nach: Alter, Bauart, Gestaltung, Effizienz und Beitrag zur Lichtemmission
2. Schritt Zeitplan, Budgetplanung: "Was tausche ich wann aus?"
3. Schritt Ausführung, Ausschreibung

10.1.5 Beispiele und Erläuterungen



Abb. 30: Blendfreie Straßenbeleuchtung in kleinstädtischer Umgebung, Beispiel Schiffflange.

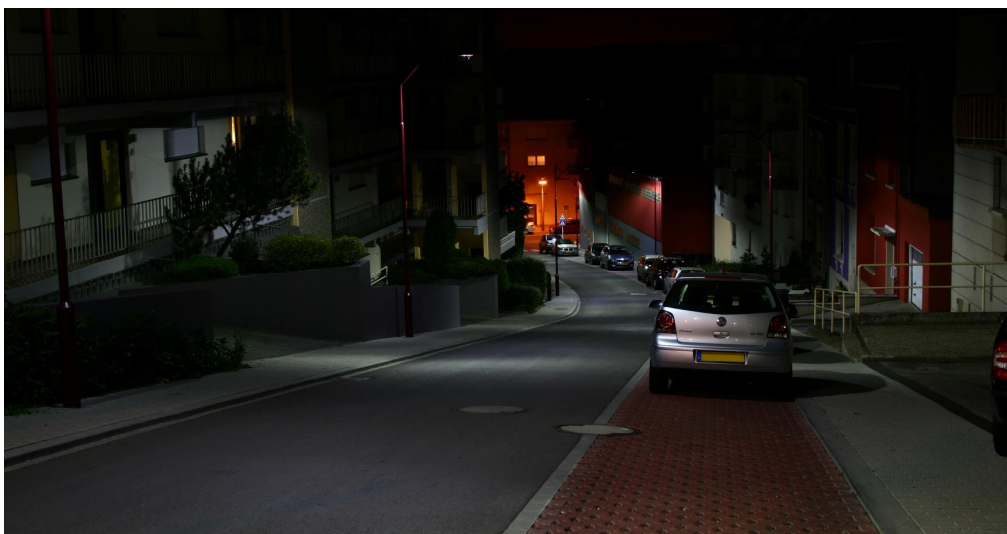


Abb. 31: Blendfreie Straßenbeleuchtung in kleinstädtischer Umgebung – Nachtabsenkung 50% Dimmwert, Beispiel Schiffflange

10.2 Beleuchtung innerstädtischer Parkanlagen

10.2.1 Definition

Parks und Grünanlagen sollen Oasen der Ruhe in der Stadt sein und dienen als „grüne Lungen“ der Naherholung von Einwohnern und Touristen. Die Beleuchtung soll hier hauptsächlich die Sicherheit der Passanten gewährleisten und Orientierung schaffen.

10.2.2 Bestandssituation

Die Beleuchtung von Parks und Grünanlagen, muss nur dort erfolgen, wo es aus Sicherheitsgründen notwendig und gewünscht ist. Es muss im Einzelfall entschieden werden, ob Parks beleuchtet werden unter Berücksichtigung aller Belange. In keiner Norm wird die Beleuchtung von Parks geregelt.

Bodeneinbauleuchten sorgen für reizvolle und auch farbige Akzente an freistehenden Bäumen, wirken aber unmittelbar himmelsaufhellend und stören Fauna und Flora in ihrer natürlichen, nächtlichen Ruhephase.

Die Anstrahlung von Skulpturen oder Denkmälern kann mit der richtigen Akzentuierung die Attraktivität einer Anlage steigern. Aber auch hier muss eine Abwägung der kulturhistorischen Bedeutung des Denkmals und der Hierarchie im städtischen Gefüge einer Planung vorausgehen.



Abb. 32: Bodeneinbauleuchten sind zu vermeiden: direkte Himmelsaufhellung und Störung von Flora/Fauna



Abb. 33: Diffus strahlende Pilz- oder Kugelleuchten sind ineffizient, das Licht wird auf Grünbereiche und Fassaden gestreut, statt auf den Wegflächen.

10.2.3 Zielsetzung

Parks sind Grünbereiche und daher besonders sensible, schützenswerte Zonen bezüglich nächtlicher Ruhe.

Licht muss, sofern es in Parks eingesetzt werden soll, bedarfsgerecht mit zeitlicher Begrenzung und genauer Ausrichtung auf die zu beleuchtenden Flächen erfolgen.

10.2.4 Handlungsempfehlungen Beleuchtung innerstädtischer Parkanlagen

A. Beleuchtungsqualität - Anforderungen Beleuchtung innerstädtischer Parkanlagen

- Beleuchtung kontextspezifisch, d.h. entsprechend der räumlichen Struktur und seiner Umgebung
- Betriebszeiten einschränken. Möglich ist eine bedarfsgerechte Zeit-Schaltung, bzw. eine Schaltung über Bewegungssensoren
- Uplights sollten vermieden werden.



Abb. 34: Tarnzone - Durch das Abschalten jeder zweiten Leuchte entstehen sogenannte Tarnzonen, die eine Unfallgefahr auf den Verkehrswegen, sowie eine Einschränkung der Sicherheit darstellen. Durch das gleichmäßige Herunterregeln aller Leuchten kann das vermieden werden.



Abb. 35: Lichtkorridor - Beleuchteter Weg mit dunkler Umgebung erzeugt Unübersichtlichkeit und mindert die Sicherheit.

Lichtpunkthöhen

Damit die Leuchten Insekten nicht weiträumig anlocken, sollten sie möglichst niedrig angebracht werden. Aus ökologischer Sicht gilt dabei: Eine größere Zahl an niedrig installierten Leuchten mit geringerer Lichtstärke ist besser als wenige lichtstarke Leuchten auf hohen Masten.

Eine Abwägung mit der Wirtschaftlichkeit ist dabei notwendig aber auch mit den Dimensionen des grünräumlichen Kontextes.

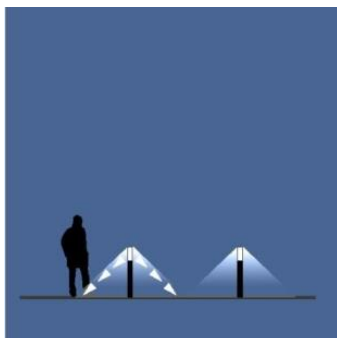


Abb. 36: Lichtpunkthöhen zum Insektenschutz reduzieren sofern nur im wirtschaftlichen/grünräumlichen Zusammenhang möglich und sinnvoll.

Checkliste Beleuchtungsqualität Anforderungen - Parkbeleuchtung

Die Einhaltung der nachfolgend aufgeführten Qualitätsanforderungen der Beleuchtung sind in der Planung zu berücksichtigen.

	Eigenschaft	Beschreibung	Ja/Nein
Grundsatz "Licht nach Bedarf"			
1.	Beleuchtungsnotwendigkeit	Frage nach der Notwendigkeit einer Beleuchtung: Besteht eine Notwendigkeit zur Beleuchtung für den zu planenden Bereich?	
	Eigenschaft	Beschreibung	erfüllt
2.	Lichtverteilung begrenzen	Streulicht vermeiden (siehe auch Punkt 4., 5. und 6. Leuchtenanforderungen); Begrenzung des Lichtes auf zu beleuchtende Fläche mit rückseitigem Cut-off.	
4.	Bedarfsregelung	Regelung des Beleuchtungsniveaus in Abhängigkeit der Besucher-Frequenz (z.B. Nachtabsenkung)	

B. Leuchtenanforderungen – innerstädtische Parkanlagen

Allgemeine technische Anforderungen werden für die verschiedenen **Nutzungsbereiche in Kapitel 9.2** genannt und erläutert. Auf der folgenden Seite findet sich die entsprechende Checkliste.

Checkliste Leuchten Anforderungen - Parkbeleuchtung

Die Einhaltung der nachfolgend aufgeführten technischen (Mindest-) Anforderungen sollten von den Herstellern mittels Datenblätter als zugesicherte Eigenschaften gewährleistet werden.

	Eigenschaft	Beschreibung	erfüllt
1.	Kennzeichnung	ENEC-Prüfung für Standardprodukte (Haupttypen Leuchtenfamilie)	
2.		CE-Kennzeichnung bei modifizierten Leuchten, ausgehend vom geprüften Standardprodukt	
3.	Schutzart	IP 66 oder höher	
4.	Upper Light Output Ratio	max. ULOR < 0,5% bei technischen Leuchten; eine horizontale Glasabdeckung ist erforderlich max. ULOR < 2,0% bei technisch-dekorativen Leuchten, teilweise vertikale Glasumfassung erlaubt.	
5.	Leuchtenstellung	Grundsätzlich horizontal, d.h. 0°	
6.	Uplights vermeiden	Uplights tragen direkt zur Himmelsaufhellung bei. Auf Bäume und Büsche ausgerichtet haben sie direkten Einfluss auf Wachstum und Verhalten von Flora und Fauna.	
7.	Systemlichtausbeute	> 90 Lumen pro Watt	
8.	Ähnlichste Farbtemperatur	zugelassene Lichtfarben: Tc < 3000° K	
9.	Farbwiedergabeindex	Ra (CRI) min. 70	
10.	Lebensdauerangabe der Leuchte nach IEC 62722-2-1	L80B20 nach 70.000h, <i>alternativ</i> : Lx mit min. 80.000h, jeweils für Umgebungstemperatur ta von 25°C.	
11.	Umgebungstemperaturen	zugelassen für den Betrieb bei ta -20°C....+45°C	
12.	Immunität gegen leitungsgebundene Überspannung	min. 6 kV/3kA (L-N) / 8 kV (L/N-GND) Stoßspannung	
13.	Steuerschnittstelle	Betriebsgeräte zwingend mit einer Steuerschnittstelle (z.B. DALI), ergänzende weitere Schnittstellen (z.B. 1-10V, Schaltkontakt, andere Steuerschnittstellen) zulässig.	
14.	Leistungsaufnahme im Standby-Betrieb	Limitierung auf max. 2W; gilt für eine Beleuchtungsanlage, die nach Bedarf über Anwesenheitssensoren gesteuert wird.	
Anlagen			
15.	Energieverteilnetze	Grundsätzlich als eigenes Beleuchtungsnetz auszuführen, direkter Anschluss von Leuchten an Niederspannungsnetze nicht zulässig.	

	weitere Eigenschaften	
16.	Gewährleistung	5 Jahre Garantie (d.h. ohne Beweislastumkehr) ohne zusätzliche Auflagen (z.B. Registrierungspflicht, Betriebszeitenbeschränkung, etc.)
17.	Langzeitverfügbarkeit	Garantierte Langzeitverfügbarkeit / Nachkaufgarantie zu festzulegenden Konditionen für Komponenten und Lichtquellen / -technik über min. 15 Jahre

10.2.5 Beispiele und Erläuterungen

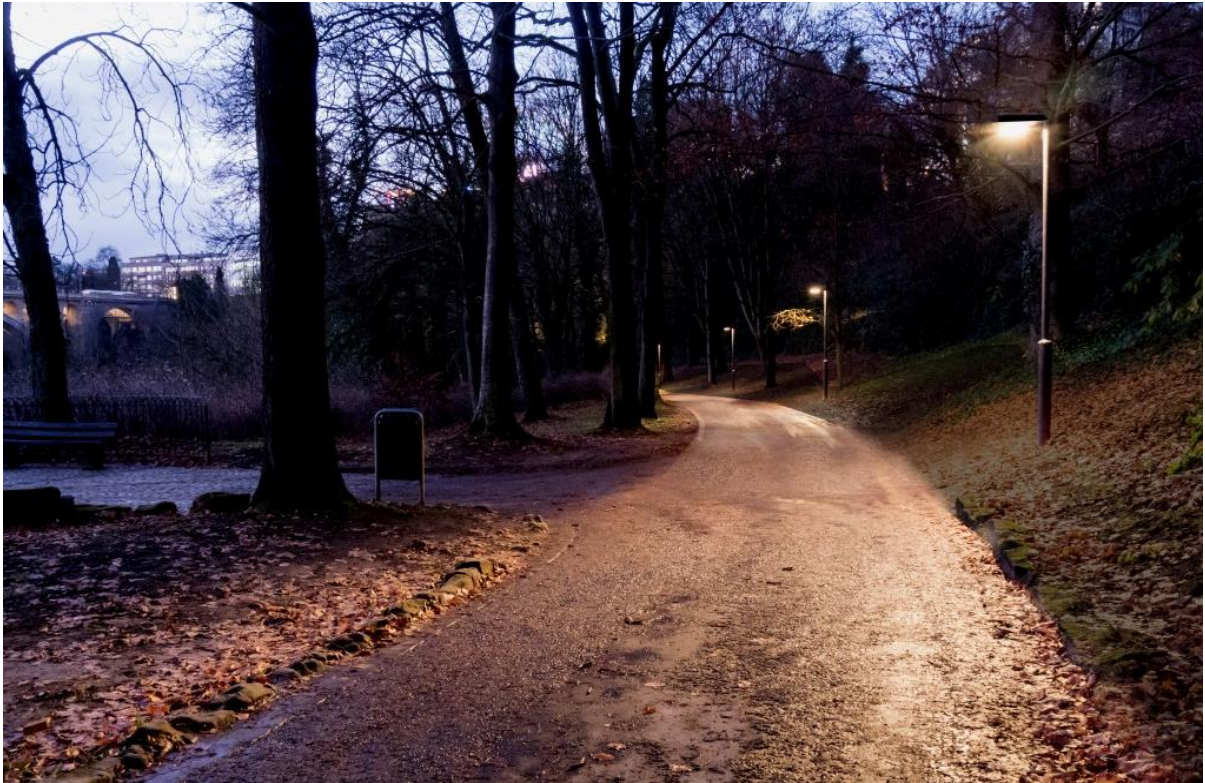


Abb. 37: Neuanlage mit LED Wegebeleuchtung, gleichmäßiges, blendfreies Licht, Tarnzonen werden vermieden, Luxemburg Stadt.



Abb. 38: Niedrige Lichtpunkthöhen zur Ausleuchtung eines Weges, Hardt Wuppertal.

10.3 Beleuchtung von Gewerbe- / Industriegebieten

10.3.1 Definition

Die Beleuchtung von Gewerbe- und Industriegebieten unterliegt einer Vielzahl von Anforderungen. Oftmals handelt es sich bei den Gebieten um Bereiche mit Arbeitsplätzen im Außenraum.

10.3.2 Bestandssituation

In Gewerbe- und Industriegebieten hat Beleuchtung oft eine repräsentative Bedeutung im Sinne der Corporate Identity, dem Marketing, Werbung und Kundenzufriedenheit.

Meist handelt es sich um statische Beleuchtung, die nicht bedarfsgerecht ist und weder zeitlich, noch räumlich eingegrenzt ist. Die dort vielfach aufgestellten Werbetafeln erzeugen teilweise hohe Lichtemissionen, da Licht unkontrolliert in den Himmel strahlt bzw. Leuchtdichten sehr hoch sind.

Lichtemissionen im Übergang zu naturnahen Räumen

Gewerbe- und Industriegebiete liegen meistens am Stadtrand, da dort Flächen vorhanden sind und Lärmemission weniger störend ist verglichen mit bewohnten, städtischen Bereichen.

Die naturnahen Stadtränder allerdings weisen eine besondere Sensibilität bezüglich des Konfliktes Licht und Umwelt auf.



Gewerbegebiete werden aus Lärmschutz Gründen oft an Stadträndern platziert. Dort ist dann zwar der Konflikt Lärm gelöst, aber als neuer Konflikt stellt sich die Lichtemission in einem naturnahen Bereich mit besonderer Sensibilität dar.

Sicherheitsaspekt

Beleuchtung wird in Gewerbe- und Industriegebieten zur Erhöhung der Sicherheit und Kriminalprävention eingesetzt. Aber auch wenn der Sicherheitsaspekt eine wichtige Rolle spielt bedeutet mehr Licht nicht immer gleich mehr Sicherheit. Entsprechend sollte eine Sensorik eingesetzt werden, die bei Präsenz die Beleuchtung schaltet und so die Sicherheitsbeleuchtung außerhalb der Betriebszeiten regelt. Derzeit wird oft aus Gründen der Kriminalprävention die Beleuchtung während der gesamten Nacht geschaltet.



Abb. 39: Gewerbegebiet mit Außenbeleuchtung im Dauerbetrieb, moderne Sensorik kann die Emission reduzieren.

Arbeitsplätze im Freien

Die Beleuchtung der Arbeitsplätze im Freien ist zur Unfallverhütung, Arbeitssicherheit und Erfüllung der Sehaufgabe notwendig und unterscheidet sich je nach Anforderungsbereich. Allerdings kann diese mit moderner Steuerungstechnik den Bedürfnissen mittels Sensorik angepasst werden im Sinne eines Lichtes nach Bedarf.

Werbung

Werbe- bzw. Informationstafeln sind in Gewerbegebieten üblich und teilweise auch notwendig. Oft wirkt die Werbung auf Grund ihrer Großflächigkeit, Montagehöhe und Lichtstärke in dem hier nahen Naturraum besonders anziehend bzw. irritierend auf Insekten und Vögel.



Abb. 40: Werbung und Sichtbarkeit aus der Ferne, Anlockwirkung für Insekten, Himmelsaufhellung.

10.3.3 Zielsetzung

Ziel der nachhaltigen Beleuchtung von Gewerbe- und Industriegebieten ist die Verringerung der Störwirkung auf nahegelegene Naturflächen, Vermeidung von Himmelsaufhellung und Förderung der Energieeinsparung.

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

10.3.4 Handlungsempfehlungen Beleuchtung von Gewerbe- / Industriegebieten

A. Beleuchtungsqualität - Anforderungen – Gewerbe- und Industriegebiete Beleuchtung

Der Planung einer Beleuchtungsanlage für Gewerbe- und Industriegebiete sollte die Frage vorausgehen wo eine arbeits- und betriebstechnische Beleuchtungspflicht besteht. **Es wird empfohlen, dass in Gewerbe- und Industriegebieten Beleuchtungspläne erstellt werden, welche die Raumnutzung und Raumstruktur berücksichtigen.** Gewerbe- und Industriegebiete sind Arbeitsplätze und daher unterliegen sie den Beleuchtungsanforderungen nach DIN EN 12464-2:2014-05 für Arbeitsplätze im Freien. Während der Betriebszeiten sind die dort festgelegten mittleren Beleuchtungsstärken, die geforderten Grenzwerte zur Gleichmäßigkeit und Blendungsbewertung einzuhalten. Öffentliche Straßen und Parkplätze unterliegen der EN 13201 Teil 1-5, aber auch hier gilt, wo keine Beleuchtungspflicht besteht, muss nicht beleuchtet werden. Es wird empfohlen die verbindlichen Anforderungen nicht zu überschreitend um Lichtverschmutzung zu vermeiden.

Außerhalb der Betriebszeiten sollte die Beleuchtung auf ein Niveau zur Sicherheitsbeleuchtung reduziert werden, welches bei Detektion über Sensoren auf 50% bzw. 100% geschaltet werden kann (Sicherheits- bzw. Panikbeleuchtung).

Allgemein gelten zu **Werbe- und Gebäudebeleuchtung in Gewerbegebieten** die zeitlichen und räumlichen Einschränkungen entsprechend **der Handlungsempfehlungen für Architektur-Beleuchtung und Werbelicht, siehe Kapitel 10.5 und 10.6.**

Die meisten Gewerbegebiete befinden sich am Stadtrand, daher sollte die Beleuchtung möglichst unattraktiv für Insekten gestaltet sein.

Damit die Leuchten Insekten nicht weiträumig anlocken, sollten sie **möglichst niedrig angebracht** werden.

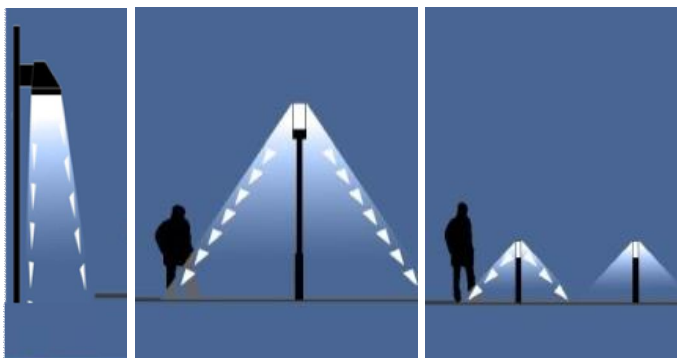


Abb. 41: Aus ökologischer Sicht gilt eine größere Zahl an niedrig installierten Leuchten mit geringerer Lichtstärke ist besser als wenige lichtstarke Leuchten auf hohen Masten. Eine Abwägung mit der Wirtschaftlichkeit ist dabei notwendig aber auch mit den Dimensionen des stadträumlichen Kontextes.



Abb. 42: Gewerbegebiete sind oft in Naturnähe gelegen und eine Begrenzung des Lichtes auf die zu beleuchtenden Flächen mit rückseitigem Cut-off ist daher notwendig.

Checkliste Beleuchtungsqualität Anforderungen - Gewerbe-/Industriegebiete Beleuchtung

Die Dimensionierung der Funktionalbeleuchtung erfolgt entsprechend EN 13201 und EN 12464-2 (Arbeitsplätze im Freien). Die Einhaltung der nachfolgend aufgeführten Qualitätsanforderungen der Beleuchtung sind in der Planung zu berücksichtigen.

	Eigenschaft	Beschreibung	Ja/Nein
Grundsatz "Licht nach Bedarf"			
1.	Beleuchtungsnotwendigkeit	Frage nach der Notwendigkeit einer Beleuchtung: Besteht eine Notwendigkeit zur Beleuchtung für den zu planenden Bereich? Grundsätzlich besteht keine allgemeine Beleuchtungspflicht.	
	Eigenschaft	Beschreibung	erfüllt
2.	Beleuchtungsklassen verbindlich einhalten	EN 13201-1 bis 5 sind bei Planung, Bau und Betrieb einzuhalten. Es wird empfohlen die Anforderungen der Beleuchtungsklasse nicht signifikant zu überschreiten, um Lichtverschmutzung zu vermeiden.	
3.	Lichtverteilung begrenzen	Gewerbegebiete sind oft in Naturnähe, daher Begrenzung des Lichtes auf zu beleuchtende Fläche mit rückseitigem Cut-off	
4.	Bedarfsregelung	Sicherheitsbeleuchtung nach Betriebszeiten regeln und Steuerbarkeit in Verbindung mit Sensorik (Bewegung), damit Licht nach Bedarf eingesetzt wird. Bei Dedektion wird die Beleuchtung auf 100% geschaltet (Sicherheits- bzw. Panikbeleuchtung).	
5.		Werbe- und Informationstafeln konturenscharf beleuchten, Betriebszeiten und Nachruhe z.B. ab 0:00h beachten.	
6.		Selbstleuchtende Werbeanlagen: Begrenzung der Leuchtdichte siehe 10.6 Werbe- und Schaufensterbeleuchtung , Betriebszeiten und Nachruhe z.B. ab 0:00h beachten.	
7.	Lichtpunkthöhen	Leuchten möglichst niedrig anordnen, Vermeidung Anlockwirkung Insekten. Eine Abwägung mit der Wirtschaftlichkeit und den organisatorischen Anforderungen ist notwendig!	
8.	Werbelicht	Siehe Anforderungen unter 10.6 Werbe- und Schaufensterbeleuchtung	
9.	Qualitätskontrollen	Zusätzliche Sicherheit durch eine vorgegebene Abnahme mit definiertem Vorgehen, Messungen von Beleuchtungsstärken.	
10.	Architekturbeleuchtung	Siehe Anforderungen unter 10.5 Architekturbeleuchtung	

B. Leuchten Anforderungen – Gewerbe-/Industriegebiete Beleuchtung

Allgemeine technische Anforderungen werden für die verschiedenen **Nutzungsbereiche in Kapitel 9.2** genannt und erläutert. Nachfolgend findet sich hier die entsprechende Checkliste.

Checkliste Leuchten Anforderungen - Gewerbe-/Industriegebiete Beleuchtung

Die Einhaltung der nachfolgend aufgeführten technischen (Mindest-) Anforderungen sollten von den Herstellern mittels Datenblätter als zugesicherte Eigenschaften gewährleistet werden.

	Eigenschaft	Beschreibung	erfüllt
1.	Kennzeichnung	ENEC-Prüfung für Standardprodukte (Haupttypen Leuchtenfamilie)	
2.		CE-Kennzeichnung bei modifizierten Leuchten, ausgehend vom geprüften Standardprodukt	
3.	Schutzart	IP 66 oder höher	
4.	Upper Light Output Ratio	max. ULOR < 0,5% bei technischen Leuchten; eine horizontale Glasabdeckung ist erforderlich max. ULOR < 2,0% bei technisch-dekorativen Leuchten, teilweise vertikale Glasumfassung erlaubt.	
5.	Uplights vermeiden	Uplights tragen direkt zur Himmelsaufhellung bei. Auf Bäume und Büsche ausgerichtet, stören sie Flora und Fauna.	
6.	Sky-Beamer vermeiden	Sky-Beamer stören das Flugverhalten von Zugvögeln und erzeugen Himmelsaufhellung.	
6.	Leuchtenstellung	Grundsätzlich horizontal, d.h. 0°	
7.	Systemlichtausbeute	> 90 Lumen pro Watt	
8.	Ähnlichste Farbtemperatur	zugelassene Lichtfarben: Tc < 3000° K	
9.	Farbwiedergabeindex	Ra (CRI) min. 70	
10.	Lebensdauerangabe der Leuchte nach IEC 62722-2-1	L80B20 nach 70.000h, <i>alternativ</i> : Lx mit min. 80.000h, jeweils für Umgebungstemperatur ta von 25°C.	
11.	Umgebungstemperaturen	zugelassen für den Betrieb bei ta -20°C....+45°C	
12.	Immunität gegen leitungsgebundene Überspannung	min. 6 kV/3kA (L-N) / 8 kV (L/N-GND) Stoßspannung	
13.	Steuerschnittstelle	Betriebsgeräte zwingend mit einer Steuerschnittstelle (z.B. DALI), ergänzende weitere Schnittstellen (z.B. 1-10V, Schaltkontakt, andere Steuerschnittstellen) zulässig.	
14.	Leistungsaufnahme im Standby-Betrieb	Limitierung auf max. 2W; gilt für eine Beleuchtungsanlage, die nach Bedarf über Anwesenheitssensoren gesteuert wird.	

10.3.5 Beispiele und Erläuterungen



Abb. 43: Funktionalbeleuchtung Hansa-Businesspark, Münster Sensorik am Leuchtenmast, Beleuchtung fährt auf 100% bei Präsenzdetektion hoch, wenn 2 Minuten keine Bewegung stattfindet wird die Beleuchtungsstärke abgesenkt.



Abb. 44: Gas- und Biogaskraftwerk in Schwerin mit neuer LED Beleuchtung. Die Fassadenleuchten strahlen von oben nach unten, Himmelsaufhellung wird so vermieden. Ein positives Image der Stadtwerke soll durch die emissionsarme Beleuchtung transportiert werden.

10.4 Beleuchtung von Sport- und Freizeitanlagen

10.4.1 Definition

Sportstätten und Freizeitanlagen sollen auch abends für Vereine und Erholung suchende geöffnet und nutzbar gemacht werden. Die Sportverbände geben Richtlinien und Anforderungen vor. Die europäische Norm EN 12193 „Sportstättenbeleuchtung“ ist nach Sportarten und entsprechend des Wettbewerbsniveaus in Beleuchtungsklassen I - III unterteilt.

10.4.2 Bestandssituation

Bestandsanlagen weisen meist keine Flexibilität der Schaltbarkeit auf. Rechnet man die Beleuchtungsstärke eines Standard Fußballfeldes mit 6 Strahlern, so ergibt sich:

Fußballfeld 6x250.000 Lumen = 1.500.000 Lumen

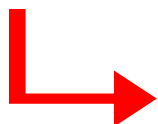
1.500.000 Lumen / 1.500 – 2.500 Lumen / Straßenleuchte = 700 – 1.000 Stück Straßenleuchten

D.h. die Beleuchtung eines Fußballfeldes entspricht während der Zeit des Betriebes der gesamten Straßenbeleuchtung einer Gemeinde.



Abb. 45: Sportplatz in Geroldswil, die Beleuchtung vor der Umrüstung ohne rückseitigen Cut-off und Blendung/Lichtimmission der Nachbarn.

Konflikt Lärm



Sportstätte am Stadtrand



Konflikt Licht

Besondere Sensibilität

Sportstätten werden aus Lärmschutz Gründen oft an Stadträndern platziert. Dort ist dann zwar der Konflikt Lärm gelöst, aber als neuer Konflikt stellt sich die Lichtemission in einem naturnahen Bereich mit besonderer Sensibilität dar.

10.4.3 Zielsetzung

Licht nach Bedarf als Grundsatz: Die Beleuchtung soll auf die Betriebszeiten reduziert sein und eine Unterscheidung zwischen Training und Wettkampf soll möglich sein. Der Immissionsschutz muss beachtet werden, da die Lage oft in sensibler, naturnaher Umgebung ist.

10.4.4 Handlungsempfehlungen Beleuchtung von Sportstätten und Freizeitanlagen

A. Beleuchtungsqualität - Anforderungen Beleuchtung von Sportstätten und Freizeitanlagen

Lichtimmission reduzieren und Energie einsparen:

- Ä Aktuelle LED Module und moderne Betriebstechnik
- Ä Beleuchtung bedarfsgerecht; Sensorik für effizientes Lichtmanagement
- Ä Betriebszeiten berücksichtigen
- Ä Abstrahlcharakteristik der Leuchten berücksichtigen und
- Ä Blendung von Verkehrsteilnehmern durch verkehrsfremde Anlagen müssen vermieden werden
- Ä Himmelsaufhellung vermeiden

Werden Sportflächen regelmäßig nicht nur für Hochleistungssport und internationale bzw. nationale Wettkämpfe (Beleuchtungsklasse I), sondern auch für Wettkämpfe mittleren Niveaus und anspruchsvollem Training (Klasse II), bzw. Schulsport und einfachem Training (Klasse III) genutzt, muss die Beleuchtung auch nur auf entsprechendem Niveau eingeschaltet sein. Teilschaltungen sparen Energie: Für Beleuchtungsklasse I werden alle Leuchten eingeschaltet, für Klasse II ein paar weniger und für Klasse III noch weniger. Dabei muss in allen Klassen die Beleuchtungsqualität sichergestellt sein.

Das heißt, dass entsprechend der Sportart die Beleuchtungsstärke, Blendungsbegrenzung und Gleichmäßigkeit entsprechend der definierten Referenzflächen geplant und ausgeführt werden muss. Die Bedürfnisse der Sportler, der Zuschauer und ggf. für TV Aufnahmen sollen erfüllt werden.

Wenn Teilabschaltungen eingerichtet werden sollen, muss die Planung dies frühzeitig berücksichtigen.

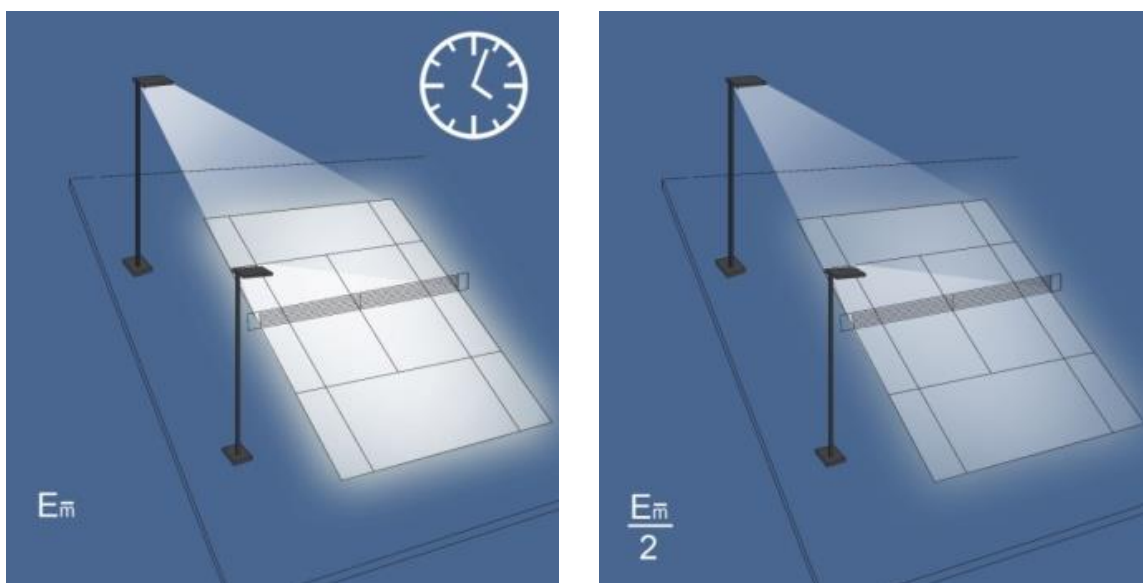
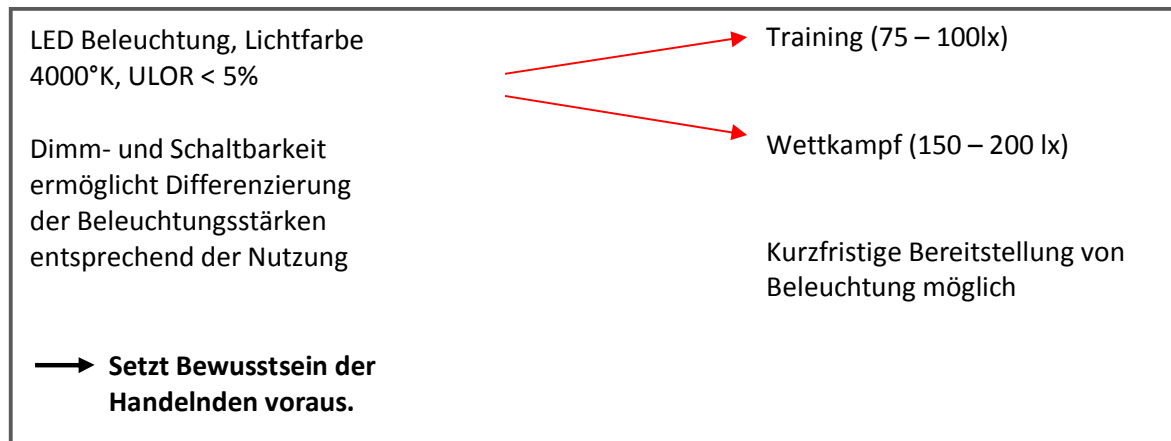


Abb. 46: Räumliche und zeitliche Begrenzung des Lichtes; Differenzierung des Lichtes Wettkampf (links) / Trainingssituation (rechts).



Checkliste Beleuchtungsqualität Anforderungen - Sportstättenbeleuchtung

Die Dimensionierung der Funktionalbeleuchtung erfolgt entsprechend EN 12193. Die Einhaltung der nachfolgend aufgeführten Qualitätsanforderungen der Beleuchtung sind in der Planung zu berücksichtigen.

Grundsatz "Licht nach Bedarf"			
	Eigenschaft	Beschreibung	erfüllt
1.	Bedarfsregelung	Räumliche Begrenzung des Lichtes: rückseitiger Cut-off und präzises Beleuchten der Spielfläche.	
2.		Zeitliche Begrenzung des Lichtes: Entsprechend der Betriebszeiten regeln.	
3.		Differenzierung der Beleuchtungsstärke entsprechend Wettkampf/Trainingssituation	

B. Leuchten Anforderungen – Beleuchtung von Sportstätten und Freizeitanlagen

Allgemeine technische Anforderungen werden für die verschiedenen Nutzungsbereiche in Kapitel 9.2 genannt und erläutert. Auf der nächsten Seite findet sich hier die entsprechende Checkliste.

Durch die Definition von zugelassenen Lichtfarben für die Sportstättenbeleuchtung soll möglichst Insekten-Schonendes und eine Melatonin-Unterdrückung vermeidendes Spektrum zur Anwendung kommen, gleichzeitig bedarf es einer neutralen Lichtfarbe, damit die Wahrnehmung des Spielablaufes ungestört möglich ist. Die ähnlichste Farbtemperatur wird daher mit $T_c < 4000K$ festgelegt. Die Farbwiedergabe soll entsprechend Farbwiedergabeindex Ra (CRI) min. 70 sein.

Checkliste Leuchten Anforderungen - Sportstättenbeleuchtung

Die Einhaltung der nachfolgend aufgeführten technischen (Mindest-) Anforderungen sollten von den Herstellern mittels Datenblätter als zugesicherte Eigenschaften gewährleistet werden.

	Eigenschaft	Beschreibung	erfüllt
1.	Kennzeichnung	ENEC-Prüfung für Standardprodukte (Haupttypen Leuchtenfamilie)	
2.		CE-Kennzeichnung bei modifizierten Leuchten, ausgehend vom geprüften Standardprodukt	
3.	Schutzart	IP 66 oder höher	
4.	Upper Light Output Ratio	max. ULOR (Upper Light Output Ratio) < 5%	
6.	Systemlichtausbeute	> 90 Lumen pro Watt	
7.	Ähnlichste Farbtemperatur	Zugelassene Lichtfarben: $T_c < 4000^\circ \text{K}$	
8.	Farbwiedergabeindex	Ra (CRI) min. 70	
9.	Lebensdauerangabe der Leuchte nach IEC 62722-2-1	L80B20 nach 70.000h, <i>alternativ</i> : Lx mit min. 80.000h, jeweils für Umgebungstemperatur t_a von 25°C .	
10.	Umgebungstemperaturen	zugelassen für den Betrieb bei $t_a -20^\circ \text{C} \dots +45^\circ \text{C}$	
11.	Immunität gegen leitungsgebundene Überspannung	min. 6 kV/3kA (L-N) / 8 kV (L/N-GND) Stoßspannung	
15.	Steuerschnittstelle	Betriebsgeräte zwingend mit einer Steuerschnittstelle (z.B. DALI), ergänzende weitere Schnittstellen (z.B. 1-10V, Schaltkontakt, andere Steuerschnittstellen) zulässig.	
16.	Leistungsaufnahme im Standby-Betrieb	Limitierung auf max. 2W; gilt für eine Beleuchtungsanlage, die nach Bedarf über Anwesenheitssensoren gesteuert wird.	

10.4.5 Beispiele und Erläuterungen



Abb. 47: Sportplatz in Geroldswil, nach der Umrüstung mit präziser Optik und rückseitigem Cut-off.

10.5 Architektur- und Objektbeleuchtung

10.5.1 Definition

Fassaden oder Teile von Gebäuden werden durch künstliches Licht hervorgehoben mit dem Ziel Orientierung, Sicherheitsgefühl und eine Wohlfühl-Atmosphäre zu schaffen. Eine verbesserte Raum- und Detailwahrnehmung wird durch die Beleuchtung erreicht. Dem Tagbild der Stadt wird ein gestaltetes Nachtbild hinzugefügt. Dieses Vorgehen dient sowohl einer guten nächtlichen Orientierung, aber auch einer zeitgemäßen Stadtvermarktung.

10.5.2 Bestandssituation

Viele Objekte im Bestand werden aus einer privaten Initiative heraus angestrahlt, ohne Abstimmung eines Gesamt-Stadtbildes. Oft steht das Einzelinteresse des Immobilienbesitzers im Vordergrund und lässt dabei einen Zusammenhang mit der stadträumlichen Situation und der Bedeutung der Einzelarchitektur vermissen.



Abb. 48: a / b: Typische Bestandssituation: Diese Architekturbeleuchtung dient weder dem Stadtbild noch der Orientierung, Tag- und Nachtbild stehen in keiner Beziehung zu einander.

10.5.3 Zielsetzung

Räumliches Gesamtkonzept – Lichtmasterplan – Zusammenhang mit Funktionalbeleuchtung

Raumanalyse mit anschließender Definition / Konzeption der geplanten Raumwahrnehmung

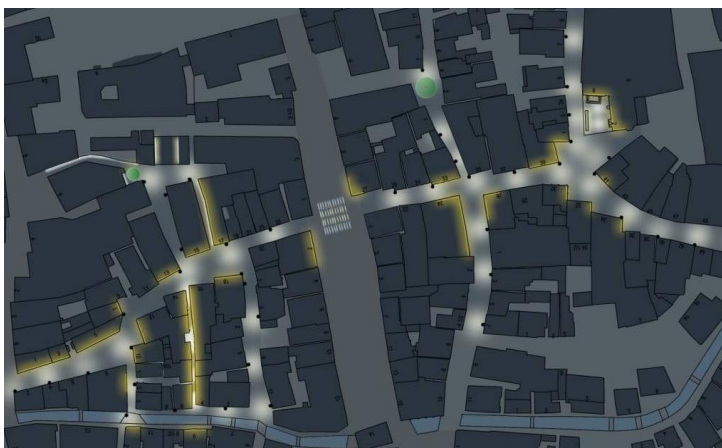


Abb. 49: Nachtlageplan Fußgängerzone Memmingen Akzent und Funktionalbeleuchtung.

Dabei gelten folgende Kriterien für die Auswahl der zu beleuchtenden Architektur; Idealerweise im Rahmen eines gesamtstädtischen Konzeptes mit einer "Positivliste" der zu beleuchtenden Gebäude:

- Kulturhistorisch bedeutsam
- Städteräumlich bedeutsam
- Orientierungspunkt/Sichtachsen
- Verkehrstechnische Relevanz

Prinzipien zur immissionsarmen Beleuchtung von Architekturen

Der ästhetische und kulturelle Gewinn durch die Beleuchtung muss gegen die Schutzziele der direkten Umgebung abgewogen werden. **Licht nach Bedarf als Grundsatz.** Die Beleuchtung soll kontextspezifisch, d.h. entsprechend der Bedeutung des Ensembles und seiner Umgebung sein.

Im angemessen dunklen Umfeld sind geringere Leuchtdichten erforderlich **eine Begrenzung auf $\leq 1 \text{cd/m}^2$ ist möglich.**

Auch Licht aus dem Inneren von Gebäuden kann eine Störwirkung haben. Insbesondere bei Glasfasaden sollte der Grundsatz des „Lichts nach Bedarf“ gelten. Es wird empfohlen Bürobeleuchtung über Anwesenheit zu regeln.

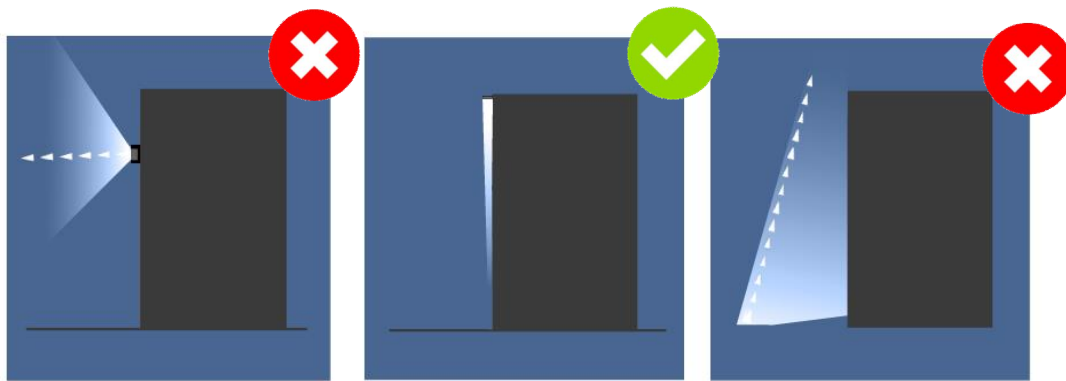


Abb. 50: Anstrahlrichtung und Empfehlung für den Ort der Beleuchtung.

Anstrahlungen sollten grundsätzlich von oben nach unten erfolgen. Sollte die Situation dennoch eine Anstrahlung von unten erfordern, so ist darauf zu achten, dass die Strahlung nicht über das Objekt hinaus (oben und seitlich) verläuft. D.h. die Anstrahlung soll „konturenscharf“ erfolgen.

Weitere Möglichkeiten der immissionsarmen Beleuchtung werden im Folgenden mit Piktogrammen erläutert. Dazu gehört die konturenscharfe Projektion, z.B. mittels sogenannter „Gobo“ Projektoren, Streiflicht von oben nach unten, z.B. zur Betonung eines Schaugiebels und unter Einsatz akzentuierter und auf geringe Fläche begrenzten Lichts. Beleuchtete Objekte im Raum können genutzt werden um eine Außenwirkung zu erzeugen, sollten aber von der Lichtstärke angemessen und auf das Objekt räumlich begrenzt sein, um eine Störwirkung und Emissionen zu vermeiden. Die Beleuchtung von Fassadenelementen wie Fensterlaibungen sind möglich, müssen aber auf den zu beleuchtenden Bereich beschränkt sein und nicht darüber hinausstrahlen, um Störwirkungen zu vermeiden.

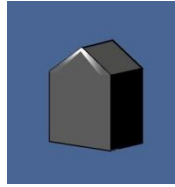
Farbiges Licht soll sparsam eingesetzt werden und ist eher zu vermeiden aufgrund des Insektenschutzes und einer Ablenkwirkung.

Abb. 51 a/b/c/d/e: Beleuchtung kann immissionsarm erfolgen durch:

a) Projektion



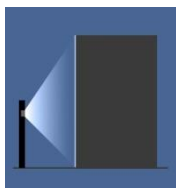
c) Streiflicht (von oben nach unten)



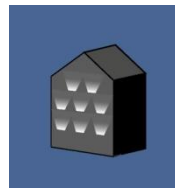
e) Objekte im Raum (Glasfassaden) bedarfsgerecht



b) Anstrahlung



d) Fensterlaibungen (auf Fensterlaibung beschränkt)



Eine **zeitliche Begrenzung** definiert die nächtliche Ruhe (z.B. von 0h – 5h in großstädtischen Bereichen und z.B. ab 23h in ländlichen Bereichen). Dort wo Zugvögel gestört werden können ist ein jahreszeitliches Aussetzen bzw. Reduzieren der Betriebszeiten der Beleuchtung (Frühlingsszug Februar – Mai und Herbstzug August – November) notwendig.

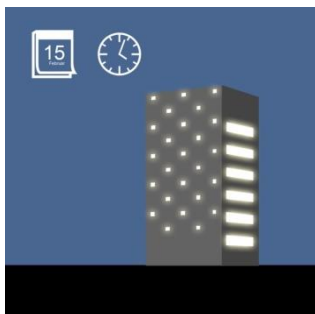


Abb. 52: Zur Schonung von Zug- und Singvögeln, Insekten und anderen Tieren wird Architekturbeleuchtung zeitlich und Jahreszeitlich begrenzt.

Anstrahlungen erzielen nur dann ihre Wirkung, wenn sie über der Wahrnehmungsschwelle liegen und sich so von der Umgebung abheben. Das dunkeladaptierte Auge hat höhere Sensitivität; je dunkler die Umgebung ist, desto geringer kann die Intensität der Anstrahlung sein. Selbstleuchtende Fassaden und Anstrahlungen sind dabei gleich zu beurteilen und sollen die in **Abbildung 53** angeführten maximalen mittleren Leuchtdichten nicht überschreiten. Zusätzlich ist auf die Einhaltung einer Gleichmäßigkeit von $L_{\text{mitt}}/L_{\text{max}} \geq 0,05$ zu achten.

Umweltzone	Maximale Leuchtdichte cd/m^2
Zone 2	5
Zone 3	10
Zone 4	25

Abb. 53: Maximale tolerierbare Leuchtdichte für Anstrahlungen, **angelehnt** an den Österreichischen Leitfaden für Außenbeleuchtung.

10.5.4 Handlungsempfehlungen Architektur- und Objektbeleuchtung

A. Beleuchtungsqualität – Anforderungen Architektur- und Objektbeleuchtung

Checkliste Beleuchtungsqualität Anforderungen - Architekturbeleuchtung

Die Einhaltung der nachfolgend aufgeführten Qualitätsanforderungen der Beleuchtung sind in der Planung zu berücksichtigen.

Grundsatz "Licht nach Bedarf"			
	Eigenschaft	Beschreibung	erfüllt
1.	Stadtraum Gestaltung	Der ästhetische und kulturelle Gewinn durch die Beleuchtung muss gegen die Schutzziele der direkten Umgebung abgewogen werden.	
2.		Lichtrahmenplan erstellen mit Positivliste der zu beleuchtenden Architekturen	
3.	Umweltzonen	Siehe Kapitel 8 Einteilung von Raumtypen in Umweltzonen , In Grünzonen und Naturschutzgebieten ist Architekturlicht nur sehr eingeschränkt und bei kulturhistorisch bedeutsamen Gebäuden zulässig. Farbige Licht ist dort zu vermeiden aufgrund des Insektenschutzes und einer Ablenkungswirkung.	
4.	Begrenzung Leuchtdichte	Siehe Abb. 53 Empfehlungen maximal tolerierbarer Leuchtdichtewerte. Im angemessen dunklen Umfeld sind geringere Leuchtdichten erforderlich, eine Begrenzung auf $\leq 1 \text{ cd/m}^2$ ist möglich.	
5.	Bedarfsreglung	Betriebszeiten Architekturlicht begrenzen, Nachtruhe z.B. 0:00 – 5:00 h urbane, z.B. ab 23:00 h ländliche Bereiche	
6.		Dort wo Zugvögel gestört werden können : jahreszeitliches Aussetzen bzw. Reduzieren der Beleuchtung (Frühlingszug Februar – Mai und Herbstzug August – November) notwendig	
7.	Prinzipien zur immissionsarmen Beleuchtung von Architekturen	- Projektion (konturenscharf) - Anstrahlung (auf die zu beleuchtende Fläche begrenzt) - Streiflicht (von oben nach unten) - Fensterlaibungen (auf die Laibung beschränkt) - Objekte im Raum (Glasfassaden) (siehe Abb. 51 a/b/c/d/e)	
8.	Uplights vermeiden	Uplights tragen direkt zur Himmelsaufhellung bei.	
9.	Ähnlichste Farbtemperatur Lichtfarben	Die Lichtfarbe soll mit den Objekten/Material/Oberflächen korrespondieren und farbiges Licht ist sparsam einzusetzen.	
10.	Verfügbarkeit von Zubehör	Shutter, Tubus, Entblendungsraaster zur präzisen, blendfreien Beleuchtung der zu beleuchtenden Bereiche.	
11.	Sky-Beamer vermeiden	Sky-Beamer stören das Flugverhalten von Zugvögeln und erzeugen Himmelsaufhellung.	

B. Leuchten Anforderungen – Architektur- und Objektbeleuchtung

Allgemeine technische Anforderungen werden für die verschiedenen **Nutzungsbereiche in Kapitel 9.2** genannt und erläutert. Im Folgenden findet sich hier die entsprechende Checkliste.

Checkliste Leuchten Anforderungen - Architekturbeleuchtung

Die Einhaltung der nachfolgend aufgeführten technischen (Mindest-) Anforderungen sollten von den Herstellern mittels Datenblätter als zugesicherte Eigenschaften gewährleistet werden.

	Eigenschaft	Beschreibung	erfüllt
1.	Kennzeichnung	ENEC-Prüfung für Standardprodukte (Haupttypen Leuchtenfamilie)	
2.		CE-Kennzeichnung bei modifizierten Leuchten, ausgehend vom geprüften Standardprodukt	
3.	Schutzart	IP 66 oder höher	
4.	Systemlichtausbeute	> 90 Lumen pro Watt	
5.	Lebensdauerangabe der Leuchte nach IEC 62722-2-1	L70B20 nach 50.000h, <i>alternativ</i> : Lx mit min. 60.000h, jeweils für Umgebungstemperatur t_a von 25°C.	
6.	Umgebungstemperaturen	zugelassen für den Betrieb bei t_a -20°C.....+45°C	

10.5.5 Beispiele und Erläuterungen

Zielsetzung ist es ein harmonisches Gesamtbild zu schaffen, welches dem Charakter des Ortes und der Architektur gerecht wird und die Orientierung unterstützt. Zudem soll die Beleuchtung Emotionen ansprechen, Sicherheit und Atmosphäre vermitteln, man soll sich wohlfühlen können.



Abb. 54: Zielsetzung: Die Gestaltung eines attraktiven Nachtbildes der Stadt. Die Raumtiefe und die stadträumliche Umgebung werden wahrnehmbar durch die Abstimmung von Architektur- und Funktionalbeleuchtung, Stadt Nagold.

10.6 Werbe- und Schaufensterlicht

10.6.1 Definition

Öffentlicher Raum in der Stadt und Werbung bilden eine Partnerschaft, die seit langem zusammengehört, aber gleichzeitig auch Konfliktpotenzial birgt. Eine Gestaltungssatzung ist ein Planungsinstrument, welches der Gemeinde Handlungsspielraum geben kann. Sensibilisierung durch Informationsveranstaltungen und Workshops mit Handelsvertretern helfen das Bewusstsein für „**Gutes Licht**“ zu schärfen und die Potentiale für eine Aufwertung von Geschäftsbereichen darzustellen. Dimensionierung, Anordnung und Stör- bzw. Verunstaltungswirkung müssen in Baugenehmigungsverfahren gewertet werden. Nicht jeder Werbeträger passt überall. Eine Stadtbildverträglichkeit muss gegeben sein.

Großflächige Werbelichtanlagen können statisch oder dynamisch sein, Lichtfarbe und Leuchtdichte haben Einfluss auf den öffentlichen Raum. Beleuchtungsanlagen, deren Betriebszustände sich nicht schneller als in einem 5-minütigen Rhythmus ändern, gelten als zeitlich konstant abstrahlend. Ändern sich die Betriebszustände in weniger als fünf Minuten wesentlich, dann liegt ein Wechsellicht vor. Digitale Displays sind Wechsellichtanlagen, die mit zum Teil hohen Leuchtdichten und schnellen Bildfolgen erhebliche Lichtimmissionen in den öffentlichen Raum eintragen können. Wenn sie nach Art, Ausmaß und Dauer geeignet sind Gefahren, erhebliche Nachteile oder Belästigungen für die Allgemeinheit oder Nachbarschaft hervorzurufen, gelten sie als schädliche Umwelteinwirkung und müssen vermieden werden.

Werbeanlagen jeder Art sollen allgemein einer Genehmigungspflicht unterliegen.

Wird nur auf die vordergründige Wirkung einer großen Lichtmenge gesetzt um Aufmerksamkeit zu erregen, können diese in den Stadtraum dringen und zu Himmelsaufhellung und schlechtem Sehkomfort für Besucher bzw. Verkehrsteilnehmer in der Innenstadt beitragen.

10.6.2 Bestandssituation



Abb. 55: Das Licht der Schaufenster erhellt den Straßenraum der Fußgängerzone. Schaufensterlicht sollte möglichst auf die Warenbeleuchtung begrenzt sein und nicht mit öffentlicher Beleuchtung konkurrieren.



Abb. 56: Hohe Leuchtdichten und Lichteintrag in den Straßenraum, energetisch nicht sinnvoll und unnötiger Beitrag zur Himmelsaufhellung.

10.6.3 Zielsetzung

Werbe- und Schaufensterlicht sollte bedarfsorientiert sein, d.h. das Licht sollte auf die auszustellende Fläche bzw. Objekte reduziert sein. Verkehrssicherheit, Immissionsschutz und Naturschutz müssen beachtet werden.

Die Warenausleuchtung kann auf verschiedene Weise erfolgen und hängt von der Größe und dem Umfang der präsentierten Waren ab.

10.6.4 Handlungsempfehlungen Werbe- und Schaufensterlicht

A. Beleuchtungsqualität – Anforderungen Werbe- und Schaufensterlicht

Schaufensterlicht

Hohe Leuchtdichten in Schaufenstern (z.B. Lichtwände bzw. Displays) sollen vermieden werden, da diese zur Himmelsaufhellung beitragen und den Sehkomfort im öffentlichen Raum einschränken.

Die Betriebszeiten von Schaufensterbeleuchtung sollten zwischen den Händlern abgesprochen sein, damit nachts die Innenstadt ein einheitliches Erscheinungsbild aufweist. Entsprechend der Frequenzierung der Innenstadt auch nach Geschäftsschluss kann die Beleuchtung ab 22h, 23h oder ggf. erst ab 0h ausgeschaltet und morgens ab 6h eingeschaltet werden.

Moderne Lichtquellen und Steuerungsanlagen ermöglichen die Realisation dynamischer Beleuchtungsanlagen. Ein subtiler Farb-, Bild- oder Lichtszenenwechsel kann zur Steigerung der Attraktivität eingesetzt werden. Ein Zuviel an dynamischen Elementen kann die Reize überfluten und damit unattraktiv sein.



Abb. 57: Empfehlungen zur immissionsarmen Ausleuchtung von Schaufenstern

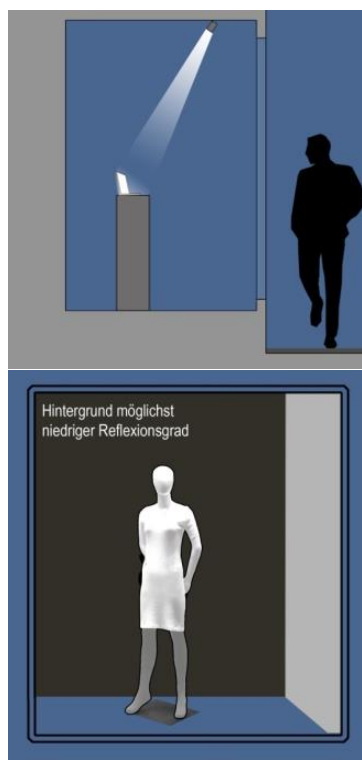


Abb. 58: Licht gerichtet auf auszustellende Objekte und Waren; Abstrahlung in den Stadt-/Straßenraum minimieren.
Empfehlung: 1 m vor Schaufenster < 40 lux

Abb. 59: Im Schaufensterhintergrund möglichst niedrige Reflexionsgrade, durch den erhöhten Kontrast tritt die Ware mehr in den Vordergrund und Lichtemissionen werden minimiert.

Werbung statisch – dynamisch – Wechsellichtanlagen

Für eine Genehmigung von Werbeanlagen sind verschiedene Fachbereichsrechte zu berücksichtigen. Es müssen sowohl der Immissionsschutz, als auch gestalterische Belange, Natur- und Landschaftsschutz, aber auch die Verkehrssicherheit bedacht werden. Rechte, die im Umfeld der zu errichtenden Werbeanlage von Belang sind, ergeben sich aus einer Wohnnutzung, einem zu schützenden Denkmalsbereich, Natur- / Landschaftsschutz.

Der Österreichische Leitfaden für Außenbeleuchtung zieht zur **Vermeidung von Beeinträchtigungen der Verkehrssicherheit** verkehrsfremde visuelle Informationsträger (VIT) hinsichtlich ihres Standortes, der Umgebungsbeleuchtung, der Größe des Informationsträgers in Betracht.

Bezüglich der Ablenkungswirkung bzw. visuellen Einschränkung von Wechsellichtanlagen insbesondere an Stellen mit Unfallhäufung bzw. überdurchschnittlichen, allgemeingültigen Unfallkennzahlen können folgende Punkte eine Störwirkung erzielen und müssen vermieden werden:

- Blendung von Verkehrsteilnehmern durch verkehrsfremde Anlagen
- Große Schwankungen der Leuchtdichte
- schnelle Hell-Dunkel-Übergänge
- blitzlichtartige Vorgänge
- schnelle Folgefrequenzen des Wechsellichtes
- Verdeckung einer Einrichtung zur Regelung und Sicherung des Verkehrs

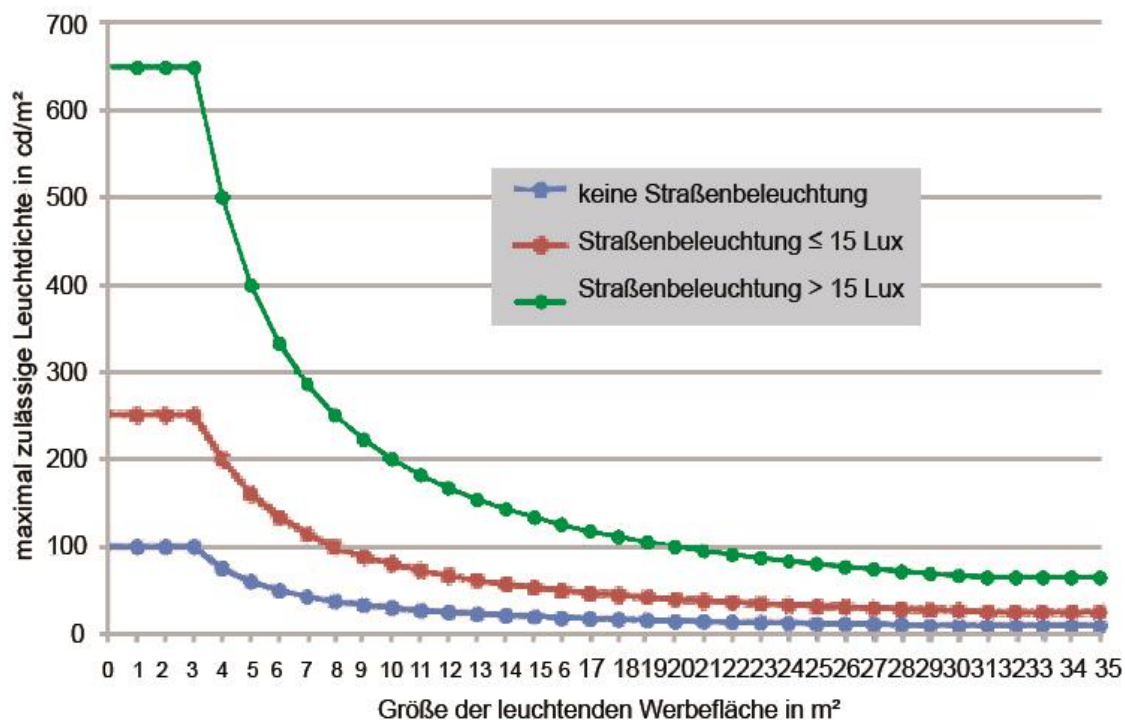


Abb. 60: Vermeidung von Beeinträchtigungen der Verkehrssicherheit, maximal zulässige Leuchtdichte einer Werbetafel in Abhängigkeit zur Größe und Umgebungsbeleuchtung, entnommen aus dem Österreichischen Leitfaden für Außenbeleuchtung.

Zur Begrenzung von Lichtimmissionen gilt es maximal zulässige mittlere vertikale Beleuchtungsstärken in Lux in der Fensterebene des zu bewertenden Raums einzuhalten. Diese sind nach Schutzgrad des Gebietes im Sinne der Nutzung von Wohnräumen geregelt. Immissionen aus Beleuchtungseinrichtungen für Verkehrszwecke, wie z.B. Straßenbeleuchtung, sind nicht zu berücksichtigen.

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

Abb. 61: Immissionsschutz entsprechend der Nutzungsart des Gebiets, maximal tolerierbare Beleuchtungsstärken in der Fensterebene, aus dem Österreichischen Leitfaden für Außenbeleuchtung.

Die Beleuchtung von Werbung, aber auch Fassaden- und Objektbeleuchtung gilt als nicht notwendige Beleuchtung und muss daher unter dem Aspekt des Natur- und Landschaftsschutzes beurteilt werden. Dies bezieht sich auf die Betriebszeiten und den Schutzgrad der jeweiligen Umweltzone.

Grundsätzlich gilt, das Lichtwerbeanlagen in Naturschutzgebieten nicht erwünscht sind.

Siehe in diesem Zusammenhang auch Kapitel 10.5 Architektur- und Objektbeleuchtung.

Für selbstleuchtende oder beleuchtete Werbeschilder gelten folgende maximalen Leuchtdichten:

Umweltzone	Maximale Leuchtdichte cd/m^2
Zone 2	100
Zone 3	250
Zone 4	650
ANMERKUNG: Das Abschalten von Werbeanlagen nachts wird empfohlen.	

Abb. 62: Maximale Leuchtdichte bezogen auf die Umweltzonen und Naturschutz, angelehnt an den Österreichischen Leitfaden für Außenbeleuchtung.

Bei der Beleuchtung von Werbeschildern sollte neben einer angemessenen Leuchtdichte auf eine konturenscharfe Beleuchtung und Ausrichtung von oben nach unten geachtet werden. Somit wird eine Abstrahlung in den Himmel bzw. in die Umgebung vermieden. Es können auch selbstleuchtende bzw. hinterleuchtete Schilder zum Einsatz gebracht werden.

Zunehmend wird Außenwerbung digitalisiert und große LED Displays werden an Straßenrändern oder Hausfassaden aufgestellt. Diese sollen sowohl am Tag als auch in der Nacht ansprechend wirken und gut lesbar sein. Dabei weisen sie hohe Leuchtdichten auf, damit der Inhalt auch bei Tageslicht gut erkennbar ist. Die Anlagen dürfen nicht die Verkehrssicherheit beeinträchtigen, d.h. sie dürfen nicht blenden und die Aufmerksamkeit nicht ablenken. Eine Anpassung der Leuchtdichten nachts ist notwendig.



Abb. 63: Die Werbebeleuchtung ist auf Betriebszeiten zu begrenzen: Nachtruhe z.B. von 23:00 Uhr – 6:00 Uhr. Im Sinne des Immissionsschutzes, Verkehrsschutzes und Umweltschutzes muss die Leuchtdichte begrenzt sein. Siehe Abbildungen 60, 61 und 62.

Checkliste Beleuchtungsqualität Anforderungen - Schaufenster/Werbelicht

Die Einhaltung der nachfolgend aufgeführten Qualitätsanforderungen der Beleuchtung sind in der Planung zu berücksichtigen.

Grundsatz "Licht nach Bedarf"			
	Eigenschaft	Beschreibung	erfüllt
1.	Stadtraum Gestaltung	In Innenstädten sollten Betriebszeiten von Schaufensterbeleuchtung zwischen den Händlern abgesprochen sein, sodass die Innenstadt nachts ein einheitliches Erscheinungsbild aufweist.	
2.	Genehmigungspflicht	Werbeanlagen sind grundsätzlich genehmigungspflichtig. Zu beachten sind: Immissionsschutz, gestalterische Belange und Verkehrssicherheit. Werbetafeln in Naturschutzgebieten sind nicht erwünscht.	
3.	Bedarfsregelung	Schaufensterbeleuchtung auf Betriebszeiten begrenzen: Nachtruhe z.B. ab 22:00 / 23:00 Uhr oder 0:00 Uhr - 6:00 Uhr. Beleuchtung von Werbetafeln auf Betriebszeiten begrenzen: Nachtruhe z.B. 0:00 Uhr – 6:00 Uhr.	
4.	Prinzipien zur emissions- und immisionsarmen Schaufensterbeleuchtung	Licht gerichtet; Abstrahlung in Stadtraum minimieren Empfehlung 1 m vor Schaufenster < 40 lux Hohe Leuchtdichten in Schaufenstern vermeiden = Himmelsaufhellung vermeiden + besserer Sehkomfort. Displays und Lichtwände vermeiden.	
5.	Begrenzung Leuchtdichte	Siehe Abb. 62 Empfehlungen maximal tolerierbarer Leuchtdichtewerte. Anpassung der Leuchtdichten bei Dunkelheit.	
6.	Wechsellichtanlagen, selbstleuchtende, dynamische Werbeanlagen	Subtiler Farb-, Bild- oder Lichtszenenwechsel; in jeglichen verkehrstechnischen Konfliktzonen: sind die Anlagen zu vermeiden.	
7.	Statische Werbeanlagen	Anstrahlung von Werbetafeln konturenscharf und nach unten gerichtet oder selbstleuchtend.	
8.	Uplights vermeiden	Uplights tragen direkt zur Himmelsaufhellung bei.	
9.	Sky-Beamer vermeiden	Sky-Beamer stören das Flugverhalten von Zugvögeln und erzeugen Himmelsaufhellung.	
10.	Ähnlichste Farbtemperatur Lichtfarben	Die Lichtfarbe soll mit den Objekten/Material/Oberflächen korrespondieren und farbiges Licht ist sparsam einzusetzen.	
11.	Verfügbarkeit von Zubehör	Shutter, Tubus, Entblendungsraster zur präzisen, blendfreien Beleuchtung der zu beleuchtenden Bereiche.	

B. Leuchten Anforderungen – Werbe- und Schaufensterlicht

Allgemeine technische Anforderungen werden für die verschiedenen **Nutzungsbereiche in Kapitel 9.2** genannt und erläutert. Auf der nächsten Seite findet sich hier die entsprechende Checkliste.

Checkliste Leuchten Anforderungen - Schaufenster/Werbelicht

Die Einhaltung der nachfolgend aufgeführten technischen (Mindest-) Anforderungen sollten von den Herstellern mittels Datenblätter als zugesicherte Eigenschaften gewährleistet werden.

	Eigenschaft	Beschreibung	erfüllt
1.	Kennzeichnung	ENEC-Prüfung für Standardprodukte (Haupttypen Leuchtenfamilie)	
2.		CE-Kennzeichnung bei modifizierten Leuchten, ausgehend vom geprüften Standardprodukt	
3.	Schutzart	IP 66 oder höher im Außenbereich IP 20 oder höher im Innenbereich (Schaufenster)	
4.	Systemlichtausbeute	> 90 Lumen pro Watt	
5.	Verfügbarkeit von Zubehör	Shutter, Tubus, Entblendungsraster zur präzisen, blendfreien Beleuchtung der zu beleuchtenden Bereiche	
6.	Umgebungstemperaturen	zugelassen für den Betrieb bei t_a -20°C....+45°C	

10.6.5 Beispiele und Erläuterungen



Abb. 64: Aufmerksamkeit wird erregt durch besondere Inszenierung trotz reduzierter Lichtmenge.



Abb. 65: Fokussierung des Lichtes auf die Ware.

10.7 Temporäre Beleuchtung

10.7.1 Definition

Temporäre Beleuchtung gehört vielerorts zu einer beliebten Tradition z.B. in Form von Weihnachtsbeleuchtung oder Stadtfesten.

10.7.2 Bestandssituation

Oft sind klassische Elemente einer saisonbedingten Festbeleuchtung, wie z.B. Lichterketten vorhanden und werden bereits seit Jahrzehnten in gleicher Form eingesetzt.

Eine Neuanlage ermöglicht durch moderne LED Technik Energie zu sparen, aber auch ein Konzept gegebenenfalls zu überarbeiten und als Gesamtkonzept innerhalb eines innerstädtischen Lichtkonzeptes einzubeziehen.



Abb. 66: Neuanlagen mit LED Technik bieten sowohl Energiesparpotenziale als auch die Chance für ein neues Image.



Abb. 67: Temporäres Licht ohne Bezug zu Ort und Architektur; Himmelsaufhellung durch Licht von unten.

10.7.3 Zielsetzung

Wenn temporäre Beleuchtung kontextspezifisch und angemessen eingesetzt wird, kann sie in Verbindung mit entsprechenden Informationen zum Thema Licht Impulse setzen und dem Anliegen dieses Leitfadens entgegenkommen.

Temporäre Beleuchtung kann in diesem Sinne zur Sensibilisierung beitragen, aber auch Vorteile und Chancen im Sinne des Stadtmarketings bieten:

- Ä Bewusstsein zum Thema Lichtverschmutzung stärken
- Ä Steigerung der Konkurrenzfähigkeit einer Kommune
- Ä Profilierung von Städten und Gemeinden
- Ä Impulse für die Stadtentwicklung
- Ä Vermitteln eines positiven Images
- Ä Betonung des Charakters einer Stadt
- Ä Förderung der Kaufkraftbindung und des Tourismus
- Ä Aufwertung und Belebung der Ortszentren

10.7.3 Handlungsempfehlungen Temporäre Beleuchtung

A. Beleuchtungsqualität – Anforderungen Temporäre Beleuchtung

- Ä Betriebszeiten beschränken; z.B. Weihnachtsbeleuchtung Ende November – Mitte Januar
- Ä Himmelsaufhellung vermeiden z.B. durch Vermeidung von Sky-Beamer und von Uplights
- Ä Weihnachtsbeleuchtung einbeziehen in Gesamt- Beleuchtungskonzept / Masterplan der Stadt – Gesamtszenerie wichtig, keine aufgesetzte Weihnachtsbeleuchtung, Vermeidungsprinzipien

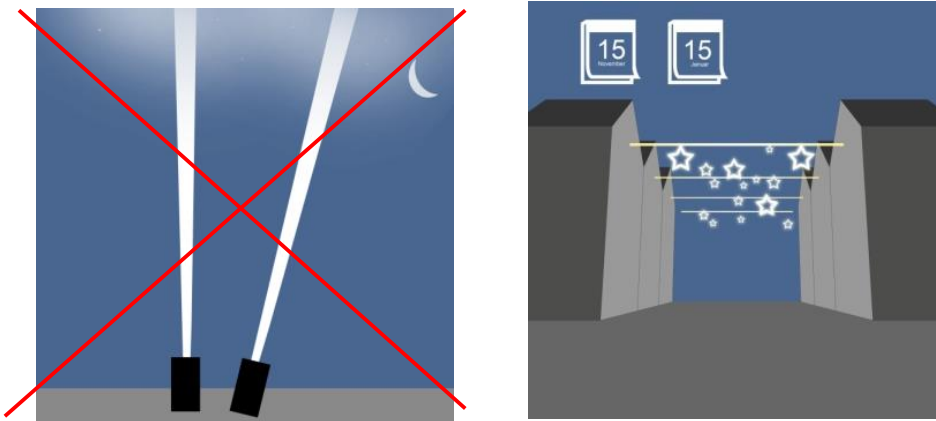


Abb. 68: Sky-Beamer und Uplights vermeiden, Betriebszeiten beschränken.

Bei der Wahl der Lichtfarben muss das Umfeld und der Anlass berücksichtigt werden. Die Lichtfarbe sollte mit dem Stadtraum bzw. der zu beleuchtenden Architektur korrespondieren. Farbiges Licht sollte sparsam eingesetzt werden aufgrund des Insektenschutzes und einer Ablenkwirkung.

In Grünzonen und Naturschutzgebieten ist Eventbeleuchtung nur bei kulturhistorisch bedeutenden Anlässen zulässig. Farbiges Licht und hohe Leuchtdichten sind dort zu vermeiden.

Checkliste Beleuchtungsqualität Anforderungen - Temporäre Beleuchtung

Die Einhaltung der nachfolgend aufgeführten Qualitätsanforderungen der Beleuchtung sind in der Planung zu berücksichtigen.

Grundsatz "Licht nach Bedarf"			
	Eigenschaft	Beschreibung	erfüllt
1.	Stadtraum Gestaltung	Der ästhetische und kulturelle Gewinn durch die Beleuchtung muss gegen die Schutzziele der direkten Umgebung abgewogen werden.	
2.		Weihnachtsbeleuchtung einbeziehen in Gesamtbeleuchtungskonzept / Masterplan der Stadt – Gesamtszenarie wichtig, keine aufgesetzte Weihnachtsbeleuchtung, Vermeidungsprinzipien.	
3.	Bedarfsregelung	Betriebszeiten beschränken; z.B. Weihnachtbeleuchtung ausschließlich Mitte November – Mitte Januar	
4.	Prinzipien zur immissionsarmen Beleuchtung von Architekturen	- Projektion (konturenscharf) - Anstrahlung (auf die zu beleuchtende Fläche begrenzt) - Streiflicht (von oben nach unten) - Fensterlaibungen (auf die Laibung beschränkt) - Objekte im Raum (Glasfassaden) (siehe Abb. 51 a/b/c/d/e)	
5.	Ähnlichste Farbtemperatur Lichtfarben	Bei der Wahl der Lichtfarben muss das Umfeld und der Anlass berücksichtigt werden. Die Lichtfarbe sollte mit dem Stadtraum/Architektur/Material/Oberflächen korrespondieren und farbiges Licht sollte sparsam eingesetzt werden. In Grünzonen und Naturschutzgebieten vermeiden.	
6.	Sky-Beamer vermeiden	Sky-Beamer stören das Flugverhalten von Zugvögeln und erzeugen Himmelsaufhellung	
7.	Uplights vermeiden	Uplights tragen direkt zur Himmelsaufhellung bei.	
8.	Verfügbarkeit von Zubehör	Shutter, Tubus, Entblendungsraster zur präzisen, blendfreien Beleuchtung der zu beleuchtenden Bereiche	

B. Leuchten Anforderungen – Temporäre Beleuchtung

Allgemeine technische Anforderungen werden für die verschiedenen **Nutzungsbereiche in Kapitel 9.2** genannt und erläutert. Im Folgenden findet sich hier die entsprechende Checkliste.

Checkliste Leuchten Anforderungen - Temporäre Beleuchtung

Die Einhaltung der nachfolgend aufgeführten technischen (Mindest-) Anforderungen sollten von den Herstellern mittels Datenblätter als zugesicherte Eigenschaften gewährleistet werden.

	Eigenschaft	Beschreibung	erfüllt
1.	Kennzeichnung	ENEC-Prüfung für Standardprodukte (Haupttypen Leuchtenfamilie)	
2.		CE-Kennzeichnung bei modifizierten Leuchten, ausgehend vom geprüften Standardprodukt	
3.	Schutzart	IP 66 oder höher	
6.	Umgebungstemperaturen	zugelassen für den Betrieb bei t_a -20°C....+45°C	

10.7.4 Beispiele und Erläuterungen



Abb. 69: Weihnachtsbeleuchtung Gütersloh, atmosphärisch und vom Lichtniveau her angemessen.



Abb. 70: Weihnachtsbeleuchtung Rathaus Moosbach, Sternmotive mit Gobo- Projektoren. Lichtverteilung fokussiert.

10.8 Beleuchtung privater Hausfassaden und Gärten in Wohngebieten

10.8.1 Definition

Die Beleuchtung privater Hausfassaden und Gärten sollte der Orientierung und Sicherheit dienen. Es werden aber im privaten Bereich immer mehr Fassaden, Gebäudedetails, Wege und Gärten beleuchtet ohne besondere Notwendigkeit oder allgemeinen Nutzen. Die Verfügbarkeit kostengünstiger Lichtlösungen mit geringem Stromverbrauch, kleinen Abmessungen und einfachem Einbau trägt zu diesem Trend bei.

10.8.2 Bestandssituation

Ein Überfluss an nicht notwendigen Leuchten verbraucht unnötig viel Energie, auch wenn die Lichtquellen für sich Energie sparend sind. Die Zunahme an privater Beleuchtung im Außenraum trägt zur Lichtverschmutzung und Himmelsaufhellung bei und sollte daher unbedingt auf ein sinnvolles Niveau eingegrenzt werden.



Abb. 71: Beleuchtung an Bäumen stört Flora und Fauna in ihrer Nachtruhe.



Abb. 72: Uplights wirken Himmelsaufhellend.

10.8.3 Zielsetzung

Der Beleuchtungsplanungs eines privaten Hauses und Gartens sollte unbedingt die Frage vorangestellt werden, ob eine Notwendigkeit und ein Nutzen in der Beleuchtung liegen. Ein Mehr an Licht ist nicht gleichzusetzen mit einem Mehr an Sicherheit.

Eine Bedarfsreglung kann über Bewegungssensoren oder Zeitschaltuhren erfolgen und Betriebszeiten einschränken. Dadurch kann Energie eingespart werden und Lichtverschmutzung limitiert werden.

10.8.4 Handlungsempfehlungen Beleuchtung privater Hausfassaden und Gärten

Uplights sind zu vermeiden, da sie direkt zur Himmelsaufhellung beitragen und in Grünbereichen die Nachtruhe von Flora und Fauna stören.

Bei der Wahl der Lichtfarben muss das Umfeld der zu beleuchtenden Architektur berücksichtigt werden. Die Lichtfarbe sollte mit der Architektur, dem Material und der Oberfläche korrespondieren und farbiges Licht sollte sparsam eingesetzt werden aufgrund des Insektenschutzes und einer Ablenkwirkung.

Zubehör für Lampen und Leuchten sollten verfügbar sein, damit blendfreie und präzise Beleuchtung gewährleistet werden kann. Dazu gehören Shutter, Tubus und Entblendungsraster.

Checkliste Beleuchtungsqualität Anforderungen - Beleuchtung privater Hausfassaden und Gärten

Die Einhaltung der nachfolgend aufgeführten Qualitätsanforderungen der Beleuchtung sind in der Planung zu berücksichtigen.

Grundsatz "Licht nach Bedarf"			
1.	Beleuchtungsnotwendigkeit	Frage nach der Notwendigkeit einer Beleuchtung: Besteht eine Notwendigkeit zur Beleuchtung für den zu planenden Bereich?	
	Eigenschaft	Beschreibung	erfüllt
2.	Lichtverschwendung vermeiden	Beleuchtungsniveau angemessen wählen	
3.	Bedarfsregelung	Betriebszeiten einschränken: Schaltung nach Bedarf über Bewegungsmelder oder Zeitschaltuhr	
4.	Ähnlichste Farbtemperatur Lichtfarben	Die Lichtfarbe soll mit den Objekten/Material/Oberflächen korrespondieren und farbiges Licht ist sparsam einzusetzen.	
5.	Verfügbarkeit von Zubehör	Shutter, Tubus, Entblendungsraster zur präzisen, blendfreien Beleuchtung der zu beleuchtenden Bereiche.	
6.	Uplights vermeiden	Uplights tragen direkt zur Himmelsaufhellung bei. Auf Bäume und Büsche ausgerichtet stören sie Flora und Fauna.	
7.	Lichtpunkthöhen	Leuchten möglichst niedrig anordnen, Vermeidung Anlockwirkung Insekten.	

10.8.5 Beispiele und Erläuterungen



Abb. 73 a/b: Eine reduzierte Anzahl an Lichtpunkten markiert die wesentlichen Fassadenelemente. Die Beleuchtung schafft Orientierung, ein Sicherheitsgefühl und ist auf die Flächen reduziert, die beleuchtet werden sollen.



Niedrige Lichtpunkthöhen haben eine geringe Anlockwirkung für Insekten aus dem ansonsten dunklen Umfeld.

11 Zusammenfassung und Schlusswort

Absicht dieses Dokumentes ist die Sensibilisierung für einen respektvollen Umgang mit der Dunkelheit. Dabei ist durchaus zu berücksichtigen, dass „Der Mensch ist ein von Tageslicht und Tageshelligkeit geleitetes Lebewesen [ist], das die nächtliche Dunkelheit eher zu meiden versucht, ja sogar fürchtet und deswegen erhellen möchte.

Nächtliche Beleuchtungen und Lichtquellen sind ein fester Bestandteil der Umwelt des technischen Zeitalters geworden und werden es bleiben.

Beim Schutz der Nacht geht es nicht rückwärtsgewandt um das Abschalten der künstlichen Beleuchtung sondern vielmehr um das rechte Maß der nächtlichen Beleuchtung.

Nachtlandschaften sollten ähnlich wie die „Tages-Umwelt“ behandelt werden, nämlich sowohl schützend als auch gestaltend.“

[Quelle: Wolfgang Haber, „Taglandschaften und Nachtlandschaften“ in Broschüre „Schutz der Nacht – Lichtverschmutzung, Biodiversität und Nachtlandschaft“ BfN, 2013]

Eine Vielzahl von Aspekten ist zu berücksichtigen. Dazu zählen, wie in diesem Leitfaden ausführlich erläutert die Verkehrssicherheit, Kriminalprävention, subjektives Sicherheitsempfinden, Sport, Geschäftswelt und Kommerz, Ruhe, Schlafen, Arten- und Naturschutz und das Kulturgut Sternenhimmel.

Die Aufgabe ist es Lösungen zu erarbeiten, die für alle einen Gewinn darstellen. Um dies zu erreichen muss **Planungskultur** gelebt werden, **Beteiligungen** sollten unbedingt ermöglicht werden, damit **Kompromisse** gefunden werden können.

Ein Lichtmilieu zu schaffen, das alle Belange in angemessener Weise berücksichtigt, ist Aufgabe und Ziel zukünftiger Lichtplanungen.

Glossar

Beleuchtungsstärke: (siehe auch Anhang „Lichttechnische Grundgrößen“)

Candela pro Quadratmeter cd/m^2 : Einheit der lichttechnischen Größe Leuchtdichte (siehe auch Anhang „Lichttechnische Grundgrößen“)

Chronotyp:

Die innere Uhr definiert den Chronotypus. Die beiden Extreme sind der Frühaufsteher (Lerche) und der Langschläfer (Eule) mit allen Abstufungen dazwischen. Der Chronotypus wird zusätzlich durch Geschlecht und Alter beeinflusst.

Chronobiologie:

Lehre von zeitlichen Zusammenhängen biologischer Prozesse.

Circadianer Rhythmus:

Biologischer Rhythmus mit einer Periode von etwa 24 Stunden (Lateinisch: circa = ungefähr, dies = Tag), wie zum Beispiel der Schlaf-Wach-Rhythmus des Menschen. Licht ist der wichtigste Zeitgeber für den circadianen Rhythmus. Zeitgeber sind Einflussgrößen, die sich auf die innere Uhr auswirken. Wichtigster Zeitgeber ist Licht, daneben gibt es auch soziale Zeitgeber wie Arbeitszeiten.

Farbtemperatur (auch CCT Correlated Colour Temperature bzw. ähnlichste Farbtemperatur): (siehe Anhang „Lichttechnische Grundgrößen“)

Die Lichtfarbe einer Lampe wird durch die ähnlichste Farbtemperatur in Kelvin (K) beschrieben. Niedrige Farbtemperaturen (z. B. 2.700 K) beschreiben warme, gelb-rot-weiße erscheinende Lichtfarben, wie Kerzen, Halogenleuchtampen und andere Temperaturstrahler sowie warmweiße LEDs. Hohe Farbtemperaturen beschreiben kalte, also mehr weißblaue Lichtfarben, wie das Tageslicht mit etwa 6.500 K (bedeckter Himmel).

Farbwiedergabe (-Index) auch CRI abgekürzt für engl. „Color Rendering Index“ oder Ra abgekürzt für „Referenzindex allgemein“: (siehe auch Anhang „Lichttechnische Grundgrößen“)

Die Farbwiedergabe kennzeichnet, wie gut Farben im Licht einer Lampe wiedergegeben werden. Der allgemeine Farbwiedergabe-Index (Ra) ist von acht häufig vorkommenden Testfarben abgeleitet. Ra = 100 steht für den höchsten Wert.

Full-Cut-off Leuchte:

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

Leuchtdichte: (siehe auch Anhang „Lichttechnische Grundgrößen“)

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

Leuchtdichtekontraste:

Das Erkennen von Objekten erfordert eine Unterscheidung zwischen Objekt und Umfeld. Voraussetzung dafür ist ein ausreichender Kontrast zwischen Objekt (O) und Umfeld (U). Dieser kann entweder als Leuchtdichtekontrast oder als Farbkontrast vorliegen. Für die Planung barrierefreier Umgebungen müssen aber Leuchtdichtekontraste verwendet werden.

Lichtausbeute:

Die Lichtausbeute beschreibt, wie viel Licht (Lichtstrom in Lumen) von einer Leuchte im Verhältnis zur aufgenommenen elektrischen Leistung (in Watt) abgegeben wird. Bei Bezeichnung als Systemlichtausbeute bezieht sie die Leistungsaufnahme des gesamten Systems, also der Betriebsgeräte sowie die inneren optischen Verluste mit ein.

Lichtverteilungskurve LVK:

Lichtstärkeverteilungskurven, abgekürzt LVK, beschreiben, wie viel Licht durch die Lichtquelle zur Verfügung gestellt und in welche räumlichen Bereiche Licht abgestrahlt wird. Bei asymmetrischen Strahlern werden die Strahlungsverteilungen von min. zwei Ebenen in einem Diagramm dargestellt.

Lux: (siehe auch Anhang „Lichttechnische Grundgrößen“)

Physikalische Einheit der Beleuchtungsstärke, definiert in Lumen pro Quadratmeter.

Melatonin:

Hormon, das dem menschlichen Körper „Nachtruhe“ signalisiert und ihn ermüden lässt. Auch als „Schlafhormon“ bezeichnet, wird es in der Zirbeldrüse gebildet und in der Nacht freigesetzt. Es kann durch Licht in der Nacht gehemmt werden.

Reflexionswerte:

Trifft Licht auf eine Materialoberfläche, so kann es je nach Materialbeschaffenheit (d.h. Farbe, Struktur, Transparenz bzw. Opakheit bzw. Glanz) ganz oder teilweise absorbiert, transmittiert und/oder reflektiert werden. Der visuelle Reflexionsgrad p_v beschreibt den Quotienten zwischen reflektiertem Licht (Φ_p) und einfallendem Licht (Φ_0). Reflexionswerte von Bodenoberflächen sind wichtig wenn Funktionalbeleuchtung mit Leuchtdichten geplant wird.

SDCM = engl. „Standard Deviation of Colour Matching“ Standardabweichung vom Zielfarbart

Angabe im Bereich der LED-Technologie, welche die Standardabweichung einer LED vom Ziel-Farbart (bezogen auf die unterschiedlichen Stufen der MacAdam-Ellipsen) angibt. Die Bezeichnung SDCM steht für „Standard Deviation of Colour Matching“. Farbunterschiede innerhalb einer Stufe der MacAdam-Ellipsen können selbst beim geraden Blick in die Lampe nicht erkannt werden. Zwei bis drei Stufen (≤ 3 SDCM) gelten als „kaum wahrnehmbar“. Für die meisten Anwendungen sind Werte von 5 SDCM gebräuchlich und vertretbar. Maximal darf ein Wert von 6 SDCM erreicht werden.

SCN = Suprachiasmatischer Nucleus:

Ansammlung einiger tausend Nervenzellen, deren Rhythmen durch das Tageslicht täglich synchronisiert werden. Er liegt oberhalb (supra) der Kreuzung der Sehnerven (Chiasma opticum) und gilt als Schaltzentrale der inneren Uhr (Master Clock), die die biologischen Prozesse im Körper zeitlich koordiniert.

Schutzart einer Leuchte (nach 60598):

Die Schutzart ist eine Leuchtenanforderung. Eine Leuchte muss mindestens eine Schutzart von IP20 im Innenbereich und IP44 im geschützten Außenbereich aufweisen. Im ungeschützten Außenbereich muss die Schutzart IP54 oder höher, je nach Umgebungsbedingungen sein.

Spektrum:

Zerlegung elektromagnetischer Strahlung in seine Wellenlängen- bzw. Frequenzkomponenten.

Skybeamer:

Direkt zum Himmel gerichtete, gebündelte Lichtquelle, die zu Werbezwecken oder zur Architektur-/Objektszenierung eingesetzt wird.

ULOR = engl. „Upper Light Output Ratio“ Licht welches in den oberen Halbraum abgestrahlt wird

Der Wert „Upper Light Output Ratio“= ULOR beschreibt das Licht welches von einer Leuchte in den oberen Halbraum abgestrahlt wird, d.h. er definiert die Abstrahlcharakteristik einer Leuchte. Ist der Wert 0, so ist eine direkte Lichtemission in den oberen Halbraum nicht vorhanden und Lichtverschmutzung wird vermieden.

Wirkungsgrad:

Der Wirkungsgrad einer Lichtquelle beschreibt, wie viel Prozent der aufgenommenen elektrischen Leistung als Strahlungsleistung in Form sichtbaren Lichts abgegeben wird. Hier sind LEDs im Vergleich zu konventionellen Leuchtmitteln deutlich effizienter.

Anhang: 1. Lichttechnische Grundgrößen

Die Ausbreitung des Lichts folgt physikalischen Gesetzmäßigkeiten. Damit Beleuchtungsanlagen geplant werden können, muss für die Bewertung des Lichtes ein Maßstab angewendet werden. Dieser berücksichtigt die Lichtempfindlichkeit des normalsichtigen, menschlichen Auges in Abhängigkeit von der Wellenlänge des Spektrums.

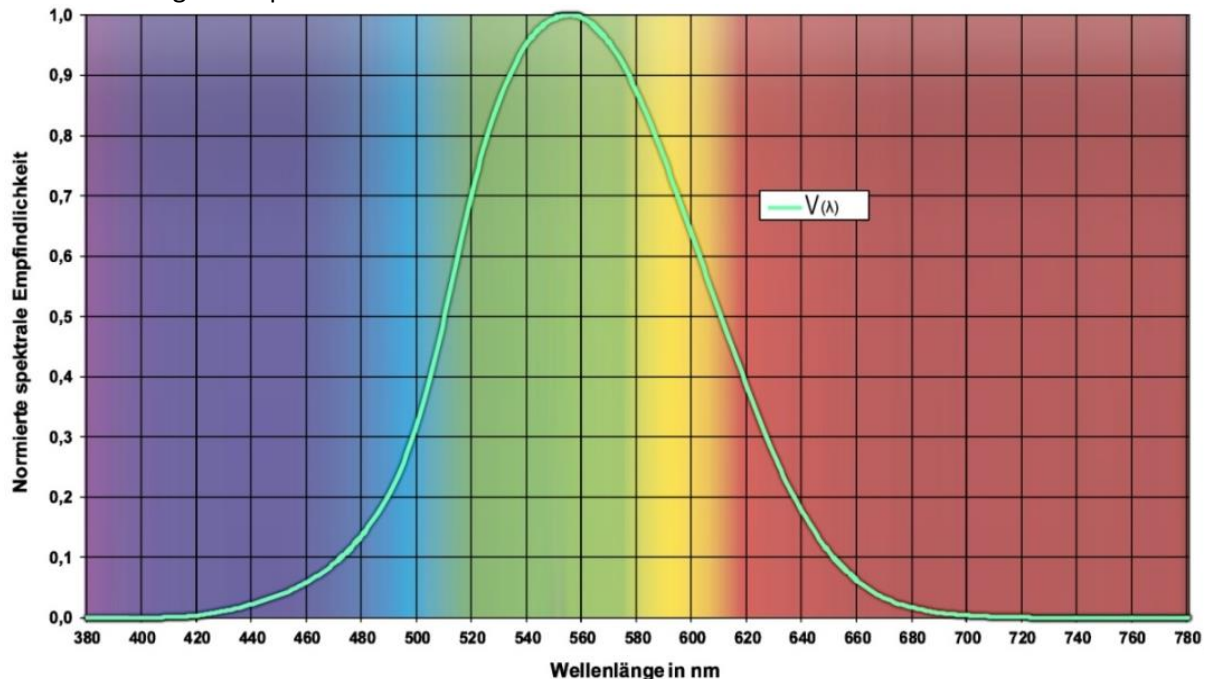


Abb. 74: Spektrale Wirkungsfunktion für visuelles Wahrnehmen d.h. die Kurve zeigt die Hellempfindlichkeit des Auges beim Tagsehen $V(\lambda)$.

A.1.1 Lichtstrom

Der **Lichtstrom (Φ)** ist ein Maß für die gesamte, abgegebene Lichtleistung einer Lichtquelle. Diese Lichtleistung wird **in Lumen (lm)** angegeben. Das Maß Lichtstrom hat im Laufe der lichttechnischen Entwicklung an Bedeutung gewonnen. Früher war die Angabe der elektrischen Leistungsaufnahme von beispielsweise 60W bei Glühlampen ausreichend zur Beurteilung der Lichtleistung. Auf Grund sehr unterschiedlich effizienter Lichtquellen wird heute zur Beurteilung von Lichtquellen nicht mehr nur die elektrische Leistungsaufnahme in Watt, sondern der Lichtstrom in Lumen als Maß der erzeugten Lichtmenge angegeben.



Lichtstrom Φ

$$\eta = \frac{\Phi}{P}$$

$$[\eta] = \frac{\text{lm}}{\text{W}}$$

η = Lichtausbeute
 Φ = Lichtstrom (lm)
 P = aufgewendete Leistung (W)

Abb. 75: Lichtstrom Φ in Lumen (lm) als Maß für die Lichtleistung einer Lichtquelle.

Als Maß für die Effizienz einer Lichtquelle kann die **Lichtausbeute** als Verhältnis des abgegebenen Lichtstroms in Lumen zur aufgewandten Leistung in Watt errechnet werden.

A.1.2 Lichtstärke

In Beleuchtungsanlagen werden üblicherweise keine frei abstrahlenden Lampen eingesetzt. Da also die individuelle, räumliche Abstrahlcharakteristik einer Lampe, bzw. die Lichtlenkung durch Reflektoren oder Abdeckungen einer Leuchte bei der Planung berücksichtigt werden müssen, dient die **Lichtstärke (I)** als Maß für die räumliche Verteilung des Lichtstroms.

Sie wird in der SI-Basiseinheit **Candela (cd)** gemessen und beschreibt den Lichtstrom im Verhältnis zum durchstrahlten Raumelement.



Lichtstärke I

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

$$[I] = \frac{lm}{sr}$$

$$\frac{lm}{sr} = cd \text{ (Candela)}$$

I = Lichtstärke (cd)
 Φ = Lichtstrom (lm)
 Ω = Raumwinkel (sr)

Abb. 76: Lichtstärke I in Candela (cd) als Maß für die räumliche Verteilung des Lichtstroms.

A.1.3 Beleuchtungsstärke

Die **Beleuchtungsstärke (E)** ist definiert als der Quotient des Lichtstroms, der auf eine bestimmte Fläche (A) trifft zur Größe der Fläche.

Die Bezugsfläche muss dabei keine tatsächliche Oberfläche sein, sondern kann eine angenommene horizontale oder vertikale Fläche im Raum sein, die entsprechend der Sehaufgabe bzw. Tätigkeit in einem Raum platziert wird. Übliche Bezugsflächen befinden sich z.B. auf Bodenniveau oder Tisch-Niveau entsprechend dem Ort der Sehaufgabe. Bewertungsflächen können auch zylindrisch oder halbzylindrisch sein z.B. zur Bewertung der Gesichtserkennung.



$$E = \frac{\Phi}{A}$$

E = Beleuchtungsstärke (lx)
 Φ = Lichtstrom (lm)
 A = Empfängerfläche (m²)

E ist die mittlere Beleuchtungsstärke bezogen auf die Empfängerfläche A .

Abb. 77: Beleuchtungsstärke E in Lux (lx) als Quotient des Lichtstroms, der auf eine bestimmte Fläche trifft zur Größe der Fläche.

A.1.4 Leuchtdichte

Die **Leuchtdichte** ist die lichttechnische Größe zur Beschreibung des Helligkeitseindrucks einer beleuchteten oder selbstleuchtenden Fläche.

Die Leuchtdichte ist diejenige Eigenschaft, die vom Auge unmittelbar wahrgenommen wird. Zur Beurteilung der Wahrnehmbarkeit von Kontrasten im barrierefreien Kontext, sowie des Sehkomforts in Hinsicht auf Blendung sind Leuchtdichteangaben eine wesentliche Grundlage.

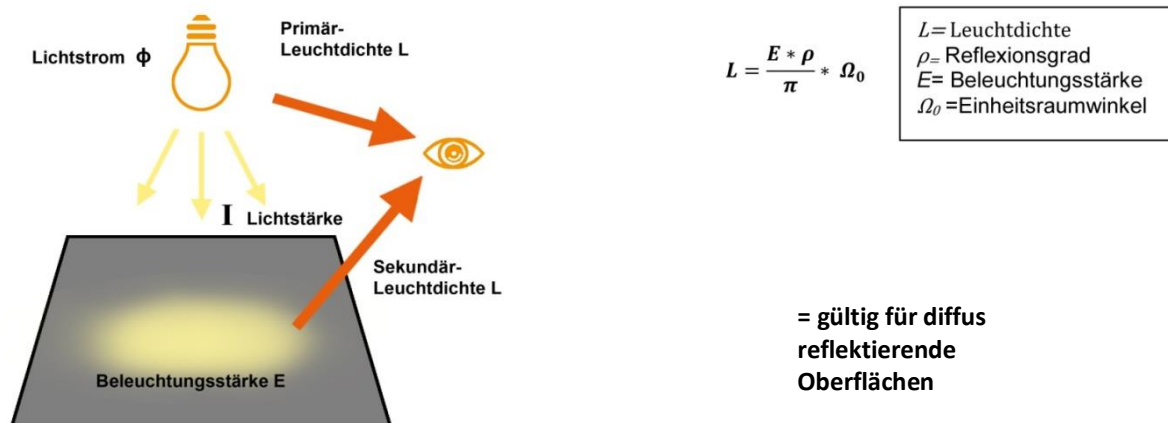


Abb. 78: Graphische Darstellung der lichttechnischen Grundgrößen und ihrer Zusammenhänge.

A.1.5 Farbtemperatur und Farbwiedergabe

Weißes Licht, welches durch ein Prisma gelenkt und gebrochen wird, zeigt die Zusammensetzung der enthaltenen, sichtbaren Spektralfarben. Umgekehrt erlaubt die additive Farbmischung, dass sich rotes, grünes und blaues Licht wieder zu weißem Licht zusammenfügt. Alle übrigen Farben lassen sich aus diesen Grundfarben mischen und ihre Eigenschaften (wie Farbton, Luminanz und Sättigung) hat der Mensch versucht in verschiedenen Farbordnungen darzustellen und vergleichbar zu machen. Entscheidend für die Wahrnehmbarkeit von Farben ist die Wahl der Beleuchtung, hinsichtlich ihrer Farbtemperatur und Farbwiedergabequalität.

Der lichttechnische Begriff „**Lichtfarbe**“ wird allgemein als ähnlichste Farbtemperatur in Kelvin (K) beschrieben. Je niedriger der Zahlenwert der Temperaturangabe eines Leuchtmittels ist, desto rötlicher und „wärmer“ wird das Licht wahrgenommen. Der Begriff Farbtemperatur bezieht sich auf die Temperatur eines idealen, theoretischen Temperaturstrahlers (schwarzer Körper nach Planck), der Licht mit gleichem Weiß-Eindruck wie die zu beurteilende Lichtquelle erzeugen würde. Glühlampen, die dem Ideal des „schwarzen Strahlers“ nahekommen und eine Temperatur der Glühwendel von etwa 2700 bis 2800 K aufweisen, beschreiben einen Schwerpunkt im langwelligen, rötlichen Bereich des Spektrums. 6500 K hingegen wird ein Leuchtmittel bezeichnet, das ein eher bläuliches, „kühleres“ Licht besitzt. Dieses wird auch als „tageslicht-weiß“ bezeichnet, da es dem Licht des bedeckten Himmels ähnlich ist.

Eine übliche Einteilung der Lichtfarben bei Lampen ist in der DIN EN 12464-1 zu finden:

Warmweiß: <3300 K

Neutralweiß: 3300 K – 5300 K

Tageslichtweiß (oft auch: kaltweiß): > 5300 K

Das natürliche Tageslicht, sowie das Licht der Glühlampe werden auf Grund ihres vollen Spektrums als Vergleichslichtquellen zur Beurteilung der **Farbwiedergabe** herangezogen.

Licht welches ein volles Spektrum besitzt, ermöglicht eine natürliche Farbwahrnehmung und hat damit eine gute Farbwiedergabe. Wird eine Lichtquelle mit einem schmalen Spektrum, welches beispielsweise wenig kurzwellige, blaue Anteile enthält, eingesetzt, kann dies dazu führen, dass bestimmte Farbnuancen nicht dargestellt werden. Die Farbwiedergabe ist somit unzureichend und ein grünes Element wird beispielsweise als braun wahrgenommen.

Lichtquellen, wie zum Beispiel LEDs oder Leuchtstofflampen verschiedener Hersteller, können sehr verschiedene Spektren aufweisen und trotzdem mit der gleichen Bezeichnung der Farbtemperatur und Lichtfarbe versehen sein. Daher wurde neben der Farbtemperatur die Bezeichnung des Farbwiedergabeindex zur Qualitätssicherung eingeführt.



Abb. 79: Je nach Farbtemperatur des Lichtes werden die Farben sehr unterschiedlich wiedergegeben. Bei kühler Farbtemperatur, also kurzwelligem, bläulichem Licht erscheint z.B. der Holztisch grünlich. Links: Halogen Glühlampe, Mitte: 2700K LED, Rechts: 5000K LED.

Licht besitzt große Bedeutung als Taktgeber für die „innere Uhr“, den sogenannten circadianen Rhythmus und dessen Einfluss auf den Schlaf-Wach-Rhythmus, Stoffwechselvorgänge, Kreislauf und Essverhalten. Licht wirkt allgemein auf Wohlbefinden, Stimmung, Leistungskraft, Aufmerksamkeit und Reaktionsfähigkeit.

Bläuliches, tageslicht ähnliches Licht kann die Melatoninproduktion des Menschen beeinflussen, aber es kommt auf „die Menge (Beleuchtungsstärke lux oder Leuchtdichte cd), das Spektrum (Farblichttemperatur in K), die Lichtverteilung (z.B. direkt, indirekt, punktuell, etc.), den Zeitpunkt des Tages, sowie die Dauer der Beleuchtung“ an [1]

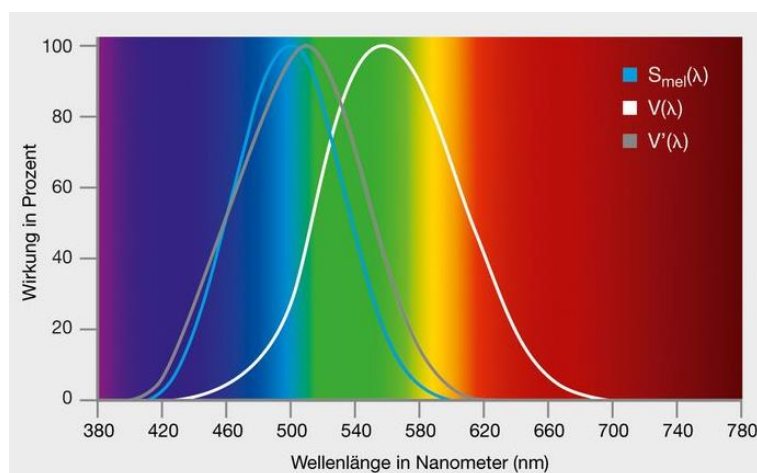


Abb. 80: Aktionsspektrum der Melatoninsuppression [$S_{mel}(\lambda)$] im Vergleich zur Hellempfindlichkeit des Auges beim Tagsehen $V(\lambda)$ und beim Nachtsehen $V'(\lambda)$.

Anhang 2: Wirkung nächtlicher, künstlicher Beleuchtung auf Flora und Fauna

Nachtaktive Arten (%)	
Wirbeltiere	
Säugetiere	63.8
Primaten (<u>incl. <i>H. sapiens</i></u>)	31.0
Fledermäuse	100.0
Vögel	19.6
Reptilien	16.6
Amphibien	93.3
Fische	14.1
Subtotal	28.0
Invertebraten	
Insekten	49.4
Schmetterlinge	77.8
Käfer	60.0
Krebstiere	50.0
Spinnentiere	5.0
...	...
Subtotal	64.4

Abb. 81: Anteil nachtaktiver Arten
Wirbeltiere = 28% / Wirbellose Tiere = 64,4%.

A.2.1 Nachtaktive Säugetiere

Fledermäuse gehören zu der Gruppe der nachtaktiven Säugetiere. Viele Arten gelten als vom Aussterben bedroht, insbesondere durch den Verlust an Lebensraum und sind daher in Europa streng geschützt. Fledermäuse sind für die Bestäubung bestimmter nachtblühender Pflanzen verantwortlich.

Durch vermehrtes Kunstlicht in der Nähe von Fledermausquartieren wurde teilweise ein späteres Ausfliegen in der Nacht beobachtet. „Verschiedene Verhaltensweisen der Fledermäuse bei Kunstlicht sind bekannt. Dadurch dass sich an Straßenleuchten vermehrt Insekten sammeln, kommt es dort zu stärkerem Insektenanflug der Fledermäuse. Dies führt zur Etablierung von neuen Jagdgebieten für Fledermäuse. Bisher gibt es wenige Untersuchungen zu den langfristigen Auswirkungen. Eine Destabilisierung des Ökosystems wird aber befürchtet.

Insektenschonendes Licht kann insofern auch als Fledermaus schonend betrachtet werden. [2]

A.2.2 Nachtaktive Insekten

Das Verhalten nachtaktiver Insekten bei Kunstlicht kann unterschiedlich sein, je nach Art des Insekts und nach Anordnung der Beleuchtung und Topographie der Umgebung (siehe dazu auch die Abbildung auf Seite 10):

- Insekten, die in die Nähe einer Lichtquelle kommen, werden vom Licht angezogen und sind wie gefangen. Diese Insekten können am heißen Glas der Lampen oder Leuchten verbrennen, sie werden zu leichter Beute, indem sie abgelenkt ums Licht schwirren oder sie können an Erschöpfung zugrunde gehen. Ein Teil der Insekten kann sich wieder vom Licht entfernen und in die Dunkelheit zurückzukehren. Viele lassen sich jedoch auch nieder, sind vom Licht geblendet und bleiben bewegungslos.
- Eine Reihe von Lichtquellen kreuzt die Wanderrouen der Insekten, wo sie dann vom Licht angezogen werden und von diesem nicht mehr wegkommen. Solche Lichtschneisen wirken wie eine Barriere.
- Insekten die eigentlich inaktiv sind, werden vom Licht wie durch einen Staubsauger aus ihrer Umwelt abgezogen.

Nachaktive Insekten, z.B. Motten wurden als wichtige Bestäuber identifiziert. (Callum, MacGregor University of Hull/UK 2014). Oft arbeiten diese sogar effektiver als tagaktive Bestäuber, weil sie den Pollen über längere Distanzen transportieren und anders als Bienen diesen nicht selbst zur Nahrungsaufnahme verwenden.

Nachaktive Insekten sind besonders empfänglich für Licht im UV und blauem Spektralbereich. Die Grafik auf der folgenden Seite zeigt den Insektenanflug auf verschiedene Lichtquellen. Insbesondere kurzwelliges Licht gilt auf Grund des Sehmaximums bei ca. 380-400nm für Schmetterlinge, aber auch viele andere Insektengruppen als besonders attraktiv. LEDs mit warm-weißer Farbtemperatur erwiesen sich als die ökologisch verträglichste Variante, da dort der geringste Insektenanflug zu beobachten war. Weshalb die LEDs im Vergleich zu anderen als ökologisch einigermaßen verträglich eingestuften Leuchtmitteln wie NAV in Summe signifikant weniger Insekten anlocken ist daher noch ungeklärt.

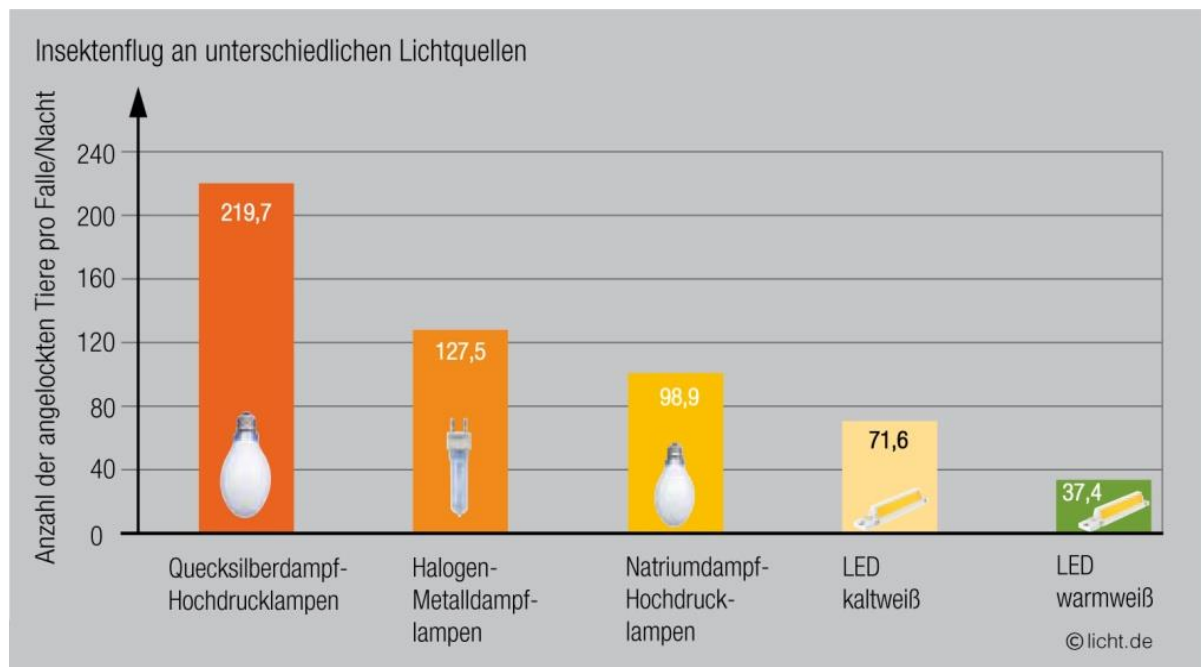


Abb. 82: Ergebnisse von Feldversuchen in Düsseldorf, Frankfurt und Tirol, Prof. Eisenbeis.

Diese Studie wurde durch die 2011 durchgeführte Studie „Anlockwirkung moderner Leuchtmittel auf nachaktive Insekten“ von Peter Huemer, Hannes Kühtreiber und Gerhard Tarmann bestätigt.

A.2.3 Sing- und Zugvögel

Bei Singvögeln wurden folgende Verhaltensänderungen beobachtet und dokumentiert:

- Å früheres morgendliches Singen (Buchfinken, Rotkehlchen, Amseln, Meisenarten) [5]
- Å Bis zu 3 Wochen früheres Brüten (Vergleich Stadtamseln zu Waldamseln) [5]
- Å Vermehrter Anflug an beleuchtetem Hochhaus „Post-Tower“ in Bonn mit tödlicher Wirkung für Singvögel, insbesondere Sommer- und Wintergoldhähnchen [6], [7]

Zugvögel reagieren sehr sensibel in ihrem Flugverhalten auf nächtliche Lichtbedingungen. Gefährlich sind beleuchtete Hochhäuser, Leuchttürme und hell erleuchtete Ölbohrinseln auf See, die die Vögel vor allem bei schlechtem Wetter einerseits anziehen und andererseits desorientieren. Besonders bei Nebel und Schlechtwetter-Ereignissen kommt es zu Kollisionen an den Bauwerken mit großen Zahlen von Zugvögeln. [8]

A.2.4 Fische

Künstliches Licht kann Auswirkungen auf das Wachstum, die Reproduktion und das Verhalten von Fischen haben. [9]

Nachtaktive Fische, wie beispielsweise die Regenbogen- und die Meeresforelle nutzen zur Nahrungsaufnahme vor allem dunkle Nächte, nicht aber Vollmondnächte oder künstlich beleuchtete Bereiche. [10]

Wanderfischarten wie Lachs oder Aal setzen ihre Wanderung an illuminierten Brücken zeitweise nicht fort. Die Tiere verlieren dadurch wertvolle Zeit und verschwenden Energie, die ihnen eventuell nicht mehr zum Erreichen des Zielorts und für eine erfolgreiche Fortpflanzung zu Verfügung steht.

A.2.5 Pflanzen

Bei Pflanzen nehmen Photorezeptoren das Licht wahr und steuern dadurch Prozesse der „inneren Uhr“, wie Samenkeimung, Stängelwachstum, Blattausdehnung, Übergang vom vegetativen in den Blühstatus, Blütenentwicklung, Fruchtentwicklung und Alterung. Neben dieser jahreszeitlichen Rhythmik lässt sich auch ein Tagesrhythmus erkennen. Im Dauerlicht (24 h) eines Versuchsaufbaus erlahmt das Photosynthesevermögen bei manchen Arten. Störlicht in der Mitte der Dunkelphase kann bei den einen Pflanzen die Blütenbildung verhindern, während bei anderen die Blütenbildung angeregt wird.

Die folgende Abbildung ist einer Studie entnommen, die diese stufenförmigen Effekte aufzeigt.

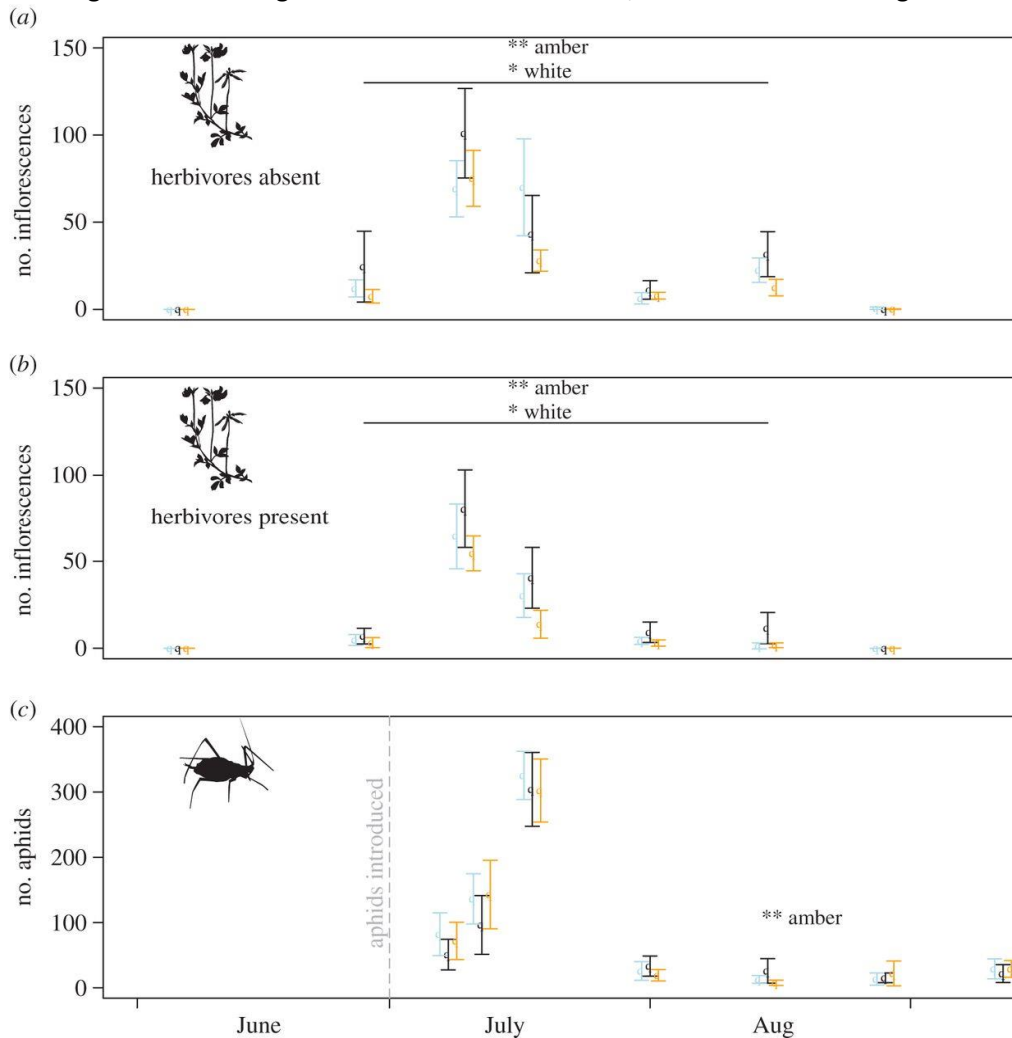


Abb. 83: (a, b) Zählungen von Blütenköpfen der Leguminosen Pflanze (*L. pedunculatus*) in experimentellen Wiesenbereichen, in An- und Abwesenheit von Pflanzenfressern. Schwarz zeigen Kontrollen (nachts nicht beleuchtet), Blau zeigt eine Weißlichtbehandlung und orange Linien zeigen eine Bernsteinlichtbehandlung.

(c) Drei Minuten lange Zählungen von Erbsenblattläusen (*A. pisum*) in experimentellen Wiesenbereichen, Farben wie oben. Sternchen stellen signifikante Unterschiede zwischen der Lichtbehandlung und Kontrollsituation dar.

Die Blütenstandszahlen waren während der Blütezeit, bei allen Erhebungsdaten und unabhängig von der Anzahl der Pflanzenfresser, bei beiden Lichtarten konstant niedriger.

Für die Pflanzenfresser waren die Zählungen nur unter Mitte August deutlich unter dem gelben Licht. Zu dieser Zeit wurde *A. pisum* fast ausschließlich gefunden auf *L. pedunculatus* Blüten, die in den beleuchteten Behandlungen selten waren. [4]

Stufenförmige Effekte nächtlichen Kunstlichts auf das Pflanzenwachstum und den Blütenstand von Grasflächen lassen sich in Studien beobachten. Der Zusammenhang mit dem Vorkommen von Pflanzenfressern und der darauffolgenden Nahrungskette wird dabei deutlich. [4]

Der Wachstumszyklus von Pflanzen wird durch nächtliches Kunstlicht beeinflusst.

Bäume werfen unter nächtlicher Beleuchtung ihre Blätter später ab. Durch die verspätete Vorbereitung auf den Winter können Frostschäden auftreten. [2]

A.2.6 Ökosysteme

Einfluss des nächtlichen Lichtes auf ein Ökosystem am Beispiel eines Gewässers:

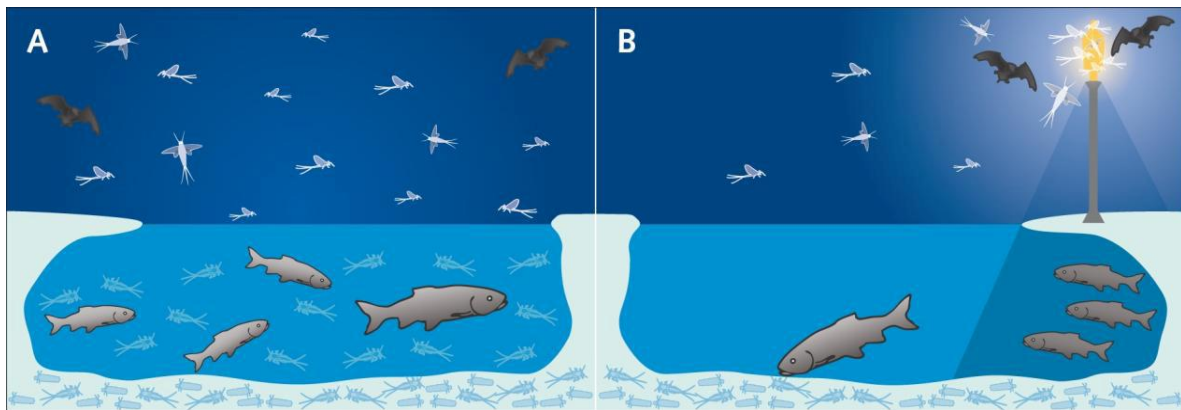


Abb. 84: (A) Natürliche Nacht, (B) das gleiche System künstlich beleuchtet.

Bei nächtlicher Beleuchtung suchen kleine Fische Schutz, große Fische verbleiben im Freiwasser und sind durch Beleuchtung in der Lage, nachts frei driftende kleine Gewässerorganismen wie Insektenlarven oder Bachflohkrebse zu fressen.

Als Folge überleben Gewässerorganismen, die weniger driften und sich verstecken.

Einige Fledermausarten und Spinnen profitieren von desorientierten Insekten im Bereich der Straßenbeleuchtung. Diese fehlen Fischen und Vögeln als Nahrungsgrundlage.

Das Beispiel verdeutlicht die Destabilisierung eines bestehenden Ökosystems.

Referenzdokumente

„Schutz der Nacht – Lichtverschmutzung, Biodiversität und Nachtlandschaft“ Bundesamt für Naturschutz 2013

„Österreichischer Leitfaden Außenbeleuchtung – Licht, das mehr nützt als stört“ 2018

«Eclairage du 21e siècle de biodiversité»

Literatur- und Quellenverzeichnis

[1] Mark Rea et al., 2012 „The potential of outdoor lighting for stimulating the human circadian system“

[2] Rich, L.; Longcore, T. (2004) (ed.): “Ecological Consequences of Artificial Night Lighting”. Washington: Island Press

[3] www.en.lighten.org, UNEP - United Nations Environmental Programme und gef - global efficient lighting forum

[4] Jonathan Bennie et al., 2015 “Cascading effects of artificial light at night: resource-mediated control of herbivores in a grassland ecosystem”

[5] Kempenaers B, Borgström P, Loës P, Schlicht E, Valcu M (2010): Artificial night lighting affects dawn song, extra-pair siring success, and lay date in songbirds. *Current Biology* 20: 1-5

[6] Haupt H, Schillemeit U (2011): Skybeamer und Gebäudeanstrahlungen bringen Zugvögel vom Kurs ab. Neue Untersuchungen und eine rechtliche Bewertung dieser Lichanlagen. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 43 (6): 165-170

[7] Helm B (2010): Zeitprogramme im Tages- und Jahreslauf: Vogel-Uhren und Kalender-Vögel. *Falke* 1: 9-15

[8] „Schutz der Nacht – Lichtverschmutzung, Biodiversität und Nachtlandschaft“ Bundesamt für Naturschutz 2013; Barbara Helm und Jesko Partecke „Lichtverschmutzung und die Folgen für Zugvögel“, Heiko Haupt

[9] Hölker F et al. (2010a): Light pollution as a biodiversity threat. *Trends Ecol Evol* 25: 681-682

[10] Contor & Griffith 1995, Scottish Anglers National Association 1998

Abbildungsverzeichnis mit Bildquellen

Titelbild: Grafik: licht | raum | stadt planung GmbH

Abb. 1: „Wirkungszusammenhang Licht und Mensch“, Grafik: licht | raum | stadt planung GmbH

Abb. 2: „Menschliches Auge“, Talos, Grafik: colorized by Jakov - copied from German Wikipedia, https://de.wikipedia.org/wiki/Auge#/media/File:Eye_scheme.svg

Abb. 3: „Nicht-visueller Wirkungspfad des Lichtes“, Grafik: licht | raum | stadt planung GmbH

Abb. 4: „Lichtverschmutzung durch Aktivitätszone Distanz 2km“, Foto: AC Schiffflange, Guy Spanier

- Abb. 5:** „Leitstreifen für Sehbehinderte am Bahnhof Pfaffenthal, Kirchberg“, Foto: CFL, Norbert Leisch
- Abb. 6:** „Insekten gefangen in einer veralteten Leuchte“, Foto: Lamiot - Eigenes Werk
insects versus light (Lille, north of France)
https://de.wikipedia.org/wiki/Lichtverschmutzung#/media/File:InsectsDead_LightPollutionFL.jpg
- Abb. 7a/b/c:** „Drei Möglichkeiten, wie Licht sich auf Insekten auswirken kann“, Grafik:
licht | raum | stadt planung GmbH basiert auf: Rich, L.; Longcore, T. (2004) (ed.): “Ecological Consequences of Artificial Night Lighting”. Washington: Island Press
- Abb. 8:** „Neue Straßenbeleuchtungsanlagen Energieverbrauch“, Grafik: licht.de
- Abb. 9:** „Effizienz von Lichtquellen“, Grafik: licht | raum | stadt planung GmbH
- Abb. 10:** „Dimmvarianten: Halb- bzw. Stufenweise Nachschaltung und flexible, sensorgestützte Steuerung“, Grafik: licht | raum | stadt planung GmbH
- Abb. 11 a/b/c:** „Gutes Licht“ im Stadtraum, Grafik: licht | raum | stadt planung GmbH
- Abb. 12:** „Bürgerbeteiligung Neugestaltung Fußgängerzone Memmingen“, Foto: licht | raum | stadt planung GmbH
- Abb. 13:** „Cité Esch-Belval Quest Gesamtplanung“, Grafik: licht | raum | stadt planung GmbH
- Abb. 14:** „Vom Gesamtkonzept bis zum technischem Detail“, Foto: licht | raum | stadt planung GmbH
- Abb. 15:** „Luxmeter mit externem Messkopf“, Foto: Extech
- Abb. 16:** „Kalibrierte Digitalkamera“, Foto: LMT
- Abb. 17:** „Leuchtdichtemessgerät“ Foto: Canon
- Abb. 18:** „Umweltzonen mit Einstufung und Beispiele für entsprechende Raumtypen“, basiert auf EN 12464-2, CIE Technical Report 126: Guidelines for minimizing sky glow und Technical Report 150: Guide on the limitation of the effects of obtrusive light
- Abb. 19:** „Schiffflange: Kugelleuchte Abstrahlverhalten rundum“, Foto: AC Schiffflange, Guy Spanier
- Abb. 20:** „Übersicht künstlicher Lichtquellen“, Grafik: licht | raum | stadt planung GmbH
- Abb. 21:** „Strahlungszonen von Außenleuchten“, Grafik: licht | raum | stadt planung GmbH basiert auf LiTG Publikation 12.3 "Empfehlungen für die Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtemissionen künstlicher Lichtquellen"
- Abb. 22:** „Veranschaulichung einer Lichtverteilungskurve an einer Straßenleuchte“, Grafik:
licht | raum | stadt planung GmbH Dialux
- Abb. 23 a/b/c:** „Lichtverteilungskurve“, Grafik: licht | raum | stadt planung GmbH Dialux
- Abb. 24:** „Seitliches bzw. nach oben abstrahlendes Licht“, Grafik: licht | raum | stadt planung GmbH
- Abb. 25:** „Farbtemperaturangaben in Kelvin“, Grafik: licht | raum | stadt planung GmbH
- Abb. 26:** „Betriebsdauer in Stunden und relativer durchschnittlicher Lichtstrom in %“, Grafik:
licht | raum | stadt planung GmbH

Abb. 27: „Kugelleuchten strahlen das Licht diffus in alle Richtungen ab“, Foto: AC Schiffflange, Guy Spanier

Abb. 28: „Flexible Steuerung ermöglicht den Grundsatz „Licht nach Bedarf“, Grafik: licht | raum | stadt planung GmbH

Abb. 29: „Vielfältige Steuerungsmöglichkeiten für bedarfsgerechtes Licht“, Grafik: licht.de, Foto: licht | raum | stadt planung GmbH

Abb. 30: „Blendfreie Straßenbeleuchtung in kleinstädtischer Umgebung“, Foto: AC Schiffflange, Guy Spanier

Abb. 31: „Blendfreie Straßenbeleuchtung in kleinstädtischer Umgebung – Nachtabsenkung 50%“, Foto: AC Schiffflange, Guy Spanier

Abb. 32: „Bodeneinbauleuchten sind zu vermeiden“, Foto: www.sternenpark-schwaebische-alb.de

Abb. 33: „Diffus strahlende Pilz- oder Kugelleuchten sind ineffizient“, Foto: www.sternenpark-schwaebische-alb.de

Abb. 34: „Tarnzonen vermeiden“, Fotos: Trilux

Abb. 35: „Lichtkorridor“ Foto: AC Schiffflange, Guy Spanier

Abb. 36: „Lichtpunkthöhen zum Insektenschutz reduzieren“, Grafik: licht | raum | stadt planung GmbH

Abb. 37: „Neuanlage mit LED Wegebeleuchtung“, Foto: Luxemburg Stadt, licht | raum | stadt planung GmbH

Abb. 38: „Niedrige Lichtpunkthöhen zur Ausleuchtung eines Weges“ Foto: Hardt Wuppertal, licht | raum | stadt planung GmbH

Abb. 39: „Gewerbegebiet mit Außenbeleuchtung im Dauerbetrieb“, Foto: Zoonar/lokkes

Abb. 40: „Werbung und Sichtbarkeit aus der Ferne, Anlockwirkung für Insekten, Himmels-Aufhellung“, Foto: Acabashi; Creative Commons CC-BY-SA 4.0; Source: Wikimedia Commons https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9e/Dreamland_Margate_Kent_England_illuminated_sign.jpg

Abb. 41: „Niedrig installierte Leuchten mit geringerer Lichtstärke ist besser als wenige lichtstarke Leuchten auf hohen Masten“, Grafik: licht | raum | stadt planung GmbH

Abb. 42: „Gewerbegebiete sind oft in Naturnähe gelegen“ Grafik: licht | raum | stadt planung GmbH

Abb. 43: „Funktionalbeleuchtung Hansa-Businesspark“ Foto: Stadtwerke Münster

Abb. 44: „Gas- und Biogaskraftwerk in Schwerin mit neuer LED Beleuchtung“, Stadtwerke Schwerin / Maxpress

Abb. 45: „Sportplatz in Geroldswil, die Beleuchtung vor der Umrüstung“, Foto: Kurt Wirth, Dark-Sky Switzerland

Abb. 46: „Räumliche und zeitliche Begrenzung des Lichtes“, Grafik: licht | raum | stadt planung GmbH

Abb. 47: „Sportplatz in Geroldswil, nach der Umrüstung mit präziser Optik und rückseitigem Cut-off“, Foto: Kurt Wirth, Dark-Sky Switzerland

Abb. 48: a / b: „Typische Bestandssituation“, Foto: licht | raum | stadt planung GmbH

Abb. 49: „Nachtlageplan Fußgängerzone Memmingen Akzent und Funktionalbeleuchtung“. Grafik: licht | raum | stadt planung GmbH

Abb. 50: „Anstrahlrichtung und Empfehlung für den Ort der Beleuchtung“, Grafik: licht | raum | stadt planung GmbH

Abb. 51 a/b/c/d/e: „Beleuchtung kann immissionsarm erfolgen durch“, Grafik: licht | raum | stadt planung GmbH

Abb. 52: „Architekturbeleuchtung zeitlich und Jahreszeitlich begrenzt“, Grafik: licht | raum | stadt planung GmbH

Abb. 53: „Maximale tolerierbare Leuchtdichte für Anstrahlungen“, "Österreichischer Leitfaden Außenbeleuchtung – Licht, das mehr nützt als stört“ 2018

Abb. 54: „Zielsetzung: Die Gestaltung eines attraktiven Nachtbildes der Stadt“, Foto: Karl Huber Fotodesign, Nagold.

Abb. 55: „Licht der Schaufenster erhellt den Straßenraum der Fußgängerzone“, Foto: licht | raum | stadt planung GmbH

Abb. 56: „Hohe Leuchtdichten und Lichteintrag in den Straßenraum“, licht.de licht.wissen Heft 6, Seite 4, Foto 9

Abb. 57: „Empfehlungen zur immissionsarmen Ausleuchtung von Schaufenstern“, Grafik: Zumtobel

Abb. 58: „Licht gerichtet auf auszustellende Objekte und Waren“, Grafik: licht | raum | stadt planung GmbH

Abb. 59: „Schaufensterhintergrund möglichst niedrige Reflexionsgrade, Grafik: licht | raum | stadt planung GmbH

Abb. 60: „Vermeidung von Beeinträchtigungen der Verkehrssicherheit, maximal zulässige Leuchtdichte“, entnommen aus dem „Österreichischen Leitfaden für Außenbeleuchtung – Licht, das mehr nützt als stört“ 2018.

Abb. 61: „Immissionsschutz entsprechend der Nutzungsart des Gebiets, maximal tolerierbare Beleuchtungsstärke“, aus dem „Österreichischen Leitfaden für Außenbeleuchtung – Licht, das mehr nützt als stört“ 2018.

Abb. 62: „Maximale Leuchtdichte bezogen auf die Umweltzonen und Naturschutz“, angelehnt an den „Österreichischen Leitfaden für Außenbeleuchtung – Licht, das mehr nützt als stört“ 2018.

Abb. 63: „Werbebeleuchtung ist auf Betriebszeiten zu begrenzen“, Grafik: licht | raum | stadt planung GmbH

Abb. 64: „Aufmerksamkeit wird erregt“, Foto: licht | raum | stadt planung GmbH

Abb. 65: „Fokussierung des Lichtes“, Foto: Michael Weidemann/pixelio.de

Abb. 66: „Neuanlagen mit LED Technik bieten sowohl Energiesparpotenziale als auch die Chance für ein neues Image“, Foto: licht|raum|stadt planung GmbH

Abb. 67: „Temporäres Licht ohne Bezug zu Ort und Architektur“, Foto: licht|raum|stadt planung GmbH

Abb. 68: „Sky-Beamer vermeiden, Vermeiden von Uplights“, Grafik: licht|raum|stadt planung GmbH

Abb. 69: „Weihnachtsbeleuchtung Gütersloh“, Foto: licht|raum|stadt planung GmbH

Abb. 70: „Weihnachtsbeleuchtung Rathaus Moosbach“, Foto: licht|raum|stadt planung GmbH

Abb. 71: „Beleuchtung an Bäumen stört Flora und Fauna“, Foto: licht|raum|stadt planung GmbH

Abb. 72: „Uplights wirken Himmelsaufhellend“, licht.de licht.wissen Heft 15, Seite 7, Bild 4

Abb. 73 a/b: „Eine reduzierte Anzahl an Lichtpunkten markiert die wesentlichen Fassadenelemente“, Foto oben: ERCO, Dirk Vogel, Foto unten: Hess (Kuhnle + Knödler Fotodesign)

Abb. 74: „Spektrale Wirkungsfunktion für visuelles Wahrnehmen“, Grafik: licht|raum|stadt planung GmbH

Abb. 75: „Lichtstrom Φ in Lumen (lm) als Maß für die Lichtleistung einer Lichtquelle“, Grafik: licht|raum|stadt planung GmbH

Abb. 76: „Lichtstärke I in Candela (cd) als Maß für die räumliche Verteilung des Lichtstroms“, Grafik: licht|raum|stadt planung GmbH

Abb. 77: „Beleuchtungsstärke E in Lux (lx) als Quotient des Lichtstroms, der auf eine bestimmte Fläche trifft zur Größe der Fläche“, Grafik: licht|raum|stadt planung GmbH

Abb. 78: „Graphische Darstellung der lichttechnischen Grundgrößen und ihrer Zusammenhänge“, Grafik: licht|raum|stadt planung GmbH

Abb. 79: „Je nach Farbtemperatur des Lichtes werden die Farben sehr unterschiedlich wiedergegeben“, Foto: licht|raum|stadt planung GmbH

Abb. 80: „Aktionsspektrum der Melatonininsuppression“, Grafik: licht.de

Abb. 81: „Anteil nachtaktiver Arten Wirbeltiere“, Tabelle: Hölker et al. 2001

Abb. 82: „Ergebnisse von Feldversuchen in Düsseldorf, Frankfurt und Tirol“, Prof. Eisenbeis, Grafik: licht.de

Abb. 83: (a, b) „Zählungen von Blütenköpfen der Leguminosen Pflanze“, Grafik: Jonathan Bennie et al., 2015 "Cascading effects of artificial light at night: recourse-mediated control of herbivores in a grassland ecosystem"

Abb. 84: „(A) Natürliche Nacht, (B) das gleiche System künstlich beleuchtet“, Perkin et al. (2011)

