



LAND

OBERÖSTERREICH

# LEITFADEN Besseres Licht

Alternativen zum Lichtsmog



Umweltschutz



institut für  
astronomie

UN VERSATTSSTERNWARTE W EN

## IMPRESSUM

**Medieninhaber:** Land Oberösterreich

**Herausgeber:** Amt der Oö. Landesregierung, Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung Umweltschutz  
Kärntnerstraße 10-12, 4021 Linz • Tel.: +43(0)732/7720-14501 • Fax: +43(0)732/7720-213682 • E-Mail: us.post@ooe.gv.at  
www.land-oberoesterreich.gv.at

### Projektteam:

Klaus **Bernhard** (Land OÖ., OÖ. Zukunftsakademie)  
Martin **Donat** (Umweltanwaltschaft Oberösterreich),  
Andreas **Doppler** (TAS SV-GmbH)  
Thomas **Edtstadler** (Land OÖ., Abt. Gesundheit),  
Jürgen **Frank** (Land OÖ., Abt. Anlagen-, Umwelt- und Wasserrecht)  
Johann **Freinschlag** (Landeskriminalamt OÖ.)  
Dietmar **Hager** (Stargazer Observatory)  
Wolfgang **Hüthmair** (Land OÖ., Bezirksbauamt Wels)  
Manfred **Kaindl** (ELIN GmbH),  
Heribert **Kaineder** (Land OÖ., Abt. Umweltschutz)  
Christian **Maurer** (Land OÖ., Abt. Verkehr),  
Christine **Öhlinger** (Energiesparverband OÖ.)  
Thomas **Posch** (Universität Wien, Institut für Astronomie),  
Johannes **Puschnig** (Universität Wien, Institut für Astronomie),  
Michael **Raffetzedler** (Land OÖ., Abt. Umwelt-, Bau- Anlagentechnik)  
Birgit **Reiner** (Land OÖ., Büro LR Anschöber),  
Johann **Scharinger** (Land OÖ., Abt. Umwelt-, Bau- und Anlagentechnik),  
Alexander **Schuster** (Land OÖ., Abt. Naturschutz)  
Sigrid **Sperker** (Land OÖ., Abteilung Umweltschutz),  
Anton **Stana** (Müller-BBM Austria)  
Stefanie **Suchy** (Umweltanwaltschaft Tirol)  
Herbert **Tschaickner** (Magistrat Linz)  
Norbert **Umgeher** (Land OÖ., Abt. Straßenerhaltung und -betrieb)  
Martin **Waslmeier** (Land OÖ., Abt. Umweltschutz)  
Günther **Wuchterl** (Verein Kuffner-Sternwarte Wien)

### Projektkoordination:

Heribert **Kaineder**, Martin **Waslmeier** - Land OÖ., Abt. Umweltschutz

### Wissenschaftliche Begleitung:

Johannes **Puschnig**, Thomas **Posch** - Universität Wien, Institut für Astronomie

**Layout:** Julia Tauber

**Druck:** FRIEDRICH VDV

**September 2013**

**DVR.Nr.:** 0069264

# **LEITFADEN**

# **Besseres Licht**

Alternativen zum Lichtsmog



# Inhalt

<b>1</b>	<b>Motivation .....</b>	<b>09</b>
	Licht und Gesundheit .....	11
	Licht und Naturschutz .....	12
	Licht und Energie .....	13
	Licht und Kriminalität .....	14
<b>2</b>	<b>Rechtliche und normative Grundlagen .....</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>Optische und technische Grundlagen .....</b>	<b>17</b>
	Optische Grundlagen .....	19
	Technische Grundlagen .....	22
	Lichtausbeute .....	22
	Problematik mit dem kaltweißen Licht sowie Licht mit Blauanteilen .....	22
	Farbtemperatur .....	25
<b>4</b>	<b>Leuchtmittel .....</b>	<b>27</b>
	Spektren moderner Leuchtmittel .....	29
	Leuchtstofflampen und Energiesparlampen .....	29
	Metalldampf-Lampen .....	30
	LED .....	32
	Natriumdampf-Lampen .....	35
	Glüh- und Halogenlampen .....	36
	Leuchtmittel im Effizienz-Vergleich .....	37
	Schadstoffinhalt moderner Leuchtmittel .....	38
	Empfehlung für den Außenbereich .....	39
	Leuchtmittel im Vergleich (Übersichtstabelle) .....	40
<b>5</b>	<b>Leuchten .....</b>	<b>41</b>
	Das Grundprinzip .....	43
	Ideale Strahlengeometrie .....	44
	Full-Cut-Off Leuchten .....	45
	Lichtstärkeverteilungskurve .....	46
	Lichtpunkthöhe .....	47
	Anstrahlrichtung .....	48
	Betriebsweise .....	49
	Nachtabenkung .....	49
	Nachtabstaltung .....	49
	Intelligente Beleuchtung .....	50



<b>6</b>	<b>Umsetzungsempfehlungen</b>	<b>51</b>
	Prüfen der Notwendigkeit der Beleuchtung	53
	Wartungs- und Instandhaltungskosten	54
	Beleuchtung von Straßen, Wegen und Plätzen	55
	Richtlinien	55
	Auswahl der geeigneten Beleuchtungsklasse	56
	Auswahl der geeigneten Beleuchtung	59
	Regelung von Nachtabsenkungen	63
	Beleuchtung von Werbung, Fassaden und Objekten	67
	Begrenzung zur Verkehrssicherheit	68
	Begrenzung zum Immissionsschutz	70
	Begrenzung zum Natur- und Landschaftsschutz	71
	Lichtwerbung kontra Stadtbild	73
	Arten der Beleuchtung	73
	Anhang	76
	Hintergrundinformationen und Beispiele	76
	Abbildungsverzeichnis	78
	Glossar	80
	Quellenverzeichnis	82
	Ansprechpartner	83

**Vorbemerkung: rot hervorgehobene Begriffe werden im Glossar genauer definiert.**



# 1. Motivation

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

In den letzten 10 Jahren wurde immer klarer: Es gibt auch ein „Zuviel des Guten“, also ein Übermaß an künstlichem Licht! Es gibt auch eine „Dunkle Seite des Lichts“, wie die gleichnamige viel beachtete Fernsehdokumentation von Anja Freyhoff und Thomas Uhlmann (2009) deutlich machte <sup>[1]</sup>. Neue wissenschaftliche Erkenntnisse zeigen deutlich, dass Kunstlicht in falscher Qualität und Intensität zur falschen Zeit am falschen Ort gravierende Schattenseiten haben kann.

„Mehr Licht“ ist ein „Schnee von gestern“. Das Ziel ist „besseres Licht“ statt immer nur „mehr Licht“: Besseres Licht, das uns hilft, besser zu sehen, ohne zu blenden, ohne unnötig die Umwelt aufzuhellen, ohne unnötig die Tierwelt zu stören, ohne unnötig viel Energie zu verschwenden. Besseres Licht ist machbar und bringt allen Vorteile.



# Licht und Gesundheit

Studien zeigen, dass der Mensch heutzutage in den wirtschaftlich hochentwickelten Ländern etwa 95% seiner Lebenszeit im Inneren von Gebäuden verbringt. In den entsprechenden Innenräumen ist es tagsüber – selbst wenn es dort relativ helle Arbeitsplatzbeleuchtung gibt – wesentlich dunkler als unter freiem Himmel. Je nach Sehaufgabe gibt es Empfehlungen für Arbeitsplatzbeleuchtungen in Größenordnungen von 500 bis 1.500 Lux (DIN EN 12464-1). An einem Sonnentag im Freien kann die Beleuchtungsstärke ein Vielfaches (das Hundertfache davon) betragen. Somit bekommt der Mensch tagsüber viel weniger Licht als er von Natur aus gewöhnt ist. Während der Abend- und frühen Nachtstunden ist es umgekehrt: sowohl beim Aufenthalt in (beleuchteten) Innenräumen als auch beim Aufenthalt auf (beleuchteten) Straßen und Plätzen bekommt der Mensch dann viel mehr Licht als er es von der Evolutionsgeschichte her kannte.

**Tags zu wenig, nachts zu viel Licht!  
Das ist ein Grundproblem der Lebensweise des modernen Menschen.**



Das Licht kann zu massiven Störungen des Tag-Nacht-Rhythmus führen. Die Freisetzung des Ruhehormons **Melatonin** erfolgt unter solchen Bedingungen nicht mehr im vorgesehenen Rhythmus bzw. in reduzierter Weise. In der **Chronobiologie** wird über gesundheitliche Beschwerden von Schlafstörungen bis zu Hinweisen auf ein erhöhtes Krebsrisiko (vor allem bei Schichtarbeitern) berichtet. In gesundheitlicher Hinsicht wäre es besser, tags viel mehr Licht zu bekommen (idealerweise natürliches Licht) und nachts – insbesondere in der zweiten Nachthälfte! – wenig bis gar keinem künstlichen Licht ausgesetzt zu sein <sup>[2]</sup>.

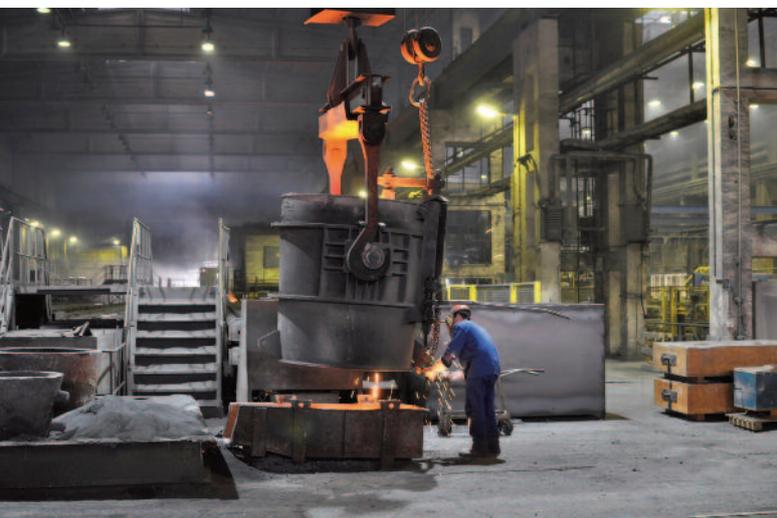


Abb. 1 - zu wenig Licht tagsüber



Abb. 2 - zu viel Licht in der Nacht

# Licht und Naturschutz

Beleuchtung beeinflusst nicht nur uns Menschen. Sehr stark ist auch der Einfluss von künstlichem Licht auf Tiere und Pflanzen. Am meisten Schaden richtet Kunstlicht im Außenraum bei **nachtaktiven Insekten** an, da diese zu Tausenden sogar von einzelnen Straßenlaternen angezogen werden (siehe Abschnitt 4 „Leuchtmittel“). Aber auch **Zugvögel** werden von Kunstlicht oft stark irregeleitet. Sie orientieren sich bei ihren Flügen u.a. auch am Sternhimmel und kommen von ihren Zugrouten ab, wenn sie z.B. vom Strahlkegel eines **Skybeamers** oder durch beleuchtete Hochhäuser abgelenkt werden <sup>[3]</sup>. Bei hell erleuchteten Wolkenkratzern, z. B. in Kanada und in den USA, sind immer wieder sehr hohe Opferzahlen durch Anprall von Vögeln zu verzeichnen.

Weitere Lebewesen, die massiv durch künstliches Licht gestört werden können, sind u.a. Meeresschildkröten, Frösche, Fledermäuse und andere Säugetierarten <sup>[4]</sup>.

Künstliches Licht ist keineswegs immer eine Bereicherung einer Landschaft, sondern kann bei exzessivem Einsatz **Nachtlandschaften** auch verunstalten. Nachtlandschaften leben von der Abwesenheit von Licht oder vom Kontrast hell-dunkel. Nicht allein der Anblick des Sternhimmels wird durch die Lichtglocken über Städten, Dörfern und Gewerbebezonen regional „vernichtet“, sondern die Schönheit von nächtlichen Landschaften wird durch diese Lichtglocken sowie durch einzelne, unnötige, direkt nach oben strahlende Lichter deutlich gemindert.

Abb. 3 - Lichtverschmutzte Nachtlandschaft

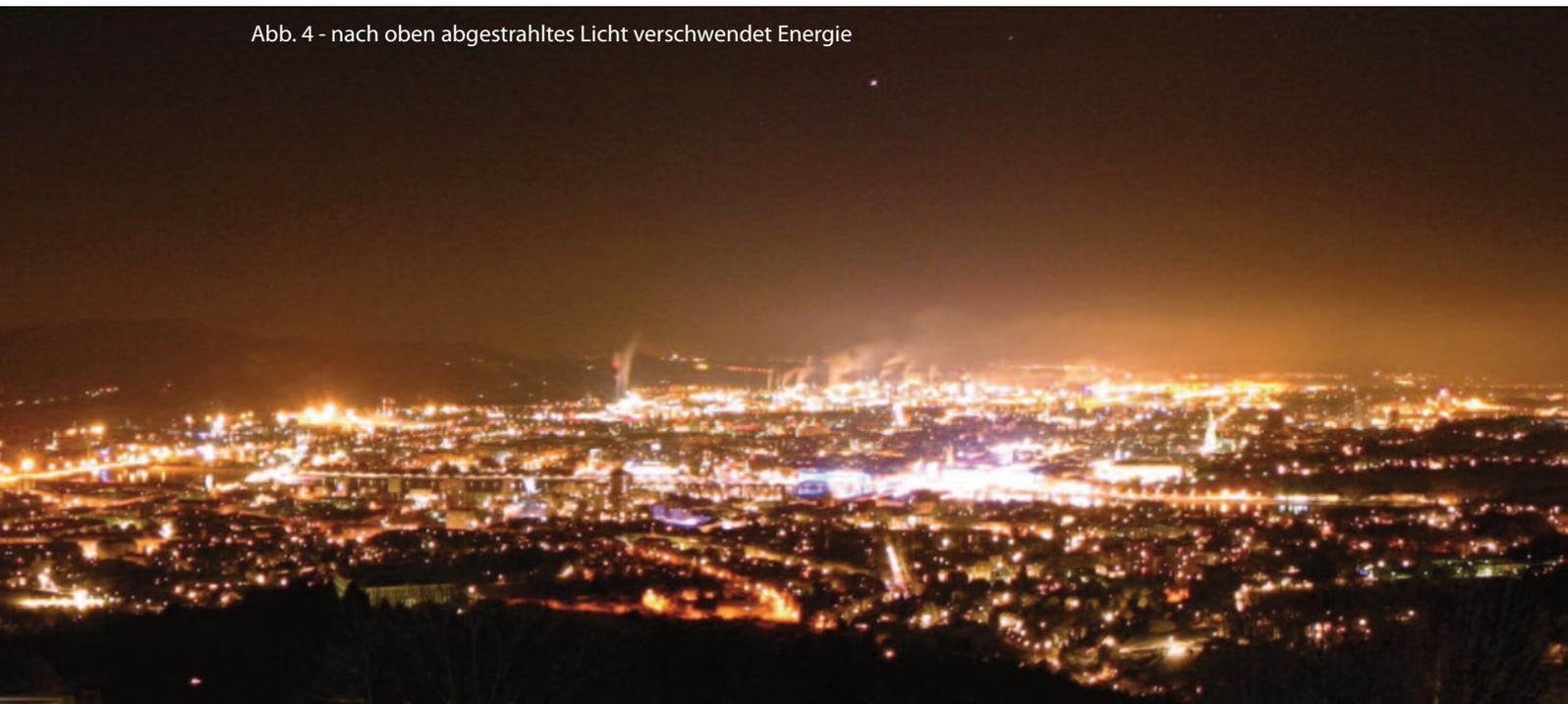


# Licht und Energie

Heute kann man sehr effizient elektrische Energie in Licht umwandeln: effiziente Leuchtmittel erreichen **Lichtausbeuten** von über 100 Lumen pro Watt (siehe Abschnitt 4). Daher kann man mit relativ wenig Strom viel Licht freisetzen – was gerade zu dem verschwenderischen Umgang mit künstlichem Licht führt, der derzeit vorherrscht. In relativen Zahlen sind es etwa 14% der elektrischen Energie, die in Europa für künstliches Licht (Innen- und Außenbeleuchtung) aufgewendet werden. Die Straßenbeleuchtung alleine benötigt „nur“ 1-2% des Strombedarfs in der EU (wobei die genauen Prozentsätze von Land zu Land variieren). Auf kommunaler Ebene macht aber die Straßenbeleuchtung bis zu 45% des öffentlichen Stromverbrauchs aus. Und **etwa ein Drittel** der Energie wird bei herkömmlicher Straßenbeleuchtung verschwendet, weil dieser Anteil des Lichts nicht dort ankommt, wo es gebraucht wird. Man schätzt, dass auf diese Weise EU-weit etwa 5 Milliarden Kilowattstunden pro Jahr bei der Straßenbeleuchtung verschwendet werden (allein in Großbritannien sind es z.B. 843 Millionen Kilowattstunden <sup>[51]</sup>).

Für Österreich muss man von einer verlorenen Energie in der Größenordnung von 100 Millionen Kilowattstunden jährlich ausgehen. Der Wert liegt um ein Vielfaches höher, wenn man private und Werbebeleuchtung hinzunimmt.

Abb. 4 - nach oben abgestrahltes Licht verschwendet Energie



# Licht und Kriminalität

Als „Totschlag-Argument“ für die Notwendigkeit künstlicher Beleuchtung im Außenraum wird oft angeführt, dass mehr Licht mehr Sicherheit bringe. Es gibt aber kaum konfliktfreie Studien, die einen so simplen Zusammenhang wie „mehr Licht – mehr Sicherheit“ belegen würden. Viele Untersuchungen zur angeblichen Erhöhung der Sicherheit durch Beleuchtung werden von der Beleuchtungsindustrie in Auftrag gegeben und sind daher mit Vorsicht zu betrachten. In vielen erhellten Umgebungen mag das **subjektive Sicherheitsempfinden** höher sein, aber das bedeutet noch lange keine geringere Kriminalitätsrate an hellen Plätzen (manche Fallstudien belegen sogar eher das Gegenteil: mehr Licht – mehr Vandalismus). Zumeist kommt es lediglich zu lokalen Verdrängungen krimineller Handlungen, jedoch zu keiner generellen Veränderung auf Grund geänderter Beleuchtungen. Dazu kommt, dass zweifellos nicht jede Art von Beleuchtung unser subjektives Sicherheitsgefühl erhöht. Nur blendfreie Beleuchtung unterstützt unser Sehvermögen, während blendendes Licht desorientierend wirkt.

Eine Statistik aus Großbritannien zeigt, dass bei 48 % von mehr als 284.000 Anwesen, in die eingebrochen wurde, sogenannte „Sicherheitsbeleuchtung“ eingebaut war <sup>[5, S 88]</sup>. Eine ebenfalls in Großbritannien unter Einbrechern durchgeführte Umfrage zeigte, welche Faktoren wirklich effizient geplante Einbrüche verhindern. Angeführt wurden:

- der Anschein, dass jemand im Einbruchsobjekt zuhause sei: 84%
- Alarmanlagen: 84%
- Sichtbare Überwachungskameras: 82%
- Anschein stabiler Fenster und Türen: 55% <sup>[5, S 89]</sup>

Außenbeleuchtung wurde hingegen von den Befragten nicht als einbruchshemmender Faktor genannt. Vernünftiger ist es also, wenn schon, dann sparsames Licht **im Inneren** eines Hauses eingeschaltet zu lassen als eine bis mehrere 100Watt starke, außen angebrachte „Sicherheitsbeleuchtung“ zu verwenden oder gar auf eine einbruchshemmende Wirkung naher Straßenlaternen zu hoffen.

Auch eine Studie die das „National Institute of Justice“ in den USA veröffentlichte, konnte das Vorurteil „Mehr Licht – mehr Sicherheit“ nicht bestätigen.

Man liest dort:

„Wir können sehr wenig darauf vertrauen, dass verbesserte Beleuchtung Kriminalität verhindert.“

# 2. Rechtliche und normative Grundlagen

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

Für die Planung der öffentlichen Beleuchtung – v.a. der Straßenbeleuchtung – wird derzeit in insgesamt 28 europäischen Staaten die europäische Norm **EN 13201** herangezogen. Diese Norm besteht aus vier Teilen und ist sehr umfangreich. Hier können nur einige Grundzüge der EN 13201 zusammengefasst werden. Ein **Grundprinzip** dieser Norm ist, dass eine Straße je nach zulässiger Geschwindigkeit des Hauptnutzers, mittlerem Verkehrsaufkommen usw. mindestens eine bestimmte **mittlere Leuchtdichte** der Fahrbahn haben sollte. Unter „**Leuchtdichte**“ versteht man die Flächenhelligkeit, gemessen in **Candela pro Quadratmeter** ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ). Für manche Verkehrsflächen (z.B. Fußgänger- und Radfahrbereiche, aber auch Einkaufsstrassen und „komplexe Straßenkreuzungen“) wird statt einer Mindest-Leuchtdichte eine bestimmte **horizontale Beleuchtungsstärke** (gemessen in lux) vorgeschrieben. Weiters wird durch die EN 13201 gefordert, dass die Beleuchtung einer Straße eine gewisse Gleichmäßigkeit haben soll – d.h. die Unterschiede zwischen den hellsten und den dunkelsten Stellen der Fahrbahn sollen ein gewisses Maß nicht überschreiten.

Ein Beispiel dazu: Für zentrale Einkaufsstrassen (Beleuchtungsklasse „CE1“) werden in der EN 13201 Mindest-Beleuchtungsstärken von 50 lux gefordert. Für wesentlich kleinere Straßen („CE5“) liegt die Mindestanforderung nach EN 13201 bei 7,5 lux. All diese Anforderungen gelten für neu einzurichtende Beleuchtungsanlagen bzw. für die Erneuerung bestehender Anlagen. Bestehende Anlagen unterschreiten diese Werte oft, da zu der Zeit, als sie geplant wurden, die EN 13201 noch nicht galt. Die von der EN 13201 geforderten Werte sind im Vergleich zu den derzeit in Oberösterreich bewährten Werten ziemlich hoch. Kritisch ist auch anzumerken, dass die EN 13201 generell nur Mindestwerte und keine Höchstwerte angibt.

Als ergänzende nationale Teile zur EN 13201 sind die ÖNORM O 1051 und die ÖNORM 1053 zu nennen. Die **ÖNORM O 1051** enthält Empfehlungen zur **Beleuchtung sogenannter Konfliktzonen** (Schutzwege, Radfahrerüberfahrten, Kreisverkehre, Parkplätze usw.). Die **ÖNORM 1053**, welche 2011 in Kraft trat, regelt die **Absenkung des Beleuchtungsniveaus** während der verkehrsschwächeren Nachtzeiten.

Durch die sogenannte Nachtabsenkung (oder auch „Teilnachtschaltung“) können erhebliche Energieeinsparungen erzielt werden und Störwirkungen des künstlichen Lichts während Ruhezeiten reduziert werden. Darauf wird im Abschnitt 5 dieses Leitfadens anhand von Fallbeispielen näher eingegangen.

Eine wichtige normative Grundlage ist in diesem Zusammenhang die **ÖNORM O 1052, „Lichtmissionen – Messung und Beurteilung“**, die im Herbst 2012 in Kraft trat. In dieser Norm geht es nicht um einen speziellen Typ von Beleuchtung, sondern ganz allgemein darum, wie man künstliche Beleuchtung so gestalten kann, dass Blendung, Raum-aufhellung, Aufhellung der Umwelt, Himmelsaufhellung usw. möglichst vermieden werden kann. Kurzum: ein wichtiges Thema der ÖNORM O 1052 ist die **Vermeidung von Lichtverschmutzung**.

Wichtige Grundbestimmungen der ÖNORM O 1052 und der übrigen, oben genannten Normen, sind in den vorliegenden Leitfaden „Besseres Licht“ eingeflossen.

Weiters sind folgende Normen und Richtlinien anzuführen:

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



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

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

# 3. Optische und technische Grundlagen

Licht ist ein komplexes Thema. Aus diesem Grund finden sich in diesem Kapitel Allgemeines zur optischen Wahrnehmung des Auges und technische Grundlagen zum Verständnis der rasant fortschreitenden Entwicklung künstlichen Lichts.



# Optische Grundlagen

Die optische Wahrnehmung wird in der Netzhaut des menschlichen Auges durch unterschiedliche Zellen geregelt. Die Stäbchenzellen erkennen beispielsweise nur Schwarz-Weiß-Kontraste, sind allerdings sehr lichtempfindlich und somit für das „Nachtsehen“ verantwortlich. Erst bei etwas größeren Lichtintensitäten beginnt die Farbwahrnehmung. Dafür sorgen unterschiedliche Zapfenzellen, welche jeweils für eine der Grundfarben Rot, Grün und Blau empfindlich sind. Die Empfindlichkeit ist allerdings nicht überall gleich, größte Sensitivität wird im Grünen erreicht, sowohl zum kurzwelligen blauen, als auch zum langwelligen roten Bereich fällt die Empfindlichkeit rapide ab.

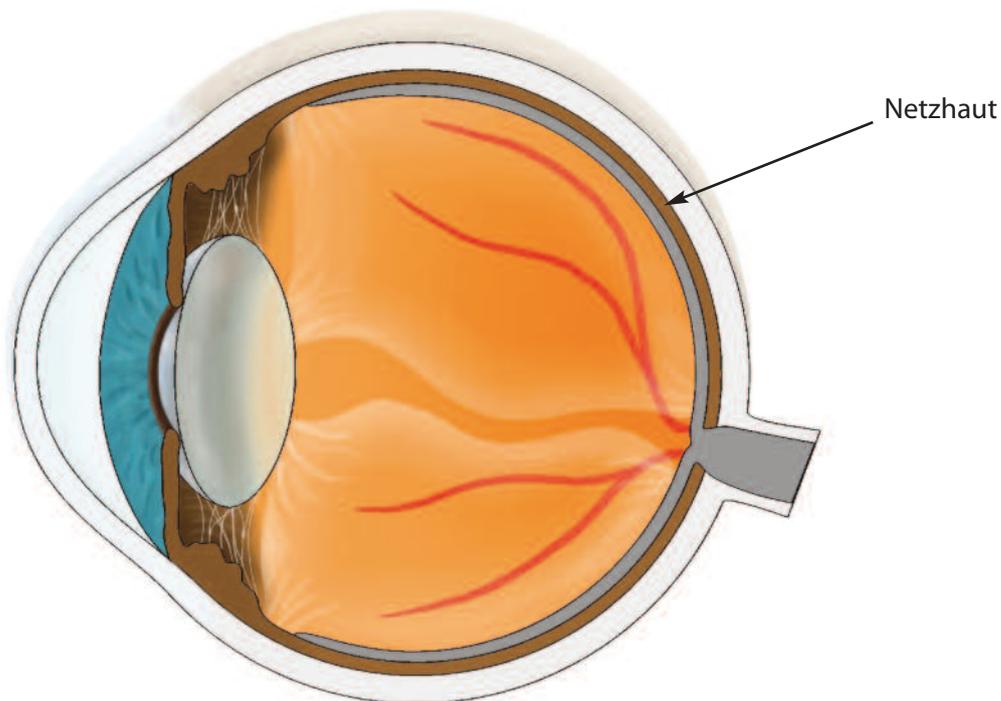


Abb. 5 - Das menschliche Auge

Neben den für das Sehen verantwortlichen Rezeptoren besteht die Netzhaut noch aus vielen anderen Zellen. Hervorzuheben sind dabei die lichtempfindlichen Ganglienzellen, welche für die Steuerung des **Tag-Nacht-Rhythmus** verantwortlich sind und deshalb auch als „**cirkadiane Rezeptoren**“ bezeichnet werden. Ihre größte Empfindlichkeit fällt in den blauen, kurzwelligen Spektralbereich bei einer **Wellenlänge** von etwa 440nm<sup>[9]</sup>.

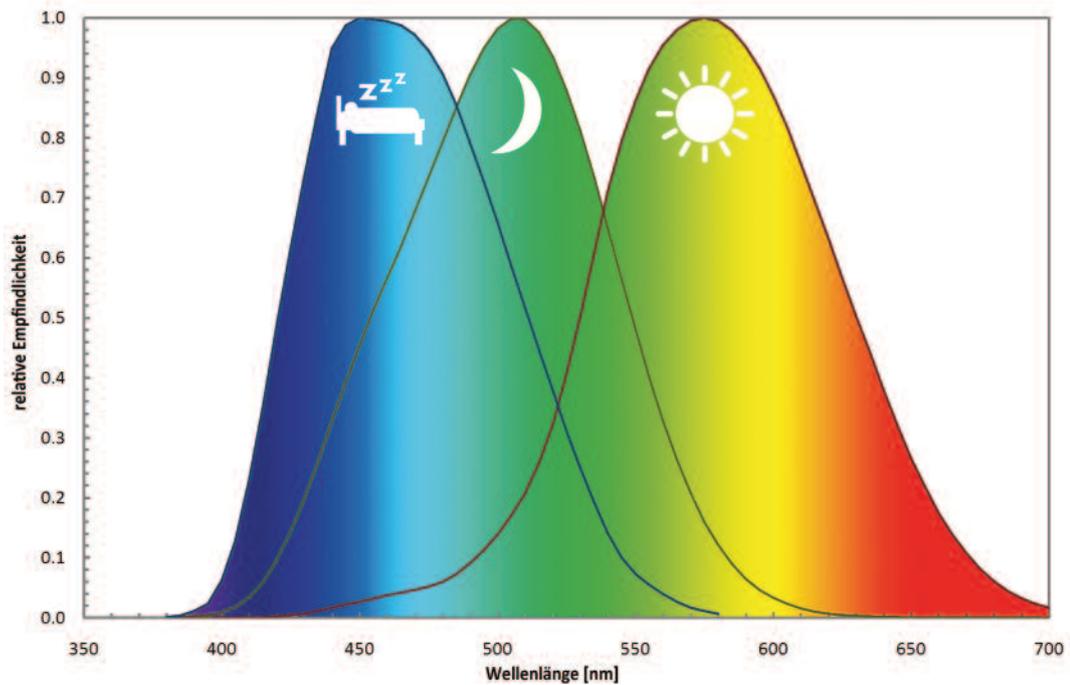


Abb. 6 - Empfindlichkeiten der circadianen Rezeptoren für die Steuerung des Tag-Nacht-Rhythmus (links), der Stäbchen (Mitte) und mittlere Empfindlichkeit der Zapfen (rechts)

“Das Schlaf-Symbol 'Zzz' bedeutet, dass guter Schlaf nur dann möglich ist, wenn möglichst wenig (!) Licht der entsprechenden blauen Farbe nachts auf den Organismus einwirkt.“

Der Verlauf der Farbempfindlichkeit des menschlichen Auges bildet auch die Grundlage für die lichttechnischen Einheiten **Lumen**, **Lux** und **Candela**. Denn diese Größen charakterisieren ausschließlich jenen Anteil der Strahlung einer Lichtquelle, welcher vom menschlichen Auge erfasst werden kann. Bei Lichtmessungen in diesen Einheiten wird also die gesamte ankommende Strahlung so gefiltert und gewichtet, wie es auch unser Auge tun würde.

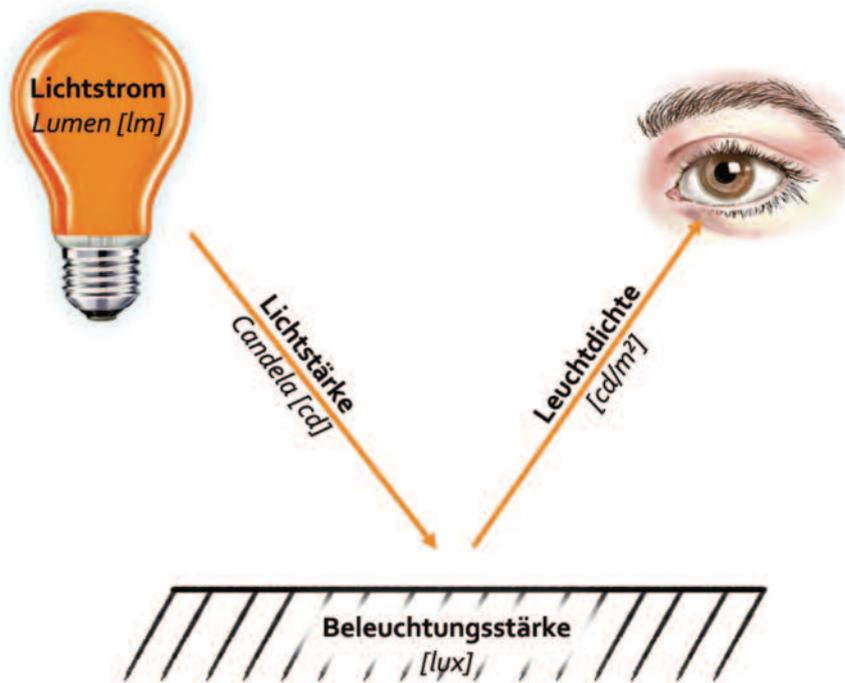


Abb. 7 - Veranschaulichung der lichttechnischen Größen **Lumen**, **Lux** und **Candela**

Darüber hinaus kann eine Lichtquelle Strahlung aussenden, welche zwar für das menschliche Auge nicht sichtbar ist, aber für Insekten oder Vögel beispielsweise schon. Jede Ausstrahlung außerhalb des für den Menschen sichtbaren Bereichs stellt eine Energieverschwendung dar, da dieser nicht-sichtbare Anteil nicht als **Nutzlicht** zur Verfügung steht.

**Leuchtmittel mit Ausstrahlungen außerhalb des für den Menschen sichtbaren Bereichs verschwenden wertvolle Energie!**



Abb. 8 - Viele Vogelarten werden durch künstliches Licht irregeleitet



# Technische Grundlagen

## Lichtausbeute

Die Effizienz von Leuchtmitteln wird in **Lumen** pro Watt angegeben. Je größer der durch die elektrische Leistung (Watt) erzeugte Lichtstrom (**Lumen**) ist, desto effizienter ist das Leuchtmittel. Der maximal erreichbare Wert liegt bei 683 lm/W für **monochromatisches Licht**.

## Problematik mit dem kaltweißen Licht sowie Licht mit Blauanteilen

### Blau Licht stört den menschlichen Tag-Nacht-Rhythmus

Die Körperfunktionen des Menschen unterliegen einer circadianen – ungefähr tagesperiodischen – Rhythmik, welche in etwa 24 Stunden beträgt. Dieser Tag-Nacht-Rhythmus steuert viele physiologische und psychologische Funktionen, beispielsweise wird die Produktion des Hormons **Melatonin** dadurch geregelt.

Da die Periodendauer der circadianen Rhythmik nicht exakt 24 Stunden beträgt, muss die innere Uhr durch äußere Zeitgeber synchronisiert werden. Der entscheidende Zeitgeber ist dabei der Hell-Dunkel-Rhythmus des Tageslichts. Die Information über das Licht gelangt über die vor allem im Blauen empfindlichen „circadianen Rezeptoren“ zum „inneren Schrittmacher“. Das bedeutet, dass Licht - auch geringer Intensitäten - mit hohen **Blau-Anteilen** in der Abendzeit die Periode verlängert und den Rhythmus dadurch verändert. Dem Körper wird signalisiert, dass noch Tag ist. Entsprechend verkürzt Licht mit hohen Blau-Anteilen am frühen Morgen die Periode.

Licht bei Nacht unterbindet somit die Produktion des Hormons **Melatonin**, welches Regenerations- und Reparaturvorgänge einleitet. Weiterhin schützt Melatonin die Zellen vor Schäden durch freie Radikale, es kann sogar davon ausgegangen werden, dass Melatonin krebshemmend wirkt. Leuchtmittel mit Ausstrahlung im Wellenlängenbereich von 300nm bis 490nm sind daher zu vermeiden <sup>[10]</sup>.



**Leuchtmittel mit blauen Anteilen sind zu vermeiden, da diese den Tag-Nacht-Rhythmus stören und Reparaturvorgänge des Körpers hemmen!**

### Blaues Licht zieht Insekten an

Bei der Anziehungswirkung künstlicher Beleuchtung auf Insekten gibt es sehr große spektral bedingte Unterschiede. **Ultraviolettes und blaues Licht** mit hohen kurzwelligen Anteilen kann leicht doppelt so viele Insekten anziehen, als solches mit geringeren kurzwelligen Anteilen.

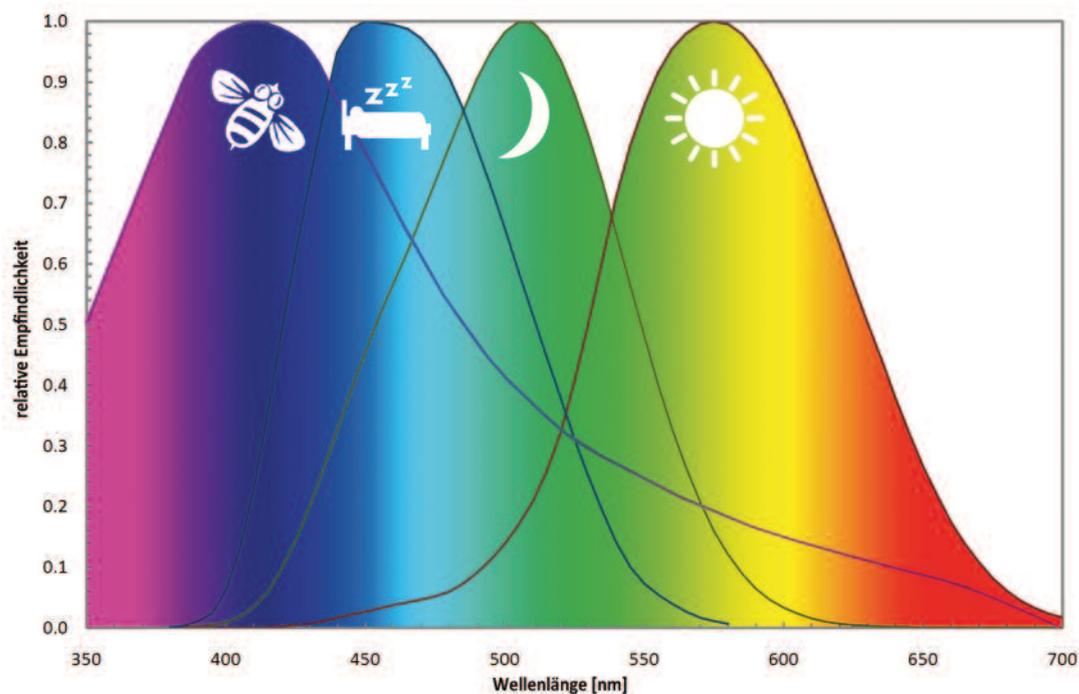


Abb. 9 - Empfindlichkeiten (von links nach rechts): Insekten, circadiane Rezeptoren des Menschen, Zapfen- und Stäbchenzellen der menschlichen Netzhaut

Daher ist auch bei der Auswahl von Leuchtmitteln darauf zu achten, dass diese einen möglichst geringen Blau-Anteil aufweisen.

**Leuchtmittel mit ultravioletten und blauen Anteilen sind zu vermeiden, da Insekten besonders empfindlich darauf reagieren!**



### Blaues Licht wird stärker gestreut

Gemäß dem Rayleigh-Gesetz wird **kurzwelliges, blaues Licht** in klarer Luft wesentlich stärker gestreut als langwelliges, rotes Licht. Darum erscheint der Taghimmel blau. Streuung bedeutet im Kontext der künstlichen Beleuchtung **Verlust von Licht** auf der Nutzfläche und Erzeugung von **Lichtsmog** (Lichtverschmutzung).

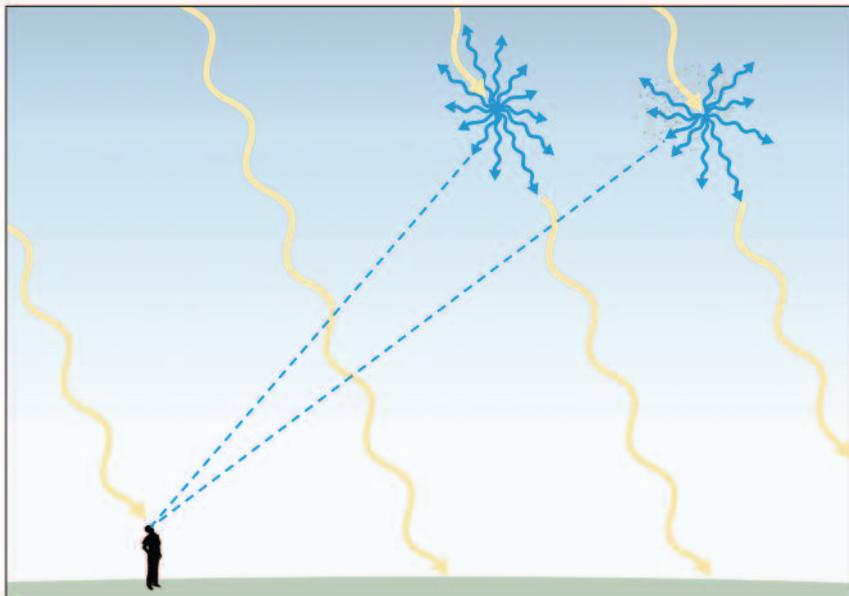


Abb. 10 - Veranschaulichung der Streuung von Licht an Luftteilchen

Daher sollten Leuchtmittel mit möglichst geringem Blauanteil eingesetzt werden. Zu beachten ist dabei, dass nicht überall, wo wir kein Blau sehen, auch kein Blau-Anteil vorhanden ist. Weißes, besonders kaltweißes Licht, hat immer mehr oder minder starke Blau-Anteile. Bei einem Wechsel z.B. auf LEDs ist daher zu achten, abwärtsgerichtetes, warmweißes Licht mit geringem Blau-Anteil einzusetzen.



**Blaues Licht wird in der Atmosphäre viel stärker absorbiert und gestreut, was zum Verlust von Licht auf der Nutzfläche führt. Daher sind Leuchtmittel mit hohen Blau-Anteilen zu vermeiden!**

## Farbtemperatur

Grundsätzlich lässt sich jeder **Wellenlänge** eine ganz bestimmte Farbe zuordnen. Dies gilt für einfarbiges, **monochromatisches Licht**.



Abb. 11 - **Wellenlänge** und Farbe

Sobald man Strahlung charakterisieren möchte, deren **Spektrum** sich über einen größeren Wellenlängenbereich erstreckt, muss die wellenlängenabhängige Variation der Intensität der Lichtquelle sowie die wellenlängenabhängige Gewichtung des menschlichen Auges berücksichtigt werden. Im Wesentlichen entscheiden dann diese zwei Faktoren darüber, welche Farbe wahrgenommen wird.

Um nun Farben verschiedener Lichtquellen untereinander vergleichen zu können, wird die sogenannte **Farbtemperatur** verwendet. Diese beruht auf dem Prinzip des idealen Wärmestrahlers. Ein solcher Körper würde nämlich in Abhängigkeit seiner Temperatur verschiedenartig strahlen, was zu unterschiedlichen Farb-Eindrücken im menschlichen Auge führt. Je höher die Temperatur eines solchen Wärmestrahlers, desto blauer erscheint dieser.



Abb. 12 - Farbtemperatur und „Licht-Stimmung“

Unterschiedliche Lichtfarben oder Farbtemperaturen führen außerdem zu unterschiedlichen „Stimmungen“. Ein und dieselbe Umgebung wirkt je nach Farbtemperatur unterschiedlich, nämlich tendenziell gemütlicher bzw. „wärmer“ bei niedrigerer Farbtemperatur. Daher spricht man auch von **kaltweißem, neutralweißem und warmweißem Licht**.

Wie bereits erläutert, sind Leuchtmittel mit möglichst geringen Blau-Anteilen zu bevorzugen. Grundsätzlich können daher Leuchtmittel mit einer Farbtemperatur von weniger als 3000 K empfohlen werden. Moderne Leuchtmittel, wie etwa LED, Natriumdampflampen, Leuchtstofflampen oder Energiesparlampen verfügen aber oftmals über eine vom idealen Wärmestrahler stark abweichende Abstrahlcharakteristik.

Die Spektren sind dann nicht mehr kontinuierlich, sondern setzen sich aus scharf abgegrenzten Wellenlängen-Bereichen zusammen. Daher ist das **gesamte Spektrum** des jeweiligen Leuchtmittels zu bewerten und auf **Blau-Anteile** zu prüfen. Informationen und Hilfestellungen zur Leuchtmittelauswahl folgen auf den nächsten Seiten.



Leuchtmittel mit einer Farbtemperatur von weniger als 3000 K sind zu empfehlen.

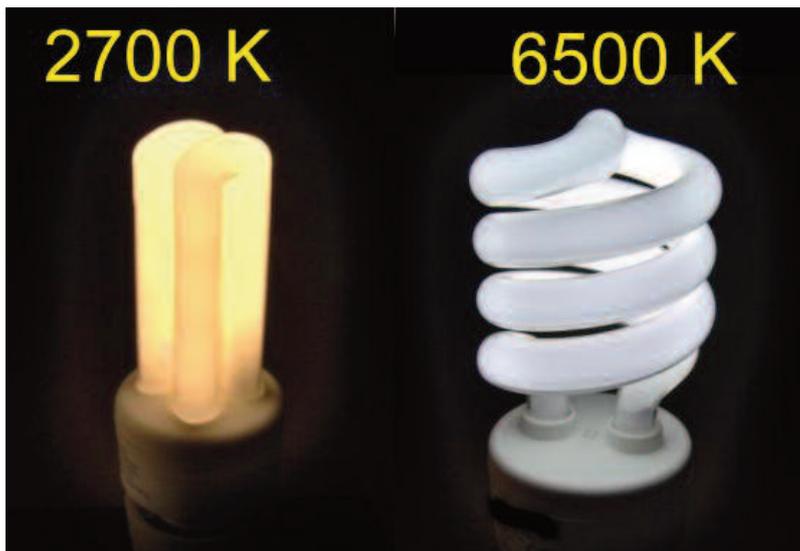


Abb. 13 - Energiesparlampen mit unterschiedlicher Farbtemperatur im Vergleich

# 4. Leuchtmittel

Lichtspektren, Effizienz, Schadstoffinhalt und der Vergleich verschiedener Leuchtmittel stehen hier im Mittelpunkt.



# Spektren modern- ner Leuchtmittel

## Leuchtstofflampen und Energiesparlampen

Im Gegensatz zu Halogenstrahlern haben Leuchtstoff- und Energiesparlampen kein kontinuierliches **Spektrum**, sondern geben Strahlung in scharf begrenzten Bereichen, den **Emissionslinien**, ab. Das führt dazu, dass diese Art von Leuchtmitteln **individuell nach ihren Spektren** beurteilt werden müssen. Es ist einerseits darauf zu achten, dass keine Ausstrahlung im Blauen unterhalb von 480 nm erfolgt und andererseits auch keine übermäßige Ausstrahlung oberhalb von 640 nm erkennbar ist.

Typischerweise haben Leuchtstofflampen und Energiesparlampen einige starke Linien im blauen Spektralbereich (siehe Abbildung 15), es gibt aber auch Ausführungen, deren Blauanteil nur gering ausfällt und daher empfohlen werden können (siehe Abb. 16).

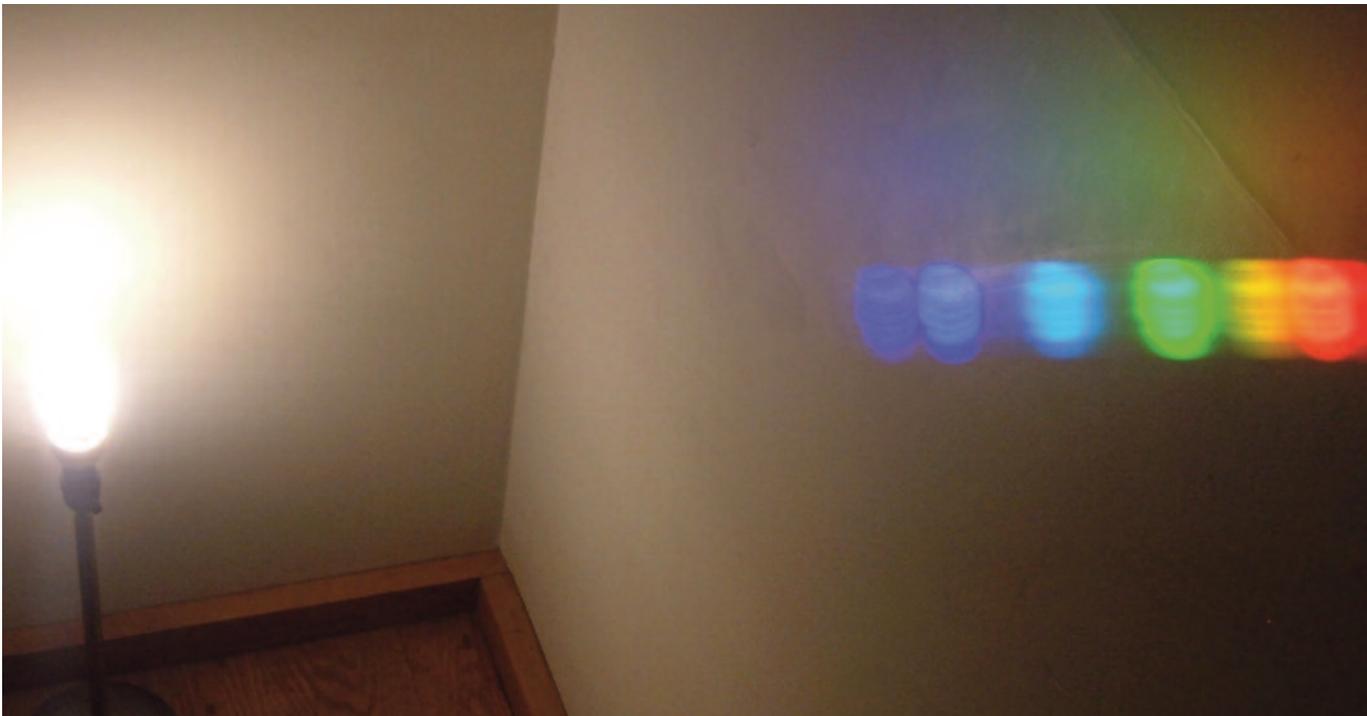


Abb. 14 - Spektrum einer Sparlampe. Durch ein Beugungsgitter vor der Kamera werden die unterschiedlichen Farben im Licht einer Sparlampe sichtbar. Eine normale Glühlampe würde ein durchgehendes Spektrum ohne Lücken zeigen (einen kompletten Regenbogen).

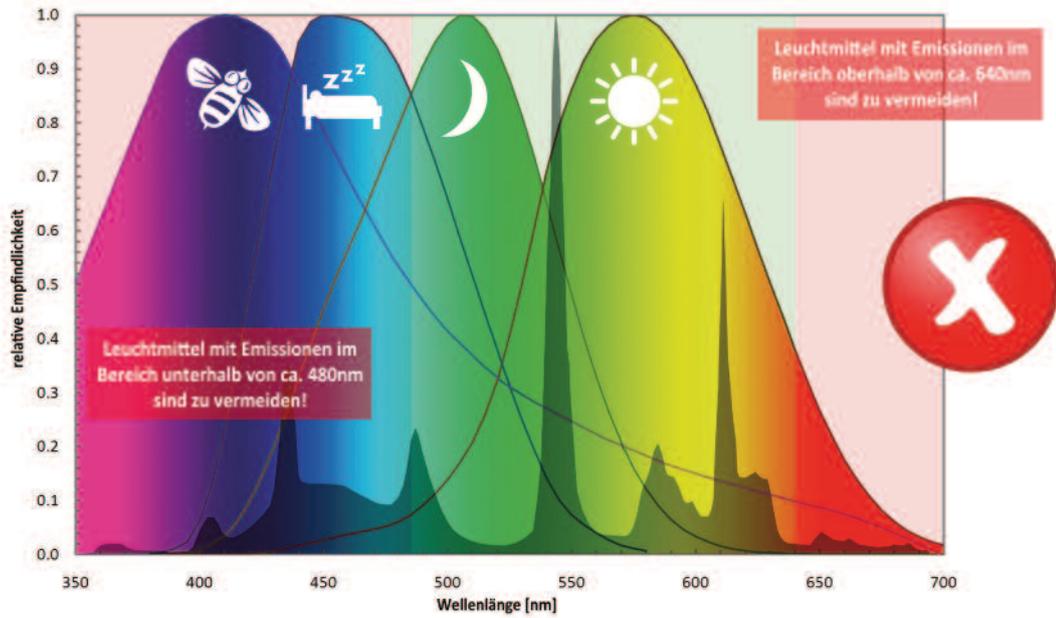


Abb. 15 - Typisches **Spektrum** (grau schattiertes 'Gebirge') einer Leuchtstofflampe mit einer Farbtemperatur von 5000K

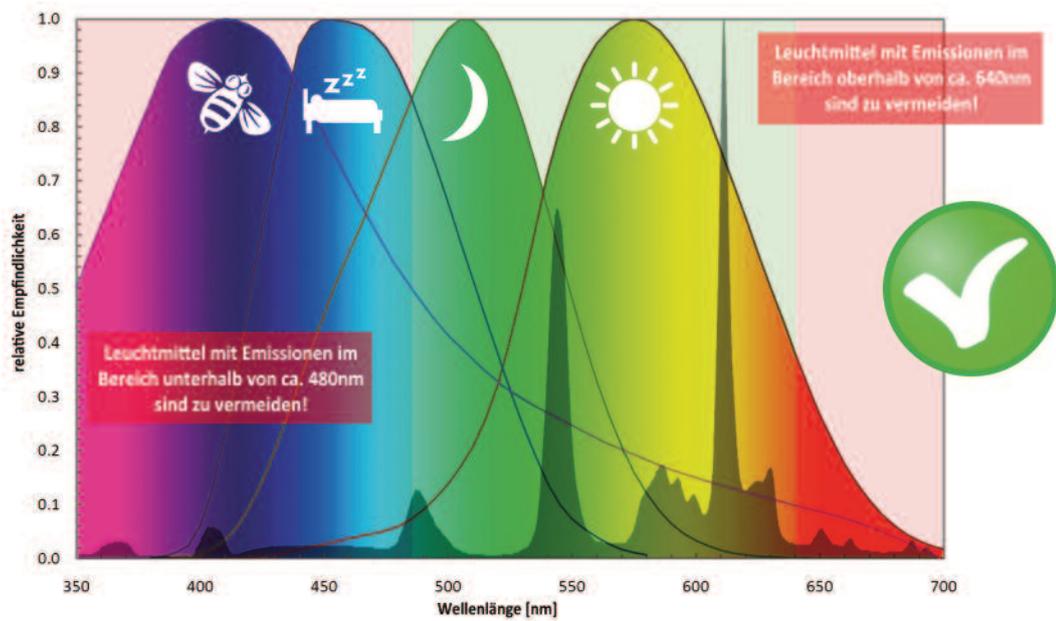


Abb. 16 - **Spektrum** (grau schattiertes 'Gebirge') einer Leuchtstofflampe bzw. Energiesparlampe mit einer Farbtemperatur von 3000K und geringem Blauanteil

## Metalldampf Lampen

Ähnlich wie Leuchtstoff-Lampen verfügen Metalldampf-Lampen über mehr oder weniger scharf abgegrenzte Ausstrahlungsbereiche. Daher sind die Spektren der Leuchtmittel dieser Bauart auf Blau-Anteile und Infrarot-Anteile zu überprüfen. Abbildung 17 zeigt das **Spektrum** einer Metalldampf-Lampe mit geringen Blau-Anteilen.

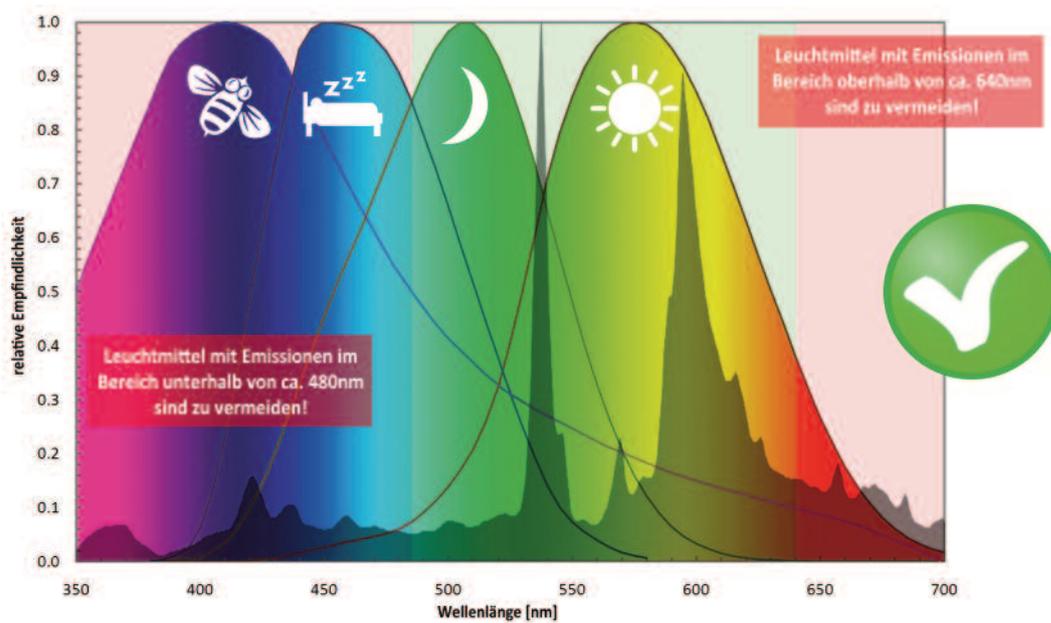


Abb. 17 - **Spektrum** (grau schattiertes 'Gebirge') einer Metalldampf-Lampe

## LED

Die LED (Light Emitting Diode) zählt zu den effizientesten Leuchtmitteln am Markt - Tendenz steigend. Dies ist der Grund für ihren raschen Vormarsch in Städte und Gemeinden rund um den Globus. Doch sollte man bei der Anschaffung von LEDs mit Bedacht vorgehen und deren Vorzüge nutzen (z.B. ist bei LEDs ein stufenloses Dimmen in einem sehr großen Helligkeitsbereich möglich).

### Weißer LED

Denn LED strahlen zunächst sehr scharf begrenztes, nahezu **monochromatisches Licht** aus. Um weißes Licht zu erzeugen und somit optimale Farbwiedergabe zu ermöglichen, wird in den meisten Fällen eine ultraviolette oder blaue LED als Basis verwendet. Erst durch sogenannte Fluoreszenzschichten wird das kurzwellige Licht der blauen LED in ein kontinuierliches **Spektrum** umgewandelt. Dabei bleibt allerdings immer ein Blau-Anteil zurück (siehe Abb. 19 - **Spektrum** einer neutralweißen LED). **Kaltweiße und neutralweiße LED können daher – ungeachtet ihrer Effizienz – nicht empfohlen werden!**

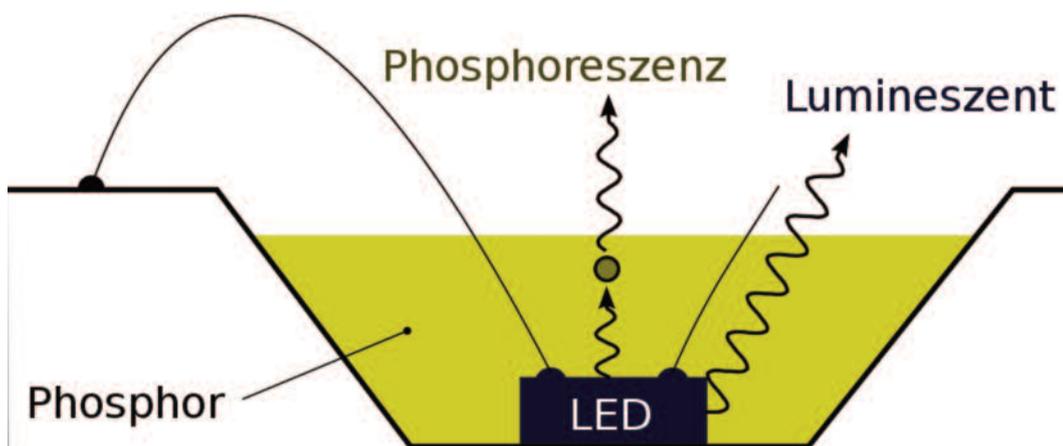
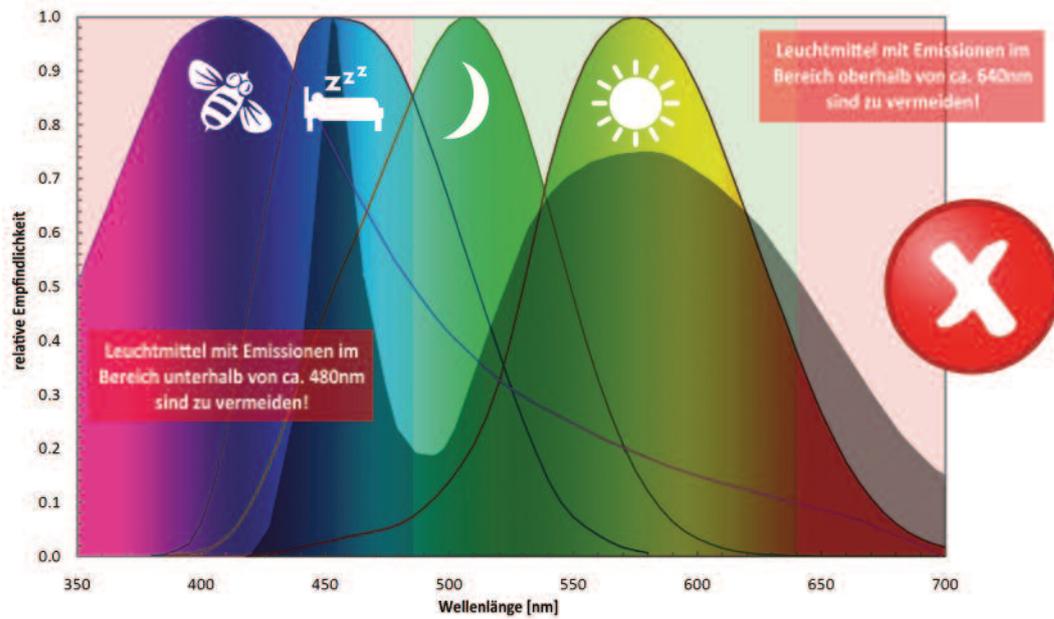
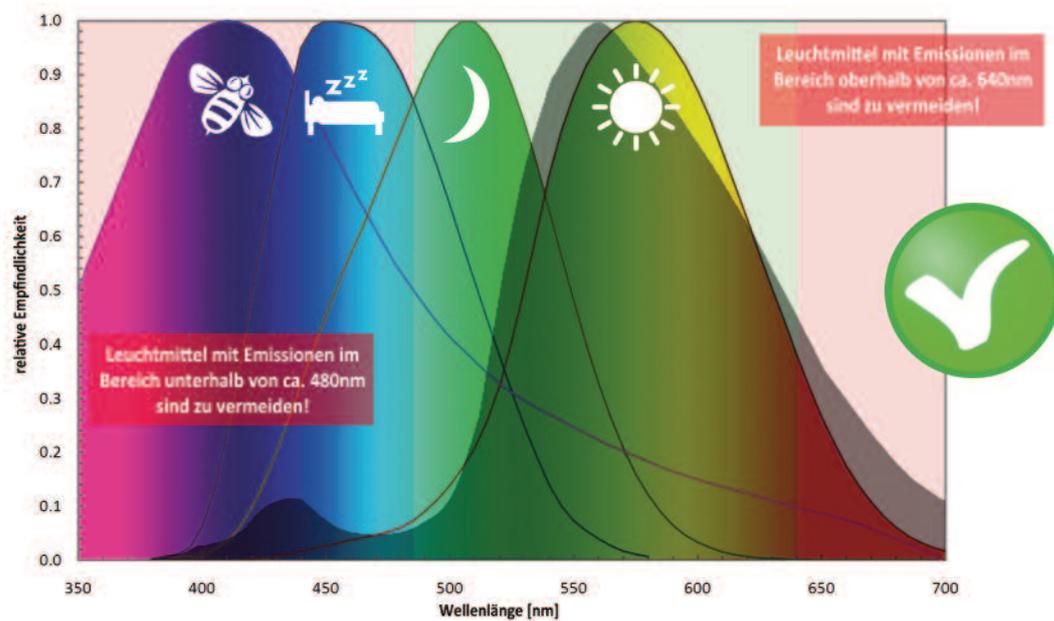


Abb. 18 - Blaue LED mit Leuchtstoff enthaltendem Einbettungsmaterial zur Erzeugung von weißem Licht

Abb. 19 - **Spektrum** einer neutralweißen LEDAbb. 20 - **Spektrum** einer warmweißen LED

### Gelbe LED

Anders als bei weißen LED, kann zur Produktion von gelben LED oftmals auf Blau-Anteile verzichtet werden. Dies führt zwar zu Einbußen in der Farbwiedergabe, doch aus gesundheitlichen und ökologischen Aspekten sind gelbe LED wie in Abb. 21 dargestellt, grundsätzlich zu empfehlen.

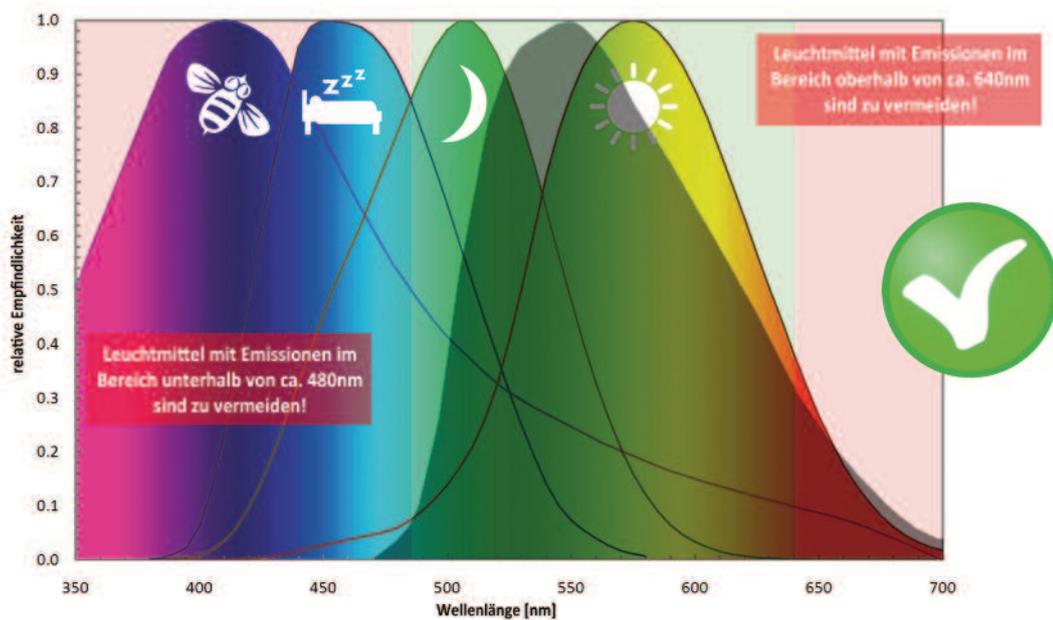


Abb. 21 - **Spektrum** einer gelben LED



**Gelbe und warmweiße LED mit geringen Blau-Anteilen können aufgrund ihrer hohen Effizienz und guter Farbwiedergabe empfohlen werden!**

## Natriumdampf-Lampen

Natriumdampf-Lampen zählen zu den Gasentladungslampen. Sie zeichnen sich durch hohe Effizienz und angenehmes, nicht stark blendendes Licht ohne Blau-Anteile aus. Weiters ist die technische Reife der Natriumdampf-Lampen positiv zu erwähnen, denn dieser Lampentyp ist bereits seit Jahrzehnten weltweit erprobt. Man unterscheidet zwischen **Natriumdampf-Niederdrucklampen** und **Natriumdampf-Hochdrucklampen**. Erstere sind derzeit (2013) die effizientesten Leuchtmittel am Markt, allerdings ist mit den Natriumdampf-Niederdrucklampen praktisch keine Farberkennung möglich, da diese ausschließlich in einem sehr scharf begrenzten spektralen Bereich Licht ausstrahlen. Die Effizienz von Natriumdampf-Hochdrucklampen ist derzeit vergleichbar mit jener von LED. Die Farbwiedergabe ist allerdings etwas weniger gut.

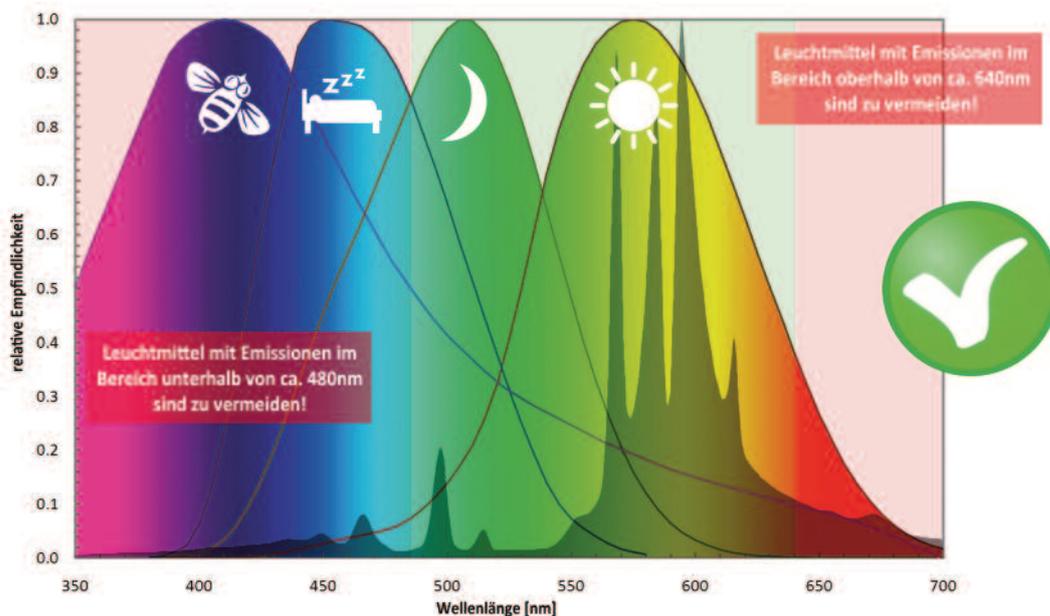


Abb. 22 - **Spektrum** einer Natrium-Hochdruck-Dampflampe

Natriumdampfhochdrucklampen können aufgrund ihrer hohen Effizienz, technischen Reife und Umweltverträglichkeit empfohlen werden.



## Glüh- und Halogenlampen

Das **Spektrum** von Glühlampen und Halogenlampen zeigt zwar kaum Emissionen im blauen Bereich, allerdings liegt das Maximum der Ausstrahlung zu weit im Roten, genauer im **Infraroten** (siehe Abb. 23), was dazu führt, dass die Effizienz dieser Leuchtmittel sehr gering ist. Ein Großteil der elektrischen Energie wird in **Wärme und nicht in Nutzlicht** umgewandelt. Glüh- und Halogenlampen können daher für die öffentliche Beleuchtung im Außenraum (im Innenraum sind die Heiz-Effekte von Glühbirnen nicht unbedingt schlecht und die Lichtfarbe erscheint vielen angenehm) nicht empfohlen werden.

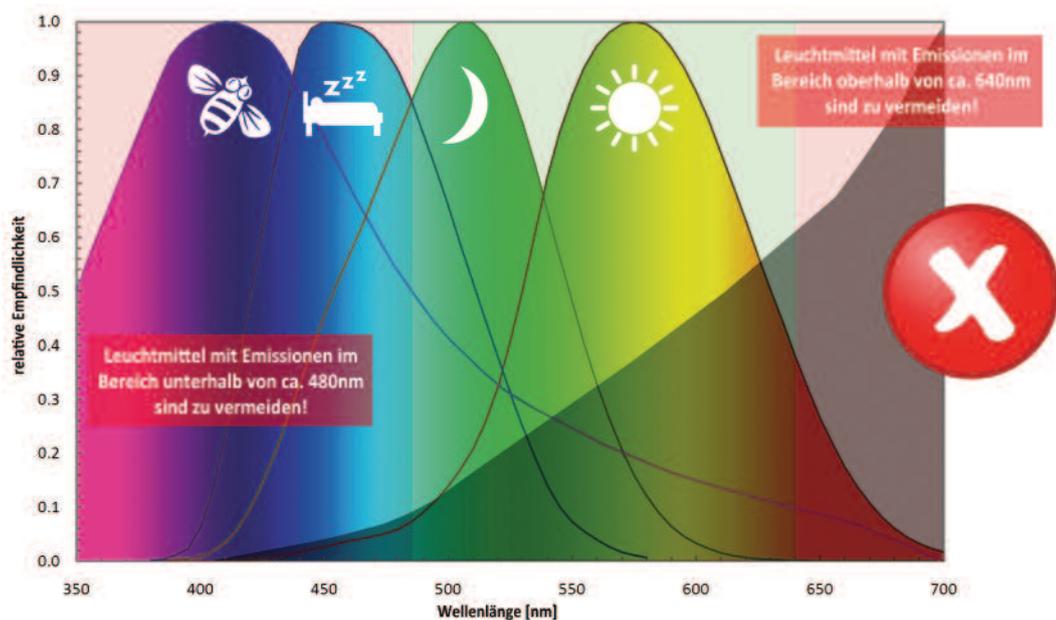


Abb. 23 - **Typisches Spektrum** von Glüh- und Halogenlampen



**Glüh- und Halogenlampen sind im Außenraum wegen ihrer geringen Effizienz zu vermeiden (trotz ihres geringen Blauanteils)!**

# Leuchtmittel im Effizienz-Vergleich

Derzeit (Stand 2013) sind Natriumdampf-Niederdrucklampen noch die effizientesten und energiesparendsten Leuchtmittel, allerdings ist mit ihnen praktisch keine Farberkennung möglich. Die LED hat über die letzten Jahre aufgeholt und ist mit maximal 170 lm/W etwas effizienter als die Natriumdampf-Hochdrucklampe. Der größte Vorteil der LED liegt derzeit aber vor allem in der guten Farberkennung.

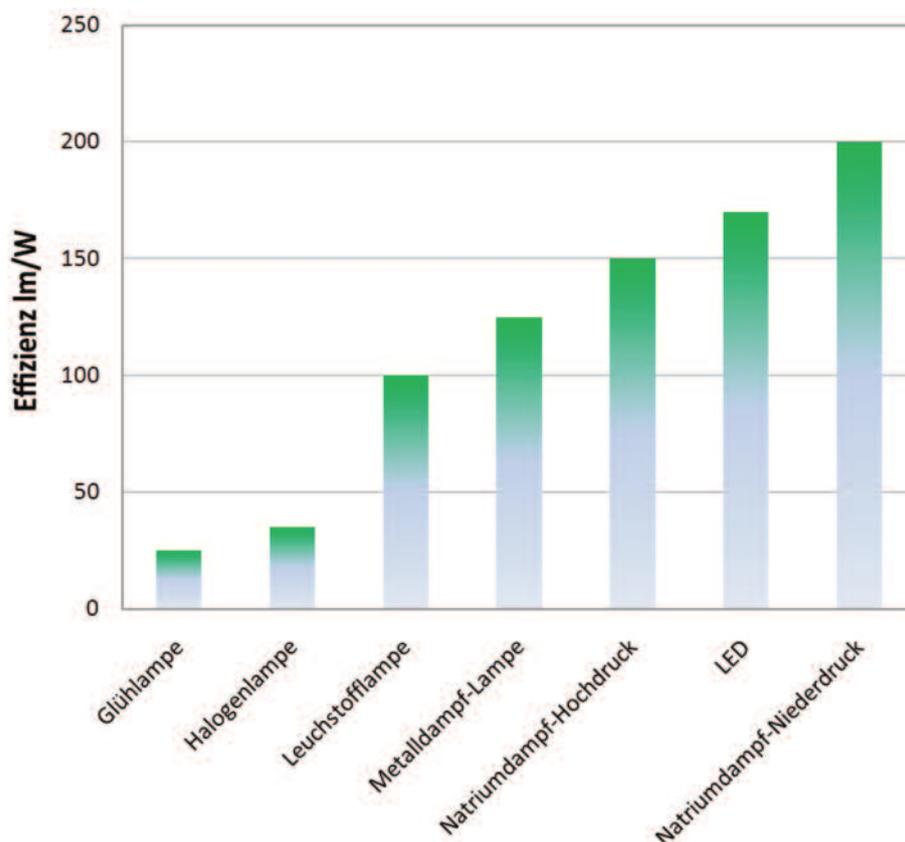


Abb. 24 - Leuchtmittel-Effizienz-Vergleich (Effizienz = Lichtausbeute)

**Warmweiße LED und Natriumdampflampen können aufgrund ihrer hohen Effizienz als Leuchtmittel empfohlen werden.**



# Schadstoffinhalt moderner Leuchtmittel

Als problematisch in Bezug auf ihre Schadstoffinhalte gelten sowohl LED als auch Kompaktleuchtstoffröhren oder Energiesparlampen. Denn defekte oder ausgediente LED-Leuchtmittel müssen als **Elektronikschrott** und Leuchtstofflampen als **Problemstoff** fachgerecht entsorgt werden.

Energiesparlampen bzw. Leuchtstofflampen sind vor allem wegen ihres **Quecksilbergehalts** problematisch. Quecksilber bietet zwar ideale Voraussetzungen für die Lichterzeugung, doch ist es ein giftiges Schwermetall und eines der schädlichsten Umweltgifte. **Somit ist bei der Verwendung von modernen Leuchtmitteln unbedingt auf das ordnungsgemäße Recycling zu achten!**

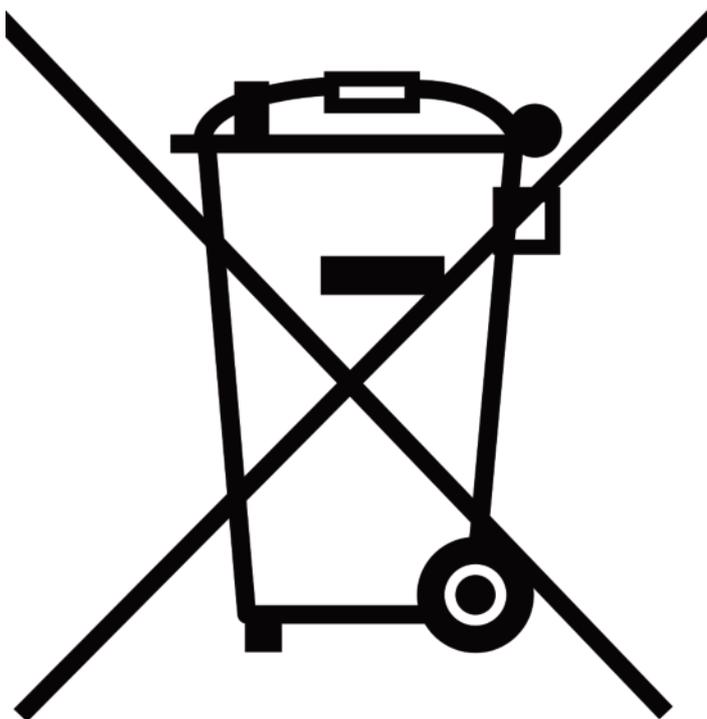


Abb. 25 - ausgediente moderne Leuchtmittel dürfen nicht in den Restmüll

# Empfehlung für den Außenbereich

- möglichst geringer Blauanteil ■
- keine neutralweißen oder kaltweißen Leuchtmittel ■
- Vorzugsweise warmweiße Leuchtmittel ■
- weniger als 3000 K Farbtemperatur ■



Abb. 26 - warmweiße Leuchtmittel mit weniger als 3000 K Farbtemperatur sind zu empfehlen

# Leuchtmittel im Vergleich

Leuchtmittel		Effizienz	* <b>Spektrum</b>	Farberkennung
Glühlampe		● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●
Halogen		● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●
Leuchtstofflampe, Energiesparlampe		● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●
Metalldampf- lampe		● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●
LED kaltweiß und LED neutralweiß		● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●
** LED warmweiß		● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●
** Natriumdampf- Hochdrucklampe		● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●
Natriumdampf- Niederdrucklampe		● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●

Tabelle 1 – Leuchtmittel-Übersicht: je mehr grüne Punkte, desto besser

\* Typische Spektren der jeweiligen Leuchtmittel wurden herangezogen und sowohl auf Ausstrahlungen im gesundheitlich-schädlichen ultravioletten bzw. blauen Bereich, als auch im ineffizienten Tief-Roten und Infraroten geprüft.

\*\* Leuchtmittel-Empfehlung

# 5. Leuchten

In diesem Kapitel wird auf die An- und Abstrahlrichtung, Intensitäten und Reduzierschaltungen eingegangen.



# Das Grundprinzip

Bei moderner Beleuchtungstechnik ist es besonders wichtig, auf die richtige Strahlengeometrie (Abstrahlrichtung) zu achten. Denn moderne Leuchten haben oft hohe Flächenhelligkeiten und können das Auge stark blenden. Dadurch geht die Anpassung des Auges an die Umgebungshelligkeit verloren und wir haben den Eindruck, es sei „dunkel“, obwohl nur eine blendende Leuchte unsere **Dunkeladaptation** zerstört hat.

Um die blendende Wirkung, aber auch unerwünschte Lichtimmissionen und unerwünschte Insektenanlockung zu reduzieren, gibt es einen einfachen Grundsatz, der bei Neuanlagen und Umrüstungen immer mehr Beachtung findet:

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



Abb. 27 – abgeschirmte Leuchten beleuchten nur die Straße und blenden dabei nicht

# Ideale Strahlen- geometrie

Bei Betrachtung von Abb. 28 wird intuitiv klar, was dieser Grundsatz in der Praxis bedeutet.

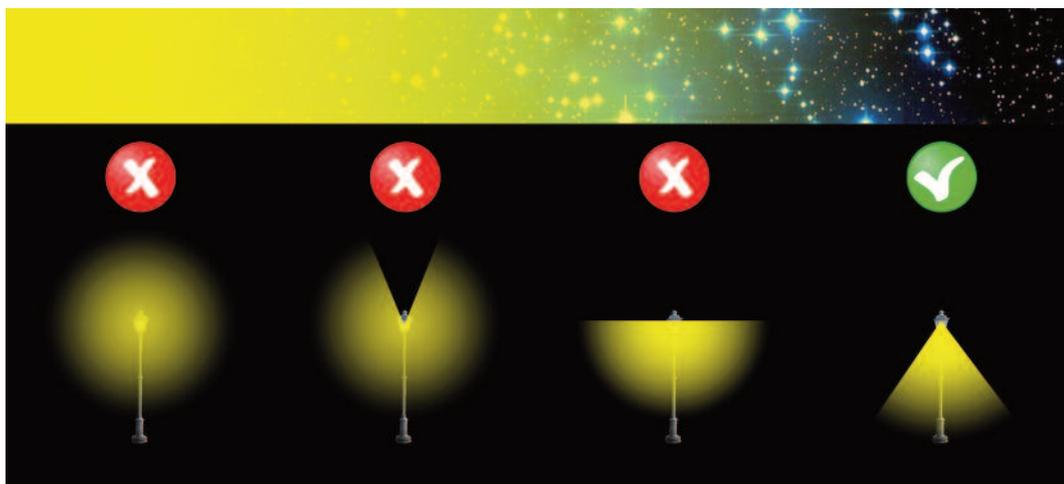
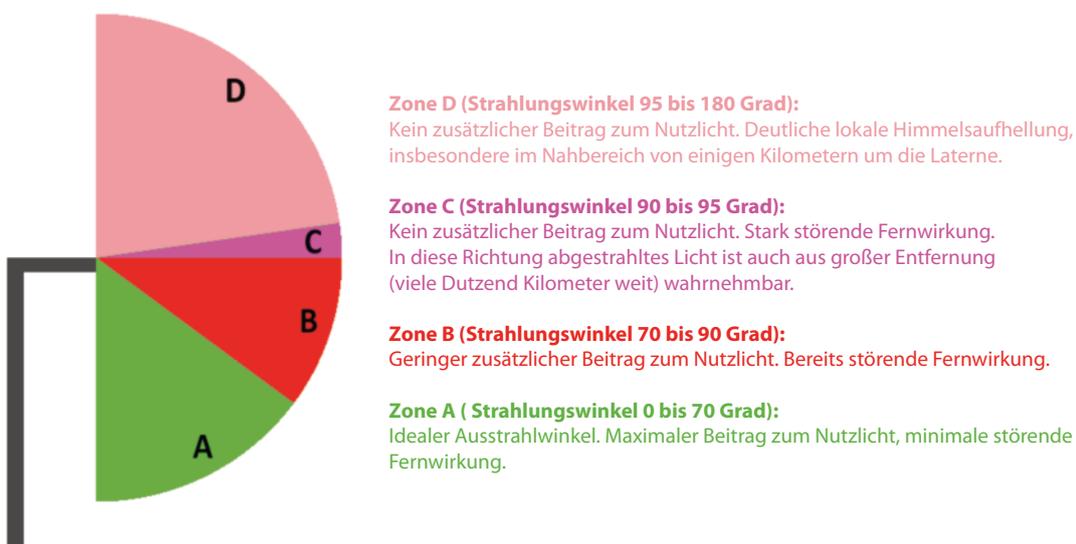


Abb. 28 - Veranschaulichung zur idealen Strahlengeometrie

Für die ideale Strahlengeometrie verweisen wir auf Abb. 28. Dementsprechend ist der Einsatz von sogenannten **Full-Cut-Off** Leuchten (Abb. 28 rechts) zu empfehlen, denn Licht, das in den oberen Halbraum strahlt, ist verschwendete Energie, da es - außer im Spezialfall ansteigenden Terrains - nie den Boden erreicht. Es hellt den Nachthimmel auf und strahlt sinnlos in den Weltraum.



## Full-Cut-Off Leuchten

Stark nach unten hin gebündeltes Licht hat einen wesentlich kleineren Anlockradius für nachtaktive Tiere, während Strahlen, die in die Zonen B und C gerichtet sind, viele Kilometer weit vordringen können.

In Straßen, die beidseitig von Häuserzeilen begrenzt werden, dringt Licht aus mittig montierten Hängeleuchten bis in die Wohnungen der oberen Stockwerke weit über die Höhe der Leuchten selbst vor, wenn in den Zonen B, C und D noch direkte Lichtemission erfolgt. Die Lichtemission kann dann zur störenden Immission werden und die Schlafqualität der Anwohner beeinträchtigen.

Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass die unerwünschte Aufhellung des Nachthimmels über einer Region bei Emissionen von Licht in kleinen Winkeln zur Horizontalen (Zone C) stark zunimmt. Für die Fernwirkung, also hinsichtlich des Beitrags zur Himmelsaufhellung in vielen Dutzend Kilometern Entfernung, sind horizontnah emittierte Strahlen (Zone C) sogar „schlimmer“ als senkrecht nach oben entweichendes Licht (Zone D).

**Full-Cut-Off-Leuchten sind zu bevorzugen, da diese Energie und somit Kosten sparen und einen wesentlich geringeren Beitrag zur Himmelsaufhellung leisten. Darüber hinaus ist der Anlockradius für nachtaktive Lebewesen wesentlich geringer.**

### Umrüstung auf **Full-Cut-Off** Leuchten am Beispiel Laibach (Ljubljana)



Abb. 30 - Straßenzug in Laibach: links mit Standardleuchten, rechts nach der Umrüstung auf **Full-Cut-Off** Leuchten. Das Ergebnis ist weniger Streulicht und Blendung sowie eine bessere Ausleuchtung der Straße

## Lichtstärkeverteilungskurve

Um die Lichtstärkeverteilung einer Leuchte in der Praxis bewerten zu können, werden vom Hersteller üblicherweise sogenannte Lichtstärkeverteilungskurven (LVK) zur Verfügung gestellt. Diese Diagramme veranschaulichen auf einfache Weise, in welche räumlichen Bereiche Strahlung emittiert wird. Da es auch Leuchten mit asymmetrischer Strahlungsverteilung gibt, wird die Lichtstärke oftmals in zwei Schnittebenen vermessen (siehe Abbildung 31).

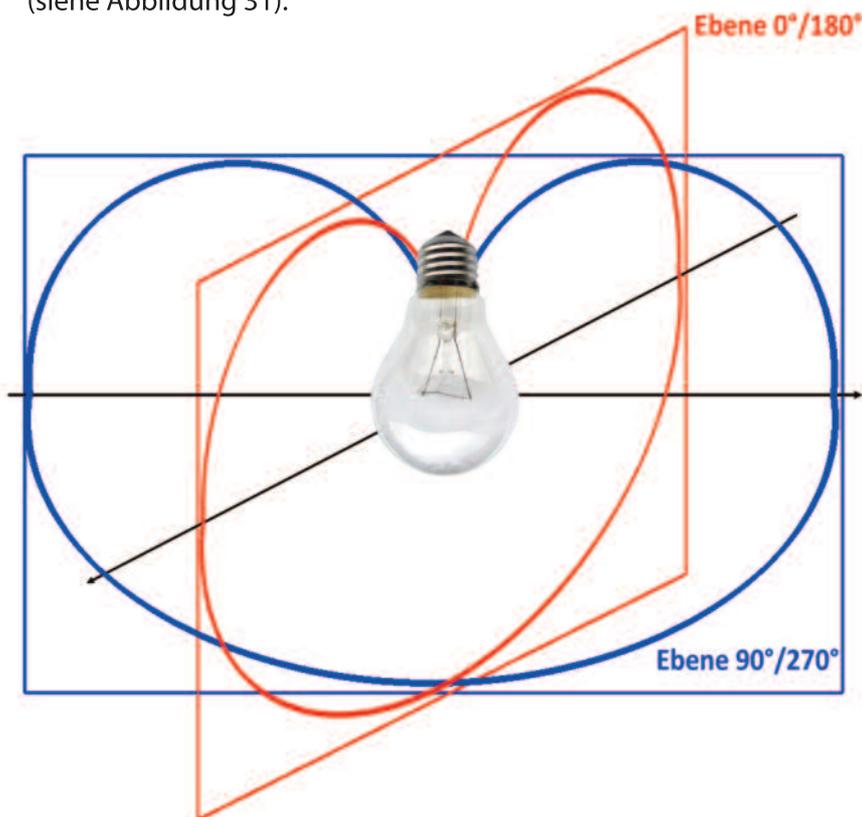


Abb. 31 - Veranschaulichung von zwei Messebenen einer LVK an einer Glühlampe

Die Lichtstärkeverteilungskurve (LVK) zeigt die in die jeweilige Schnittebene emittierte Lichtstärke in **Candela** an. In Abbildung 31 ist die LVK einer Glühlampe zu sehen. Da Glühlampen symmetrisch abstrahlen, ist hier die Angabe von nur einer Messebene ausreichend. Bei asymmetrischen Strahlern werden üblicherweise die Strahlungsverteilungen von zwei Ebenen in einem Diagramm dargestellt (siehe Abbildung 33).

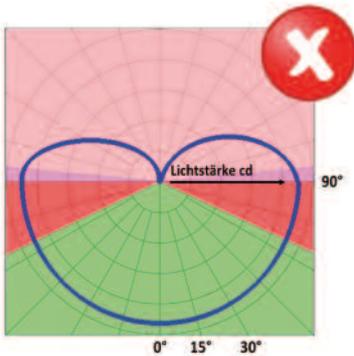


Abb. 32 - LVK einer Glühlampe

Die Bewertung einer LVK geschieht auf Grundlage der ÖNORM 1052. Um größtmögliche Effizienz zu erlangen, darf **keine Abstrahlung oberhalb von 70 Grad erfolgen**. Die Glühlampe in Abbildung 32 würde diesem Kriterium bei weitem nicht genügen. Die blaue Kurve sollte den grün markierten Bereich (Zone A) nicht überschreiten.

### Typische Beispiele zur Lichtstärkeverteilungskurve

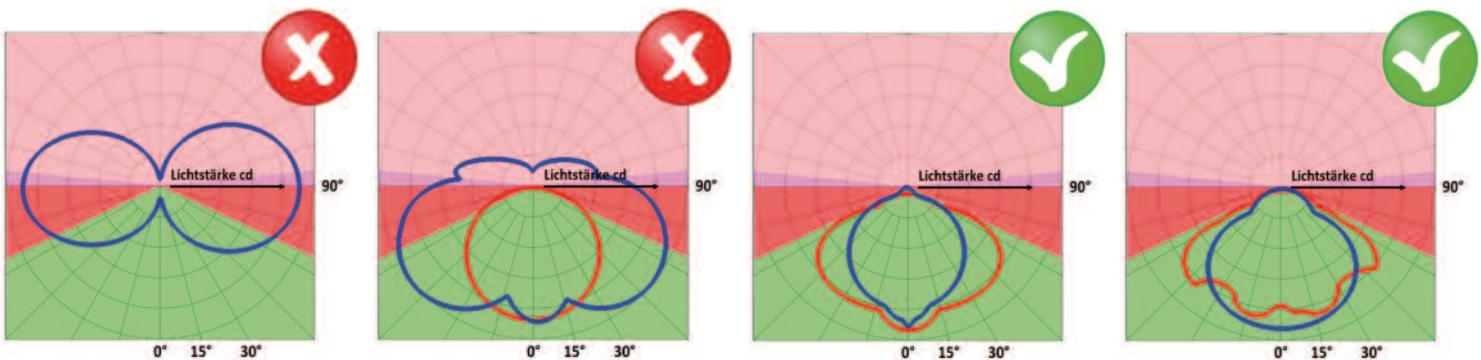


Abb. 33 - typische Lichtstärkeverteilungskurven

## Lichtpunkthöhe

Die Lichtverschmutzung kann auch durch möglichst geringe Höhe der Lichtmasten minimiert werden. Eine geringere Mastenhöhe macht zwar eine größere Anzahl von Lichtpunkten pro Straße erforderlich, ermöglicht es aber auch, mit geringeren Anschlussleistungen pro Lichtpunkt auszukommen. Darüber hinaus – und dies ist der bedeutendere Aspekt – wird durch die niedrigere Lichtpunkthöhe wiederum die Fernanlockwirkung einer Leuchte auf Insekten reduziert. Ebenso verursachen tiefer gelegte Lichtpunkte Immissionen in eine geringere Anzahl von Stockwerken anliegender Wohnhäuser (nämlich in die Stockwerke unterhalb der Lichtpunkthöhe). Lichtplanerisch ist die Lichtpunkthöhe allerdings oft nur eingeschränkt wählbar.

## Anstrahlrichtung

Anstrahlungen sollten grundsätzlich immer von Oben nach Unten erfolgen. Nur in Ausnahmefällen, wenn nicht anders möglich, kann eine Anstrahlung von Unten nach Oben erfolgen. Es ist darauf zu achten, dass die Strahlung nicht über das Objekt hinaus verläuft, da dies unnötige Lichtverschmutzung verursacht!

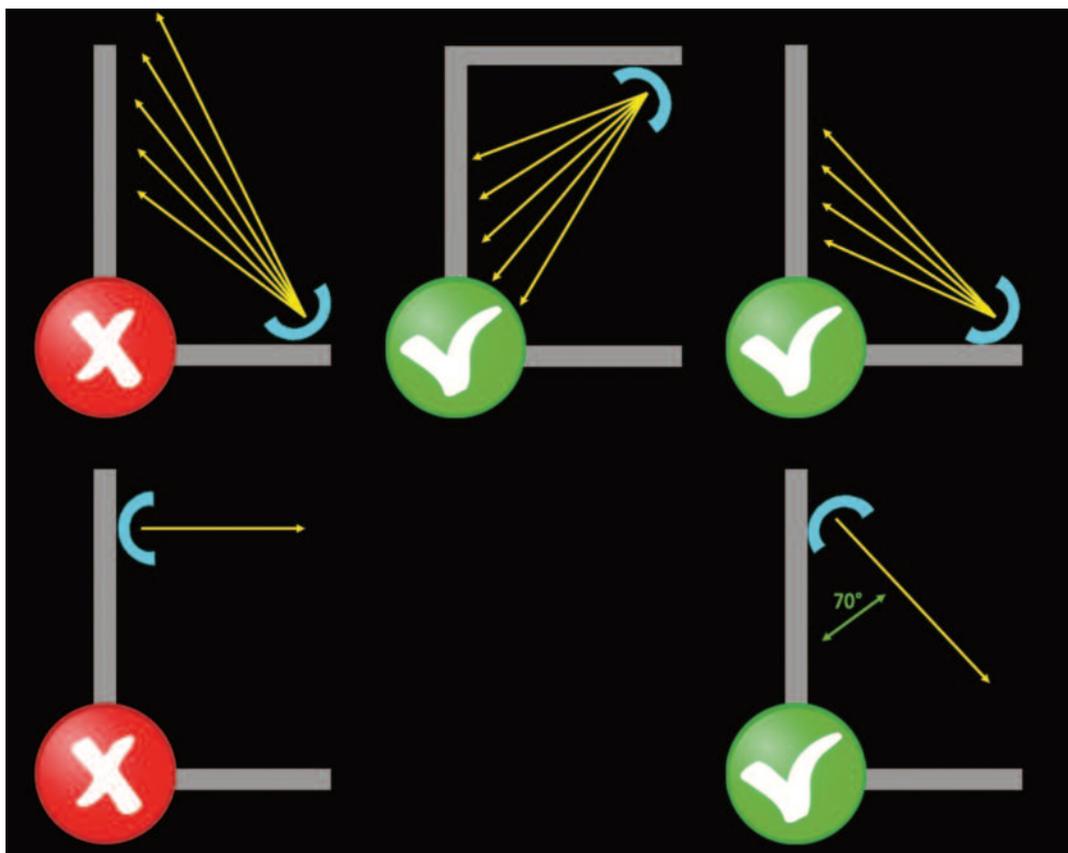


Abb. 34 - Empfehlung für Anstrahlungen (wenn unbedingt nötig)

# Betriebsweise

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



## Nachtabsenkung

In vielen Gemeinden Österreichs ist es üblich, das Beleuchtungsniveau von Straßen und Plätzen innerhalb eines bestimmten Zeitraums in der Nacht abzusenken. Diese Schaltungsvariante der Straßenbeleuchtung wird als **"Halbnachtschaltung"** bezeichnet <sup>[11]</sup>.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass das gänzliche Abschalten jeder zweiten oder dritten Leuchte im Verlauf eines Straßenzugs kein normgemäßes Mittel zur Reduzierung des Beleuchtungsniveaus einer Straße ist, da dadurch die Gleichmäßigkeit des Beleuchtungsniveaus verschlechtert wird und sich sogenannte Tarnzonen ergeben.

Durch die Einführung von modernen Regel- und Steuerungsgeräten ist es heutzutage möglich, nahezu alle Lampentypen in bestimmten Bereichen zu dimmen, sodass auch einflammige Leuchten in der Halbnachtschaltung verwendet werden können, ohne Veränderung der Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsanlage. Bei "LED-Leuchten" ist sogar ein stufenloses Dimmen in einem sehr großen Helligkeitsbereich möglich.

**Durch Nachtabsenkungen kann nicht nur Energie gespart werden, sondern es können auch unerwünschte Lichtimmissionen und die unnötige Aufhellung des Nachthimmels vermieden werden.**



## Nachtabstaltung

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

Bei der Beurteilung der Notwendigkeit einer Beleuchtung kann davon ausgegangen werden, dass die Benutzer die (Straßen-)Verkehrsvorschriften einhalten. Der Wegehalter darf sich darauf verlassen, dass sich die Benützer einer Straße an die StVO halten und z.B. ihr Fahrzeug ordnungsgemäß beleuchten<sup>[12]</sup>. Keine grobe Fahrlässigkeit liegt (in der Regel) vor, wenn auf Hindernisse nicht aufmerksam gemacht wird, die bei Einhaltung der Verkehrsvorschriften nicht zum Unfall führen<sup>[13]</sup>. Die Notwendigkeit und der Umfang einer Straßenbeleuchtung richtet sich nach der Zweckbestimmung des Weges <sup>[13]</sup>.

## Intelligente Beleuchtung

Moderne Beleuchtungsanlagen sorgen dafür, dass es nur dann Licht gibt, wenn es wirklich gebraucht wird. Durch neue Technologien kann die Beleuchtung ohne Verkehrsaufkommen je nach Straßentyp auf etwa 10 bis 20 Prozent(!) ihrer Leistung heruntergedimmt werden, was einer Reduktion um 80 % bis 90 % entspricht. Ein Sensor erkennt, wenn sich Fahrzeuge oder Fußgänger nähern, und in Sekundenbruchteilen steht die volle Leuchtkapazität zur Verfügung. Das größte Einsparpotenzial ergibt sich auf schwach befahrenen Straßen zwischen 22:00 und 6:00 Uhr. Dieses und ähnliche Systeme **bedarfsgerechter Beleuchtung** sind grundsätzlich empfehlenswert. Vor allem in Gebieten geringer Siedlungs- und Verkehrsdichte können diese Systeme zu erheblichen Einsparungen führen! Ein Regelwerk für die Nachtabsenkung findet sich in der ÖNORM O 1053.

Abb. 35 – intelligente Straßenbeleuchtung



# 6. Umsetzungsempfehlungen

Nach all den einführenden Kapiteln widmet sich dieser Abschnitt konkreten Umsetzungen.



# Prüfen der Notwendigkeit der Beleuchtung

Am Beginn jedes Beleuchtungskonzeptes sollte zunächst die Frage stehen, inwieweit Beleuchtung an geplanter Stelle überhaupt notwendig ist und welche Auswirkungen diese auf Mensch und Umwelt haben wird. Sollte eine Entscheidung zugunsten künstlicher Beleuchtung getroffen werden, so ist diese dem Leitfaden entsprechend auszuführen. Auf Sicherheit (z.B. EN 13201, ÖNORM O 1051, RVS 05.06.11), Natur, Landschaft (z.B. ÖNORM O 1052), Ruhebedürfnis der Anrainer (z.B. ÖNORM O 1052) und Wirtschaftlichkeit (z.B. ÖNORM O 1053, Betriebskosten wie Lampenlebensdauer, -austauschintervall, Reinigung) ist dabei zu achten. Der vorliegende Leitfaden hilft bei der Auswahl geeigneter Leuchten inkl. Leuchtmittel (siehe Abschnitt 4) sowie bei der Umsetzung des Projekts bezüglich einzuhaltender Normen und Grenzwerte. Es sei vermerkt, dass falsch eingesetzte Beleuchtung, insbesondere blendende Leuchten oder völlig ungleichmäßig ausgeleuchtete Verkehrsflächen in Bezug auf Sicherheit und Ökologie weitaus problematischer ist als völlig unbeleuchtete Straßen (siehe Abbildung 26).



Abb. 36 – falsch eingesetzte Beleuchtung

**Falsch eingesetzte Beleuchtung, insbesondere blendende Leuchten oder völlig ungleichmäßig ausgeleuchtete Verkehrsflächen, ist in Bezug auf Sicherheit und Ökologie weitaus problematischer als völlig unbeleuchtete Straßen.**



Weiters gelten für die 24 derzeit in OÖ befindlichen **Europaschutzgebiete** wie beispielsweise der Dachstein oder das Obere Donau- und Aschachtal besondere Regelungen. Grundsätzlich sollte dort auf Beleuchtung weitestgehend verzichtet werden.

# Wartungs- und Instand- haltungskosten

Oft werden bei den Kosten der Beleuchtung die reinen Stromkosten in den Mittelpunkt gestellt. Diese machen aber in vielen Fällen nur ein Drittel der gesamten laufenden Kosten aus – eine wesentlich größere Rolle spielen die Wartungskosten. Umso wichtiger ist es, Systeme einzusetzen, die relativ niedrigen Wartungsaufwand haben. Zu den Faktoren, die den Wartungsaufwand erhöhen, gehört die „Verschmutzung“ durch (verglühte) Insekten: ein weiteres Argument dafür, Systeme einzusetzen, die möglichst wenige nachtaktive Insekten anlocken.



Abb. 37 – Insekten in einer Leuchte

# Beleuchtung von Straßen, Wegen und Plätzen

## Richtlinien

Für die Regulierung der Straßenbeleuchtung gilt in Österreich die ÖNORM EN 13201, Teile 1 bis 4. Diese gibt Empfehlungen für Auslegung und Gestaltung der Beleuchtung, um einen Beitrag zur Erfüllung der Verkehrssicherungspflicht zu leisten. Mit dieser Norm wird der Grundsatz verfolgt, dass die Qualität der Beleuchtung von Straßen, Wegen und Plätzen umso höher sein muss, je größer das Sicherheitsrisiko für die verschiedenen Verkehrsteilnehmer (Kraftfahrzeuge, Radfahrer, Fußgänger) ist.

Typische Geschwindigkeit des Hauptnutzers	Nutzertypen innerhalb einer betrachteten Fläche		Ausgeschlossene Nutzer	Beleuchtungssituation	Anwendungsbeispiel
	Hauptnutzer	andere zugel. Nutzer			
> 60 km/h	M	-	S/C/P	A1	Autobahn, Schnellstraße
		S	C/P	A2	Hauptverkehrs-, Durchfahrtsstraße
		S/C/P	-	A3	
	M/S	C/P	-	B1	Sammelstraßen, Anliegerstraßen
> 30 km/h und < 60 km/h	M/S/C	P	-	B2	
	C	P	M/S	C1	Radwege, Fußwege, Gehsteige
	M/P	-	S/C	D1	Autobahnrastplätze, Containerplätze
> 5 km/h und < 30 km/h		S/C	-	D2	Taxistände, Busbahnhof
	M/C	S/P	-	D3	Anlieger- und Wohnstraßen
	M/S/C/P	-	-	D4	Spielstraßen, Marktplätze, Parkplätze
	P	-	M/S/C	E1	Fußgänger- und Einkaufszonen
Schrittgeschwindigkeit		M/S/C	-	E2	Werksstraßen, Bushaltestellen

Tabelle 2 – typische Beleuchtungssituationen

M = Motorisierter Verkehr, S = Langsam fahrende Fahrzeuge, C = Radfahrer P = Fußgänger

Dazu werden **Beleuchtungssituationen** (siehe Tabelle 2) und **Beleuchtungsklassen** (siehe Bsp. Tabelle 3 und 4) definiert, die sich je nach Verkehrsstärke, Begegnungshäufigkeit und Geschwindigkeiten sowie Beeinträchtigungen des Sichtfeldes und dem Vorhandensein von Hindernissen auf oder an der Fahrbahn unterscheiden. Darauf aufbauend werden die lichttechnischen Anforderungen durch Gütemerkmale wie **Leuchtdichte** bzw. **Beleuchtungsstärke** beschrieben.

## Auswahl der geeigneten Beleuchtungsklasse

Die Anwendung der ÖNORM EN 13201 führt faktisch im Vergleich zur durchschnittlichen Ausgangslage in Österreich zu einer **flächendeckenden und übermäßigen Anhebung des Beleuchtungsniveaus**. Während die Differenzierung der Helligkeitsstandards in der ÖNORM EN 13201 durchaus einer sinnvollen Logik folgt, fehlt bis heute eine empirisch gesicherte Basis, um die Festlegung der Beleuchtungsniveaus und ihre Anwendung in der Praxis zu legitimieren (siehe Anhang).

**Aus diesem Grund wird empfohlen, bei der Auswahl der Beleuchtungsklasse laut EN 13201 jenen Klassen Vorzug zu geben, welche zu einer geringeren Beleuchtungsstärke führen. Die Normenreihe EN 13201 lässt hier Handlungsfreiraum, der genutzt werden kann, um unnütze Lichtmissionen zu vermeiden und Energie zu sparen.**



**Bei der Auswahl der Beleuchtungsklasse laut Norm ist jenen Klassen der Vorzug zu geben, welche zu einer geringeren Beleuchtungsstärke und somit zu weniger Lichtmission führen!**

Da das Beleuchtungsniveau laut ÖNORM EN 13201 in den Bereichen der EN-Basistabellen Wohnstraßen, Spielstraßen (sogenannte Siedlungsstraßen im niederrangigen Straßennetz), Marktplätze, Parkplätze (D3, D4), Fußgänger-, Einkaufszonen, Fußwege (E1) und Werksstraßen, Bushaltestellen (E2) bereits relativ hoch angesetzt ist, kann – wie die Praxis zeigt – die Beleuchtungsklasse um eine Stufe erhöht werden (zB von S1 auf S2). Eine Begründung für diese Vorgehensweise findet sich im Anhang: "EN 13201 - ein europäischer Kompromiss?". Dies gilt nicht bei angrenzende Flächen laut ÖNORM EN 13201-1 Punkt 6.3.

Es folgen einige Praxisbeispiele, welche die Vorgehensweise bei der Auswahl der Beleuchtungsklasse erläutern sollen. Die folgende Skala soll das den jeweiligen Beleuchtungsklassen zugrunde liegende Beleuchtungsniveau veranschaulichen.



**Grünlich hinterlegte Klassen haben demnach Vorrang!**

Klasse	ÖNORM EN13201	
	* Mittlere Beleuchtungsstärke E <sub>m</sub> in lx	* Mindest-Beleuchtungsstärke E <sub>min</sub> in lx
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1
S5	3	0,6
S6	2	0,6

Tabelle 3 – S-Beleuchtungsklassen laut ÖNORM EN 13201-2, beispielhafter Auszug

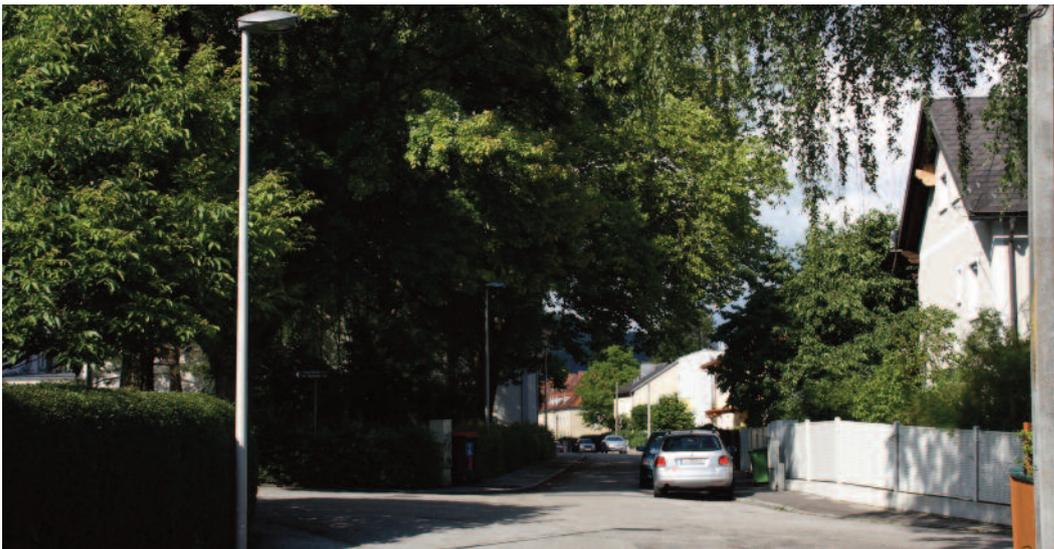
**Beispiele**

**Wohnstraßen, Spielstraßen (sogenannte Siedlungsstraßen im niederrangigen Straßennetz), Marktplätze, Parkplätze (Beleuchtungssituation D3 und D4)**

<b>D3,D4 Basistabelle</b> (Wohnstraßen, Spielstraßen, Marktplätze, Parkplätze)								
Bauliche Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung	Parkende Fahrzeuge	Schwierigkeit der Fahraufgabe	Verkehrsfluss Fußgänger u. Radfahrer					
			normal			Hoch		
			<	o	>	<	o	>
nein	Nicht vorhanden	normal	S6	S5	S4	S5	S4	S3
		höher als normal	S5	S4	S3	S4	S3	S2
	Vorhanden	normal	S5	S4	S3	S4	S3	S2
		höher als normal	S4	S3	S2	S3	S2	S1
ja	Wie oben, jedoch Beleuchtungsklasse ≤ S4							

Tabelle 4 – Auszug aus der ÖNORM EN 13201 - Einteilung in Beleuchtungsklassen für Anlieger-, Wohnstraßen und verkehrsberuhigte Zonen

Abb. 38 – Siedlungsstraße



Für eine Siedlungsstraße wie in Abb. 38 – ohne bauliche Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung, allerdings mit parkenden Fahrzeugen und normaler Fahraufgabe, ist die Beleuchtungsklasse S5 zu wählen.

**Fußgänger-, Einkaufszonen, Fußwege (E1) und Werksstraßen, Bushaltestellen (E2)**

<b>E1 Basistabelle (Fußgänger-, Einkaufszonen, Fußwege)</b>							
Kriminalitätsrisiko	Gesichtserkennung	Verkehrsfluss Fußgänger					
		normal			Hoch		
		<	o	>	<	o	>
normal	Nicht erforderlich	S6	S5	S4	S5	S4	S3
	Erforderlich	S5	S4	S3	S4	S3	S2
Höher als normal	Erforderlich	S3	S2	S1	S2	S1	CE2

<b>E2 Basistabelle (Werksstraßen, Bushaltestellen)</b>							
Kriminalitätsrisiko	Gesichtserkennung	Verkehrsfluss Fußgänger					
		normal			Hoch		
		<	o	>	<	o	>
normal	Nicht erforderlich	S5	S4	S3	S4	S3	S2
	Erforderlich	S3	S2	S1	S3	S2	S1
Höher als normal	Erforderlich	S2	S1	CE2	S2	S1	CE2

Tabelle 5 – Auszug aus der ÖNORM EN 13201 - Einteilung in Beleuchtungsklassen für Fußwege, Fußgängerzonen und Einkaufszonen

Abb. 39 – Bushaltestelle



Bushaltestellen wie in Abb. 39 zu sehen, werden zur Beleuchtungssituation E2 gezählt. Hier ist keine Gesichtserkennung erforderlich, das Kriminalitätsrisiko ist normal und der Verkehrsfluss Fußgänger < normal. Daher ist eine Beleuchtung laut Beleuchtungsklasse S5 anzuwenden.

## Auswahl der geeigneten Beleuchtung

### Anforderungen an die Gleichmäßigkeit

Wichtig für das Wahrnehmen von Fahrzeugen, Personen und Gegenständen auf der Fahrbahn ist die örtliche Gleichmäßigkeit der **Leuchtdichte**. Während sich das Auge in einem gewissen Umfang an veränderte mittlere Leuchtdichten anpassen kann, entstehen aus der Sicht des Kraftfahrers als Folge ungenügender Leuchtdichtegleichmäßigkeit Tarnzonen, die jedoch nicht als solche wahrgenommen werden. Diese bilden Gefahrenquellen für alle Verkehrsteilnehmer.

Die **Längsgleichmäßigkeit**  $U_1$  bezieht sich auf die Mitte des Fahrstreifens, auf die sich die Aufmerksamkeit des Kraftfahrers im Wesentlichen konzentriert. Sie wird durch das Verhältnis der minimalen **Leuchtdichte**  $L_{\min}$  zur maximalen Leuchtdichte  $L_{\max}$  auf dieser Linie beschrieben.

Die **Gesamtgleichmäßigkeit**  $U_0 = L_{\min}/L_{\text{mittel}}$  gilt für die gesamte Bewertungsfläche. Eine unzureichende Gesamtgleichmäßigkeit kennzeichnet Tarnzonen – vornehmlich am Fahrbahnrand. Dadurch wird das rechtzeitige Erkennen z. B. von Fußgängern, die spontan auf die Fahrbahn treten, erschwert oder gar unmöglich gemacht.

### Blendung

Das menschliche Auge hat eine sehr umfassende Fähigkeit der Anpassung an unterschiedliche Helligkeiten. Der Anpassungsbereich umfasst – von den hellsten bis zu den schwächsten Lichtreizen – etwa 12 Zehnerpotenzen (d.h. 1 zu 1 Billion)! Man spricht dabei auch von Dunkeladaptation. Die Adaptation von dunkel auf hell erfolgt rasch, wogegen die Adaptation von Hell auf Dunkel im vollen Umfang bis zu 30 Minuten benötigt. Beim plötzlichen Wechsel von hell auf dunkel ist in den ersten zehn Sekunden keine geordnete visuelle Wahrnehmung möglich. Das plötzliche Auftauchen von blendend hellem Licht in der Dunkelheit kann das Auge daher länger „außer Gefecht setzen“. Blenden bedeutet wörtlich „blind machen“. Blendung entsteht nicht nur durch zu helles Licht (direkte Blendung), sondern auch durch zu große Kontraste im Blickfeld

des Auges (relative Blendung).

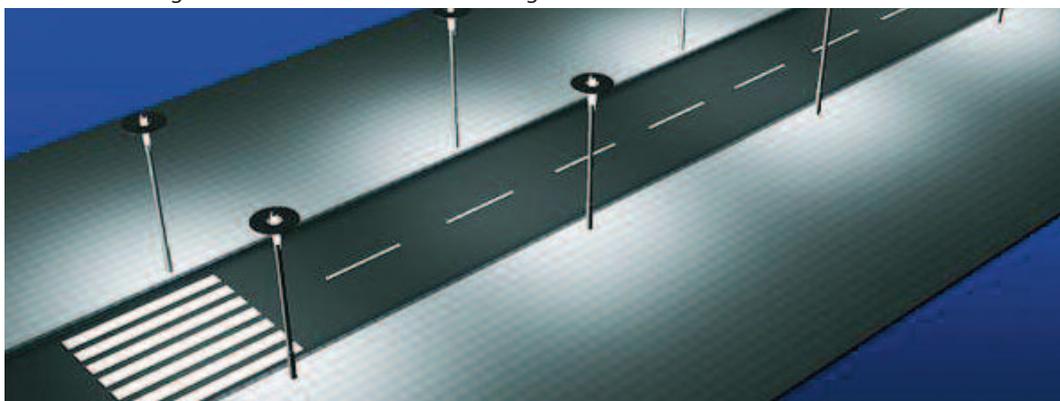
Wenn etwa in einer Nachtlandschaft ein Autoscheinwerfer oder eine Straßenlampe mit hoher Leuchtdichte sichtbar wird, kann sich das Auge nicht auf diese Lichtquelle und auf die viel dunklere Umgebung einstellen. Es passt sich dann an die höhere Leuchtdichte der dominierenden Lichtquelle an. Zugleich entsteht durch Streuung des Lichts aus dieser dominanten Lichtquelle eine Trübung des gesamten Gesichtsfelds. Es legt sich ein „Lichtschleier“ über das Gesichtsfeld. Die Wahrnehmungsqualität wird dadurch verschlechtert statt verbessert. Es kann zu „schwerer Blendung“ kommen (im Englischen: „disability glare“), wobei die Schmerz-Schwelle überschritten wird; oder es kommt zumindest zu „irritierender Blendung“ („discomfort glare“), die zur Ablenkung und zum Übersehen von weniger hellen Objekten im Gesichtsfeld führt. Beleuchtete Werbeanlagen können vor allem durch den horizontalen Lichtaustritt dazu führen, dass ein Fahrzeuglenker durch Blendung, Verwechslung und Ablenkung einen Fußgänger, Verkehrszeichen, Ampelanlagen oder Hindernisse übersieht.

Mit zunehmendem Alter wird die Augenlinse trüber und streut Licht daher stärker. Dadurch nimmt die Anfälligkeit für Blendung mit dem Alter zu. Umso wichtiger ist es, in einer „alternden“ Gesellschaft die Ursachen der Blendung zu minimieren<sup>[14]</sup>.

### Leuchtpunkthöhe, Leuchtpunktastand

Um die geforderte Beleuchtungsqualität zu erreichen, hat der Beleuchtungsplaner verschiedene lichttechnische Parameter, die er variieren kann. Diese sind Lichtpunkthöhe, Lampenart und Leuchtmittel. Diese Parameter hängen über den Lichtpunktastand von einander ab. **Je größer die Lichtpunkthöhe ist, desto größer wird die ausgeleuchtete Fläche, aber umso geringer wird die auf die Flächeneinheit auftreffende Lichtmenge (Beleuchtungsstärke).** Das kann aber durch geeignete Wahl von Lampen bzw. Einsatz von Leuchten mit Optiken, die das Licht lenken, teilweise kompensiert werden. Entsprechend diesen Parametern werden auch Design und Wirtschaftlichkeit einer Straßenbeleuchtung beeinflusst. In den vorherigen Abschnitten wurde bereits ausführlich erklärt, worauf bei der Auswahl des Leuchtmittels sowie der Leuchte in Bezug auf die Strahlengeometrie zu achten ist.

Abb. 40 - Planungsschema einer Straßenbeleuchtung



### Verlust durch Reflexion

In Fußgängerzonen und Parkanlagen lässt sich derzeit ein Trend im Einsatz von Lampen mit annähernd horizontalen, von unten her angestrahlten Reflektorflächen beobachten. Das reflektierte Licht soll dabei zu einer homogenen und angenehmen Ausleuchtung führen. Man sollte dabei allerdings berücksichtigen, dass keine noch so glatte und weiße Fläche das Licht zu hundert Prozent reflektiert. Bei diesem Vorgang geht immer ein Teil der Energie durch Absorption verloren. Alleine schon deswegen können Systeme mit indirekter Beleuchtung nicht empfohlen werden. Weiters kann hinzukommen, dass Lampen dieser Bauart eine ungewollte Abstrahlung nach oben verursachen, da das Lichtbündel in der Regel nicht ausschließlich auf die Reflektorfläche begrenzt werden kann.



Abb. 41 - Reflektorleuchte

### Parkanlagen

Künstliches Licht beeinflusst den natürlichen Tag-Nacht-Rhythmus. Beleuchtungen sind daher möglichst zu beschränken bzw. sollen sich auf den Bereich der Wegverbindungen beschränken. Viel begangene Fußwegverbindungen durch Parks und Gartenanlagen sind entsprechend den Fußgängerzonen zu beleuchten. Dunkle Zonen sind nicht auszuschließen. Die Wegbeleuchtung soll die Bepflanzung nicht übermäßig ausleuchten. Beleuchtungen könnten im Einzelfall zeitlich beschränkt werden beziehungsweise intelligente Beleuchtungssysteme können eingesetzt werden.

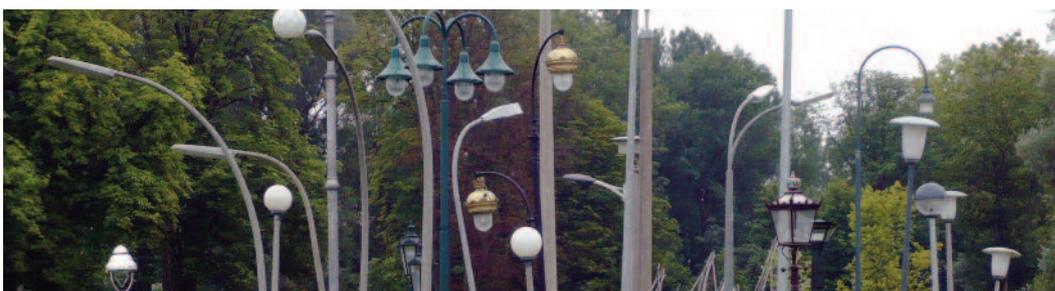


Abb. 42 - selbst in Parkanlagen ist weniger oft mehr

## Praxisbeispiele

**Anrainerstraße.** Die Umstellung von alten Kompaktleuchtstoffmitteln auf moderne, warmweiße LED führte zu einer Reduktion des Strombedarfs von knapp 50 %.

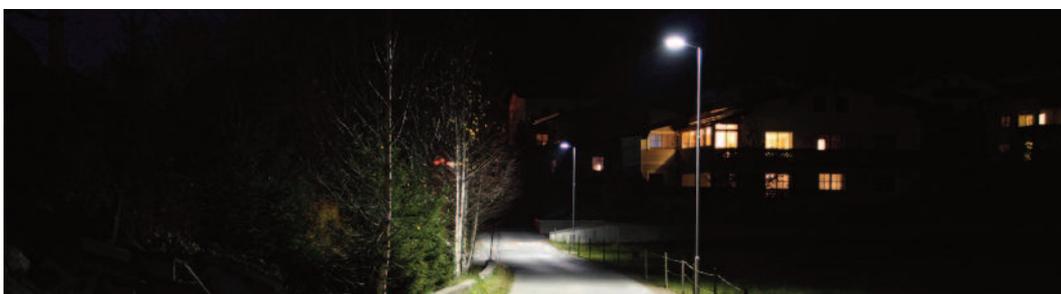


Abb. 43 - Anrainerstraße

**Gemeindestraße.** Während die alten Laternen ihr Licht überwiegend horizontal ausgesendet und breit gestreut haben, beleuchten die neuen Leuchten gezielt die Straße und den Gehsteig. Das bewirkt eine höhere Energieeffizienz und weniger Lichtverschmutzung.



Abb. 44 - Gemeindestraße

**Hauptverkehrsstraße.** Durch den Austausch unabgeschirmter Leuchten (hinten im Bild) gegen voll abgeschirmte Full-Cut-Off Leuchten (vorne im Bild) wird durch die verringerte Blendwirkung nicht nur die Sicherheit erhöht, sondern auch Energie eingespart.



Abb. 45 - Hauptverkehrsstraße

## Regelung von Nachtabsenkungen

Geregelt werden Nachtabsenkungen durch die **ÖNORM O 1053**. Entscheidend ist dabei die sogenannte **maßgebliche Verkehrsmenge (MV)**, welche sich aus den in der Verkehrstechnik bekannten Parametern "maßgebliche stündliche Verkehrsmenge" (**MSV**) oder – wenn nicht anders bekannt - aus einem „Verkehrsfluss Kraftfahrzeuge je Tag“ (**DTV**) ableitet. Zum Absenken des Beleuchtungsniveaus muss zumindest einer dieser beiden Parameter bekannt sein. Ist die maßgebliche Verkehrsmenge (MV) bestimmt, kann daraus die normgerechte **Beleuchtungssituation** (siehe Tabelle 2 – typische Beleuchtungssituationen) abgeleitet werden.

### Bei vorhandenem täglichem Verkehrsfluss

Steht ausschließlich der durchschnittliche tägliche Verkehrsfluss (DTV) zur Verfügung, sind die Einsparmöglichkeiten im Zeitraum von **22:00 bis 6:00 Uhr** bereits beträchtlich, denn der für die weitere Vorgehensweise relevante Parameter, die **maßgebliche Verkehrsmenge (MV)**, verringert sich in diesem Zeitraum in Siedlungsstraßen mitunter auf nur 1 Prozent (siehe Tabelle 6, letzte Zeile,  $k=0,01$ ) des untertags gültigen Wertes.

### Bei vorhandener maßgeblicher stündlicher Verkehrsmenge

Ist hingegen die MSV einer Straße bekannt, so ist es möglich, das normgemäße Beleuchtungsniveau – entsprechend dem tatsächlichen Verkehrsfluss, unter Beachtung sämtlicher weiterer spezifischer Parameter, die sich ja auch stündlich ändern können (Helligkeit der Umgebung, Art der Verkehrsteilnehmer, Komplexität der Fahraufgabe etc.) – zu berechnen und die Straße entsprechend zu beleuchten. Dazu wird der jeweils **stündliche MSV auf den Tag hochgerechnet** und die Beleuchtungsklasse gem. Normenreihe ÖNORM EN 13201 für die maßgebliche Stunde berechnet. So kann sich auch eine stündlich ändernde Beleuchtungsklasse ergeben <sup>[11]</sup>.

Zeitraum	Straßentyp	Faktor k
06:00 bis 22:00	beliebig	1
22:00 bis 06:00	Straßen mit überwiegend überregionalem Verkehr (Durchzugsverkehr)	0,014
	Straßen mit überwiegend lokalem Verkehr (Hauptstraßen innerorts, Sammel- und Anliegerstraßen innerorts)	0,010

Tabelle 6 – Faktor k für Nachtabsenkung



**Bei bekannter maßgeblicher stündlicher Verkehrsmenge (MSV) kann das Beleuchtungsniveau stündlich angepasst werden. Damit ist die größte Reduktion und Einsparung möglich!**

## Praxisbeispiele

### Beispiel Wien



Abb. 46 - Wien bei Nacht

Die künstliche Himmelsaufhellung verringert sich dadurch im Durchschnitt um etwa 22 Prozent.

Die in Wien für die Straßenbeleuchtung zuständige Magistratsabteilung 33 blickt bereits auf eine langjährige Tradition im Bereich der Nachtabsenkungen zurück. Ursprünglich als „Halbnachtschaltung“ um 24:00 Uhr angesetzt, wird seit 1. Februar 2007 in den meisten Nebenstraßen, dort wo es technisch möglich ist, bei zweiflammi- gen Lampen eines der eingesetzten Leuchtmittel bereits ab 23:00 Uhr

### Beispiel Liechtenstein

Bereits im Jahr 2010 haben einzelne Gemeinden Liechtensteins begonnen, ihre Straßenlampen nachts von 0:30 bis 5:30 Uhr zu dimmen. Aus Gründen der Verkehrssicherheit wurden die Straßen in Hauptstraßen und in Quartiersstraßen eingeteilt. Welche Lampen in ihrer Beleuchtungsstärke begrenzt werden, wird in den Gemeinden unterschiedlich gehandhabt. Sechs Gemeinden schalten teilweise ab, das heißt, es wird in den Quartiersstraßen an den Straßenzügen, an denen es die Technik erlaubt, das Beleuchtungsniveau halbiert. Dieses System wird in Balzers, Eschen-Nendeln, Ruggell, Schaan, Triesen und Vaduz angewandt. Über alle sechs Gemeinden betrachtet ist so etwa eines von drei Leuchtmitteln in den Quartierstrassen (31 %) ausgeschaltet. Rechnet man die Hauptstraßen mit, ist noch etwa eine von vier (23 %) ausgeschaltet. In ganz Liechtenstein wird ein knappes Drittel der eingesetzten 7.400 Leuchtmittel (32 %, Quartier- und Hauptstraßen) ausgeschaltet. Landesweit reduziert sich so der Strombedarf um 356.600 kWh pro Jahr und die Kosten sinken um etwa € 45.000 <sup>[16]</sup>.



Aufnahme 00:37 Uhr



Aufnahme 00:54 Uhr

Abb. 47 - Nachtabenkung in Liechtenstein, Beispiel 1



Aufnahme 23:30 Uhr



Aufnahme 00:30 Uhr



Abb. 48 - Nachtabsenkung in Liechtenstein, Beispiel 2

# Beleuchtung von Werbung, Fassaden und Objekten

Die sogenannte "Beleuchtungsspirale" im Bereich der Lichtwerbung wird immer mehr zu einem Problem. Die im Durchschnitt immer heller werdenden Lichtwerbetafeln und Fassaden führen zu einem Kampf um Aufmerksamkeit, den jeder dadurch gewinnen möchte, dass er die Helligkeit oder Dynamik der eigenen Werbeeinrichtung auch noch steigert. Die derzeitige technische Entwicklung im Bereich der LED erweitert die Dimension der Möglichkeiten.

Dadurch entstehen mehrere nachteilige Folgen:

- Unerwünschte Raumaufhellung (viele Wohnungen im Bereich von Geschäftsstraßen!)
- Signifikanter Beitrag zur Himmelsaufhellung („Lichtglocken“ über den Städten)
- Energieverschwendung
- Mögliche Auswirkung auf die Verkehrssicherheit (z.B. Blendung, Verwechslung, Ablenkung)

Beleuchtung von Werbung, Fassaden und Objekten sollte grundsätzlich nur zeitlich limitiert und in ihrer Intensität begrenzt eingesetzt werden, da diese vielerorts während der Nachtstunden, abgesehen von nachtaktiven Insekten, unbeachtet bleibt.

Die Leuchtdichte aller Anlagen ist gemäß RVS 05.06.12 und ÖNORM O 1052 unbedingt zu begrenzen. In Bereichen, wo selbst diese Regelwerke keine Anwendung finden wird empfohlen, die Vorschriften der RVS anzuwenden.

**Auf Lichtwerbung, Fassaden- und Objektbeleuchtung sollte in der Nachtkernzeit (siehe Tabelle 10) gänzlich verzichtet werden, die Leuchtintensität ist zu begrenzen!**



## Musterbeispiel Frankreich

In Frankreich ist im Juli 2013 ein Dekret in Kraft getreten, welches den Betrieb von Schaufenster- und teilweise auch Fassadenbeleuchtungen im Zeitraum von 01:00 bis 06:00 Uhr einschränkt. Dadurch soll jährlich Strom in einer Menge eingespart werden, welche 260.000 Haushalte versorgen könnte <sup>[17]</sup>.

## Begrenzung zur Verkehrssicherheit

Gemäß RVS 05.06.12 gelten bestimmte maximal zulässige Werte für die **Leuchtdichte**, und zwar je nach mittlerer Beleuchtungsstärke der Straße, in deren Nähe die Anlage steht, und je nach der Größe der Lichtwerbetafeln. Zunächst folgt in Abhängigkeit der mittleren Beleuchtungsstärke der öffentlichen Beleuchtung eine Einteilung in die Bewertungszonen A, B und C (siehe Tabelle 7).

Übersicht der Bewertungszonen	
Bewertungszone	Mittlere Beleuchtungsstärke öffentlicher Beleuchtung (gemessen auf der Fahrbahn)
A	Unbeleuchtet
B	$\leq 15$ lux
C	$> 15$ lux

Tabelle 7 – Bewertungszonen für Werbebeleuchtung



Abb. 49 - Lichtwerbung am Times Square in London

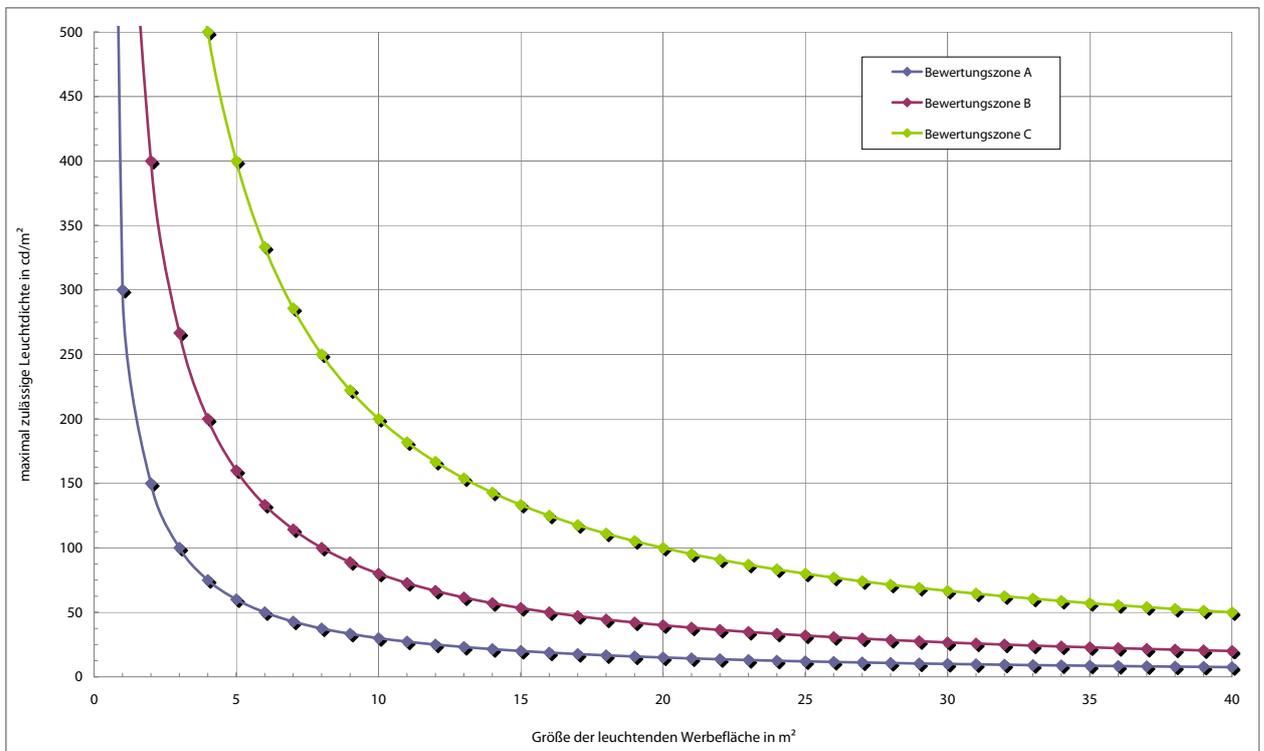


Abb. 50 – maximal zulässige Leuchtdichte für Werbeflächen

Zum Beispiel gelten im Straßenumfeld, wo die Beleuchtungsstärke des Straßenumfeldes im Mittel nicht mehr als **15 lux** beträgt, folgende Grenzwerte im verkehrsnahen Bereich:

Beispiele in Bewertungszone B	
Größe der Werbefläche	Maximale Leuchtdichte
bis 3 m <sup>2</sup>	250 cd/m <sup>2</sup>
bei 8 m <sup>2</sup>	100 cd/m <sup>2</sup>
ab 30 m <sup>2</sup>	25 cd/m <sup>2</sup>

Tabelle 8 – Maximale Leuchtdichtewerte für Bewertungszone B

Bei Bedarf der Beurteilung einer bestimmten Lichtwerbbeanlage hinsichtlich allfälliger Beeinträchtigung des Verkehrs stehen die RVS 05.06.12 und RVS 05.06.11 zur Verfügung.

## Begrenzung zum Immissionsschutz

Auch bezüglich der Aufhellung von Wohnräumen durch Lichtwerbung sind Grenzwerte einzuhalten. Diese sind in der neuen **ÖNORM O 1052**, „Lichtimmissionen“, festgehalten. In diesem Falle sind die Grenzwerte als maximal zulässige Beleuchtungsstärken, gemessen in der jeweiligen Fensterebene des betroffenen Wohn- bzw. Schlafraums, ausgedrückt.

Die Immissions-Grenzwerte in Anlehnung an die ÖNORM O 1052 sind unterschiedlich je nach Zeitraum und Bewertungsgebiet. Es werden folgende Bewertungsgebiete unterschieden:

Gebietsbezeichnung	Beschreibung des zu beurteilenden Gebietes
Gebiet A	Bebautes Gebiet mit besonderem Schutzbedürfnis, z.B. Bereich um Kurgebiete, Spitäler, Pflegeanstalten
Gebiet B	Wohngebiete, Bereiche, die überwiegend dem Wohnen dienen, nur vereinzelt Geschäftslokale, Kleinsiedlungsgebiete
Gebiet C	Mischgebiete, Geschäftslokale und Wohnungen, Einkaufsstrassen lokaler Bedeutung
Gebiet D	Kerngebiete, Betriebs- und Industriegebiete, Geschäftsstraßen übergeordneter Bedeutung

Tabelle 9 – Gebietsbezeichnungen für Immissionsschutz

Es gelten dann folgende Werte der Beleuchtungsstärke, die von Beleuchtung für verkehrsfremde Zwecke herrühren, als maximal zulässig:

Maximal zulässige mittlere vertikale Beleuchtungsstärke in Lux in der Fensterebene des zu beurteilenden Raumes			
	06:00 - 20:00 Uhr	20:00 - 22:00 Uhr	22:00 - 06:00 Uhr
Gebiet A	1	1	1
Gebiet B	5	3	1
Gebiet C	10	5	1
Gebiet D	25	15	5

Tabelle 10 – Immissionsschutz, mittlere vertikale Beleuchtungsstärken in der Fensterebene

Als Merkregel kann zusammenfassend festgehalten werden: während der **Kern-Ruhezeit** der meisten Menschen (22:00 bis 6:00 Uhr) gilt außer in Kerngebieten, Industriegebieten und großen Geschäftsstraßen der **Grenzwert von 1 lux** für die maximal zulässige Immission durch Werbebeleuchtung. Genaueres dazu ist der ÖNORM O 1052 zu entnehmen.

## Begrenzung zum Natur- und Landschaftsschutz

Die Wirkungen fehlgeleiteten Lichts auf die natürliche Umgebung, insbesondere licht-sensible Arten, sind vielfältig: Von Blendung und Desorientierung über gestörte soziale Interaktionen (Entwicklung, Fortpflanzung), eingeschränkten Aktionsradius durch Barrierewirkung und Vertreibung bis hin zu veränderten Räuber-Beute-Beziehungen, eingeschränkter Futtersuche oder gestörten Ruhephasen. Sowohl „Naheffekte“ (z.B. Wirkung einer Lichtquelle auf Falter) als auch „Ferneffekte“ (z.B. Rhythmus-Störungen durch die Lichtglocke einer Stadt) sind wesentlich bei der Beurteilung der unerwünschten Auswirkungen nächtlicher Beleuchtung auf natürliche Gefüge und insbesondere einzelne Arten:

Tiergruppe	Lichtsensibilität/Vorkehrungen
Säugetiere	Durch Licht nicht immer gestört, aber oft sehr sensibel beeinflusst, insbesondere in Wildtierkorridorbereichen; möglichst geringe Beleuchtungsstärken (kleiner 0,2 lux) und warmes Licht (kleiner 3.000°K) wählen
Fledermäuse	Einsatz von Lampen, die möglichst wenige Insekten anziehen (Falter-Fledermaus-Gleichgewicht)
Vögel	Besondere Gefahrenquellen für Zugvögel: Singuläre Lichtquellen (Leuchttürme, exponierte Gebäude, beleuchtete verglaste Hochhäuser und Türme, Funk- und Kommunikationstürme (Beleuchtung+Abspannungen), Industriefackeln, UV-emittierte Lampen. Abschirmung des gegen den Himmel gerichteten Lichts
Reptilien	Sparsamer Umgang mit Lichtarten, die Beutetiere (Insekten) anlocken
Amphibien	Keine konstante Licht(be)strahlung (Entwicklungsstörungen, Reduktion der Fertilität, Schädigung der Retina; Reduktion auf einzelne Spektralbereiche ist wirkungslos.
Tiere aquatischer Habitats	Teilweise sehr lichtsensibel, absolute Dunkelheit gefordert
Insekten	Unterschiedliche Reaktion der verschiedenen Gruppen, Abstellen der Beurteilung auf zu schützende Arten, insbesondere Nachtfalter und schwarmbildenden Insekten (wie z.B. Eintagsfliegen). UV-arme Beleuchtung ist für die Mehrzahl der Falter vorteilhaft.

Tabelle 11 – Tiere und Lichtsensibilität

Neben den oben angeführten Auswirkungen auf verschiedene Tiergruppen reagieren auch Pflanzen auf Grund ihrer Photorezeptoren auf verschiedene Wellenlängen unterschiedlich. Pflanzen sprechen zumeist besonders auf langwelliges Licht an. Während dies bei Kurztagpflanzen zum Entfall der Blüte führen kann, sind Pflanzen mit auf sie spezialisierten Bestäubern vom Ausbleiben dieser Bestäuber negativ betroffen.

Aber nicht nur Arten und Lebensräume, sondern auch Charakter und Eigenart der Landschaft sind schützenswert und identitätsstiftend – auch die Nachtlandschaft, deren Wiedererkennungselemente und Charakter sich deutlich von der Taglandschaft unterscheiden.

Aus diesen Gründen werden in der ÖNORM O 1052 (Schutz-)Gebiete definiert und zulässige Betriebszeiten von nicht notwendigen Beleuchtungsanlagen (NNB\*) angegeben.

Bewertungsgebiet	Beschreibung	Betriebszeit einer NNB*
Gebiet I	Gesetzlich festgelegte Gebiete zum Schutz der Natur, z.B. Nationalparks, Naturschutzgebiete, ...	Nicht zulässig
Gebiet II	Nicht für Bebauung gewidmete Gebiete, Freilandgebiete, unbebaute Gebiete, Grünland	Nicht zulässig
Gebiet III	Siedlungsrand, ländliche und durchgrünte Siedlungsgebiete	05:00 - 22:00 Uhr
Gebiet IV	Dicht bebaute Gebiete, städtische Gebiete, Industriegebiete	05:00 - 24:00 Uhr

Tabelle 12 – Einteilung der Gebiete für Umweltaufhellung laut ÖNORM O 1052

\* NNB ... Nicht notwendige Beleuchtung: Beleuchtungsanlagen, die überwiegend Freizeit-, Werbe-, Stadtgestaltungs- oder Unterhaltungszwecken dienen wie z.B. Objektanstrahlungen, Beleuchtungen von Sport und Freizeiteinrichtungen, Event- und Werbebeleuchtungen.

## Lichtwerbung kontra Stadtbild

Lichtwerbung, sogar solche, die Grenzwerte nicht überschreitet, kann störend auf das nächtliche Stadtbild wirken, da visuelle Akzente gesetzt werden, die völlig austauschbar sind und nichts mit der jeweiligen Stadt zu tun haben.

## Arten der Beleuchtung

### Selbstleuchtende und angestrahlte Werbung sowie Fassaden

Beleuchtungen dieser Art sind unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten grundsätzlich zu hinterfragen. Wenn dennoch eine Beleuchtung bzw. Anstrahlung erfolgt, so sollte sie zeitlich limitiert werden.



Abb. 51 - selbstleuchtende Werbung



Abb. 52 - angestrahlte Werbung



Abb. 53 - Fassadenbeleuchtung

Anstrahlungen sollen wie in Abbildung 54 dargestellt von oben nach unten erfolgen.



Abb. 54 - von oben angestrahlte Werbeflächen

### Musterbeispiel Slowenien

Eine in Slowenien 2007 von der Regierung veranlasste Verordnung regelt das Betreiben von Beleuchtungsanlagen zu Werbezwecken. Folgende wichtige Inhalte finden sich dort:

- Zeitliche Beschränkung von Sportplatzbeleuchtung (bis 22:00 Uhr)
- Begrenzung der Leuchtdichte von Fassadenanstrahlungen (Mittelwert  $< 1 \text{ cd/m}^2$ )
- Begrenzung der Anschlussleistung von leuchtenden oder angestrahlten Werbeanlagen (z. B.  $< 80 \text{ Watt}$  für Werbeflächen  $< 2 \text{ m}^2$ )

### Zeitlich veränderliches Licht (Videowall etc.)

In der ÖNORM O 1052, Anhang B, wird empfohlen, gerade bei Leuchtreklamen zeitlich veränderliches Licht (Blinklicht, bewegte Bilder, udg.) zu vermeiden. Der Hintergrund dafür ist, dass „flackerndes“ Licht bei gleicher Helligkeit viel stärker stört als statisches Licht. Deshalb gelten für zeitlich veränderliches Licht, je nach Frequenz der Änderung, niedrigere Grenzwerte als für statisches Licht (ÖNORM O 1052, Tabelle 5).



Abb. 55 – Leuchtdichtemessung an einer Videowall

### Skybeamer

Unter einem „**Skybeamer**“ versteht man einen starken, zum Nachthimmel hin orientierten Scheinwerfer, welcher zu Werbezwecken eingesetzt wird. Skybeamer haben hohe Anschlussleistungen – im Bereich von mehreren Kilowatt. Als Leuchtmittel kommen dabei meist Halogen-Metall dampflampen oder Xenon-Gasentladungslampen zum Einsatz. Oft rotieren die Strahlenkegel von Skybeamern, da sich die Betreiber dadurch eine zusätzliche Steigerung der Aufmerksamkeit erhoffen.

Skybeamer verursachen eine besonders starke Himmelsaufhellung, die in keinem Verhältnis zur tatsächlichen Werbewirksamkeit steht.



Abb.: 56 - Strahlkegel eines **Skybeamers**

Die schädlichsten Wirkungen von Skybeamern sind (nach Dr. Andreas Hänel, Osnabrück):

- Ablenkung von Verkehrsteilnehmern (führte schon mehrfach zu Unfällen)
- Störung des Lebensraumes von Lebewesen
- Desorientierung von Zugvögeln
- Störung des Ruhe- und Erholungsbedürfnisses der Bevölkerung

**Laut ÖNORM O 1052 „Lichtimmissionen“ ist der Einsatz von Skybeamern zu vermeiden!**



# Anhang

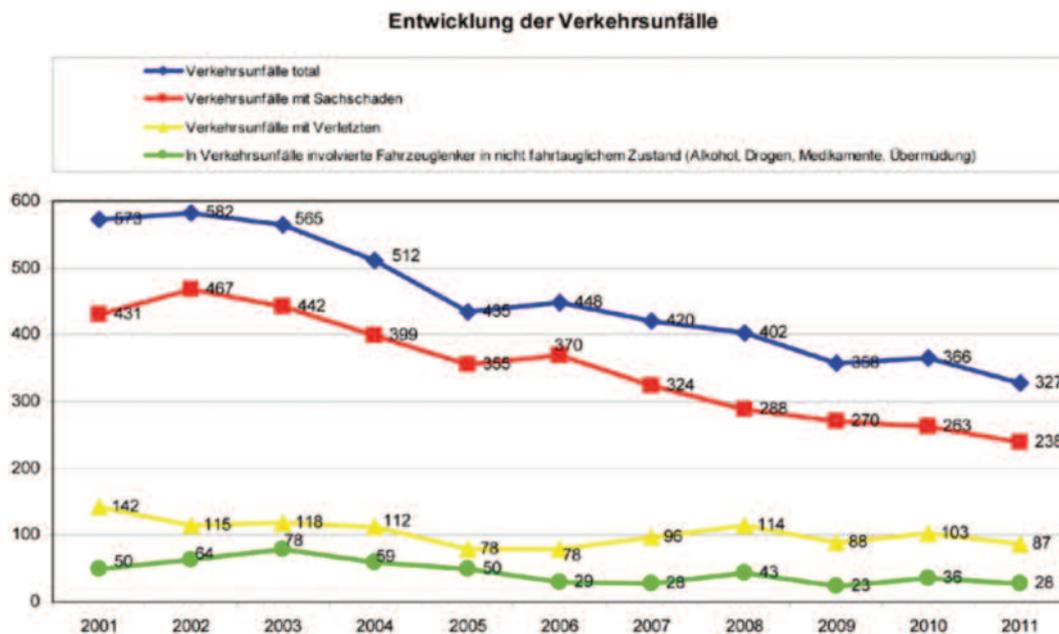
## Hintergrundinformationen und Beispiele

### EN 13201 – ein europäischer Kompromiss?

„Die fast lückenlose Beleuchtung hunderter Straßenkilometer in Belgien ist sogar mit einem Teleobjektiv vom All aus zu sehen“, so Jules Grandsire, Sprecher der Europäischen Weltraumagentur ESA. Andere europäische Länder hingegen wie etwa Österreich oder Liechtenstein beleuchten „traditionsgemäß“ in geringerem Ausmaß. Eine Normierung dieser unterschiedlichen Interessen ist daher grundsätzlich schwierig. Wie sich zeigt, orientiert sich die Normenreihe EN 13201 größtenteils an jenen Ländern mit höheren elektrischen Anschlussleistungen für die Straßenbeleuchtung – und das, obwohl selbst dort bereits über neue, energiesparendere Lösungen nachgedacht wird. Denn auch in Belgien möchte man in Zukunft auf unnötige Beleuchtungen verzichten<sup>[18]</sup>.

### Nachtabenkungen und Verkehrssicherheit - Beispiel Liechtenstein

Bereits im Jahr 2010 haben einzelne Gemeinden Liechtensteins begonnen, ihre Straßenlampen nachts von 0:30 bis 5:30 Uhr zu dimmen. Ein Bericht der LGU fasst die bisher gewonnen Erfahrungen zusammen, insbesondere wurde kein Anstieg der Unfallhäufigkeit verzeichnet<sup>[16]</sup>.



### **Nachtabenkungen und Sicherheit - Beispiel Rheine**

Im LIEWO-Artikel wurde beispielhaft auf die Nachtabstaltung in der westfälischen Stadt Rheine verwiesen, da dort die Auswirkung der Nachtabstaltung durch den Polizeikommissaranwärter Mock 2006 untersucht worden war. Rheine ist eine größere Mittelstadt mit etwa 76500 Einwohner/innen in Deutschland. Herr Udo Eggert, damals für die Durchführung der Umsetzung verantwortlich, gab der LGU am 6. Dezember 2011 in einer E-Mail folgende Auskunft: „In Rheine ist die Nachtabstaltung zwischenzeitlich kein Thema mehr im Stadtgeschehen: Die Straßenleuchten in Rheine werden seit dem 17.01.2005 abgeschaltet. Nach anfänglichen Unmutsäußerungen (...diese vielen jedoch absolut verträglich aus und wurden zumeist in der örtlichen Presse vor allem durch die Zeitungszusteller/innen initiiert...) hat sich die Nachtabstaltung heute absolut etabliert. Es gibt keine Unmutsäußerungen der Bürger/innen mehr. Auch seitens der Polizei sind bis dato keine Einwände vorhanden, die Ergebnisse der Projektarbeit des Polizeikommissaranwärters PKA Herr Mock aus dem Jahr 2006 aus Rheine werden bis heute bestätigt! Die Kosteneinsparung steigt zudem mit steigendem Strompreis <sup>[16]</sup>.

## Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1 zu wenig Licht tagsüber; industrieblick - Fotolia
- Abb. 2 zu viel Licht in der Nacht; berlinphotos030 - Fotolia
- Abb. 3 lichtverschmutzte Nachtlandschaft  
(<http://www.spielgel.de/wissenschaft/natur/lichtverschmutzte-bei-nacht-der-himmel-ueber-staedten-faerbt-sich-rot-a-848985.html>); ddp images/dapd
- Abb. 4 nach oben abgestrahltes Licht verschwendet Energie; Johannes Stübler
- Abb. 5 Das menschliche Auge (Quelle: <http://ocunet.de/patienten/auge.html>)
- Abb. 6 Empfindlichkeiten der cirkadianen Rezeptoren für die Steuerung des Tag-Nacht-Rhythmus (links), der Stäbchen (Mitte) und mittlere Empfindlichkeit der Zapfen (rechts)
- Abb. 7 Veranschaulichung der lichttechnischen Größen Lumen, Lux und Candela (siehe auch Glossar)
- Abb. 8 Viele Vogelarten werden durch künstliches Licht irregeleitet; mirpic - Fotolia
- Abb. 9 Empfindlichkeiten (von links nach rechts): Insekten, cirkadiane Rezeptoren des Menschen, Zapfen- und Stäbchenzellen der menschlichen Netzhaut (vgl. Cleve 1967, DIN V 5031-100 und CIE 1978)
- Abb. 10 Veranschaulichung der Streuung von Licht an Luftteilchen
- Abb. 11 Wellenlänge und Farbe
- Abb. 12 Farbtemperatur und "Licht-Stimmung"
- Abb. 13 Energiesparlampen mit unterschiedlicher Farbtemperatur im Vergleich; Wikipedia
- Abb. 14 Spektrum einer Sparlampe; Wikipedia
- Abb. 15 Typisches Spektrum einer Leuchtstofflampe mit einer Farbtemperatur von 5000 K (vgl. Elvidge et al. 2010, "Spectral Identification of Lighting Type and Character")
- Abb. 16 Spektrum einer Leuchtstofflampe bzw. Energiesparlampe mit einer Farbtemperatur von 3000 K und geringem Blauanteil
- Abb. 17 Spektrum einer Metaldampf-Lampe (vgl. Elvidge et al. 2010, "Spectral Identification of Lighting Type and Character")
- Abb. 18 Blaue LED mit Leuchtstoff enthaltendem Einbettungsmaterial zur Erzeugung weißen Lichtes; Wikipedia
- Abb. 19 Spektrum einer neutralweißen LED (vgl. Elvidge et al. 2010, "Spectral Identification of Lighting Type and Character")
- Abb. 20 Spektrum einer warmweißen LED (Quelle: <http://ledmuseum.candlepower.us>)
- Abb. 21 Spektrum einer gelben LED (Quelle: <http://ledmuseum.candlepower.us>)
- Abb. 22 Spektrum einer Natrium-Hochdruck-Dampf Lampe (vgl. Elvidge et al. 2010, "Spectral Identification of Lighting Type and Character")
- Abb. 23 Typisches Spektrum von Glüh- und Halogenlampen (vgl. Elvidge et al. 2010, "Spectral Identification of Lighting Type and Character")
- Abb. 24 Leuchtmittel-Effizienz-Vergleich (nach Vortrag Rudolf Koch, LTG Österreich)
- Abb. 25 ausgediente moderne Leuchtmittel dürfen nicht in den Restmüll; Wikipedia
- Abb. 26 warmweiße Leuchtmittel mit weniger als 3000 K Farbtemperatur sind zu empfehlen; Bruno Wintersteller

- Abb. 27 abgeschirmte Leuchten beleuchten nur die Straße und blenden dabei nicht; Stefanie Suchy
- Abb. 28 Veranschaulichung zur idealen Strahlengeometrie
- Abb. 29 Strahlungszonen laut ÖNORM O 1052
- Abb. 30 Straßenzug in Laibach: links mit Standardleuchten, rechts nach der Umrüstung auf Full-Cut-Off Leuchten. Das Ergebnis ist weniger Streulicht und Blendung sowie eine bessere Ausleuchtung der Straße (vgl. "Die helle Not", Diego Delmonego & Andrej Mohar)
- Abb. 31 Veranschaulichung von zwei Messebenen einer LVK an einer Glühlampe
- Abb. 32 LVK einer Glühlampe
- Abb. 33 typische Lichtstärkeverteilungskurven
- Abb. 34 Empfehlung für Beleuchtungsinstallationen
- Abb. 35 intelligente Straßenbeleuchtung; Heribert Kaineder
- Abb. 36 falsch eingesetzte Beleuchtung; Wolfgang Reisinger
- Abb. 37 Insekten in einer Leuchte; Stefanie Suchy
- Abb. 38 Siedlungsstraße; Heribert Kaineder
- Abb. 39 Bushaltestelle; Heribert Kaineder
- Abb. 40 Planungsschema einer Straßenbeleuchtung
- Abb. 41 Reflektorleuchte; Manfred Frosch
- Abb. 42 selbst in Parkanlagen ist weniger oft mehr; Wikipedia
- Abb. 43 Anrainerstraße; Wolfgang Reisinger
- Abb. 44 Gemeindestraße; Wolfgang Reisinger
- Abb. 45 Hauptverkehrsstraße; Wolfgang Reisinger
- Abb. 46 Wien bei Nacht; Franz Pfluegl - Fotolia
- Abb. 47 Nachtabenkung in Liechtenstein, Beispiel 1; LGU Andrea Matt
- Abb. 48 Nachtabenkung in Liechtenstein, Beispiel 2; LGU Andrea Matt
- Abb. 49 Lichtwerbung am Times Square in London; Fotolia
- Abb. 50 maximal zulässige Leuchtdichte für Werbeflächen
- Abb. 51 selbstleuchtende Werbung; Stenzel Washington - Fotolia
- Abb. 52 angestrahlte Werbung; Stefanie Suchy
- Abb. 53 Fassadenbeleuchtung; Herbert Raab
- Abb. 54 von oben angestrahlte Werbeflächen; Heribert Kaineder
- Abb. 55 Leuchtdichtemessung an einer Videowall  
[http://static2.kleinezeitung.at/system/galleries\\_520x335/upload/7/0/0/3234240/726-leuchtdichtemessegeraet.jpg](http://static2.kleinezeitung.at/system/galleries_520x335/upload/7/0/0/3234240/726-leuchtdichtemessegeraet.jpg)
- Abb. 56 Strahlkegel eines Skybeamers; Wikipedia

## Glossar

### **Beleuchtungsstärke:**

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

### **Candela pro Quadratmeter:**

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

### **Chronobiologie:**

Wissenschaft, die sich mit zeitlichen Rhythmen in Lebewesen beschäftigt - insbesondere mit dem Tag-Nacht-Rhythmus.

### **Dunkeladaption:**

Anpassung des Auges an die Dunkelheit.

### **Emissionslinie:**

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

### **Full-Cut-Off Leuchte:**

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

### **Gesamtgleichmäßigkeit:**

Maß für die räumliche Variation der Leuchtdichte einer Fahrbahn. Sie wird gemessen als Verhältnis der niedrigsten Leuchtdichte, die an einem Rasterpunkts im Bewertungsfeld auftritt, zur mittleren Leuchtdichte des Bewertungsfeldes.

### **Horizontale Beleuchtungsstärke:**

Maß für den Lichtstrom, der eine waagrechte Fläche trifft (einfallender, nicht reflektierter Lichtstrom pro Fläche). Die Beleuchtungsstärke wird in Lux gemessen.

### **Infrarot:**

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

### **Längsgleichmäßigkeit:**

Maß für die Gleichmäßigkeit der Leuchtdichte einer Verkehrsfläche in Verkehrsrichtung. Sie wird gemessen als Verhältnis der niedrigsten zur höchsten Leuchtdichte in Längsrichtung entlang der Mittellinie eines Fahrstreifens.

**Leuchtdichte:**

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

**Lichtausbeute:**

Maß dafür, wie effizient eine Lichtquelle elektrische Leistung in optische Strahlungsleistung umwandelt. Die Lichtausbeute wird in Lumen pro Watt gemessen.

**Lichtstrom:**

Die gesamte Lichtmenge, die von einer Lampe in alle Richtungen abgegeben wird

**Lumen:**

Physikalische Einheit des Lichtstroms

**Lux:**

Physikalische Einheit der Beleuchtungsstärke, definiert als Lumen pro Quadratmeter

**Melatonin:**

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

**Monochromatisches Licht:**

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

**Skybeamer:**

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

**Spektrum:**

Zerlegung elektromagnetischer Strahlung in seine Wellenlängen- bzw. Frequenzkomponenten.

**Wellenlänge:**

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

## Quellenverzeichnis

- [1] Freyhoff, Anja und Uhlmann, Thomas: Die dunkle Seite des Lichts. Dokumentarfilm, erstmals ausgestrahlt am 20.01.2009 auf ARTE.
- [2] Cajochen, Christian: Licht auf die innere Uhr. In: Th. Posch/A. Freyhoff/Th. Uhlmann (Hg.): Das Ende der Nacht. Die globale Lichtverschmutzung und ihre Folgen. Wiley-VCH Verlag, Weinheim 2010, S. 135-146.
- [3] Hüppop, Ommo: Vögel: Weltreisende und Vielflieger unter dem Sternenhimmel. In: Posch/Freyhoff/Uhlmann (Hg.): Das Ende der Nacht. Die globale Lichtverschmutzung und ihre Folgen. Wiley-VCH Verlag, Weinheim 2010, S. 82-98.
- [4] Rich, Catherine & Longcore, Travis: Ecological Consequences of Artificial Night Lighting. Island Press, Washington/Covelo/London 2006
- [5] Mizon, Bob: Light Pollution. Responses and Remedies. 2. Auflage, Springer Verlag, New York 2012
- [6] Licht und Kriminalität - <http://www.britastro.org/dark-skies/crime.html?70>
- [7] Trilux Planungshilfe "13 201": Licht für Europas Straßen. Beleuchtung von Straßen, Wegen und Plätzen nach DIN EN 13 201. 1. Auflage 2005. Trilux GmbH & Co. KG, D-59759 Arnsberg.
- [8] Die Helle Not. Wenn Licht zum Problem wird. 4. Auflage, Innsbruck 2012. Herausgeber: Tiroler Umwelthanwaltschaft.
- [9] Russel G. Foster: "Neurobiology: bright blue times", Nature, 17. Februar 2005, 433(7027):698-9.
- [10] "Biologische Wirkung von Licht", Schierz, Vandahl, TU Ilmenau
- [11] <http://www.ltg-aussenbeleuchtung.at/pages/fachinformation/normen/oenorm-o-1053.php>
- [12] Reischauer in Rummel, Kommentar zum Allgemeinen bürgerlichen Gesetzbuch (2000-2007), 3. Aufl, § 1319 a Rz 17
- [13] Fössl, Rechts- und Finanzierungspraxis der Gemeinden (RFG) 2007/37, 144
- [14] Peter Heilig, Blendung aus dem Blickwinkel des Augenarztes. In: U. Streitt, E. Schiller (Hg.), Ist die Welt rund um die Uhr geöffnet? Chancen und Risiken künstlicher Beleuchtung. Linz 2012, S. 121-128
- [15] [http://derstandard.at/2833781?sap=2&\\_seite=-5](http://derstandard.at/2833781?sap=2&_seite=-5)
- [16] <http://www.lgu.li/dateien/12-08-08-lgu-nachtabschaltung-update-alles.pdf>
- [17] "Kleine Zeitung" vom 30.3.2012, S. 12 <http://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do?idArticle=LEGIARTI000022496023&idSectionTA=LEGISCTA000022496025&cidTexte=LEGITEXT000006074220&dateTexte=20130201>
- [18] <http://www.welt.de/politik/ausland/article13486507/Belgien-schafft-teure-Autobahn-Beleuchtung-ab.html>

## Ansprechpartner

### **Amt der Oö. Landesregierung • Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft • Abteilung Umweltschutz**

Kärntnerstraße 10-12; 4021 Linz  
Tel.: (+43 732) 77 20-145 43  
E-Mail: [us.post@ooe.gv.at](mailto:us.post@ooe.gv.at)  
Internet: [www.land-oberoesterreich.gv.at](http://www.land-oberoesterreich.gv.at)

### **Für den Bereich der Verkehrssicherheit**

#### **Amt der Oö. Landesregierung • Direktion Straßenbau und Verkehr • Abteilung Verkehr**

Bahnhofplatz 1; 4021 Linz  
Tel.: (+43 732) 77 20-135 35  
E-Mail: [vt.verk.post@ooe.gv.at](mailto:vt.verk.post@ooe.gv.at)  
Internet: [www.land-oberoesterreich.gv.at](http://www.land-oberoesterreich.gv.at)

### **In Linz, Wels und Steyr das örtlich zuständige Magistrat**

#### **Magistrat Steyr**

Stadtplatz 27, 4400 Steyr  
Tel.: (+43 7252) 575-0  
E-Mail: [office@steyr.gv.at](mailto:office@steyr.gv.at)

#### **Magistrat Wels**

Stadtplatz 1, 4600 Wels  
Tel.: (+43 7242) 235-0  
E-Mail: [post.magistrat@wels.gv.at](mailto:post.magistrat@wels.gv.at)

#### **Magistrat Linz**

Hauptstraße 1-5, 4041 Linz  
Tel.: (+43 732) 707-0  
E-Mail: [info@mag.linz.at](mailto:info@mag.linz.at)

### **Für Energie-Effizienz-Fragen**

#### **Oö. Energiesparverband**

Tel.: (+43 732) 77 20-14380  
E-Mail: [office@esv.or.at](mailto:office@esv.or.at)  
Internet: [www.energiesparverband.at](http://www.energiesparverband.at)

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

#### **Amt der Oö. Landesregierung • Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft**

##### **Abteilung Umwelt-, Bau-, und Anlagentechnik**

Kärntnerstraße 10-12; 4021 Linz  
Tel.: (+43 732) 77 20-135 28  
E-Mail: [ubat.post@ooe.gv.at](mailto:ubat.post@ooe.gv.at)  
Internet: [www.land-oberoesterreich.gv.at](http://www.land-oberoesterreich.gv.at)

#### **Bezirksbauamt Linz**

Traunuferstraße 98, 4052 Ansfelden  
Tel.: (+43 732) 77 20-475 00  
E-Mail: [ubat-bba-l.post@ooe.gv.at](mailto:ubat-bba-l.post@ooe.gv.at)

#### **Bezirksbauamt Ried**

Parkgasse 1, 4910 Ried im Innkreis  
Tel.: (+43 7752) 823 48-0  
E-Mail: [ubat-bba-ri.post@ooe.gv.at](mailto:ubat-bba-ri.post@ooe.gv.at)

#### **Bezirksbauamt Wels**

Durisolstraße 7, 4600 Wels  
Tel.: (+43 7242) 44858-0  
E-Mail: [ubat-bba-we.post@ooe.gv.at](mailto:ubat-bba-we.post@ooe.gv.at)

#### **Bezirksbauamt Gmunden**

Stelzhamerstraße 13, 4810 Gmunden  
Tel.: (+43 7612) 755 93-0  
E-Mail: [ubat-bba-gm.post@ooe.gv.at](mailto:ubat-bba-gm.post@ooe.gv.at)

**In Linz, Wels und Steyr das örtlich zuständige Magistrat (siehe oben)**

### **Weiters steht Ihnen für Auskünfte zur Verfügung**

#### **Amt der Oö. Landesregierung • Oö. Umweltschutz**

Kärntnerstraße 10-12; 4021 Linz  
Tel.: (+43 732) 77 20-134 50  
E-Mail: [uanw.post@ooe.gv.at](mailto:uanw.post@ooe.gv.at)  
Internet: [www.land-oberoesterreich.gv.at](http://www.land-oberoesterreich.gv.at)

