

Energiesparende und umweltgerechte Beleuchtung



Blick vom Breitenstein auf den Ballungsraum Stuttgart. Foto: Carsten Przygoda



Fachgruppe DARK SKY der Vereinigung der Sternfreunde e.V.

Affiliate organisation of the International Dark Sky Association
Dr. Andreas Hänel, Museum am Schölerberg, Osnabrück,
für die Schwäbische Alb überarbeitet von Dr.-Ing. Matthias Engel

Unterstützt von



Bund für
Umwelt und
Naturschutz
Deutschland

Biosphärengebiet
Schwäbische Alb



Empfehlungen zur Reduzierung von Lichtsmog



Nach oben abgestrahltes Licht vergeudet Energie und hellt unnötig den Himmel auf, hier über Stuttgart und dem Alb-Vorland.

Blicken wir in unseren Ballungsräumen in den Nachthimmel, dann fällt auf, dass er von künstlichem Licht aufgeleuchtet wird, und dadurch die Sterne von einer diffusen Lichtglocke verschleiert werden. Schwächere Sterne, die Milchstraße oder das Zodiakallicht sind nicht mehr zu sehen. Die Aufhellung des Himmels wird verursacht durch die Streuung des horizontal und nach oben gelenkten Lichts in der Atmosphäre. Doch es ist nicht nur diese optische Beeinträchtigung, die ein Handeln nötig macht:

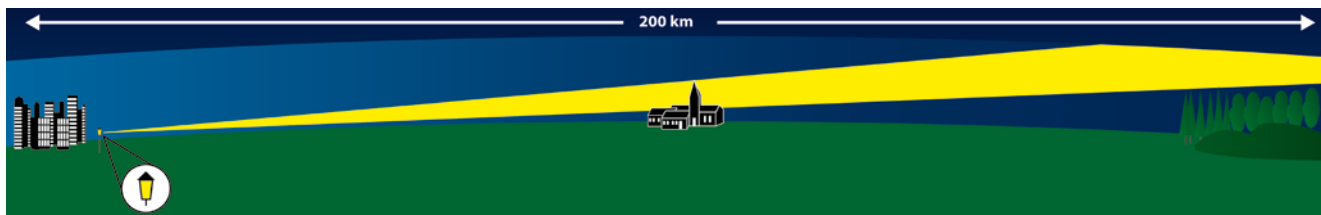
Eine natürliche Nachtlandschaft ist in unseren dicht besiedelten Regionen kaum mehr zu finden. Durch das fehlgeleitete Licht werden nachtaktive Tiere wie Zugvögel oder Insekten stark gestört. Doch auch wir Menschen werden durch falsche Beleuchtung negativ beeinträchtigt, z.B. in unserem Tag-Nacht-Rhythmus oder durch direkte Blendung. Nicht zuletzt stellen die vergeudeteten Lichtmengen eine erhebliche Energieverschwendung dar.

Auch bei der Außenbeleuchtung sollten daher effiziente Leuchtmittel wie z.B. LEDs und Natriumdampf lampen eingesetzt werden. Diese benötigen deutlich weniger Energie als herkömmliche Quecksilberdampf lampen, besitzen eine längere Lebensdauer und schonen so wertvolle Ressourcen. Doch Effizienz allein reicht nicht aus: Neben dem Energieverbrauch im Betrieb ist für den Umweltschutz die bedarfsorientierte Beleuchtung – als Beitrag zur Suffizienz - ein wesentlicher Aspekt. Bereits bei der Planung muss geprüft werden, welche Bereiche überhaupt beleuchtet werden müssen. Im zweiten Schritt gilt es dann festzulegen, welche Lichtmenge benötigt wird. Davon hängt ab, wie viele Leuchten, in welcher Höhe, an welcher Stelle usw. installiert werden. Durch geeignete Lichtlenkung, die Steuerung der Helligkeit, durch Bewegungsmelder und Abschaltintervalle kann ein breites Optimierungspotenzial genutzt werden.

Die folgenden Empfehlungen sollen Maßnahmen aufzeigen, wie die sogenannte Lichtverschmutzung oder der Lichtsmog reduziert und dadurch auch Energie eingespart werden kann. Die Empfehlungen beruhen auf wissenschaftlichen Untersuchungen.

1 Lichtlenkung

Licht, das in und oberhalb der Horizontalen ausstrahlt, hat sehr lange Streuwege in der Atmosphäre und trägt daher ganz besonders zu den Lichtglocken über den Städten bei. Mehrere Untersuchungen zeigen, dass der Lichtsmog verringert werden kann, wenn diese Lichtanteile unterdrückt werden.

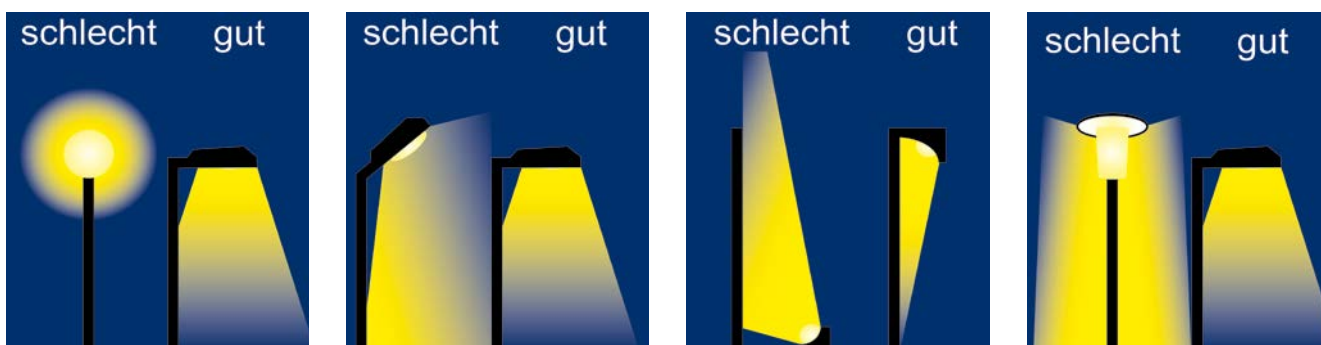


Horizontal ausgestrahltes Licht wird über weite Strecken in der Atmosphäre gestreut (Grafik nach Dark Sky Slovenia)

Daher fordern die Internationale Beleuchtungskommission CIE (CIE-150), die International Dark Sky Association, aber auch die Starlight Initiative

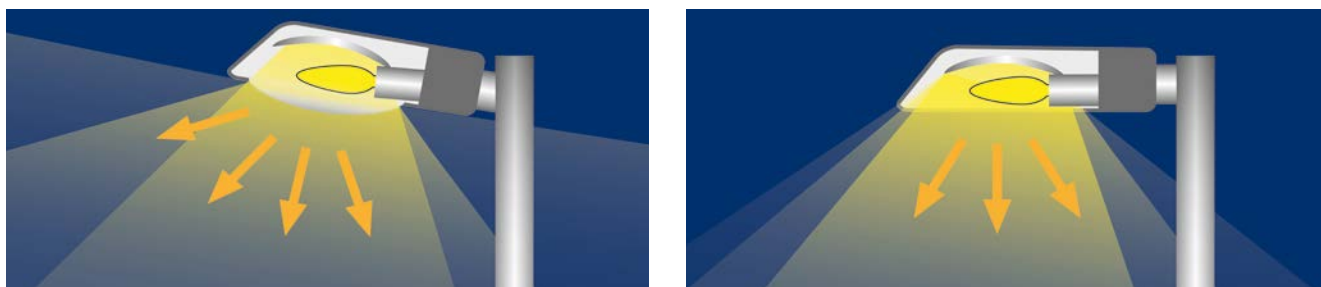
Voll abgeschirmte Leuchten einzusetzen, die im montierten Zustand kein Licht in und oberhalb der Horizontalen abstrahlen. Das Leuchtmittel darf in der Horizontalen nicht sichtbar sein.

Dies bedeutet insbesondere, dass die Leuchten nicht geneigt montiert werden dürfen. Lichttechnisch wird dies durch den ULR-Wert (upward light ratio) beschrieben, der demnach $ULR=0\%$ sein muss. Er sollte von den Leuchtenherstellern angegeben werden und lässt sich beispielsweise mit einem Lichtberechnungs-Programm wie Dialux bestimmen.



Schlecht und gut abgeschirmte Beleuchtung (nach einem Flyer der Stadt Stuttgart)

Diese Bedingungen erfüllen insbesondere die **Leuchten der Lichtstärkeklasse G6**. Entsprechende Leuchten werden von vielen deutschen Herstellern angeboten.



nicht so ...

... sondern so!

Abgeschirmte Leuchten und deren Ausrichtung

Da durch eine entsprechende Lenkung Licht gezielt eingesetzt wird, kann die Lichtmenge reduziert werden, was natürlich zu einem Einspareffekt führt, da keine sinnlosen Lichtmengen verstrahlt werden. Abgeschirmte Leuchten erscheinen zudem nicht so blendend, besonders wenn die Leuchtmittel eine hohe Leuchtdichte haben (z.B. Entladungslampen mit Quarzbrenner oder Hochleistungs-LEDs).

Um die Wirkung des Lichts in die Umgebung zu minimieren (Anziehung von Insekten!) sollten die Masthöhen nicht zu hoch gewählt werden.



Beispiele für voll abgeschirmte Leuchten.

Moderne LED-Flutlichtstrahler nur noch horizontal montieren. Nur wenn die LEDs tiefer im Gehäuse verbaut sind, können sie max. um 10° geneigt werden.



Voll abgeschirmte Leuchten erhellen die Verkehrsfläche und leuchten kaum auf die Hausfassaden und in die Fenster.

2 Lichtmenge

Der Einsatz von künstlichem Licht sollte sorgfältig geplant werden. So sollte zunächst ernsthaft überlegt werden, ob in jedem Einzelfall wirklich überall künstliche Beleuchtung notwendig ist.

Dann sollte festgelegt werden, wie viel Licht benötigt wird. Die Normen DIN EN 13201 geben Minimalwerte für Leuchtdichten, Beleuchtungsstärke und Gleichförmigkeit für bestimmte Beleuchtungsklassen vor, doch können die Werte durch die Wahl der Beleuchtungsklassen beeinflusst werden. Generell sollten die vorgegebenen Minimalwerte für Leuchtdichte und Beleuchtungsstärke nicht überschritten werden. Vom Deutschen Städtetag werden die DIN-Normen nicht als Rechtsnormen angesehen und auf eine Fehlentwicklung bei der Normierung der Helligkeitsstandards hingewiesen. Tatsächlich erfüllen allein aus Kostengründen nur wenige Installationen in Deutschland die Minimalanforderungen, und rechtlich wurde deswegen noch keine Kommune belangt. So können in Wohnstraßen Beleuchtungsstärken von 1 Lux durchaus als ausreichend angesehen werden.

3 Beschränkung der Leuchtdauer

Da in den späten Nachtstunden der Verkehr stark abnimmt, ist eine Reduzierung der Beleuchtung im Laufe der Nacht sinnvoll und bietet die meisten Einsparmöglichkeiten.

Abschalten

Für die Wahrung der nächtlichen Dunkelheit ist Abschalten in den späten Nachtstunden die beste Lösung. Zwar werden immer wieder Sicherheitsbedenken geäußert, doch gibt es viele Städte (25% nach einer Umfrage von PwC), die bereits seit Jahren ihre Beleuchtung abschalten, ohne dass nennenswerte Sicherheitsprobleme bekannt geworden wären (Bsp.: Preussisch-Oldendorf, Langwedel und viele Orte auf der Schwäbischen Alb, z.B. Langenenslingen, Pfronstetten und Gomadingen.)



Der Himmel über Preussisch-Oldendorf, vor (links) und nach (rechts) der Abschaltung um 23 Uhr. 1390 von 1662 Lichtpunkten werden von 0-6 Uhr ausgeschaltet, dadurch wird 46% Energie eingespart.

Weitere Reduziermöglichkeiten sind:

Spannungsreduzierung

Durch Spannungsreduzierung kann die Helligkeit der Lampen reduziert werden, allerdings ist bei Entladungslampen der Einspareffekt geringer als die entsprechende Helligkeitsreduzierung (Reduzierung der Lichtmenge um 50% spart nur 35% elektrischer Energie ein).

Teilabschaltung

Sind im Leuchtenkörper zwei Lampen installiert, kann eine im Laufe der Nacht abgeschaltet werden. Je nach Konstruktion der Leuchte wird die Lichtverteilung nicht wesentlich verändert.

Eine weitere einfach zu realisierende Möglichkeit ist das Abschalten jeder zweiten Leuchte, was allerdings die Gleichmäßigkeit der Ausleuchtung verschlechtert und deswegen oft abgelehnt wird. Dennoch wird sie wegen ihrer Einfachheit oft genutzt. Bei beiden Methoden entspricht die reduzierte Helligkeit weitgehend dem reduzierten Energieeinsatz. Die Abschaltzeiten liegen zwischen 21:30 und 2:00 Uhr (oft 22:30), morgens wird um 4 oder 5 Uhr wieder eingeschaltet (rote Laternenbänderle Verkehrszeichen 394).

Energieeinsparung:

Bei einer typischen jährlichen Leuchtdauer von 4000 Stunden bedeutet eine Abschaltung zwischen 23 und 6 Uhr eine Einsparung von 64%, bei einer Halbnachtschaltung (jede zweite Lampe wird abgeschaltet) noch von 32%.

Sollte keine Abschaltung möglich sein, dann sollte zumindest eine Dimmung in den Nachtstunden um mindestens 50% eingerichtet werden

4 Bedarfsorientierte Beleuchtung

Noch mehr Energie lässt sich einsparen, wenn das Licht nur dann angeschaltet oder in der Helligkeit hochgefahren wird, wenn es wirklich benötigt wird. Dies kann beispielsweise per Anruf/Anforderung (z.B. Dial4Light) oder Bewegungsmelder (z.B. Luxsoli) geschehen. Bei kurzen Schaltzyklen sind besonders LED-Leuchten geeignet, da sie keine Zündpause oder Einbrennzeit wie Gasentladungslampen haben.



Bedarfsorientierte Beleuchtung durch Bewegungsmelder in Fulda

5 Lichtqualität und -farbe



Fußwegbeleuchtung mit Lichtquellen unterschiedlicher Farben in Düsseldorf (ganz links Gasleuchten, blau: kaltweiße LED, warmweiße LED, gelb: Natriumhochdruckdampfampe, grün: Quecksilberdampfampe; hellgelb: Halogenmetaldampfampe)

Da blaue Anteile im Licht in der Atmosphäre stärker gestreut werden, sollten im Licht keine ultravioletten und möglichst wenig blaue Lichtfarbanteile enthalten sein. Insekten werden durch solche Lichtquellen weniger angezogen, da sie vor allem ultraviolettes und blaues Licht sehen. Durch blaues Licht wird zudem das zirkadiane System des Tag-Nacht-Rhythmus des Menschen beeinflusst. Zu viel künstliches Licht mit Blauanteilen nachts sollte zum Erhalt der Nachtruhe vermieden werden.

Bei vielen Lichtquellen lässt sich der Farbanteil näherungsweise durch die Farbtemperatur beschreiben. Kaltweißes Licht mit Farbtemperaturen über 5500 K hat die höchsten Blauanteile, sogenanntes neutralweißes Licht mit einer Farbtemperatur von etwa 4000 - 5000 K hat auch noch hohe Blauanteile.

Warmweißes Licht hat geringe Blauanteile bei einer Farbtemperatur unter 3000 Kelvin (K) und sollte bevorzugt eingesetzt werden.

6 Wahl der Leuchtmittel

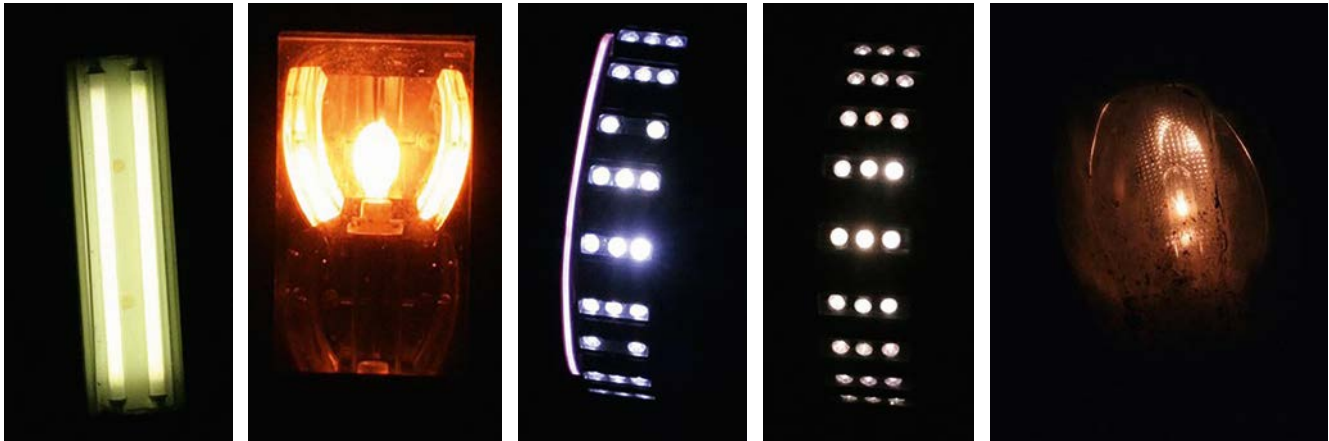
Um Energie einzusparen, sollten natürlich nur Lampen mit höchster Effizienz eingesetzt werden. Diese wird durch die Lichtausbeute als der pro eingesetzter elektrischer Leistung erzeugte Lichtstrom in Lumen/Watt (lm/W) beschrieben.

Lampen	Lichtausbeute lm/W	Lebensdauer h	Farbtemperatur K
Quecksilberdampf	30 - 60	< 16.000	3000 - 4000
Natriumdampf-Niederdruck	100 - 175	< 16.000	gelb
Natriumdampf-Hochdruck	70 - 130	< 16.000	2000
Halogen-Metaldampf	90 - 106	< 12.000	3000 - 5000
Kompakt-Leuchtstoff	65 - 75	< 16.000	2500 - 5400
LED	60 - 120	50.000	2700 - 6500

Charakteristische Eigenschaften verschiedener Lampen

Bei Modernisierungen ist unbedingt darauf zu achten, dass bei der Verwendung effizienterer Leuchtmittel die Anschlussleistung reduziert wird, damit eine Energieeinsparung bei Wahrung der Lichtmenge erreicht wird!

Natriumhochdruckdampflampen senden überwiegend gelbes Licht aus, wodurch das Licht weniger stark in der Atmosphäre gestreut wird. Da sie auch wenig Licht im Grünen aussenden, wo die Stäbchen des menschlichen Auges besonders empfindlich sind, wird die Sichtbarkeit schwacher Objekte, wie der Sterne, weniger gestört. Zudem ziehen sie weniger Insekten an. Hingegen ziehen Halogenmetaldampflampen fast genauso viele Insekten wie Quecksilberdampflampen an, die seit 2015 in der EU ohnehin nicht mehr verkauft werden dürfen.



Verschiedene Leuchtmittel, von links nach rechts: Leuchtstoffröhre, Natriumhochdruckdampflampe, LED kaltweiß, LED warmweiß, Halogenmetaldampflampe

LEDs sind sicher die Lichtquellen der Zukunft, da sie hohe Lebensdauer und damit geringe Wartungsintervalle haben. Zudem erreichen sie inzwischen fast die gleiche Lichtausbeute wie Natriumdampflampen. Sie senden Licht stark gerichtet aus, sind klein und relativ robust. Trotz zahlreicher Versuchsstrecken sind weder ihre Effizienz noch ihre lichttechnischen Eigenschaften und Wartungseigenschaften ausreichend bekannt. Weißlicht-LEDs strahlen vor allem im blauen Licht, wo das menschliche Zirkadiansystem die höchste Empfindlichkeit hat (Falchi u.a., 2011). Deswegen sind gesundheitliche Auswirkungen zu erwarten, die noch genauer untersucht werden müssen (DOE 2010). LEDs (besonders warmweiße) ziehen wesentlich weniger Insekten an (Huemer u.a., Eisenbeis). Aus diesem Grund, sowie der besseren Akzeptanz warmer Farbtöne, sollten nur LEDs mit warmweißen Farbtönen eingesetzt werden. LEDs sind auch in gelb-orangen („amber“) Farbtönen verfügbar, ähnlich den Natriumdampflampen (z.B. „Batlamp“).

Sollten trotzdem weiße Lichtquellen eingesetzt werden, kann wegen der besseren Erkennbarkeit die Lichtmenge um mindestens 30% (gegenüber gelben Lampen) reduziert werden.

Bei der Wahl hellerer Straßenbeläge sind zudem geringere Beleuchtungsstärken notwendig. Helle, gut erkennbare, reflektierende Fahrbahnmarkierungen sind auch bei geringeren Beleuchtungsstärken gut zu sehen.



Beleuchtung mit Natriumdampflampen, mit LEDs, und mit auf 50% gedimmten LEDs. Selbst die auf 50% gedimmte LED-Beleuchtung erscheint dem Auge heller als die Natriumdampf-Beleuchtung bei voller Helligkeit.

7 Nichtöffentliche Beleuchtung: Grundprinzipien



Nach einem Ausfall der öffentlichen Straßenbeleuchtung wird die Straße durch die nicht-öffentliche Beleuchtung erhellt.

Künstliches Licht spielt inzwischen eine wichtige Rolle in unserer Gesellschaft. Es verlängert die Aktivitätszeiten in die Nachtstunden, scheint mehr Sicherheit zu schaffen. Doch künstliches Licht wird heute weitgehend mit elektrischem Strom erzeugt, dessen Erzeugung auch bei Nutzung regenerativer Energien immer negative Umweltauswirkungen hat. Bei der Nutzung fossiler Brennstoffe wird das Treibhausgas Kohlendioxid erzeugt, bei der Erzeugung von Atomstrom entstehen hochradioaktive Abfälle, bei der Nutzung von Solarenergie wird Fläche für Solarzellen benötigt, für die Stromerzeugung mit Biogas werden riesige Mais-Monokulturen angebaut und für die Windenergie werden prägende Änderungen des Landschaftsbildes in Kauf genommen. Um diese Einflüsse weitestgehend zu minimieren, sollte zunächst verantwortungsvoller mit der Energie umgegangen werden.

Für den Einsatz künstlicher Beleuchtung sollten daher folgende Grundprinzipien gelten, wobei es weder zu einem Komfort- oder Sicherheitsverlust kommen muss:

- Licht nur einsetzen, wenn unbedingt notwendig.
- Licht so lenken, dass es nur dorthin strahlt, wo es benötigt wird.
- Licht nur in einer Menge einsetzen, wie unbedingt notwendig (Begrenzung der Beleuchtungsstärke).
- Licht nur dann einschalten, wenn es unbedingt benötigt wird.
- Licht mit möglichst wenig kurzwelligen Blauanteilen.

8 Beleuchtung von Industrie und Gewerbe

Für die Beleuchtung von Arbeitsplätzen im Außenbereich gelten die Empfehlungen der Verordnung für Arbeitsstätten im Freien. Hier beispielhaft einige Werte:

Art der Arbeitsstätte	E_m in Lux	U	GR	R
Gehwege nur für Fußgänger	<5	0,25	50	20
Verkehrsflächen für langsame Fahrzeuge	10	0,4	50	20
Landwirtschaftsbetriebshof	20	0,1	55	20
Offene Geräteschuppen	50	0,2	55	20
Parkplätze mit geringem Verkehr	5	0,25	55	20
Sägewerk, Umgang mit Holz	20	0,25	55	20
Schleusen, Kaianlagen Fußgänger	10	0,25	50	20

Tabelle mit Anforderungen an die Beleuchtung von Arbeitsstätten im Freien: Minimale Beleuchtungsstärke E_m , Gleichförmigkeit U, Blendung GR und Farbwiedergabeindex R für verschiedene Arbeitsstätten im Freien.

Um diese Werte zu erfüllen, ist eine Lichtplanung notwendig. Generell sollten die Werte E_m und R nicht wesentlich überschritten werden. Insbesondere muss darauf geachtet werden, dass kein Licht über die Arbeitsstätte hinaus leuchtet. Dies kann dadurch erreicht werden,

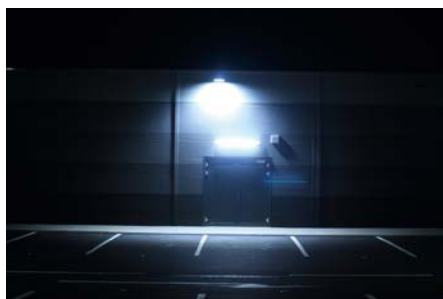
- dass nur voll abgeschirmte Leuchten eingesetzt werden.
- die Leuchten nicht in zu großer Höhe montiert werden.
- Zudem sollte das Licht nur dann eingeschaltet werden, wenn es benötigt wird.

Ein Farbwiedergabeindex R von 20 wird durch den Einsatz von den umweltfreundlichen Natriumdampf-hochdrucklampen erfüllt. Bei LED-Beleuchtung sollte ein Gelbfilter eingesetzt werden, um die Blauanteile im Licht zu reduzieren.

Bei Parkplatzbeleuchtungen sollten nicht mehr als 20 lx Beleuchtungsstärke vorgesehen werden.

Häufig werden für die Außenbeleuchtung einfach nicht abgeschirmte Leuchtstoffröhren eingesetzt. Da diese das Licht ungerichtet in alle Richtungen senden und damit oft 50% der Energie vergeuden, sollten sie nur in entsprechenden Gehäusen mit Lichtlenkung eingesetzt werden.

Verwiesen sei auch auf die DIN ISO 26000 zur gesellschaftlichen Verantwortung. Darin wird Lichtverschmutzung als Quelle für Umweltbelastung genannt. Nach der Norm sollte eine Organisation geeignete Maßnahmen ergreifen, um diese Belastungen zu vermeiden.



Leuchtstoffröhre und darüber eine voll abgeschirmte Leuchte. Die blanke Leuchtstoffröhre blendet und verschwendet viel Licht. Zudem ist Doppelbeleuchtung zu vermeiden.



3000 K, 7-16 lx



4000 K, 44 lx

Parkplatzbeleuchtung: Links warmweiß und ausreichend hell, rechts neutralweiß und mit 40-80 lx statt der empfohlenen 20 lx viel zu hell.



Die Außenbeleuchtung dieser Fabrikhalle ist voll abgeschirmt, während viel Licht über das Glasdach ins Freie gestrahlt wird.

9 Werbetafeln

Angestrahlte oder selbstleuchtende (von hinten beleuchtete) Werbetafeln sollten nur solange angeschaltet sein, wie sie wirklich benötigt werden. Insbesondere sollten sie spätestens eine halbe Stunde nach Geschäftsschluss ausgeschaltet werden.



Bei Anstrahlung ist darauf zu achten, dass sie grundsätzlich nur von oben nach unten zu erfolgen hat und die Strahler so orientiert und abgeschirmt sind, dass kein Licht an der Tafel vorbei strahlt.

Bei den Leuchtdichten sollte bedacht werden, dass übliche Straßenleuchtdichten unter 2 cd/m^2 liegen und eine Leuchtdichte von 730 cd/m^2 als gerade nicht blendend angesehen wird. Andererseits adaptiert sich das Auge von hellen zu dunklen Lichteindrücken relativ langsam, daher erscheinen geringe Leuchtdichten nach dem Blick in eine helle Lichtquelle zunächst dunkel, bis sich das Auge daran gewöhnt hat.

- **Aus Sicherheitsgründen sollten zu helle Leuchttafeln vermieden werden, da sie blendend wirken.**
- **Bei angestrahlten Tafeln leidet die Lesbarkeit bei zu hohen Leuchtdichten.**
- **Eine Anstrahlung darf nur von oben nach unten erfolgen. Es muss darauf geachtet werden, dass kein Licht an der Tafel vorbeigeht.**
- **Selbstleuchtende Leuchttafeln mit heller Schrift vor dunklem Hintergrund sind solchen mit dunkler Schrift vor hellem Hintergrund vorzuziehen.**
- **Um Blendung zu vermeiden, sollte generell die Leuchtdichte von Werbetafeln nicht höher als 100 cd/m^2 sein. Für naturnahe Gebiete wird eine Leuchtdichte von maximal 50 cd/m^2 vorgeschlagen.**



Schriften auf hellem Untergrund (im mittleren Bild durchgestrichen) sollten vermieden werden, da sie leicht überstrahlt werden (siehe rechtes Bild, 16x empfindlicher aufgenommen).



In diesen Beispielen werden durch Werbebeleuchtungen Hausfassaden angestrahlt (links: mit Neonröhre angestrahlte Werbetafel, rechts: Lichtwerbung einer Apotheke strahlt die gegenüber liegenden Hausfassaden an).

10 Sportplatzbeleuchtung



Sportplatzbeleuchtungen dominieren das Abendpanorama in Mallorca

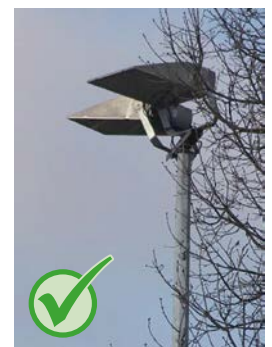
Da viele Sportplätze nur für regionale Wettkämpfe genutzt werden, sollte hier eine Beleuchtung nach Klasse III ausreichend sein. Danach sollte die Beleuchtungsstärke bei $E_m = 75 \text{ Lux}$ und die Gleichförmigkeit bei $U = 0,5$ liegen.



Sportplatzbeleuchtung mit asymmetrischen Planflächenstrahlern

Auch hier sollte durch den Einsatz von asymmetrischen Planflächenstrahlern die Außenwirkung möglichst gering gehalten werden.

Moderne LED-Flutlichtstrahler nur noch horizontal montieren. Nur wenn die LEDs tiefer im Gehäuse verbaut sind, können sie max. um 10° geneigt werden.

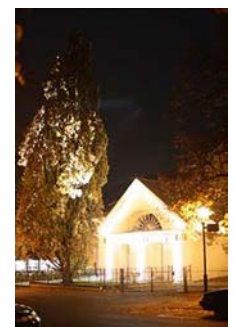


Symmetrische und asymmetrische Fluter an einem Sportplatz

11 Private Beleuchtung

Empfehlungen für die private Beleuchtung mögen als starken Eingriff in die Privatsphäre empfunden werden. Doch sollte man daran denken, dass durch sinnvolle Maßnahmen der eigene Energieverbrauch und damit die Stromrechnung reduziert und zudem die Natur geschützt wird.

Fassadenbeleuchtung



Übertriebene Anstrahlung: Was wollen die Besitzer dieser Häuser zeigen?

Eine großflächige Anstrahlung des Hauses sollte auf jeden Fall unterbleiben, da es kaum Sicherheit bietet, sondern eher als störend empfunden wird. Und welche Botschaft vermittelt die Verschwendung erheblicher Energiekosten?

Wenn eine Sicherheitsbeleuchtung für Haus-Zuwegung und -ingang notwendig ist, sollte eine bedarfsorientierte Steuerung durch Schalter oder Bewegungsmelder eingesetzt werden. Der Bewegungsmelder sollte dabei so eingestellt werden, dass er nur dann die Beleuchtung aktiviert, wenn sie benötigt wird und nicht schon dann, wenn nur ein Passant auf dem Gehweg vorbeigeht oder ein Auto vorbeifährt.



oben: Die nicht abgeschirmte Leuchte gibt das meiste Licht sinnlos nach oben und zur Seite ab.

links: Die voll abgeschirmte Leuchte strahlt nur das Schild an

Zudem sollten die Leuchten so beschaffen sein, dass sie kein Licht nach oben oder in die Horizontale abgeben. Leider erfüllen die weitaus meisten Leuchten, die im Baumarkt oder beim Discounter erhältlich sind, diese Anforderungen nicht. So findet man Kugelleuchten, die mehr Licht nach oben als auf den Boden abgeben oder Laternen, die stark blendend zur Seite abstrahlen. Eine sorgfältige Auswahl des Modells ist deswegen notwendig!



Diese voll abgeschirmten Leuchten leuchten Türzugang und Gehwegfläche gut aus, ohne zu blenden

Licht aus Fenstern



Erleuchtete Fenster strahlen in die Landschaft

Wegen der stetig verbesserten Wärmedämmung von Fenstern wird immer häufiger auf den Einsatz von Rollläden verzichtet. Gardinen oder Jalousien, sofern sie überhaupt verwendet werden, lassen meist sehr viel Licht durch. Daher strahlen inzwischen viele Häuser allein mit ihren nicht abgeschirmten Fenstern weit in die Landschaft hinaus. Da Fenster nachts in der Wohnung ohnehin dunkle Flächen darstellen, sollten möglichst Rollläden oder nicht Licht durchlässige Gardinen verwendet werden.



Hell erleuchtete Hotels in einem touristischen Ort

Nicht nur zur Weihnachtszeit: Auch die immer weiter verbreitete Illumination mit Lichterketten das ganze Jahr über trägt stark zur Lichtverschmutzung bei.





Lichterketten zu Weihnachten und in der übrigen Jahreszeit an Hotels



Ein durch eine Lichterkette und helle Fenster erleuchtetes Hotel und mit Strahlern angeleuchtetes Restaurant.

Gartenbeleuchtung



Übertrieben helle Gartenbeleuchtung und blendende Treppenbeleuchtung

Auf künstliche Beleuchtung im Garten sollte man möglichst verzichten, denn das Licht zieht Insekten an und entnimmt sie damit dem natürlichen Kreislauf. Dort sind sie aber beispielsweise für die Bestäubung sehr wichtig.

Insbesondere sollte auf den Einsatz von Solarleuchten im Garten verzichtet werden. Diese Leuchten werden mit Akkus betrieben, die über Tag durch die Sonne aufgeladen und damit als umweltfreundlich bezeichnet werden. Mit Einbruch der Dunkelheit werden sie angeschaltet und leuchten dann bis der Akku leer ist. Üblicherweise werden für solche Akkus Lebensdauern von einigen hundert Ladezyklen angegeben. Wenn er jeden Tag aufgeladen wird, hätte er nach zwei Jahren bereits rund 700 Ladezyklen absolviert und dürfte seinem Lebensende nahe sein. Dann muss er als Sondermüll entsorgt werden. Eine vermeintlich umweltfreundliche Beleuchtung entpuppt sich damit als Sondermülllieferant!

Soll so eine Beleuchtung eingesetzt werden, sollte man darauf achten, dass

- das Licht nur nach unten auf den Weg gerichtet ist,
- das Licht über einen Bewegungsmelder gesteuert wird und
- das Licht eine warmweiße Farbe hat, denn das zieht weniger Insekten an.



Von unten angestrahlte Bäume vergeuden besonders im Winter viel Licht an den Himmel

Aus dem gleichen Grund soll auch auf die Anstrahlung von Bäumen von unten verzichtet werden. Besonders im Winter, wenn sie keine Blätter mehr tragen, wird viel Licht unnütz an den Himmel gelenkt. Es sollten keine Bodenstrahler verwendet werden!

12 Anstrahlungen

Beim Einsatz von Flutlicht-Scheinwerfern muss immer darauf geachtet werden, dass sie nicht von unten nach oben strahlen. Zum einen sind sie schwer so ausrichtbar, dass kein Licht an den Himmel gelenkt wird, zudem wird immer ein Anteil des Lichts so reflektiert, dass es gen Himmel gestreut wird.

Daher: Nur von oben nach unten anstrahlen!

Bei Anstrahlungen darauf achten, dass der Lichtkegel nicht breiter als das anzustrahlende Objekt ist, damit kein Licht vorbei geht. Die Leuchtenhersteller können Scheinwerfer mit unterschiedlichen Kegelgrößen (eng- bis breitstrahlend) liefern. Ferner gibt es Blenden (Gobos) und Projektionssysteme, die Streulicht vermeiden.



Beide Gebäude werden mit Blendenscheinwerfern exakt angestrahlt (opticalight)

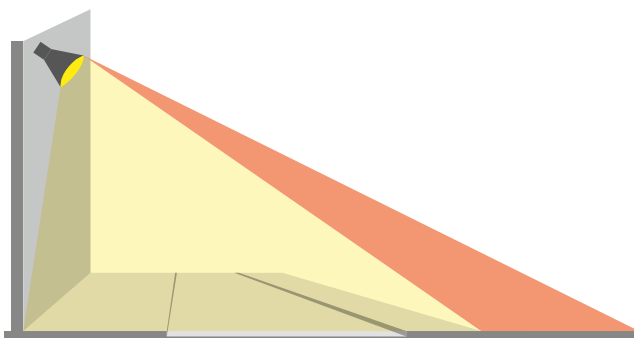
Bei der Installation von Strahlern auch darauf achten, dass sie so geneigt werden, dass kein direktes Licht an den Himmel gelenkt wird. Ein an der Wand montierter Strahler sollte stärker nach unten gerichtet werden.

Oft ist zu beobachten, dass asymmetrische Strahler genau so eingesetzt werden wie symmetrische Strahler, was bei Bodenmontage zu erheblichen Abstrahlungen in den Himmel führt (siehe Bild).



Ein asymmetrischer Strahler kann bei exakt vertikaler Installation ein Denkmal anstrahlen, strahlt aber bei geneigter Installation (wie auf dem Bild) vor allem nach oben an den Himmel

Symmetrische Flutlichtstrahler (oben) sollten nicht stärker als 45° geneigt werden, da der obere Anteil (rot) vergeudetes Licht ist. (Grafik nach Guia Tecnica, Andalucia)



notwendiges Licht zur Ausleuchtung der Straße und Gehwege ungenutztes Streulicht, welches oft nur Hausfassaden erhellt

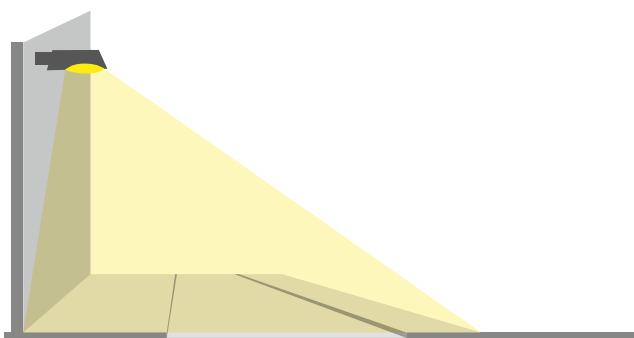


Bild rechts: Auf einem Dom wird gezielt nur das Kreuz mit einem engstrahlenden Strahler beleuchtet



13 Türme und Windkraftträder - Sicherheitsbeleuchtung



Durch ein Flutlicht angestrahltes Windrad

Windkraftträder sollten nicht angestrahlt werden, da allein bedingt durch die Geometrie erhebliche Lichtmengen ungenutzt an der Anlage vorbei in den Himmel gelenkt werden.



Sicherheitsbeleuchtung bei einem Fernsehmast und Windkraftanlagen

Eine Hindernisbefeuung muss eine Mindestleuchtdichte von 10 cd in einem vertikalen Bereich von -2° bis $+10^\circ$ aufweisen. Ein Gefahrenfeuer ist nur bei Höhen über 100 m notwendig, es sind rot blinkende Rundstrahlfeuer mit einer Leuchtdichte von 2000 cd notwendig. (Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen, 2007).

Lichtverschmutzung wird durch Radarwarnsysteme (z.B. OCAS/Vestas, airspex/ENERTRAG) reduziert. Dabei wird eine Sicherheitsbeleuchtung nur dann eingeschaltet, wenn das Radarsystem ein herannahendes Flugzeug erfasst, zudem bekommt der Pilot eine Warnung. An einem passiven System arbeitet das Fraunhofer-Institut Hochfrequenzphysik und Radartechnik (PARASOL).

Es gibt weitere Systeme, die die Lichtemissionen reduzieren, wie Blattspitzenbefeuung oder Reduzierung in Abhängigkeit von der Sichtweite.

Resolution zur Vermeidung von Lichtverschmutzung

Für eine natürliche Nacht zum Schutz von Mensch und Umwelt

Seit Jahrmillionen haben sich die Lebewesen auf der Erde an den natürlichen Wechsel zwischen hellem Tag und dunkler Nacht angepasst. Künstliche Beleuchtung hat die Wirtschaftskraft und die Ausdehnung menschlicher Aktivitäten in die Nacht hinein erheblich erweitert. Im gerade zu Ende gehenden Internationalen **Jahr des Lichts**, das von den Vereinten Nationen ausgerufen wurde, sollte der umweltverträgliche Einsatz innovativer technischer Lichtlösungen eine Selbstverständlichkeit sein. Leider ist das aber meist nicht der Fall!

Seit einigen Jahren wird zunehmend erkennbar, dass zu viel oder falsch eingesetztes künstliches Licht **negative Auswirkungen auf die Natur und die menschliche Gesundheit** hat:

- Der überwiegende Teil der Tiere ist nachtaktiv, durch künstliches Licht werden ihre nächtlichen Lebensräume beeinträchtigt oder zerstört.
- Nachtaktive Insekten und Falter werden besonders von Lichtquellen mit hohen Blauanteilen angezogen, verenden und werden damit dem Naturkreislauf entzogen.
- Singvögel werden in hell erleuchteten Städten zur Änderung ihrer Aktivitätsphasen und ihres Brutgeschäfts gezwungen.
- Vögel werden von ihren Flugrouten abgelenkt oder stoßen mit beleuchteten Bauwerken zusammen.
- Künstliches Licht zwingt Fledermäuse zu energiezehrenden Umwegen oder vertreibt sie aus ihren Lebensräumen.

Der **Mensch** wird durch moderne extrem helle Leuchtmittel stark geblendet, Blaulichtanteile im weißen Licht stören den Tag-Nacht-Zyklus und damit die lebensnotwendigen nächtlichen Regenerationsphasen und beeinträchtigen dadurch die Gesundheit.

Durch blendende Lichtquellen und weithin sichtbare diffuse Lichtglocken über Städten, selbst kleinen Gemeinden, Gewerbe- und Industriegebiete wird der Blick auf das natürliche Licht der Sterne am Nachthimmel weiträumig verhindert. Dafür hat sich der Begriff **Lichtverschmutzung** eingebürgert. Über den Städten sind nur noch wenige Dutzend Sterne zu erkennen, während bei einem natürlich dunklen Himmel bis zu 4000 Sterne sichtbar wären. In Mitteleuropa gibt es nur noch wenige Möglichkeiten, eine natürliche Nachtlandschaft zu erleben, der Sternenhimmel geht als unmittelbares Naturerlebnis und als Kulturgut immer mehr verloren.

Verantwortlich für die Lichtverschmutzung ist oft **unüberlegt eingesetztes Licht**. Zahlreiche Lichtquellen werden nicht zielgerichtet eingesetzt und beleuchten mehr Fläche als notwendig. Besonders Scheinwerfer und Bodenstrahler, die zur Anstrahlung von Gebäuden, Werbetafeln oder Bäumen eingesetzt werden, vergeuden viel Energie durch nutzlose Beleuchtung des Himmels.

Doch durch intelligente, moderne und verantwortungsvolle Beleuchtung können die **negativen Auswirkungen künstlichen Lichts in der Nacht bereits jetzt reduziert** und ohne Komfortverluste erhebliche Energiemengen, damit CO₂-Emissionen und Kosten eingespart werden! Entsprechende technische Lösungen existieren, sind leicht einsetzbar und nicht notwendigerweise teurer.

Wir fordern daher Politik, öffentliche Verwaltungen, Handel, Gewerbe, Industrie und Privatpersonen auf:

- Licht ist nicht nur nach seiner Effizienz, sondern auch nach den durch eine Lichtenwendung verursachten **Belastungen und Schädigungen** zu beurteilen.
- **Maßnahmen zur Reduzierung von Lichtverschmutzung** durch effektive Begrenzung und Verringerung der Lichtbelastung in der Nacht zu ergreifen.

Die Verwendung umweltverträglicher Lösungen darf nicht weiterhin dem Zufall oder dem Ermessen Einzelner überlassen sein. Informationen und Anleitungen für Planer und Entscheider bei künstlichen Beleuchtungen sind erforderlich. Auf kommunalen Ebenen kann dies etwa durch Beleuchtungsempfehlungen, Lichtplanungen, Gestaltungssatzungen erfolgen.

- **Künstliches Licht zielgerichtet so einzusetzen**, dass es nur dorthin strahlt, wo es benötigt wird. Insbesondere ist zu vermeiden, dass Licht an den Himmel oder horizontal in die Umgebung strahlt. Dadurch wird auch die Möglichkeit einer Blendung reduziert.
Realisiert wird dies effektiv durch Einsatz von vollarabgeschirmten Leuchten ohne Emissionen in den oberen Halbraum („upward light ratio“ ULR = 0% oder Lichtstärkeklasse G6) und den Verzicht von Bodenstrahlern.
- **Bedarfsorientierte Absenkung** des Lichtstroms in Abhängigkeit von der Benutzerfrequenz oder gar Abschaltung in den späten Nachtstunden festzulegen.
Eine Halbierung der Lichthelligkeit wird vom menschlichen Auge kaum wahrgenommen, ist mit modernen Leuchtmitteln leicht realisierbar und spart entsprechende Energiemengen.
- **Eine Begrenzung der Blauanteile** im weißen Licht festzulegen, wodurch auch die Blendung reduziert wird.
Realisiert werden kann dies durch Reduzierung der Lichtmenge für Wellenlängen kürzer als 500 nm auf maximal 10% der Gesamtemission von 350-800 nm, was vor allem gelbe und warmweiße Lichtquellen mit äquivalenten Farbtemperaturen von 2000 bis max. 3000 Kelvin erfüllen. In Untersuchungen wurde diese Lichtqualität von den Menschen auch als angenehmste empfunden. Zudem wird Natriumdampflicht mit einer Farbtemperatur von 1800 K seit Jahren flächendeckend eingesetzt.
- **Maßnahmen zur Verbesserung der visuellen Wahrnehmung** durch Blendungsvermeidung und Erhalt der Dunkeladaption zu ergreifen, was beispielsweise durch **gleichmäßig niedrige Helligkeiten** statt großer Lichtmengen erreichbar ist.
Auf diese Weise werden Blendungen durch Werbetafeln oder zu helle Leuchten vermieden. Gerade moderne Lichtquellen wirken durch ihre hohe Leuchtdichte extrem blendend. Zudem wird ein Bumerang-(Rebound-)Effekt durch vermehrten Einsatz energiesparender Beleuchtung vermieden.
- **Die Beleuchtung von Naturobjekten** (Pflanzen, Bäume, Gewässer, Geländeformationen) **zu unterlassen**.
- Eine verstärkte **Forschung und Aufklärung** über die negativen Auswirkungen von künstlichem Licht in der Nacht auf die Artenvielfalt und die menschliche Gesundheit zu unterstützen und eine **Förderung** der Entwicklung und Anwendung **belastungsarmer Beleuchtungslösungen** durchzuführen.
- Projekte der nächtlichen Außenbeleuchtung aus öffentlichen Mitteln nicht ausschließlich nach Energieeffizienzkriterien zu **fördern**, sondern nur dann, wenn es sich nachgewiesenermaßen auch um **lichtverschmutzungsvermeidende Beleuchtungslösungen** handelt.

Diese Maßnahmen stellen keine Einschränkungen hinsichtlich der Sicherheit, der wirtschaftlichen Entwicklung oder des individuellen Wohlbefindens dar!

Ansprechpartner:

Dr. Andreas Hänel, Fachgruppe Dark Sky, Museum am Schölerberg, Klaus-Strick-Weg 10, 49082 Osnabrück, Tel. 0541-5600326, ahaenel@uos.de

Die Resolution haben erarbeitet: Harald Bardenhagen, Dr.-Ing. Matthias Engel, Sabine Frank, Torsten Güths, Dr. Andreas Hänel, Alexander Weis

Die Vereinigung der Sternfreunde e.V.

Die Vereinigung der Sternfreunde e.V. (VdS) ist mit über 4000 Mitgliedern der größte Verein von Amateurastronomen im deutschsprachigen Raum. Sie widmet sich der Pflege und Förderung der Amateurastronomie durch Beratung und Erfahrungsaustausch bei der astronomischen Arbeit. Zudem fördert sie Kontakte zur Fachastronomie und die astronomische Volksbildung, etwa mit der Organisation des jährlich stattfindenden Astronomietags. Außerdem steht den Mitgliedern die Nutzung der Sternwarte in Kirchheim offen und viermal jährlich wird eine Zeitschrift, das VdS-Journal für Astronomie veröffentlicht.

Vereinigung der Sternfreunde e.V., Postfach 1169, 64629 Heppenheim, www.vds-astro.de

Die Astronomische Gesellschaft e.V.

Die Astronomische Gesellschaft e.V. (AG) wurde 1863 als internationale Gesellschaft zur Kooperation von Wissenschaftlern gegründet. Heute ist sie die Interessenvertretung der professionellen Astronomen und organisiert wissenschaftliche Tagungen zum Erfahrungsaustausch. Es werden wissenschaftliche Publikationen herausgegeben und die Förderung junger Astronomen und der astronomischen Bildung in Schulen gehört zu ihren Zielen, ebenso wie die Öffentlichkeitsarbeit. Sie hat etwa 800 Mitglieder.

<http://www.astronomische-gesellschaft.de/de>

Die Gesellschaft Deutschsprachiger Planetarien e.V.

Die Gesellschaft Deutschsprachiger Planetarien e.V. (GDP) wurde 2011 gegründet und ist die Interessenvertretung der deutschsprachigen Planetarien

<http://www.gdp-planetarium.org/>

Empfehlungen zur Förderung energiesparender und umweltschonender Außenbeleuchtung

Fachgruppe Dark Sky der Vereinigung der Sternfreunde e.V. Kommission Lichtverschmutzung der Astronomischen Gesellschaft

Zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes und damit des Energieverbrauchs sollten möglichst energieeffiziente und intelligente Beleuchtungstechniken eingesetzt werden, die zugleich nachhaltig sind, d.h. eine lange Lebensdauer haben, den Austausch defekter Teile ermöglichen, eine geringe Umweltbelastung darstellen.

1. Lichtlenkung

Es müssen Leuchten eingesetzt werden, die das Licht möglichst effizient auf die zu beleuchtende Fläche lenken. Insbesondere sollen Leuchten so verwendet werden, dass im installierten Zustand kein Licht in den oberen Halbraum abgegeben wird (Upward Light Ratio ULR = 0%, Lichtstärkeklasse G6).

2. Lichtmenge

Die installierte Lichtleistung sollte möglichst gering gewählt werden (falls nach DIN/EN 13201 beleuchtet werden soll: niedrigste mögliche Beleuchtungsklasse wählen!). Insbesondere muss eine bedarfsorientierte Anpassung in den späten Abend- und Nachtstunden mit verringertem Verkehrsfluss vorgesehen werden. Reduzierungsmöglichkeiten um 50% sind inzwischen bei vielen Herstellern Standard, eine weitere Leistungsabsenkung bei LED kein Problem und dringend zu empfehlen. Dabei ist zu bedenken, dass Helligkeitsunterschiede von 50% vom menschlichen Auge nicht zu unterscheiden sind (wenn kein unmittelbarer Vergleich vorliegt). Bedarfsorientierte Beleuchtung ist durch Bewegungsmelder oder Schaltungen möglich. Leistungsreduzierung und Abschaltung bieten die höchsten Einsparpotentiale und verlängern die Lebensdauer der Leuchtenelemente!

Oft vorgebrachte Sicherheitsbedenken gegen reduzierte Beleuchtung sind objektiv nicht zu belegen. Kürzlich haben beispielsweise umfangreiche statistische Untersuchungen in Großbritannien keinen Zusammenhang nachweisen können.

3. Warmweiße Lichtfarbe mit geringen Blauanteilen

Warmweißes Licht mit geringen Blauanteilen im Spektrum und einer Farbtemperatur von maximal 3000 Kelvin, besser geringer (die verbreiteten Natriumhochdruckdampflampen haben 1800 K), im Vergleich zu neutral- und kaltweißer Lichtfarbe,

• wirkt weniger blendend:

Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass vor allem warmes gelbes Licht deutlich weniger blendend als blaues Licht ist. Das gilt auch für weißes Licht: warmweißes Licht mit geringen Blauanteile erscheint weniger blendend als neutral- oder kaltweißes.

• wird daher als angenehmer empfunden. Es gibt immer wieder Beschwerden über das blendend helle Licht von „neutral“weißen LEDs mit 4000 K:

- Eine Untersuchung des Department of Energy (DoE) in den USA ergab, dass Fußgänger warmweißes Licht (2700 – 3000 K) bevorzugen.
- In den Städten Aachen und Essen sind Beschwerden der Anwohner über die grelle neutralweiße LED-Beleuchtung bekannt.
- In Wiesbaden wird wärmeres Licht bevorzugt. In Hofheim konnten Bürger verschiedene Lichtfarben wählen, 84% entschieden sich für warmweißes Licht.
- In Malta haben Bürger eine Petition gegen die grelle 4000 K LED-Beleuchtung initiiert.
- Rom hat nach Beschwerden der Bürger die Umrüstung auf 4000 K LED gestoppt und plant nun eine wärmere Lichtfarbe einzusetzen.
- Die Stadt Davis/Kalifornien musste nach Beschwerden der Bewohner die LED-Beleuchtung von neutral- auf warmweiß umrüsten, Kosten 325.000 US\$. Auch in New York gibt es Beschwerden über die

Umrüstung auf grell weiße LEDs, die Lichtstärke soll daher reduziert werden. Immer mehr nordamerikanische Städte setzen auf warmweiße (3000 K) LED-Beleuchtung.

- Auf dem Gelände der Bishops University in Sherbrooke/Kanada musste die als sehr blendend empfundene neutralweiße LED-Beleuchtung auf gelbe „pc amber“ LED-Beleuchtung umgerüstet werden. Seither sind alle Nutzer damit sehr zufrieden.
 - Im Lichtmasterplan von Berlin wird nach umfangreichen interdisziplinären Konsultationen für die Straßenbeleuchtung eine warmweiße Straßenbeleuchtung vorgegeben.
 - In Schutzgebieten Kataloniens müssen weiße LED-Beleuchtungen in gelbe umgerüstet werden (um gesetzeskonform zu sein).
 - Nach den Untersuchungen des DoE werden immer wärmere Lichtfarben in der Außenbeleuchtung eingesetzt, bedingt durch bessere Herstellungsmethoden.
 - Der Deutsche Städte- und Gemeindetag hat die Umrüstung auf warmweiße Lichtquellen in den Städten empfohlen (gemeinsam mit Philips).
- ist weniger **schädigend** für die **Netzhaut**, denn hohe Leuchtdichte und hohe Blauanteile von LEDs können Schädigungen verursachen (Photoretinitis). Davor haben gewarnt:
 - die Strahlenschutzkommission bereits 2006
 - die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
 - die französische Gesundheitsorganisation ANSES,
 - reduziert eine **Störung des zirkadianen Rhythmus** bei Wirbeltieren (inkl. Menschen!), die mit einer Unterdrückung der Melatoninproduktion einhergeht (besonders die Blauanteile im Licht unterdrücken die Produktion dieses wichtigen Schlaf- und Ruhezehormons),
 - zieht deutlich **weniger Insekten** an
 - wird in der Atmosphäre **weniger stark gestreut** und reduziert daher die Lichterglocken über den Städten
 - reduziert die **Störung der Dunkeladaption**, da die lichtempfindlichen Stäbchen weniger angeregt werden.

Warmweiße LEDs haben ebenfalls eine hohe Energieeffizienz!

- Warmweiße LEDs sind inzwischen fast genau so effizient wie neutral- und kaltweiße LEDs. Unterschiede liegen inzwischen bei maximal 10-15 % und werden in wenigen Jahren verschwinden (DoE), die Streuung innerhalb der Produkte ist bereits größer. Deswegen bieten inzwischen viele Hersteller 3000 K- und 4000 K-Leuchtmittel mit gleicher **Energieeffizienz** an.
- Ein möglicher Mehrverbrauch für eine warmweiße Lichtfarbe lässt sich problemlos woanders einsparen, z. B. durch eine etwas geringere Beleuchtungsstärke und durch Dimmung (welche in der Anwendung nicht auffallen werden), und durch **verbessertes Lichtmanagement**, aber auch Verlustreduzierung auf Netzteil- und Treiberseite.
- Inzwischen bieten viele Hersteller 3000 K- und 4000 K-LED **ohne Preisunterschiede** an.
- Der **Farbwiedergabeindex CRI** von warmweißem Licht ist meist besser als bei neutral- oder kaltweißem Licht.
- Bei der Propagierung der Energieeffizienz der LEDs sei aber daran erinnert, dass das energieeffizienteste Leuchtmittel immer noch die **Natriumniederdruckdampflampen** sind!

Eine Studie chinesischer Wissenschaftler ist nach Abwägung unterschiedlicher Faktoren zu dem Schluss gekommen, dass eine Farbtemperatur von 3000 K der optimale Kompromiss ist!

Fachgruppe Dark Sky der Vereinigung der Sternfreunde

Dr. Andreas Hänel (ahaenel@uos.de, Tel. 0541-5600326), Sabine Frank, Dr.-Ing. Matthias Engel, Harald Bardenhagen, Torsten Güths

Anhang

Lichttechnische Grundlagen

Lichtstrom

Der Lichtstrom ist die gesamte von einer Lichtquelle in alle Richtungen abgestrahlte Lichtleistung, er wird in Lumen lm gemessen. Eine 100 W-Glühlampe liefert 1400 lm.

Lichtstärke

Die Lichtstärke ist der in einen bestimmten Raumwinkelbereich gesendet Lichtstrom, die Einheit ist Candela, cd. Der Name kommt daher, dass eine Kerze typischerweise eine Lichtstärke von 1 cd hat. Die 100 W-Glühlampe liefert ca. 110 cd.

Leuchtdichte

Die Leuchtdichte ist die lichttechnische Größe, die das Auge wahrnimmt („Helligkeit“). Gemessen wird sie in Candela/m², cd/m².

Beleuchtungsstärke

Die Beleuchtungsstärke ist die Lichtmenge, die auf ein zu beleuchtendes Objekt fällt, sie wird in Lux, lx, gemessen. Die 100 W-Glühlampe liefert in 1 m Entfernung eine Beleuchtungsstärke von 225 lx, in 50 m Entfernung von 0.1 lx.

In der folgenden Tabelle sind einige typische Werte für Leuchtdichten und Beleuchtungsstärken angegeben:

	Leuchtdichte cd/m ²	Bodenbeleuchtungsstärke Lux
Taghimmel	3 000	100 000
Stadt, Straßenbeleuchtung	1	1 - 30
Vollmondhimmel	0.02	0.25
Landhimmel	0.001	0.01
Natürlich dunkler Himmel	0.0002	< 0.0001

Gleichförmigkeit U

Die Gleichförmigkeit einer ausgeleuchteten Fläche wird beschrieben durch das Verhältnis der minimalen zur mittleren Leuchtdichte bzw. Beleuchtungsstärke. Es wird bei der Planung berechnet und sollte durch Messungen an realisierten Installationen überprüft werden.

Farbwiedergabeindex R

Der Farbwiedergabeindex beschreibt, wie gut eine bestimmte Lichtquelle unterschiedliche Farben erkennen lässt. Lichtquellen mit möglichst breitem kontinuierlichem Spektralverlauf (Sonne, Halogenlampe, R = 100) haben die beste Farbwiedergabe, während schmalbandige Lichtquellen (Natriumniederdruckdampfampe, einfarbige LED, R < 20) eine schlechte Farbwiedergabe ermöglichen.

Messungen



Luxmeter

Die Beleuchtungsstärke in Lux wird mit einem Luxmeter gemessen, das bereits für geringe Kosten bei Elektronikhändlern erhältlich ist. Um die üblicherweise geringen Beleuchtungsstärken von wenigen Lux einigermaßen genau messen zu können, sollte jedoch ein höherwertiges Gerät benutzt werden, die Genauigkeit liegt dann bei etwa 0.01 Lux. Normalerweise erfolgt die Messung bei Straßenbeleuchtung in 1 m Höhe über dem Boden. Da ein Luxmeter den gesamten oberen Halbraum misst, ist darauf zu achten, dass der Messkopf nicht durch ein Objekt (einschließlich der messenden Person!) beschattet wird.

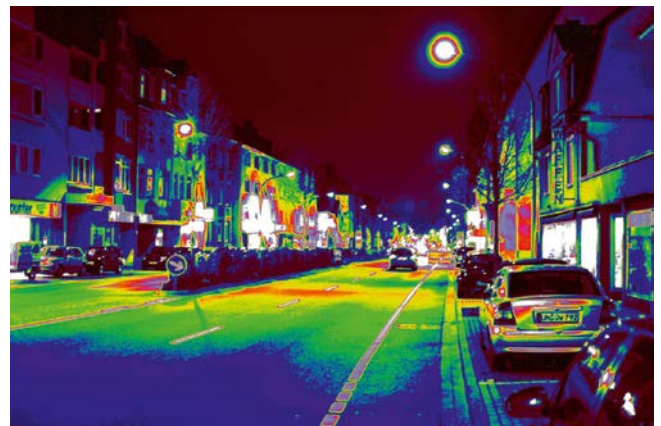
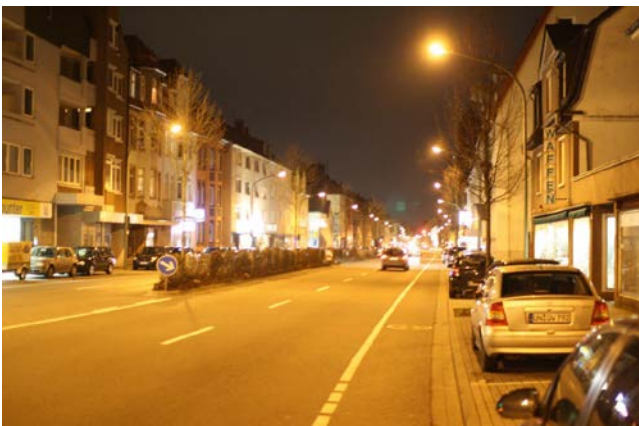
Bild links: Zwei Luxmeter, links mit integriertem Messkopf, rechts mit separatem Messkopf

Leuchtdichte

Leuchtdichtemessgeräte sind wesentlich aufwendiger und teurer, da die Messung in einem kleinen Winkelbereich erfolgt. Eigentlich sind moderne digitale Spiegelreflexkameras gute und genaue Leuchtdichtemessgeräte, wenn sie einmal kalibriert sind. Die Verwendung eines Objektivs mit Festbrennweite erleichtert den Einsatz wesentlich. Damit kann dann über das gesamte Aufnahmeveld die Leuchtdichte gemessen werden. Der kameraeigene Belichtungsmesser misst die Belichtung als Produkt der Leuchtdichte und der Belichtungszeit. Als grober Anhalt kann folgende Tabelle dienen, wobei die Kamera auf folgende Werte eingestellt ist:

Empfindlichkeit 27 DIN/400ASA, Blende 2,8:

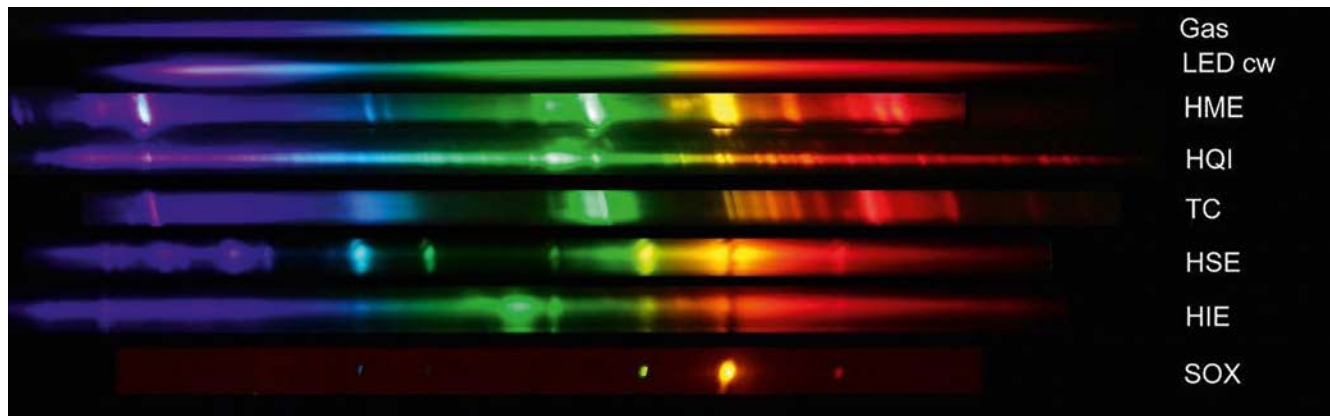
Belichtungszeit [s]	Leuchtdichte [cd/m^2]
1/2	0.5
1/5 s	1
1/10	2
1/50	10
1/250	50



Links eine Straßenszene, rechts das daraus abgeleitete Leuchtdichtebild, wobei die Leuchtdichte in Schritten von $0.5 \text{ cd}/\text{m}^2$ angegeben ist (schwarz $< 0.5 <$ blau $< 1.0 <$ grün $< 1.5 <$ gelb $< 2 <$ rot $< 2.5 <$ grau $< 3 \text{ cd}/\text{m}^2$)

Spektren

Die spektrale Energieverteilung von Lampen wird mit einem Spektrometer gemessen. Ein Transmissionsgitter (z.B. Durchlicht-Beugungsgitter OPTI Media von Astromedia) ermöglicht jedoch die Qualität eines Leuchtmittels einfach mit dem Auge oder fotografisch zu ermitteln.



Die Spektren unterschiedlicher Lichtquellen:

Gas – Gaslampe, LED cw – kaltweiße LED, HME – Halogenmetalldampf Lampe, HQI – Quecksilberdampf Lampe, TC – Leuchtstoffröhre, HSE – Natriumdampf Hochdrucklampe, HIE – Halogenmetalldampf Lampe, SOX – Natriumdampf Niederdrucklampe

Empfehlungen, Literatur

- Commission Internationale de l'Éclairage: Guide on the limitation of the effects of obtrusive light from outdoor lighting installations, Technical report CIE 150, 2003 (CIE-150).
- Fördergemeinschaft Gutes Licht: Straßen, Wege Plätze, LichtWissen Heft 3, www.licht.de
- Fördergemeinschaft Gutes Licht: Arbeitsplätze im Freien, LichtWissen Heft 13, www.licht.de
- Lichttechnische Gesellschaft: Empfehlungen für die Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen künstlicher Lichtquellen, LiTG-Publikation 12.2/12.3, 1996/2011.
- ÖNORM O 1052: Lichtimmissionen – Messung und Beurteilung, Wien 2012.
- C. Baddiley, T. Webster: Towards understanding skyglow, British Astronomical Association und Institution of Lighting Engineers, 2007.
- P. Huemer, H. Kühtreiber, G. Tarmann: Anlockwirkung moderner Leuchtmittel auf nachtaktive Insekten, 2010, www.hellenot.org
- G. Eisenbeis und K. Eick: Studie zur Anziehung nachtaktiver Insekten an die Straßenbeleuchtung unter Einbeziehung von LEDs, Natur und Landschaft, 86 (2011), 298-306
- US Department of Energy: Light at Night: The Latest Science, Solid-State lighting Program 2010
- F. Falchi, P. Cinzano, C. D. Elvidge, D. M. Keith, A. Haim: Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility, Journ. Envir. Management 92 (2011), 2714-2722
- M. Aubé, J. Roby, M. Kocifaj: Evaluating Potential Spectral Impacts of Various Artificial Lights on Melatonin Suppression, Photosynthesis, and Star Visibility, PLOS one, 8, 7, e67798, 7/2013
- H.-D. Reidenbach, K. Dollinger, G. Ott, M. Janßen, M. Brose: Blendung durch optische Strahlungsquellen.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2008.

Links

- Land Oberösterreich, „Leitfaden Besseres Licht“
http://www.land-oberoesterreich.gv.at/files/publikationen/us_besseresLicht2013_leitfaden.pdf
- Die Helle Not, Österreich, www.hellenot.org, mehrere Beispiele, besonders in der Broschüre
http://www.hellenot.org/fileadmin/user_upload/PDF/WeiterInfos/09_HelleNot_Broschuere.pdf

- Topten.ch, Schweiz, www.topten.ch
Hinweise zur Energieeffizienz, aber auch Kosten, Wartung usw. unterschiedlicher Systeme in verschiedenen Broschüren. Vergleich des Energieverbrauchs in zahlreichen Städten Europas.
http://www.topten.ch/deutsch/themen/beleuchtung_topthema.html
- Vermeidung von unnötigen Lichtemissionen, Amt für Umwelt Solothurn
https://www.so.ch/fileadmin/internet/bjd/bjd-afu/pdf/luft/415_ui_05.pdf.
- Leitfaden für die Erstellung von kommunalen Lichtplänen in Südtirol
http://umwelt.provinz.bz.it/energie/lichtverschmutzung.asp?publ_action=300&publ_image_id=304626
- Baden-Württemberg: Effizientere Straßenbeleuchtung
<http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/55053/>
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz: Energieeffiziente Beleuchtung für attraktive öffentliche Plätze, Energieeffiziente Modernisierung der Straßenbeleuchtung:
<http://www.ipp-bayern.de> -> Downloads -> Leitfäden, Broschüren, Flyer (ab 2007)
- EnergieAgentur NRW: div. Tagungen zur Straßenbeleuchtung z.B.:
http://www.energieagentur.nrw.de/_infopool/page.asp?Infold=8279&find=
http://www.ea-nrw.de/_infopool/page.asp?Infold=9348
- SAENA Sächsische Energieagentur: Planungsleitfaden Energieeffiziente Straßenbeleuchtung
<http://www.keds-online.de/keds-Themen/Energieeffiziente-Kommune/Strassenbeleuchtung/Leitfaden.html>
- Bundeswettbewerb Energieeffiziente Stadtbeleuchtung: Sammlung energieeffizienter Techniken für die Stadtbeleuchtung: <http://www.bundeswettbewerb-stadtbeleuchtung.de/>
- Licht.de, licht.wissen 03, Straßen, Wege, Plätze
https://www.licht.de/fileadmin/Publikationen_Downloads/lichtwissen03_Strassen_Wege_Plaetze.pdf
- Wie ist energiesparende Außenbeleuchtung möglich? in „DIE GEMEINDE BWGZ“, 2014
<http://www.sternenpark-schwaebische-alb.de/images/BWGZ-21-2014-Engel.pdf>
- Redefining efficiency for outdoor lighting, 2014, Energy Environ. Sci., 2014, 7, 1806-1809
<http://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2014/ee/c4ee00566j#!divAbstract>
- Schutz der Nacht - Lichtverschmutzung, Biodiversität und Nachtlandschaft, Skript des Bundesamt für Naturschutz: http://www.bfn.de/fileadmin/MDb/documents/service/Skript_336.pdf
- BUND Landesverband-Baden-Württemberg: Informationen zum Projekt Energieeffizienzregion
<http://www.energieeffizienzregion-alb.de/>
- BUND Energiespartipps: <https://www.bund-bawue.de/energiesparen>
- BUND: Ein gutes Leben für alle! Eine Einführung in Suffizienz: www.bund-bawue.de/gutes-leben
- NABU Stadtbeleuchtung, umfangreiche Materialsammlung:
<http://www.nabu.de/aktionenundprojekte/stadtbeleuchtung/projekt/>
- Beleuchtungsrichtlinien für den Sternenpark im Biosphärenreservat Rhön (analog auch für den Sternenpark Naturpark Westhavelland), mit Erläuterungen
http://www.sternenpark-rhoen.de/informationsportal-fr-kommunen/nachhaltigenlichtnutzung/m_31878.
- Video TEDx Stuttgart „Erhellendes zum Licht“: <https://www.youtube.com/watch?v=PsrluGJj-n0>

Einsatz von energiesparender öffentlicher Beleuchtung: Im Rahmen der Umsetzung der EU-Ökodesign-Richtlinie und dem Zwang zu Einsparungen sind von verschiedenen Organisationen und Firmen vermehrt Empfehlungen für den Einsatz energiesparender Beleuchtung gegeben worden, wobei auch entsprechende Berechnungen zur Kostenreduzierung und Amortisation einer Umrüstung vorgestellt werden. Gelegentlich wird zwar die Lichtverschmutzung angesprochen, doch nicht dediziert auf die Vermeidung eingegangen.

Impressum:

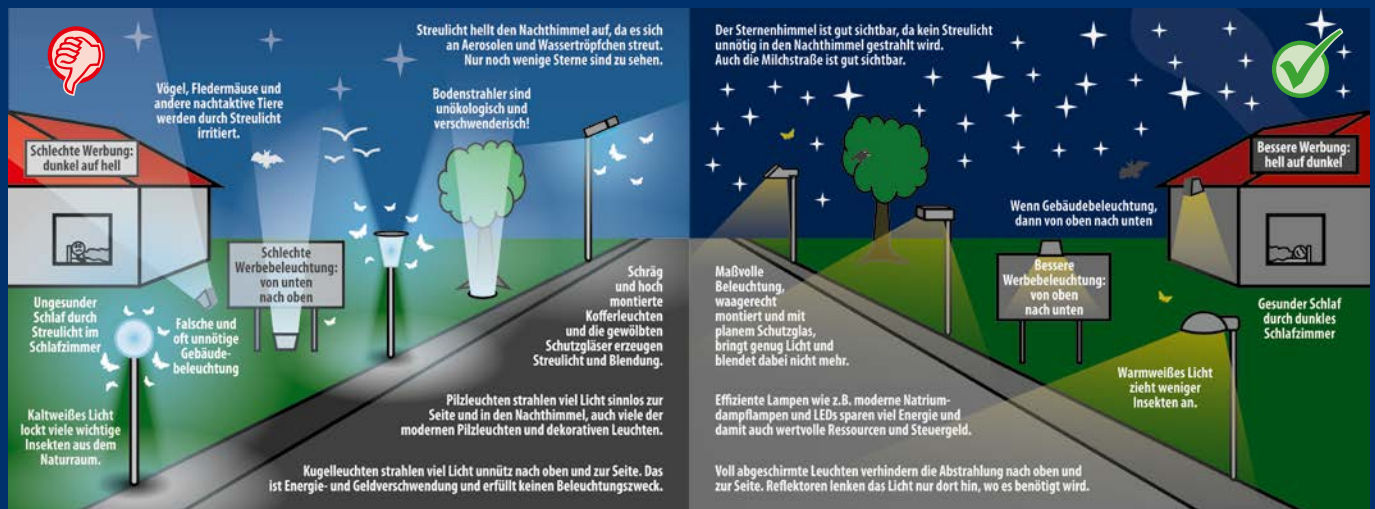
Herausgegeben von Dr. Andreas Hänel, Fachgruppe Dark Sky, Museum am Schölerberg, Klaus-Strick-Weg 10, 49082 Osnabrück, ahaenel@uos.de, ergänzt von Dr.-Ing. Matthias Engel, Projekt Sternenpark Schwäbische Alb, Postfach 30 08 08, 70448 Stuttgart, www.sternenpark-schwaebische-alb.de, 7/2013 und 8/2017

Alle Aufnahmen, soweit nicht anders gekennzeichnet, von A. Hänel und Projekt Sternenpark Schwäbische Alb

Grafik und Druck: Carsten Przygoda, Systemworks, 08/2017

Mit freundlicher Unterstützung der Energieeffizienzregion Biosphärengebiet Schwäbische Alb, Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND), Landesverband Baden-Württemberg e.V.

Der Vergleich: Eine Straße mit und ohne Lichtverschmutzung



Falsche Beleuchtung

Richtige Beleuchtung



Eine hell erleuchtete Wohnsiedlung mit falscher Beleuchtung: Ein Großteil des Lichts strahlt sinnlos nach oben und zur Seite und beleuchtet unnötig die Häuser. Nur ein kleiner Teil beleuchtet die Straßen und Gehwege, auf denen wir uns bewegen! Die nicht voll abgeschirmten Leuchten blenden zudem stark und haben einen zu hohen Blauanteil.

Straßenbeleuchtung, hier mit neuer LED-Technik, warmweiß und ohne Lichtverschmutzung: Das Licht wird von oben nach unten abgestrahlt und beleuchtet nur Straße und Gehweg. Die Abschirmung und eine gezielte Lichtlenkung verhindern, dass Häuser und Umgebung unnötig angestrahlt werden. Die gezielte Beleuchtung mit effizienten Lampen spart richtig Geld!



Eine private und ehrenamtliche Initiative, die sich für den Erhalt des natürlichen Sternenhimmels und der Nachtlanschaft einsetzt. Sie engagiert sich für die Reduzierung der Lichtverschmutzung durch umweltgerechte Beleuchtung - ein aktiver Beitrag für den Natur- und Umweltschutz bei Nacht!

www.sternenpark-schwaebische-alb.de