



HANDREICHUNG FÜR KOMMUNEN IM RAHMEN DES PROJEKTS STERNENPARK PFÄLZERWALD

Der Weg zu sternenfreundlicher Beleuchtung



Biosphärenreservat
Pfälzerwald-
Nordvogesen



Einleitung

Der Einsatz von künstlichem Licht in Form von Straßen- und Werbebeleuchtung sowie Gebäudeanstrahlungen und vielem mehr ist in den letzten Jahrzehnten rapide angestiegen. Diese Entwicklung begann durch den technologischen Fortschritt ab dem 20. Jahrhundert. Mit ausschlaggebend war die Einführung von LED-Technik im Jahr 1962 und deren Nutzung für den Alltag ab den 1990er Jahren. Bereits Anfang des 20. Jahrhunderts wurde die Zunahme elektrischer Beleuchtung und sich daraus ergebender Nachteile für die Sichtbarkeit des Sternenhimmels durch Zeitzeugen dokumentiert.

*Dabei trägt der schlecht geplante Einsatz von Kunstlicht zur Lichtverschmutzung bei. Hierunter versteht man die Überlagerung von natürlichem durch künstliches Licht. Die Lichtverschmutzung nimmt jährlich weltweit um circa sechs Prozent zu (Hölker et al., 2010). Damit leben 80 Prozent aller Europäer*innen unter einem lichtverschmutzten Himmel (Falchi et al., 2016) und vielen Menschen bleibt der Blick auf Himmelsphänomene wie die Milchstraße verwehrt. Dies veranschaulichen Karten der Erde bei Nacht sehr deutlich. Sie zeigen die Zunahme von Lichtverschmutzung über die vergangenen Jahrzehnte.*

Hierdurch geht das Sternebeobachten als Kulturgut und als wichtiges Element der modernen Forschung, um beispielsweise GPS-Systeme zu kalibrieren, verloren. Darüber hinaus ergeben sich weitere negative Folgen durch Lichtverschmutzung.

Diese wirkt sich auf die menschliche Gesundheit sowie auf das Verhalten von Fauna und Flora und die effiziente Nutzung von Ressourcen aus. Unlängst wurde die Lichtverschmutzung als ernstzunehmende Verschmutzungsart nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz § 3 Abs. 1 gelistet. Im Aktionsprogramm Insektenschutz (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und

nukleare Sicherheit, 2019) wird sie als einer der Gründe, die zum vermehrten Insektensterben beitragen, benannt.

Diese Handreichung thematisiert die Auswirkungen von Lichtverschmutzung und ihre Entstehung und gibt Empfehlungen für sternen- und umweltfreundliche Beleuchtung.

So kann jeder Leser und jede Leserin einen Beitrag gegen eine der wenigen reversiblen Verschmutzungsarten leisten, die es auf der Welt gibt. Frei nach dem Motto des Projekts Sternenpark Pfälzerwald: „Schutz der Nacht bedeutet auch gleichzeitig Schutz von Menschen und Natur. Dieser Schutz ermöglicht auch zukünftigen Generationen einen Blick ins Universum.“



← Illustration: Peer Ziegler



Inhalt

↑ *Abbildung 1: Milchstraße*
(Foto: Dr. Christian Müksch)

Was ist Lichtverschmutzung?.....	3
Wieso ist das Sternenbeobachten im Pfälzerwald so besonders?	4
Folgen von Lichtverschmutzung	5
Auswirkungen auf den Menschen	7
Vermeidung von Lichtverschmutzung	8
Möglichkeiten der Beleuchtungsoptimierung.....	10
Sternenfreundliche Beleuchtung schaffen	11
Beleuchtungstipps	12
„Gemeinde unter den Sternen“	13
Exkurs: Die Sicherheitsfrage	14
Beispiele aus dem Biosphärenreservat Pfälzerwald.....	15
Anhang	16
Literaturverzeichnis.....	16



Was ist Lichtverschmutzung?

Unter Lichtverschmutzung versteht man die Abwesenheit von natürlicher Dunkelheit.

Diese entsteht durch die Überlagerung von natürlichem Sternenlicht bei Nacht durch künstliches Licht, beispielsweise von Straßenlaternen und Werbebeleuchtung. Begünstigende Faktoren für deren Entstehung waren dabei im Besonderen effizientere Lichtquellen,

fallende Kosten für den Einsatz von Kunstlicht, eine zunehmende Anzahl von Beleuchtungsquellen und fehlende gesetzliche Bestimmungen zum Einsatz von künstlichem Licht (Posch et al., 2013). Durch die Lichtverschmutzung ist der bedeckte Himmel in Städten bis zu 1 500 Mal heller als der natürliche Nachthimmel. Deswegen lassen sich nur noch die hellsten Sterne, nicht aber die Milchstraße erkennen. Lichtverschmutzung wird durch verschiedene Ursachen begünstigt, die durch den

↑ Abbildung 2: Die Stadt Kaiserslautern stark beleuchtet, mit Lichtverschmutzung als Folge. (Foto: Dr. Christian Müksch)

i. d. R. fehlerhaften Einsatz von künstlichem Licht entstehen:

- ♦ schlechte Lichtlenkung: wenn Licht beispielsweise ungenutzt in den Himmel strahlt, obwohl es die Straße erhellen soll
- ♦ lange Leuchtdauern: Licht, das die ganze Nacht brennt, ohne benötigt zu werden
- ♦ hohe Blauanteile im Licht: blaues Licht wird stärker gestreut als warmweißes
- ♦ hohe Lichtmengen: die installierte Lichtleistung ist höher als benötigt.



← Abbildung 3: Erfolgreiche Umrüstung von nicht abgeschirmten Peitschenleuchten (links im Bild) und abgeschirmten Amber-LEDs im Sternenpark Rhön. (Foto: A. Mengel, bereitgestellt vom Sternenpark im UNESCO Biosphärenreservat Rhön)

Wieso ist das Sternenbeobachten im Pfälzerwald so besonders?

Der Pfälzerwald ist eine der am dichtest bewaldeten und gleichzeitig eine der am dünnsten besiedelten Regionen Deutschlands mit einer Bevölkerungsdichte von nur 142 Einwohnern/km², im Gegensatz zum Bundesschnitt von 233 Einwohnern/km². [Eigene Berechnung basierend auf Bevölkerungsdaten des Statistischen Landesamtes RLP 2020 und Daten zur Gebietskulisse

vom Landesamt für Umwelt RLP, 2020 (Rudnicka, 2021)]. Dadurch bietet er eine noch nahezu intakte Sternenlandschaft.

Studierende der Technischen Universität Kaiserslautern haben die Himmels-helligkeit an verschiedenen Stellen im Pfälzerwald ab 2014 gemessen. Das Ergebnis war ein sehr dunkler Himmel mit wenig Störung durch künstliches Licht.

Messwerte um die 21,3 mag/arcsec² wurden beim Haus der Nachhaltigkeit in Trippstadt gemessen, wobei 22 mag/arcsec² die maximale Dunkelheit ist.

Die Einheit Magnitude pro Quadratbogensekunde (mag/arcsec²) entspricht der Leuchtdichte. Ab einem Wert von 20,5 mag/arcsec² ist die Milchstraße sichtbar (Bundesamt für Naturschutz, 2019).



INTERVIEW MIT MICHAEL LESCHNIG

Leiter des Hauses der Nachhaltigkeit in Rheinland-Pfalz und Unterstützer des Projekts Sternenpark Pfälzerwald:

Herr Leschnig, wie haben Sie den Sternenhimmel in Ihrer Kindheit wahrgenommen und wie nehmen Sie ihn heute wahr?

„Da meine Kindheit schon mehr als 40 Jahre zurückliegt, sind meine Erinnerungen speziell an die Wahrnehmung des Sternenhimmels nur noch sehr

schwach. Ich weiß aber, dass ich nachts von meinem Zimmer aus gerne die Insekten beobachtet habe, die von den Straßenlaternen vor meinem Elternhaus angelockt wurden. Da gab es in manchen Jahren auch Maikäfer zu sehen, die wir als Kinder versucht haben zu fangen. Außerdem konnte man Fledermäusen speziell an diesen Leuchtpunkten beim Jagen zuschauen. Dass dieser Staubsau- gereffekt schädlich für die Insektenwelt ist, haben damals wohl nur ganz wenige Experten geahnt. In den 70-er und 80-er Jahren waren ja auch die Scheiben der Autos voller Mücken, wie bei uns all die Tierchen hießen, die während einer Fahrt durch den Aufprall den Tod gefunden haben. Insgesamt glaube ich, dass die Nächte noch viel dunkler waren als heute. Die Beleuchtung der öffentlichen Plätze und Wege war längst nicht so ausgeprägt. Ich kann mich auch erinnern, dass mein Vater mir einmal die Milchstraße am nächtlichen Sternenhimmel gezeigt hat. Das war für mich ein beeindruckendes Naturschauspiel.“

Warum glauben Sie, dass das Thema Lichtverschmutzung für die Region von Interesse ist?

„Im Pfälzerwald befinden wir uns in einer Region, die vergleichsweise dünn besiedelt ist. Dies impliziert, dass wir größere Bereiche vorfinden, die nicht durch künstliches Licht verschmutzt sind. Speziell in einem Biosphärenreservat und der hier geltenden Ziele, einer nachhaltigen Harmonisierung des Miteinanders von Mensch und Natur, ist ein Projekt Sternenpark sehr gut verortet. Es gibt eine Administration für dieses Schutzgebiet, die dafür sorgen kann, das Thema hochzuhalten und die Gegenmaßnahmen organisieren kann. Außerdem bieten sich bei diesem Thema gute Ansätze für die Umweltbildungsarbeit und für den Tourismus. Zuletzt lässt sich auch das Thema Energieeinsparung mit dem Thema Reduzierung der Lichtverschmutzung prima kombinieren. Ein idealer Anknüpfungspunkt, wenn wir der Klimakrise begegnen wollen.“

Folgen von Lichtverschmutzung

Lichtverschmutzung wirkt sich auf unzählige Tierfamilien, aber auch auf Pflanzen, den Ressourcenverbrauch und auf uns Menschen aus. Die Art der Auswirkungen reichen von Orientierungslosigkeit über den vermehrten Ausstoß von CO₂ bis hin zum Tod von Lebewesen und werden im Folgenden exemplarisch dargestellt.

FLORA UND FAUNA



- Nachtaktive Insekten (etwa 60 Prozent aller Insekten; Voth und Hoiß, 2019) fühlen sich besonders durch Kunstlicht mit hohen Blauanteilen unter 500 Nanometer (kaltweißes Licht) gestört. Es lockt sie an, führt zum umkreisen des Leuchtkörpers und damit zum Abkommen vom eigentlichen Ziel (auch als Staubsaugereffekt bezeichnet). Hierdurch treten Orientierungslosigkeit, Tod durch Erschöpfung oder Verbrennung am Leuchtkörper ein. Es ist davon auszugehen, dass allein in Deutschland circa 150 Milliarden Nachtfalter im Jahr sterben (Posch et al., 2013).
- Diese Insekten fehlen als Nahrungsgrundlage für andere Tierarten und können ihrer Funktion als Bestäuber von Pflanzen nicht mehr nachkommen. Dabei ist die nächtliche Bestäubung von Pflanzen ebenso wichtig wie die tagsüber stattfindende. Pflanzen wie Minze und Holunder sind sogar darauf angewiesen.



- Zugvögel fallen einem Übermaß an Kunstlicht zum Opfer, wenn es sie besonders in stürmischen Nächten vom eigentlichen Kurs abbringt. Die Orientierung am Sternenhimmel wird somit unmöglich gemacht und viele Zugvögel kollidieren mit angestrahlten Gebäuden oder benötigen lange Zeit, um auf ihren eigentlichen Kurs zurückzufinden (Ballasus et al., 2009).
- Singvögel werden zu Opfern von Kunstlicht, weil sich vermehrtes Licht auf ihren Hormonhaushalt auswirkt. Beim Vergleich von Wald- und Stadtamseln konnte das Max-Planck-Institut nachweisen, dass Stadtamseln durch vermehrte Lichtzufuhr früher mit der Balz und somit der Fortpflanzung beginnen. Hierdurch kommen die Jungtiere bis zu drei Wochen früher auf die Welt, was je nach Jahreszeit zum verfrühten Tod aufgrund schlechter Witterungsbedingungen und unzureichendem Nahrungsangebot führen kann (Bosch und Lurz, 2016).



- Viele nachtaktive Amphibien, wie beispielsweise eine Vielzahl von Froscharten, pflanzen sich bei natürlicher Dunkelheit fort und gehen auf Nahrungssuche. Kunstlicht während dieser Prozesse kann dazu führen, dass männliche Frösche keine Balzrufe mehr ausstoßen und somit nicht von den Weibchen gefunden werden können. Zudem führt Kunstlicht dazu, dass viele Frösche in eine Art Schockstarre verfallen, während der sie nicht in der Lage sind, auf Beutefang zu gehen, und selbst schnell zur Beute von anderen Tieren werden (Botz und Bontadina, 2008).

FLORA UND FAUNA



- Kunstlicht am Rande eines Gewässerökosystems beeinflusst die Schichtung im System. Normalerweise siedeln sich oben Phytoplankton und Zooplankton, Jungfische in mittleren Gewässerschichten und Raubfische in unteren Gewässerschichten an. Bei natürlicher Dunkelheit gehen die Jungfische in oberen Schichten auf Beutefang und die Raubfische in unteren Schichten (Helmhols-Zentrum Potsdam, 2020).
- Kunstlicht führt dazu, dass sich Jungfische in tiefere Schichten zurückziehen wo sie zur Beute von Raubfischen werden. In den oberen Gewässerschichten kann sich das Phytoplankton ohne Fraßfeinde schnell ausbreiten, wodurch das Gewässer schlimmstenfalls eutrophiert und somit aus dem Gleichgewicht gerät (Brüning und Hölker, 2013).



- Bei Fledermäusen ist eine Beeinflussung durch Lichtverschmutzung sehr artspezifisch. So ist beispielsweise das Große Mausohr auf intakte Dunkelheit angewiesen, um erfolgreich auf Beutefang zu gehen. Die Anbringung einer Leuchte vor einem Fledermausquartier, das sich beispielsweise in einer Burgruine befindet, kann dazu führen, dass die Fledermauskolonie ihr Quartier erst dann verlässt, wenn es dunkel ist. Eine ganztägig strahlende Leuchte kann demnach auch zum Untergang einer ganzen Kolonie führen. Diverse Zeitungsartikel beschreiben, dass dies bereits geschehen ist (Weber, 2021).



- Pflanzen benötigen einen natürlichen Tag-Nacht-Wechsel, da das Photosynthesevermögen mancher Arten bei einer Dauerbeleuchtung von 24 Stunden versagt (bei lichtempfindlichen Arten kann es zu einer Störung der Blütenbildung kommen), bei kontinuierlicher künstlicher Beleuchtung, werfen Bäume ihr Laub später ab. Dies macht sie beim Jahreswechsel empfindlicher gegenüber Frostschäden, deren Folge schlimmstenfalls das Erfrieren ist (Rich und Longcore, 2006).

RESSOURCEN



- Der übermäßige Einsatz von künstlichem Licht, der zu vermehrtem Streulicht und somit zu Lichtverschmutzung führt, spiegelt sich in den Ressourcenverbräuchen wieder. Dabei verbraucht jede Lichtquelle, die den Bereich oberhalb der Horizontalen mit erhellt, unnötigen Strom und unnötige Ressourcen in Form von CO₂. Allein in den USA haben wir es hier beispielsweise mit einem Energiegegenwert von rund zwei Milliarden Dollar im Jahr zu tun (Posch et al., 2013). Besonders letzteres ist im aktuellen Zeitalter, bei dem jede Einsparung von CO₂ zur Einhaltung der Ziele der internationalen Klimapolitik beitragen kann, ein großes Problem.



Auswirkungen auf den Menschen

Der Mensch braucht Licht in den richtigen Mengen und zum richtigen Zeitpunkt.

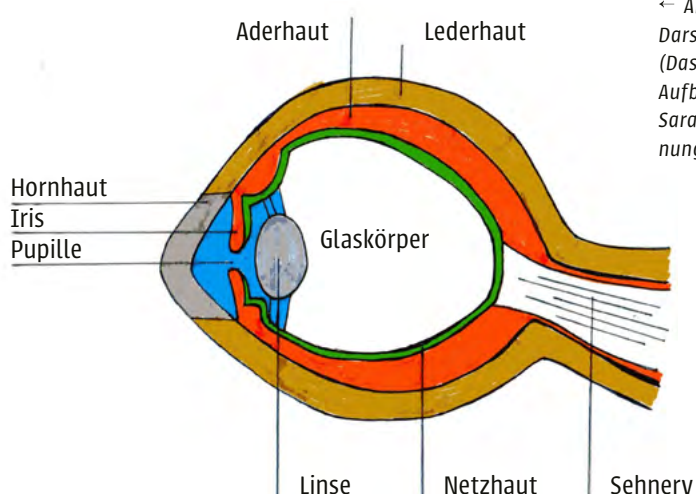
Doch zu viel Licht kann auch negative Folgen haben. Diese Folgen können direkte Augen- und Hautschäden durch sehr intensives auch natürliches Licht, wie zum Beispiel ein Sonnenbrand sein.

Darüber hinaus kann sich bereits wenig intensives Licht (insbesondere in der Nacht) störend auswirken und beispielsweise den Schlaf beeinträchtigen. Der Tag-Nacht-Rhythmus des Menschen wird wesentlich durch das Vorhandensein oder die Abwesenheit von Licht (natürlichem und künstlichem) bestimmt. Licht, das nicht über Stäbchen (Nachtsicht) und Zapfen (Tagsicht), sondern über Rezeptoren ohne Sehfunktion, innerhalb des Sehnervs wahrgenommen wird (siehe Abbildung 4) löst chronobiologische Wirkungen aus.

Auch blinde Menschen, deren Stäbchen und Zapfen nicht funktionieren, können Licht wahrnehmen.

Blaues Licht bzw. Licht mit einem hohen Blauanteil im Spektrum wirkt

besonders stark auf diese Rezeptoren und hemmt die Produktion des Dunkelhormons Melatonin. Dieses leitet einen gesunden Schlaf ein und beugt Stoffwechselstörungen vor (Posch et al., 2013).



← Abbildung 4: Graphische Darstellung des Auges (Das menschliche Auge – Aufbau und scharfes Sehen, Sarah Köngeter in Anlehnung an LEIFIphysik)



← Abbildung 5: Die Lichtverschmutzung erhellt den Himmel über Kaiserslautern sichtbar (Foto: Dr. Christian Mücksch)

Im Folgenden werden die vier Beleuchtungskriterien genauer erläutert:

LICHTLENKUNG:

Die Frage nach dem „Wohin?“

Licht sollte nur dort ankommen, wo es auch benötigt wird. Vergleichbar mit einer Schreibtischlampe, die angeschaltet wird, wenn man ein Buch am Schreibtisch lesen möchte, sollte auch die Außenbeleuchtung nur das beleuchten, was gesehen werden muss.

✓ Bei Außenbeleuchtung sollte sichergestellt sein, dass diese abgeschirmt ist, nur die zu beleuchtende Fläche anstrahlt und somit kein Licht oberhalb der Horizontalen, also in den Himmel abgegeben wird (BUND, 2021). In der Fachsprache bezeichnet man dies als Upward Light Ratio (ULR) von 0. Dabei sollte das verwendete Leuchtmittel nicht über den Leuchtkörper hinausragen, die Leuchten sollten waagrecht montiert sein und von oben nach unten strahlen.

LICHTSPEKTRUM:

„Welches Licht soll verwendet werden?“

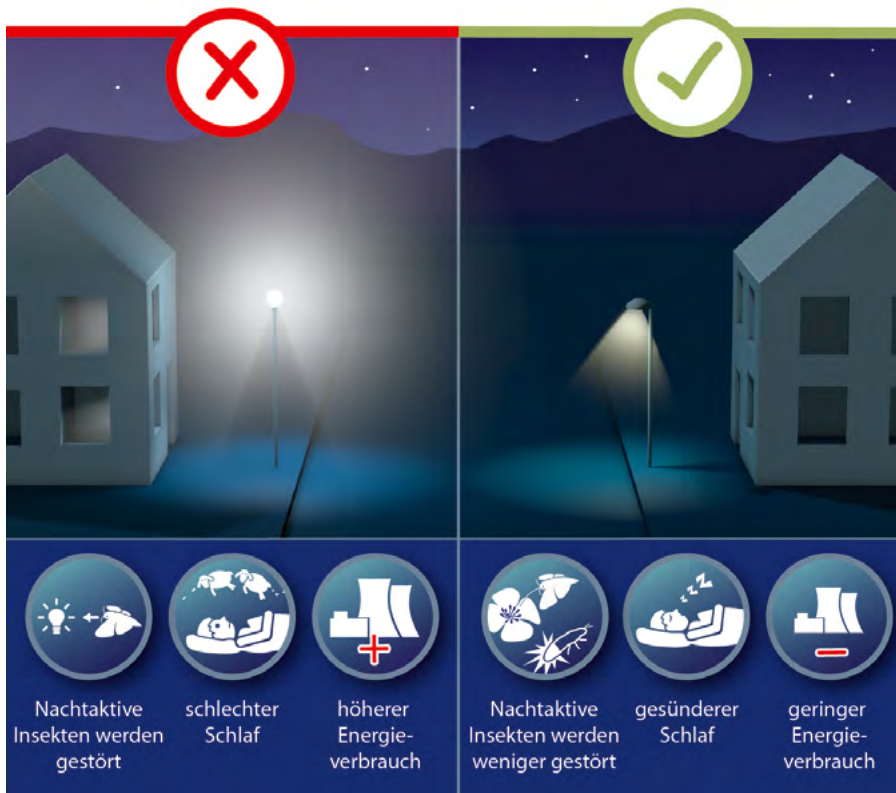
Unterschiedliche sogenannte Farbtemperaturen werden von verschiedenen Lebewesen je nach Sichtspektrum anders wahrgenommen. So reagieren beispielsweise der Mensch und nachtaktive Insekten empfindlich auf blauhaltiges Licht, welches Wellenlängen unter 500 Nanometer aufweist. (Posch et al., 2013).

✓ Die Farbtemperatur von Außenleuchten sollte 3000 Kelvin nicht überschreiten. Das entspricht warmweißem Licht, welches Mensch und Natur weniger schadet und nicht so stark in der Atmosphäre streut. Die geringere Streuung führt auch zu einer geringeren Blendung und kann so zur Sicherheit

Vermeidung von Lichtverschmutzung

Es gibt vier wesentliche Beleuchtungskriterien, um die Entstehung von Lichtverschmutzung zu verhindern. Diese lehnen sich an Kriterien an, welche von der International Dark Sky Association (IDA) erarbeitet wurden.

*Die IDA ist eine seit 1988 operierende Organisation, welche sich aus Astronom*innen, Biolog*innen, Ärzt*innen, Lichttechniker*innen und Naturschützer*innen vieler Länder zusammensetzt und sich für den Schutz von Nachtlandschaften einsetzt. Dabei werden auch Orte und Gemeinden zertifiziert, die ihre Straßenbeleuchtung sternenfreundlich gestalten (IDA, 2014).*



← Abbildung 6: Beispiel einer durchdachten Beleuchtung mit warmweißem, abgeschirmtem Licht (rechts) im Gegensatz zu einer schlecht geplanten Beleuchtung, mit kaltweißem, nicht abgeschirmtem Licht (links). (Grafik: scientific design)

im Straßenverkehr beitragen. Amber-LEDs, welche eine Farbtemperatur von 1800 Kelvin aufweisen und orange leuchten, sind noch umweltfreundlicher aufgrund geringerer Blauanteile.

LICHTMENGE:

Die Frage nach dem „Wie viel?“

Oft übersteigen verwendete Lichtmengen um ein Vielfaches die benötigte Lichtmenge, um ein Objekt zu beleuchten (BUND, 2021). Hierbei ist es wichtig zu wissen, dass der Mensch Unterschiede in der Lichtstärke erst bei einer Abweichung von 50 Prozent der Lichtstärke wahrnimmt. Hinzu kommt, dass weniger Licht zu einer verbesserten Dunkeladaptation der Augen beiträgt und dass eine Reduzierung der Lichtstärke die Lebensdauer von LEDs erhöht.

✓ Die verwendete Lichtmenge bei Außenbeleuchtung in öffentlicher Hand

sollte möglichst gering gewählt werden (wenn man sich an die Beleuchtungsklassen nach DIN/ EN 13201 hält, sollte nicht mehr als die niedrigste mögliche Beleuchtungsklasse gewählt werden) (Gassner et al., 2015). Besonders Parkplätze sind häufig viel heller ausgeleuchtet als benötigt. Zudem gilt es hier, keine zu hohen Lichtmasten zu verwenden (2/3 der Gebäudehöhe reichen in der Regel aus).

LEUCHTDAUER:

Die Frage nach dem „Wann?“

Viele Außenleuchten brennen die ganze Nacht durchgehend, trotz sehr geringen Verkehrsaufkommens und obwohl kaum Fußgänger*innen, Radfahrer*innen und andere Verkehrsteilnehmer*innen unterwegs sind, die das Licht nutzen.

✓ Um Energie und gleichzeitig CO₂ einzusparen und Lichtverschmutzung

zu vermeiden, sind Nachtaberschaltungen oder zumindest Teilabschaltungen sinnvoll (BUND, 2021). Bei Nachtaberschaltungen wird während der Nachtzeit (beispielsweise eine Stunde nach Sonnenuntergang bis eine Stunde vor Sonnenaufgang) komplett auf die Beleuchtung verzichtet. Bei Teilabschaltungen wird die Beleuchtung nachts zu 50 Prozent reduziert. Das geschieht oft zu folgenden Zeiten:

- ♦ MEZ: zwischen 22 und 4 Uhr
- ♦ MESZ: zwischen 23 und 5 Uhr

Die Beleuchtung sollte bezogen auf die Lichtstärke in der Nacht um mindestens 50 Prozent reduziert werden. Um die Reduzierung der Lichtleistung zu erreichen, können Module und Schaltungen eingesetzt werden.



Zusammenfassung

Es kommt also besonders auf vier Kriterien an:

LICHTLENKUNG:

Wichtig ist ein Upward light ratio = 0

LICHTSPEKTRUM:

maximal 3000 Kelvin verwenden

LICHTMENGE:

bei Straßenbeleuchtung nicht mehr als die niedrigste mögliche Beleuchtungsklasse nach DIN EN 13 201 wählen

LEUCHTDAUER:

nachts komplett auf Beleuchtung verzichten oder Beleuchtungsstärke zumindest um 50 Prozent reduzieren



Möglichkeiten der Beleuchtungsoptimierung

Um etwas gegen Lichtverschmutzung zu tun, lassen sich bestehende Beleuchtungen optimieren. Bei der Straßenbeleuchtung gibt es folgende Optionen:

Allgemein

Im Allgemeinen kann jeder darauf achten, Beleuchtungssteuerungen wie das Dimmen von Lampen, Nachtabstaltungen oder Teilabschaltungen durchzuführen. Bei der Verwendung von Bewegungsmeldern sollten diese richtig eingestellt sein und nicht beispielsweise durch raschelnde Blätter ausgelöst werden können.

Austausch der Leuchte

Beim Austausch der Leuchte kann der aktuell verwendete Mast weiter genutzt werden, und gleichzeitig können moderne Leuchtmittel und effiziente

elektronische Vorschaltgeräte eingesetzt werden. Dabei können vor allem effizientere Reflektoren oder Optiken eingesetzt werden, welche eine zielgenauere Lichtlenkung ermöglichen, sodass kein Licht in die Umgebung abstrahlt.

Eingesetzte Leuchten sollten waagrecht montiert und das Leuchtmittel ordentlich im Gehäuse verbaut werden, um unnötiges Streulicht zu vermeiden.

Austausch des Leuchtmittels

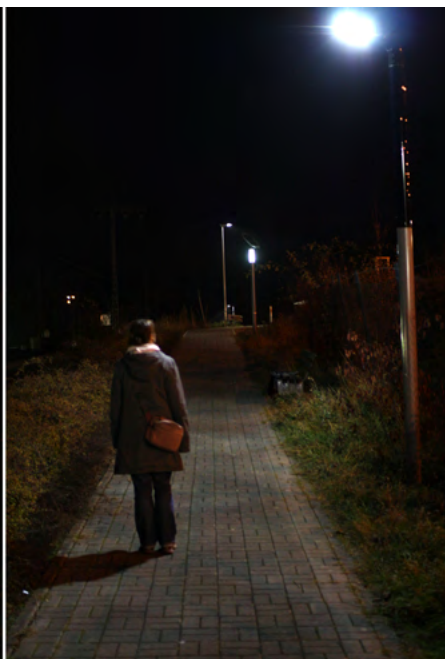
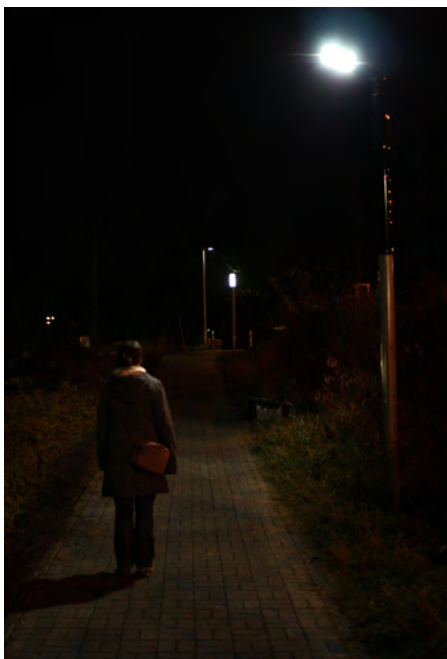
Als Leuchtmittel kommen Natriumdampf-, Niederdruck- und Natriumdampf-Hochdruck-Lampen und manche LEDs mit maximal 3000 Kelvin in Frage. Quecksilberdampf-Lampen, Halogen-Metalllampen und Kompakt-Leuchtstoff-Lampen sollten ersetzt werden. Erstere dürfen ab 2015

in der EU allgemein nicht mehr verkauft werden. Durch einen Austausch des Leuchtmittels kann eine Reduzierung von Betriebskosten durch längere Lebensdauern und geringere Ausfallraten realisiert werden. Zusätzlich ermöglicht der Einsatz von LEDs Energiesparpotenziale von über 80 Prozent im Vergleich mit den zuvor genannten Leuchtmitteln (BMU, 2019)

Lichtmanagement bei Straßenleuchten

Eine Möglichkeit zur Optimierung des Beleuchtungsniveaus bei Straßenleuchten ist ein sinnvolles Lichtmanagement. Durch dieses wird das Vorhandensein von Licht an den tatsächlichen Bedarf gekoppelt.

So lässt sich Licht beispielsweise ab 20 Uhr bzw. bei geringer Verkehrsdichte durch Nachtabstaltung, Nachtdimmung, oder eine „Follow me“-Dimmung durch Bewegungsmelder bedarfsgerecht steuern (Paten der Nacht, 2022).



↑ Abbildung 7: Fußwegbeleuchtung mit Lichtquellen unterschiedlicher Farben in Düsseldorf (ganz links Gasleuchten, blau: kaltweiße LED, warmweiße LED, gelb: Natriumhochdruckdampf-lampe, grün: Quecksilberdampf-lampe, hellgelb: Halogendampf-lampe).

← Abbildung 8: Bedarfsorientierte Beleuchtung durch Bewegungsmelder in Fulda.

(Fotos: Dr. Andreas Hänel)



Sternenfreundliche Beleuchtung schaffen

Gute Beleuchtung

Wie in Abbildung 9 zu sehen, sollten bestehende Leuchten nach unten ausgerichtet werden. Außerdem können flache Schutzgläser oder Monitore verbaut werden.

Schlechte Beleuchtung

Die folgenden Leuchten können als Beispiel für eine schlechte Lichtlenkung herangezogen werden. Die Kugelleuchte (siehe Abbildung 10; rechtes Bild) verursacht bei Inbetriebnahme Streulicht, welches den Himmel unnötig erhellt. Mit einer normalen LED-Lampe bestückt, gehen bis zu 60 Prozent des Lichts nutzlos in Richtung Umgebung verloren (Paten der Nacht, 2021). Auch die Peitschenleuchte (siehe Abbildung 10; linkes Bild), welche oft im Straßenverkehr eingesetzt wird, lenkt das Licht wegen ihrer gebogenen Form nicht nur auf die Straße, sondern auch oberhalb der Horizontlinie. Das so entstehende Streulicht trägt unmittelbar zur Lichtverschmutzung bei.

Wie Kugelleuchten (siehe Abbildung 10) haben auch Bodenstrahlern (siehe Abbildung 12) eine schlechte Lichtlenkung, nur dass hier keinerlei Licht auf den Boden gestrahlt wird, sondern alles Licht Richtung Himmel streut. Hinzu kommt eine meist schlecht gewählte Lichtfarbe von mehr als 3000 Kelvin (oft zwischen 4000 und 5000 Kelvin).

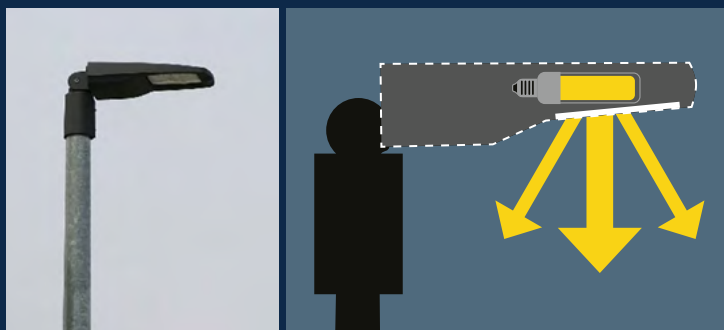


Abbildung 9: Gute Lichtlenkung – der Leuchtkörper ist im Lampengehäuse verbaut.

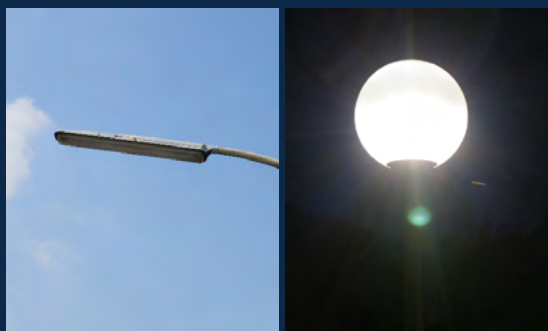


Abbildung 10: Zwei Beispiele für schlechte Lichtlenkung. Links: eine Peitschenleuchte und rechts: eine Kugelleuchte



Abbildung 11: Schmuckleuchte mit warmweißer Lichtfarbe (nicht mehr als 3.000 Kelvin): Die Lichtfarbe ist gut, allerdings tritt auch hier Streulicht zu den Seiten auf.



Abbildung 12: Bodenstrahler: Lichtlenkung zum Himmel



Beleuchtungstipps

Für Ruinen, Kirchen und angestrahlte Sehenswürdigkeiten

Generell macht es Sinn, nachts, wenn keine Besucher*innen oder Anwohner*innen vom Licht profitieren, die Beleuchtung abzuschalten oder zumindest zu dimmen. Besonders bei Ruinen und in alten Dachstühlen profitieren hiervon nachtaktive Tiere wie Fledermäuse.

Möchte man doch nachts beleuchten, dann am besten von oben nach unten. Bei der generellen Gebäudebeleuchtung kann die GOBO-Technik eingesetzt werden. Dabei wird eine Maske vom zu beleuchtenden Gebäude angefertigt und in einen Scheinwerfer oder Projektor eingesteckt. Die passgenaue Maske stellt sicher, dass

nur die Gebäudefläche beleuchtet wird und kein Licht zu den Seiten hin abstrahlt.

Für den Einsatz von Kunstlicht bei Festen

Der Einsatz von Außenbeleuchtung beispielsweise in Form von Lichterketten sollte auf ein Minimum beschränkt werden und bestenfalls nicht an Bäumen angebracht werden. Sinnvoll ist es, die Beleuchtung mindestens eine Stunde nach Ende des Festes auszuschalten. Bei Gebäudeanstrahlungen empfiehlt sich die GOBO-Technik.

Werbetafeln

Beleuchtete Werbetafeln sollten nur so lange angeschaltet sein, wie sie benötigt werden. Nach Geschäftsschluss sollten sie ausgeschaltet werden.

Bei den Leuchtdichten sollte bedacht werden, dass übliche Straßenleuchtdichten unter 2 cd/m^2 (1) und die Leuchtdichte von Werbetafeln oft deutlich höher liegen, was ablenkend wirken kann. Dabei adaptiert sich das Auge von hellen zu dunklen Lichteindrücken relativ langsam. Dadurch 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 angestrahnten 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 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.



Abbildung 13: Bei angestrahnten Werbetafeln sollte das Licht nur von oben nach unten strahlen und die Strahler so abgeschirmt sein, dass kein Licht an der Tafel vorbeistrahlt.



Abbildung 14: Lichtwerbung einer Apotheke strahlt die gegenüberliegenden Hausfassaden an.
(Fotos: Dr. Andreas Hänel)

1 Hierbei handelt es sich um eine weitere Einheit zur Angabe der Leuchtdichte: Candela pro Quadratmeter. Die Lichtstärke wird hierbei auf die Fläche des Leuchtkörpers bezogen.

„Gemeinde unter den Sternen“

Innerhalb des Projektgebiets im Pfälzerwald werden Gemeinden, die eine sternen- und umweltfreundliche Beleuchtung aufweisen, mit dem Zertifikat „Gemeinde unter den Sternen“ honoriert.

Diese Auszeichnung basiert auf bestehenden Kriterien zur Reduzierung der Lichtverschmutzung und zu Förderprogrammen. Die Zertifizierung findet in einem mehrstufigen Prozess statt. Stufe 1 qualifiziert die Gemeinden für die Kategorie Bronze, Stufe 2 für die Kategorie Silber und Stufe 3 für die



INTERVIEW MIT MARC WARTENPHUL

Regionalreferent der Energieagentur
Rheinland-Pfalz GmbH:

Herr Wartenphul, wie haben Sie den Sternenhimmel in Ihrer Kindheit wahrgenommen und wie nehmen Sie ihn heute wahr?

„Tatsächlich fiel mir der Sternenhimmel in meiner Kindheit immer erst im Herbst auf, wenn die Sonne schon vor 19:00 Uhr unterging und die Nächte länger als die Tage waren. So fielen mir damals die kleinen „weißen Punkte“ am Himmel auf. Meine Eltern erklärten mir dann, dass es Planeten sind, die ganz weit weg von uns auf der Erde existieren und leuchten. Heute schaue ich an klaren Sommerabenden, nach 23 Uhr, auch öfter in den Himmel der Südpfalz und staune bei klarer Sicht über die Bilder, welche die Sterne malen.“

Gibt es die Möglichkeit sich eine Umrüstung eines Gebäudes/Geländes zu einer „Sternenpark“-freundlichen Beleuchtung fördern zu lassen?

„Klar, dafür benötigt man keine wirkliche Umrüstung oder Fördermittel. Meine persönliche Empfehlung: Einfach das Licht ausmachen (vor allem Außenbeleuchtungen, die nicht notwendig sind) und das Bild des Himmelsfirmaments genießen. Unnötige Beleuchtung abschalten! Tatsächlich gibt es aber auch Fördermöglichkeiten. Dabei ist auf die Farbtemperatur zu achten, die am besten für den Menschen geeignet ist und gleichzeitig negative Konsequenzen für Insekten minimieren soll. Die Lichtquelle bei Nacht sollte so belastungsarm und emissionsfrei wie möglich eingesetzt werden – nicht nur vor dem Hintergrund des Energieeinsparungspotenzials. Die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Ausführungkontrolle (BAFA) bietet hier Lösungen.“

Werden diese Fördermöglichkeiten wahrgenommen?

„Die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) ist seit Beginn des Jahres 2021 neu aufgesetzt worden. Mir fällt es schwer, die Frage im Detail zu beant-

worten. Aber was ich jedem*r Bürger*in ans Herz legen möchte: Schauen Sie sich das Programm an. Es gibt viele Möglichkeiten der energetischen Gebäudeförderung. Nicht nur Förderung von LED oder der Steuer- und Regelungstechnik. Hier finden Sie eine Übersicht zu dem Förderprogramm: BAFA - Förderprogramm im Überblick - Förderübersicht: Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen.“

Wie kommt das Thema Lichtverschmutzung und Lichtreduzierung in Ihrem beruflichen Umfeld an?

„Vielen ist erstmal der Begriff der Lichtverschmutzung gar nicht „wirklich“ bewusst, bzw. dass Licht nachts in den Außenbereichen im Überfluss verschwendet wird und hier Geld und Energie (CO₂) eingespart werden kann. Trotzdem ist es für mich als Regionalreferent der Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH für Großschutzgebiete ein wichtiges Thema, was ich bei den Gesprächen vor Ort gerne erläutere und auf die Potenziale hinweise. Die Folgen der Lichtverschmutzung für Gesundheit und Umwelt sind in der Gesellschaft noch zu wenig bekannt bzw. noch nicht durchgedrungen. Der Fokus liegt hier meist noch auf den Einspareffekten.“

→ Abbildung 15: Auszug aus dem Zertifikat „Gemeinde unter den Sternen“ in Gold (Grafik: scientific design).

Kategorie Gold. Je nach Kategorie gilt es, unterschiedlich viele Außenleuchten im öffentlichen Besitz einer Kommune umzurüsten. Bei der Umrüstung soll bei jeder Kategorie auf vier verschiedene Hauptkriterien geachtet werden. Die vier Hauptkriterien werden in Kapitel 7 genauer erläutert. Unter anderem muss zum Beispiel ein bestimmter Prozentsatz an öffentlichen Leuchten abgeschirmt sein. In allen Kategorien werden Punkte gesammelt und anhand dieser eines der drei Zertifikate vergeben.

Alle Informationen zum Erwerb des Zertifikats „Gemeinde unter den Sternen“ können auf der Internetseite des Projekts nachgelesen werden (www.pfaelzerwald.de/sternenpark-pfaelzerwald), diese beinhaltet auch Fördermöglichkeiten für die Beleuchtungsumstellung. Interessierte Gemeinden sollen



durch einen Gemeindebeschluss zeigen, dass sie das Zertifikat „Gemeinde unter den Sternen“ erwerben möchten.

Um eine sternen- und umweltfreundliche Beleuchtung fördern zu lassen, gibt es zwei zentrale Möglichkeiten: Die „Richtlinie zur Förderung von

Klimaschutzprojekten im kommunalen Umfeld (Kommunalrichtlinie)“ und die „Richtlinie für Zukunftsfähige Energieinfrastruktur (ZEIS)“.

Zudem bietet das Aktionsprogramm Insektenschutz die Möglichkeit, einen Förderantrag zu stellen.

Die Nutzung von Außenbeleuchtung ist in der Straßenverkehrsordnung (StVO) definiert. Weiterführende Informationen rund um das Thema Einsatz von Licht, Beleuchtungspflichten und Handlungsmöglichkeiten rund um die Beleuchtungsanpassung finden sich hier: www.paten-der-nacht.de/hilfe.

Exkurs: Die Sicherheitsfrage

Oft gibt es Sicherheitsbedenken in Verbindung mit einer reduzierten Lichtnutzung. Diese sind jedoch i. d. R. allein subjektiver Natur und spiegeln sich weder in Unfallzahlen noch in Einbruchsraten wider. So konnten bei einer Außerbetriebnahme der Beleuchtung von Autobahnen oder einzelnen Autobahnabschnitten in Frankreich und in England keine vermehrten Unfallzahlen festgestellt werden (Posch et al., 2013). Auch bei Einbrüchen ist kein Zusammenhang mit Außenbeleuchtung festzustellen. Vielmehr tragen eine Innenbeleuchtung, die suggeriert, dass jemand zuhause ist, Alarmanlagen,

sichtbare Überwachungskameras und der Anschein von stabilen Fenstern und Türen dazu bei, dass weniger eingebrochen wird.

Zusätzlich setzt Dunkelheit voraus, dass potenzielle Einbrecher selbst Licht mitbringen müssen, um einzubrechen. Studien aus Großbritannien zeigten klar, dass es keinen verallgemeinerten Zusammenhang zwischen Beleuchtungsintensität und Verbrecherrate gibt. Ganz im Gegenteil scheint Beleuchtung Einbrüche und Vandalismus zu erleichtern (Posch et al., 2012).

Ausgezeichnete Gemeinden

Beispiele aus dem Biosphärenreservat Pfälzerwald: Die Gemeinde Rumbach wurde am 16. April 2021 als erste „Gemeinde unter den Sternen“ im Biosphärenreservat Pfälzerwald mit dem Silberstatus ausgezeichnet.

Um herauszufinden, was die Gemeinde dafür getan hat, haben wir den Rumbacher Bürgermeister Ralf Weber dazu befragt (siehe Interview).

Nikolauskapelle in Klingenmünster
Oberhalb von Klingenmünster, in der Nähe des Pfalzklunikums, steht die Nikolauskapelle. Diese denkmalgeschützte und unter dem Schutz der UNESCO stehende Kapelle wurde mehrere Jahre

provisorisch mit einem alten Strahler beleuchtet. Im März 2020 schlug die Burg Landeck Stiftung vor, die Nikolauskapelle im Rahmen einer touristischen Aktion der Mandelblüte rosa leuchten zu lassen. Eine neue, insektenfreundliche Beleuchtung mit möglichst wenig Streulicht wurde realisiert.

Die Produktion der Lampen wurde von einer Behindertenwerkstatt und



↑ Abbildung 16: Die in warm-weißen Licht angestrahlte Nikolauskapelle in Klingenmünster. (Foto: LANZ Manufaktur Germany GmbH)

von einer Werkstatt aus der Region am schon bestehenden Mast montiert. Während der Mandelwochen bis Ende April erstrahlt das Gebäude in rosa. Ab Ende April schaltet die Uhr die Beleuchtung automatisch wieder auf die reguläre Lichtfarbe. Helfer der Burg Landeck-Stiftung, welche die Kosten für die Beleuchtung übernommen hat, unterstützten diese Baumaßnahme.



INTERVIEW MIT RALF WEBER

Ortsbürgermeister von Rumbach:

Herr Weber, wie haben Sie den Sternenhimmel in Ihrer Kindheit wahrgenommen und wie nehmen Sie ihn heute wahr?

„In meiner Kindheit, die schon lange zurück liegt, habe ich in meiner Erinnerung, den Sternenhimmel vor allem bei Zeltlagern im Pfälzerwald erlebt, wenn wir im Schlafsack unter freiem Himmel die Nacht verbrachten. Heute beobachte ich die Sterne von meinem Garten mit Hilfe einer Sternen-App.“

Warum haben Sie sich als Gemeinde dazu entschieden, bei der Zertifizierung zur „Gemeinde unter den Sternen“ mitzumachen?

„Weil wir das Projekt „Sternenpark Pfälzerwald“ mit all seinen positiven Wirkungen für sehr gut befanden und dieses Projekt unterstützen beziehungsweise Teil des Projekts werden wollten. Da wir uns in Rumbach als Wohn- und Tourismusgemeinde weiterentwickeln möchten, zeigt das Projekt, dass unsere Bürgerinnen und Bürger an einem besonderen Ort leben und unsere Gäste an einem besonderen Ort Urlaub machen.“

Was mussten Sie als Gemeinde dafür machen?

„Wir mussten unsere LED-Straßenbeleuchtung umprogrammieren, Informationsmaterial auslegen und unsere Website ergänzen. Außerdem schauen wir darauf, dass, wenn neue Beleuchtung geplant wird, z. B. am Sportplatz oder an einem Parkplatz, sie möglichst alle Kriterien des Sterneparks erfüllt. Darüber hinaus planen wir noch kleinere Veranstaltungen zum Thema.“

Wie kommt das Thema Lichtverschmutzung und Lichtreduzierung in Ihrem beruflichen Umfeld an?

„Darauf werde ich immer wieder angesprochen und erhalte positive Feedbacks. Insbesondere auch wegen der umfangreichen Berichterstattung der letzten Monate.“

→ Abbildung 17:
(Foto: Dr. Christian Mücksch)

Anhang

Das Projekt Sternenpark Pfälzerwald ist ein LEADER-gefördertes Projekt mit einer Laufzeit von August 2018 bis Juli 2022. Es verfolgt das wesentliche Ziel, die Lichtverschmutzung im Projektgebiet der LAG Pfälzerwald Plus zu reduzieren, Menschen über deren Problematik zu informieren und die weitestgehend natürlichen Nachtlandschaften im Pfälzerwald für einen nachhaltigen Tourismus in Wert zu setzen.



Literaturverzeichnis

Für die vorliegende Handreichung wurden viele Informationen zum Thema Lichtverschmutzung aus Unterlagen des Sternenparks Rhön vom UNESCO Biosphärenreservats Rhön verwendet. Für die Bereitstellung der Informationen bedanken wir uns ganz herzlich. Darüber hinaus bedanken wir uns für die Bereitstellung von Fotos durch Dr. Andreas Hänel und Dr. Christian Mücksch.

Folgende Quellen wurden für diese Handreichung verwendet:

Anika Brüning und Franz Hölker (2013): Lichtverschmutzung und die Folgen für Fische. In: BfN Skripten. Band 336, Seiten 69–72.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2019): Aktionsprogramm Insektenschutz. In: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/aktionsprogramm_insektenschutz_kabinettversion_bf.pdf (07.01.22)

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2019): Klimaschutz in neuem Licht. In: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/nki_klimaschutz_im_neuen_licht_bf.pdf (07.01.22).

Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) (2021): Insektenverträglichere Beleuchtung. In: www.bund-sh.de/stadtnatur/insektenvertraeglichere-beleuchtung/ (22.12.21).

Catherine Rich und Travis Longcore (2006): Ecological Consequences of Artificial Night Lighting. In: *The Condor*. Band 109, Nr. 1, Seiten: 226–227, doi: <https://doi.org/10.1093/condor/109.1.226>.

Dark Sky Association (2014): History. In: Internet Archive.

Fabio Falchi, Pierantonio Cinzano, Dan Duriscoe, Christopher C. M. Kyba, Christopher D. Elvidge, Kimberly Baugh, Boris A. Portnov, Nataliya A. Rybinkova und Ricardo Furgoni (2016): The new world atlas of artificial night sky brightness. In: *Science Advances*. Band 2, Nr. 6, doi:10.1126/sciadv.1600377.

Franz Hölker, Timothy Moss, Barbara Griefahn, Werner Kloss, Christian C. Voigt, Dietrich Henckel, Andreas Hänel, Peter M. Kappeler, Stephan Völker, Axel Schwoppe, Steffen Franke, Dirk Uhrlandt, Jürgen Fischer, Reinhard Klenke, Christian Wolter und Klement Tockner (2010): The Dark Side of Light: A Transdisciplinary Research Agenda for Light Pollution Policy. In: *Ecology and Society*. Band 15, Nr. 4, Ausgabe 13.

Hauke Ballasus, Ommo Hüppop und Katrin Hil (2009): Gefahren künstlicher Beleuchtung für ziehende Vögel und Fledermäuse. In: *Berliner Vogelenschutz*. Band 49.



Helmholts-Zentrum Potsdam (2020): Lichtverschmutzung. Wie wirken erhellte Nächte auf Tiere und Pflanzen? In: Biodiversität im Meer und an Land. doi: <https://doi.org/10.2312/eskp.2020.1>.

Johannes Voth und Bernhard Hoiß (2019): Lichtverschmutzung – Ursache des Insektenrückgangs? In: Anliegen Natur. Band 41, Nr. 1.

J. Rudnicka (2021): Bevölkerungsdichte in Deutschland von 1991 bis 2020. In: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/440766/umfrage/bevoelkerungsdichte-in-deutschland/> (07.01.22)

Michaela Gassner, Jessika Jaspersen und Sandra Stötzer (2015): Energieeffiziente öffentliche Straßenbeleuchtung. In: Verwaltung und Management. Band 21, Nr. 4, Seiten: 212–216.

Paten der Nacht (2021): Grundsätzliche Lösungen. In: www.paten-der-nacht.de/reduzierung-lichtverschmutzung/ (22.12.21).

Paten der Nacht (2022): Straßenbeleuchtung. In: Empfehlungen zur Straßenbeleuchtung, Lichtverschmutzung (paten-der-nacht.de) (10.02.22).

Stefan Bosch und Peter W. W. Lurz (2016): Stadtsamseln sind anders. Verstädterung eines Waldvogels. In: Biologie unserer Zeit. Band 46, Nr. 3, Seiten: 184–189, doi: <https://doi.org/10.1002/biuz.201610595>.

Sternenpark Rhön – Rhön GmbH (2013): Sternenpark im Biosphärenreservat. In: Handreichung für Kommunen.

Sylvia Weber (2021): Großes Mausohr (*Myotis myotis*). In: Landesbund für Vogelschutz – München Stadt und Land.

Therese Hotz und Fabio Bontadina (2008): Ökologische Auswirkungen künstlicher Beleuchtung. In: Grundlagenbericht. SWILD Zürich.

Thomas Posch, Anja Freyhoff und Thomas Uhlmann (2012): Das Ende der Nacht: Die globale Lichtverschmutzung und ihre Folgen. In: Weinheim: Wiley-VCH.

Thomas Posch, Franz Hölker, Thomas Uhlmann und Anja Freyhoff (2013): Das Ende der Nacht. Lichtsmog: Gefahren – Perspektiven – Lösungen. In: Weinheim: Wiley-VCH. Ausgabe 2.

Dr. Wolf Herkner (2021): Kommunale Beleuchtungspflicht für öffentliche Verkehrsflächen?. In: <https://www.paten-der-nacht.de/wp-content/uploads/2021/06/Besteht-eine-kommunale-Strassenbeleuchtungspflicht.pdf> (11.01.22)



Projektförderer



Dieses Projekt wird im Rahmen des Entwicklungsprogramms EULLE unter Beteiligung der Europäischen Union und des Landes Rheinland-Pfalz, vertreten durch das Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz, durchgeführt.

IMPRESSUM

Herausgeber

Biosphärenreservat Pfälzerwald
Franz-Hartmann-Straße 9
67466 Lambrecht/Pfalz
Telefon: 06325 9552-0
www.pfaelzerwald.de
www.pfaelzerwald.de/sternenpark-pfaelzerwald

Bildnachweis

Titelbild: Dr. Christian Mücksch

Gestaltung

scientific design, 67434 Neustadt a. d. Weinstraße

Druck

KerkerDruck GmbH, 67661 Kaiserslautern

Biosphärenreservat
Pfälzerwald-
Nordvogesen



Das Biosphärenreservat Pfälzerwald-Nordvogesen gehört zu den „Nationalen Naturlandschaften“, der Dachmarke der deutschen Nationalparks, Biosphärenreservate und Naturparks getragen von Nationale Naturlandschaften e. V.: www.nationale-naturlandschaften.de