



Nachhaltige Außenbeleuchtung

Informationen und Empfehlungen für Industrie und Gewerbe



Vorwort

Sehr geehrte
Damen und Herren,
liebe Leserinnen
und Leser,

Der Schutz der Artenvielfalt ist eine Aufgabe, die nicht nur heute, sondern auch in der Zukunft immer wichtiger wird. Das Insektensterben ist nachweisbar und es leben weniger Vögel in unseren Gärten: Das alles sind Folgen von Einflüssen auf unsere Umwelt und die Lebensräume von Tieren und Pflanzen. Auch die Lichtverschmutzung in unseren Städten, an Straßenrändern und auf Werbeflächen spielt hier eine Rolle. Eine moderne Außenbeleuchtung erfüllt daher gleich mehrere Ziele: So sparen LEDs nicht nur Energie und damit auch Kosten. Es gibt darüber hinaus auch Lichtquellen, die den Lebensraum von dämmerungs- oder nachtaktiven Tieren und Pflanzen berücksichtigen.

Diese Broschüre widmet sich dem Thema ausführlich und möchte ganz praktische Hilfe bieten. Denn in den vergangenen Jahren ist die Nachfrage nach modernen Außenbeleuchtungsanlagen stark gestiegen. Der Wandel von klassischen Leuchtmitteln hin zu LEDs ist nicht mehr aufzuhalten. Viele Betriebe scheuen aber noch die Umrüstung und nutzen veraltete Systeme.



Um nachhaltige Lösungen zu finden, müssen bei der Installation neuer Anlagen mehrere Aspekte beachtet werden: Unter Berücksichtigung des tatsächlichen Lichtbedarfs gilt es, die mit moderner Technik möglichen Einsparpotenziale zu auszunutzen. Denn zum einen reduzieren energieeffiziente Beleuchtungsanlagen Kosten, zum anderen schonen sie dank des geringeren Verbrauchs die Umwelt. So leistet effiziente Beleuchtung einen Beitrag zum Erreichen der Klimaschutzziele.

Hinzu kommt: Überall da, wo die Außenbeleuchtung modernisiert wird, bietet sich die Chance, die Anlagen so zu optimieren, dass sie nicht mehr zur Lichtverschmutzung beitragen. Diese Broschüre zeigt, dass eine angemessene Beleuchtung mit vertretbarem Aufwand erreicht werden kann. Das dient der Gesundheit der Menschen, ist ein wertvoller Beitrag zum Artenschutz und eröffnet uns allen zudem die Möglichkeit, wieder die Faszination des sternreichen Nachthimmels erleben zu können.

Viele Praxisbeispiele sollen Ihnen leicht umsetzbare Anregungen zum Einsatz von Außenbeleuchtungs- und Werbeanlagen geben, die energie- und kosteneffizient und zugleich umweltgerecht sind. So lässt sich auch für Ihren Betrieb die richtige Lichtlösung finden.

Ich würde mich freuen, wenn es mit dieser Broschüre gelingt, Ihnen das spannende, facettenreiche Themenfeld der Lichtimmissionen und der nachhaltigen Beleuchtung näher zu bringen. Wir alle werden davon profitieren – im Sinne des Schutzes unserer Biodiversität.

Priska Hinz

Hessische Ministerin für Umwelt, Klimaschutz,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	2
1 Wenn Außenbeleuchtung zum Problem wird	6
1.1 Außenbeleuchtung und Gesundheit	7
1.2 Außenbeleuchtung und Artenschutz	8
1.3 Außenbeleuchtung und Klimaschutz	10
2 Grundlagen	13
2.1 Technische Einführung	13
2.3 Richtlinien und Vorgaben	17
3 Praxisbeispiele	19
3.1. Außenanlagen und Parkplätze	20
3.2. Effektorientierte Beleuchtung: Fassaden- und Gebäudeanstrahlung	21
3.3. Werbeanlagen und Schriftzüge	24
3.4. Abstrahlende Innenraumbeleuchtung: Glasfassaden und Schaufenster	26
3.5. Technische Lösungen	28
3.5.1. <i>LED-Röhren</i>	28
3.5.2. <i>Wandleuchten</i>	29
3.5.3. <i>Bedarfsorientierte Beleuchtung</i>	30
Weiterführende Informationen	32
4.1 Zuständige Behörden in Hessen	32
4.2 Literatur	32

Der Wechsel von Tag und Nacht ist der wichtigste Taktgeber des Lebens. Die immer wiederkehrende Abfolge von Hell und Dunkel steuert den chronobiologischen Rhythmus der Menschen (die Balance zwischen Aktivität und Ruhe) und ist ebenso wichtig für Tiere und Pflanzen.

Was aber, wenn die Nächte nicht mehr wirklich dunkel sind? Diese Frage hat sich bis vor wenigen Jahren kaum jemand gestellt. Inzwischen wird sie ständig akuter. In den entwickelten Ländern gibt es abends und nachts immer mehr künstliches Licht. Der Begriff der Lichtverschmutzung (light pollution) etabliert sich, auch wenn viele noch wenig damit anzufangen wissen. Künstliches Licht hat viele Vorzüge. Aber kann es auch schaden? Ist das, was bisher als Symbol des Fortschritts wahrgenommen wurde, inzwischen zum Umweltproblem geworden? Und inwiefern tragen Gewerbe und Industrie dazu bei?

Laut dem Lichtverschmutzungsatlas von Fabio Falchi und Kollegen aus dem Jahre 2016 leben 99 Prozent der Einwohner Europas unter einem lichtverschmutzten Himmel. Aus dem Weltall betrachtet, überziehen unzählige Lichtpunkte die entwickelten Länder. Vor allem in dicht besiedelten Gebieten wird das von vielen Quellen unnütz nach oben gesendete Licht an

Molekülen und Staubteilchen gestreut und verursacht so Lichtglocken, die über viele Kilometer zu sehen sind. Je feuchter die Luft (z. B. bei Nebel), desto stärker die Wirkung. So werden die Umgebung und der Nachthimmel künstlich aufgehellt, Jahr für Jahr mehr.

1.1 Außenbeleuchtung und Gesundheit



Falsch



Richtig

Abb. 1.1.: Die linke Grafik zeigt den verschwenderischen Einsatz von Licht, die rechte, wie man es besser machen kann.

Lichteinwirkungen von vielen Seiten

Künstliches Licht stört den für den Menschen lebenswichtigen zirkadianen Tag-Nacht-Rhythmus, zu dem der Schlaf als wichtigste Regeneration gehört. Wirklich ausgeruht fühlt sich nur, wer tief und fest geschlafen hat. In der Nacht laufen wichtige körperliche Prozesse ab: Der Blutdruck sinkt, um das Herz-Kreislauf-System zu entlasten. Ein großer Teil der Infektionsabwehr geschieht im Ruhezustand. Gesunder Schlaf fördert Lernprozesse und die Gedächtnisleistung und im Schlaf werden die Informationen des Tages verarbeitet. In vielen Schlafzimmern fällt jedoch störendes Licht von außen ein: durch Straßenlaternen, Leuchtreklamen oder die eigene Außenbeleuchtung am Haus.

Im Schlaflabor vorgenommene Hirnstrom-Messungen zeigen einen deutlichen Unterschied zwischen Probanden, die im Dunkeln schliefen und Vergleichsgruppen, in deren Schlafzimmer Licht einfiel. Wer also zu Hause keine effektive Verdunklungsmöglichkeit hat oder will, kann langfristig negative Auswirkungen nicht ausschließen.

Denn bestimmte Nervenzellen nehmen nur blaues Licht wahr und steuern den menschlichen Hormonhaushalt. So stören insbesondere blaue Lichtanteile, wie sie in weißem Licht enthalten sind, nachts die Ausschüttung des Schlafhormons Melatonin.

Fehlendes Melatonin erschwert das Einschlafen und verzögert das Aufwachen. Der Ruhe-Rhythmus

kommt durcheinander, die Qualität des Schlafes sinkt. Es entsteht ein Regenerationsdefizit und die Schutzmechanismen des Körpers werden geschwächt, was offenbar auch der Tumorbildung Vorschub leistet.

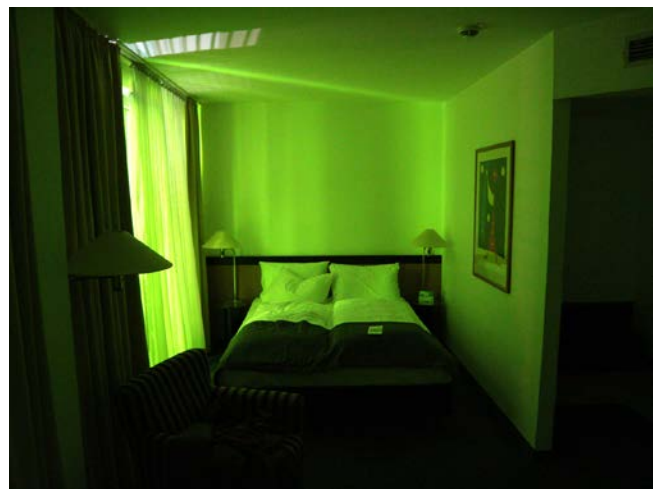


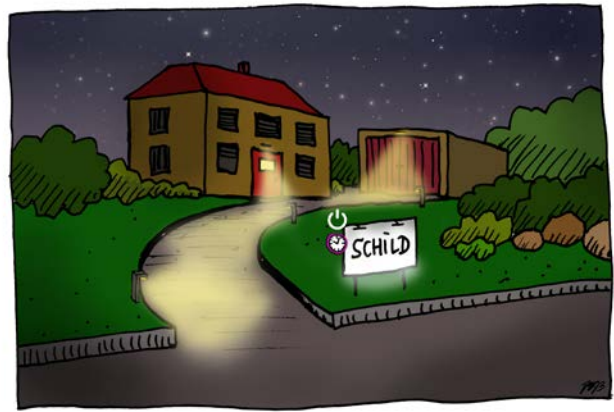
Abb. 1.2: Hier schläft man bestimmt nicht gut: ein Schlafzimmer aufgehellt von der Außenbeleuchtung.

Seit einigen Jahren beschäftigen sich die Wissenschaftler verstärkt mit den gesundheitlichen Risiken der „Desynchronisierung“ durch Licht, das beim Schlafen stört. Bereits 2007 hat die Weltgesundheitsorganisation einen Zusammenhang zwischen hormonell bedingten Krebsarten (Prostata und Brust) und Schichtarbeit hergestellt.

1.2 Außenbeleuchtung und Artenschutz



Falsch



Richtig

Abb. 1.3: Üppiger Lichteinsatz (linke Grafik) trägt zur Lichtverschmutzung bei. Abgeblendete Strahler (rechte Grafik) vermeiden Immissionen.

In der Natur ist die Nacht voller Vitalität. Etwa 30 Prozent aller Wirbeltiere und mehr als 60 Prozent aller Wirbellosen – darunter die Insekten – sind nachtaktiv. Für diese Lebewesen gehört die Dunkelheit zu ihrem natürlichen Lebensraum (Habitat) und alle ihre Sinnesorgane sind darauf eingestellt. Tagaktive Tiere hingegen brauchen wie die Menschen die Nacht, um Ruhe zu schöpfen. Gärten und Grünanlagen um Gebäude sind in Zeiten des Artensterbens daher wichtige Lebensräume, deren Funktionalität auch von einer natürlichen Abfolge von hell und dunkel abhängt.

Für Vögel ist Kunstlicht ein Störsender und ein gefährliches Hindernis

Studien zeigen, dass künstliches Licht viele nachtaktive Lebewesen massiv beeinträchtigt. Licht in der Nacht scheint Vögel anzuziehen, irritiert sie aber auch. Im hellen Schein von Straßenlaternen, Werbebeleuchtung und Scheinwerfern beginnen beispielsweise Stadtamseln, Blaumeisen und Rotkehlchen deutlich zeitiger zu singen – teilweise schon in der Nacht.

Besonders betroffen sind Nachtzugvögel. Hunderte von Arten legen ihre Reisen in der Nacht zurück – und keineswegs nur dann, wenn der Winter naht.

Nahezu das gesamte Jahr über sind in der Nacht Vögel, aber auch Fledermäuse, unterwegs.

Das Leben der Vögel wird durch den natürlichen Wechsel von Licht und Dunkel und die jahreszeitlichen Veränderungen der Tageslänge geprägt. Bei ihren nächtlichen Flügen navigieren sie nach dem Sternenhimmel und dem Erdmagnetfeld. Dazu verfügen sie über besondere Sinne, darunter Photorezeptoren, die auf geringe natürliche Lichtintensitäten eingestellt sind.

Dieses komplexe System der Wahrnehmung, Auswertung und Kursbestimmung kann nur dann optimal funktionieren, wenn eine Jahrtausende alte Grundbedingung erfüllt ist: dass es nachts bis auf den Schein von Mond und Sternen dunkel ist. Genau dies ist inzwischen vielerorts nur noch eingeschränkt der Fall – und die Arten hatten keine Chance, sich darauf einzustellen.

Helles Licht birgt Verderben

In klaren Nächten bewegen sich die Vögel zumeist so hoch, dass ihnen das Licht am Boden wenig anhaben kann. Bei bedecktem Himmel oder Nebel aber fehlen ihnen die Sterne zur Orientierung. Unter solchen erschwerten Bedingungen verspricht ihnen Licht am Boden einen scheinbar sicheren Landeplatz. Bei

nebligem Wetter sind Massenanflüge auf helle Lichtquellen zu verzeichnen, die fatal enden können.

Hohe beleuchtete Bauwerke (Hochhäuser, Masten) locken Zugvögel in den Tod. Häufig kommt es dann zu tödlichen Kollisionen, für die man den Terminus „Towerkill-Phänomen“ geprägt hat. Gleiches gilt für die Strahlen von Sky-Beamern. Das intensive bewegte Licht blendet die Vögel, sodass sie die Gefahr der Spanndrähte, Geländer oder Scheiben nicht erkennen können.

Gerät ein Vogelschwarm einmal in den Bann des Lichts, gelingt es den Tieren oft nicht mehr, den richtigen Weg zu finden. Nach Irrflügen oder langem Umkreisen der Lichtquelle gehen viele an Erschöpfung oder Stress zugrunde.

Auch für Insekten wird Kunstlicht zur Falle

Etwa die Hälfte der weltweit bekannten Tierarten sind Insekten. Allein in Deutschland gibt es rund 33.000 Arten, ein sehr großer Teil von ihnen ist nachtaktiv.

Vor allem an warmen Sommerabenden kommt es zu Massenanflügen auf Lichtquellen. Hektisch flattern

Insekten im Lichtkegel und versuchen der Lichtfalle zu entkommen. Doch eine Sogwirkung („Fessel-effekt“) verhindert, dass sie sich aus der Gefahrenzone lösen können. Das anhaltende Flattern kostet so viel Energie, dass sie ermattet zu Boden sinken. Andere verbrennen an den heißen Lichtquellen.

Das Sterben von Insekten hat weitreichende ökologische Folgen

Der „Staubsauger-Effekt“ von Kunstlicht mit falscher Lichtfarbe entzieht dem Umfeld Leben. Die Nachtinsekten werden jedoch gebraucht. Wo Insekten durch Lichteinwirkung vernichtet werden, wird die Nahrungskette empfindlich gestört – worunter insbesondere die Fledermäuse zu leiden haben.

Gebraucht werden die Nachtinsekten auch als Bestäuber. Ein erheblicher Teil der „Ökosystemdienstleistung“ Bestäubung wird von nachtaktiven Insekten erbracht. Eingriffe in ausbalancierte ökologische Systeme rächen sich. Schließlich geht es nicht allein um die Vielfalt der Fauna in der freien Natur und in Privatgärten, sondern auch um die Landwirtschaft und den Erwerbsgartenbau. Wo nicht bestäubt wird, können keine Früchte geerntet werden.



Abb. 1.4: In undichten Leuchtengehäusen sammeln sich die Insekten, die vom Licht angezogen werden.

1.3 Außenbeleuchtung und Klimaschutz

Um die zunehmende Erderwärmung zu stoppen, müssen die Treibhausgas-Emissionen reduziert werden. Die Europäische Union hat sich dazu verpflichtet, die Treibhausgas-Emissionen bis 2020 um 20 Prozent zu reduzieren. In Deutschland sollen die Emissionen bis 2020 sogar um mindestens 40 Prozent gegenüber 1990 reduziert werden; bis 2040 um mindestens 70 Prozent. Auch die hessische Landesregierung hat sich Klimaziele gesetzt: Bis 2020 sollen die Emissionen um 30 %, bis 2025 um 40 % reduziert werden. Bis 2050 soll Hessen klimaneutral werden und die Emissionen um mindestens 90 % reduziert werden.

Der Stromverbrauch macht in Deutschland etwa 38 Prozent der gesamten Kohlendioxidemissionen aus. Der auf die künstliche Beleuchtung entfallende Anteil des Stromverbrauchs beträgt 16 Prozent und verursacht pro Jahr rund 42 Millionen Tonnen Kohlendioxid. Trotz dieser Ziele nimmt der Stromverbrauch weiterhin zu.

In den Kommunen entfallen auf die Außenbeleuchtung rund 40 Prozent des Stromverbrauchs. Entsprechend hoch sind auch die Kosten. In Industrie und Gewerbe ist der Anteil der Beleuchtung je nach Branche und Einsatz unterschiedlich, doch auch hier gibt es erhebliches Einsparpotenzial.

Bei der Reduzierung des Stromverbrauchs liegt derzeit das Hauptaugenmerk auf der Steigerung der Energieeffizienz. Die Lichtausbeute – angegeben in Lumen/Watt (lm/W) – beschreibt die Energieeffizienz von Leuchtmitteln und ist das Verhältnis des Lichtstroms zur elektrischen Leistungsaufnahme.

Durch den Übergang von ineffizienten Quecksilberdampf lampen mit einer Lichtausbeute von 40 lm/W, deren Handel seit 2015 in Europa verboten ist, auf moderne energieeffiziente (2017: bis 140 lm/W) LED sind Einsparungen bis zu 80 Prozent möglich. Inzwischen sind LED auch effizienter als viele Natriumdampflampen, die lange Zeit als die energieeffizientesten Leuchtmittel galten.

Führen effizientere Leuchtmittel insgesamt zu mehr Licht?

Allerdings ist bereits zu beobachten, dass durch Umstellung auf energieeffiziente Leuchtmittel mit geringeren Verbrauchskosten der Gesamtverbrauch steigt. Denn häufig wird nun mehr, heller und länger beleuchtet. Insbesondere LED-Beleuchtung bietet unzählige Anwendungsmöglichkeiten. Dieser „Rebound“-Effekt (Bumerang-Effekt) hat sich bei Steigerungen der Energieeffizienz im Zuge von technischen Weiterentwicklungen in der Vergangenheit immer wieder gezeigt: Umwelt- und Klimaschützer weisen deshalb mit Sorge auf folgende Entwicklung hin: War man zuvor mit maßvollen Beleuchtungsniveaus zufrieden, werden nun häufig höhere ange setzt.

Wurde bislang in den späten Nachtstunden der Strom abgestellt, sind inzwischen die Verbrauchskosten so gering, dass Betreiber das Licht die ganze Nacht angeschaltet lassen, ohne dadurch höhere Stromkosten zu haben. Das Problem der Lichtverschmutzung wird dadurch verstärkt! Es gibt bereits erste Hinweise darauf, dass durch den offensiven Einsatz von LED-Technik (also zusätzliches Licht) in einigen Kommunen die Beleuchtungskosten um durchschnittlich 25 Prozent gestiegen sind. Zurückzuführen ist das vor allem auf gestiegene Strompreise, aber auch Normanforderungen, die zu höheren Beleuchtungsniveaus und mehr Leuchtanlagen führen.

Daher ist es notwendig, nicht nur eine Steigerung der Energieeffizienz anzustreben, sondern gleichzeitig auch eine Senkung des gesamten Energieverbrauchs. Dies gelingt, indem man durch umsichtige und effiziente Beleuchtung, wie in dieser Broschüre beschrieben, Lichtverluste (also Lichtverschmutzung) vermeidet und das Beleuchtungsniveau konsequent nicht höher als notwendig ansetzt.

Immer mehr Kommunen setzen das bereits um, sehr effektiv zum Beispiel im Sternepark Rhön und seinem Umland. Besonders effektiv sind moderne intelligente Steuerungen, die die Beleuchtung so reduzieren, dass sie bedarfsorientiert eingesetzt wird: nur dann, wenn sie wirklich gebraucht wird, das Licht also tatsächlich auch Menschen nützt.



Abb. 1.5: Leuchten als Beispiele für die Nutzung regenerativer Solar- (links und Mitte: Photovoltaik) und Windenergie (rechts).



Abb. 1.6: Eine mit bernsteinfarbenen LED gleichmäßig beleuchtete Straße in der Rhön

Intelligenter Einsatz von Licht spart Kosten und ist ein Beitrag zum Klimaschutz

Dass der umsichtige Einsatz von Außenlicht deutliche Einsparungen bringt und gleichzeitig zum Klimaschutz sowie zum Schutz der Nacht beiträgt, zeigen die folgenden Beispiele:

Beispiel 1: Lichtlenkung

In einer Beleuchtungssituation (z. B. freistrahrende Leuchtstoffröhren) strahlten bislang 30 - 80 Prozent des Lichts dahin, wo es nicht gebraucht wurde. Dies trug zur Lichtverschmutzung bei und die dabei verschwendete Energie war eine Belastung des Klimas. Allein durch gezielte Ausrichtung oder Abschirmung kann hier die entsprechende Energie eingespart werden und gleichzeitig wird die Lichtimmission erheblich reduziert.

Beispiel 2: Zeitreduktion

Während der halben Nacht wird die Leistung der Beleuchtungsanlage um 50 Prozent reduziert. Das führt zu einer Energieeinsparung von 25 Prozent.

Auf den Punkt:

- Es gibt gute Gründe dafür, künstliches Licht umsichtig einzusetzen. Betreiber von Beleuchtungsanlagen in Gewerbe und Industrie tragen Verantwortung für das Wohl von Mensch, Natur und Klima - und sparen dabei sogar noch Kosten.
- Mit modernen Leuchten und Leuchtmitteln lassen sich die Anforderungen der Nachhaltigkeit problemlos erfüllen - ohne dass deshalb Werbezwecke oder Sicherheitsaspekte auf der Strecke bleiben.
- Für alle Beleuchtungsanlässe gibt es die passende technische Lösung. Zumeist ist dies eine Kombination aus der richtigen Hardware (Abschirmung, Lichtfarbe, Intensität) und bedarfsgerechter Steuerung. Nicht jede Leuchte muss die ganze Nacht über angeschaltet sein.
- Wer Kunstlicht zurückhaltend und bedarfsorientiert einsetzt, zeigt gesellschaftliche Verantwortung und spart in vielen Fällen gleichzeitig Energiekosten. Eine klassische Win-Win-Situation.

Um die in Kapitel 3 aufgeführten Praxis-Beispiele nachvollziehen zu können, ist ein Basisverständnis der wesentlichen lichttechnischen Begriffe und Messmethoden hilfreich.

2.1 Technische Einführung

Licht

ist die vom menschlichen Auge wahrgenommene elektromagnetische Strahlung. Es kann als elektromagnetische Welle angesehen werden, die durch ihre Intensität, ihre Schwingungsrichtung (Polarisation) und ihre Wellenlänge beschrieben wird. Weißes sichtbares Licht ist ein Gemisch von unterschiedlichen Wellenlängen zwischen 380 Nanometern (nm, ein Millionstel Millimeter) und 780 nm. Die einzelnen Wellenlängen entsprechen verschiedenen Farben.

Farbe	Wellenlängenbereich [nm]
Violett	380 - 436
Blau	436 - 495
Grün	495 - 566
Gelb	566 - 589
Orange	589 - 627
Rot	627 - 780

Tab. 2.1: Zuordnung der Farben zu den Wellenlängenbereichen

Lichtstrom

ist die gesamte von einer Lichtquelle in alle Richtungen abgestrahlte Lichtleistung, gemessen in **Lumen (lm)**. Der Lichtstrom ist der Strahlungsstrom, der von der spektralen Empfindlichkeit des tagsichtigen Auges (photopisches Sehen) bestimmt ist. Eine klassische 25 W Glühlampe liefert 220 lm. Das Gleiche bringt eine LED-Lampe bereits mit 2 W (Stand 2017).

Lichtstärke

ist der in einen bestimmten Raumwinkelbereich gesendete Lichtstrom mit der Einheit **Candela (cd)**. Der Name ist von „Kerze“ abgeleitet. Diese hat üblicherweise eine Lichtstärke von 1 cd = 1 Lumen/m².

Beleuchtungsstärke

ist die gesamte Lichtmenge, die auf eine zu beleuchtende Fläche fällt. Sie wird in **Lux (lx)** gemessen.

Leuchtdichte

ist die lichttechnische Größe, die das Auge wahrnimmt und als „Helligkeit“ bezeichnet wird. Gemessen wird sie in **Candela/m² (cd/m²)**. Die Leuchtdichte einer angestrahlten Fläche ist abhängig von der Beleuchtungsstärke des einfallenden Lichts und dem Reflektionsgrad der Fläche. Um die gleiche

Helligkeitswirkung zu erzeugen, muss eine helle Fläche weniger stark beleuchtet werden, als eine dunkle.

Nachfolgend einige typische Werte für Leuchtdichten und Beleuchtungsstärken:

	Leuchtdichte cd/m ²	Beleuchtungsstärke lx
Taghimmel	3.000	100.000
Stadt, Straßenbeleuchtung	0 - 2	1 - 30
Vollmondhimmel	0,02	0.25
Natürlich dunkler Himmel	0,0002	< 0,0001

Tab. 2.2: Einige typische Werte für Leuchtdichte und Beleuchtungsstärke

Farbtemperatur

Lampen können kalt(-bläulich), warmweiß oder gelblich erscheinen. Die Farbtemperatur hängt davon ab, mit welcher spektralen Energieverteilung ein Leuchtmittel strahlt: Enthält das weiße Licht mehr Blauanteile, erscheint es kaltweiß, bei höheren Rotanteilen erscheint es warmweiß bis gelblich. Einem klassischen thermischen Strahler (z. B. einer Glühlampe) kann man eine Temperatur entsprechend dem spektralen Verlauf zuordnen. Deshalb wird sie als (ähnlichste) Farbtemperatur (engl. **CCT**, **correlated colour temperature**) bezeichnet und muss inzwischen auf den Verpackungen der Leuchtmittel angegeben werden.

Lichtquellen mit Farbtemperaturen über 5.300 Kelvin (K) werden als kalt- oder tageslichtweiß, mit 3.300 - 5.300 K als neutralweiß, mit 2.500 K - 3.300 K als warmweiß und unter 2.500 K als gelblich bezeichnet. Glüh- oder Halogenlampen haben ca. 2.700 - 2.800 K, während Leuchtstofflampen und LED mit einem breiten Bereich von Farbtemperaturen hergestellt werden können.

Hohe Blauanteile haben nachteilige Auswirkungen:

1. Streuung in der Atmosphäre: Blaue Lichtanteile werden in der Atmosphäre stärker gestreut. Deshalb erscheint der Taghimmel blau. Kaltweißes Licht mit hohen Blauanteilen verursacht daher lokal eine stärkere Aufhellung des Himmels.

2. Stärkere Blendung: Licht mit hohen Blauanteilen wirkt blendender als warmweißes Licht. Bei Autoscheinwerfern kann man das gut beobachten.
3. Störung des zirkadianen Rhythmus: Die Zellen, die den menschlichen Tag-Nacht-Rhythmus steuern, sind vor allem für blaues Licht empfindlich. Werden sie nachts angeregt, wird der menschliche Schlaf gestört (vgl. Kap. 1).
4. Anziehung von Insekten: Blaue (und ultraviolette) Anteile im Licht ziehen Insekten stärker an als warmweiße Lichtquellen (Auswirkungen vgl. Kap. 1).

Farbwiedergabe

Wie gut die spektrale Energieverteilung einer Lichtquelle an eine Glühlampe angepasst ist und wie gut unterschiedliche Farben erkannt werden können, gibt der Farbwiedergabeindex Ra wieder. Ein Ra-Wert von 100 kommt Glühlampenlicht am nächsten und ermöglicht bestes Farberkennen, ein Wert zwischen 40 und 60 ein mittleres Farberkennen und 20 bis 40 ein geringes.

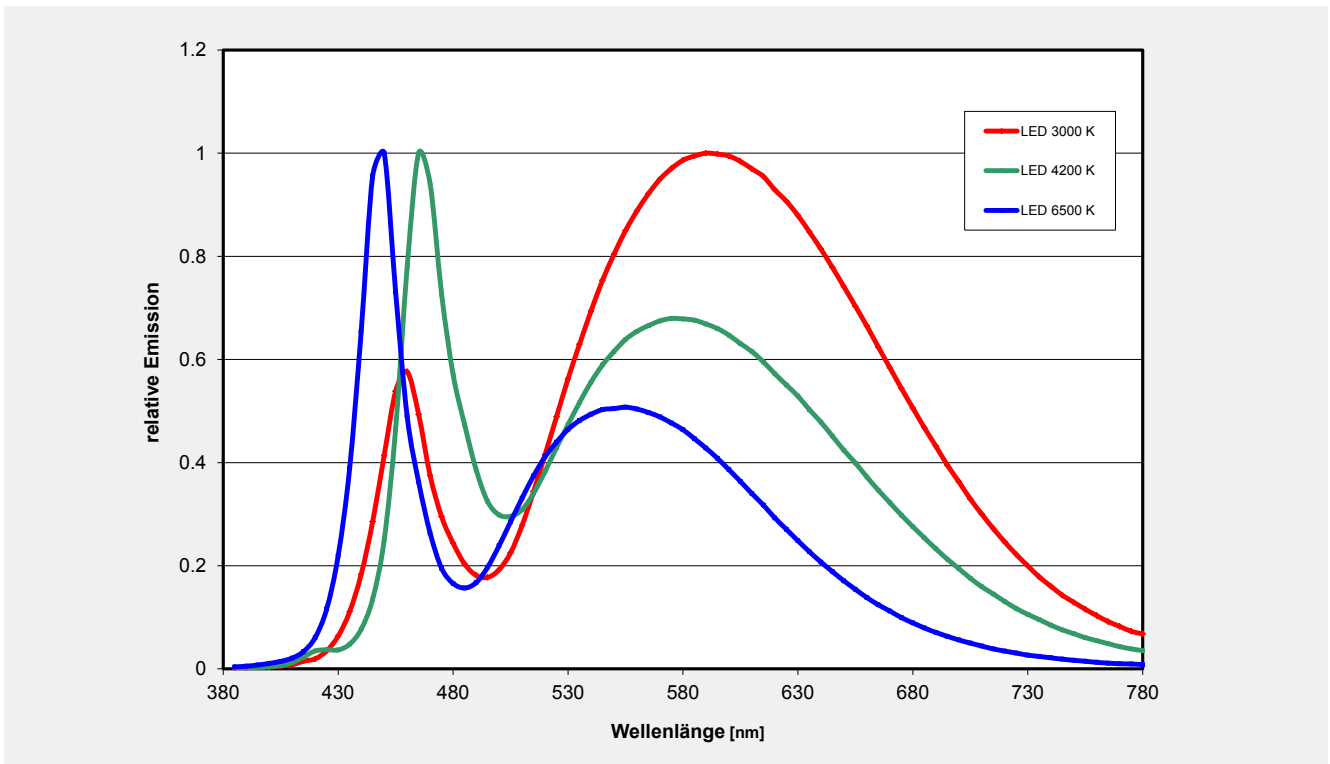


Abb. 2.1: Spektrale Energieverteilung von LEDs mit unterschiedlichen Farbtemperaturen (Grafik: A. Hänel)

Gleichmäßigkeit

Die Gleichmäßigkeit U_0 in der Beleuchtungsstärke wird als Quotient von minimaler E_{min} zu mittlerer Beleuchtungsstärke E_{mit} angegeben, entsprechend kann eine Gleichmäßigkeit für die Leuchtdichte definiert werden:

$$U_0 = E_{min} / E_{mit}$$

Beträgt die mittlere Beleuchtungsstärke 5 lx und die minimale 1 lx, so ist die Gleichmäßigkeit 0,2 ein oft genutzter unterer Grenzwert.

Messmethoden

Luxmeter messen die Beleuchtungsstärke in Lux und sind im Elektronikhandel bereits für unter 100 Euro erhältlich. Um die bei Dämmerung und in der Nacht üblicherweise geringen Beleuchtungsstärken von wenigen Lux genau messen zu können, wird ein höherwertiges Gerät benötigt, dessen Genauigkeit bei mindestens 0,1 Lux liegt. Da ein Luxmeter die Einstrahlung vom gesamten oberen Halbraum misst,

ist darauf zu achten, dass auf den Messkopf mit seiner Diffusorkalotte kein Schatten fällt.



Abb. 2.2: Verschiedene Luxmeter. Die Messköpfe mit den Diffusorkalotten liegen möglichst nahe beieinander.

Leuchtdichtemessgeräte sind wesentlich empfindlicher, da die Messung über ein optisches System in einem kleinen Winkelbereich ($1 - 2^\circ$) erfolgt. Deswegen sind sie wesentlich aufwendiger und teurer.

Leuchtdichtekameras erfassen gleichzeitig viele Messpunkte (entsprechend der Pixelanzahl), wodurch die Leuchtdichteverteilung über das gesamte Aufnahmegebiet gemessen werden kann. Auch kalibrierte moderne digitale Kameras sind genaue Leuchtdichtemessgeräte.

Spektralanalysatoren zerlegen das gesamte Licht entsprechend seiner Wellenlänge und ergeben die spektrale Energieverteilung, während die vorgeannten Geräte als vorgegebenen Wellenlängenbereich die Empfindlichkeit des tagsichtigen Auges haben. Wegen ihrer aufwendigeren Bauweise sind sie entsprechend teurer. Diese Geräte können die Farbeigenschaften unterschiedlicher Lichtquellen messen und deren äquivalente Farbtemperatur bestimmen.



Abb. 2.3: Unterschiedlicher Leuchtmitteltypen, links: Halogenlampe, Kompaktleuchtstofflampe, LED, rechts: verschiedene Gasentladungslampen (z. B. Natriumdampf lampen, rechts Natriumniederdruckdampf lampen)

Lampen/Leuchtmittel

Halogenlampen: Ähnlich wie bei Glühlampen, wird das Licht durch Erhitzen eines Glühdrahtes erzeugt. Dadurch wird sehr viel Energie im Bereich der Infrarot-(Wärme-)strahlung ausgesendet, weshalb diese Lampen sehr ineffizient sind. Zudem ist ihre Lebensdauer mit ca. 2000 Stunden relativ kurz. Sie haben jedoch eine warmweiße Farbtemperatur von ca. 2800 K, zudem sind die Leuchtdichten nicht extrem hoch.

Niederdruckgasentladungslampen (Natriumniederdruck, Leuchtstoffröhre, Kompaktleuchtstoffröhre): Hier werden Gase elektrisch angeregt, was dann in Form von Spektrallinien abgestrahlt wird. Dadurch gibt es keine kontinuierliche Farbverteilung, was eine schlechtere Farbwiedergabe zur Folge hat. In Leuchtstoffröhren und Kompaktleuchtstofflampen

ist Quecksilber enthalten, was sehr starke Linien im Ultravioletten verursacht. Dieses UV-Licht wird durch Leuchtstoffe an der Innenwand der Röhren in sichtbares Licht umgewandelt. Farbtemperaturen sind in gewissem Rahmen wählbar.

Hochdruckgasentladungslampen (Quecksilber, Natrium, Metallhalogen): Hier werden Gase elektrisch angeregt. Durch hohe Drücke werden einzelne charakteristische Spektrallinien stark verbreitert und erscheinen teilweise wie kontinuierliches Licht. Das verbessert die Farbwiedergabe.

LED: Licht emittierende Dioden (LED) sind Halbleiterbauteile, die Licht aussenden. Es gibt sie in unterschiedlichsten Farben und Farbtönen. Weiße LED werden meist aus einer blauen Licht emittierenden LED hergestellt (für die Erfindung gab es 2015 den Physik-Nobelpreis). Dabei wird das meiste

kurzwellige blaue Licht durch Phosphorschichten in Farben mit längeren Wellenlängen (grün, gelb und rot) umgewandelt. LEDs haben eine hohe

Energieeffizienz und strahlen in eine Richtung ab. Aufgrund ihrer geringen Größe strahlen sie mit einer hohen Leuchtdichte.

Lampen	Lichtausbeute lm/W	Lebensdauer h	Farbtemperatur K
Halogen	15 - 25	2000	2800
Quecksilberdampf	30 - 60	< 16.000	3 - 4000
Natriumdampf-Niederdruck	100 - 175	< 16.000	gelb
Natriumdampf-Hochdruck	70 - 130	< 16.000	1800
Halogen-Metaldampf	90 - 106	< 12.000	3000 - 5000
Kompakt-Leuchtstoff	65 - 75	< 16.000	2500 - 5400
LED	60 - 140	50.000	1800 - 10000

Tab. 2.3.: Eigenschaften verschiedener Lampen

2.3 Richtlinien und Vorgaben

Für die Beleuchtung von Arbeitsstätten im Außenbereich gibt es Regeln der Berufsgenossenschaften. Sie sind in den „Technischen Regeln für Arbeitsstätten: Beleuchtung, ASR A3.4, Anhang 2 für Außenbereiche“ aufgeführt. Es geht vor allem um **Mindestwerte** für Beleuchtungsstärken und die Farbwiedergabe für verschiedene Arbeitsbereiche und Tätigkeiten. Zudem beschreibt die Norm DIN EN 12464-1 für Arbeitsstätten im Außenbereich Standards in Hinblick auf Sehkomfort und -leistung.

In beiden Regelwerken werden Beleuchtungsstärken und Farbwiedergabewerte für unterschiedliche Arbeitsstätten angegeben, ebenso Grenzwerte für die Gleichmäßigkeit und Blendwirkung der Beleuchtung.

Dabei liegen die Grenzen für die meisten Bereiche zwischen 10 - 20 Lux, in besonders kritischen Fällen, die eine hohe Sehleistung erfordern, aber auch bei 150 Lux. Diese Grenzwerte sollen nicht überschritten werden. Der Farbwiedergabeindex liegt meist bei mindestens 25 (für Natriumhochdruckdampflampen).

Während in den vorhandenen Normen Mindestgrenzen festgelegt sind, gibt es kaum Angaben für **obere Grenzwerte**. Genau die aber wären sehr sinnvoll, um Lichtverschmutzung zu vermeiden. In der Schweiz und in einigen deutschen Großstädten hat man diesen Handlungsbedarf erkannt und obere Grenzwerte formuliert. Sie sind bei den einzelnen Beispielen angegeben.

In der „Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung“ (OStrV) wird zwar das Gefährdungspotenzial optischer Strahlung definiert, detaillierte Obergrenzen sind allerdings noch nicht formuliert.

Gemäß §3 des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG) zählt Licht zu den Immissionen, welche Gefahren, erhebliche Nachteile oder Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeiführen können. Konkretisiert sind die Regeln in den „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ („Lichtimmissions-Richtlinie“) der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI). In Anlehnung an die internationale Beleuchtungskommission CIE werden hier Grenzen für die Beleuchtungsstärke von nichtöffentlicher Beleuchtung - und dazu gehören Industrie, Gewerbe und Handel - an Fenstern von Wohnungen vorgegeben:

Immissionsort (Einwirkungsort) Gebietsart nach § BauNVO	Mittlere Beleuchtungsstärke in lx	
	06 - 22 Uhr	22 - 06 Uhr
1 Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten	1	1
2 Reine Wohngebiete (§3) Allgemeine Wohngebiete (§4) Besondere Wohngebiete (§4a) Kleinsiedlungsgebiete (§2) Erholungsgebiete (§10)	3	1
3 Dorfgebiete (§5) Mischgebiete (§7)	5	1
4 Kerngebiete (§7) Gewerbegebiete (§8) Industriegebiete (§9)	15	5

Tab. 2.4: Grenzwerte der vertikalen Beleuchtungsstärke in den Lichtimmissionsrichtlinien (nach LAI 2011)

Zum Vergleich sei erwähnt, dass die maximale horizontale Beleuchtungsstärke des Vollmonds im Winter, wenn er besonders hoch steht, gerade einmal 0,3 Lux beträgt.

Neben der Beleuchtungsstärke ist bei der Beurteilung von Lichtimmissionen auch die Blendung zu beachten.

Blendung entsteht durch hohe Unterschiede der Leuchtdichte und kann zu einem unangenehmen Gefühl (**psychologische Blendung**) oder zu einer tatsächlichen Beeinträchtigung der Sehleistung (**physiologische Blendung**) führen. Blendung entsteht durch Streuung des Lichts der Blendquelle im Auge und wird mit zunehmendem Alter stärker empfunden. Deshalb reagieren ältere Menschen empfindlicher auf eine physiologische Blendung als jüngere. Unterschiedliche Leuchtdichten kann das Auge bis zu einer gewissen Grenze durch Adaption ausgleichen. Eine Absolutblendung tritt auf, wenn sich das Auge nicht an eine helle Lichtquelle adaptieren kann. Dies ist ab einer Leuchtdichte von 10 000 cd/m² der Fall. Bei sehr hohen Leuchtdichten über 100 000 cd/m² kann es sogar zur Schädigung der Netzhaut kommen.

Solche Leuchtdichten hat die Sonnenoberfläche, ein Schweißbogen aber auch moderne Lichtquellen wie Hochleistungs-LEDs.

Entsprechend der Lichtimmissionsrichtlinie wird eine psychologische Blendung vermieden, wenn die Leuchtdichte der Blendlichtquelle L_{max} gegeben ist durch:

$$L_{max} \leq k \sqrt{L_u / \Omega}$$

Dabei ist k ein Immissionsrichtwert, der zwischen 32 und 160 angesetzt wird. Bei niedrigen Umgebungsleuchtdichten wird $L_u = 0.1 \text{ cd/m}^2$ angesetzt und Ω ist der Raumwinkel der Blendlichtquelle.

Hinweise zur Errichtung von Werbeanlagen finden sich noch in Anlage 2 der Hessischen Bauordnung.

Empfehlung: Im Sinne eines verantwortungsvollen Umgangs mit Licht, sollten die derzeit noch geltenden zu hohen Grenzwerte daher eher deutlich unterschritten werden.

3

Praxisbeispiele

Hinsichtlich der Außenbeleuchtung von Gewerbe und Industrie gibt es (nicht nur) in Hessen noch erhebliches Verbesserungspotenzial. Dieses Kapitel geht auf typische Fehler ein und zeigt praktische Lösungsmöglichkeiten. Eine umweltgerechte und oft auch energie-sparende Beleuchtung ist relativ leicht zu realisieren.



Abb. 3.1: So sollte es nicht sein: Der Werbepylon eines Autohofs strahlt viel Licht ungenutzt in den Himmel

3.1. Außenanlagen und Parkplätze



Falsch



Richtig

Abb. 3.2.: *Vielerorts werden Parkplätze unangemessen hell beleuchtet (linkes Bild). Nachhaltige Beleuchtung (rechtes Bild) reicht völlig aus und schützt die Nacht.*

Für die Beleuchtung von Außenanlagen wie Zufahrten, Vorplätze, Lager- und Betriebsflächen geben wiederum die bereits erwähnten „Technischen Regeln für Arbeitsstätten“ (ASR A3.4) Hinweise.

Darüber hinaus sollte darauf geachtet werden, dass

- die Beleuchtungsstärken nicht wesentlich überschritten werden.
- nur voll abgeschirmte Leuchten zum Einsatz kommen und vermieden wird, dass zu viel Licht in die Umgebung abgestrahlt wird.

- warmweißes Licht genutzt wird, um die Blauanteile zu reduzieren.
- bedarfsorientiert reduziert wird (z. B. Abschalten nach Betriebsende).

Parkplatzbeleuchtung

Für Parkplätze mit geringem Verkehrsaufkommen lässt sich aus der DIN EN 12646 eine mittlere Beleuchtungsstärke von 5 lx, bei mittlerem Verkehrsaufkommen von 10 lx ableiten, aus der DIN EN 13201 (Klasse S4) ein Wert um 5 lx.



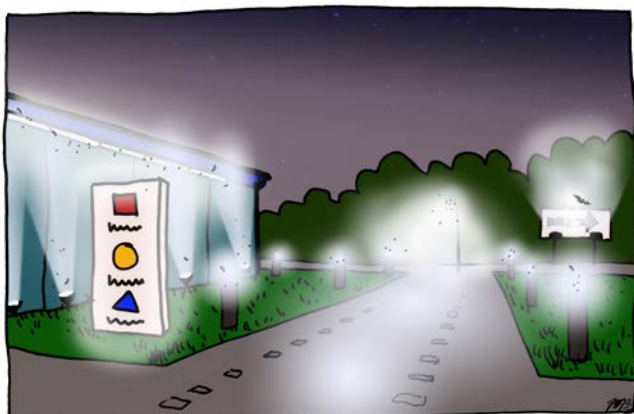
Abb. 3.3: *Links ein Parkplatz mit 7 - 16 lx Beleuchtungsstärke und warmweißer (3.000K) LED-Beleuchtung, rechts einer mit 35 - 75 lx Beleuchtungsstärke und neutralweißer (4.000K) LED-Beleuchtung. In beiden Fällen wurde eine voll abgeschirmte Beleuchtung installiert. Links ist die Beleuchtung an die Norm angelehnt, rechts sind wesentlich höhere Lichtmengen eingesetzt. Da der rechte Parkplatz nach Geschäftsschluss kaum genutzt wird, ist ohnehin fraglich, ob er dann noch so hell beleuchtet sein muss.*

Bei den Empfehlungen für die Beleuchtungsstärken wird nicht nach der Lichtfarbe differenziert. Neutralweißes Licht erscheint bei gleicher Beleuchtungsstärke wesentlich heller als warmweißes oder gelbes Natriumlicht. Deshalb kann die Beleuchtungsstärke für weißes Licht erheblich reduziert werden. Als positiver Nebeneffekt führt das zu einer höheren Energieeinsparung und weniger schädlichen Lichtemissionen. Auch eine bedarfsorientierte Schaltung, insbesondere eine Abschaltung zu Zeiten, in denen

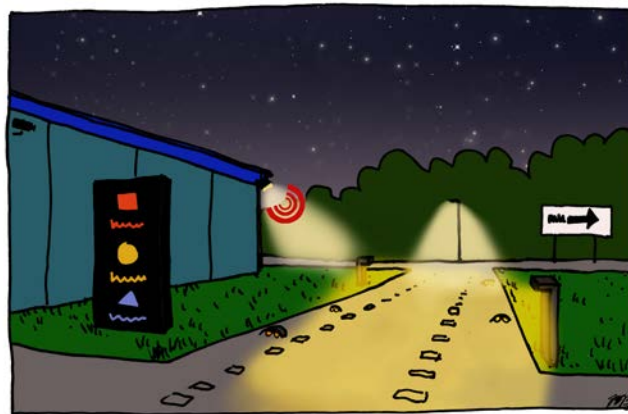
das Gelände nicht mehr genutzt wird, reduziert deutlich die Energiekosten.

Empfehlung: Die Beleuchtungsstärken für Parkplätze sollten 10 lx nicht übersteigen. Es sollten nur voll abgeschirmte, genau waagrecht montierte Leuchten (etwa Lichtstärkeklasse G6) mit warmweißen Leuchtmitteln zum Einsatz kommen und außerhalb der Geschäftszeiten stark reduziert oder abgeschaltet werden.

3.2. Effektorientierte Beleuchtung: Fassaden- und Gebäudeanstrahlung



Falsch



Richtig

Abb.3.4: Gerade in Ortsrandlagen beeinträchtigt falsche Beleuchtung die Natur (links). Es geht auch umweltgerechter mit gezielter Beleuchtung mit geringen Blauanteilen (rechtes Bild).



Abb. 3.5: Fassadenanstrahlung wird an stark reflektierenden Wänden verstärkt.

Anstrahlungen sollen Gebäude optisch hervorheben, zumeist werblich oder touristisch motiviert. Oftmals geschieht dies unangemessen. Dabei kann man durchaus auch effektiv voll beleuchten, ohne übermäßig zur Lichtemission beizutragen.



Abb. 3.6: Eine helle Fassadenanstrahlung in einem dunklen Umfeld ist blendend, wirkt sich negativ auf den umgebenden Naturraum aus und überstrahlt den Blick auf die Sterne.

Lichtlenkung

Es sollten auf keinen Fall Bodenstrahler eingesetzt werden, da sie viel Licht ungenutzt an den Himmel lenken! Selbst wenn sie gut ausgerichtet sind, strahlen sie durch Verschmutzungen oder Kratzer bald in alle Richtungen. Eingesetzt werden vor allem Flutlichtscheinwerfer, die mit unterschiedlichen Abstrahlcharakteristiken erhältlich sind. Dies sind bislang vor allem Halogenstrahler, die eine

warmweiße Farbtemperatur von 2.700 K haben, ebenso Metalldampf Lampen, deren Farbtemperatur (Farbspektrum) in gewissem Umfang gewählt werden kann.

Üblicherweise wird heute oft noch das Licht durch Spiegel gelenkt, was allerdings meist nur eine unzulängliche Lichtlenkung erlaubt. Um diesen Nachteil auszugleichen, werden auch Blenden oder Abschirmungen eingesetzt.

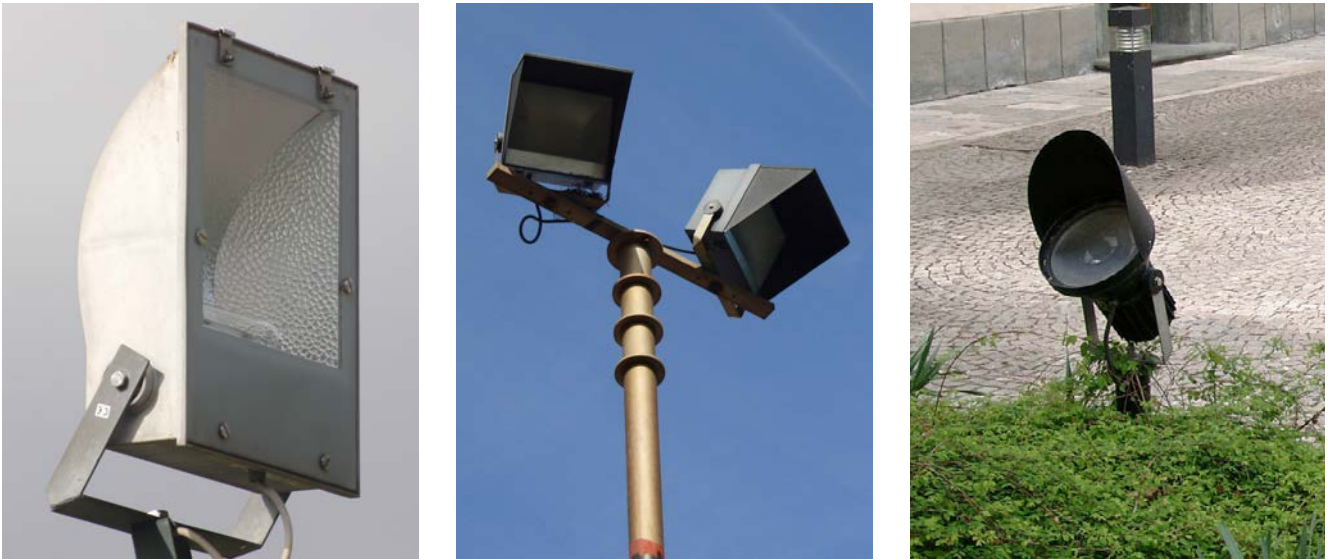


Abb. 3.7: Asymmetrischer Strahler und Blenden an Strahlern, die Störlicht vermeiden .



Abb. 3.8: Diese Strahler sind viel zu hoch ausgerichtet und strahlen zu viel Licht in den Himmel. Zudem blenden sie stark.

Inzwischen werden herkömmliche Strahler zunehmend durch LED-Strahler ersetzt. Man unterscheidet symmetrisch abstrahlende und asymmetrisch strahlende oder stark gebündelte Strahler mit guter Lenkung. Zudem gibt es Projektionscheinwerfer mit Schablonen (GOBO-Technik), die Flächen so exakt beleuchten können, dass kein Licht an der zu beleuchtenden Fläche vorbeigelenkt wird.

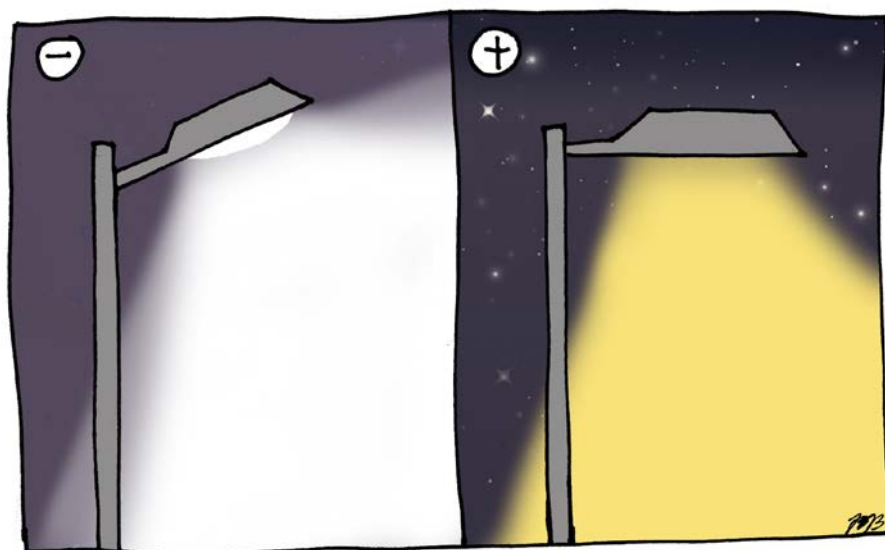


Abb.3.9: Falsch geneigte Strahler (linkes Bild) strahlen ungenutzt in die Umwelt. Das rechte Bild zeigt, wie einfach es ist, gezielt zu beleuchten.

Oft wird fälschlicherweise angenommen, dass ein geneigter Einsatz die Fläche besser ausstrahlt. Durch die Aufneigung erhöht sich jedoch die zu vermeidende Blendwirkung und viel Licht und Energie landet sinnlos im Himmel. Daher sollten bei flächiger Beleuchtung möglichst asymmetrische Strahler bzw. Planflächenstrahler eingesetzt werden. Bei ebenen Flächen ist darauf zu achten, dass die Strahler unbedingt **horizontal montiert werden!**

Bei Fassadenanstrahlungen hingegen sollten Planflächenstrahler vertikal so montiert werden, dass kein Licht am Gebäude vorbei in den Himmel strahlt. Sogenannte Lichtverteilungskurven visualisieren die Lichtstärke und geben Auskunft darüber, wohin das Licht gelenkt wird.

Lichtmenge

Der visuelle Eindruck wird durch die Helligkeit (Leuchtdichte) des angestrahlten Objektes bestimmt. Dabei muss bedacht werden, dass die aus Gründen der Verkehrssicherheit installierte Straßenbeleuchtung typische Leuchtdichten von 1 - 2 cd/m² hat.

Anstrahlungen mit wesentlich höheren Leuchtdichten bewirken, dass die Verkehrsteilnehmer abgelenkt oder sogar geblendet werden. Leuchtdichten von mehr als 10 cd/m² sollten vermieden werden. Dabei ist darauf zu achten, dass helle Fassaden eine geringere Beleuchtungsstärke erfordern. Besonders kritisch sind metallische Fassaden, die zu Reflexionen führen. Auf jeden Fall sollte die Anstrahlung nach Geschäftsschluss (also nachts) deutlich reduziert und möglichst ganz abgeschaltet werden.

Zielvorgabe: Die Leuchtdichte bei Gebäudeanstrahlungen sollte 10 cd/m² nicht übersteigen. Strahler sollten stets so ausgewählt und montiert werden, dass sie nur das Objekt beleuchten und möglichst wenig Licht daran vorbeigestrahlt wird.

3.3. Werbeanlagen und Schriftzüge

Werbebeleuchtung hat das Ziel, eine Botschaft zu vermitteln. Dabei sollte sich der Betreiber fragen, ob die Beleuchtung außerhalb der Geschäftszeiten bei geringem Verkehrsfluss überhaupt Sinn macht.

Zum Einsatz kommen vor allem zwei Techniken:

1. Die Werbeflächen werden mit Scheinwerfern oder Leuchtstoffröhren angestrahlt. Dabei erreicht man oftmals nur mit mehreren Einzelleuchten eine gleichmäßige Ausleuchtung. Erfolgt eine Anstrahlung von unten nach oben, wird jedoch erhebliches Streulicht gen Himmel erzeugt. Deshalb sollten Anstrahlungen nur von oben nach unten erfolgen.
2. Selbstleuchtende Werbetafeln sind mit Leuchtstoffröhren hinterleuchtete Transparente. Inzwischen werden vor allem LED-Lampen eingesetzt, die häufig eine höhere Lichtmenge einsetzen als nötig.



Besonders weitreichende Auswirkungen haben Werbeschilder auf hohen Werbepylonen, wie sie vor allem an oder in der Nähe von Autobahnen eingesetzt werden. Ihre Lichtwirkungen führen immer wieder zu Beschwerden. Ihr Sinn und ihre Rechtmäßigkeit sind zu hinterfragen. Der Autofahrer wird abgelenkt, Vögel und Insekten werden irritiert und kommen zu Schaden.

Neue Techniken sind digitale Anzeigetafeln, die veränderliche Bildinhalte oder gar Videoinhalte anzeigen. Abgesehen davon, dass gerade bewegte Bildinhalte die Aufmerksamkeit der Straßenverkehrsteilnehmer besonders beanspruchen und es daher enge Genehmigungsgrenzen gibt, ist es unbedingt erforderlich, dass die Helligkeit der Umgebungshelligkeit angepasst wird. Nachts dürfen solche Tafeln nicht so hell leuchten wie am Tage und die Helligkeit muss reduziert werden.

Für die Grenzen von Werbebeleuchtung gilt ebenfalls die Lichtimmissionsrichtlinie, die die Auswirkungen auf benachbarte Wohnungen beschränkt. Als anderes Maß kann die Leuchtdichte eingeschränkt werden, wobei 730 cd/m^2 bereits als blendend angenommen werden (Strahlenschutzkommission, 2006).

Einschränkungen für Werbeanlagen gibt es beispielsweise auch im Werbekonzept von Berlin, wo eine maximale Leuchtdichte von 500 cd/m^2 erlaubt ist. In Luzern darf Leucht- und Dachreklame eine maximale Leuchtdichte von 110 cd/m^2 nicht überschreiten und muss ab 23 Uhr abgeschaltet werden. Bei Anstrahlungen ist dort die Leuchtdichte auf 15 cd/m^2 beschränkt, die Farbtemperatur des Leuchtmittels auf maximal 3.000 K und die Farbwiedergabe auf $R_a > 80$, und ab 23 Uhr ist abzuschalten.

Abb. 3.10: Von unten schlecht angestrahlte Werbepylone vergeuden viel Energie und tragen zu einem hohen Maß zur Lichtverschmutzung bei.

Aufgrund dieser Beispiele ergibt sich folgende Empfehlung:

Die Leuchtdichten bei großflächigen Anstrahlungen sollen nicht 10 cd/m^2 , bei hinterleuchteten Tafeln nicht 100 cd/m^2 übersteigen. Bei hinterleuchteten Werbetafeln sind helle Hintergründe zu vermeiden. Diese erscheinen häufig so hell, dass die eigentliche Werbebotschaft überstrahlt wird und kaum lesbar ist. Zudem tragen solche Anlagen massiv zur Aufhellung der Umgebung bei.



Abb. 3.11: Ein Pylon mit unterschiedlichen Werbetafeln und den gemessenen Leuchtdichten in cd/m^2 . Der gewünschte Informations- (oder Werbe-) Effekt könnte auch mit einheitlich niedrigen Leuchtdichten von etwa 100 cd/m^2 vermittelt werden.



Abb. 3.12: Dunkle Hintergründe verursachen weniger Lichtverschmutzung bei gleicher Wirkung.

3.4. Abstrahlende Innenraumbeleuchtung: Glasfassaden und Schaufenster



Falsch



Richtig

Abb. 3.13: Falsch beleuchtete Schaufenster (linkes Bild) tragen in den Städten zum Lichtsmog bei. Richtig beleuchtet (rechtes Bild) kommen die Auslagen sogar noch effektvoller zur Wirkung.

Die zunehmende Verwendung von Glasfassaden führt dazu, dass bei nächtlicher Nutzung der Gebäude erhebliche Lichtmengen in den Außenraum fallen. Die Summe dieses nach außen gelangenden Innenlichts trägt erheblich zum Lichtsmog bei.

Empfehlung: Zur Reduzierung von Lichtemissionen sollten nachts beleuchtete Räume durch lichtundurchlässige Jalousien abgeschirmt werden. Auslagen in Schaufenster sollten von oben nach unten ausgeleuchtet sein, nicht von hinten oder von der Seite.



Die schädlichen Auswirkungen verschwenderischer Innenbeleuchtung auf Vögel sind besonders am illuminierten Posttower in Bonn untersucht worden (Haupt, 2011). In Frankreich gibt es seit 2013 ein Gesetz gegen Lichtverschmutzung, nach dem Bürobeleuchtungen spätestens eine Stunde nach Verlassen des letzten Nutzers auszuschalten ist. Nach diesem Gesetz müssen Fassadenanstrahlungen wie auch Schaufensterbeleuchtungen nach 1:00 Uhr abgeschaltet werden.

Auch wenn es für solche Fälle noch keine gesetzlichen Obergrenzen gibt, steht fest: Es kann nicht im Sinne des Gebäudeeigentümers sein, dass seine Immobilie Jahr für Jahr einer großen Zahl von Vögeln und noch mehr Insekten das Leben kostet.

Abb. 3.14: Mit diesem hell erleuchtete Hochhaus sind viele Vögel kollidiert. Inzwischen bleibt die Beleuchtung meist abgeschaltet, wodurch sich die Kollisionen erheblich reduziert haben.



Vor allem schlecht ausgerichtet und übermäßig helle Schaufensterbeleuchtung trägt ebenfalls erheblich zu einem Übermaß an Licht in den Städten bei.

Im *Plan Lumière* von Luzern wird beispielsweise die Schaufensterbeleuchtung dadurch begrenzt, dass sie 1,5 m vor der Scheibe maximal 50–70 lx auf dem Fußboden betragen darf. Ab 23:00 Uhr muss sie auf 5 Prozent reduziert werden.

Abb. 3.15: Die Straße wird durch Schaufensterbeleuchtung stärker erhellt als durch die öffentliche Beleuchtung, obwohl kaum noch Passanten unterwegs sind.



Abb. 3.16: In Luzern sind Schaufenster- und öffentliche Beleuchtung relativ gut aufeinander abgestimmt.

Empfehlung: Innenbeleuchtung sollte nach Nutzungsende ausgeschaltet werden und Schaufensterbeleuchtung nur nach unten gerichtet sein. Die Beleuchtungsstärke sollte 1,5 m vor dem Schaufenster nicht mehr als 50 lx betragen und nach Geschäftschluss merklich (mehr als 70 %) reduziert werden.

3.5. Technische Lösungen

3.5.1. LED-Röhren

Freistrahkende Leuchtstoffröhren oder inzwischen auch verstärkt LED-Röhren werden wegen der geringeren Kosten gerne montiert. Allerdings ist die Abstrahlungscharakteristik sehr schlecht, da mehr als die Hälfte (eher 80 %) des Lichts ungenutzt abgestrahlt wird. Durch diffuse Röhren lassen sich die hohen Leuchtdichten beim Einsatz von LED zwar

reduzieren, doch sind viele LED-Röhren inzwischen heller als konventionelle Leuchtstoffröhren. Dadurch haben sie eine höhere Blendwirkung.

Es gibt jedoch technische Lösungen, die eine flächige Beleuchtung ohne Blendung ermöglichen, wenn entsprechende Gehäuse genutzt werden.



Abb. 3.17: Unnötige Doppelbeleuchtung mit neutralweißen LED: Oben ein Planflächenstrahler, der nur nach unten strahlt, während darunter zusätzlich eine LED-Röhre installiert ist, die ihr Licht in alle Richtungen abstrahlt und blendend wirkt.

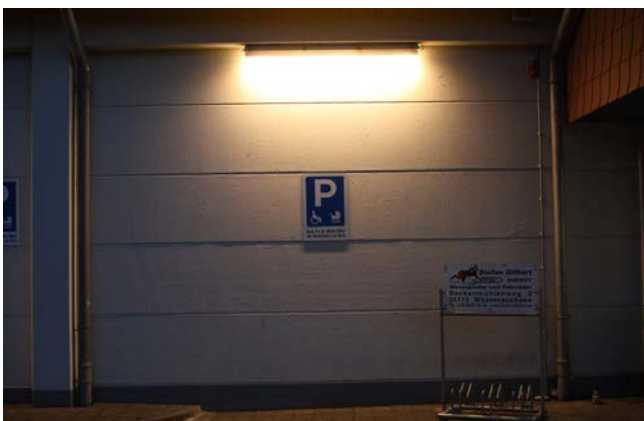


Abb. 3.18: Mit einfachen Mitteln umgebautes Gehäuse für LED-Röhren, das eine blendende Abstrahlung nach vorne vermeidet.



Abb. 3.19: Voll abgeschirmte Langfeldleuchten erhellen nur die darunter liegende Fläche und strahlen nicht in die Umgebung.

3.5.2 Wandleuchten

Auch Wandleuchten sind überwiegend nicht abgeschirmte Leuchten: Ihr abstrahlendes Licht wird nur zu einem kleinen Anteil genutzt. Die überwiegenden Lichtteile werden ungenutzt abgestrahlt. Oft wird dann versucht, durch höhere Lichtmengen eine gute Helligkeit auf dem Boden zu erreichen. Das erhöht die Blendwirkung der freistrahrenden Leuchten.

Im Sinne einer blendfreien und energiesparenden Beleuchtung sollten daher nur abgeschirmte Wandleuchten eingesetzt werden, die das Licht ausschließlich nach unten abstrahlen.



Abb. 3.20: Freistrahkende Wandleuchten blenden und erhellen kaum die Verkehrsfläche.

3.5.3 Bedarfsorientierte Beleuchtung

Wer eine Verringerung von Lichtmengen anstrebt, muss wissen, dass das menschliche Auge ein logarithmischer Empfänger ist. Eine Halbierung der Lichtmenge wird kaum bemerkt. Erst die Reduzierung auf ein Drittel wird als deutliche Reduzierung wahrgenommen. Wo das Beleuchtungsniveau abgesenkt werden soll, empfiehlt sich daher eine Reduzierung der Lichtmenge um 70 Prozent. Dass wird bei der Straßenbeleuchtung vielerorts bereits erfolgreich angewendet.

Intelligente Steuerung spart Geld

Mit einer bedarfsorientierten Beleuchtung lässt sich Energie einsparen. Dazu gibt es verschiedene Methoden:

- Einfaches Schalten, manuell, durch eine Zeitschaltuhr und/oder einen Dämmerungsschalter.
- Besteht nach dem Abschalten Lichtbedarf, sollte es über Schalter oder Bewegungsmelder eingeschaltet werden. Beim Einsatz von Bewegungsmeldern ist Folgendes zu beachten: Der Melder muss so ausgerichtet und eingestellt sein, dass er nur dann reagiert, wenn es erforderlich ist und das Licht nicht zu lange an bleibt.
- Reduzierungen der Lichtintensität einzelner Lampen lassen sich durch elektronische Schaltungen realisieren. Die verschaffen mehr Flexibilität, können aber auch höhere Installationskosten verursachen.

- In jeden Fall sind für eine bedarfsgerechte Beleuchtung LED die Leuchtmittel erster Wahl. Sie lassen sich beliebig dimmen und schnell an- und ausschalten.

Intelligenter Einsatz von Licht spart deutlich Kosten

Der umsichtige Einsatz von Außenlicht bringt deutliche Einsparungen. Das zeigt die folgende Modellrechnung:

Annahme 1

In einer Beleuchtungssituation strahlte bislang 30 – 80 % des Lichts dahin, wo es nicht gebraucht wurde und trug so zur Lichtverschmutzung und Energieverschwendung bei. Durch gezielten Einsatz von Leuchtmittel und Ausrichtung/Abschirmung kann hier 30 – 80 % Energie eingespart werden, gleichzeitig wird die Lichtimmission erheblich reduziert.

Annahme 2

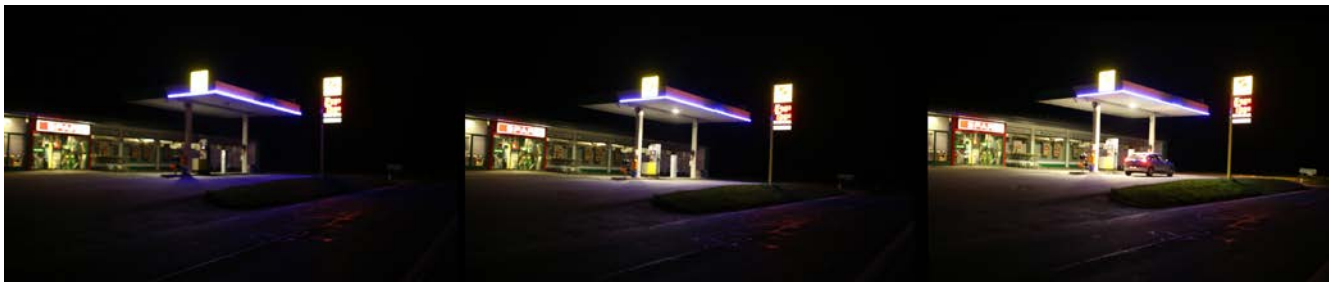
Während der halben Nacht wird die Leistung der Beleuchtungsanlage um 50 Prozent reduziert. Energieeinsparung: ca. 25 Prozent.



Abb. 3.21: Links: Die Wandleuchten strahlen rundherum ab, lediglich ca. 20 – 30 Prozent des abgestrahlten Lichts wird auf der Verkehrsfläche genutzt (gelb). Rechts: Durch abgeschirmte Leuchten wird das Licht vor allem auf die Verkehrsfläche gelenkt.

Best Practice-Beispiel: Bedarfsgerechte Beleuchtung einer Tankstelle in der Steiermark/Österreich. Ist kein Fahrzeug vor Ort, ist nur die Werbebeleuchtung eingeschaltet. Nähert sich ein Fahrzeug, wird

zunächst eine Grundbeleuchtung an der Zapfstelle eingeschaltet: Erst beim Anhalten des herankommenden Fahrzeugs erreicht die Beleuchtung ihre volle Helligkeit.



Kein Auto

Heranfahrendes Auto

Auto an Zapfsäule

Abb. 3.22: *Bedarfsorientierte Beleuchtung an einer Tankstelle: Volle Lichtstärke wird nur bei Anwesenheit von Kundschaft erreicht.*

Auf einen Blick:

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass eine umweltfreundliche und energieeffiziente Beleuchtung im Industrie- und Gewerbebereich realisierbar ist und dadurch erhebliche Energieeinsparungen möglich werden.

Dafür müssen lediglich folgende Fragen geklärt werden:

- Ist eine Beleuchtung wirklich unbedingt notwendig?
- Welche Lichtmenge wird benötigt? Kann sie reduziert werden?
- Wo wird das Licht benötigt? Auf keinen Fall darf eine Beleuchtung des Himmels oder benachbarter Naturräume erfolgen.
- Zu welchen Zeiten wird das Licht benötigt? Ist eine Reduzierung, Abschaltung oder bedarfsorientierte Schaltung möglich?
- Welche Lichtqualität ist notwendig? Lässt sich das besonders umweltfreundliche gelbe/bernsteinfarbene Licht (ca. 1.800 K) einsetzen? Bei weißem Licht sollte die Farbtemperatur maximal 3.000 K betragen. Bei Werbetafeln ist auf dunkle oder warmfarbene Hintergründe zu achten.

Weniger ist mehr: Ein neuer Blick auf die Außenbeleuchtung

Immer mehr Unternehmer erkennen, dass in Sachen Außenbeleuchtung weniger mehr sein kann. Dies dient der Gesundheit der Menschen und dem Artenschutz. Lichtverschmutzung wird zunehmend kritisch gesehen. In einem solchen Meinungsumfeld sollte es im Interesse eines jeden Unternehmens sein, darauf verweisen zu können, dass die eigene Außenbeleuchtung und Lichtwerbung nachtgerecht ist.

Es gibt viele Beispiele dafür, wie solche „weichen“, auf die Umwelt bezogenen Argumente von den Kunden positiv wahrgenommen und irgendwann sogar erwartet werden: „Ohne Zusatzstoffe“, „recyclingfähig“, „klimaschonend produziert“ und vieles mehr. Vor dem Hintergrund muss ein Betrieb, der erkennbar Lichtsmog verursacht, mittelfristig damit rechnen, von seinen Kunden als „Lichtverschmutzer“ wahrgenommen zu werden.

Wer sein Gebäude stolz von Weitem sichtbar gleißend anstrahlt oder unangemessen helle Leuchtreklamen und Schaufensterbeleuchtung einsetzt, erreicht damit in der öffentlichen Wahrnehmung möglicherweise genau das Gegenteil.

Und: Da nachts das Licht das prägende Medium ist, ist es auch im Interesse der Kommunen, dass ihr Ortsbild nicht durch Wildwuchs in der privaten und gewerblichen Beleuchtung verkommt.

4.1 Zuständige Behörden in Hessen

Regierungspräsidium Kassel

Am Alten Stadtschloss 1
34117 Kassel
0561106-0
poststelle@rpks.hessen.de

Regierungspräsidium Gießen

Landgraf-Philipp-Platz 1-7
35390 Gießen
0641 303-0
poststelle@rpqi.hessen.de

Regierungspräsidium Darmstadt

Regierungspräsidium Darmstadt
64278 Darmstadt
06151 12-3366
poststelle@rpda.hessen.de

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLNUG)

Rheingaustraße 186
65203 Wiesbaden
0611 6939-0
www.hlnug.de

4.2 Literatur

Ausschuss für Arbeitsstätten: Technische Regeln für Arbeitsstätten: Beleuchtung, ASR A3.4, baua, 2014

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionschutz (LAI): Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen, 2012

BMUB: „Klimaschutz in neuem Licht“, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2016

Hänel, A. und Frank, S.: Beleuchtungsempfehlungen für den Sternenpark Rhön, S. 2014

Haupt, H. und Schillemeit, U.: Skybeamer und Gebäudeanstrahlungen bringen Zugvögel vom Kurs ab, Naturschutz und Landschaftsplanung 43, 165, 2011

Held, M., Hölker, F. und Jessel, B. (Hrsg.) Schutz der Nacht, BfN-Skript 336, Bonn, 2013

Hentschel: Licht und Beleuchtung, Heidelberg, 2002

IFA, Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung: Blendung – Theoretischer Hintergrund, 2010

LiTG, Fachgebiet Außenbeleuchtung: Empfehlungen für die Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen künstlicher Lichtquellen 12.3, Berlin, 2011

Licht.de: licht.wissen 13, Arbeitsplätze im Freien,
Fördergemeinschaft Gutes Licht, Frankfurt, o.J.

Posch, T., Hölker, F., Uhlmann, T. und Freyhoff, A.:
Das Ende der Nacht, Weinheim, 2013

Rehmann, M.: Gewerbliche Beleuchtung im Wohn-
quartier – eine unterschätzte nächtliche Belas-
tung?, Universitätsverlag der TU Berlin, 2014

Reidenbach u.a.: Blendung durch optische Strah-
lungsquellen, Projekt F2185, baa, Bundesanstalt
für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund
2008

Reidenbach: Leitfaden „Lichteinwirkung auf die
Nachbarschaft“, Fachverband für Strahlenschutz,
FS-2014-160-AKNIR-Netz, Köln 2014

Schmidt, M. und Schmidt, T.: Rettet die Nacht!,
Fulda, 2016

Schmidt, M. und Frank, S.: Sternenpark Rhön,
München, 2015

Udovičić u.a.: Photobiologische Sicherheit von Licht
emittierenden Dioden (LED), Projekt F2115, baa,
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeits-
medizin, Dortmund 2013

Impressum

Herausgeber:

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
Mainzer Straße 80
65189 Wiesbaden
umwelt.hessen.de

Hinweis:

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Hessischen Landesregierung herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlbewerberinnen und -bewerbern oder Wahlhelferinnen und -helfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Europa- und Kommunalwahlen. Missbräuchlich sind insbesondere eine Verteilung dieser Druckschrift auf Wahlveranstaltungen oder an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es jedoch gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Struktur und Text

Dr. Andreas Hänel / Dr. Mathias R. Schmidt

Gestaltung:

design.idee, büro für gestaltung, Erfurt
www.design-idee.net

Fotos:

Gunther Möller/HMUKLV
Andreas Hänel (sofern nicht anders erwähnt)
Seite 25 (rechts oben): ibreakstock /StockAdobe.com

Zeichnungen:

Bärbel Busch

ISBN

978-3-89274-400-9

Die Autoren danken Roland Müller vom Verein Sternenpark Rhön e. V., Torsten Güths von der Vereinigung der Sternfreunde e.V. und insbesondere der Koordinatorin des Sternenparks Rhön, Sabine Frank, für wertvolle Unterstützung.

HESSEN



**Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz**

Mainzer Straße 80
65189 Wiesbaden
umwelt.hessen.de