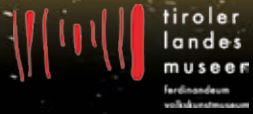


zu hell!!



DIE HELLE NOT

Wenn Licht zum Problem wird.



Vorwort des
Tiroler Umweltanwaltes



Mag. Johannes Kostenzer

Das vor über zehn Jahren von der Tiroler Umweltanwaltschaft und dem Tiroler Landesmuseum gegründete Projekt zum sorgsamem Umgang mit Licht wurde zu einer Erfolgsgeschichte. „Die Helle Not“ zieht weite Kreise, doch Lichtverschmutzung ist weiterhin ein Thema.

Vielerorts können wir die Sterne nur noch erahnen. Der Sternenhimmel ist Teil unserer Nachtlandschaft – wahrscheinlich der faszinierendste. Durch die energieintensive Überstrahlung mit Kunstlicht bleibt ein großer Teil der Erlebbarkeit der Nacht für uns im Hellen. Nicht nur kostenintensive Beleuchtung diverser Freizeiteinrichtungen, sondern auch kostenloses natürliches Sternenleuchten hat Kapital für die Zukunft. In manchen Ländern wird mittlerweile gar mit lichtfreiem Urlaub geworben.

Wissenschaftlich ist längst erwiesen, dass nächtliche Lichtimmission auch Auswirkungen auf uns selbst und unsere Natur hat, nicht zu vergessen die Energieverschwendung, die mit ineffizienter und unnötiger Beleuchtung einhergeht. So gibt es genug Anlässe, bei diesem Thema am Ball zu bleiben.

Erst zwei Jahre sind seit der letzten Aktualisierung der „Hellen Not“ Broschüre vergangen. Technologien ändern sich, neue Erkenntnisse und Entwicklungen fordern uns heraus. Dies macht es notwendig, unseren Leserinnen und Lesern ein aktuelles Bild zu verschaffen. Die Entwicklungen in der Beleuchtungsindustrie – insbesondere die der LED-Technologie – sind rasant. Diese Entwicklungen bergen großes Potenzial, so werden LEDs durch Energieeffizienz und eine geringe Anlockkraft auf Insekten ausgezeichnet. Doch nichtsdestotrotz ist neben dem „Gewusst Wo“ auch das „Gewusst Wie“ des Lichteinsatzes gefragt – auf der Straße, im Gewerbegebiet, auf der Schipiste oder im Garten.

Ich hoffe, dass der Inhalt dieser 4. Auflage Sie dazu bewegt, sich für eine energieeffiziente und umweltverträgliche Beleuchtung einzusetzen!

Johannes Kostenzer



Inhalt



Lichtverschmutzung ist die „Überlagerung“ des natürlichen Lichts von Mond und Sternen durch künstliches Licht von z.B. Straßenlampen und Leuchtreklame. Jenes Kunstlicht, welches negative Auswirkungen auf den Menschen und die Umwelt mit sich bringt, wird ebenfalls als Lichtverschmutzung bezeichnet.

Was ist Die Helle Not?	1
Ist Beleuchtung ein Problem?	2
Natur	3
Mensch	10
Energie	13
Astronomie	14
Was können Sie tun?	17
Maßnahmen im Überblick	17
Bürger	18
Gemeinde	20
Lichtwerbung	24
Gebäudeanstrahlung	24
Sportstättenbeleuchtung	26
Beleuchtung im Wandel der Zeit	28
Weiterführende Informationen	30

Beitrag der Wiener Umweltanwältin



Mag.a Dr.in Andrea Schnattinger

Das Internationale Jahr der Astronomie 2009 wurde auch in Österreich mit zahlreichen Veranstaltungen, Rundfunk- und Fernsehbeiträgen begangen. Oft wurde dabei auf „Die Helle Not“ verwiesen, die gerade in der 3. Auflage erschienen war. Die Initiative von Astronomen der Universität Wien führte in diesem Jahr zur Einrichtung einer interdisziplinären Arbeitsgruppe in der Wiener Umweltanwaltschaft, in welcher Mediziner, Astronomen und Biologen ihre Aktivitäten zur Eindämmung der Lichtverschmutzung koordinieren. Ein wichtiges Ergebnis dieser Zusammenarbeit ist das von 16 Natur- und Umweltschutzorganisationen getragene „Positionspapier Lichtverschmutzung“. Vor dem Hintergrund der „La Palma Deklaration zum Schatz des Nachthimmels“ werden in diesem Papier zentrale Forderungen zur Optimierung künstlicher Beleuchtung im Außenraum formuliert.

Im Bereich der Lichttechnik gewinnen LEDs mittlerweile auch bei der Außenbeleuchtung zusehends an Bedeutung. Da warmweiße LEDs bei ersten Untersuchungen des Tiroler Landesmuseums auch hinsichtlich der Attraktivität für Insekten gut abschneiden, setzen viele Natur- und Umweltschützer hohe Erwartungen in diese energiesparende Technologie. Da es sich bei LEDs aber um nahezu punktförmige Lichtquellen handelt, ist vor allem auf die Vermeidung von Blendwirkungen zu achten. Qualitativ hochwertige, gut abgeschirmte Leuchten sind daher bei LEDs von besonderer Bedeutung. LEDs sind gut steuerbar, über Dimmung und Bewegungssensoren besteht die Möglichkeit,

Energie zu sparen und gleichzeitig die Lichtverschmutzung zu reduzieren. Dabei ist aber immer zu beachten, dass nicht durch einen vermehrten Einsatz von Lichtquellen die Energieeinsparung zunichte gemacht wird.

Die Stadt Wien bekennt sich in ihrem „Masterplan Licht“ zur Berücksichtigung der neuesten Erkenntnisse technologischer Entwicklung bei der Außenbeleuchtung. Der Arne-Carlsson-Park im 9. Bezirk wurde deshalb 2010 mit 19 LED-Leuchten ausgestattet, die zeigen werden, wie sich diese Technologie in der Praxis bewährt. Auch die Kugelleuchten auf der Donäumsel sollen 2012 gegen LED-Leuchten getauscht werden.

Das Bewusstsein für die Umweltauswirkungen künstlicher Beleuchtung im Außenraum ist nicht zuletzt dank der Initiative „Helle Not“ gewachsen. Bei der Umsetzung entsprechender Maßnahmen gibt es aber nach wie vor viel zu tun: Noch immer werden Fassaden von Hochhäusern und Einkaufszentren mit Lichteffekten bespielt und Werbeträger übermäßig angestrahlt. Dazu eröffnen Technologien wie LEDs neue Möglichkeiten im Bereich der Außenwerbung. Ein Gesetz gegen Lichtverschmutzung, nach slowenischem Vorbild, würde die rechtliche Situation deutlich verbessern.

„Die Helle Not“ wird uns auch in der 4. Auflage eine unverzichtbare Hilfe bei der Bewusstseinsbildung zum Thema Lichtverschmutzung sein. Ich wünsche viel Freude beim Lesen!

Was ist Die Helle Not?

Das Projekt zeigt negative Auswirkungen von Kunstlicht im Außenraum auf und bringt Vorschläge für eine energieeffiziente und umweltverträgliche Beleuchtung.

So wenig Kunstlicht wie möglich, so viel Beleuchtung wie notwendig!

Das ist unser Motto und Ziel. Für unsere Natur, Umwelt, Gesundheit und den grenzenlosen Blick in den Nachthimmel!

Wer soll erreicht werden?

Unsere Initiative richtet sich an Planer, Errichter, Betreiber und Verantwortliche von Beleuchtungsanlagen im Außenraum, aber auch an alle interessierten Bürger.

Unsere Homepage!

www.hellenot.org ist eine österreichweit und darüber hinaus bekannte Informationsplattform für Fragen rund um die Lichtverschmutzung.

Auszeichnungen!

Im Jahr 2002 wurde die Initiative mit dem „Ford Umweltpreis“ ausgezeichnet, 2005 gewann sie den ersten Preis des CIPRA-Wettbewerbs „Zukunft in den Alpen“.

Wer steht dahinter?

Vor über zehn Jahren hat die Zusammenarbeit der Tiroler Umweltanwaltschaft und der Tiroler Landesmuseen für den sorgsamen Umgang mit Licht begonnen. Mit Sachkenntnis unterstützt wird „Die Helle Not“ von zahlreichen Partnern, finanziell von Land, Bund und der Europäischen Union.



Ist Beleuchtung ein Problem?

Vor mehr als hundert Jahren sind in Europa die ersten elektrischen Außenbeleuchtungsanlagen in Betrieb gegangen. Inzwischen haben künstliche Lichtquellen, ausgehend von Städten, Ortschaften, Straßen, Gebäuden bis hin zu Bergbahnstationen die Nacht erobert.

Licht dient nicht mehr nur dem Bedürfnis des Menschen nach Sicherheit. Es wird selbstverständlich und uneingeschränkt eingesetzt, sei es für Werbezwecke, Effektbeleuchtung oder zur Beleuchtung von Freizeiteinrichtungen; nicht zuletzt aufgrund des Mangels an gesetzlichen Bestimmungen gegen den exzessiven Gebrauch von künstlichem Licht.

Seit es nachts auf Erden durch die künstliche Beleuchtung hell ist, haben sich die Lebensbedingungen vieler Tiere und Pflanzen verändert. Auch der Tag-Nacht-Rhythmus des Menschen ist aus dem Lot geraten, was zahlreiche Gesundheitsstörungen zur Folge hat. Energie wird unnötig in die Atmosphäre geschickt und der Sternenhimmel ist nur noch in entlegenen Gebieten zu bewundern.

Natur

Für zahlreiche Insekten, Vögel, Amphibien, Reptilien, Fische, Krebse, Säugetiere und Pflanzen gibt es bereits wissenschaftliche Nachweise über ihre Beeinflussung durch künstliches Licht. Die Auswirkung auf Organismen hängt vor allem vom Streulicht, von der Beleuchtungsintensität und der spektralen Zusammensetzung des Lichts ab.

Ein Problem mit nächtlicher Illumination haben tagaktive Tiere, die in ihrer Ruhephase gestört werden, aber auch nachtaktive Tiere, welche aufgrund ihrer spezifischen Anpassung von der Dunkelheit abhängig sind. Mögliche Beeinträchtigungen der Tierarten sind:

- Blendung und Desorientierung

- Gestörte bzw. eingeschränkte Futtersuche
- Veränderte Räuber-Beute-Beziehung
- Gestörte soziale Interaktion (Entwicklung und Fortpflanzung)
- Eingeschränkter Aktionsradius (Barrierewirkung, Vertreibung)
- Gestörte Ruhephasen

Diese Auswirkungen können zu einer sukzessiven Artenverschiebung innerhalb von Lebensgemeinschaften führen. Bei bedrohten Arten muss das Aussterben von kleinen, isolierten Populationen befürchtet werden.¹

Wildtiere

Mit beleuchteten Schipisten und Rodelbahnen geht die Lebensraum zerschneidende Wirkung sowie Beunruhigung lokaler Wildbestände einher. Den Tieren stehen die offenen Randbereiche der Schipisten als Äsungsflächen nicht mehr zur Verfügung und so wandern sie zur Nahrungsaufnahme in nahegelegene, ungestörte Waldbereiche ab, wo erhöhte Schältschäden beobachtet wurden.



Zugvögel

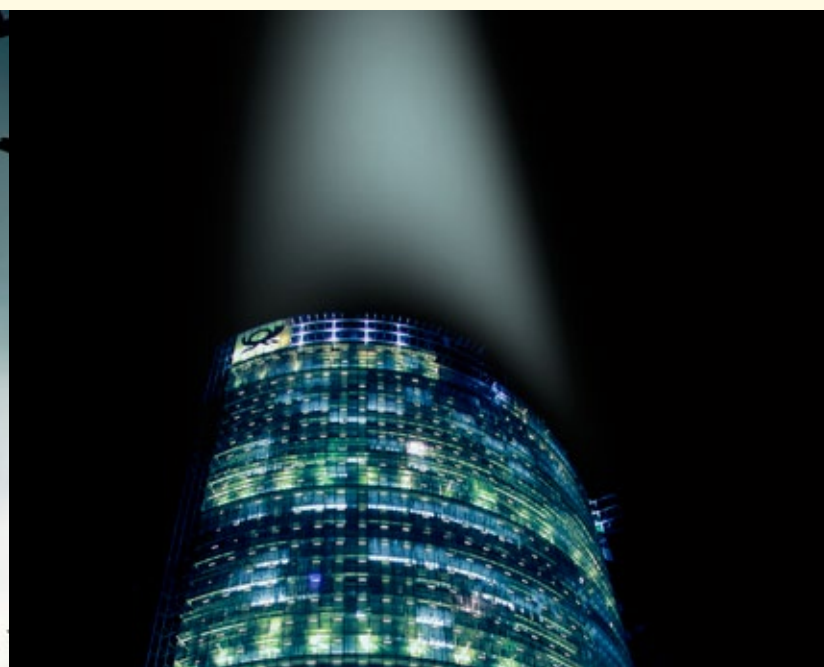
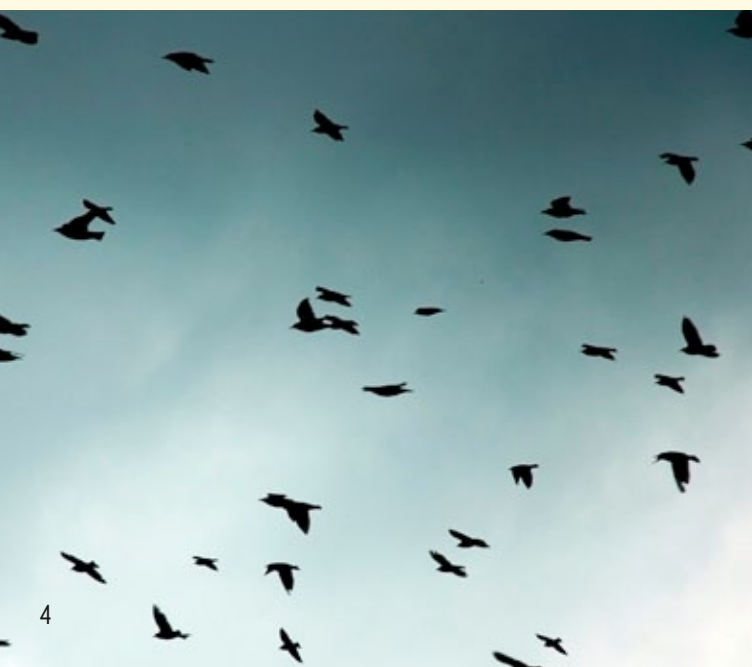
Vor allem bei Schlechtwetter verringern sich Flughöhen und starke, punktuelle Lichtquellen oder große beleuchtete Areale können zur Desorientierung der Vögel führen. Sie gehen nach stundenlangen Irrflügen entweder an Erschöpfung und Stress zu Grunde oder durch die direkte Kollision mit beleuchteten Objekten.² Beispiele aus vielen Ländern belegen den Tod von tausenden Zugvögeln zur Hauptzugzeit August bis November und März bis Mai.

Etwa zwei Drittel der Zugvögel wandern in der Nacht, sie nutzen den Sternenhimmel neben dem Erdmagnetfeld als „Kompass“.

Vogelfalle Post-Tower

Eine Studie untersuchte die Auswirkungen der Beleuchtung eines 160 Meter hohen Hochhauses in Bonn. Dabei wurden über Tausend Vögel aus 29 Arten angelockt, ca. 200 davon wurden durch Kollision sofort getötet, weitere verletzt.³

Weitere Beobachtungen ergaben, dass mehr als 90 Prozent aller Vögel beim Durchfliegen des über dem Dach befindlichen Lichtkegels Verhaltensauffälligkeiten wie Kreisflug, Umkehrflug, Richtungsänderung, Geschwindigkeitsreduzierung und ungerichteten Flug zeigen.⁴



In Untersuchungen wurde festgestellt, dass die Wahrnehmungsfähigkeit von Nachtfaltern vom kurzwelligen Ultraviolett- bis in den Infrarotbereich reicht. Die maximale Empfindlichkeit wird bei einer Wellenlänge von 410 Nanometern, im violetten Bereich des Spektrums angenommen.⁵

Nachtaktive Insekten

Nachtaktive Insekten orientieren sich am Licht der Himmelskörper. Durch künstliche Lichtquellen werden nachtaktive Insekten geblendet und in ihrer Orientierung fehlgeleitet; bei klarem Wetter aus einer Distanz von bis zu 700 Metern. Sie fliegen zwanghaft Leuchtkörper an, bis sie vor Erschöpfung verenden oder verbrennen. Auf diese Art und Weise werden Milliarden von Insekten ihrem Lebensraum „entzogen“, unter ihnen auch einige bedrohte und gefährdete Arten.

Anlockwirkung moderner Leuchtmittel auf nachtaktive Insekten

Ein Leuchtmittelvergleich der Tiroler Landesmuseen in Kooperation mit der Tiroler Umweltanwaltschaft im Sommer 2010 ergab, dass sich insbesondere LED-Lampen mit geringer Farbtemperatur (< 3.000 Kelvin) als „insektenfreundlichste“ Lampentypen herausstellen. In der Anlockkraft gefolgt wurden LEDs von der Natriumdampf-Hochdrucklampe und den drei untersuchten Metallhalogenlampen (Keramik- bzw. Quarzbrenner, mit Ultraviolett-Filter).⁶

„Insekten-Anlocktest“ 2010: In 18 Nächten gerieten insgesamt 21.001 Insekten in die Fallen. Davon waren ungefähr die Hälfte Zweiflügler mit unter 2 Millimeter Größe, gefolgt von Schmetterlingen mit 3.877 und Käfern mit 1.579 Individuen.

Eine weitere Feldstudie im Sommer 2011 mit einem licht-technisch optimierten Versuchsaufbau bestätigte das Vorergebnis der Untersuchung des Jahres 2010. Dabei hatte das LED-Leuchtmittel mit warmweißer Lichtemission (ca. 2.700 Kelvin) die geringste Anlockwirkung. Die Natriumdampf-Hochdrucklampe fungierte als Referenzleuchtmittel und lockte insgesamt ca. 65 Prozent mehr Insekten als die getesteten LEDs an.

Eine deutsche Studie am Fleher Deich in Düsseldorf kam zu ähnlichen Ergebnissen. Nach Quecksilberdampf-Hochdrucklampen, welche die größte unerwünschte Anlockwirkung aufweisen, wurden Metallhalogenlampen, Leuchtstofflampen, Natriumdampf-Hochdrucklampen und LEDs in ihrer Anziehungskraft gereiht.⁷

Für alle Leuchtmittel gilt:

Abgeschirmte Leuchten mit geringer Leuchtpunkthöhe haben eine verminderte Fernwirkung und locken weniger Insekten an, als Leuchten, die über die Horizontale strahlen. Vor allem Leuchtmittel, die im für den Menschen unsichtbaren ultravioletten Bereich des Lichtspektrums emittieren, locken vermehrt nachtaktive Insekten, da viele Arten in diesem Wellenlängenbereich erhöhte Empfindlichkeiten aufweisen.



Nachtfalter und ihre Lebensräume

Nachtfalter sind häufig an spezifische Lebensräume angepasst. Sie sind ein wichtiger Faktor im Stoffkreislauf, z.B. als Nahrungsgrundlage für Fledermäuse oder als Pflanzenbestäuber.

Eine beleuchtete Straße – insbesondere im Freiland – ist für viele nachtaktive Insekten auf Grund der starken Anlockwirkung ein tödliches Hindernis. Sie trägt zur Lebensraumzerschneidung bei. Dies gilt auch für des Nachts beleuchtete Radwege, Golfplätze, Sommerrodelbahnen, Parkanlagen und Industriegebiete.

In Österreich sind ca. 85 Prozent der Schmetterlinge nachtaktiv.

Mit bis zu 15 cm Flügelspannweite ist das Wiener Nachtpfauenauge (*Saturnia pyri*) der größte Schmetterling Europas!

Die Hochalpen-Graseule (*Agrotis fatidica*) fliegt auch in bitterkalten Nächten zum Licht.

Der Mondvogel (*Phalera bucephala*) ist ein Charaktertier von Auen und flussbegleitenden Gehölzen, seltener kommt er auch in anderen Wäldern, Parkanlagen und Gärten vor.



Die Vielzahn-Johanniskrauteule (*Actinotia polyodon*) lebt an sonnigen Hängen mit Beständen des Johanniskrautes.



Vielerorts ist das auf Schlehen spezialisierte Gelbe Ordensband (*Catocala fulminea*) bereits verschwunden.



Der Mittlere Weinschwärmer (*Deilephila elpenor*) kann sogar bei Sternenlicht Farben sehen!⁸

Fledermäuse

Durch beleuchtete Ausflugsöffnungen beispielsweise von Dachstühlen fliegen Fledermäuse später aus den Sommerquartieren aus. Dadurch verringert sich die aktive Zeit der Nahrungssuche.

Auch sind Fälle bekannt, in welchen Fledermausquartiere nach der Beleuchtungsinstallation verlassen wurden oder Lichteinsatz bei einem Stadtfest zu erhöhter Nachwuchssterblichkeit führte.⁹



Großes Mausohr (*Myotis myotis*)

Manche Fledermausarten wie beispielsweise die Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) können beim Jagen von nachtaktiven Insekten im Schein von Straßenlaternen beobachtet werden. Andere Fledermausarten meiden jedoch Licht.



Erdkröte (*Bufo bufo*)

Amphibien

Bei Beleuchtung erscheinen manche Amphibien später aus ihrem Versteck und haben dadurch weniger Zeit für die Nahrungssuche. Auch wird vermutet, dass Wanderungen beispielsweise zu Laichgebieten erschwert oder verhindert werden.

Sobald sich die Augen der Amphibien an nächtliches Licht gewöhnt haben, werden die Tiere davon angezogen. Die Beutejagd ist dann sogar einfacher, allerdings laufen Amphibien Gefahr, selbst einfache Beute zu werden. Manche Froscharten paaren sich nur bei sehr geringer Lichtintensität oder rufen bei Beleuchtung nicht, damit gefährdet Kunstlicht ihre Fortpflanzung.¹⁰

Die Erdkröte (*Bufo bufo*) benötigt nur einen Bruchteil des Lichts des Sternenhimmels für den nächtlichen Beutefang. Die Beleuchtungsstärke des hellsten sichtbaren Sterns, des Sirius (0,00001 Lux), genügt dem Tier, um sich visuell zu orientieren und gestützt auf den Gesichtssinn Beute zu fangen.¹¹ Um eine Vorstellung von der Größenordnung zu bekommen: Bei Vollmond wird maximal 0,3 Lux gemessen.

Pflanzen

Fotorezeptoren steuern bei Pflanzen neben dem jahreszeitlichen Rhythmus auch die Atmungsaktivität. Versuche zeigen, dass im Dauerlicht das Fotosynthesevermögen mancher Arten erlahmt. Auch kann Störlicht in der Mitte der Dunkelphase die Blütenbildung verhindern, bei manchen Pflanzen hingegen wird diese angeregt.¹²

Vielfache Beobachtungen zeigen, dass Laubbäume in unmittelbarer Nähe von Straßenlampen ihre Blätter verspätet verlieren, wodurch es wiederum zu Frostschäden kommen kann.¹³

Ökosysteme

Alle Pflanzen und Tiere sind Teil des ökologischen Netzes. Fällt eine Art aus, können gravierende Auswirkungen für weitere Arten und das gesamte Ökosystem die Folge sein. Werden beispielsweise nachtaktive Schmetterlinge Opfer von Straßenlaternen, so können sie Vögeln, Fledermäusen oder Fröschen nicht mehr als Nahrung dienen.

Einige Blütenpflanzen wie die Türkenbund-Lilie oder die Weiße Waldhyazinthe werden vor allem durch Nachtfalter bestäubt. Das Verschwinden der Tiere würde gleichzeitig das Verschwinden ihrer Nektarpflanzen bedeuten.



Weiße Waldhyazinthe (*Platanthera bifolia*)

Türkenbund-Lilie (*Lilium martagon*)



Der menschliche Organismus bildet nur in der Dunkelheit das Hormon Melatonin.

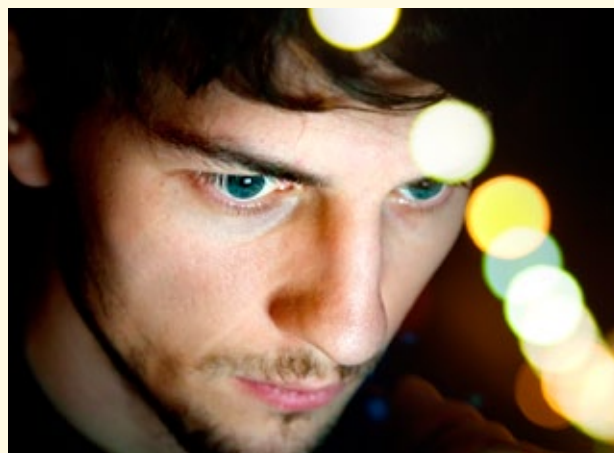
Mensch

Gesundheit

Seit jeher bestimmen Tag und Nacht den Lebensrhythmus nahezu aller Organismen. Sämtliche Körperfunktionen – auch jene des Menschen – sind auf diesen Tag- und Nachtrhythmus abgestimmt. Der so genannte „circadiane Rhythmus“ wird im Wesentlichen durch Melatonin, ein Hormon der Hirnanhangsdrüse, gesteuert, das ausschließlich bei Dunkelheit in ausreichender Menge hergestellt wird. Ein Nachholen untertags oder gar einen medikamentösen Ersatz für „versäumte“ Produktion gibt es nicht.

Weniger Melatonin bedeutet schlechteren Schlaf und Stress. Dieser kontinuierliche Stress kann das Immunsystem schwächen und so die Gesundheit beeinträchtigen. Melatonin unterstützt traumreiches Schlafen, was für Psyche und Geist sehr erholsam ist.

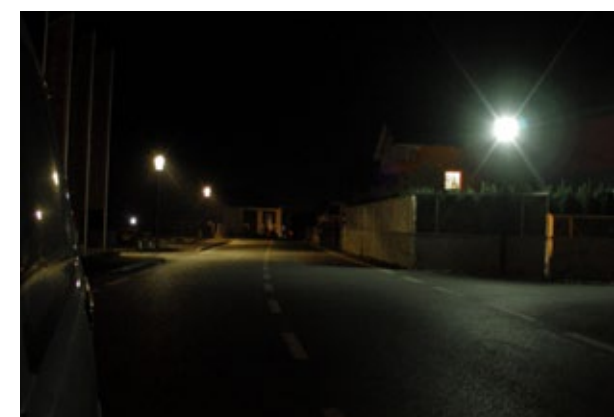
Die Entwicklung von „melatoninerhaltendem“ Licht – Licht mit geringem Blauanteil im Spektrum – wäre wünschenswert und für die menschliche Gesundheit von weitreichender Bedeutung!



Verkehrssicherheit Blendung und Kontrastsehen

Jeder kennt die Situation: Die Augen haben sich an die Dunkelheit gewöhnt. Plötzlich blendet grelles, helles Licht und beeinträchtigt für einige Momente das Sehen. Vor allem im Straßenverkehr ist dies relevant. Grelle KFZ-Scheinwerfer, Werbungs- und Effektbeleuchtungen können Blendung, Ablenkung und Adaptionstörungen verursachen.

Jedes wahrgenommene Objekt ist von einer Art Hof umgeben, welcher den Kontrast reduziert. Gelbfilter verbessern das Kontrastsehen. Daher werden Gelbfilter in Nebelbrillen, Schießbrillen, Pilotenbrillen, in Brillen für Sehbehinderte und auch in Intraokularlinsen verwendet. Gelbliche Lichtquellen blenden weniger als blauweiße Lichter, verbessern das Kontrastsehen und können einen positiven Beitrag zur Verkehrssicherheit liefern!¹⁴



Rechts im Bild kaum abgeschirmte Quecksilberdampf-Hochdrucklampe (80 Watt), links indirekt strahlende, abgeschirmte Leuchten (35 Watt).



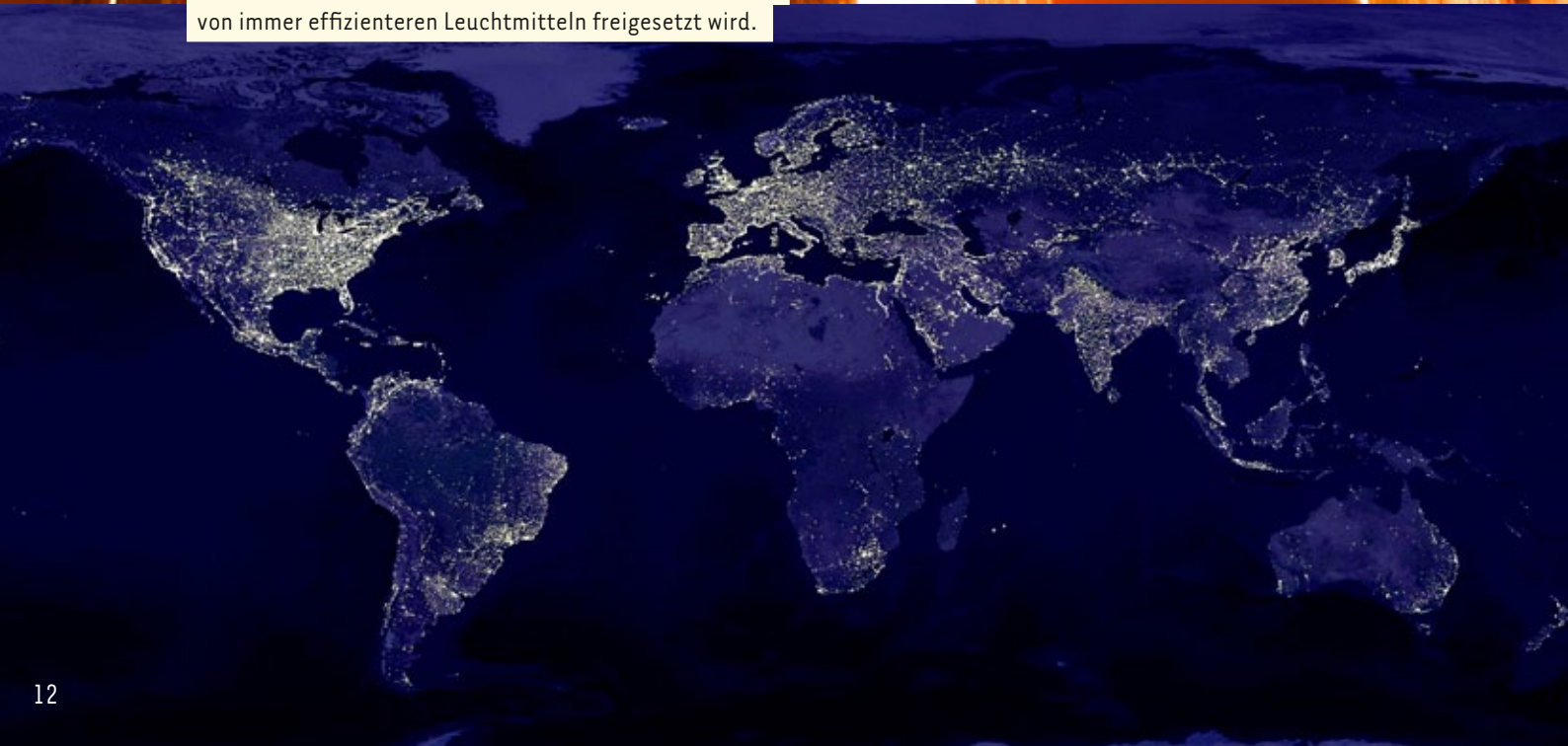
Sicherheit und Kriminalität

Künstliches Licht ist Bestandteil unserer Kultur. Im öffentlichen Bereich erfüllt nächtliche Beleuchtung zentrale Bedürfnisse, Straßenbeleuchtung bietet Orientierung und Sicherheit. Gut dosiert eingesetztes Kunstlicht kann auch einen positiven Beitrag zur Ästhetik und Atmosphäre in einer Stadt leisten.

Licht hat hohe Symbolkraft, viele Menschen verbinden mit Licht „Gutes“ und mit Dunkelheit „Böses“. So verwundert es kaum, dass sich die Mehrheit in dunklen Gassen unwohl fühlt. Öffentliche Beleuchtung trägt deshalb dazu bei, das subjektive Sicherheitsempfinden zu erhöhen. Unstrittige wissenschaftliche Belege, welche einen Zusammenhang zwischen Beleuchtung und Verbrechensrate bestätigen, gibt es nicht.¹⁵



Die Gefahr besteht, dass im Außenraum immer mehr Licht von immer effizienteren Leuchtmitteln freigesetzt wird.



Energie

„Lichtmüll“

„Lichtmüll“ ist jenes Licht, welches keinem Beleuchtungszweck dient und im Gegensatz zu Müll weder entsorgt noch verwertet, sondern nur verhindert werden kann. Es entsteht durch ineffizienten Einsatz und exzessiven Gebrauch.

Licht wurde im Laufe des letzten Jahrhunderts aufgrund der Fortschritte der Beleuchtungstechnologie und der niedrigen Energiekosten zu einer billigen Ware. Aus ökonomischen Gründen bestand daher immer weniger Anlass zu jeglichem Nachdenken über den sorgfältigen Umgang damit.¹⁶

Licht-Wettrüsten

Das menschliche Sehorgan kann sich relativ schnell von Dunkelheit an helles Licht anpassen. Für die Dunkeladaption, den Übergang von hellem Licht zu Dunkelheit, benötigt das Auge hingegen längere Zeit, bis es die optimale Sehfunktion wiedererlangt. Durch Werbung, Effektbeleuchtungen und Anstrahlungen entsteht so der Wunsch, dunklere Bereiche noch heller auszuleuchten, wodurch ein „Wettrüsten“ ausgelöst wird.¹⁷

Zahlen und Fakten

Die Beleuchtung benötigt weltweit 19 Prozent des Elektrizitätsverbrauchs, in der Europäischen Union sind es 16 Prozent. Davon entfallen 80 Prozent auf Industrie- und Bürobeleuchtung, Verkaufsbeleuchtung und Straßenbeleuchtung etc., 20 Prozent auf die Beleuchtungen privater Haushalte.¹⁸

Kohlendioxid (CO₂)

Bei der Produktion, im Betrieb und bei der Entsorgung aller Produkte, die für die Erzeugung von Licht notwendig sind, fällt Kohlendioxid an. Durch Beleuchtung werden so indirekt jährlich tausende Tonnen Kohlendioxid produziert. Messbar und vergleichbar ist dies vor allem durch den Stromverbrauch im Betrieb.

Bei der Stromerzeugung, insbesondere bei der Verbrennung von nicht erneuerbaren Energieträgern, wird Kohlendioxid emittiert. Übermäßiges CO₂ in der Atmosphäre fördert den Treibhauseffekt, welcher die Klimaerwärmung beschleunigt.

Beim Einsatz effizienter Beleuchtung kann die eingesparte Energie von Kilowattstunden direkt in den eingesparten Kohlendioxid-Verbrauch umgerechnet werden. Durchschnittlich fallen beim österreichischen Stromverbrauch ca. 195 Gramm/Kilowattstunde CO₂ an. Laut UCTE-Mix sind es europaweit ca. 432 Gramm/Kilowattstunde CO₂.¹⁹ Effiziente Beleuchtung ist daher auch ein wertvoller Beitrag zum Klimaschutz!

Einsparpotenzial

Optimierte Beleuchtung garantiert vielerorts geringeren Stromverbrauch, weniger Kosten sowie einen niedrigeren Ausstoß an Kohlendioxid.

Durch effiziente Straßenbeleuchtung können in Österreich rund 300 Millionen Kilowattstunden Strom pro Jahr eingespart werden, in anderen Worten 45 Millionen Euro (bei angenommenen 0,15 Euro/Kilowattstunde) oder 58.500 Tonnen CO₂.²⁰



Astronomie

Lichtverschmutzung

Lichtglocken, die nachts nahezu alle Städte in der industrialisierten Welt einhüllen, lassen im Durchschnitt 90 Prozent der mit freiem Auge sichtbaren Sterne verschwinden. Astronomische Phänomene wie Sternschnuppen und leuchtende Kometen können nur noch fernab der Städte, unbeeinflusst von jeglicher Lichterflut, beobachtet werden.



Ein astronomisches Observatorium befindet sich auf dem 4.200 Meter hohen Mauna Kea auf Big Island, Hawaii.

Im Bild ist der Nachthimmel links über der Mongolei, in der Mitte über einer ländlichen Gegend in Niederösterreich und rechts über dem westlichen Stadtrand von Wien abgebildet. Vor weniger als 200 Jahren sah der Nachthimmel über Wien noch so aus wie jener über der Mongolei.²¹

„Flucht“ astronomischer Observatorien

Seit dem Aufkommen künstlicher Beleuchtung haben Astronomen das Problem der Lichtverschmutzung erkannt. Vor allem in städtischen Observatorien wurde die Beobachtung des Nachthimmels massiv erschwert, immer mehr Sternwarten „flüchteten“ in ländliche Gebiete.

Mittlerweile sind Berufsastronomen gezwungen, ihre Observatorien auf entlegenen Berggipfeln zu errichten. Das derzeit größte Teleskop der Welt befindet sich auf einer etwa 2.600 Meter hohen Erhebung in der chilenischen Atacama-Wüste.

Gesetzliche Regelungen sorgen in Chile und in weiteren Ländern mit astronomischen Observatorien dafür, dass in der Umgebung dieser Einrichtungen nicht mehr künstliches Licht abgestrahlt wird als nötig.

Die Atmosphäre streut blaues Licht deutlich stärker als rotes Licht, deshalb ist der wolkenlose Taghimmel blau. In der Summe sind blaue bzw. kaltweiße Lichtquellen hochwirksame Lichtverschmutzer, sie stellen eine ernsthafte Bedrohung für die Astronomie dar.²²



Programme zum Schutz des Nachthimmels

Selbst in klaren Nächten kann nur etwa die Hälfte der Bevölkerung Europas die Milchstraße sehen.²³

Die „International Dark Sky Association“ und andere Organisationen haben Programme zum gezielten Schutz des Nachthimmels und der natürlichen Nachtlandschaft ins Leben gerufen. Dadurch können Lichtschutzgebiete (so genannte „Dark Sky Preserves“) ausgewiesen werden, wie sie in Österreich in der Gemeinde Großmugl und im Wildnisgebiet Dürrenstein in Niederösterreich angestrebt werden.

Lichtschutzgebiete sind auch aus touristischer Sicht interessant, sie können zukünftig verstärkt von „Astro-Tourismus“ profitieren. Insbesondere in den Zentralalpen gibt es Bereiche, in welchen der Anblick des Sternenhimmels in klaren Nächten atemberaubend ist. In den USA und in Kanada gibt es bereits seit einigen Jahren Gebiete, in denen der Nachthimmel eigens geschützt wird.

Lampen

Die Anforderungen an Leuchtmittel sind Energieeffizienz (hohe Lichtausbeute), Langlebigkeit und ein möglichst geringer bzw. kein Anteil an Ultraviolett- und Infrarotstrahlung. Auch die Wahl „moderater“ Beleuchtungsstärken ist für den umweltverträglichen Einsatz relevant.

Empfehlung:

- LED (Farbtemperatur warmweiß)
- Natriumdampf-Hochdrucklampe

Um eine umfassende Ökobilanz erstellen zu können, müssen Herstellung, Betriebszeit und Recycling der Lampen berücksichtigt werden. Alle Leuchtmittel müssen fachgerecht entsorgt werden.



Leuchtdiode (LED)



Natriumdampf-Hochdrucklampe



Leuchtstofflampe



Metallhalogenid-Hochdrucklampe



Die Quecksilberdampf-Hochdrucklampe ist ab 2015 im Handel nicht mehr erhältlich (EG Nr. 245/2009).

Leuchten

Die Anforderung an Leuchten ist der gezielte Lichteinsatz, Streulicht und Blendung können damit vermieden werden.

Empfehlung:

- Abgeschirmter Leuchtentyp, Full-Cut-Off Leuchte
- Reduzierung der Lichtpunkthöhe
- Gezielte Lichtlenkung durch geeignete Installation, Reflektoren und plane Leuchtenwanne
- Geschlossenes Gehäuse und geringe Oberflächentemperatur

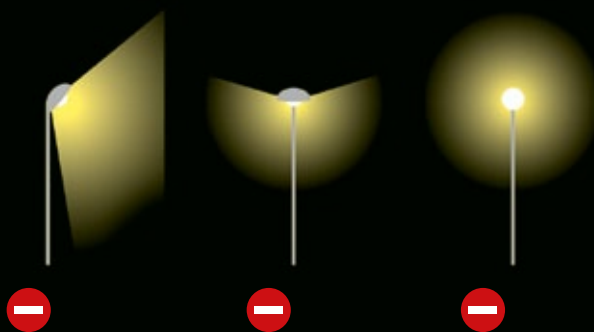


Full-Cut-Off Leuchte

Der abgeschirmte Leuchtentyp strahlt das Licht nur in den unteren Halbraum ab. Durch die Begrenzung des Abstrahlwinkels wird die Lichtausbeute und -verteilung optimiert.



Abstrahlwirkung von Leuchten



Was können Sie tun? Maßnahmen im Überblick

Die Technologie ist heutzutage so weit fortgeschritten, dass ökologische und ökonomische Verbesserungen der Beleuchtung sowie die Eindämmung der Lichtverschmutzung einfach möglich sind. Die Optimierung der Beleuchtung hinsichtlich Energieeffizienz und Umweltverträglichkeit hängt vor allem mit der Wahl des Lampen- und Leuchtentyps sowie mit der Betriebsweise zusammen.

Handelt es sich um Lichtwerbung, Weihnachtsbeleuchtung, Gebäudeanstrahlung oder Sportstättenbeleuchtung, muss grundsätzlich die Notwendigkeit der Beleuchtung in Frage gestellt werden.

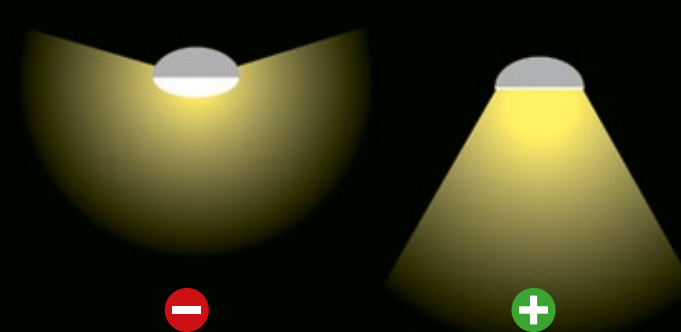
Betriebsweise

Eine wesentliche Anforderung an den Betrieb ist die bedarfsgerechte Beleuchtung. Kunstlicht soll nur zu den Zeiten und in den Intensitäten zur Verfügung stehen, in welchen es benötigt wird.

Empfehlung:

- Halbnachtschaltung oder Reduzierschaltung
- Begrenzung der Beleuchtungsdauer, Bewegungsmelder
- Verzicht auf Bodeneinbaustrahler und Skybeamer

Leuchten mit planer Wanne vermindern die Abstrahlung nach oben.



Richtiges Licht am richtigen Ort

Siedlungsbereich

Ökologische Nischen wie Gewässerbereiche, Parks mit alten Baumbeständen und Grünanlagen gelten im bebauten Gebiet als Lebensraum nachtaktiver Tiere. Insbesondere hier ist der umweltverträgliche Lichteinsatz bedeutend. Bei optimaler Beleuchtung im gesamten Siedlungsbereich wird die Störung der Anrainer durch Lichtimmissionen sowie die Aufhellung des Nachhimmels verringert.

Randbereich der Siedlung

Im Randbereich von Siedlungsräumen befinden sich häufig Gewerbe- und Industriezonen, welche zu stark beleuchtet sind. Dabei sollten Übergänge zur freien Landschaft deutlich geringer ausgeleuchtet werden als zentrale Siedlungsbereiche. Handelt es sich bei den angrenzenden Lebensräumen um Magerrasen, Gewässer, Waldränder, Hecken oder Feuchtgebiete, muss den Anforderungen einer umweltfreundlichen Beleuchtung besonders Rechnung getragen werden. Siedlungsrandbereiche sind aufgrund ihrer einfachen Erreichbarkeit für das Erleben des Sternenhimmels von großer Bedeutung. Aus Sicht des Naturschutzes, der Astronomie und der Lichttechnik ist eine Reduktion der Beleuchtungsstärke auf Werte nahe der Vollmondhelligkeit erstrebenswert.

Freiland

Bei Lichtkonzentrationen außerhalb von besiedelten Gebieten handelt es sich meist um angestrahlte historische Gebäude wie Burgen, Schlösser und Kirchen, aber auch um touristische oder industrielle Bauten wie Bergbahnstationen, Kläranlagen und Kraftwerke. Die Beleuchtung dieser Einrichtungen beeinträchtigt Lebensräume und ihr Arteninventar sowie die Sichtbarkeit des Sternenhimmels in weitem Umkreis. Deshalb ist eine umweltverträgliche Beleuchtung im Freiland besonders wichtig, die Prüfung der Notwendigkeit und der Verträglichkeit des Einsatzes von Kunstlicht ist notwendig.

Bürger

Jede und jeder Einzelne kann Lichtverschmutzung vermeiden.

Lampen

Für den Außenbereich sind Leuchtmittel mit geringer Leistung und warmer Farbtemperatur ausreichend. Ideal für die Außenbeleuchtung sind LED Beleuchtungen mit warmweißem Licht. Sie sind energiesparend und schützen nachtaktive Insekten. Anders betrachtet, locken LEDs mitunter auch weniger „lästige“ Insekten an!

Leuchten

Von besonderer Bedeutung ist der Einsatz von abgeschirmten Leuchten. Full-Cut-Off-Leuchten strahlen kein Licht über die Horizontale ab und erhellen nur die zu beleuchtende Fläche.



Auf Garten-Dekobeleuchtung könnte mitunter ganz verzichtet werden!

Betriebsweise

Beleuchtung im Garten, auf der Terrasse oder vor der Haustüre sollte nur dann zum Einsatz kommen, wenn sie wirklich benötigt wird.

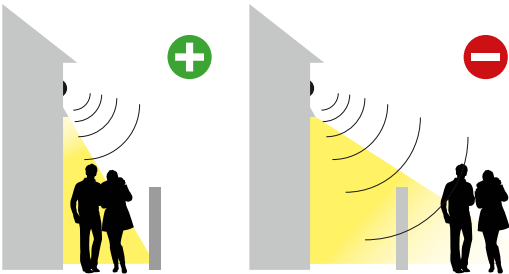
Außenbeleuchtung kann beispielsweise mit einem Bewegungsmelder gekoppelt werden. Dabei sollte das Gerät gut eingestellt sein, damit sich die Hausbeleuchtung nicht bei jedem vorbeigehenden Passanten einschaltet.

Lichtimmission und Anrainer

Beleuchtungsanlagen erhellen häufig nicht nur gewünschte Bereiche, sondern mangels entsprechender Abschirmungen auch Wohnräume der Anrainer. Gebäudeanstrahlungen und Leuchtreklamen sollten niemanden belästigen, ablenken oder blenden. Im Falle von störender öffentlicher Beleuchtung würde sich ein Gespräch mit der Gemeindeführung empfehlen, in Fällen von störender privater oder kommerzieller Beleuchtung ein Gespräch mit dem Nachbarn oder der angrenzenden Firma. Möglicherweise lässt sich das Problem entschärfen, beispielsweise durch Abdecken der Leuchte in Richtung Wohngebäude oder durch eine Reduktion der Lichtintensität im Laufe der Nacht.

Mangels eines österreichischen Regelwerkes werden die nachfolgend genannten Richtwerte der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft akzeptiert. Die Tabelle bietet eine Übersicht über die maximal zulässigen mittleren vertikalen Beleuchtungsstärken in Lux, gemessen an der Fensterebene des nächstgelegenen Anrainers.²⁴ Zum Thema „Lichtimmission“ ist die ÖNORM O 1052 in Arbeit, sie wird voraussichtlich 2012 erscheinen und speziell auf österreichische Gegebenheiten angepasste Richtwerte beinhalten.

Gebiet	6-20 Uhr	20-22 Uhr	22-6 Uhr
A: Bereich mit besonderem Schutzbedürfnis: z.B. Bereich um Kurgebiet, Spital, Pflegeanstalt, Schule	1 Lux	1 Lux	1 Lux
B: Wohngebiet, Wohnbereich mit vereinzelt Geschäftslökalen, Kleinsiedlungsgebiet	3 Lux	3 Lux	1 Lux
C: Mischgebiet, Bereich mit Geschäftslökalen und Wohnungen, lokale Einkaufsstraße	5 Lux	3 Lux	1 Lux
D: Kerngebiet, Betriebs- und Industriegebiet, Geschäftsstraße	15 Lux	15 Lux	5 Lux



Lichterketten, leuchtende Schneemänner, Funkelsterne & Co verbrauchen in den wenigen Wochen vor Weihnachten so viel Strom wie mehr als 10.000 österreichische Haushalte in einem ganzen Jahr!²⁶

Weihnachtsbeleuchtung

Wer auf den künstlichen Lichterglanz nicht verzichten möchte, kann beim Kauf zumindest auf den Anschlusswert achten. Insbesondere bei Lichterketten sind die Unterschiede enorm, manche verbrauchen nur ein Watt, andere benötigen fünf Watt für den Betrieb. Teurer, aber bei weitem am effizientesten sind Lichterketten mit Leuchtdioden. Der Einsatz von Zeitschaltuhren stellt sicher, dass nicht 24 Stunden lang Strom verbraucht wird.²⁵



Gemeinde

Die Beleuchtung von Straßen, Plätzen, Gehsteigen, Fassaden sowie die Weihnachtsbeleuchtung zählen oftmals zu den Aufgabenbereichen von Gemeinden. Im Folgenden wird speziell auf die Straßenbeleuchtung eingegangen.

Normen

Vorschriften für Lichteinsatz im Außenraum gibt es vor allem für Straßenbeleuchtung. Hier werden aus Sicherheitsgründen Wartungswerte festgelegt.

Die Verpflichtung zur Straßenbeleuchtung wird nicht dezidiert festgehalten, kann jedoch in Österreich aus verschiedenen rechtlichen Normen und aus der Rechtsprechung abgeleitet werden (Allgemeines Bürgerliches Gesetzbuch, Straßenverkehrsordnung, Verwaltungsgerichtshof).

Grundsätzlich wird die Straßenbeleuchtung in der ÖNORM O 1051, ÖNORM O 1053 und in der Normenreihe ÖNORM EN 13201, Teil 1-4 geregelt.

Die Normenreihe ÖNORM EN 13201, Teil 1-4 gibt Wartungswerte der lichttechnischen Kenngrößen (z.B. Beleuchtungsstärken in Lux bzw. Leuchtdichten in Candela/m²) vor. Aus ökonomischen und ökologischen Gründen sollten die Wartungswerte als Maximalwerte betrachtet und höchstens minimal überschritten werden. Dies ist bei der entsprechenden Auswahl von wenig verschmutzenden Leuchten und langlebigen Lampen sowie durch die Festlegung von Wartungs-, Reinigungs- und Lampentauschzyklen einfach möglich.

Generell lassen sich in der Planung ökonomische und ökologische Belange, wie z.B. die Nachtabenkung, mit der Normenreihe ÖNORM EN 13201, der ÖNORM O 1053 und ÖNORM O 1051 vereinbaren.



Lampen in der Straßenbeleuchtung

Lampe	Lebensdauer (Stunden)	Lichtfarbe	Farbwiedergabe (Ra)	Lichtausbeute (Lumen/Watt)	Anmerkung
Natriumdampf-Hochdrucklampe	15.000 – 20.000	gelb	20 – 40	90 – 150	geringer bis mittlerer Insektenanflug, geringe ultraviolette Strahlung, hohe Lichtausbeute, gutes Kontrastsehen, schlechte Farbwahrnehmung
Leuchtstofflampe	14.000 – 30.000	weiß	50 – 90	60 – 110	mittlerer bis hoher Insektenanflug, temperaturabhängig, Lichtlenkung nur begrenzt möglich
Metallhalogenid-Hochdrucklampe (Keramikkbrenner oder Quarzbrenner)	10.000 – 15.000	weiß	60 – 90	70 – 110	hoher Insektenanflug, Unterscheidung zw. Lampen mit Keramikkbrenner (geringerer Ultraviolett-Anteil, farbstabiler, effizienter) und Quarzbrenner
Quecksilberdampf-Hochdrucklampe	12.000 – 16.000	weiß	40 – 60	60	sehr hoher Insektenanflug, aufgrund ungenügender Energieeffizienz ab 2015 im Handel nicht mehr erhältlich (Verordnung EG Nr. 245/2009)

Leuchtdioden revolutionieren die Beleuchtungstechnik derzeit rasant. In den nächsten Jahren ist weiterhin eine merkliche Steigerung der Lichtausbeute zu erwarten. Bei Beleuchtungslösungen mit LEDs kann oftmals nicht mehr getrennt werden zwischen Leuchte bzw. Leuchtmittel. Die LEDs, die dazugehörige Optik, die Spiegel, die Vor-schaltgeräte etc. sind miteinander oder sogar ineinander

integriert. Daher ist ein unmittelbarer Vergleich zwischen herkömmlichen Lampen und LED-Lichtlösungen oftmals problematisch. Der unten angeführte Hinweis zum Vergleich der Gesamteffizienz einer Anlage ist in diesem Fall das optimale Mittel zur Entscheidungsfindung. Für den umweltverträglichen Einsatz ist warmweißes Licht, d.h. eine niedrige Farbtemperatur (< 3000 Kelvin) wünschenswert.

Leuchtdiode (LED)	bis 50.000	warm-, neutral-, kaltweiß oder monochromatisch (rot, grün, blau etc.)	weiß derzeit 40 – 90	40 – 110	geringer Insektenanflug bei warmweißen LEDs, keine ultraviolette und infrarote Strahlung, große Qualitätsunterschiede am Markt
-------------------	------------	---	----------------------	----------	--

Bitte beachten Sie bei den Kennwerten der Tabelle:

- Lebensdauer:** keine einheitliche Definition, ab 2012 müssen Hersteller Mindestwerte für Lampenlichtstromerhalt (LLMF) und Lampenüberlebensfaktor (LSF) angeben; abhängig von Produkt und Hersteller!
- Lichtfarbe:** Farbe des Lichtes, wie es dem menschlichen Auge erscheint.
- Farbwiedergabe:** beschreibt den Farbenreichtum der Lichtquelle, bzw. wie natürlich Farben wiedergegeben werden; leitet sich aus der Kontinuität des Lichtspektrums ab; maximaler Wert = 100 Ra (Sonnenlicht, Glühlampe); je kleiner der Wert, desto „fahler“ wirkt das Licht.
- Lichtausbeute:** wird oft als Kenngröße für Energieeffizienz herangezogen; ist das Verhältnis von abgegebenem Licht zu zugeführter elektrischer Leistung (Lumen/Watt); von Herstellern wird gerne der maximal bzw. theoretisch erreichbare Wert und nicht der praktisch vorhandene angeführt; ohne Information der Betriebsbedingungen (z.B. Labor, mit/ohne Vorschaltgerät etc.) praktisch nicht vergleichbar; durch Alterung verschlechtert sich der Wert deutlich!

Für einen adäquaten Vergleich von Straßenbeleuchtungen ist die Gesamtanlage oder ein repräsentativer Teil davon energetisch und lichttechnisch zu betrachten. Einzelvergleiche nur über das Leuchtmittel oder die Leuchten ohne Berücksichtigung der Lichtpunkthöhen, -abstände, Betriebszeiten etc. verfälschen deutlich das Ergebnis.



LED-Straßenleuchte

Leuchten

Viele der bisher gebräuchlichen Leuchten wie Kugel- leuchten und einige Standard-Straßenleuchten strahlen Licht in alle Richtungen ab. Das nach oben oder seitlich ausgestrahlte Licht steht dem Beleuchtungszweck nicht zur Verfügung und ist eine energie- und kostenintensive Verlustleistung, die wesentlich zur Lichtverschmutzung beiträgt. Empfohlen wird daher der abgeschirmte Leuchtentyp, sogenannte Full-Cut-Off Leuchten.

Die Reduzierung der Lichtpunkthöhe verhindert Beleuchtungskonzentrationen mit Fernwirkung. Das in die Umgebung abgestrahlte Licht wird vermindert, somit auch die Beeinträchtigung von Tieren. Niedrige Masthöhen von 4–6 Metern sind aus ökologischen Gründen vorzuziehen. Straßenbeleuchtung in Hanglage wird günstigerweise talseitig der Straße situiert, um unnötige Fernwirkung zu vermeiden.

Gezielte Lichtlenkung durch Reflektoren und eine plane Leuchtenwanne sind gleichermaßen bedeutend wie geschlossene Gehäuse, welche verhindern, dass Insekten in die Lampe einfliegen. Bei LED-Lampenlösungen sollte das Licht der einzelnen Leuchtdioden durch intelligentes Optikdesign dorthin gelenkt werden, wo es gebraucht wird und keine Blendung verursacht.



Slowenien hat ein umfassendes Lichtverschmutzungs-Gesetz, welches jedoch nahezu keine lichttechnischen Grenzwerte enthält, sondern im Sinne des Energiesparens ausschließlich nur Leistungsangaben als Grenzwerte festlegt. Voll abgeschirmte Leuchten werden darin jedoch ausdrücklich empfohlen.

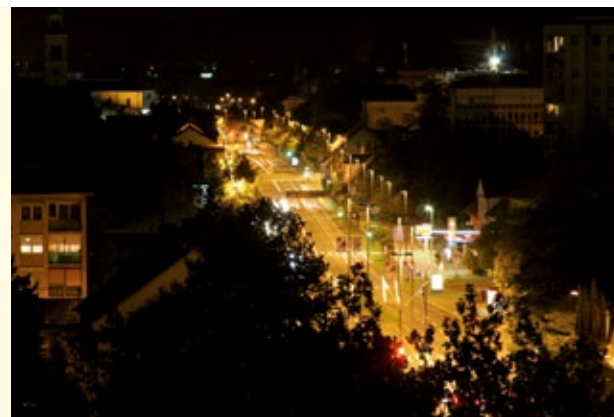
Betriebsweise

Intelligente Lichtmanagementsysteme können eine bedarfsgerechte Beleuchtung realisieren.

Die Reduzierung der Beleuchtung sollte während verkehrsschwacher Nachtstunden von etwa 23 bis 5 Uhr erfolgen, saisonale Tageslichtschwankungen müssen berücksichtigt werden.

Im Fall der Halbnachtschaltung werden bei Errichtung der Anlage bereits Leuchten mit zwei Lampen vorgesehen. Bei Bedarf kann eine Lampe ausgeschaltet werden. In Wien sparte allein die Vorverlegung des Zeitpunktes der Halbnachtschaltung von 24:00 auf 23:00 Uhr ca. 220.000 Euro pro Jahr.²⁷

Durch den Einbau von Reduzierschaltungen kann die Leistung der Lampe gedimmt und somit dem Lichtbedarf angepasst werden. Dimmen ist bei LEDs sowie Leuchtstofflampen bedenkenlos möglich. Durch spezielle Vorschaltgeräte sind in gewissen Leistungsbereichen auch Hochdruckdampf lampen stufenlos dimmbar.



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

Umsetzung

Aufgrund der vielfältigen Angebote am Markt und der spezifischen Projektbedingungen ist das Beiziehen eines Lichtplaners unverzichtbar. Im Vorfeld ist es ratsam, Informationen über Förderungsmöglichkeiten einzuholen.

Folgende praktische Vorgehensweise für die Verwirklichung einer neuen Beleuchtungsanlage wird von der Lichttechnischen Gesellschaft Österreichs vorgeschlagen:³⁰

- Ist-Zustand der Beleuchtungsanlage analysieren
- Modernisierungsbedarf ermitteln – dabei die Langfristigkeit der Entscheidung beachten
- Alternativen prüfen und Angebote einholen
- Alternativen bewerten – technisch, ökonomisch & ökologisch
- Erneuerungsplan bzw. Beleuchtungskonzept erstellen
- Finanzierungsmöglichkeiten prüfen – von Eigenfinanzierung bis Contracting
- Umsetzung, Öffentlichkeitsarbeit und Erfolgskontrolle



Einsparpotenzial

Durchschnittlich werden 45 Prozent des öffentlichen Strombudgets in Gemeinden für die Straßenbeleuchtung ausgegeben.²⁸

Bei veralteter Technik im Bestand hat Straßenbeleuchtung ein sehr großes Einsparpotenzial sowohl im Stromverbrauch als auch in den damit verbundenen Kosten und Kohlendioxidemissionen.

Bei der Umrüstung ist meist eine gänzliche Erneuerung der Beleuchtung notwendig. Dies ist mit erheblichen Kosten verbunden, jedoch langfristig betrachtet energie- und kostensparend.

Nach einer Optimierung der Beleuchtung ist in Gemeinden mit durchschnittlich 30 Prozent Energieeinsparung zu rechnen.²⁹

Finanzierung

Eine häufig genutzte Finanzierungsform ist Contracting. Dabei werden Investitionen, die zur Einsparung von Energie- und Wartungskosten führen sollen, durch einen Contractor vorfinanziert. Der Contractor holt sich seine Investitionen aus den erzielten Einsparungen wieder zurück. In der Praxis haben sich vielfältige Formen von Contracting entwickelt. Insbesondere sollte jedoch auf Rahmenbedingungen wie Wartungsdienst, Laufzeit, Haftungsfragen, Einhaltung der Normen, Festlegung diverser Garantien etc. geachtet werden. Das Hinzuziehen von unabhängigen Beratungsstellen wird empfohlen.

Lichtwerbung

Licht macht aufmerksam und eignet sich daher besonders für den Einsatz in der Werbeindustrie. Um Aufmerksamkeit zu erregen, werden Werbeanlagen immer größer und greller. Vermehrt werden bewegte Bilder eingesetzt. Zur Lichtemission im urbanen Bereich trägt vor allem intensive Geschäfts- bzw. Auslagenbeleuchtung bei.

Vorab ist die Eignung des potentiellen Standortes zu prüfen, im Freiland sollten leuchtende oder beleuchtete Werbeanlagen nicht eingesetzt werden.

Lampen

Für die Beleuchtung sollen LEDs mit warmweißem Licht eingesetzt werden.

Leuchten

Um die Fernwirkung zu reduzieren soll ausschließlich von oben nach unten beleuchtet werden.

Betriebsweise

Die Größe, Leuchtdichte und Betriebsdauer der Werbeeinrichtung muss festgelegt, sowie die Störung von Anrainern vermieden werden.³¹ Die Beleuchtung sollte an die Betriebsöffnungszeiten angepasst werden.

Ablenkung und Blendung von Verkehrsteilnehmern

Potentielle Ablenkung bzw. Blendung von Verkehrsteilnehmern regeln die Straßenverkehrsordnung und die Österreichischen Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen, kurz RVS 05.06.12. Diese legen maximale Leuchtdichten (Candela/m²) von Werbeeinrichtungen im verkehrsnahen Bereich fest.

Gemäß § 84 Abs. 2 Straßenverkehrsordnung 1960 gilt im Freiland das Werbeverbot bis 100 Meter Abstand vom Fahrbahnrand.

Trotz Einhaltung der Grenzwerte bzw. Rechtsvorschriften ist mit einer gewissen Ablenkung der Verkehrsteilnehmer zu rechnen.

Gebäudeanstrahlung

Lichtarchitektur ist eine eigene Disziplin, sie soll besonders im urbanen Bereich Lichträume schaffen, in welchen sich Menschen wohlfühlen und gerne bewegen.

Gebäudeanstrahlungen sind vielfach im Zentrum von Städten anzutreffen, wo sie einen großen Beitrag zur Lichtglocke über der Stadt leisten. Aber auch in ländlicher Umgebung werden häufig historische Gebäude, wie Burgen und Kirchen, oder industrielle Bauten, wie Liftstationen und Kraftwerke, beleuchtet. Diese Anlagen beeinträchtigen die natürliche Umgebung auf weite Distanz.

Lampen

Optimale Leuchtmittel für Objektbeleuchtung sind aus ökologischer Sicht Leuchtdioden mit warmweißem Licht. LEDs ermöglichen darüber hinaus auch eine farbige Fassadenbeleuchtung.

Leuchten

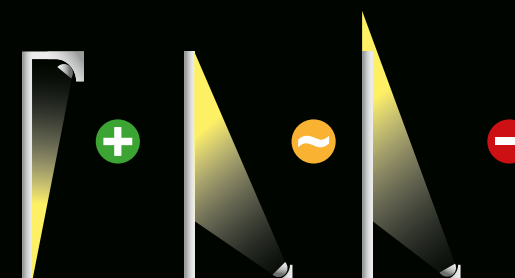
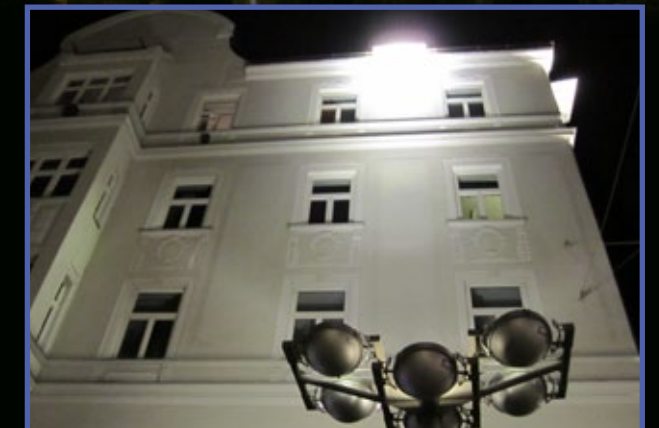
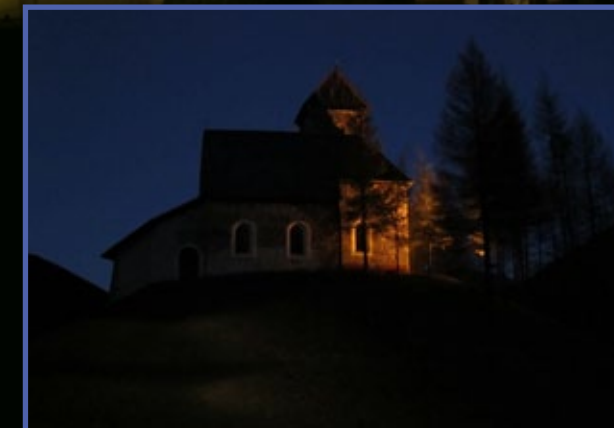
Die Beleuchtung muss so installiert werden und die Leuchte muss in ihrer Dimension so gewählt werden, dass der Lichtkegel nicht über die Gebäudefläche hinausragt. Eine optimale Installation beleuchtet Gebäude mit geringer Beleuchtungsintensität fassadennahe vorzugsweise von oben nach unten. Eine konturgenaue Anstrahlung ist durch spezielle Leuchten möglich. Dabei wird die Silhouette des Gebäudes nachgebildet, die bedeckte Leuchtfläche geht jedoch mit einem Energieverlust einher.

Die Beleuchtung von reflektierenden Flächen, wie hellen Wänden, metallischen Oberflächen oder Glas sollte vermieden werden.

Betriebsweise

Aus Umweltschutzgründen ist eine Begrenzung der Betriebsdauer von Ausstrahlungen bis 24:00 Uhr anzuraten.

Gebäudeanstrahlungen müssen exakt geplant und ausgeführt werden. Dabei ergibt sich für jede Fassadenbeleuchtung eine individuelle Lösung.



Sportstättenbeleuchtung

Das Freizeitangebot verlagert sich vermehrt in die Nachtstunden. Durch entsprechende Beleuchtung nehmen Lichtimmissionen zu. Dies birgt Probleme für die Umwelt, kann störende Auswirkungen auf Anrainer haben, oder sogar die Verkehrssicherheit gefährden.

Für Sportstättenbeleuchtung ergibt sich aufgrund der verschiedenen Sportarten und Sportflächen ein herausforderndes Anforderungsprofil.

Normen und Empfehlungen

In technischer Hinsicht ist Sportstättenbeleuchtung in der Europäischen Norm EN 12193 geregelt. Das Österreichische Institut für Schul- und Sportstättenbau, kurz ÖISS, bietet weitere Empfehlungen wie den „Beleuchtungsguide für Außenanlagen“ und die „Lichttechnischen Anforderungen an Beleuchtungsanlagen für Stadien“.

Lampen

Aus ökologischer Sicht werden warmweiße LEDs und Natriumdampf-Hochdrucklampen empfohlen. Das gelbliche Licht der Natriumdampf-Hochdrucklampe ist aufgrund sicherheitstechnischer Gründe nicht für alle Sportarten geeignet. Ist in diesem Fall oder aufgrund technischer Anforderungen, wie Fernsehaufnahmen, weißes Licht erforderlich, werden derzeit Metallhalogenid-Hochdrucklampen eingesetzt. Dabei ist zumindest ein Filter, welcher Ultraviolett-Strahlung bzw. kurzwelliges Licht bis 420 Nanometer aus dem Spektrum filtert, einzusetzen.

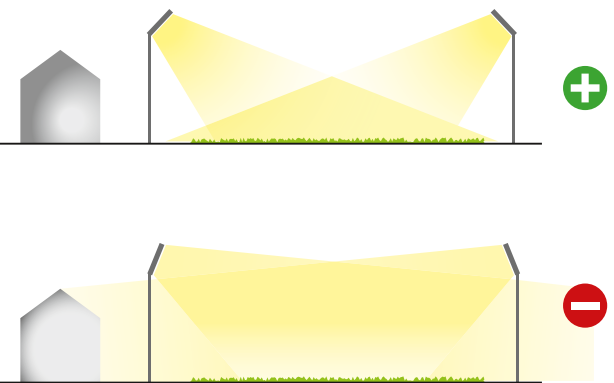
Leuchtdioden mit möglichst geringem Blauanteil im Spektrum wären grundsätzlich vorzuziehen. Derartige LED-Beleuchtungssysteme sind im Handel noch nicht erhältlich, Spezialanlagen können jedoch gefertigt werden. Sportstätten, die keine flächige Ausleuchtung erfordern, wie Eisstock- und Rodelbahnen, können durch LED-Leuchten jedenfalls fachlich korrekt beleuchtet werden.



Im Bild sind Strahler des FSV-Stadions in Frankfurt mit Metallhalogenid-Hochdrucklampen zu sehen. Die ursprünglich stark vorhandene Streustrahlung in die Umgebung konnte mit Ausblendrastern deutlich reduziert werden. Die Sichtbarkeit auf weite Distanz ist dennoch gegeben.

Leuchten

Zur Vermeidung von Streulicht ist eine professionelle Planung der Beleuchtungsinstallation unerlässlich.



Betriebsweise

Die Beleuchtungsintensität soll dem Bedarf angepasst werden. So ist zu Trainingszeiten weniger Licht notwendig als im Spielbetrieb. Auch eine Begrenzung der Beleuchtungsdauer ist festzulegen.

Beleuchtete Schipisten in den Alpen

In unseren Breiten stellen energieintensiv beleuchtete Schipisten eine Attraktion dar. Häufig wird über die gesamte Wintersaison, 4-6 Tage die Woche, stundenlang der Schnee bestrahlt. Dieser reflektiert das Licht in das weite Umfeld.

Die Beleuchtung von Pisten und Liftrassen muss begrenzt werden. Oftmals wird scheinbar zu Werbezwecken Sommer und Winter über die Betriebszeiten hinaus beleuchtet.



Schipistenbeleuchtung ist nicht nur sehr energieaufwändig, sondern kann neben der Störung von Anrainern auch Barrierewirkungen, Vertreibungseffekte sowie die Beeinträchtigung der Ruhephase von Wildtieren verursachen.

Beleuchtung im Wandel der Zeit

Unsere Einstellung zur Beleuchtung im Wandel der Zeite

„Wo Licht totalitär wird wie in den Metropolen der Moderne, da herrscht in der Tat Lichtverschmutzung.“ Dieser Satz stand 2002 in der renommierten deutschen Wochenzeitung „Die Zeit“ zu lesen. Er wurde nicht etwa von einem Astronomen oder von einem engagierten Umweltaktivisten geschrieben, sondern – von einem Philosophen. Was kann dieser gemeint haben? Was soll heißen „totalitäres“ Licht?

Gerade in Deutschland erinnert man sich daran, dass während der Herrschaft des Nationalsozialismus Licht zur Untermauerung und zur breitenwirksamen Inszenierung eines buchstäblich totalitären Machtanspruchs verwendet wurde. „Das Licht lässt sich in den Dienst der Macht stellen, seine Helligkeit blendet“: So kommentiert Joachim Schlör in seinem Buch „Nachts in der großen Stadt“ eine Aufnahme der hell erleuchteten Berliner Prachtstraße Unter den Linden aus dem Jahr 1936. Schlör nennt die „Eroberung der Nacht“ als ein Ziel nationalsozialistischer Politik;³² er weist jedoch auch nachdrücklich darauf hin, dass schon zwischen 1900 und 1930 unter den europäischen Städten ein „regelrechter Wettbewerb um den Ehrentitel ‚Lichtstadt‘“ ausgebrochen war.³³ Während traditionell Paris den Anspruch erhob, die „ville lumière“ Europas zu sein, wollte auch Berlin keineswegs zurückstehen und feierte Mitte Oktober 1928 die Illuminations-Aktion „Berlin im Licht“.³⁴ Unterdessen war auch in Wien die Beleuchtung der Ringstraße in einer Weise „glänzend“ erneuert worden, dass der Astronom Johann Palisa bei seinen Beobachtungen an der Wiener Universitätssternwarte eine deutliche Himmelsaufhellung und dadurch eine Abnahme der Leistungsfähigkeit seiner Teleskope konstatieren musste.³⁵

Ein Menschenrecht auf Dunkelheit?

Der eingangs zitierte Artikel endet mit dem lapidaren Satz: „Es gibt ein Menschenrecht auf Dunkelheit wie auf Stille.“ Bezüglich der Stille hat sich diese Erkenntnis längst durchgesetzt: Die Abwesenheit von Lärm ist zum Beispiel auf dem heutigen Wohnungsmarkt ein fest etabliertes Qualitätskriterium. Bezüglich der Dunkelheit sieht die Sache noch ganz anders aus. Tief ist im Menschen die Angst vor der Abwesenheit des Lichts verankert. Sie sitzt uns, wie es scheint, ganz fest in den Knochen. Ein italienisches Sprichwort sagt: „In der Nacht ist jede Katze ein Leopard.“³⁶ Dies drückt sehr anschaulich das allgemeine Empfinden aus, wonach Dunkelheit gefährlich, ja, vielleicht gar das Element des Bösen sei. Dass dem Menschen auch durch ein Zuviel an Licht Gefahren drohen können, ist eine relativ neue Erkenntnis. Sie kam in den letzten 10 Jahren vor allem dadurch zutage, dass Mediziner zu neuen Erkenntnissen über den Zusammenhang zwischen künstlichem Licht und der Produktion bestimmter Hormone kamen. Noch in den 1980er-Jahren gingen amerikanische Forscher davon aus, dass sehr hohe Beleuchtungsstärken (technisch: etwa 2.500 Lux) notwendig wären, um die Hormonproduktion im Organismus signifikant zu beeinflussen. Heute weiß man, dass mit Sicherheit bei vielen Tieren, höchstwahrscheinlich aber auch beim Menschen, schon geringe Lichtmengen (wenige Lux) genügen können, um den Tag-Nacht-Rhythmus empfindlich zu stören.

Bahnt sich ein Umdenken an?

Als vor über 125 Jahren die großen Städte Europas mit elektrischer Beleuchtung ausgestattet wurden, feierte man dies als große kulturelle Errungenschaft. Die Dunkelheit trat ihren Rückzug an. Heute muss man in Europa oft weiter reisen, wenn man eine dunkle Nachtlandschaft und einen „unverschmutzten“ Sternenhimmel erleben, als wenn man sauberes Wasser aus einer Quelle trinken will.

Haben wir nun wenigstens mit der nächtlichen Beleuchtung die Kriminalität aus unseren Städten vertrieben, wie dies eine Werbegrafik schon zu Anfang des 20. Jahrhunderts suggerierte?



Werbegrafik aus dem Jahr 1925.³⁷

Wohl kaum. Studien aus Großbritannien zeigen vielmehr, dass es keinen verallgemeinernden Zusammenhang zwischen Beleuchtungsintensität und Verbrechensrate gibt.³⁸ Nicht selten erleichtert Beleuchtung sogar Einbrüche und Vandalismus-Delikte.

Fazit

Betrachtet man das Licht – sowohl das natürliche (Tageslicht) wie das künstliche – in kulturhistorischer Perspektive, so kann man von einem Prozess fortschreitender „Entzauberung“ sprechen. Bevor die Menschen künstliches Licht überhaupt in kontrollierter Weise einzusetzen vermochten, war die Verehrung vor allem des Sonnenlichts als ein gleichsam göttliches Phänomen weit verbreitet. Die Dunkelheit war vorwiegend mit negativen Assoziationen besetzt, bis hin zur Dunkelheit als Sinnbild des Bösen. Mit dem Siegeszug der elektrischen Beleuchtung ging eine Erschließung – bis hin zur „Eroberung“ – der Nacht durch die Zivilisation einher. Licht wurde zu etwas Steuerbarem, zugleich aber auch zu etwas Steuerndem: Durch die Präsenz des Lichts wurde in bisher nicht

nutzbaren nächtlichen (Zeit-)Räumen Arbeit, Verkehr, Geselligkeit und Konsum möglich. So ist es bis heute geblieben, und nach diesem Muster wird immer weiter in die Nacht hinein „expandiert“.

Doch vermutlich stehen wir derzeit an der Schwelle zu einer dritten Phase der Beziehung zwischen Mensch und Licht: Der Versuch, durch Licht die Nacht zu erobern (und dadurch nur Vorteile haben zu wollen) stößt an seine Grenzen. Die Wendung „wo Licht totalitär wird...“ lässt viele mögliche Fortsetzungen zu, so etwa: „...da rückt der sorgsame Umgang mit Beleuchtung ins Zentrum der Aufmerksamkeit“. Ob diese Variante oder eine andere zur Realität wird, hängt von uns allen ab.

DDr. Thomas Posch

Kontakt

Projektleitung

DI (FH) Stefanie Suchy
T +43 650 62 33 500
s.suchy@tiroler-umweltschwaft.gv.at

Projektträger

Tiroler Umweltschwaft
Meranerstraße 5, 6020 Innsbruck
T +43 512 508 3492
landesumweltschwalt@tirol.gv.at

Tiroler Landesmuseen-Betriebsgesellschaft m.b.H.
Naturkundliche Sammlung
Dr. Peter Huemer, Dr. Gerhard Tarmann
Feldstraße 11a, 6020 Innsbruck
T +43 512 59 489 413
p.huemer@tiroler-landesmuseen.at
g.tarmann@tiroler-landesmuseen.at

Partner

Wiener Umweltschwaft
Muthgasse 62, 1190 Wien
T +43 1 37 979
post@wua.wien.gv.at

Österreichische Gesellschaft für
Astronomie und Astrophysik
DDr. Thomas Posch
Türkenschanzstraße 17, 1180 Wien
T +43 1 42 77 538 00
thomas.posch@univie.ac.at

LTG - Lichttechnische Gesellschaft Österreichs
DI Dr. Nikolaus Thiemann
Wexstraße 24/6/15, 1200 Wien
T +43 699 11 03 17 41
nikolaus.thiemann@ltg.at

Medizinische Universität Wien
Univ.-Prof. Dr. Peter Heilig
Nussberggasse 11c, 1190 Wien
T +43 650 37 04 558
peter.heilig@univie.ac.at

Auf der Homepage www.hellenot.org finden Sie weitere umfassende und aktuelle Informationen:

In „Leuchtende Beispiele“ wird auf Länder verwiesen, die gesetzliche Vorschriften und Richtlinien zur Eindämmung der Lichtverschmutzung haben. Andererseits werden Städte, Gemeinden und Unternehmen angeführt, welche durch Umrüstung der öffentlichen Beleuchtung oder veränderte Betriebsweise Energie und Kosten sparen sowie die Natur schonen.

Im Gegensatz dazu werden in der Rubrik „Heller Wahnsinn“ Negativbeispiele genannt. Beleuchtungsinstallationen, welche Energie verprassen und/oder Natur, Mensch und Astronomie beeinträchtigen.

Zahlreiche Initiativen im In- und Ausland setzen sich für eine effiziente und umweltverträgliche Außenbeleuchtung ein, beschäftigen sich mit Lichtverschmutzung und den Auswirkungen des künstlichen Lichts. Eine Kurzbeschreibung von Initiativen finden Sie unter „Projekte“.

In der Rubrik „Weiterführende Infos“ ist ein Informationsvideo abrufbar, sind aktuelle Presse & Veranstaltungen aufgelistet, Downloads verfügbar sowie Verweise auf Links, Literatur sowie Normen & Verordnungen.

Dank

Besonderer Dank gebührt Frau Mag. Maria Siegl, die über 10 Jahre das Projekt „Die Helle Not“ geleitet und vielen Menschen das Thema „Lichtverschmutzung“ näher gebracht hat! Dank gilt auch all jenen, welche „Die Helle Not“-Broschüre mit hilfreichen Informationen und Beiträgen in den ersten drei Auflagen bereichert haben. Für die Erarbeitung dieser Auflage möchte ich mich insbesondere bei Wilfried Doppler, Thomas Posch, Nikolaus Thiemann, Peter Heilig, Dietmar Hager, Gerhard Tarmann, Peter Huemer, Johannes Kostenzer, Frank Bunte, Robert Gratzel, Franz Luisi, Rudolf Hornischer und Roberto Baldissera bedanken!

Impressum

Herausgeber

Tiroler Umweltschwaft, Meranerstraße 5, 6020 Innsbruck

Redaktion

Stefanie Suchy (Projektleitung) in Zusammenarbeit mit Wilfried Doppler (Wiener Umweltschwaft)
Dietmar Hager (Arzt & Hobbyastronom)
Peter Heilig (Univ.-Prof. für Augenheilkunde und Optometrie)
Peter Huemer und Gerhard Tarmann (Tiroler Landesmuseen)
Thomas Posch (Österreichische Gesellschaft für Astronomie und Astrophysik) und Nikolaus Thiemann (Lichttechnische Gesellschaft Österreichs)

Bilder

Diego Delmonego & Andrej Mohar (S. 22)
Andreas Friedle (S. 20), NASA (S. 12), Puma & Sophie Höllering, Innsbrucker Kommunalbetriebe (S. 23)
Tiroler Landesmuseen (S. 5,6,7) – Peter Buchner
Siegfried Erlebach und Peter Huemer, Georg Zotti (S. 14)
Stefanie Suchy (S. 8,9,14,18,21,24,25,29)
Peter Suchy (S. 19), Daniel Herzig (S. 2)
Bruno Wintersteller (S. 11), Friedrich Haun (S. 8)
Jan Huebner (S. 26,27)

Grafik

Layout Roberto Baldissera
Illustrationen Miriam Mietschnig

Druck

Alpina Druck GmbH, Innsbruck
Gedruckt auf FSC-Papier



4. vollständig überarbeitete Auflage, Innsbruck 2012
Schutzgebühr: € 3,00

^{1,2,9,10,12} Hotz T. & F. Bontadina, 2007: Ökologische Auswirkungen künstlicher Beleuchtung. Unpublizierter Bericht von SWILD als Grundlage für Grün Stadt Zürich und Amt für Städtebau, Zürich.

³ Haupt H., 2008: „Post-Tower“ und Vogelwelt. Charadrius 45, Heft 1, S. 1-19.

⁴ Haupt H. & U. Schillemeit, 2011: Lichtanlagen bringen Zugvögel vom Kurs ab. Natur und Landschaft, 43 (6), S. 165-170.

⁵ Schanowski A. & V. Späth, 1994: Überbelichtet – Vorschläge für eine umweltfreundliche Außenbeleuchtung. Blaue Reihe, 3. Auflage, NABU Kornwestheim.

⁶ Huemer P., Kührtreiber H. & G. Tarmann, 2011: Anlockwirkung moderner Leuchtmittel auf nachtaktive Insekten – Ergebnisse einer Feldstudie in Tirol (Österreich). Wissenschaftliches Jahrbuch der Tiroler Landesmuseen, Band 4.

⁷ Eisenbeis G. & K. Eick, 2011: Studie zur Anziehung nachtaktiver Insekten an die Straßenbeleuchtung unter Einbeziehung von LEDs. Natur und Landschaft, 86. Jg., Heft 7, S. 298-306.

⁸ Kelber, Balkenius & Warrant 2002 zitiert von Eisenbeis in Posch, Freyhoff & Uhlmann, 2010: Das Ende der Nacht – Die globale Lichtverschmutzung und ihre Folgen. Wiley-Vch Verlag, Weinheim.

¹¹ Buchanan 2006 zitiert von Posch in Posch, Freyhoff & Uhlmann, 2010: Das Ende der Nacht – Die globale Lichtverschmutzung und ihre Folgen. Wiley-Vch Verlag, Weinheim.

¹³ <http://de.wikipedia.org/wiki/Lichtverschmutzung>, August 2011.

¹⁴ Heilig P., 2011: Verirrte Lichtstrahlen. Österreichisches Forum für Arbeitsmedizin 1/11, S. 15-23.

^{15,38} <http://www.britastro.org/dark-skies/crime.html?60>, August 2011.

¹⁶ Posch in Posch, Freyhoff & Uhlmann, 2010: Das Ende der Nacht – Die globale Lichtverschmutzung und ihre Folgen. Wiley-Vch Verlag, Weinheim.

¹⁷ Hänel in Posch, Freyhoff & Uhlmann, 2010: Das Ende der Nacht – Die globale Lichtverschmutzung und ihre Folgen. Wiley-Vch Verlag, Weinheim.

¹⁸ http://www.strassenlicht.de/index.php?option=com_content&view=article&id=332:energieverbrauch-strassenbeleuchtung-europa&catid=34:grundlagen-der-strassenbeleuchtung&Itemid=53, August 2011.

¹⁹ Stromkennzeichnungsbericht 2010, Energie-Control GmbH, <http://www.e-control.at/portal/page/portal/medienbibliothek/oeko-energie/dokumente/pdfs/stromkennzeichnungsbericht-2010-final.pdf>, August 2011.

²⁰ http://www.gemeindebund.at/rcms/upload/downloads/KommunaleBeleuchtung_Gesetzesinitiativen_Presentation.pdf, Juni 2011.

²¹ Posch in Posch, Freyhoff & Uhlmann, 2010: Das Ende der Nacht – Die globale Lichtverschmutzung und ihre Folgen. Wiley-Vch Verlag, Weinheim.

²² Patat in Köhler, Walz & Hochstadt, 2010: Licht Region – Positionen und Perspektiven im Ruhrgebiet, S. 65, Klartext Verlagsgesellschaft, Essen.

²³ Rietschel in Leibniz-Gemeinschaft e.V., 2009: Zwischenruf – Verlust der Nacht. Heft 2/2009, Bonn.

²⁴ Deutsche Lichttechnische Gesellschaft (LiTG), 1996: Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen künstlicher Lichtquellen. Inhaltlich übernommen in das Werk „Hinweise zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen, Beschluss des Länderausschusses für Immissionsschutz vom 10. Mai 2000“, die Tabellen sind Teil des deutschen Bundes-Immissionsschutzgesetzes. <http://www.richtig-hell.at/gemeinden/>, August 2011.

^{25,26} Spektrum-der-Wissenschaft-Verlag, Sterne und Weltraum, Ausgabe Dezember 2008, S. 108.

²⁷ Beleuchtungs-Check in Tiroler Gemeinden – Energie Tirol, 2010/2011.

^{28,29} Lichttechnische Gesellschaft Österreichs – Arbeitskreis Öffentliche Beleuchtung und Energieverbrauch (Hrsg.), 2009: Umsetzungs-Leitfaden der EU-Verordnung für die Außenbeleuchtung. ZVR-Zahl 205257770, Wien.

³⁰ Bartscher in Amt der Vorarlberger Landesregierung, 2008: Vorum – Forum für Raumplanung und Regionalentwicklung in Vorarlberg – Licht im Raum. 4/2008, Bregenz.

³¹ Schlör J., 1994: Nachts in der großen Stadt. S. 262/68/69/70, München.

^{32,33,34,37} Palisa J., 1924: Astronomische Nachrichten. Bd. 222, S. 172.

³⁵ Ekirch A.R., 2006: In der Stunde der Nacht. Bergisch Gladbach, S. 63.

³⁶

www.hellenot.org

