

Die Helle Not

Künstliche Lichtquellen –
ein unterschätztes Umweltproblem



MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION



Europäischer Landwirtschaftsfond
für die Entwicklung des ländlichen
Raums: Hier investiert Europa in
die ländlichen Gebiete.



Ausgezeichnet mit:

Ford Umweltpreis 2002

1. Preis des CIPRA-Wettbewerbs „Zukunft in den Alpen“ 2005

In Zusammenarbeit mit:



Impressum

Herausgeber:

Tiroler Umwelthanwaltschaft, Brixnerstraße 2, A-6020 Innsbruck

Redaktion:

Maria Siegl (Projektleitung – im Auftrag der Tiroler Umwelthanwaltschaft), in Zusammenarbeit mit: Wilfried Doppler (Wiener Umwelthanwaltschaft), Dietmar Hager (Arzt & Hobbyastronom), Peter Heilig (Universitätsprofessor für Augenheilkunde und Optometrie), Peter Huemer (Tiroler Landesmuseum), Franz Luisi (Lichttechnischer Konsulent), Robert Mühlthaler (ÖBB), Stephan Müller (Osram GmbH), Thomas Posch (Österreichische Gesellschaft für Astronomie und Astrophysik), Nikolaus Thiemann (Lichttechnische Gesellschaft Österreichs).

Bildmaterial:

Christoph Arnold (38), Diego Delmonego (32, 33, 39), Helga Dirnwöber (8), Dietmar Hager (1/4), IKB (1/2, 20/1, 2), Imagehaus Marketing + Werbung (28/2), Andrej Mohar (1/5, 6, 13, 14, 19, 34, 35), Robert Mühlthaler (20/3), NASA (1, 28), Konrad Pagitz (28/3, 28/4), Christian Pichler (2), Schweizerische Vogelwarte Sempach (12), Tiroler Landesmuseen, Ferdinandeum/Peter Buchner, Siegfried Erlebach und Peter Huemer (1/3, 4, 7/2, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27), Wiener Arbeitsgemeinschaft für Astronomie (31), Anton Vorauer (28/1), www.darksky.ch (1/1).

Grafik:

imagehaus-marketing+werbung, Innsbruck | www.imagehaus.at

Druck:

Tiroler Repro Druck GmbH, Innsbruck | www.tiroler-repro-druck.co.at
Gedruckt auf Claro Bulk, FSC-zertifiziert

3. vollständig überarbeitete Auflage; 2.000 Stück; Innsbruck 2009

Projektziel & Einleitung

6



Beleuchtung – ein Problem?

8

Beleuchtungssituation
Problematik
Natur | Astronomie | Menschliche Gesundheit
Lösungen
Lampentypen | Leutentypen | Betriebsweise



Kosten sparen – Natur schützen

17

Rechenbeispiele für Einsparmöglichkeiten
Fallbeispiel Neuinstallation
Fallbeispiel Umrüstung
Finanzierungsmodell „Contracting“
Umsetzung in unseren Nachbarländern
„Leuchtende“ Beispiele in Österreich



Faszination Nachtfalter

21

Magerwiesen, Trocken- und Halbtrockenrasen
Hecken, Gebüsche, Feldgehölze und Einzelbäume
Wälder und Waldränder
Feuchtgebiete
Gewässerbereiche
Gebirgslebensräume
Ökologische Aufgaben



Faszination Nachthimmel

31

Licht und Astronomie
Weltkulturerbe Sternenhimmel
Wie viele Sterne sehen wir noch?



Umsetzung

34

Normen und Vorschriften
Handlungsbedarf
Maßnahmen im Überblick
Exkurs:
Sportstättenbeleuchtung und Beleuchtung von Freizeiteinrichtungen
„Unsere Einstellung zur Beleuchtung im Wandel der Zeit“

Weiterführende Informationen

42

Kontaktadressen & Links
Literatur & Dank



Vorwort vom Umweltanwalt des Landes Tirol



Stellen Sie sich vor, Sie liegen nachts in einer Wiese, hören die Grillen zirpen und schauen in den Nachthimmel. Überstrahlt von den Lichtern können wir die Sterne nur noch erahnen. Beleuchtung unserer Strassen ist zweifellos wichtig, es kommt allerdings auf das „Wie“ an. Die Abstrahlung der Beleuchtung in unserem Siedlungsraum ist nämlich nicht nur ein ökologisches Problem, sondern auch ein Problem für den Menschen, für die Erlebbarkeit der Nacht und sie ist Energieverschwendung.

Das 2001 von der Tiroler Umweltschutzgemeinschaft gemeinsam mit dem Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum begonnene Projekt zur Sensibilisierung für den Umgang mit Licht wurde zu einer Erfolgsstory. Nicht nur, weil wir jetzt nach neun Jahren immer noch am Ball sind, sondern weil die „Helle Not“ eine Breitenwirkung erreicht hat, die weit über die Tiroler Grenzen hinaus nach Österreich und sogar in den EU-Raum reicht. In diesem Sinn hoffe ich, dass die „Helle Not“ in absehbarer Zeit KEIN Thema mehr sein wird. Dass nämlich die Ziele des Projekts hinsichtlich des Einsatzes von Energie, des Umgangs mit unseren Nachttieren, den Auswirkungen auf komplexe Ökosysteme und natürlich den Menschen mit Gemeinden, UnternehmerInnen und InteressensvertreterInnen umgesetzt werden.

*Mag. Johannes Kostenzer
Umweltanwalt des Landes Tirol*

Ein Beitrag der Wiener Umweltschutzgemeinschaft

Sechs Jahre sind seit der Publikation der 2. Auflage vergangen und mittlerweile ist „Die Helle Not“ das österreichische Standardwerk zum Thema Lichtverschmutzung geworden. In diesen Jahren hat sich einiges getan: Wien hat einen „Masterplan Licht“ beschlossen, der nicht nur energetische, sondern auch Umweltaspekte behandelt. Die MA 33 – „Wien leuchtet“ hat die Untersuchung der Attraktivität verschiedener Straßenlampen für Insekten beauftragt, wobei das Ergebnis bei der Auswahl neuer Leuchten berücksichtigt werden soll.

Das Österreichische Normungsinstitut bietet seit Kurzem eine umfassende Ausbildung zum Lichttechniker an, bei der die Wiener Umweltschutzgemeinschaft die Umweltauswirkungen von Licht im Außenraum erläutert.

Diese Broschüre, Bemühungen des Astronomen Dr. Thomas Posch (Universität Wien) oder Dokumentationen wie „Die dunkle Seite des Lichts“ wecken Medieninteresse. Nicht nur die Beeinträchtigung astronomischer Forschungseinrichtungen und der Einfluss auf die biologische Vielfalt sind Themen, sondern auch die Wirkung von künstlichem Licht auf die innere Uhr des Menschen und damit verbunden auf Gesundheit und Wohlbefinden.

Das Bewusstsein für die Umweltauswirkungen künstlicher Beleuchtung im Außenraum ist nach meinem Empfinden bereits deutlich gewachsen. Bei der Umsetzung entsprechender Maßnahmen gibt es aber noch viel zu tun: Nach wie vor 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.

Aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes ist künstliches Licht im Außenraum nur im sicherheitstechnisch notwendigen Umfang vertretbar. Besonderes Augenmerk muss dabei auf sensible Lebensräume wie Trockenwiesen, Feuchtgebiete, Gewässer, Waldränder und allgemein auf Schutzgebiete gelegt werden. Hier ist die Artenvielfalt und damit das Gefahrenpotenzial durch Kunstlicht am höchsten.

„Die Helle Not“ wird uns auch in der 3. Auflage eine unverzichtbare Hilfe bei der Bewusstseinsbildung zum Thema Lichtverschmutzung sein. Ich wünsche viel Freude beim Lesen!

*Mag. Dr. Andrea Schnattinger
Wiener Umweltschützerin*



Projektziel

Der sorgsame Umgang mit Licht
sowohl im Sinne des Naturschutzes
als auch im Sinne des Energiesparens
ist oberstes Ziel dieses Projektes.



Lichterflut im Siedlungsraum (www.darksky.org)

Einleitung

Die Welt ist im letzten Jahrhundert immer heller geworden.

Wenn es Nacht wird, beginnen Tausende künstliche Lichtquellen zu strahlen. Ausgehend von den Städten, Ortschaften, Gebäuden und Straßen bis hin zu den Bergbahnen im Gebirge, erobern nächtliche Lichtkonzentrationen immer mehr die Landschaft.

Seit es auf der Erde hell geworden ist, haben sich die Lebensbedingungen vieler Tiere dramatisch verändert. Milliarden von Insekten und Vögeln gehen jährlich in die tödlichen Lichtfallen. Ein anderer Teil der Natur verschwindet ebenfalls zusehends: Die Pracht des Sternenhimmels ist nur mehr in entlegenen Gebieten zu bewundern und die Milchstraße ist ein Naturphänomen, das vielen Menschen kaum mehr bekannt ist. Darüber hinaus beeinflusst die erhellte Nacht zunehmend den natürlichen Tag-Nacht-Rhythmus des Menschen. Umweltassoziierte Gesundheitsstörungen wie Schlafstörungen, Energielosigkeit und andere, z.T. schwer wiegende Folgeerkrankungen können die Auswirkungen von Lichtimmissionen auf den Lebensbereich des Menschen sein.

Beleuchtung – ein Problem?

Beleuchtungssituation

Lichtimmissionen durch künstliche Beleuchtung nehmen seit Jahren weltweit rasant zu. Ein Teil der ständig steigenden Anzahl künstlicher Lichtquellen in unserer Landschaft dient unabdingbaren Erfordernissen der Sicherheit. Ein wesentlicher Teil ist jedoch rein ästhetisch-dekorativ begründet (angestahlte Gebäude, Denkmäler, Burgen) oder dient ausschließlich Werbezwecken (großflächige Lichtwerbeanlagen, Eventbeleuchtung, Skybeamer etc.). Neben den zunehmenden Werbeaktivitäten und Effektbeleuchtungen ist in den letzten Jahren ein stetig wachsender Trend zur Verlagerung der Freizeitaktivitäten in die Nachtstunden festzustellen – die Folge: beleuchtete Golfplätze, Wanderwege, Schipisten, Langlaufloipen, Rodelbahnen etc. Ein Ende dieser Entwicklung ist nicht absehbar.

Problematik

Natur

Seit Millionen von Jahren ist Licht der ursprüngliche Rhythmusgeber, auf den sich die meisten Organismen eingestellt haben. Dementsprechend bleibt künstliches Licht nicht ohne Folgen! Es hat Auswirkungen auf nachtaktive Tiere, die aufgrund ihrer spezifischen Anpassung von der Dunkelheit abhängig sind, ebenso wie auf tagaktive Tiere, die in der Nacht ihre Ruhezeiten haben. Exakte Aussagen zu den Auswirkungen in ihrer gesamten Dimension können mangels entsprechender Forschungen noch nicht getroffen werden. Möglich sind:

- Blendung & Desorientierung
- gestörte/ingeschränkte Futtersuche
- veränderte Räuber-Beute-Beziehung
- gestörte soziale Interaktion (Entwicklung & Fortpflanzung)
- eingeschränkter Aktionsradius (Barrierewirkung, Vertreibung)
- gestörte Ruhephasen

Für einzelne Tiergruppen liegen bereits umfassende Studien vor – zwei Beispiele:

Nachaktive Insekten

Nachaktive Insekten haben ein wirkungsvolles Nachtsehen entwickelt. Sie orientieren sich bei ihren nächtlichen Flügen am UV-Licht der Himmelskörper. Das Sehmaximum ihrer extrem lichtempfindlichen Augen liegt überwiegend im ultravioletten (UV-)Bereich des Lichtspektrums. Durch künstliche Lichtquellen, die einen großen Teil ihres Lichts in dem für den Menschen unsichtbaren UV-Bereich emittieren – wie z.B. die in Österreich immer noch häufig verwendeten Quecksilberdampf-Hochdrucklampen –, werden diese Tiere geblendet und in ihrer Orientierung fehlgeleitet, bei klarem Wetter aus einer Distanz von bis zu 700 m („Vacuum Cleaner Effekt“). Sie fliegen zwanghaft die Leuchtkörper an, bis sie vor Erschöpfung verenden oder verbrennen. Auf diese Art und Weise werden durch künstliche Lichtquellen jährlich Milliarden nachaktiver Insekten ihrem Lebensraum „entzogen“. Für den Artenschutz stellt diese Tatsache ein zunehmendes Problem dar, denn allein von den in Österreich nachgewiesenen ca. 4.000 Schmetterlingsarten sind gut 85% nachaktiv. Die Folge ist ein zunehmender Ausdünnungseffekt, die Gefährdung bereits seltener Arten steigt stetig an. Artenverluste in dieser Größenordnung haben zwangsläufig negative Auswirkungen auf den Naturhaushalt. Nachtaktive Insekten haben – genau wie ihre tagaktiven Verwandten – ökologische Aufgaben zu erfüllen, wie z.B. das Bestäuben von Blüten. Zudem sind sie ein wichtiges Glied in der Nahrungskette.



Zugvögel im Bann einer Eventbeleuchtung (www.flap.org)

Zugvögel

Wie bei den Insekten gibt es auch bei den Zugvögeln eine Attraktionswirkung. Etwa zwei Drittel der Zugvögel wandern in der Nacht. Sie orientieren sich dabei unter anderem an den Sternen, weshalb auch sie durch starke Lichtquellen geblendet und in ihrer Orientierung fehlgeleitet werden können. Vor allem bei Nebel und schlechter Sicht können starke, punktuelle Lichtquellen oder die „Lichtglocken“ größerer beleuchteter Areale (Siedlungen, ...) zur Desorientierung der Vögel führen. Einmal im „Banne“ des Lichts, gelingt es ihnen kaum mehr, einen Ausweg zu finden. Die Vögel gehen entweder an Erschöpfung nach stundenlangen Irrflügen und Stress zu Grunde oder durch die direkte Kollision mit beleuchteten Objekten (Towerkill-Phänomen) (Hotz, T. & Bontadina, F., 2007). Beispiele aus Deutschland, der Schweiz und anderen Staaten belegen jährlich den Tod von Zigtausenden Zugvögeln zur Hauptzugzeit August bis November und März bis Mai.



Mittels Kunstlicheinrichtungen können Forscher Tausende Tiere in einer einzigen Nacht registrieren.



Blick auf die UNO-City in Wien bei Nacht

Astronomie

Auch der Großteil des Sternenhimmels – unser Fenster zum beobachtbaren Universum – ist bereits in der Lichterflut „ertrunken“. Dieser Teil der Natur war eine stetige Quelle der Inspiration in der gesamten Menschheitsgeschichte und seine Beobachtung wesentlich für fundamentale physikalische und mathematische Erkenntnisse. Durch die Zunahme künstlicher Beleuchtungen werden die astronomischen Beobachtungen immer schwieriger – vielerorts können sie bereits gar nicht mehr durchgeführt werden. Das betrifft nicht nur die Wissenschaft, sondern auch eine Vielzahl laienhaft interessierter Personen, die durch abendliche Führungen in kleinen Sternwarten oder in freier Natur die Faszination der Astronomie verbreiten wollen: Am durchschnittlichen Himmel über Österreich sind nur mehr wenige Dutzend Sterne zu sehen, während ohne die Lichtverschmutzung etwa 3.000 Sterne für das freie Auge sichtbar wären!

Es gibt Möglichkeiten, ohne Komforteinbußen für den Menschen, die negativen Auswirkungen einzudämmen und zudem noch Energie und Kosten zu sparen.

Menschliche Gesundheit

Wie alle anderen Organismen hat sich auch der Mensch im Laufe der Jahrtausende an den Tag-Nacht-Rhythmus angepasst. Zahlreiche wichtige Funktionen unseres Körpers – darunter die Produktion verschiedener Hormone – schwanken mit den unterschiedlichen Anforderungen im Laufe des Tag-Nacht-Wechsels (zirkadianer Rhythmus). So wird z.B. nur in der Dunkelheit der Nacht das Hormon Melatonin gebildet. Dieses Hormon ist nicht nur der Grundbaustein für einen erholsamen Schlaf, es hat auch einen bedeutenden Einfluss auf die Produktion anderer Hormone und trägt zudem wesentlich zur Funktion des Immunsystems bei. Mehreren Untersuchungen zufolge gibt es sogar Hinweise darauf, dass Melatonin eine gewisse krebshemmende Wirkung haben könnte. Wird die Melatoninproduktion in der Nacht durch den Einfluss von künstlichem Licht gestört, können sich daraus gesundheitliche Probleme entwickeln. Mehr dazu unter: www.stargazer-observatory.com/print/LV.pdf (S.31-37) und <http://lib.bioinfo.pl/auth:Kloog.I>.

Lösungen

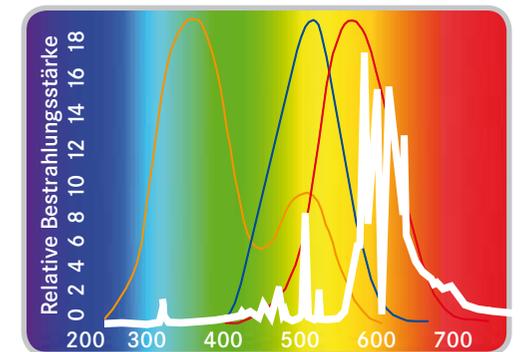
Lampentypen

Ein wesentlicher Faktor für die Umweltfreundlichkeit, aber auch für die Wirtschaftlichkeit einer Beleuchtung ist die Wahl des Leuchtmittels. Empfohlen werden Lampen mit einem hohen Energiesparpotenzial, deren Anteil an kurzwelligem Licht möglichst gering ist:

Je niedriger der UV-Strahlungsanteil einer Lampe, desto umweltfreundlicher ist sie. „Ideal sind Natriumdampf-Hochdrucklampen!“ (LTG-AKÖB, „Licht im öffentlichen Raum“)

Natriumdampf-Hochdrucklampen (HS)

Sie zeichnen sich durch einen geringen Energieverbrauch bzw. eine hohe Lichtausbeute und gute Lichtlenkung (LTG) aus! Ihr hauptsächlich Strahlungsbereich liegt im grünen, gelben und orangen Wellenlängenbereich und ist dadurch an das menschliche Sehvermögen angepasst. Der Strahlungsanteil im UV-Bereich ist mit ca. 0,02% des Gesamtspektrums einer Lampe äußerst gering. Damit wird die Anlockwirkung auf nachtaktive Insekten auf ein Minimum reduziert.



Natriumdampf-Niederdrucklampen (LS)

Höchster Wirkungsgrad, enthalten kein Quecksilber, geringste Beeinträchtigung nachtaktiver Tiere sowie des Sternenhimmels. Ihr monochromatisches Licht (ca. 590 nm) ermöglicht allerdings keine Farbwiedergabe, **weshalb sie nicht für den Einsatz als Straßenbeleuchtung geeignet ist!** Eine Einsatzmöglichkeit ist die „Objektbeleuchtung“ (z.B. Burgen, Denkmäler).

Lampentypen im Vergleich:

Nachfolgend sind die Spektrenmessungen anderer derzeit gängiger Lampentypen angeführt.

Die Messungen stammen aus dem Laborbericht der Magistratsabteilung 39, Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle der Stadt Wien: „Laborbericht über die Spektren unterschiedlicher Lampen“, MA 39 - VFA 2008-1429.01-05; Wien 15. Dezember 2008.

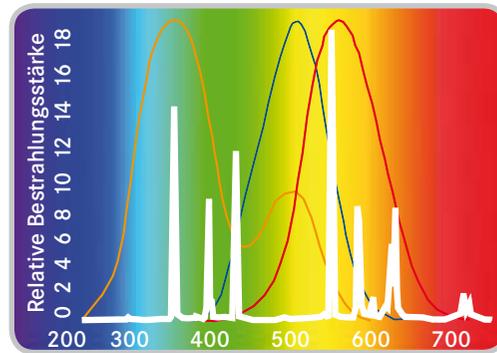
Spektrum normiert auf 1.000 Lux/
Wellenlänge in nm

- Tagsehen Mensch
- Nachtsehen Mensch
- Nachtfalter
- Spektrum der Lampe

Quecksilberdampf-Hochdrucklampen (HM)

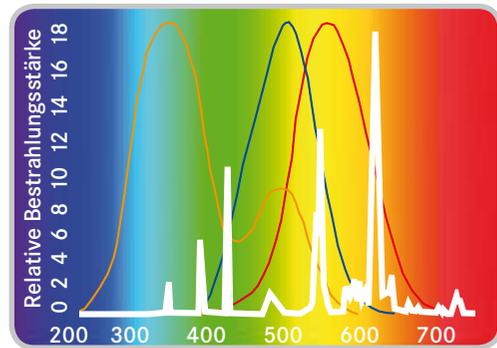
Sie waren die bislang am häufigsten verwendeten Lampen. Aufgrund ihrer geringen Lichtausbeute, des hohen Energieverbrauchs und der kürzeren Lebensdauer im Vergleich zu anderen Lampen werden sie aber nicht mehr empfohlen. Zudem strahlen sie einen großen Teil des Lichts im UV-Bereich aus, weshalb sie **für nachtaktive Tiere besonders schädlich sind**.

Hinweis: Gemäß den vorgeschlagenen Realisierungsmaßnahmen im Rahmen der EU-Richtlinie „Energy Using Products“ werden Quecksilberdampf-Hochdrucklampen ab 2015 nicht mehr in der EU angeboten.



Quecksilberdampf-Niederdrucklampen (T, TC)

Sie sind auch bekannt unter dem Namen „Leuchtstofflampen“ oder „Kompaktleuchtstofflampen“. Typen mit Schraubsockel und integriertem Vorschaltgerät werden als **Energiesparlampen** bezeichnet. Ihr Strahlungsanteil im UV-Bereich (bei 365 nm) ist relativ gering. Ein Tausch von Quecksilberdampf-Hochdrucklampen auf „Energiesparlampen“ im Außenbereich bringt kaum Vorteile. Große Temperaturabhängigkeit des Lichtstroms – bei tiefen Temperaturen kaum noch Lichterzeugung, weshalb sie in Gebieten mit kalten Wintern nicht relevant ist. Die Lichtlenkung ist aufgrund der langen, röhrenförmigen Form der Lampe sehr schwierig.



Hinweis Entsorgung:

Alle Entladungslampen – bis auf die Natriumdampf-Niederdrucklampe – enthalten in mehr oder weniger geringen Mengen Quecksilber und müssen daher als Sondermüll behandelt und entsorgt werden (Bauhof der Gemeinde oder entsprechende andere Sammelstellen). Natriumdampf-Niederdrucklampen müssen wegen ihres Gehalts an metallischem Natrium gesammelt und einer speziellen Entsorgung zugeführt werden.

Metallhalogenid-Hochdrucklampen (HI)

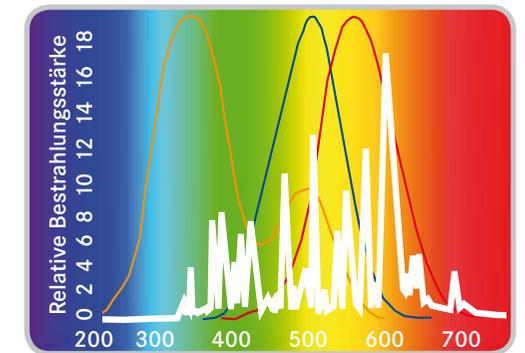
Ein in letzter Zeit vermehrt eingesetzter Lampentyp, der weißes Licht erzeugt. **Der UV-Anteil dieser Lampen ist je nach Hersteller und Modell variabel!** Alte Modelle (HI mit Quarzbrenner) weisen generell noch eine höhere UV-Strahlung auf (siehe Spektrum rechts oben).

Die modernen Typen (HI mit Keramikbrenner) haben bereits einen reduzierten UV-Strahlungsanteil (siehe Spektrum rechts unten). Hohe Lichtausbeute, gute Lichtlenkung.

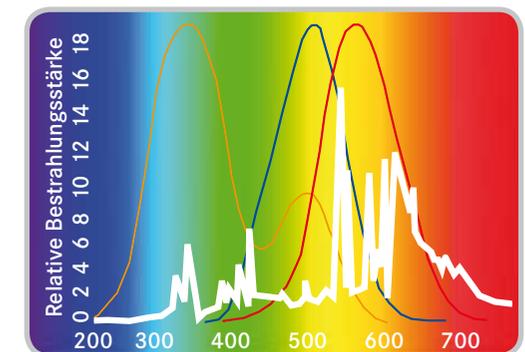
Sollte weißes Licht für die Straßenbeleuchtung zum Einsatz kommen, ist jedenfalls „warmweißes Licht“ mit einer Farbtemperatur kleiner als 3.000 Kelvin zu bevorzugen: je niedriger die Farbtemperatur (Kelvin), desto geringer der Blauanteil im Spektrum!

Leistungsstärkere Lampen über 150 W haben automatisch eine höhere Farbtemperatur und damit einen höheren Blau- und UV-Anteil. Hier wird aus ökologischer Sicht allgemein die Verwendung eines UV-Filters empfohlen.

Hinweis: UV-Filter werden im Handel angeboten. Über die Wirksamkeit der Filter liegen derzeit noch keine wissenschaftlichen Untersuchungen vor.



Beispiel einer Metallhalogenid-Hochdrucklampe mit Quarzbrenner



Beispiel einer Metallhalogenid-Hochdrucklampe mit Keramikbrenner

LED-Lampen

LED (Light Emitting Diode) ist eine neue, sich rasant weiterentwickelnde Beleuchtungstechnologie. Prinzipiell emittieren LEDs nur Licht in einem begrenzten Spektralbereich (nahezu monochromes Licht), der je nach Farbton variiert. Erste Systeme (in unterschiedlichen Farben wie z.B. rot, grün, blau, weiß, gelb) sind bereits auf dem Markt. Noch sind nicht alle LED-Typen besonders effizient (www.strassenlicht.de). Durch den schnellen Entwicklungsprozess wird aber in naher Zukunft mit einer vergleichbaren bzw. gesteigerten Energieeffizienz im Vergleich zu den herkömmlichen Lampentypen zu rechnen sein.

Leuchtentypen

Viele der bisher gebräuchlichen Leuchten strahlen ihr Licht in alle Richtungen ab. Das nach oben oder seitlich ausgestrahlte Streulicht steht zur Beleuchtung nicht zur Verfügung und ist somit eine energietechnische und kostenintensive Verlustleistung, die wesentlich zur Lichtverschmutzung beiträgt. Erfolgt der Einsatz von Licht gezielt – nach dem Grundsatz: „Licht nur dort wo es gebraucht wird“ – können unerwünschtes Streulicht und Blendung vermieden bzw. nach dem Stand der Technik auf ein Mindestmaß reduziert werden.



Kugelleuchte
Kugelleuchten strahlen in alle Richtungen Licht in gleicher Intensität aus. Höchster Streulichtanteil! Größte Energieverschwendung! Größte Belastung der Umwelt!



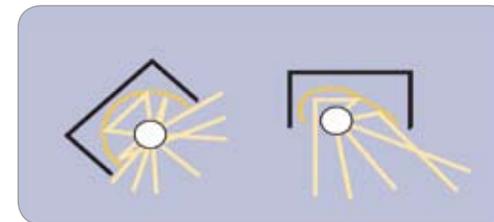
Standard-Straßenleuchte
Die „Standard-Straßenleuchte“ ist zwar nach oben abgeschirmt, sie gibt ihr Licht aber seitlich immer noch weit ins Umland ab. Dadurch trägt auch sie zur Lichtverschmutzung bei und stört durch Blendung.



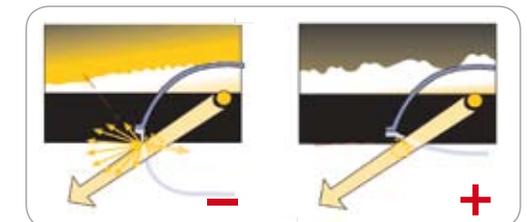
Abgeschirmter Leuchtentyp
Diese so genannten Full-cut-off-Leuchten strahlen ihr Licht nur in den unteren Halbraum ab. Durch die Begrenzung des Abstrahlwinkels wird die Lichtausbeute und -verteilung optimiert. Geringste Belastung der Umwelt bei hoher lichttechnischer Effizienz.

Gezielter Lichteinsatz

Durch Lichtlenkung mittels Spiegeloptik sowie die richtige Wahl der Leuchtenwanne kann das Ergebnis der abgeschirmten, so genannten Full-cut-off-Leuchten noch weiter optimiert werden. Dieser gezielte Lichteinsatz entlastet die Umwelt, reduziert den Stromverbrauch (Treibhausgasemissionen) und die Energiekosten. Die unten stehenden Grafiken aus dem Handbuch „Licht im öffentlichen Raum“ der Lichttechnischen Gesellschaft Österreichs (LTG) verdeutlichen die Optimierungsmöglichkeiten.



Leuchten mit asymmetrischer Lichtverteilung sind solchen mit symmetrischer Lichtverteilung vorzuziehen.



Leuchten mit planer oder nur leicht gewölbter Wanne vermindern die Abstrahlung nach oben. Erhöhung der lichttechnischen Effizienz durch kontrollierte Lichtlenkung.

Blendung

Jeder kennt die Situation, wenn man in der Dunkelheit plötzlich in grelles, weißes Licht schaut: Man ist geblendet und für einige Momente massiv beeinträchtigt. Diese Tatsache ist vor allem im Straßenverkehr relevant. Ein kurzer Blick in gleißend blauweiße Scheinwerfer, Straßenlaternen oder andere Beleuchtungsanlagen führt zur Blendung und zu einer Störung von Adaptation und Dämmerungssehen, zum sprichwörtlichen „Fahren im schwarzen Loch“. Um Blendungen zu vermeiden, muss daher sowohl auf die lichttechnischen Eigenschaften der Beleuchtungskörper als auch der Lichtquellen geachtet werden.

Kontrastsehen

Jedes wahrgenommene Objekt ist umgeben von einer Art Hof, welche den Kontrast reduziert. Gelbfilter verbessern das Kontrast-Sehen. Daher werden Gelbfilter in Nebelbrillen, Schießbrillen, Pilotenbrillen, in Brillen für Sehbehinderte und auch in Intraokularlinsen verwendet.

Gelbliche Lichtquellen (Scheinwerfer, Straßenlampen etc.) blenden weniger als blauweiße Lichter, verbessern das Kontrastsehen und liefern somit einen positiven Beitrag zur Verkehrssicherheit! (ein Beitrag von Univ.-Prof. Dr. P. Heilig)



Im Bildvordergrund klassische Kugelleuchte, im Hintergrund abgeschirmte Leuchten, die das Licht nur nach unten abstrahlen

Betriebsweise

Die Betriebsweise einer Beleuchtungsanlage orientiert sich an der Frage, in welcher Intensität und in welchem Ausmaß Beleuchtung notwendig ist. Durch eine Reduzierung der Beleuchtungsintensität während der verkehrsschwachen Nachtstunden, etwa von 23 bis 5 Uhr (saisonale Schwankungen beachten!) können Kosten gespart werden. Dazu gibt es zwei unterschiedliche Ansätze:

1. Halbnachtschaltung

Man sieht bei der Errichtung der Anlage bereits Leuchten mit zwei Lampen vor (zweiflämmige Leuchten) und kann dann ab einem gewissen Zeitpunkt eine Lampe ausschalten, wobei auf die Beibehaltung der Qualität der Lichtverteilung zu achten ist. Die Reduzierung der Lichtleistung um 50% bringt auch 50% Energieersparnis. Die Lebensdauer der Lampen wird dadurch nicht negativ beeinflusst.

2. Reduzierschaltung

Durch Einbau von Reduzierschaltungen kann die Leistung der Lampe in einem gewissen Bereich stufenlos gedimmt und somit an den Lichtbedarf angepasst werden. Ursprünglich war die Reduzierschaltung nur bei Leuchtstofflampen bedenkenlos möglich. Durch die Entwicklung von elektronischen Vorschaltgeräten sind nun auch Hochdruck-Dampflampen in gewissen Bereichen stufenlos dimmbar (LTG). Die Reduzierung der Lichtleistung um 50% bringt 30% Energieersparnis. Für Beleuchtungseinrichtungen in der freien Landschaft, z.B. angestrahlte Denkmäler, historische Gebäude, Werbeeinrichtungen etc., sollte die Abschaltung der Beleuchtung im Laufe der Nacht in Erwägung gezogen werden.

Eine Reduktion der Beleuchtungsintensität während der späten Nachtstunden könnte die Aufhellung des Nachthimmels vermindern.



Kosten sparen – Natur schützen

Berücksichtigt man die vorgeschlagenen Lösungsansätze, so kann durch die entsprechende Optimierung von Lampen, Leuchten und Betriebsweise langfristig ein hoher Prozentanteil an Energie eingespart und gleichzeitig die Umwelt entlastet werden. Aus wirtschaftlicher Sicht ist vor allem die Wahl des Leuchtmittels bzw. der Lampen von Bedeutung. Neben der Lichtausbeute stellt auch die Lebensdauer ein wichtiges Kriterium dar. Beispiele:

Lampentyp	Leistung in W	Lichtstrom in lm	Lichtausbeute in lm/W	Mittlere Lebensdauer in h**
Quecksilberdampf-Hochdrucklampe HME	80	4.000	50	15.000
	125	6.800	54	15.000
Leuchtstofflampe* T5 (16 mm)/830	54	4.850	90	24.000***
	80	6.800	85	24.000***
Natriumdampf-Hochdrucklampe HSE-X4	50	3.500	70	28.000
	70	5.600	80	28.000
	100	8.500	85	28.000
Halogenmetaldampflampe HIE-CE/P (Keramik)	35	3.300	87	12.000
	70	7.000	96	12.000

*große Temperaturabhängigkeit des Lichtstroms, daher für Gebiete mit kalten Wintern wenig geeignet

**ermittelt nach normiertem Prüfverfahren (11 h EIN/1 h AUS)

*** (165' EIN/15' AUS)

Quecksilberdampf-Hochdrucklampen haben die niedrigste Lichtausbeute und die niedrigste Energieeffizienz, weshalb sie ab 2015 in der EU nicht mehr verkauft werden dürfen.

Die umweltverträglichste Lampe, die Natriumdampf-Hochdrucklampe, besitzt vergleichsweise dazu eine hohe Lichtausbeute und eine sehr lange Lebensdauer! Zudem gewährleistet ihr gelbes Licht gegenüber dem weißen eine größere Reichweite bei Nebel oder schlechter Sicht und somit mehr Sicherheit.

Mit der Umrüstung von Quecksilberdampf-Hochdrucklampen auf Natriumdampf-Hochdrucklampen können etwa 30–40% der Energie gespart werden.

CO₂-Reduktion:

Rechnet man die eingesparte Energie von kWh in CO₂ um, können durch den effizienten Einsatz von Licht

jährlich Tausende Tonnen CO₂ vermieden werden. Der Umrechnungsfaktor (CO₂-Emissionsfaktor) für Strom ist im Wesentlichen abhängig vom Brennstoff, der für die Erzeugung verwendet wird: Strommix in Tirol (Verbundnetz der TIWAG): 0,43 kg CO₂/kWh; Strommix in Deutschland: 0,514 kg CO₂/kWh (www.strassenlicht.de)

Rechenbeispiele für

Einsparungsmöglichkeiten:

Die nachfolgend konstruierten Rechenbeispiele sollen veranschaulichen, welches Einsparungspotenzial energieeffiziente Lampentypen wie Natriumdampf-Hochdrucklampen (HS) oder auch moderne Metallhalogenlampen mit reduziertem UV-Strahlungsanteil (HI) gegenüber herkömmlichen Quecksilberdampf-Hochdrucklampen (HM) enthalten.

Berücksichtigte Faktoren:

Investitions-/Umrüstungs-Energiekosten

Fallbeispiel Neuinstallation

Neuinstallation von 174 Leuchten mit je einer Lampe auf einer 23 km langen Straße in einem Neubaugebiet bei vergleichbarer Beleuchtungsstärke. Um dieselbe Helligkeit zu erreichen, können anstelle von 125 W Quecksilberdampf-Hochdrucklampen (HME) 70 W Natriumdampf-Hochdrucklampen (HSE-X4) oder 70 W Metallhalogendampflampen (HIE-CE/P) verwendet werden.

Um einen Vergleich zu erhalten, wurde auch noch die Leuchtstofflampe in das Fallbeispiel mit einbezogen.

Eckdatenfestlegung				
	HME	HSE-X4	HIE-CE/P	T5 (16 mm)/830
Betriebsstunden pro Jahr	4.200	4.200	4.200	4.200
Lampenleistung in W	125	70	70	80
Leuchtenleistung in W (Lampe und Vorschaltgeräte)	137	82	82	88
Installierte Leistung in kW	23,838	14,268	14,268	15,312
Kosten pro Lampe exkl. MWSt. in EUR	9,80	40,70	87,50	26,50
Angenommener Strompreis in EUR/kWh	0,12	0,12	0,12	0,12
Energiebezug pro Jahr in kWh	100.120	59.926	59.926	64.310

*Anmerkung: Bei den verwendeten Lampentypen ist der Lichtstrom in etwa vergleichbar – es gibt aber Natriumdampf-Hochdrucklampen und Metallhalogendampflampen, die noch effizienter sind!

Vergleich der Energie- und Investitionskosten

Vergleich HME – HSE-X4		
	Investitionskosten bei 174 Lampen in EUR	Energiekosten pro Jahr in EUR
HME-Lampen	1.705,20	12.014,35
HSE-X4-Lampen	7.081,80	7.191,12
Bilanz	- 5.376,60 (Kosten)	+ 4.823,23 (Ersparnis)

Nicht berücksichtigt wurde die Einmalinvestition eines Zünd- und Vorschaltgerätes pro Leuchte.

Vergleich HME – HIE-CE/P		
	Investitionskosten bei 174 Lampen in EUR	Energiekosten pro Jahr in EUR
HME-Lampen	1.705,20	12.014,35
HIE-CE/P-Lampen	15.225,00	7.191,12
Bilanz	- 13.519,80 (Kosten)	+ 4.823,23 (Ersparnis)

Nicht berücksichtigt wurde die Einmalinvestition eines Zünd- und Vorschaltgerätes pro Leuchte.

Die Energiekosteneinsparung beträgt sowohl bei Natriumdampf-Hochdrucklampen als auch bei Metallhalogendampflampen ca. 40% oder umgerechnet eine Reduzierung des CO₂-Ausstoßes um 20,1 t/Jahr.

Vergleich HME – T5 (16 mm)/830		
	Investitionskosten bei 174 Lampen in EUR	Energiekosten pro Jahr in EUR
HME-Lampen	1.705,20	12.014,35
T5 (16 mm)/830	4.611,00	7.717,20
Bilanz	- 2.905,80 (Kosten)	+ 4.297,15 (Ersparnis)

Nicht berücksichtigt wurde die Einmalinvestition eines neuen Leuchtenkopfes mit elektronischem Vorschaltgerät (EVG).

Aufgrund der ermittelten Daten kann man eine sehr vereinfachte Amortisationsrechnung durchführen, die hier nur anhand eines Beispiels gezeigt wird.

Einsparung

Natriumdampf-Hochdrucklampe (HSE-X4)				Metallhalogendampflampe (HIE-CE/P)		
Zeitraum	Lampenmehrkosten in EUR	Eingesparte Energiekosten pro Jahr in EUR	Einsparung nach x Jahren in EUR	Lampenmehrkosten in EUR	Eingesparte Energiekosten pro Jahr in EUR	Einsparung nach x Jahren in EUR
1. Jahr	5.376,60	4.823,23	- 553,37	13.519,80	4.823,23	- 8.696,57
2. Jahr		4.823,23	4.269,86		4.823,23	- 3.873,34
3. Jahr		4.823,23	9.093,09	13.519,80	4.823,23	- 12.569,91
4. Jahr	5.376,60	4.823,23	8.539,72		4.823,23	- 7.746,68
5. Jahr		4.823,23	13.362,95		4.823,23	- 2.923,45
6. Jahr		4.823,23	18.186,18	13.519,80	4.823,23	- 11.620,02
7. Jahr	5.376,60	4.823,23	17.632,81		4.823,23	- 6.796,79
8. Jahr		4.823,23	22.456,04		4.823,23	- 1.973,56

Der Mehraufwand an Lampenkosten im Vergleich zur Quecksilberdampf-Hochdrucklampe wird bei der Natriumdampf-Hochdrucklampe durch die Energieeinsparung bereits im 2. Jahr wettgemacht, danach werden kräftige Gewinne erzielt. Bei der Metallhalogendampflampe kommt es zu keiner Amortisation, da die Lebensdauer geringer und der Lampenpreis höher ist. Entscheidend ist hier die Energieeinsparung und damit die CO₂-Emissionsreduktion.

Leuchtstofflampe T5 (16 mm)/830			
Zeitraum	Lampenmehrkosten in EUR	Eingesparte Energiekosten pro Jahr in EUR	Einsparung nach x Jahren in EUR
1. Jahr	2.905,80	4.297,15	1.391,35
2. Jahr		4.297,15	5.688,50
3. Jahr		4.297,15	9.885,65
4. Jahr	2.905,80	4.297,15	11.377,00
5. Jahr		4.297,15	15.674,15
6. Jahr		4.297,15	19.971,30
7. Jahr	2.905,80	4.297,15	21.362,65
8. Jahr		4.297,15	25.659,80

Der Mehraufwand an Lampenkosten wird bei der Leuchtstofflampe durch die Energieeinsparung bereits im 1. Jahr wettgemacht. Danach werden Gewinne erzielt. Achtung: Diese Lampe ist auf Grund der großen Temperaturabhängigkeit des Lichtstroms nicht für Gebiete mit kalten Wintern geeignet – bei tiefen Temperaturen kaum noch Lichterzeugung!

Fallbeispiel Umrüstung

Umrüstung der Leuchten eines 23 km langen Straßenzuges mit 174 Leuchten mit je einer Lampe. Die 174 Quecksilberdampf-Hochdrucklampen (HME) werden durch Natriumdampf-Hochdrucklampen (HSE-X4) bzw. Metallhalogendampflampen (HIE-CE/P) ersetzt. Hier wird auf die Darstellung der Leuchtstofflampe verzichtet, diese lässt sich aber jederzeit anhand des Beispiels nachvollziehen. *Die Umrüstung bzw. die für den Einsatz von Natriumdampf-Hochdrucklampen notwendige technische Erneuerung kostet pro Leuchte 113,00 EUR. Der gleiche Wert wird in der Folgerechnung bei den Metallhalogendampflampen angesetzt.*

Vergleich der Energie-, Investitions- und Umrüstungskosten

Vergleich HME – HSE-X4			
	Investitions-kosten 174 Lampen in EUR	Energie-kosten pro Jahr in EUR	Umrüstung von HME auf HSE-X4 in EUR
HME	1.705,20	12.014,35	
HSE-X4	7.081,80	7.191,12	19.662,00 (113x174)
Bilanz	5.376,60 (Mehrkosten)	4.823,23 (Ersparnis)	19.662,00 1x Mehrkosten

Vergleich HME – HIE-CE/P			
	Investitions-kosten 174 Lampen in EUR	Energie-kosten pro Jahr in EUR	Umrüstung von HME auf HIE-CE/P in EUR
HME	1.705,20	12.014,35	
HIE-CE/P	15.225,00	7.191,12	19.662,00 (113x174)
Bilanz	13.519,80 (Mehrkosten)	4.823,23 (Ersparnis)	19.662,00 1x Mehrkosten

Einsparung

Einsatz HSE-X4				
Zeit-raum	Lampen-investi-tion	Umrüst-kosten in EUR	Eingesp.-Energie-kosten/Jahr in EUR	Einsparung nach x Jahren in EUR
1. Jahr	5.376,60	19.662,00	4.823,23	- 20.215,37
2. Jahr			4.823,23	- 15.392,14
3. Jahr			4.823,23	- 10.568,91
4. Jahr			4.823,23	- 5.745,68
5. Jahr	5.376,60		4.823,23	- 6.299,05
6. Jahr			4.823,23	- 1.475,82
7. Jahr			4.823,23	+ 3.347,41

Einsparung beim Einsatz von Natriumdampf-Hochdrucklampen (HSE-X4)

Der anfängliche Mehraufwand sowohl für die teureren Lampen als auch für die Umrüstungskosten amortisiert sich erst in einem Zeitraum von 7 Jahren. Ab dann sind Gewinne zu verzeichnen. Davor sind v.a. die Energieeinsparung (ca. 40%) und damit die CO₂-Emissionsreduktion (ca. 20,1 t/Jahr) bei gleichzeitig verbesserter Beleuchtungssituation entscheidend.

Einsparung beim Einsatz von Metallhalogendampflampen (HIE-CE/P)

Die Umrüstung amortisiert sich nicht aufgrund der teureren Lampen mit kürzerer Lebensdauer. Entscheidend sind in diesem Fall Energieeinsparungen und damit CO₂-Emissionsreduzierungen bei gleichzeitig verbesserter Beleuchtungssituation.

Fallbeispiel Umrüstung und Teilnachtschaltung

Die Umrüstung der 174 Quecksilberdampf-Hochdrucklampen auf Natriumdampf-Hochdrucklampen oder Metallhalogendampflampen bei gleichzeitiger Absenkung der Beleuchtungsstärke auf ca. 50% während der Nachtstunden zwischen 23 und 4 Uhr bringt eine zusätzliche Energieeinsparung in der Größenordnung von ca. 30%. Dadurch wird die Amortisationszeit verkürzt.

Finanzierungsmodell „Contracting“

Eine Möglichkeit, die Modernisierung der öffentlichen Beleuchtung ohne eigene Investitionen zu verwirklichen, ist das so genannte „Contracting“. In diesem Fall werden die Investitionen, die zu Einsparungen bei Energie- und Wartungskosten führen sollen, durch einen so genannten „Contractor“ (z.B. eine Bank) vorfinanziert. Der Contractor holt sich seine Investitionen aus den erzielten Einsparungen wieder zurück. Diese Form der „Vorfinanzierung“ ist bereits seit vielen Jahren erprobt. In der Praxis haben sich vielfältige, an die jeweiligen Projektbedingungen angepasste Formen von Contracting entwickelt. Vor unseriösen Anbietern wird jedoch gewarnt, insbesondere sollte man auf die Rahmenbedingungen (Wartungsdienst, Laufzeit, Haftungsfragen, Einhaltung der einschlägigen Normen, Festlegung diverser Garantien, z.B. Zustand der Anlage bei Übergabe am Vertragsende etc.) größtes Augenmerk legen. In diesem Sinne wird ein Hinzuziehen von unabhängigen Beratungsstellen empfohlen.

Umsetzung in anderen Ländern

Einige Länder haben die Problematik der Lichtverschmutzung bereits vor langer Zeit erkannt und entsprechende Maßnahmen zur Optimierung der Beleuchtungssituation gesetzt.

1958 Flagstaff/Arizona (USA):

Erste Regelungen gegen die Lichtverschmutzung zum Schutz des städtischen Observatoriums; aktuell: Verbot von Quecksilberdampflampen in ganz Arizona ab 2011

1989 Bisei-Town/Japan:

Verordnungen zum Schutz des Nachthimmels: In den Bezirken um die Observatorien hat diese Verordnung oberste Priorität.

1992 Kanarische Inseln (Spanien):

„The Sky Law“ zum Schutz astronomischer Observatorien

1999 Chile:

„Norma Luminica“ zur Verhinderung von Lichtverschmutzung in astronomisch sensiblen Regionen

2000 Lombardei (Italien):

„Gesetz gegen Lichtverschmutzung“

2001 Katalonien (Spanien):

„Environmental Arrangement of the Lightning System for the Protection of Nocturnal Ecosystem“: Gemeinden können Zonierungen verordnen

2002 Tschechien:

Gesetz gegen die Lichtverschmutzung: „Lichtverschmutzung ist jegliche Form der künstlichen Beleuchtung, die über den Bereich hinausreicht, für den sie gedacht ist, insbesondere, wenn sie über den Horizont gerichtet ist.“

2007 Slowenien:

Umfassendes Gesetz „zum Schutz der Natur vor schädlicher Wirkung, zum Schutz der Wohnräume vor störender Beleuchtungsstärke, zum Schutz der Bevölkerung vor Blendung, zum Schutz der astronomischen Beobachtungen vor der Himmelsaufhellung und zur Minderung des Stromverbrauches“



„Leuchtende“ Beispiele in Österreich

Innsbruck

Die Landeshauptstadt von Tirol setzt ebenso wie Wien, Linz, Salzburg, Graz und einige andere Städte in Österreich das Wissen um die Lichtverschmutzung bereits konkret um. Von den Innsbrucker Kommunalbetrieben wurde ein zukunftsweisendes Konzept für die Beleuchtung des gesamten Stadtgebietes erarbeitet. Kernpunkt dabei ist der Einsatz energieeffizienter, umweltverträglicher, nachhaltiger und langlebiger Beleuchtungsanlagen.

Ein Beispiel: Im Zuge der Teilerneuerung der Lanserstraße in Igls im Jahr 2007 wurde die Gelegenheit genutzt, auch die öffentliche Beleuchtung in diesem Bereich zu erneuern. Zum Einsatz kam eine hochmoderne Beleuchtungsanlage mit so genannten „Full-cut-off-Leuchten“ (völlig abgeschirmte Leuchten) mit planer Wanne, hochwertigen Reflektoren und geschlossenem Gehäuse. Als Leuchtmittel wurden Natriumdampf-Hochdrucklampen verwendet. Die Beleuchtungsintensität wird mittels Nachtabsenkung (ermöglicht durch ein digitales Leistungsreduzierrelais) dem Bedarf angepasst. Mit dieser Anlage sind langfristig geringe Betriebs-, Wartungs- und Instandhaltungskosten und somit eine große Wirtschaftlichkeit garantiert.



ÖBB-Mitarbeiter Wolfgang Zangerl beim Leuchtmitteltausch

ÖBB

Nicht nur Städte und Gemeinden engagieren sich aktiv für eine energieeffiziente und umweltverträgliche Beleuchtung, auch verschiedene Unternehmen wie z.B. die ÖBB haben diese Thematik aufgegriffen: Bundesweit sollen in den nächsten Jahren alle ineffizienten und für nachtaktive Tiere besonders schädlichen Quecksilberdampflampen gegen Natriumdampf-Hochdrucklampen ausgetauscht werden. Ein längerfristiges Vorhaben ist der Ersatz der bisher gebräuchlichen „Standardleuchten“ durch „Full-cut-off-Leuchten“ (also abgeschirmte Leuchten). In einigen Bereichen wurde bereits mit der Umrüstung begonnen. Derzeit wird ein Tausch beim Südkopf des Innsbrucker Hauptbahnhofes verwirklicht. Umgesetzt wurde dies bereits in den Bahnhöfen Baden, Graz, Bischofshofen und dem Innsbrucker Westbahnhof.

Faszination Nachtfalter

Heimischen Nachtfaltern kann man nahezu überall begegnen. Besonders arten- und individuenreich sind die Reste unserer Naturlandschaft, z.B. Schluchtwälder, alpine Rasen, Fels- und Schuttlbensräume, aber auch die traditionell genutzte, strukturreiche Kulturlandschaft ist vielfältig. Nachtfalter leben aber selbst in der intensiv genutzten Umgebung des Menschen, so lange ökologische Nischen wie Gehölzgruppen, Ackerrandstreifen, Hecken etc. vorhanden sind.



Trockenrasen-Grüneule



Magerwiesen, Trockenrasen und Halbtrockenrasen

Magerwiesen sind, ebenso wie Trocken- und Halbtrockenrasen, nährstoffarme Graslandtypen, die nur ein- bis zweimal im Jahr gemäht und nicht oder lediglich schwach gedüngt bzw. extensiv beweidet werden. Sie beherbergen im Vergleich zu den intensiv genutzten Wiesen und Weiden eine ausgesprochen artenreiche Nachtfalterfauna sowie zahlreiche gefährdete Arten.

Die **Vielzahn-Johanniskrauteule** lebt an sonnigen Hängen mit Beständen des Johanniskrautes. Die **Trockenrasen-Grüneule** gilt im Westen und Süden Österreichs bereits als ausgestorben. Die **Umbra-Sonneneule** ist eine von fast 600 Eulenfalterarten Österreichs. Der **Wolfsmilchschwärmer** ist durch die Intensivierung von Trockenstandorten zunehmend gefährdet.

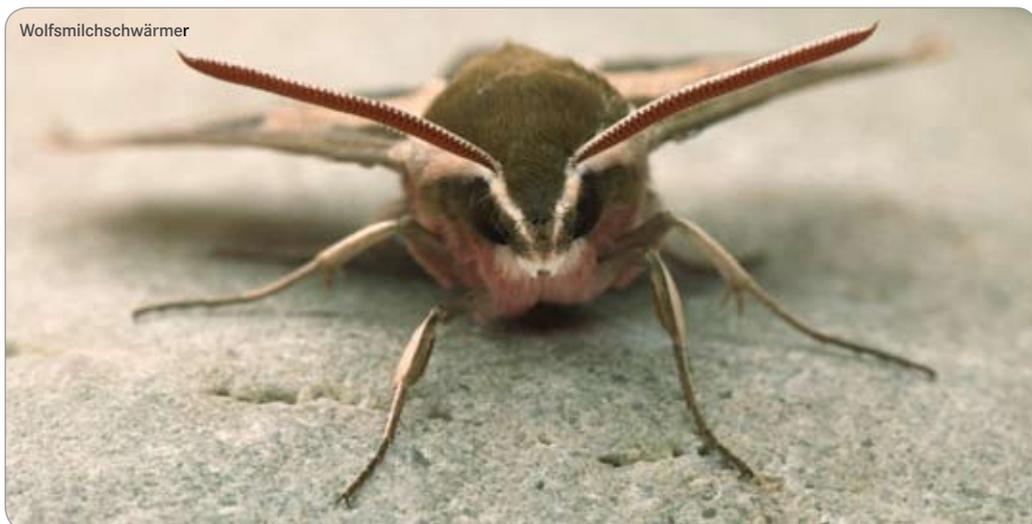
Umbra-Sonneneule



Vielzahn-Johanniskrauteule



Wolfsmilchschwärmer



Hecken, Gebüsch, Feldgehölze und Einzelbäume

Hecken wie z.B. in Virgen sind Bestandteile der traditionellen, bäuerlichen Kulturlandschaft, die die offene „Flur“ untergliedern. Hecken repräsentieren ökologische Qualitäten, auf die zahlreiche Falterarten zwingend angewiesen sind. Mit ihren krautreichen Saumbereichen sind sie Lebensstätte und Nahrungsquelle.

Weibchen des **Ligurischen Nachtpfauenauges** lassen sich besonders leicht von Kunstlichtern anlocken. Rosafarbene Flecken gaben der in vielen Biotopen häufigen **Roseneule** ihren Namen. Der **Gelbe Rosen-Bindenspanner** ist fast überall anzutreffen, wo Wildrosen wachsen. Vielerorts ist das auf Schlehen spezialisierte, attraktive **Gelbe Ordensband** bereits verschwunden.

Roseneule



Gelber Rosen-Bindenspanner



Gelbes Ordensband



Ligurisches Nachtpfauenaug





Augsburger Bär



Röhricht-Goldeule

Wälder und Waldränder



Großes Nachtpfauenauge

Viele einheimische Nachtfalter fliegen bevorzugt in Waldlebensräumen. Allerdings bevorzugt auch hier das Gros der Arten die lichten, an Saum- und Mantelstrukturen reichen Waldteile sowie die Waldränder. Insbesondere naturnahe, laubbaumreiche Waldbestände und so genannte breite, gestufte Waldmäntel stellen Lebensräume für eine ganz besondere Falterfauna dar. So ist z.B. die Eiche Kinderstube für über 200 Schmetterlinge.



Eichenkarmin

Mit bis zu 15 cm Flügelspannweite ist das **Große Nachtpfauenauge** der größte Schmetterling Europas. In warmen Eichenmischwäldern fliegt das seltene **Eichenkarmin**, ein Eulenfalter aus der Gruppe der Ordensbänder. Der meist hochgradig gefährdete **Augsburger Bär** ist in den Schluchtwäldern der nördlichen Kalkalpen noch lokal häufig. Das **Jägerhütchen** sieht dem Großen Kahnspinner sehr ähnlich, ist aber viel weiter verbreitet vor allem in buchenreichen Wäldern.



Jägerhütchen



Feuchtgebiete

Hochstaudenfluren, Seggensümpfe, Nasswiesen, Niedermoore, Hochmoore etc. sind allgemein relativ artenarme Lebensräume, dafür aber reich an Spezialisten. Dementsprechend weisen sie typische Falterarten auf, die nur hier heimisch sind, darunter auch einige Eiszeitrelikte. Viele Moorschmetterlinge haben ihre besten Bestände nicht im blütenarmen Zentrum, sondern an der Peripherie, wo in enger Nachbarschaft zum Moorkörper genügend Blütenpflanzen wachsen, z.B. in Streuwiesen am Rand von Hochmooren.



Spitzflügel-Graseule

An Schilf, aber auch an andere feuchtigkeitsliebende Pflanzen ist die **Röhricht-Goldeule** gebunden.

Rohrbohrer fressen im Raupenstadium im Stängel von Schilfrohr. Besonders prächtig gefärbt, aber leider auch selten ist der hochgradig gefährdete **Purpurstreifen-Zwergspanner**. Schilfeulen wie die **Spitzflügel-Graseule** leben an Schilfblättern und anderen Gräsern.



Rohrbohrer



Purpurstreifen-Zwergspanner

Gewässerbereiche

Gewässerbereiche können nach dem Grad des menschlichen Einflusses sehr verschiedenartig ausgeprägt sein. Naturnahe Fließgewässer, wie z.B. Abschnitte des Tiroler Lech oder die Donauauen, werden durch Weichholz- und an erhöhten Stellen durch Hartholzau charakterisiert, Uferbereiche stehender Gewässer durch Bruchwald. Von Natur aus sind diese Bereiche komplexe Biotope mit kleinstrukturiertem Wechsel von Bäumen, Sträuchern, Hochstauden, Kräutern, Röhrichtpflanzen und Feuchtwiesen. Bereits die Aufzählung so verschiedenartiger Lebensräume verweist auf die große Schmetterlingsvielfalt, die nicht nur quantitativ bemerkenswert ist, sondern auch qualitativ. Viele bestandsbedrohte Arten haben in den einst ausgedehnten Naturräumen an Gewässern gelebt und finden heute nur noch kleine Refugien vor. Solche Charakterarten sind unter anderem: Pappelglucke, Flechtenbären, Erlenwickler, Weichholzaunen-Zahnspinner, Weidenkahneule, Weidengelbeule, verschiedene Spannerarten etc. Dazu gesellt sich eine größere Anzahl an Arten, die vorwiegend in Au-, Bruch- und Moorwäldern auftreten und zum Teil äußerst bedroht sind.

Der **Jakobskrautbär** ist für Feinde wie beispielsweise Vögel ungenießbar und zeigt dies auch mit seiner frechen Warntracht. Der **Mondvogel** ist ein Charaktertier von Auen und flussbegleitenden Gehölzen, seltener kommt er auch in anderen Wäldern, Parkanlagen und Gärten vor. Die besonders bedrohten Kiesbänke größerer Flüsse sind der Lebensraum des **Fledermausschwärmers**. Das ehemals viel weiter verbreitete **Abendpfauenauge** ist inzwischen fast nur noch entlang der Fließgewässer zu finden; früher trat es auch in Gärten sekundär recht zahlreich auf.



Jakobskrautbär



Abendpfauenauge



Mondvogel



Fledermausschwärmer

Gebirgslebensräume

Almen und Zwergstrauchheiden sowie Fels- und Schuttbiootope um und oberhalb der Waldgrenze sind von der urbanen Lichtverschmutzung noch wenig betroffen. Viele unterschiedliche Lebensräume, die teilweise natürlich oder sogar ursprünglich sind, prägen die Landschaft. Die Vielfalt an spezialisierten Arten ist groß und die Individuenanzahl oft enorm. Zwar nimmt die Artenzahl mit zunehmender Höhe rasch ab, jedoch fliegen in den Alpen selbst oberhalb von 3.000 m noch etliche Schmetterlingsarten. Sie sind allerdings aufgrund der kalten Nachttemperaturen oft tagaktiv und auch Flugunfähigkeit der Weibchen als Anpassung an das windige Hochgebirgsklima ist weit verbreitet.

Wanderfalter wie der **Windenschwärmer** lassen sich gerne von beleuchteten Bergstationen anlocken. Die Talpopulationen des **Eichenspinners** sind weitgehend ausgestorben, in der Zwergstrauchstufe ist der Falter noch häufig anzutreffen. Viele alpine Schmetterlinge wie der **Fetthennen-Steinspanner** ruhen tagsüber gut getarnt auf Felsen. Die **Hochalpen-Graseule** fliegt auch in bitterkalten Nächten zum Licht.



Windenschwärmer



Fetthennen-Steinspanner



Hochalpen-Graseule



Eichenspinner

Ökologische Aufgaben

Ein erheblicher Teil der Insektenarten Mitteleuropas ist nachtaktiv. Allein von den in Tirol nachgewiesenen ca. 2.700 Schmetterlingsarten sind gut 85% nachtaktiv. Die nachtaktiven Insekten sind ebenso wie ihre tagaktiven Verwandten Teil des ökologischen Netzes. Ihr Verschwinden beeinträchtigt daher nicht nur das Leben anderer Tiere, denen sie als Nahrung dienen, sondern auch das von Pflanzen, die von Nachtfaltern bestäubt werden.

Glied der Nahrungskette

Nachtfalter und ihre Raupen dienen vielen Tieren wie Vögeln, Fledermäusen oder Fröschen als Nahrung.

Bestäuben von Pflanzen

Viele Nachtfalter werden von stark duftenden, hellgelben und weißen Blüten, wie denen der Weißen Lichtnelke, von Nickendem Leimkraut, Taubenkropf,

Geißblatt oder der Nachtkerze, angelockt. Auch geschützte Arten gehören zu ihren Futterpflanzen, wie z.B. der Türkenbund oder die Weiße Waldhyazinthe. Diese Blüten sind ausschließlich den Nachtfaltern vorbehalten und werden nur durch diese erfolgreich bestäubt.

Ökologisches Gleichgewicht

Nachtfalter dienen nicht nur als Nahrung oder zur Bestäubung von Blüten. Bei einem intakten ökologischen Gleichgewicht regulieren sich die Bestände der einzelnen Arten selbst. Durch das Verschwinden von nachtaktiven Insekten bzw. durch die Veränderung bestehender Konkurrenzverhältnisse (Nahrungskonkurrenz) wird dieses Gleichgewicht labiler und anfälliger gegenüber der Massenvermehrung einiger weniger Arten. Die biologischen Kontrollmechanismen, die eine Massenvermehrung von Schadinsekten, Pilzen und Viren verhindern, treten außer Kraft.



Weiße Waldhyazinthe (unten): Dieses Knabenkrautgewächs gedeiht in lichten Laub- und Nadelwäldern und auf Magerwiesen. Die Bestäubung erfolgt durch Nachtfalter, die duftgelenkt die Blüten anfliegen.



Türkenbund (oben): Den Lebensraum dieser geschützten Nachtfalterpflanze bilden halbschattige Laub- und Nadelwälder. Die in Tirol besonders begehrte Gartenpflanze wird v.a. von den Schwärmern bestäubt und steht auf der „Roten Liste der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen von Nordtirol, Osttirol und Vorarlberg“.

Faszination Nachthimmel

Was ist ein Stern?

Wir hatten den Himmel da droben,

übersät mit Sternen,

und legten uns oft auf den Rücken

und schauten zu ihnen hinauf

und unterhielten uns darüber,

ob sie erschaffen oder nur zufällig da wären.

Mark Twain: Huckleberry Finn

Licht und Astronomie

Die Lichtglocken, die heute in der industrialisierten Welt fast alle Städte des Nachts einhüllen, lassen im Durchschnitt 90% der mit freiem Auge sichtbaren Sterne verschwinden. Astronomische Phänomene, die weite Kreise der Bevölkerung in ihren Bann ziehen, wie die strahlenden Sterne des Wintersechsecks, die Planeten, die Milchstraße, helle Kometen, Sternschnuppen oder das Zodiakallicht, lassen sich nur mehr fernab der Städte beobachten und auch das immer schlechter, weil die Lichterflut immer weiter in ländliche Gegenden vordringt.

Astronomen und Astronomieinteressierte weichen daher zunehmend in Länder aus, in denen der Nachthimmel noch nicht von künstlichen Lichtern überstrahlt wird. Tausende Europäer pilgern jährlich – z.T. mit schwerer Kameraausrüstung – in die entlegensten Gebiete, um das überwältigende Schauspiel eines unbeeinflussten Nachthimmels zu erleben. Berufsastronomen sind ebenfalls gezwungen, ihre Observatorien auf entlegenen

Berggipfeln zu errichten. So zum Beispiel befindet sich das derzeit größte Teleskop der Welt auf einer etwa 2.400 m hohen Erhebung in der chilenischen Atacama-Wüste. Gesetzliche Regelungen sorgen in Chile dafür, dass die nächstgelegenen Städte nicht mehr künstliches Licht abstrahlen als unbedingt nötig. Ähnliches gilt für die Kanaren-Inseln Teneriffa und La Palma.

Doch selbst mitten in Europa gibt es – vor allem in den Zentralalpen – noch Gegenden, wo der Anblick des Sternenhimmels in klaren Nächten atemberaubend sein kann. Diese Regionen könnten zukünftig verstärkt vom „Astro-Tourismus“ profitieren, d.h. vom Besuch jener Erholung Suchenden, für die auch die „obere Hälfte unserer Umwelt“ zählt. In den Vereinigten Staaten und Kanada gibt es seit Kurzem Naturparks, in denen der Nachthimmel eigens geschützt wird. Eine Idee, die für einige Fremdenverkehrsregionen im Alpenraum beispielhaft sein könnte!



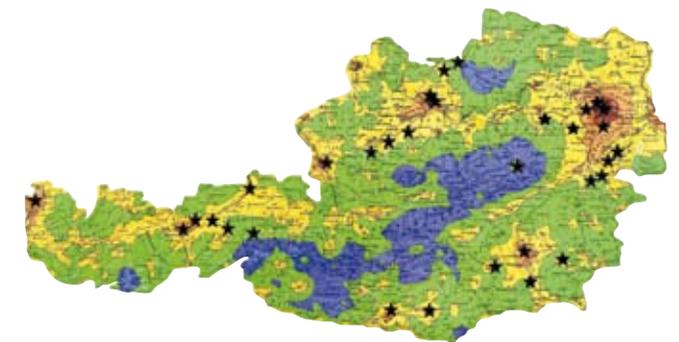
Weltkulturerbe Sternenhimmel

Unser Sternenhimmel ist seit Jahrtausenden eines der faszinierendsten Naturphänomene und zugleich eine der ältesten Inspirationsquellen des Menschen. Der bekannter Autor Timothy Ferris beschreibt das Problem der Lichtverschmutzung in kultureller Hinsicht folgendermaßen: *„Am besorgniserregendsten ist die Zerstörung des Nachthimmels, wenn wir an unsere Kinder denken. Ganze Generationen wachsen mittlerweile in den Großstädten und stadtnahen Regionen auf, ohne eine Vorstellung davon zu bekommen, wie die Milchstraße und ein von tausenden Sternen übersäter Himmel aussieht... Alle menschlichen Kulturen fanden es wichtig, Geschichten über die Sterne und über den Ursprung des Universums als Ganzem zu erzählen. Es gibt etwas an der Astronomie, das in der menschlichen Kultur tief verwurzelt ist und eine ebenso lange Geschichte hat wie Musik, Tanz und Dichtung.“*

Wie viele Sterne sehen wir noch?

Seit Anfang 2009 läuft – auf Initiative des Vereins Kuffner Sternwarte – die zweite Kampagne im Rahmen der schon 2001 erfolgreichen Aktion „Wie viele Sterne sehen wir noch?“. Es handelt sich dabei um eine Beobachtungskampagne, an der jede(r) teilnehmen und den Anblick des Nachthimmels am jeweiligen Wohnort erfassen kann. Kernstück der Beobachtungen ist das bekannte Sternbild „Kleiner Wagen“.

So wird's gemacht: Vergleichen Sie die vorgefertigten Sternkarten für unterschiedlich dunklen Himmel, die Sie auf <http://sternhell.at> vorfinden, mit dem tatsächlichen Anblick jenes Sternbilds bei klarem Himmel an Ihrem bevorzugten Beobachtungsort. Tragen Sie dann Ihr Vergleichsergebnis auf <http://sternhell.at> ein. Bis jetzt konnten bereits 3.147 Beobachtungsmeldungen gesammelt werden.



Simulation der Lichtverschmutzung über Österreich. Rote Gebiete weisen eine sehr starke Lichtverschmutzung auf, blaue eine geringe. Die Sterne markieren Einrichtungen, die sich der astronomischen Forschung oder der Öffentlichkeitsarbeit widmen. Nahezu alle sind merklich durch Lichtverschmutzung beeinträchtigt.



Eine mobile Volkssternwarte

Umsetzung



Die Notwendigkeit der Beleuchtung von Straßen, Plätzen und Wegen für Fußgänger und Fahrzeuge steht außer Zweifel. Sie muss nicht nur dem Bedürfnis des Menschen nach Sicherheit, sondern auch der Gewährleistung von Verkehrssicherheit und der Gestaltung der Städte und Gemeinden als Wohn- und Erlebniswelt gerecht werden.

Normen und Vorschriften

Geregelt wird die Beleuchtung im öffentlichen Raum in der europäischen Normenreihe EN 13201, Teil 1-4 „Straßenbeleuchtung“, und EN 12 464-2 sowie der österreichischen Norm O-1051 „Beleuchtung von Konfliktzonen“. Eine österreichische Norm zur Beurteilung von Lichtimmissionen ÖNORM O-1052 wird 2009 fertig gestellt werden. Anhand dieser Bewertungsgrundlagen ist es sowohl bereits bei der Planung als auch bei der Beurteilung von vorhandenen Beleuchtungsanlagen möglich, etwaige Störungen der Umwelt oder des nächtlichen Himmels zu erkennen und zu vermeiden. Es gibt also innerhalb dieser Normen einen Spielraum, der es möglich macht, die negativen Auswirkungen auf die Umwelt zu reduzieren, die Pracht des Sternenhimmels zu erhalten und zudem noch Energie und damit Kosten zu sparen (s. Tabelle). Viele schädliche Auswirkungen von künstlichen Lichtquellen lassen sich durch relativ einfache Maßnahmen auf ein Mindestmaß reduzieren.

Um ungefähr eine Vorstellung von den Größenordnungen der zulässigen Werte zu bekommen, folgende Praxisbeispiele:

Max. Beleuchtungsstärke bei Vollmond ca. 0,3 Lux
 Empf. Beleuchtungsstärke Schreibtisch ca. 300 Lux
 Tageslichthelligkeit im Schatten ca. 500 Lux
 Sonne ca. 100.000 Lux

In Wohngebieten sollte die Lichtimmission das Zehnfache der Leuchtkraft des Mondes nicht übersteigen.

Immissionen

Beleuchtungsstärke in Lux

Übersicht über die maximal zulässigen, mittleren vertikalen Beleuchtungsstärken, gemessen an der Fensterebene des nächstgelegenen Anrainers und geordnet nach Gebieten. Ausgenommen sind Straßenbeleuchtungen. ÖNORM O-1052:

Gebiet	Uhrzeit		
	6-20 Uhr	20-22 Uhr	22-6 Uhr
Gebiet A	1	1	1
Gebiet B	3	3	1
Gebiet C	5	3	1
Gebiet D	15	15	5

Gebiet A: Bereich mit besonderem Schutzbedürfnis, z.B. Bereich um Kurgebiete, Spitäler, Pflegeanstalten, Schulen

Gebiet B: Wohngebiet, Bereiche, die überwiegend dem Wohnen dienen, nur vereinzelt Geschäftslokale, Kleinsiedlungsgebiete

Gebiet C: Mischgebiete, Geschäftslokale und Wohnungen vorhanden, lokale Einkaufsstraßen

Gebiet D: Kerngebiete, Betriebs- und Industriegebiete, Geschäftsstraßen

Neu sind die Gebietsdefinitionen (bebaute Gebiete, Siedlungsrandbereiche, Freiland) für die Umweltbeeinflussung. Für „Umweltschutz“ gibt es keine Zeitzonen – hier gilt generell ab Beginn der Dunkelstunden. Näheres dazu (konkrete Immissionswerte etc.) wird die für 2009 geplante ÖNORM O-1052 enthalten.

Handlungsbedarf

Zur ökologisch und zugleich ökonomisch sinnvollen Verbesserung der Beleuchtungssituation sollten insbesondere die folgenden Bereiche berücksichtigt werden. Es gilt, Licht, wo es notwendig ist, effizient und ökologisch vertretbar einzusetzen, mit besonderem Augenmerk auf natürliche und naturnahe Lebensräume:

Bebaute Gebiete

Der Siedlungsbereich wird deshalb in die Überlegungen mit einbezogen, weil es auch hier in ökologischen Nischen Lebensraum für nachtaktive Tiere wie Nachtfalter, Fledermäuse, Amphibien etc. gibt. Daher sollte insbesondere im Bereich von Gewässern, Parks mit alten Baumbeständen, Grünanlagen etc. die Beleuchtung umweltverträglich gestaltet werden. Wird das gesamte bebaute Gebiet nach den entsprechenden Kriterien beleuchtet, kann die Lichtkonzentration, die generell von Siedlungsräumen ausgeht und über viele Kilometer merklich zur Aufhellung des Nachthimmels beiträgt, verringert werden.

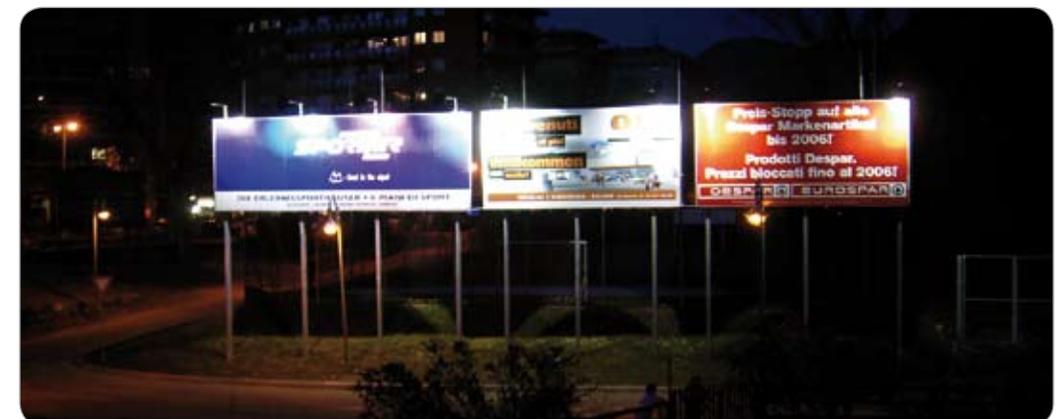
Siedlungsrandbereich

Wie bereits mehrfach erwähnt, richten Lampen im Nahbereich naturnaher Lebensräume bzw. Lampen, die eine starke Fernwirkung haben, den größten Schaden an. Randbereiche der Siedlungen bzw. Übergänge zur freien Landschaft sollten – unter Wahrung von Sicherheitsaspekten für die Menschen – aus Naturschutzgründen deutlich geringer ausgeleuchtet werden als Zentralsiedlungsbereiche und Hauptverkehrszonen. Insbesondere bei angren-

zenden schützenswerten Lebensräumen wie den angesprochenen Trockenrasen, Gewässerbereichen, Waldrändern, Hecken und Feuchtgebieten sollte den Anforderungen einer umweltfreundlichen Beleuchtung Rechnung getragen werden. Zudem sind die Siedlungsrandbereiche für das Erleben des Sternenhimmels von besonderer Bedeutung, da sie für die Menschen noch leicht erreichbar sind. Aus der Sicht des Naturschutzes und der Astronomie wäre eine Reduktion der Beleuchtungsstärken auf Werte nahe der Vollmondhelligkeit anzustreben.

Freiland

Besonders wichtig für den Naturschutz ist die Einhaltung der Anforderungen einer umweltfreundlichen Beleuchtung bei Lichtkonzentrationen in freier Landschaft weitab von den eigentlichen Siedlungsbereichen, z.B. bei angestrahlten historischen Gebäuden (Burgen, Schlösser), Kirchen, aber auch bei Liftstationen oder sonstigen frei stehenden Gebäuden wie Kläranlagen, Kraftwerken etc. Die Beleuchtung solcher Einrichtungen beeinträchtigt die Sichtbarkeit des Sternenhimmels in weitem Umkreis. Angestrahlte helle Wände, Glas- und Metalloberflächen ziehen nachtaktive Insekten besonders an. Über die Entfernung, aus der Insekten angelockt werden, gibt es unterschiedliche Angaben. Eine Reichweite von bis zu 700 Metern gilt jedoch als gesichert. Grundsätzlich sollte im Freiland insbesondere in Gebieten mit einer vielfältigen Pflanzen- und Tierwelt die „Notwendigkeit“ einer Beleuchtung und im Bedarfsfall deren Verträglichkeit eingehend geprüft werden.



Maßnahmen im Überblick

Licht nur dort, wo es notwendig ist, gesundheitserhaltend, umweltschonend und energiesparend einsetzen! (nach dem aktuellen Stand der Technik bzw. unter Berücksichtigung vorgegebener Normen). Drei wesentliche Kriterien als Lösung vieler Probleme:

LAMPENTYPEN	
Straßenbeleuchtung Verwendung energieeffizienter Lampen mit UV-armem Lichtspektrum, sonst Verwendung von UV-Filtern	Die umweltverträglichste Lampe für alle Einsatzbereiche ist nach wie vor (!) die Natriumdampf-Hochdrucklampe (evtl. ähnliche Eigenschaften: Metallhalogendampf-Hochdrucklampen mit Keramikbrenner und UV-Filter – <i>Nachweis der Wirksamkeit fehlt derzeit noch</i>). <ul style="list-style-type: none"> • geringste Anlockwirkung • hohes Energiesparpotenzial
Objektbeleuchtung Natriumdampf-Niederdrucklampen	für Objektbeleuchtungen, bei denen die Farbwiedergabe nur eine untergeordnete Rolle spielt <ul style="list-style-type: none"> • Lampe mit größtmöglicher Lichtausbeute • geringste Beeinflussung der Umwelt!

LEUCHTENTYPEN	
Verwendung von abgeschirmten Leuchten (Full-cut-off)	Beleuchtung der gewünschten Bereiche, keine Abstrahlung über die horizontal gedachte Linie (90°) (Beleuchtung v.a. in artenreichen Gebieten abschirmen) <i>Hinweis: Eine Abschirmung der Straßenleuchten entspricht den beleuchtungstechnischen Empfehlungen der LTG.</i> <ul style="list-style-type: none"> • Vermeidung von Streulicht • effizienter Umgang mit Energie • Verringerung der Anziehungskraft auf nachtaktive Insekten um über 90% • Verminderung der Aufhellung des Nachthimmels
Optimierung der Lichtlenkung durch Spiegeloptik und richtige Wahl der Leuchtenwanne	gezielte Beleuchtung, höchste lichttechnische Effizienz
Reduzierung der Lichtpunkthöhe	Vermeidung von Beleuchtungskonzentrationen mit Fernwirkung; üblich sind Höhen zwischen 4-7m – je niedriger desto besser <i>Hinweis: In Berg- und Hügellagen sollte die Straßenbeleuchtung talseitig der Straße situiert sein, um unnötige Fernwirkung zu vermeiden.</i> <ul style="list-style-type: none"> • geringere Fernwirkung • geringere Lockwirkung Nachtaktive Insekten werden aus umso größerer Entfernung angezogen, je höher der Lichtpunkt angelegt ist; durch die Reduzierung der Lichtpunkthöhe wird die Anlockwirkung stark verringert. <ul style="list-style-type: none"> • Reduzierung der Aufhellung des Nachthimmels
Beleuchtung nur von oben nach unten	Verzicht auf „Bodeneinbaustrahler“!
Verwendung von Leuchten mit geschlossenem Gehäuse und geringer Oberflächentemperatur (bis 60 °C)	Durch ein geschlossenes Gehäuse wird verhindert, dass die Tiere in die Lampe einfliegen und „verbrennen“; <i>Anm.: offene Leuchten sind gemäß LTG nicht Stand der Technik.</i>

BETRIEBSWEISE	
Beleuchtungsintensität dem Bedarf anpassen	Nicht überbelichten, sondern auf das Notwendige (innerhalb der Normen) begrenzen, z.B.: In der verkehrsarmen Zeit, etwa von 23 – 5 Uhr, kann die Beleuchtungsintensität vermindert werden (Nachtabsenkung); saisonale Schwankungen beachten! <ul style="list-style-type: none"> • hohes Energiesparpotenzial
Beleuchtungsdauer begrenzen	Beleuchtungen zu Dekorations-, Gestaltungs- oder Werbezwecken sollten begrenzt werden, z.B. in Anlehnung an den Lärmschutz: Abschaltung von 22 – 6 Uhr bzw. Beleuchtung zu Werbezwecken an die Betriebsöffnungen anpassen <ul style="list-style-type: none"> • hohes Energiesparpotential • Ausschalten gibt „gefangenen“ Tieren Gelegenheit zur Flucht • bessere Sichtbarkeit des Sternenhimmels
Vermeidung von Beleuchtung an reflektierenden Flächen	Reflexion an hellen Wänden, metallischen Oberflächen, Glas bzw. flächenhafte Ausleuchtung heller Fassaden vermeiden! enorme Anlockwirkung durch Reflexion oder Blendung

BELEUCHTUNG VERMEIDEN	
keine Skybeamer und Laser	
keine beleuchteten oder selbstleuchtenden Werbeanlagen im Freiland	

Die lichttechnische Industrie kann den Forderungen für eine umweltverträgliche Beleuchtung weitgehend entgegenkommen, da sich die ökologischen Anforderungen zum großen Teil mit den Anforderungen an eine den lichttechnischen Normen entsprechenden energiebewusste Beleuchtung decken. Alle diese Maßnahmen haben neben den ökologischen Vorteilen auch einen energietechnischen Vorteil und eine bessere Sichtbarkeit des Sternenhimmels zur Folge.



Sportstättenbeleuchtung und Beleuchtung von Freizeiteinrichtungen

Die gesellschaftliche Entwicklung bringt es mit sich, dass Freizeitaktivitäten vermehrt in die Dämmerungs- und Nachtstunden verlagert werden. Das betrifft nicht nur den allgemeinen Freizeitsport, sondern auch den Spitzensport auf Profi- oder Amateurbasis. Die daraus resultierende Zunahme an Lichtmissionen birgt Probleme für die Umwelt (insbesondere im freien Naturraum), kann aber auch störende Auswirkungen auf Anrainer haben.

Grundsätzlich ist die Sportstättenbeleuchtung in der Norm EN 12193 geregelt. Daneben gibt es noch verschiedene Richtlinien und Empfehlungen sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene:

- ÖISS (Österreichisches Institut für Schul- und Sportstättenbau): Beleuchtungsguide für Außenanlagen
- ÖISS: Lichttechnische Anforderungen an Beleuchtungsanlagen für Stadien
- EN 12464-2, Arbeitsstättenbeleuchtung im Freien
- CIE 150, Guide on the limitation of the effects of obtrusive light from outdoor lighting installations
- Litg Publikation, Messung und Beurteilung von Lichtmissionen künstlicher Lichtquellen
- Litg Publikation, Zur Einwirkung von Außenbeleuchtungsanlagen auf nachtaktive Insekten
- zusammenfassend und ergänzend (Fernwirkung etc.) in der in Arbeit befindlichen O-1052

Sämtliche Normen, Richtlinien und Empfehlungen der letzten Jahre nehmen Bezug auf Lichtmissionen und geben Hinweise zur Beachtung von Raumaufhellungen für angrenzende Gebiete. Einheitlich gültige Vorschriften sind aber nach Auskunft von Experten, auf Grund der vielfältigen Anfor-

derungen denen eine Beleuchtung von Sportstätten und anderen Freizeiteinrichtungen gerecht werden muss, sehr schwierig:

Einerseits gibt es eine Vielzahl unterschiedlichster Sportstätten und Freizeiteinrichtungen (von Fußballplätzen, Tennisplätzen, Golfplätzen, Langlaufloipen, Rodelbahnen, Skipisten, etc. bis hin zur Trabrennbahn) andererseits betrifft eine Beleuchtung nicht nur die „Ausübenden“ sondern unter Umständen auch die Zuschauer vor Ort. Fernsehaufnahmen stellen zusätzliche Anforderungen dar.

In den vorhandenen Regelwerken wird also bislang nicht näher auf die ökologischen Belange eingegangen. Dementsprechend wird derzeit weder die ökologische Vertretbarkeit einer Beleuchtung, noch die tatsächliche Notwendigkeit ausreichend hinterfragt. Diese Punkte sollten bereits im Planungsstadium am konkreten Projekt und von allen Gesichtspunkten her geprüft werden. *An dieser Stelle sollte auch die Diskussion erfolgen, wo die Grenze zwischen menschlicher Aktivität und Umweltverträglichkeit zu ziehen ist. Eine gesellschaftspolitische Frage, die zunehmend an Relevanz gewinnt.*

GRUNDSÄTZE für eine möglichst umweltverträgliche Sportstättenbeleuchtung:

1. Lampen

Verwendung energieeffizienter Lampen mit einem möglichst geringen Blau- und UV-Strahlungsanteil! Der Grund: kurzwelliges Licht hat eine größere Anlockwirkung auf nachtaktive Insekten, zudem wird es wesentlich stärker gestreut als langwelliges Licht. Derzeit kommen im Wesentlichen zwei Lampentypen für Sportplatzbeleuchtungen und zur Beleuchtung von Freizeiteinrichtungen in Frage:

Natriumdampf-Hochdrucklampe:

Langlebige, hocheffiziente Lampe mit geringem UV-Strahlungsanteil! Lampenleistung auf max. 1.000 W beschränkt. Gute bis mäßige Farbwiedergabe.

Metallhalogenid-Hochdrucklampe:

Hocheffiziente Lampe mit einer kürzeren Lebensdauer und höherem UV-Strahlungsanteil! Lampenleistung bis 2.000 W. Sehr gute Farbwiedergabe.

Aus ökologischer Sicht wird die Natriumdampf-Hochdrucklampe empfohlen. Sollte auf Grund technischer Anforderungen (z.B. Fernsehaufnahmen) das weiße Licht der Metallhalogenid-Hochdrucklampen erforderlich sein, ist jedenfalls weißes Licht mit einer möglichst geringen Farbtemperatur zu bevorzugen: je niedriger die Farbtemperatur (Kelvin), desto geringer der Blauanteil im Spektrum!

Bei weißem Licht sollte der Einsatz eines UV-Filters erfolgen, auch wenn über die Wirksamkeit der Filter in Bezug auf die Anlockwirkung von nachtaktiven Insekten derzeit noch keine wissenschaftlichen Untersuchungen vorliegen.

2. Leuchten

Gezielt beleuchten! Vermeidung von Streulicht bzw. Lichtabstrahlung über die Horizontale.

- Verwendung von abgeschirmten Leuchten (Full-cut-off-Leuchten)
- gezielte Beleuchtung durch den Einsatz hochwirksamer effektiver Spiegeltechnik (optimierte Lichtlenkung und Begrenzung von Blendung und Streulicht)
- Flächenbeleuchtung (z.B. Fußballtrainingsanlage, etc.) mit asymmetrischer Lichtverteilung: keine Lichtabstrahlung der Leuchte über der Waagrechten bezogen auf die Lichtpunkthöhe
- möglichst geringe Lichtpunkthöhe unter Berücksichtigung der notwendigen Beleuchtungsgeometrie

3. Betriebsweise

Beleuchtung dem Bedarf anpassen! Licht nur zu der Zeit und in der Intensität in der es notwendig ist!

- Beleuchtungsintensität auf das Notwendigste begrenzen (Unterscheidung zwischen Spielbetrieb und Trainingsbetrieb)
- Beleuchtungsdauer begrenzen





Lichtverschmutzung in Taipeh (aus: <http://de.wikipedia.org/wiki/Lichtverschmutzung>)

Unsere Einstellung zur Beleuchtung im Wandel der Zeiten

„Wo Licht totalitär wird wie in den Metropolen der Moderne, da herrscht in der Tat Lichtverschmutzung.“ Dieser Satz war 2002 in der renommierten deutschen Wochenzeitung „Die Zeit“ zu lesen. Er wurde nicht etwa von einem Astronomen oder einem engagierten Umweltaktivisten geschrieben, sondern – von einem Philosophen. Was kann dieser gemeint haben? Was bedeutet „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 eingesetzt 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 Jahre 1936. Schlör nennt die „Eroberung der Nacht“ als ein Ziel nationalsozialistischer Politik;¹ 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.² 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“.³ 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.⁴

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, fest in den Knochen. Ein italienisches Sprichwort sagt: „In der Nacht ist jede Katze ein Leopard.“⁵ 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 zehn Jahren vor allem dadurch zu Tage, dass Mediziner zu neuen Erkenntnissen über den Zusammenhang zwischen künstlichem Licht und der Produktion bestimmter Hormone gelangten. Noch in den 1980er-Jahren gingen amerikanische Forscher davon aus, dass sehr hohe Beleuchtungsstärken (technisch: etwa 2500 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, 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 will, als um sauberes Wasser aus einer Quelle zu trinken.

Haben wir nun wenigstens mit der nächtlichen Dunkelheit die Kriminalität aus unseren Städten vertrieben, wie dies eine Werbefotografie schon zu Anfang des 20. Jahrhunderts suggerierte? Wohl kaum. Studien aus Großbritannien zeigen vielmehr, dass es keinen verallgemeinerbaren Zusammenhang zwischen Beleuchtungsintensität und Verbrechensrate



Ein Werbecartoon aus dem Jahr 1925, der für sich spricht. (aus: Joachim Schlör: Nachts in der großen Stadt, München 1994, S. 69)

Literatur:

A. Roger Ekirch: In der Stunde der Nacht. Eine Geschichte der Dunkelheit. Gustav Lübbe Verlag, Bergisch Gladbach 2006
Ludger Lütkehaus: Jan Hollan, Astronom, Verdunkler. Die Zeit vom 18. Dezember 2002, S. 52
Johann Palisa: Astronomische Nachrichten, Bd. 222 (1924), S. 172
Joachim Schlör: Nachts in der großen Stadt. Paris, Berlin, London 1840 bis 1930. Deutscher Taschenbuch Verlag, München 1994

gibt.⁶ Nicht selten erleichtert Beleuchtung sogar Einbrüche und Vandalismusedelikte.

Fazit

Betrachtet man das Licht – sowohl das natürliche (Tageslicht) wie auch das künstliche – aus 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 eines gleichsam göttlichen Phänomens 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 und ‚Eroberung‘ der Nacht“ durch die Zivilisation einher. Licht wurde zu etwas Steuerbarem, zugleich aber auch zu etwas Steuerndem: Durch die Präsenz des Lichts wurden 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, Astronom und Philosoph

Weiterführende Informationen

Für weitere Informationen zum Thema stehen folgende Ansprechpartner zur Verfügung:

Naturschutz

Tiroler Umweltschutz
Brixnerstraße 2, A-6020 Innsbruck
T +43 512 508-3492
landesumweltschutz@tirol.gv.at

Mag. Maria Siegl
Projektleitung „Die Helle Not“
T +43 699 12 42 98 09
siegl@dekade.at

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

Links

Lichtverschmutzung allgemein

<http://www.nightsky.at/Obs/LP/> (Lichtverschmutzung in Österreich)
<http://www.lichtverschmutzung.de> (Lichtverschmutzung in Deutschland)
<http://de.wikipedia.org/wiki/Lichtverschmutzung>
http://kuffner-sterntour.at/hms/wiki/uploads/Uredba_4162_DE%2BV0.doc
<http://www.darksky.ch>

Lichtverschmutzung und Vögel

<http://www.flap.org> (englischsprachige Seite zum Thema LV und Vogelschutz)
<http://www.birdlife.at>

Lichtverschmutzung und Insekten

<http://www.wien.gv.at/umweltschutz/pool/pdf/lichtquelle.pdf> (Studie von Höttinger & Graf, 2003)
http://www.uni-mainz.de/FB/Biologie/Zoologie/abt1/eisenbeis/Homepage_Licht_Umwelt.htm

Lichtverschmutzung und Astronomie

<http://www.astronomie2009.at>
<http://www.sternhell.at>
<http://www.kuffner-sterntour.at>
<http://www.starlight2007.net> (La-Palma-Deklaration für das Recht auf Sternenlicht)
<http://www.globe.gov/globeatnight> (englischsprachige Seite zum Thema LV)
<http://www.darksky.org> (englischsprachige Seite)

Lichtverschmutzung und menschliche Gesundheit

<http://www.stargazer-observatory.com/print/LV.pdf>
<http://lib.bioinfo.pl/auth:Kloog.l> (englischsprachige Seite)

Öffentliche Beleuchtung

<http://www.ltg.at>
<http://www.strassenlicht.de>

Beleuchtung | Lichttechnik

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

Ökologie | Entomologie

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

Astronomie

Institut für Astronomie der Universität Wien
Dr. Thomas Posch
Türkenschanzstraße 17, A-1180 Wien
T +43 1 42 77 538 00
posch@astro.univie.ac.at

Literatur

- Bayerisches Landesamt für Umweltschutz:** Gefährdung nachtaktiver Insekten durch Außenbeleuchtung. Vorschläge für eine umweltfreundliche Beleuchtung (Az 8/3 – 8436.3-7289); 1995
- Blab J., Ruckstuhl Th., Esche Th., Holzberger R.:** Aktion Schmetterling – so können wir sie retten. Ravensburg; Maier, 1987
- Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland, Kreisgruppe Alzey-Worms:** Insektenfreundliche Außenbeleuchtung; 2000
- Cleve K.:** Das spektrale Wahrnehmungsvermögen nachts fliegender Schmetterlinge – NachrBl. Bayer. Ent. 16 (5/6), 1967, 33-53
- Eisenbeis G.:** Freilandökologische Untersuchungen über „Insektenfreundliche Außenbeleuchtung im kommunalen Bereich“ – eine Lufttektorstudie zur Anlockwirkung von Quecksilberdampfhochdruck-, Natriumdampfhochdruck- und Natrium-Xenondampfhochdrucklampen. Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland, 1999
- Eisenbeis G., Hassel F.:** Zur Anziehung nachtaktiver Insekten durch Straßenlaternen – eine Studie kommunaler Beleuchtungseinrichtungen in der Agrarlandschaft Rheinhessens. Natur und Landschaft, 75. Jg. (2000), Heft 4; 145-156
- Esche T.:** Untersuchung zur Auswirkung unterschiedlicher Lichtquellen auf nachtaktive Schmetterlinge. 1999, 28 pp
- Esche Th. et al.:** Untersuchungen zur Auswirkung unterschiedlicher Lichtquellen auf nachtaktive Großschmetterlinge (Macrolepidoptera) im Rastatter Oberwald, Landkreis Rastatt. Institut für Ökologie und Artenschutz im DBV, Fachbereich Waldökologie; 1989; 24
- Gebundet:** Eine Information des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg. Stuttgart, 1990
- Hatzmann H., Wendt R.:** Lichtverschmutzung in der Landschaft. Aus: Licht und Raum, 05/95
- Höttinger H., Graf W.:** Zur Anlockwirkung öffentlicher Beleuchtungseinrichtungen auf nachtaktive Insekten. Studie im Auftrag der Wiener Stadtverwaltung, 2003
- Hotz T., Bontadina F.:** Allgemeine ökologische Auswirkungen künstlicher Beleuchtung. Unpublizierter Bericht

- von SWILD als Grundlage für Grün Stadt Zürich und Amt für Städtebau Zürich. 78 Seiten; 2007
- Kobler R.:** Die Lichtverschmutzung in der Schweiz. Mögliche Auswirkungen und praktische Lösungsansätze. Diplomarbeit an der Fachhochschule beider Basel, 2003
- Kriener M.:** Macht das Licht aus! Natur und Kosmos; 2000; 30-36
- Landesumweltschutz Tirol:** Geschützte Pflanzen- und Tierarten – Beschreibung der in Tirol geschützten Arten. Tiroler Naturschutzverordnung 1997, LGBl. 95/1997; 2000
- Leuchtende Todesfallen –** Übertriebene Außenbeleuchtung gefährdet nachtaktive Insekten. Öko-Information der Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung; 1992
- LiTG:** Zur Einwirkung von Außenbeleuchtungsanlagen auf nachtaktive Insekten. LiTG-Publikation Nr. 15; 1997
- LTG Arbeitskreis öffentliche Beleuchtung:** Handbuch „Licht im öffentlichen Raum“, 2008
- Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg:** Insektenfreundliche Beleuchtung, Auswirkungen großer Beleuchtungsanlagen auf nachtaktive Tiere, insbesondere Insekten. 1990
- Natur und Land –** Zeitschrift des Österreichischen Naturschutzbundes: Schmetterlinge – sanfte Gaukler. Heft 2-3/1999
- Posch Th., Hron J., Wuchterl G.:** Wie viele Sterne sehen wir noch? Sterne und Weltraum 1/2002, S. 62-63
- Schanowski A., Freundt S.:** Überbelichtet. Naturschutzbund Deutschland, Landesverband Baden-Württemberg (DBV); Stuttgart, 1990
- Scheibe M. A.:** Über die Attraktivität von Straßenbeleuchtungen auf Insekten aus nahe gelegenen Gewässern unter Berücksichtigung unterschiedlicher UV-Emission der Lampen. Natur und Landschaft, 74. Jg. (1999), Heft 4; 144-146
- Schmied H., Waldburger P., Heynen D.:** Vogelfreundliches Bauen mit Glas und Licht. Schweizerische Vogelwarte; Sempach, 2008
- Schmiedel J.:** Auswirkungen von künstlichen Lichtquellen auf die wild lebende Tierwelt. Diplomarbeit; 1992

Dank

Ich möchte es nicht verabsäumen, den Dank an all jene zu erneuern, die zur Entstehung dieser Broschüre in ihrer ersten Auflage beigetragen haben: Böttcher Marita, Bund für Naturschutz – Außenstelle Leipzig | Dirnwöber Helga, Wien | Eisenbeis Gerhard, Institut für Zoologie der Universität Mainz | Gärnter Georg, Botanisches Institut der Universität Innsbruck | Hartmann Max, Energie-Controlling, Altach, Vorarlberg | Hassel Frank-Michael, geschäftsführender Vorstand Bund für Umwelt und Naturschutz, Landesverband Rheinland Pfalz e.V. | Hollunder Michael, Wien | Kerschbaum Franz, Institut f. Astronomie, Universität Wien | Krüger Rainer, Energie Tirol | Nennung Hannelore, BRG Lienz | Raab Herbert, Linzer Astronomische Gemeinschaft | Rhemann Gerhard, Astrostudio, Wien | Rössler Astrid, Landesumweltschutz Salzburg | Rottmar Karin, Biologin | Scheibe Mark Andreas, Institut für Zoologie, Johannes Gutenberg Universität Mainz | Schimpelberger Elke, Elektrizitätswerk Wels AG | Schmiedel Jörg, Büro für Landschaftsplanung und Umweltberatung, Rostock | Tarmann Gerhard, Tiroler Landesmuseum | Verein Kuffner Sternwarte, Wien | Volkssternwarte Mariazellerland | Wiener Arbeitsgemeinschaft Astronomie, Wien | Für die Bereitstellung von Bildmaterial von Schulkindern wird der Hauptschule Zirl, dem BRG Lienz und der Volksschule Virgen gedankt.

Ein herzlicher Dank für nützliche Informationen und freundliche Unterstützung zur aktuellen Auflage geht an: Rudolf Hornischer, Magistrat der Stadt Wien – MA 39-PÜZ KML | Wolfgang Kerber, IKB | Christian Richter, AE Austria Außenleuchten | Hans Schmid, Schweizerische Vogelwarte | Daniela Schobesberger, Linz

www.hellenot.org

