

DANKSAGUNGEN UND IMPRESSUM

- > An Hrn. **Pierre-Maurice Barras** (Sierre Energie) und Hrn. **Jérôme Luyet** (Energie Sion Region), den Verantwortlichen für Beleuchtungen, für ihre wertvollen Informationen zu technischen und gesellschaftlichen Gesichtspunkten der Strassenbeleuchtung.
- > An **Marc Torti** von der Schröder Swiss SA für seine wertvollen Ausführungen zur LED-Technik und deren Entwicklung.
- > An **Arnaud Zufferey**, wissenschaftlicher Mitarbeiter, Dienststelle für Energie und Wasserkraft, für den Erfahrungsaustausch.

Autor: **Antoine Sierro**

Übersetzung aus dem Französischen: **Daniel Schuppisser**

Graphische Gestaltung: atelier **ETCO** | Paloma Garcia Magliocco

Druckerei: **Ronquoz Graphix**; im Wallis gedruckt

Finanzierung durch: die **Dienststelle für Wald, Flussbau und Landschaft**, Sitten

Datum: Januar **2019**

Hell leuchtet die Nacht!

WIE LICHTVERSCHMÜTZUNG DIE NATUR BELASTET



Inhalt

- 5 Vorwort
- 7 1 Lichtverschmutzung**
 - 8 Definition
 - 8 Lichtglocke
 - 10 Kunstlicht - kurz erklärt
 - 12 Geschichte
 - 13 Gesetzliche Grundlagen
 - 14 Lampentypen und deren Eigenschaften
- 17 2 Auswirkungen**
 - 18 auf die Pflanzenwelt
 - 20 auf Amphibien und Reptilien
 - 22 auf Gliederfüßer
 - 28 auf Fledermäuse
 - 32 auf Vögel
 - 36 auf Säugetiere
 - 38 auf den Menschen
 - 40 auf die Nahrungskette
 - 41 Zusammenfassung
- 43 3 Praktische Lösungsansätze**
 - 44 Strassenbeleuchtung neu überdenken
 - 46 Empfehlungen für die Strassenbeleuchtung
 - 48 Empfehlungen für Wildtiere
 - 50 Ausblick
- 52 Quellen und weiterführende Literatur**

VORWORT

Auf unserem Planeten ändert sich das Licht je nach Jahreszeiten, Tag- und Nachtwechsel, aber auch nach den Mondphasen. Für diese wechselnden Verhältnisse mussten sich alle Lebewesen eine Strategie zulegen. So hat das Licht die Lebensordnung auf der Erde geformt, ob Ökosystem, Lebewesen oder einzelnes Molekül, alles hat sich danach ausgerichtet. Kunstlicht gibt es seit 150 Jahren, und es dringt an Orte vor, wo es zuvor noch nie Licht gegeben hat. Sein Spektrum ist ein anderes als das von Sonne, Mond oder Sternen. Im Gegensatz zu Klimaveränderungen stellt sein **Auftreten für Lebewesen und deren Umgebung etwas noch nie Dagewesenes** dar. Wohl ist die künstliche Beleuchtung dem Menschen von enormem Nutzen (punkto Sicherheit, Komfort und Freizeit), doch zu deren Folgen hat er sich keine Gedanken gemacht. Strassenbeleuchtung gilt ja auch als Zeichen des Fortschritts und wurde manchmal nur installiert, um den nachtsüber erzeugten Atomstromüberschuss zu verwerten.



1

Lichtverschmutzung

DEFINITION UND GESETZLICHE GRUNDLAGEN

Lichtverschmutzung

DEFINITION

Als Lichtverschmutzung bezeichnet man unnatürliches und störendes Kunstlicht in der Nacht, mit dessen Folgen für Fauna und Flora, das Ökosystem sowie die Gesundheit des Menschen. Ersten Alarm schlugen bereits in den 1980er Jahren die Astronomen, die feststellen mussten, dass die künstliche Beleuchtung die Beobachtung des Nachthimmels erschwerte. Diese »astronomische« Lichtverschmutzung, welche die Sicht auf den Himmel behindert, ist aber von der »ökologischen« Lichtverschmutzung zu unterscheiden, **die auf das Artenverhalten in einem Ökosystem einwirkt.**

LICHTGLOCKE

Direktes Kunstlicht, das auf Wolken, Aerosole oder Schwebstoffe trifft, wird reflektiert und bildet so eine sogenannte **Lichtglocke, die sich in weitem Umkreis ausbreitet.** Eine solche Lichtglocke ist im Vergleich zu einer Direktbeleuchtung relativ schwach und gleichmässig, aber immer noch viel intensiver als das natürliche Licht eines Sternenhimmels. Eine Lichtglocke ist also das Licht, das wir in der Nacht über den Städten sehen können und das heimlich auf Lebewesen und Ökosysteme einwirkt. Seit 1996 gibt es im Mittelland – und seit 2008 auch im Jura – keinen einzigen km² mehr, der in der Nacht vollständig dunkel wäre.



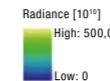
60% der Bevölkerung Europas können die Milchstrasse nicht mehr von blossen Auge erkennen.

6% pro Jahr beträgt die Zunahme der Lichtemissionen auf dem Planeten.

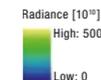
25% der Stromrechnung einer Walliser Gemeinde entfallen auf die Strassenbeleuchtung.

ENTWICKLUNG

1994



2009



In der Schweiz haben die gegen oben gerichteten Lichtemissionen von 1994 bis 2009 um 70% zugenommen. Der Flächenanteil mit Nachtdunkelheit hat deutlich abgenommen: von 28% der Fläche der Schweiz 1994 auf noch 18% 2009 [BAFU, 2015].

Kunstlicht KURZ ERKLÄRT

Kunstlicht **besteht aus sichtbarer und unsichtbarer Strahlung (Ultraviolettstrahlung (UV) und Infrarotstrahlung (IR))**. Wie sich diese zusammensetzen, hängt vom verwendeten Leuchtkörper ab. Je mehr Watt ein Leuchtkörper hat, desto weiter breitet sich sein Licht in die Ferne aus. Seit 1870 in Paris die ersten Strassenlampen installiert wurden, macht sich Kunstlicht immer breiter und beleuchtet nicht nur Strassen, Plätze und Fassaden, sondern auch Bäume, Wasserfälle oder gar Berggipfel. Der Nachthimmel ist weitgehend erleuchtet und seiner mit dem Sternenlicht kontrastierenden Dunkelheit beraubt.

KURZ-INFO

Eine einfache Glühbirne sieht man dutzende Kilometer weit.

Heute erzielt nur noch eine 100W Hochdruck-Natriumdampflampe (150-180lm/W) einen höheren Leistungsgrad (= Energieeffizienz) als eine vergleichbare 27 W-LED (120lm/W).

2012: die ersten LED-Lampen werden in Siders installiert (Strassenbeleuchtung).

EIN PAAR BEGRIFFE

Infrarot (IR) Elektromagnetische Strahlung mit grösserer Wellenlänge als das sichtbare Licht.

Lumen (lm) Masseinheit für den Lichtstrom. Von einem Menschen wahrgenommene Lichtmenge.

Lux (lx) Masszahl für die Beleuchtungsstärke; sie gibt die Grösse des Lichtstroms pro Fläche an.

Photon Elementarteilchen des Lichts.

Ultraviolett (UV) Elektromagnetische Strahlung mit kürzerer Wellenlänge als das sichtbare Licht.

Watt (W) gibt die Leistungskraft eines Leuchtkörpers (Lichtstärke) an. Je mehr Watt freigesetzt werden, desto weiter breitet sich das Licht in die Ferne aus.

EIN PAAR LUX-BEISPIELE

0.00lx absolute Nachtdunkelheit in höherer Lage.

0.01lx Licht bei Sichelmond.

0.15lx Licht bei Vollmond oder bei einer Lichtglocke über einer Stadt.

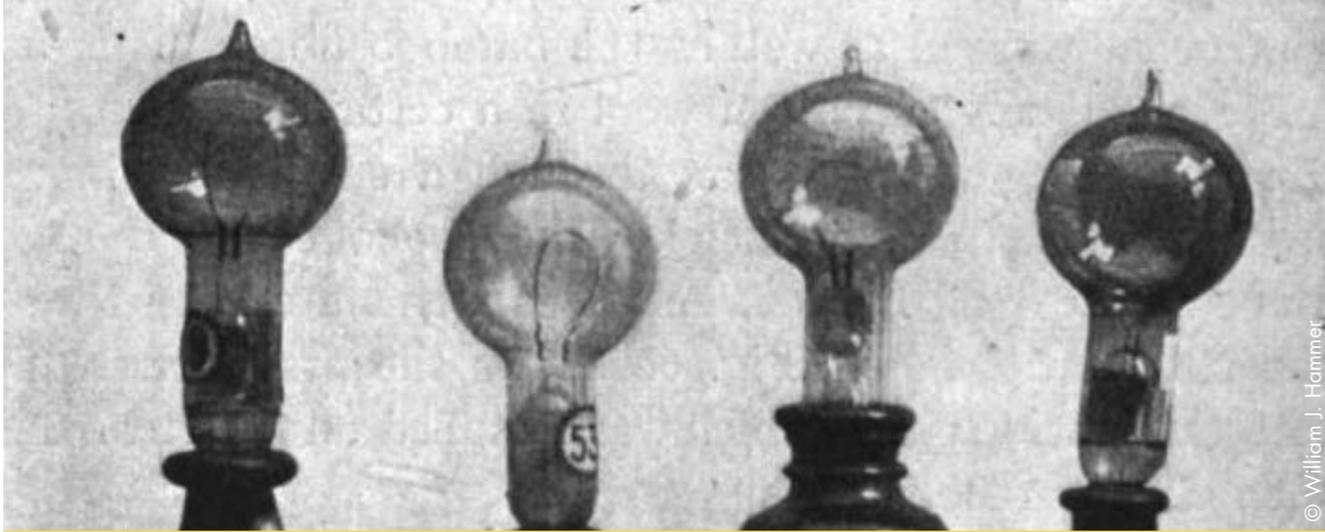
1lx Leuchtkraft einer Kerze oder eines Sonnenauf- oder untergangs.

15lx Leuchtkraft einer Strassenbeleuchtung am Boden (auf Strasse, Trottoir).

50lx Leuchtkraft einer Strassenbeleuchtung.

100lx Leuchtkraft einer Zimmerbeleuchtung.

100'000lx direktes Sonnenlicht.



© William J. Hammer

GESCHICHTE

Die ersten **Glühbirnen, nach ihrer Erfindung durch Edison 1879**, enthielten einen Glühfaden aus Wolfram. Weil es eigentliche Energieschleudern waren, wurden Glühlampen für den Hausgebrauch zusehends durch Halogen- oder Sparlampen und heute schliesslich durch LED (Licht Emittierende Dioden) ersetzt. 2014 ging der Nobelpreis für Physik an die Japaner I. Akasaki, H. Amano und S. Nakamura, weil sie eine LED, die eigentlich blau leuchtet, dazu brachten, weisses Licht abzugeben. In der Strassenbeleuchtung wurden die energieverwessenden Quecksilberdampflampen zusehends durch sparsamere **Halogen-Metaldampflampen**

oder **Natriumdampflampen** ersetzt; heute weichen auch diese Modelle langsam immer mehr den LED. LED geben zwar keine UV-Strahlung ab, enthalten aber einen hohen Weiss- und Blaulichtanteil, was auf Insekten besonders anziehend, auf Menschen aber eher störend wirkt. Seit 2015 dürfen in der EU Quecksilberdampflampen nicht mehr verkauft werden. Die Schweiz hat sich diesem Entscheid angeschlossen.



5-7 x weniger

Strom verbrauchen LED-Lampen gegenüber Quecksilberdampflampen.



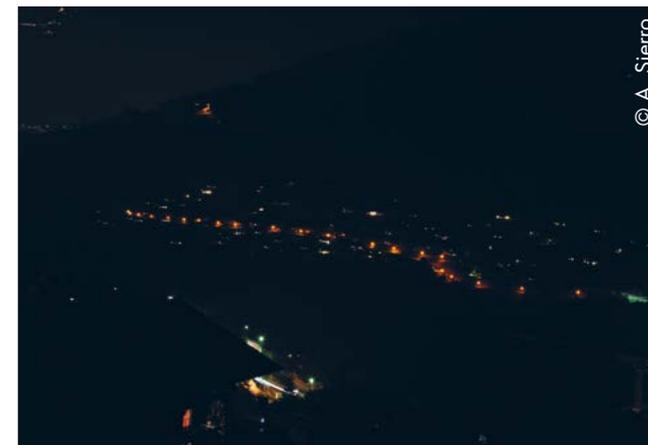
Obwohl in Siders die Zahl der Strassenlampen zugenommen hat, ist deren Verbrauch dank LED gesunken.

GESETZLICHE GRUNDLAGEN

Gemäss schweizerischer Gesetzgebung besteht für die Gemeinden **keinerlei Pflicht, für die Beleuchtung** des öffentlichen Raums zu sorgen, und sie werden auch keineswegs haftbar, wenn sie es nicht tun. Vielmehr liefert sie ihnen **gute Gründe, die Beleuchtung zu begrenzen**.

Hierzu ein paar themarelevante Quellen:

- > **Umweltschutzgesetz**, Art. 11: »... Strahlen werden durch Massnahmen bei der Quelle begrenzt.«
- > **Strassenverkehrsgesetz**, Art. 32: »Die Geschwindigkeit ist stets den Umständen anzupassen, namentlich ... den Strassen-, Verkehrs- und Sichtverhältnissen.«
- > Die **Strassenbeleuchtungsnorm EN 13201** berücksichtigt auch die Art der Strassennutzung: wie viele Fahrzeuge pro Tag und mit welcher Geschwindigkeit, wie viele Fussgänger und Velofahrer unterwegs sind und ob es »Konfliktzonen« gibt.



© A. Stierro

Viele Gemeinden stellen schon Anfang der 1990er Jahre auf sparsame und insektenschonende Natriumdampfbeleuchtung (orange-farbig) um. Auf dem Bild: das diskret beleuchtete Wohnquartier Chenarlier in Troistorrents.

Lampentypen UND DEREN EIGENSCHAFTEN

Typ	Verbrauch	Lichtart	Ultraviolett (UV) und Blaulicht
A Glühlampe	hoch	weiss-warm	tiefer UV- und Blaulichtanteil
B Halogenlampe	hoch	weiss-warm	hoher UV- und Blaulichtanteil
C Quecksilberdampf Lampe	hoch	weiss-kalt	hoher UV- und Blaulichtanteil
D Natriumdampf Lampe (Tiefdruck)	tief	gelb monochromatisch	ohne UV- und Blaulichtanteil
E Natriumdampf Lampe (Hochdruck)	mittel	gelb-orange	ohne UV-Anteil, tiefer Blaulichtanteil
F Halogen-Metaldampf Lampe	mittel	weiss-kalt	hoher UV- und Blaulichtanteil
G LED	sehr tief	Weisslicht (warm od. kalt)	ohne UV- aber hoher Blaulichtanteil
H Customized LED *	sehr tief	weiss-warm	ohne UV- und Blaulichtanteil

* auf dem Markt nicht erhältlich



Verwendung	Farbwiedergabe	Auswirkung auf lichtscheue Arten
aufgehoben	hervorragend	negativ, ausserdem verpuffen 95% der Energie als Wärme!
überholt	hervorragend	negativ
für Strassenbeleuchtungen, mittlerweile verboten	gut	äusserst negativ
in Tunneln	sehr schlecht	keine Auswirkungen
auf Kreuzungen	schlecht	kaum Auswirkungen
Strassenbeleuchtungen	sehr gut	äusserst negativ
für Strassenbeleuchtungen, Verwendung zunehmend	gut	äusserst negativ
für Strassenbeleuchtungen in Zukunft	gut	kaum Auswirkungen



Die beste Wahl (Kompromiss zwischen Lichtqualität und Umweltschutz):

- E** Natriumdampf Lampe (Hochdruck)
- H** Customized LED



2

Auswirkungen

AUF DIE NATUR UND DEN MENSCHEN

Bei den meisten Lebewesen hat sich eine innere Uhr entwickelt, die auf den Tag-Nacht-Rhythmus eingestellt ist. Kunstlicht führt namentlich bei nachtaktiven Lebewesen zu tiefgreifenden Störungen.

Auswirkungen AUF DIE PFLANZENWELT

Sonnenlicht ist für Pflanzen lebensnotwendig, weil es die Photosynthese auslöst, mit der die Pflanze Zucker herstellt, den sie für ihr eigenes Wachstum braucht und auf den die ganze Nahrungskette angewiesen ist. Bei den Pflanzen unterscheidet man zwischen **Kurztagpflanzen** und **Langtagpflanzen**. Kurztagpflanzen benötigen für ihren Wachstumszyklus ungefähr 10 Std. Licht pro Tag. Eine Verlängerung der Tageslichtzeit durch künstliche Beleuchtung wirkt sich negativ auf die Blüten- und Fruchtbildung aus. Somit findet eine Begünstigung der Langtagpflanzen statt. Künstliches Licht bei Nacht kann zu einem verspäteten

Laubabwurf führen und die Blütezeit vorverlegen oder verzögern. Die meisten Samen brauchen **Dunkelperioden, um zu keimen**; bei ständiger Beleuchtung kann es zu keiner Keimung kommen. Folglich werden unter der Einwirkung künstlicher Beleuchtung ausläufer- oder rhizombildende Pflanzen gegenüber sich versamenden bevorzugt. Diese Ergebnisse lassen erahnen, wie gross die **Beeinträchtigungen** sind, die von beleuchteten Strassen auf Agrarflächen oder Böschungen ausgehen, die bedrohten Pflanzenarten in unseren dicht besiedelten Gebieten noch als Zuflucht dienen.



88% aller Pflanzen sind für ihre Befruchtung auf Tiere angewiesen.



62% weniger nachtschwärmende Insekten besuchen Kohldistelblüten bei künstlicher Beleuchtung.

13% beträgt der Rückgang der Fruchterzeugung bei diesen Kohldisteln.

BEISPIELE

Bei Bepflanzungen, die während 5 Jahren der Strassenbeleuchtung ausgesetzt waren, hat sich gezeigt, dass sich die produzierte Biomasse verändert und sich gewisse dominante Arten ausbreiten. Sämtliche Grasarten blühen mit 4- bis 12-tägiger Verzögerung. Hier ein Beispiel für eine falsche Leuchte an einer falschen Stelle:



© A. Zufirey

Auswirkungen AUF AMPHIBIEN UND REPTILIEN

AMPHIBIEN

Amphibien bewegen sich vor allem in der Nacht, um das Austrocknen ihrer Haut zu verhindern und sich ihren Fressfeinden zu entziehen. Dank ihres ihnen angeborenen Orientierungssinns finden sie mit Leichtigkeit zu ihrer Brutstätte zurück. Schon kaum wahrnehmbares Licht schränkt die Tiere auf der Suche nach Nahrung und Fortpflanzungspartnern ein. Dies kann sich langfristig negativ auf die Populationsdynamik und die Widerstandsfähigkeit auswirken.



0.01 lx reichen schon aus, um die Fortpflanzung des amerikanischen Rotrücken-Waldsalamanders zu beeinträchtigen.

REPTILIEN

Wie die Amphibien entwickelten sich auch die Reptilien unter Einfluss des natürlichen Lichts. Mit Aufkommen des Kunstlichts sind das Verhalten und die Physiologie von Meeresschildkröten und Echsen komplett durcheinander geraten. Reptilien sind tagaktiv (Eidechsen, Leguane) oder nachtaktiv (Geckos). Licht bei Nacht erleichtert den Geckos die Jagd, doch führt es auch dazu, dass sich viele Exemplare an einem Ort konzentrieren und häufiger in Kämpfe miteinander geraten. Bei Leguanen und Waranen verlängert das Kunstlicht deren Tagesaktivität, was auf Echsen spezialisierte Raubschlangen anlockt. Manche Reptilienforscher sprechen schon von einer neuen ökologischen Nische, die sich aus der künstlichen Beleuchtung ergibt. Kunstlicht und die Wärme, die es abgibt, können Reptilien physiologisch verändern, namentlich deren Temperatur- und Hormonhaushalt.

BEISPIELE



Im Labor zeigte sich, dass **Xenopus-Larven** ihre Metamorphose in der Dunkelheit leichter vollzogen, als dies bei unterschiedlichen Beleuchtungsstärken der Fall war (0.01 bis 100 lx). Auf dem Bild links sieht man, wie die in Dunkelheit aufgewachsene Kaulquappe ihre Metamorphose vollzieht; rechts sieht man, wie eine dem Licht ausgesetzte Kaulquappe im Larvenstadium verbleibt (nach Wise, 2007).

Auf ihren Wanderungen versammeln sich die **Erdkröten in Amerika** unterhalb von Strassenlampen wegen der Unmengen der sich da befindlichen Insekten und werden dann zuhauf von Autos und Fahrrädern überfahren.

Felduntersuchungen haben ausserdem ergeben, dass sich auf dunklen Abschnitten des Waldbodens (bei 0.0001 lx) mehr **Tigersalamander** tummelten als auf künstlich beleuchteten (bei .0.01 lx); und das trotz dieses schwachen, mit jenem bei Sichelmond vergleichbaren Lichts.

Amerikanische Teichfroschmännchen schränken ihr Rufen ein und erhöhen ihre Wandertätigkeit, wenn ihr Lebensraum von Lampen erhellt wird, unabhängig vom Mondlicht. Diese ungewohnte Situation beeinträchtigt die natürliche Selektion der »besten Sänger im Chor« und erhöht den Energieverbrauch der Tiere, wenn sie die erhellten Gebiete verlassen wollen.

Echsenarten **in Kalifornien** verschwinden mit dem zunehmenden Kunstlicht.

Meeresschildkröten haben sich perfekt an das Leben in offenem Meer angepasst. Ihre Nahrung und ihre Geschlechtspartner finden sie durch ihre Sehfähigkeit. Das Licht bricht sich im Meerwasser anders als in der Luft. Einige Schildkröten sind extrem empfindlich auf Blau- oder Grünlicht. Mühselig begeben sie sich nachts an den Strand, um ihre Eier zu legen, doch Kunstlicht an Badestränden stört sie in diesem Bestreben. Das übermässige Licht irritiert die neu geschlüpften Schildkröten, die zum Meer gelangen wollen, sich aber verirren, weil sie sich nicht mehr an Wasser und Land orientieren können.



© P. Magliocco

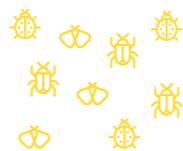


© Copleys

Auswirkungen AUF ARTHROPODEN

NACHTAKTIVE INSEKTEN

Quecksilberdampflampen ziehen einige Arten im Umkreis von 50 bis zu 250 m an, und auch schwächere Lampen (mit Leuchtstoffröhre) immerhin noch aus einem Umkreis von 10 bis 30 m. Anstatt dass die Insekten nun Futter suchen, sich paaren oder Eier legen, **umkreisen sie Lampen bis zur Erschöpfung** und werden dabei in der Dämmerung leichte Beute für Fledermäuse, Katzen oder Vögel.



30'000
Insektenarten gibt es
in der Schweiz.



80% aller
Tierarten sind
Insekten.



95%
der nachtaktiven
Insekten werden von
UV- und Blaulicht
angezogen.



150 Insekten
finden pro
Sommernacht und
Strassenlampe ihren
Tod.



10 Mio. Insekten
sterben im Sommer
jede Nacht in der
Schweiz.

NACHTFALTER

Lampen wirken sich negativ auf die Selektion der männlichen Tiere aus, weil diese auf der Suche nach Weibchen mehr in Bewegung sind und so auch stärker vom Licht angezogen werden. Viele Tagfalter-Raupen (Mauerfuchs, Ockerbindiger Samfalter, Schachbrett, Kleines Ochsenauge) sind auch nachts aktiv, um grösserer Hitze und Fressfeinden auszuweichen. Künstliches Licht **verändert ihr gewohntes Verhalten**, indem es ihnen die für sie günstigen Fresszeiten verkürzt.



3'668
Zahl der
Schmetterlingsarten
in der Schweiz.



95%
der Schmetterlinge in
der Schweiz
sind Nachtfalter.



99%
der vom Licht
angezogenen Falter
sind Männchen.

BEISPIELE



© J. Dekker

Das **grosse Glühwürmchen** (*Lampyris noctiluca*) ist eine Käferart, die die Biolumineszenz zur Fortpflanzung nutzt. Das flügellose Weibchen kann ein Licht produzieren und so die fliegenden Männchen aus einer Distanz von bis zu 45 m anlocken. Männchen haben aber Mühe, in einer hell erleuchteten Umgebung Weibchen zu finden. Dass diese Art bei uns immer seltener wird, ist natürlich auf das Verschwinden ihres natürlichen Lebensraums (Trockenwiesen) zurückzuführen, aber sicher auch auf die Ausweitung künstlicher Beleuchtungen.



© A. Sierro

Diese nahe zu Blumenwiesen stehende (Quecksilberdampf-)Strassenlampe zieht keine Insekten mehr an, als habe sie alle Nachtiinsekten in ihrer Nähe bereits vernichtet. Nur vereinzelt trifft man auf der weissen Wand noch eine seltene Art, wie den **Purpurbär** (*Rhyparia purpurata*), an (Leuk/Rotafen).



© OMNIA

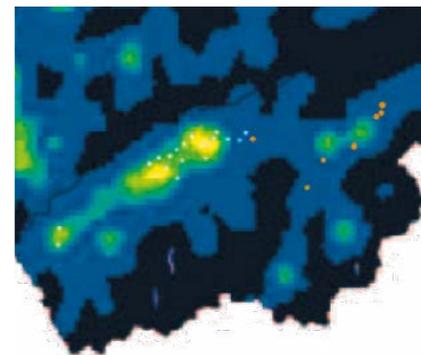
Schwärmer und andere Nachtfalter haben eine Funktion als nächtliche Blütenbestäuber. Das künstliche Licht in der Nacht verändert nun die Farbe der Blüten, die sie normalerweise bestäuben, weshalb die Befruchtungsquote der nächtlich besuchten Pflanzen sinkt. Längerfristig könnte somit die künstliche Beleuchtung die heimliche Ursache dafür sein, dass gewisse Pflanzen von einem Ort verschwinden und sich die ganze dort ansässige Pflanzengesellschaft verändert.

Über 80% der **Kohleulen** (*Mamestra brassicae*), die grünem oder blauem Licht ausgesetzt waren, entpuppten sich, bevor sich ein Exemplar ohne Lichteinfluss entpuppte. Diese Situation kann die Sterblichkeit der Falter erhöhen und das Gleichgewicht mit ihren Fressfeinden stören.

F. Allematt und D. Ebert haben gezeigt, dass einige, in Siedlungsgebiet ansässige **Mottenarten** (Kleinschmetterlinge) von Strassenlampen weniger angezogen werden als dieselbe Art auf dem Land. Diese Beobachtungen legen nahe, dass Insekten in der Lage sind, sich an Kunstlicht anzupassen.



© A. Sierro



Das **Nachtpfauenauge** (*Saturnia pyri*), der grösste Nachtfalter der Schweiz, lebt oft in der Nähe zum Menschen, weil er sich auf Obstbäumen fortpflanzt. Leider fühlt er sich sehr zu Lampen hingezogen, denn wenn das Nachtpfauenauge einmal unter dem Licht ist, bleibt es da bis zur Morgendämmerung und wird dann ein leichtes Opfer für Vögel, Katzen und andere Räuber.

Nebenstehende Karte zeigt die **Sichtungen von Nachtpfauenaugen im Wallis von 2005 bis 2015**.

- **gelb**: die am stärksten von Lichtverschmutzung betroffenen Gebiete.
- **blau**: die mässig von Lichtverschmutzung betroffenen Gebiete.
- **orange Punkte**: Sichtungen von Nachtpfauenaugen im Wallis von 2005 bis 2015.
- **weisse Punkte**: Versuche mit fortpflanzungsfähigen Weibchen, die paarungsbereite Männchen anziehen sollten (2001 bis 2015).

Die Art scheint vor allem in Gebieten zu überleben, die frei von Lichtverschmutzung sind.

Auswirkungen AUF GLIEDERFÜSSER

IN WIESEN

Wiesen sind von enormer Bedeutung, weil man auf ihnen zahlreiche Gliederfüsser findet, die wiederum Nahrung für Vögel und Kleinsäuger sind. Im Rahmen einer Forschungsarbeit beleuchteten T. Davies und dessen Kollegen während 3er Jahre Wiesen, die davor noch nie beleuchtet worden waren. Dabei zeigte sich, dass Kunstlicht einen tiefgreifenden Einfluss auf das Verhalten der Insekten und anderen Gliederfüssern in der Erde (Käfer und Spinnen) haben kann. Einmal von nächtlichem LED angezogene Spinnen zerstreuten sich während des Tags nicht wieder; Käfer waren vom Licht weniger beeinflusst. Der Einfluss der Beleuchtung auf die Gliederfüsser war eben so gross wie bei einem Heuschchnitt, woran man sieht, **was für alltägliche Störungen Kleintiere belasten können**, die Strassenböschungen oft als letzte Zufluchtorte in unseren dicht besiedelten Gebieten nutzen. Erwisenermassen lassen sich die Auswirkungen auf mehrere Spinnenarten durch eine Verringerung der LED-Lichtmenge um 50% oder Veränderung des ausge-

strahlten Lichtspektrums dämpfen. Eine maximale Verringerung der negativen Auswirkungen auf Gliederfüsser wurde schliesslich bei einer **Kombination aus der Reduktion des Lichts um 50% und der totalen Ablöschung von Mitternacht bis 4 Uhr morgens erzielt**.

INSEKTEN IM WASSER

Beleuchtungen entlang von Kleingewässern ziehen massenhaft Insekten an, die als Larven im Wasser aufwachsen, das gilt für Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen und Zuckmücken. Diese Insekten werden so stark von künstlichem Licht angezogen, dass sie massenhaft sterben und damit das **Nahrungsangebot für Fische, Vögel und Fledermäuse langfristig erheblich schmälern**.



BEISPIELE



Trotz ihres kurzen Lebens in der Luft werden **Eintagsfliegen** von am Ufer stehenden Lampen dezimiert. Die Fische werden zusehends um eine wichtige Nahrungsquelle gebracht.

Auswirkungen AUF FLEDERMÄUSE

LICHTTOLERANTE ARTEN

Fledermäuse sind bekannt dafür, dass sie von Licht angezogen werden, da man sie oft unter Lampen umherfliegen sieht. Aber nur gewisse Arten (**Zwergfledermäuse, Breitflügelfledermäuse, Abendsegler**) profitieren tatsächlich von der Strassenbeleuchtung, um Jagd auf Insekten zu machen. Für die Jagd ziehen diese verbreiteten Arten Halogen-Metaldampflampen (stromsparend, starkes weisses Licht) den Natriumdampflampen (höherer Stromverbrauch, oranges Licht) vor, da letztere weniger Insekten anlocken. So wirken Strassenlampen wie riesige Insektenfallen, die die am häufigsten anzutreffenden Falter- und Käferarten in ihrer Umgebung innert 2-3 Jahren zum Verschwinden bringen, worauf nur noch wenige, lichtunempfindliche Arten und vereinzelte Schmetterlinge übrig bleiben.

LICHTFLÜCHTIGE ARTEN

Hufeisennasen und **Mausohren** scheuen das Licht. Lampenreihen an Strassenrändern stellen für lichtscheue Arten fast unüberwindbare Barrieren dar. **Der Barriere-Effekt nimmt ab, wenn die Abstände zwischen den Lichtquellen vergrössert werden.** So bringt die Beleuchtung stellenweise Arten aus dem Gleichgewicht, da sie lichttolerante, häufig vorkommende Arten bevorteilt und nichtlichttolerante, oft seltene und bedrohte Arten verdrängt.



Empfehlung

Bei einem Abstand von 30-50m zwischen zwei Lampen sollte das von den Laternen abgegebene Licht nicht über 20lx betragen.

BEISPIELE

In Costa Rica lebt eine **Flughundart** (*Carollia sowelli*), welche die Früchte des Pfefferstrauchs verschmägt, wenn diese von Natriumdampflampen (ca. 4-5lx) angeleuchtet werden, was die Samenverbreitung der Pflanze durch diese Säugetiere reduziert. In tropischen Lebensräumen leisten Fledermäuse bei der Samenverbreitung in abgeholzten Gebieten unverzichtbare Dienste.

In Frankreich verliess eine **Wimperfledermauskolonie** von 1000 Weibchen unverzüglich ihren Standort, nachdem beim Gebäudeeingang eine Beleuchtung angebracht worden war.



Die **Zwergfledermaus** (links) und der **Grosse Abendsegler** (rechts) sind zwei in der Schweiz nicht bedrohte Arten. Sie gehören zu den Fledermäusen, die am wenigsten empfindlich auf Licht reagieren (© M. Andrea, © J. Vittier).



Wasserfledermäuse meiden beleuchtete Gebiete (hier im Kanton Genf). Auf obiger Luftaufnahme zu sehen:

- als **gelbe Punkte** die Strassenlampen;
- als **grüne Flecken** die mit Hilfe von Sendern georteten Wasserfledermausstandorte.

Auswirkungen AUF FLEDERMÄUSE

LAMPENTYPEN, DIE FLEDERMÄUSE STÖREN

LED-Lampen mit ihrem hohen Blaulichtanteil wirken sich **ökologisch genau so negativ aus wie herkömmliche Quecksilberdampflampen**. Neueste Forschungen der Universitäten von Bristol und Los Angeles zeigen, dass **LED-Leuchten** nichtlichttolerante **Hufeisennasen und Mausohren** vertreiben und lichtverträgliche Arten anziehen. Nun gibt es aber Nachtfalterarten (Eulenfalter, Spanner, Zahnspinner), die sich mit ihrem ultraschallempfänglichen Trommelfell vor Fledermausangriffen schützen. Diese Fähigkeit, Fledermäusen auszuweichen, verlieren die Falter aber wieder unter mit UV-freiem LED ausgestatteten Strassenlampen. Offenbar schalten die Falter ihre Trommelfelle aus, weil sie sich mitten am Tag wähen, wo sie normalerweise nicht aktiv sind. Als nun leichte Beute für die Fledermäuse könnten diese Falter sehr selten werden, zugunsten anderer, re-

sistenterer Arten, die aber wiederum (aufgrund geringerer Grösse, Biomasse) für die Fledermäuse weniger ergiebige Energielieferanten sind. Wie man sieht, stellen leider auch LED-Lampen gegenwärtig punkto Schutz der Fledermäuse und ihrer Beutetiere noch keine Patentlösung dar. Welche biologischen Kosten das künstliche Licht bei Fledermäusen verursachen wird (Fitness), ist bisher noch unbekannt, insbesondere in Bezug auf bestimmte Kennwerte, wie Geburtenzahlen, Überlebensraten, Geschlechterverhältnis und Ausbreitung der Individuen. Weitere Forschung wird nötig sein, um die noch verborgenen Langzeitauswirkungen von Lichtemissionen offenzulegen.



Ideallösung

Das Wellenlängenspektrum der LED so verändern, dass es unschädlich wird.



61% der Kirchen in Schweden beherbergten 1980 noch Fledermauskolonien.



38% der Kirchen in Schweden beherbergten 2016 noch Fledermauskolonien.

BEISPIEL: DIE HUFSENNASEN

Grosse und Kleine Hufeisennasen (*Rhinolophus ferrumequinum* u. *R. hipposideros*) sind dafür bekannt, dass sie äusserst sensibel auf Störungen reagieren, vor allem auf künstliches Licht. Um zu ihrem Jagdrevier zu gelangen, benutzen Kleine Hufeisennasen **Wege, die eine Helligkeit von nur 0.04lx aufweisen**. Hochdruck-Natriumdampflampen (oranges Licht) entlang von Hecken, die von Kleinen Hufeisennasen auf dem Weg zu ihren Jagdrevieren benutzt wurden, **schränkten ab einer Beleuchtungsstärke von 3.7lx die Tiere in ihrer Aktivität drastisch ein** und bewirkten, dass diese neue Routen zu weniger günstigen Revieren wählten. Die Kleinen Hufeisennasen konnten sich nicht an diese, obschon UV-arme, künstliche Beleuchtung auf ihrem bevorzugten Weg gewöhnen.

Abb. rechts: **Grosse Hufeisennasen-Kolonie in Vex**. Bei der Beleuchtung achtete man schon 1987 darauf, dass die von der Fledermauskolonie als Zugang zu ihrem Unterschlupf benutzten Jalousie-Fenster (Pfeil) trotz Beleuchtung immer im Dunkeln bleiben.



© A. Sierro



© A. Sierro

Auswirkungen AUF VÖGEL

Nachts ziehende Vögel **orientieren sich mit Hilfe der Sterne oder des Erdmagnetfelds** und werden von Lichtquellen angezogen. Wenn sie im Nebel die Orientierung verlieren und von der Lichtglocke einer Grossstadt geblendet werden, fliegen sie manchmal gegen beleuchtete Gebäude oder versuchen, Störgebiete zu umfliegen, wofür sie **eine unnötige Verlängerung ihrer Reise** in Kauf nehmen. Auf Sicht jagende Watvögel erhöhen ihre Jagdtätigkeit, wenn die Sandbänke von der Strassenbeleuchtung erhellt werden. Andererseits wagen sie sich dabei in Gebiete vor, wo sie erhöhte Gefahr laufen, selber Beute eines Räubers zu werden. Bei der Uferschnepfe ist die Nestdichte bis in 300 m Entfernung zu einer beleuchteten Strasse geringer;

Ornithologen haben auch festgestellt, dass die ersten ankommenden Pärchen sich möglichst weit weg von den Beleuchtungen einrichten und die zuletzt gekommenen sich mit den verbleibenden, näher zum Licht gelegenen Plätzen begnügen müssen (suboptimales Habitat). Am heimtückischsten ist wohl die Auswirkung von Kunstlicht auf die Partnerwahl: junge Männchen tendieren bei Licht eher dazu, ausserpartnerschaftliche Beziehungen einzugehen, was die Genweitergabe solcher Männchen begünstigt, während ältere Männchen mit Fortpflanzungserfahrung benachteiligt werden. **Dadurch wird die natürliche Selektion massiv beeinflusst.**



6.8 Mio./

Jahr Zahl der Vögel, die in den USA und Kanada bei Kollisionen mit nachts erleuchteten Hochhäusern den Tod finden.



In der Stadt beginnen Vögel **1.5 Tage** früher mit dem Nestbau als in dunklerer Umgebung.



20% /Jahr der jungen Sturmvögel, kommen auf der Insel La Réunion wegen der Strassenbeleuchtung um.

BEISPIELE

Die Stadt Olsztyn (Polen) schaltet jetzt die Beleuchtung ihres höchsten Gebäudes nachts aus, nachdem man festgestellt hatte, dass Kraniche endlos darum kreisten, anstatt ihre Wanderung fortzusetzen.

Unter Einfluss der Strassenbeleuchtung beginnen Stadtvögel (**Amseln, Kohl- und Blaumeisen, Rotkehlchen**) am Morgen früher zu singen.

In Leipzig haben Ornithologen gezeigt, dass **Amseln** in der Stadt sogar 5 Std. früher mit Singen anfangen als in den umliegenden halbnatürlichen Habitaten.

Krähen wählen in Städten hellere Schlafplätze aus als auf dem Land, möglicherweise, um sich vor Fressfeinden zu schützen. Licht begünstigt also diesen schlauen Vogel, der aus landwirtschaftlicher Sicht als Schädling gilt.

Auch **in Sitten** begegnet man mitten in der Nacht gar nicht so selten **Amseln**, die unter Strassenlampen auf Futtersuche sind.

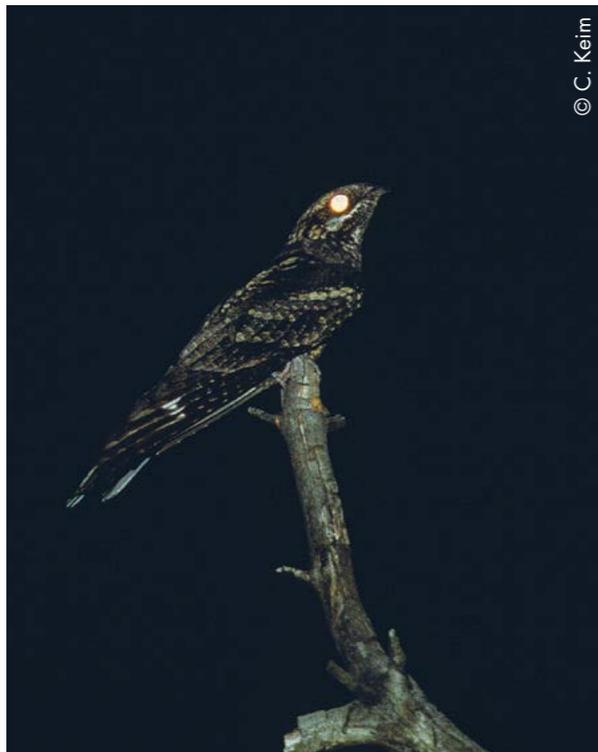
Kohlmeisen, deren Nistkästen von innen erhellt wurden, verkürzten ihren Schlaf und erwachten früher als benachbarte Blaumeisen, die sich anscheinend dadurch nicht gestört fühlten.

Der **Wanderfalke** kann dank künstlichem Licht seiner Jagdtätigkeit länger nachgehen, was er zu nutzen weiss: einzelne Individuen in New York jagen in der Nacht nach den Vögeln, die vom Licht des Empire State Building angelockt werden.

Vom Licht irritiert, verhungern junge **Sturmvögel** auf der Insel La Réunion (v.a. die endemischen Barau-Sturmvögel) an Land oder werden in der Nähe der Strassenlampen zu leichter Beute ihrer Fressfeinde. Indem sie die Beleuchtung während der Zeit, in der der Nachwuchs flügge wird (April), reduzierten, konnten die Ornithologen dem Sterben der Jungvögel Einhalt gebieten.



© M. Booyesen



© C. Keim

Ziegenmelker, Fully/Buitonne 1990.

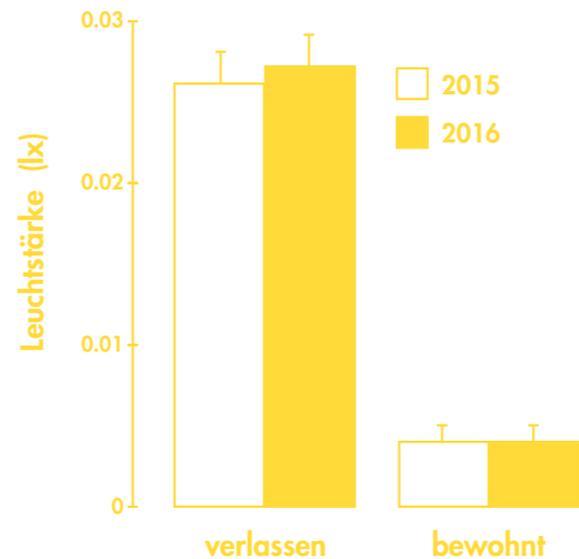
SONDERFALL ZIEGENMELKER

Der **Ziegenmelker** (*Caprimulgus europaeus*), ein nachtaktiver, in Afrika überwinternder Zugvogel, ernährt sich **ausschliesslich von Nachtinsekten**, zu 80% Nachtfaltern. Er nistet auf dem Boden von Lichtungen in Trockenwäldern (Flaumeichen- oder Föhrenwäldern). Die vom Ziegenmelker bewohnten Standorte zwischen Fully und Siders wurden zwischen 1989 und trotz durchgeführter Revitalisierungsmassnahmen. Lichtmessungen an den noch besiedelten Standorten im Oberwallis und den aufgegebenen im Unterwallis haben gezeigt, **dass an den verlassenen Standorten zwei- bis neunmal mehr Licht vorhanden ist**. Mit seinen übergrossen Augen, die er für die Jagd in der Dämmerung braucht, wird der Ziegenmelker **von Lichtemissionen aus der Ebene geblendet** und kann sich nicht effizient ernähren. Lichtverschmutzung behindert auch die Fortpflanzung der Nachtfalter, die Hauptnahrung des Ziegenmelkers. Die Kombination aus anhaltenden Lebensraumveränderungen, der Lichtverschmutzung und der Meidung von besiedelten Gebieten setzen insektivoren, nachtaktiven Vogelarten wie dem Ziegenmelker stark zu.



© A. Sierro

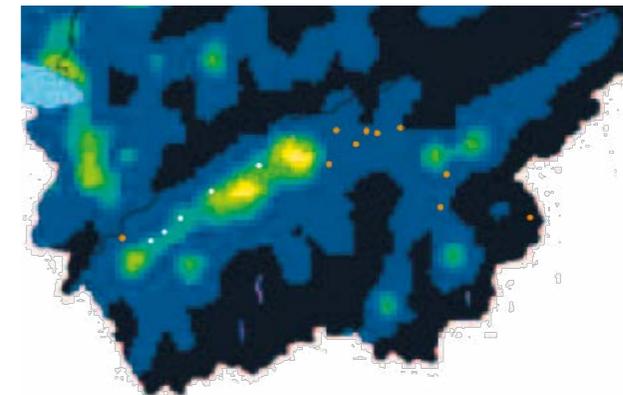
Der Südhang zwischen Fully und Martigny ist von Ziegenmelker verlassen worden.



Mittlere Lichtemissionen an den Standorten, die vom Ziegenmelker verlassen bzw. noch bewohnt werden.

Karte der Lichtemissionen im Wallis im Jahr 2009

- **gelb**: die am stärksten von Lichtverschmutzung betroffenen Gebiete.
- **blau**: die mässig von Lichtverschmutzung betroffenen Gebiete.
- **weisse Punkte**: die von den Ziegenmelkern von 1989 bis 202 verlassenen Standorte.
- **orange Punkte**: die 2016 noch bewohnten Standorte.



Auswirkungen AUF SÄUGETIERE

Die Mehrheit der nachtaktiven Säugetiere schränkt ihre Fress- und Wandertätigkeit in mond hellen Nächten tendenziell ein. Lichtungen und offenes Gelände meiden sie und konzentrieren ihre Wanderungen auf die dunkelsten Stunden der Nacht. Wahrscheinlich handelt es sich hierbei um eine »**Raubtier-Ausweichstrategie**«. Hirsche scheuen sich nicht, eine beleuchtete Strasse zu überqueren, wenn die andere Seite in völliger Dunkelheit liegt.

Gemäss Untersuchungen in den USA **gehen Wildunfälle auf beleuchteten Strassen nicht zurück**, auch wenn die Tiere für die Autolenker dann besser sichtbar sind. Auf einer unbeleuchteten Strasse scheinen bei Unfällen die Blendung des Wilds durch die Scheinwerfer und der Überraschungseffekt eine grosse Rolle zu spielen.

BEISPIELE

In der Schweiz werden erleuchtete Waldränder von **Füchsen, Rehen** und **Dachsen** zehnmal weniger benutzt.

Junge Pumas (*Felis concolor*) in **Kalifornien** halten sich an dunkle Korridore; erhellte Gebiete werden nicht betreten.

Unter Einfluss von Kunstlicht fällt der **Graue Mausmaki** (*Microcebus murinus*), ein kleiner Lemur, nicht mehr in seinen natürlichen Dämmer schlaf während des Tages und reduziert seine Nachtaktivität.

Hirsche und Rehe überqueren auch beleuchtete Strassen, wenn die andere Seite in völliger Dunkelheit liegt (s. nebenstehendes Bild).



Auswirkungen AUF DEN MENSCHEN

Der Mensch empfindet weisses und blaues Licht als am störendsten. Bisher wurden die biologischen Auswirkungen des Lichts stark unterschätzt. Hier die wichtigsten:

- > **Hemmung der Produktion des »Schlafhormons« Melatonin;**
- > **Verstärkung ernsthafter Gesundheitsprobleme**, wie Übergewicht, Diabetes, Kreislaufkrankheiten, Depressionen und Herzanfälle.
- > **Hyperaktivität, Konzentrationschwierigkeiten und Rückgang der Wachstumshormone** bei Kindern.
- > **Verstärkter Hitzeineffekt** (beleuchtete Strassen sind durchschnittlich ein Grad wärmer als unbeleuchtete), der die Entstehung von Krankheiten und Lebensmittel-schädlingen begünstigt.

Auch schwache Lichtquellen (LED-Bildschirme, Sparlampen) können negative Auswirkungen haben, denn sie geben mehr blaues Licht ab, das den Biorhythmus beeinträchtigt. Die **Auswechslung von Lampen** mit hohem UV- und Blaulichtanteil durch Lampen, die oranges Licht abgeben, ist ein **Mittel, um die negativen Auswirkungen auf den Schlaf-Wach-Rhythmus zu reduzieren.**

3%

der Beschäftigten in den USA gaben 1950 an, weniger als 6 Std. zu schlafen.

30%

der Beschäftigten in den USA gaben 2000 an, weniger als 6 Std. zu schlafen.

“**Sauberes bzw. unschädliches Licht muss heissen: Natürliches Licht am Tag, relative Dunkelheit in der Nacht.**”

KURZ-INFO

Zweitgrösste Ursache für Verkehrsunfälle ist Schlafmangel.

Wer sich abends der Lektüre auf seinem Tablet hingibt, lässt zu, dass seine Melatonin-Produktion vermindert wird, dass er später einschläft und am anderen Morgen später und unerholt aufwacht.

Abendliches Kunstlicht fördert namentlich auch Schlaflosigkeit, vor allem bei betagten Personen.

Die Lichttherapie wird zur Behandlung gewisser Arten depressiver Erkrankungen eingesetzt, die eine Folge von Lichtmangel sind.

Auswirkungen AUF DIE NAHRUNGSKETTE

Strassenlampen ziehen nicht nur Insekten an, sondern auch Insektenräuber und Aasfresser, die sich an den unter den Lampen verendenden Tieren gütlich tun. Die neue Situation verändert das Verhalten ganzer Organismengruppen und beeinträchtigt die Struktur und Funktionsweise des Ökosystems. Von Lampenlicht am stärksten angezogen werden Schmetterlinge, Zweiflügler (Fliegen, Mücken), Netzflügler (Ameisenlöwen, Florfliegen), Köcherfliegen, Wanzen und Käfer. Wenn sie immer rarer werden, wirkt sich das auf das Ökosystem aus, denn, ob als Larven oder ausgewachsene Tiere, stellen sie ein unverzichtbares Glied der Nahrungskette dar (als Futter für Vögel, Fledermäuse, Kleinsäuger, Raubinsekten, Amphibien und Reptilien etc.). Die allgemeine Ausbreitung künstlichen Lichts verändert die Gewohnheiten lichtflüchtiger Lebewesen, wodurch manche Gleichgewichte innerhalb eines Ökosystems umgestossen werden können.

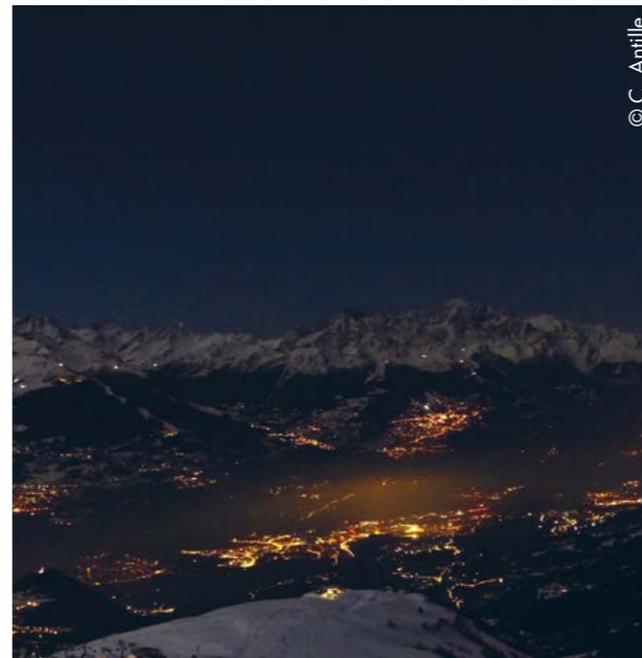
BEISPIELE



Von toten Insekten bedeckte Strassenlampe an einem Ufer.

© A. Zufferey

Auswirkungen ZUSAMMENGEFASST



Lichtemissionen treten in jeder Höhenlage auf (Sitten-Nendaz).

© C. Antille

Mit der Lichtverschmutzung kommt ein neues, grosses Problem auf die Erhaltung der Biodiversität zu. Die Ausbreitung von künstlichem Licht in der Umwelt führt zu verborgenen, weitgehend noch unerforschten Störeinflüssen. Bis vor kurzem wurde dieses Forschungsgebiet oft noch vernachlässigt. In Ländern wie der Schweiz gibt es heutzutage so viel Licht, dass es schwierig wird, überhaupt noch ursprüngliche Zustände der Dunkelheit zu finden, an denen man den tatsächlichen Effekt der Lichtemissionen noch untersuchen könnte. Die Auswirkungen bzw. Störungen betreffen:

- > die **grundlegenden Gleichgewichtsverhältnisse eines Ökosystems** (Licht als neue Form des Selektionsdrucks);
- > die Fähigkeit eines Ökosystems, sich von einer Beeinträchtigung zu erholen, sich zu reorganisieren. Das Licht ist ein zusätzliches Hindernis auf dem Weg **zur Erholung nach einem Zusammenbruch**;
- > die **natürliche Selektion unter Lebewesen**, die zu einer Selektion zugunsten lichttoleranter Arten wird;
- > die **Verteilung und Vielfalt der Arten**;
- > die **Räuber-Beute-Beziehungen** (Nahrungskette);
- > die **Wanderungen** und die **Orientierungsweise** von Lebewesen;
- > die **biologische Uhr** von Lebewesen;
- > die **Bestäubung**, die **Fruchtbildung** und die **Verbreitung** von Pflanzen;
- > den **Schlaf** und den **allgemeinen Gesundheitszustand** des Menschen.



3

Praktische Lösungsansätze

CHECKLISTE UND TECHNISCHE ASPEKTE

Die Lichtverschmutzung ist ein ernstes, doch durchaus lösbares Problem! Angesetzt werden kann auf verschiedenen Stufen: in den Haushalten, in den Quartieren, in den Regionen. Manche Entscheidungen laufen ganz einfach darauf hinaus: Licht an oder Licht aus.

Strassenbeleuchtung NEU ÜBERDENKEN

Wir sollten **uns wieder mit dem Dunkel der Nacht anfreunden**, denn es kommt unserem biologischen Bedürfnis nach Schlaf (Melatoninproduktion) entgegen. Ausserdem trägt gedämpftes Licht bekanntlich auch zu Wohlbefinden und Gemütlichkeit bei. Dass die Beleuchtung die Verkehrssicherheit erhöht, wurde wissenschaftlich nie bewiesen. Vielmehr wiegt die Beleuchtung die Automobilisten in falscher Sicherheit und verleitet sie so, die Geschwindigkeit zu erhöhen. **Beleuchten nur bei Bedarf**, ein zeitweiliges Ablöschen spart bis zu 50% Energie ein. Unzählige Technologien werden eingesetzt um Strom zu sparen, doch Massnahmen, um auf überflüssige Beleuchtung zu verzichten, kaum je erörtert. Für manche kleinere Gemeinden ist es lohnenswerter, ganz auf eine Strassenbeleuchtung zu

verzichten, anstatt kostspielige Auswechslungen der Leuchtmittel vorzunehmen. Ein historisches Denkmal, das ständig beleuchtet wird, wird letztlich abgewertet. Wird es **nur bei besonderen Anlässen** beleuchtet, steigert das seine Wirkungskraft und Denkwürdigkeit. In über 6000 Gemeinden in Frankreich wurde das Abschalten der nächtlichen Beleuchtung getestet, in der Romandie gerade mal in zehn. Selbst grössere französische Städte, wie Saumur (29'000 Ew.) und Evreux (60'000 Ew.), schalteten nach Mitternacht für einige Stunden die Beleuchtung aus. Diese Ortschaften **sparten nicht nur Strom**, sie stellten auch einen **deutlichen Rückgang der Graffiti-Sprühereien, Sachbeschädigungen und Ruhestörungen** fest.

Die Beleuchtung
bedarfsgerecht auswählen. www.slg.ch

BEISPIELE

Gemäss einer **englischen Studie** hat es keinen Einfluss auf die Personenunfallrate in Kreiseln, ob es Tag oder Nacht oder ob der Kreisel beleuchtet ist oder nicht.

Das Verkehrsministerium **in Belgien** hält fest, dass beleuchtete Autobahnen die Sicherheit nicht erhöhen und es durch Kollisionen mit Beleuchtungsmasten zu 35 tödlichen Unfällen mehr pro Jahr kommt.



Bei der grellen Beleuchtung der Kantonsstrasse kommt die Kapelle auf dem Hügel (Bildmitte) **in Salgesch** überhaupt nicht mehr zur Geltung.

Empfehlungen FÜR DIE STRASSENBELEUCHTUNG

Anbringung

- > Nur beleuchten, **wenn (sicherheitsbedingt) nötig**; ausserhalb Bauzonen und Sportanlagen vermeiden.
- > **Zwischen Wohnhäusern** einschränken;
- > **Verzicht auf Beleuchtungen an Gewässern**.



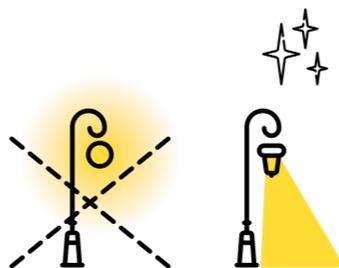
Zeitspanne

- > Wenn immer möglich **Zeitschaltuhren** oder **Bewegungsmelder** verwenden;
- > **Beleuchtete Strassenschilder** nach Mitternacht ablöschen;
- > **Verringerung der Beleuchtung** um 80% **zwischen 21 und 6 Uhr**, oder Beleuchtung ganz ausschalten (s. Versuch in Corgémont, Berner Jura).



Ausrichtung

- > **Keine Kugellampen verwenden**, deren Licht zu 85-90% in den Himmel strahlt;
- > Das **Licht nach unten richten** (Abschirmung nach oben).



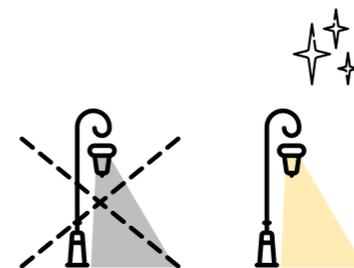
Intensität

- > Strassenbeleuchtungen (heute oft bei 20-60lx innerorts) **auf 4lx verringern**;
- > **Nicht-blendende Beleuchtung** wählen (besser für betagte Automobilisten).



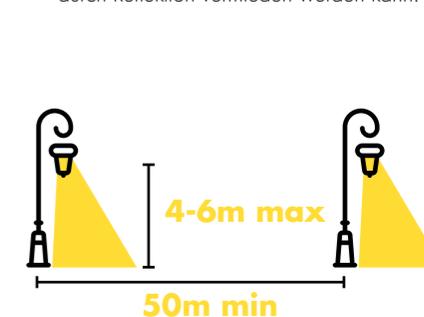
Lichtfarbe/-typ

- > Bevorzugung von **customized LED** (ohne Blau- oder Weisslichtanteil) oder **Natriumdampflampen** (oranges Licht).



Technischer Aspekt

- > **Errichtung von Beleuchtungsträgern** mit einer **max. Höhe von 4 bis 6 m**, je nach Situation;
- > **Abstand zw. Beleuchtungsträgern**: >50m;
- > Verwendung eines **lichtabsorbierenden Strassenbelags**, damit Lichtverschmutzung durch Reflektion vermieden werden kann.



Empfehlungen FÜR WILDTIERE

Lichtverschmutzung ist eine Bedrohung für Tierarten, weil sie deren Lebensgewohnheiten stört bzw. verändert: Flucht in andere Habitate, Zerstückelung hochwertiger Lebensräume, Auslieferung an Fressfeinde, Wachstumsstörungen etc. Zum Schutz der Tierwelt und zur Erhaltung der natürlichen Gleichgewichte sind mehrere Faktoren zu berücksichtigen.

Erhaltung weiträumiger, beleuchtungsfreier Habitatsflächen (für lichtflüchtige Arten).

Erhaltung lichtloser Verbindungskorridore zwischen den Habitaten, zwecks Kontaktaufnahme zwischen den Tieren und genetischer Durchmischung.

Keine Natriumdampflampen als ökologische Alternativlösung einsetzen, auch sie beeinträchtigen die Tierwelt, insbesondere die Fledermäuse.

Nie die Eingänge zu Fledermauskolonien beleuchten, und auch keine Waldränder oder Waldwege (Jagdreviere und Wildwechsel).

Für nachtaktive lichtflüchtige Arten, die an Siedlungsändern jagen **die gemäss neuestem biologischen Wissensstand zulässigen Beleuchtungsobergrenzen** (je nach Art: 0.005-0.04lx) beachten.

Die nächtliche Strassenbeleuchtung in Städten und Dörfern (zw. 21:00 und 06:00) um 80% verringern oder ganz ausschalten, um den Einfluss von Kunstlicht auf die natürlichen Lebensräume zu unterbinden.

Ausblick

IN ZUKUNFT: LED, KLAR - ABER ...



VORTEILE

- > LED-Lampen sind auf dem Vormarsch: sie sind **hoch effizient, sparen** im Hausgebrauch bis zu 90% Energie ein und geben ihr Licht gezielt ab.
- > Ihre **Lebensdauer** liegt bei mehreren Jahrzehnten.
- > LED erreichen ihre maximale Leuchtkraft, sobald sie **Eingeschaltet werden**.



NACHTEILE

- > LED haben auch einen grossen Nachteil: Sie geben viel **weisses und blaues Licht** ab und sind darum extrem attraktiv für Insekten.
- > Von den meisten Menschen wird ihr Licht auch **als zu kalt** empfunden. LED werden nicht wärmer als 32°C und geben nicht so viel Wärme an die Umgebung ab wie Glühlampen (150°C) oder Leuchtstoffröhren (70°C).
- > Sie sind **energieintensiv** in der Produktion und werden aus Stoffen (Indium, Gallium) hergestellt, die **nicht recycelbar** und ausserdem auf der Erde nur in begrenzten Mengen vorrätig sind.



LÖSUNG

- > Dank der grossen Nachfrage nach LED auf dem Markt für grüne Technologie können die Hersteller auch **LED entwickeln, die für die Umwelt neutral sind. Es genügt, das Lichtspektrum der LED so zu verändern**, dass sie ein wärmeres (orangefarbenes) Licht und nur noch wenig weisses und blaues Licht abgeben.

KURZ-INFO

LED sind so gut wie stossunempfindlich, enthalten kein Quecksilber und sind grösstenteils recycelbar.

Ihre Energiebilanz ist (trotz grauer Energie ...) äusserst positiv.

Bei einem totalen Umstieg auf LED würde der weltweite Energieverbrauch um 40% sinken, und es könnten jährlich 128 Mia. Euro und 670 Mio. Tonnen CO² eingespart werden (Philips Lighting, 2014).

Man sagt voraus, dass LED im Jahre 2020 70% des Leuchtmittelmarkts ausmachen werden.

Allerdings ist zu befürchten, dass die neue LED-Technologie, eben weil sie so sparsam ist, zur Einrichtung überflüssiger Beleuchtungen verleiten wird.

Quellen

UND WEITERFÜHRENDE LITERATUR

- Altermatt F. & D. Ebert (2016). **Reduced flight-to-flight behaviour of moth populations exposed to long-term urban light pollution.** *Biology Letters* 12: 1-4
- Beier P. (2005). **Effects of artificial night lighting on terrestrial mammals.** In *Ecological consequences of artificial night lighting* (C. Rich and T. Longcore, eds.). Island Press, Washington, D. C.
- Bruce-White C. & M. Shardlow (2011). **A review of the impact of artificial light on invertebrates.** Buglife, The invertebrate Conservation Trust
- Le Corre M., A. Ollivier, S. Ribes & P. Jouventin (2002). **Light-induced mortality of petrels: a 4-year study from Réunion Island (Indian Ocean).** *Biological Conservation* 105: 93-102
- Davies T. W., J. Bennie, R. Inger, N. Hempel de Ibarra & K. J. Gaston (2013). **Artificial light pollution: are shifting spectral signatures changing the balance of species interactions ?** *Global Change Biology* 19: 1417-1423
- Davies T. W., J. B. Bennie, D. Cruse, D. Blumgart, R. Inger & K.J. Gaston (2017). **Multiple night-time light-emitting diode lighting strategies impact grassland invertebrate assemblages.** *Global Change Biology*, 10.1111/gcb.13615
- Gaston K., M. Visser & F. Hölker (2015). **The biological impacts of artificial light at night: from molecules to communities.** *Philosophical Transactions of the Royal Society London B*, Vol 370
- Hölker F., T. Moss 2, B. Griefahn, W. Kloas, C. C. Voigt, D. Henckel, A. Hänel, P. M. Kappeler, S. Völker, A. Schwoppe, S. Franke, D. Uhrlandt, J. Fischer, R. Klenke, C. Wolte & K. Tockner (2010). **The dark side of light: a transdisciplinary research agenda for light pollution policy.** *Ecology and Society* 15: 13.
- Klaus G., B. Kägi, R. L. Kobler, K. Maus & A. Righetti (2005). **Recommandations en vue d'éviter les émissions lumineuses.** *L'environnement pratique.* OFEFP, Berne. 37 p.
- Kempenaers B., P. Borgström, P. Loës, E. Schlicht & M. Valcu (2012). **Artificial night lighting affects dawn song, extra-pair siring success and lay date in songbirds.** *Current Biology* 20: 1735-1739
- Kloog I., B. A. Portnov, H. S. Rennert & A. Haim (2011). **Does the modern urbanized sleeping habitat pose a breast cancer risk ?** *Chronobiology International* 28: 76-80
- Knop E., L. Zoller, R. Ryser, C. Gerpe, M. Hörler & C. Fontaine (2017). **Artificial light at nights as a new threat to pollination.** *Nature* 548: 206-209
- Longcore T., C. Rich, P. Mineau, Beau MacDonald, D. G. Bert, L. M. Sullivan, E. Mutrie, S. A. Gauthraux Jr., M. L. Avery, R. L. Crawford, A. M. Manville II, E. R. Tavis & D. Drake. (2012). **An estimate of avian mortality at communication towers in the United States and Canada.** *Plos ONE* 7: e34025. doi:10.1371/journal.pone.0034025
- Perkins E. K., F. Hölker & K. Tockner (2014). **The effects of artificial lighting on adult aquatic and terrestrial insects.** *Freshwater Biology* 59: 368-377
- La Recherche (2015). **La lumière. Les révolutions que préparent les scientifiques.** *Energie, Internet, électronique, espace, santé.* 98 p.
- Rich C. & T. Longcore (2006). **Ecological consequences of artificial night lighting.** Island Press. Washington. 458 pp.
- Rydell J., J. Eklöf & S. Sanchez-Navarro (2017). **Age of enlightenment: long-term effects of outdoor aesthetic lights on bats in churches.** *Royal Society Open Science* 4: 161077
- Smith M. (2009). **Time to turn off the lights.** *Nature* 457: 27
- Stone E. L., S. Harris & G. Jones (2015). **Impacts of artificial lighting on bats: a review of challenges and solutions.** *Mammalian Biology* 80: 213-219
- Wise S. (2007). **Studying the ecological impacts of light pollution on wildlife: amphibians as models.** Department of Biology, Utica College, Utica, NY USA. 10 p.
- Zisis G., & P. Bertoldi (2014): **Update on the status on the LED market.** European Commission Report EU 2700 EN



- www.darksky.ch Schweizer Verein für die Reduzierung von Lichtverschmutzung
- www.lamper.ch Agence suisse pour la protection de l'environnement nocturne
- www.slg.ch Schweizer Licht Gesellschaft

