

**Empfehlungen
zur Vermeidung
von Lichtemissionen**



**Empfehlungen
zur Vermeidung
von Lichtemissionen**

Ausmass, Ursachen und Auswirkungen
auf die Umwelt

**Herausgegeben vom Bundesamt
für Umwelt, Wald und Landschaft
BUWAL
Bern, 2005**

Impressum

Rechtlicher Stellenwert dieser Publikation

Diese Publikation ist eine Vollzugshilfe des BUWAL als Aufsichtsbehörde und richtet sich primär an die Vollzugsbehörden. Sie konkretisiert unbestimmte Rechtsbegriffe von Gesetzen und Verordnungen und soll eine einheitliche Vollzugspraxis fördern. Berücksichtigen die Vollzugsbehörden diese Vollzugshilfen, so können sie davon ausgehen, dass sie das Bundesrecht rechtskonform vollziehen; andere Lösungen sind aber auch zulässig, sofern sie rechtskonform sind.

Das BUWAL veröffentlicht solche Vollzugshilfen (oft auch als Richtlinien, Wegleitungen, Empfehlungen, Handbücher, Praxishilfen u.ä. bezeichnet) in seiner Reihe «Vollzug Umwelt».

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)
Das BUWAL ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Autoren

Gregor Klaus, Bruno Kägi, René L. Kobler, Katja Maus, Antonio Righetti

Zitiervorschlag

KLAUS G., KÄGI B., KOBLER R. L., MAUS K., RIGHETTI A., 2005: Empfehlungen zur Vermeidung von Lichtemissionen.

Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. 40 S.

Begleitung BUWAL

Bruno Kägi, Antonio Righetti,
Abteilung Natur und Landschaft

Gestaltung

Hanspeter Hauser, AVD, Bern

Titelfoto

René L. Kobler, Liestal

Restliche Fotos

Corel (S. 20), DAS (S. 10, u), G. Eisenbeis (S. 16, 32), A. Haenel (S. 22), H.P. Hauser (S. 5, u / 15, o), Hemera (S. 8), B. Kägi (S. 12, u / 16, u), Chr. Körner (S. 19), N. Litzistorf, Equiterre (S. 31), S. Meister (S. 14, o + u), Plan Lumière (35), RSGB/NOAA (S. 10, o), Verein pro Chiroptera (S. 18), B. Walsler (S. 17), R.R. Kobler (übrige Fotos)

Bezug

BUWAL, Dokumentation, CH-3003 Bern
Fax +41 (0) 31 324 02 16
docu@buwal.admin.ch
www.buwalshop.ch <www.buwalshop.ch>

Bestellnummer / Preis:

VU-8010-D / kostenlos. Diese Publikation ist auch in französischer und italienischer Sprache erhältlich (VU-8010-F, VU-8010-I).

Download PDF

<http://www.buwalshop.ch> <<http://www.buwalshop.ch>>

© BUWAL 2005

Abstract (D)

Die Dunkelheit wird von Kunstlicht immer mehr verdrängt. Dies mag an vielen Orten die Sicherheit erhöhen, verunmöglicht jedoch mancherorts die ungetrübte Beobachtung des Sternenhimmels. Das Kunstlicht beeinträchtigt die Lebensräume nachtaktiver Tiere – mit teilweise tödlichen Folgen für unzählige Lebewesen. Es beeinflusst zudem zirkadiane und endokrine Systeme von Mensch und Tier negativ, führt zu Energieverschwendung durch Lichtabfall und stumpft uns Menschen gegenüber den visuellen Werten der natürlich intakten Nachtlandschaft ab. Diese Publikation gibt Empfehlungen ab, wie auf technischer Ebene die negativen Wirkungen von Lichtemissionen entschärft werden können. Sie zeigt im Weiteren auf, wie sich mit rechtlichen Schranken ohne Abstriche am menschlichen Sicherheitsbedürfnis unnötige Beleuchtungsanlagen unterbinden lassen, die kostbare Energie verschwenden.

Keywords

Stichwörter: Empfehlungen zur Vermeidung von unerwünschten Lichtemissionen, Kunstlicht, Landschaft und Mensch, Nachtlandschaft, Wirkungen von Lichtemissionen auf Natur.

Abstract (F)

La lumière artificielle fait reculer toujours davantage l'obscurité. S'il faut se féliciter de la sécurité accrue qui en résulte en de nombreux cas, on constate aussi des effets dommageables: la contemplation du ciel nocturne n'est plus possible en maints endroits, l'habitat des animaux nocturnes est perturbé, avec des conséquences mortelles pour un grand nombre d'entre eux, le rythme circadien et le système endocrinien de l'homme et des animaux subissent des influences négatives. La lumière dispersée inutilement constitue un gaspillage d'énergie et nous prive des émotions que procurent l'ambiance d'un paysage nocturne plongé dans l'ombre. Cette publication formule des recommandations sur la façon de remédier aux effets négatifs des émissions lumineuses par des solutions techniques ou des garde-fous juridiques, et d'enrayer du même coup un gaspillage inutile d'énergie électrique, sans toutefois réduire la sécurité dont nous avons besoin.

Mots-clés

Effets des émissions lumineuses sur la nature, le paysage et l'homme, lumière artificielle, paysage nocturne, recommandations pour éviter les émissions de lumière indésirables.

Abstract (I)

L'oscurità sta sempre più cedendo il passo alla luce artificiale. In molti luoghi questo fenomeno contribuisce ad aumentare la sicurezza, ma sovente impedisce di osservare il cielo stellato. La luce artificiale inoltre riduce la qualità degli habitat di specie animali attive di notte, con conseguenze in parte mortali per numerose specie. Oltre a questi effetti ha un impatto negativo sul ritmo circadiano e sul sistema endocrino dell'uomo e degli animali, determina uno spreco d'energia a causa del flusso luminoso disperso e, non da ultimo, rende gli esseri umani meno sensibili ai valori estetici del paesaggio naturale notturno. La presente pubblicazione fornisce raccomandazioni per ridurre tecnicamente gli effetti negativi delle emissioni luminose. Inoltre mostra come, senza pregiudicare l'esigenza di sicurezza umana, mediante barriere giuridiche si possa impedire l'installazione di impianti di illuminazione che sprecano una risorsa preziosa come l'energia elettrica.

Parole chiave

Effetti delle emissioni luminose sulla natura, sul paesaggio e sull'uomo, luce artificiale, paesaggio notturno, paesaggio ed esseri umani, raccomandazioni per prevenire le emissioni luminose indesiderate.

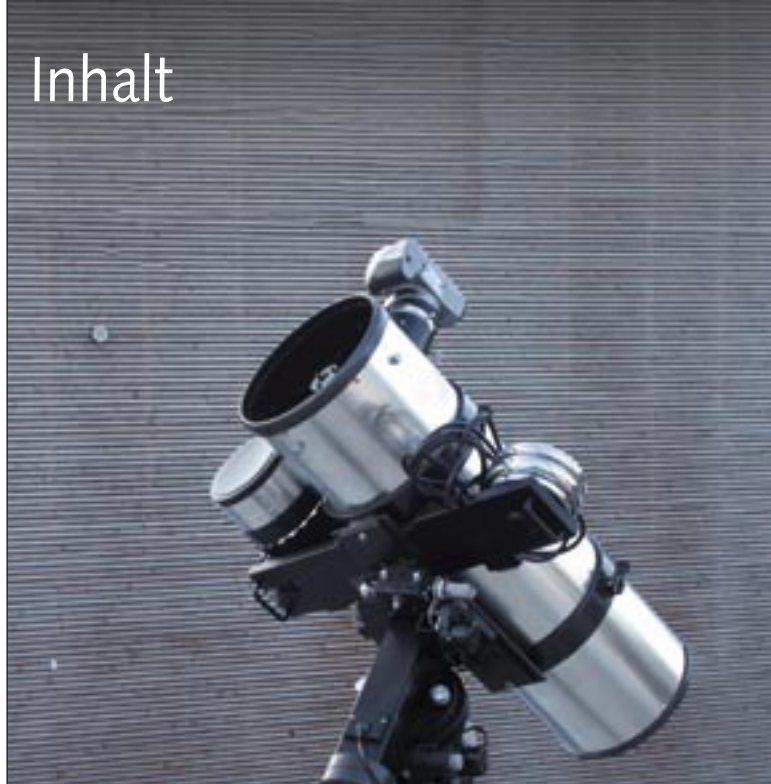
Abstract (E)

Darkness is being increasingly replaced by artificial light. Though this results in safety improvements in many places, it also makes clear observation of the night sky impossible and the habitats of nocturnal animals are adversely affected, some-times with fatal consequences for countless organisms. Furthermore, negative effects on the circadian and endocrine systems of man and animals alike have been reported, the human senses to the visual qualities of the naturally intact nocturnal landscape are dulled and energy is wasted due to light spill. This publication contains recommendations as to how the negative effects of light emissions can be reduced at the technical level. It also gives indications how statutory provisions at the local authority level can prevent unnecessary and costly lighting installations which waste electrical energy.

Keywords

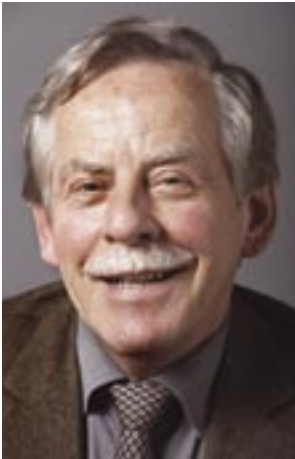
Keywords: artificial light, effects of light emissions on nature, landscape and man, night landscape, recommendations on reducing unwanted light emissions

Inhalt



	Vorwort	6
	Zusammenfassung	7
1	Lichtimmissionen als neues Umweltproblem	10
2	Ursachen und Ausmass der der Lichtimmissionen	12
3	Die Folgen der Lichtemissionen	15
3.1	Gestörtes Naturerlebnis	15
3.2	Lichtemissionen hemmen den Durchblick	16
3.3	Beeinträchtigung von Wohlbefinden und Gesundheit	17
3.4	Auswirkungen auf Tiere und Pflanzen	17
4	Gesetzliche Grundlagen	22
4.1	Gesetzliche Grundlagen auf Bundesebene	22
4.2	Beispiele zu rechtlichen Bestimmungen in Kantonen und Gemeinden	23
4.3	Beispiele zu gesetzlichen Grundlagen im Ausland	24
5	Empfehlungen zur Vermeidung von Lichtemissionen	25
5.1	Rechtliche Lösungsansätze	25
5.2	Technische Lösungsansätze	26
5.2.1	Hauptziele und Zielgruppen	26
5.2.2	Planung	26
5.2.3	Klärung der Notwendigkeit	28
5.2.4	Technische Massnahmen	29
5.2.5	Ausrichtung der Leuchten	31
5.2.6	Platzierung der Leuchten	33
5.2.7	Stärke und Qualität der Lichtquelle	33
5.2.8	Zeitmanagement	33
5.2.9	Empfehlungen im Überblick	34
5.2.10	Drei Beispiele aus der Praxis	35
6	Weiterführende Literatur und Internet-Links	37

Vorwort



Kunstlicht in Aussenräumen ist zu einem unverzichtbaren Bestandteil unserer Kultur geworden. Es vermittelt Sicherheit und Wohlstand. Dank dem Kunstlicht haben sich viele Möglichkeiten für die Menschheit eröffnet, die vor 150 Jahren nicht denkbar gewesen wären. Doch die zunehmenden Lichtemissionen zeigen auch negative Begleiterscheinungen. Durch nicht bedarfsgerecht eingesetzte Beleuchtungsanlagen wird ein erheblicher Teil des erzeugten Lichts in die natürliche Umwelt abgegeben. Die nächtliche Dunkelheit verschwindet zusehends. Dadurch wird der Blick auf die Sterne getrübt. Der Sternenhimmel als wichtiges Kulturgut geht verloren, und der Tag-Nacht-Rhythmus der Lebewesen wird durcheinander gebracht. Die Lebensbedingungen für nachtaktive Tiere verändern sich dramatisch. Insekten, die von künstlichen Lichtquellen angezogen werden und dabei verbrennen, sind nur die Spitze des Eisbergs. Aus allen Tiergruppen können zahlreiche Arten aufgeführt werden, bei welchen der Einfluss des Kunstlichts negative Folgen hat. Lichtemissionen sind für die Artenvielfalt zu einer weiteren, ernst zu nehmenden Gefahr und auch für die Menschen zu einem lästigen Phänomen geworden. Das BUWAL nimmt mit der vorliegenden Publikation Bezug auf Artikel 25a des Natur- und Heimatschutz-

gesetzes (NHG) und Artikel 6 des Umweltschutzgesetzes (USG) und stellt eine Leitlinie zur Verfügung, die aufzeigt, wie sich unnötige Lichtemissionen vermeiden lassen. Bei der Eindämmung der Lichtemissionen handelt es sich keineswegs um eine Rückführung in dunkle Städte. Die notwendigen Beleuchtungsbedürfnisse sollen grundsätzlich erfüllt werden. Gleichzeitig dürfen aber auch die Bedürfnisse der Natur und die Gesundheit der Menschen nicht ausser Acht gelassen werden.

Wie in anderen Umweltbereichen, soll bei der Aussenraumbelichtung ebenfalls die Nachhaltigkeit als Leitlinie dienen. Nachhaltigkeit wird auch in der Bundesverfassung (Artikel 73) gefordert. Eine nachhaltige Lichtnutzung in Aussenräumen bedeutet, dass den Bedürfnissen von Gesellschaft, Wirtschaft und Ökologie gleichwertig entsprochen wird, ohne die Entwicklungsmöglichkeiten zukünftiger Generationen einzuschränken.

Mit der vorliegenden Publikation ist ein erster Schritt in diese Zukunft gemacht. Weitere Schritte, wie das Erstellen von Normen, stehen an. Bei diesen wird die Federführung bei anderen Akteuren liegen.


Enrico Buergi

Abteilungschef Natur und Landschaft, BUWAL

Zusammenfassung



Nicht nur die ursprüngliche Natur, auch die Dunkelheit wird weltweit auf immer kleinere Bereiche zurückgedrängt. Ausgedehnte und natürlich dunkle Gebiete sind vor allem in Europa selten geworden. Der Mensch ist dabei, die Nacht zum Tag zu machen. Sobald es dunkel wird, beginnen Millionen von künstlichen Lichtquellen zu strahlen. Der Weltatlas des künstlich erhellten Nachthimmels zeigt, dass 20 Prozent der Weltbevölkerung – darunter die Hälfte der Einwohner Westeuropas – nicht mehr in der Lage sind, die Milchstrasse mit freiem Auge zu erkennen. Die Lichtemissionen nehmen seit Jahren weltweit exponentiell zu. Alles wird angeleuchtet, ausgeleuchtet und sichtbar gemacht. Die Emissionen führen zu einer einschneidenden Veränderung unserer natürlichen Umgebung. Sie haben folgende negative Auswirkungen auf Natur und Umwelt:

- Zerstörung der natürlichen Nachtlandschaft, inklusive des Raumes über uns. Dies führt beispielsweise zum Verschwinden des sichtbaren Sternenhimmels (landschaftlicher und kultureller Aspekt).
- Einfluss auf zirkadiane und endokrine Systeme bei Mensch und Tier (biologischer und medizinischer Aspekt).
- Beeinträchtigung der Lebensräume nachtaktiver Tiere mit teilweise tödlichen Folgen für

unzählige Lebewesen (ökologischer und ethischer Aspekt).

- Zunahme der Störung von Menschen in besiedelten Gebieten durch Blendungen und Aufhellung (physiologischer und psychologischer Aspekt).
- Energieverschwendung durch Lichtabfall (energetischer und technischer Aspekt).
- Abstumpfung und Entfremdung gegenüber den visuellen Werten der natürlich intakten Nachtlandschaft und Gewöhnung an die unkontrollierte Lichtüberflutung (emotionaler und ästhetischer Aspekt).

Diese Publikation verdeutlicht das Ausmass, die Ursachen und die Auswirkungen der Umweltverschmutzung durch unerwünschte Lichtemissionen. Sie gibt zudem Empfehlungen und Denkanstösse, wie sich unerwünschte Lichtemissionen vermeiden lassen, ohne dass auf Komfort und Sicherheit verzichtet werden muss. Die Empfehlungen richten sich in erster Linie an Besitzer, Betreiber, Planer (v.a. Architekten und Elektroplaner) und Hersteller von Aussenbeleuchtungsanlagen, an die zuständigen Fachstellen für Natur-, Landschafts- und Umweltschutz sowie an die entsprechenden Bewilligungsbehörden auf kommunaler, kantonaler und eidgenössischer Ebene. Die Publikation will aber auch dazu beitragen, die





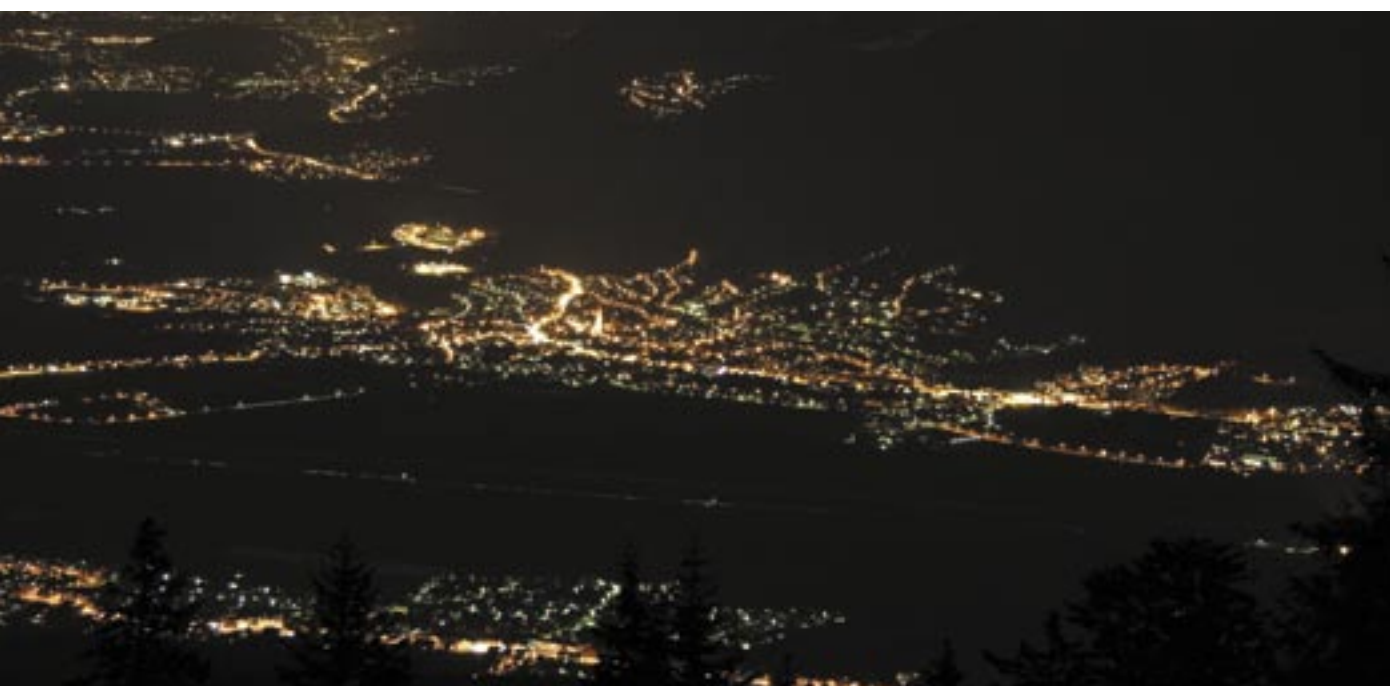
Bevölkerung für das Problem zu sensibilisieren. Die in dieser Publikation gemachten Empfehlungen folgen einem einfachen Prinzip: Licht soll nur dorthin gelangen, wo es der Mensch auch braucht. Licht in Richtung Himmel oder in ökologisch sensible Lebensräume zu strahlen, nützt niemandem, sondern verbraucht unnötig Energie, schadet anderen Lebewesen und entwertet das Landschaftserleben. Im Einzelnen bedeutet dies:

- **Notwendigkeit der Beleuchtung abklären:** In vielen Fällen kann die Notwendigkeit einer Aussenleuchte hinterfragt werden. Dies gilt insbesondere dann, wenn sie zu einer Doppelbeleuchtung führt. Bei baulichen Veränderungen sollten unnötig gewordene Beleuchtungen rückgebaut werden.
- **Technische Massnahmen:** Leuchtkörper sollten so abgeschirmt werden, dass das Licht nur dorthin gelangt, wo es einem Beleuchtungszweck dient. Erreicht wird dies durch Abschirmungen und optische Einrichtungen in den Leuchtengehäusen wie Spiegel und Reflektoren. Wünschenswert sind vor allem Leuchten mit einem begrenzten Abstrahlwin-

kel. Objekte sollten nur so stark wie wirklich nötig beleuchtet werden. Mit einer gedämpften Beleuchtung lässt sich oft eine bessere Wirkung erzielen. Zudem sollten Leuchtkörper verwendet werden, die einen möglichst geringen Anteil an kurzwelligem Licht aussenden. Natriumdampf-Hochdrucklampen und vor allem Natriumdampf-Niederdrucklampen sind relativ insektenverträglich und zeichnen sich durch einen deutlich geringeren Energieverbrauch aus, weshalb sie als besonders umweltfreundlich einzustufen sind.

- **Ausrichtung und Platzierung der Leuchten:** Jede Leuchte sollte grundsätzlich zum Boden hin gerichtet sein. Vor allem Strassenleuchten sollten so platziert werden, dass sie nicht in die Umgebung oder in ökologisch sensible Räume strahlen.

- **Zeitliche Begrenzung:** Beim umweltgerechten Betrieb von Beleuchtungen sind Zeitschaltungen gefragt. Mit ihrer Hilfe kann zu bestimmten Nachtzeiten (in Analogie zum Lärmschutz, wo zwischen 22 Uhr und 6 Uhr tiefere Grenzwerte gelten) die Beleuchtungsstärke zumindest gedrosselt werden. In ökolo-



gisch sensiblen Gebieten sollte die Beleuchtung nach 22 Uhr vollständig abgeschaltet werden – vorausgesetzt, die Sicherheitsbestimmungen erlauben eine solche Massnahme.

- **Zusätzliche Massnahmen:** Es sollen nur Leuchten zum Einsatz gelangen, die eine Abdichtung gegen das Eindringen von Insekten und Spinnen aufweisen. Falls der Boden stark beleuchtet wird, soll darauf geachtet werden, dass dieser keinen hellen oder gar reflektierenden Farbton hat. Bei der Wahl des Beleuchtungssystems ist darauf zu achten, dass es sich einfach und sicher warten lässt und für Passanten nicht leicht erreichbar ist. Es sollten ausserdem nur Leuchtkörper mit einer langen Lebensdauer und einem geringen Energiebedarf verwendet werden.

Eine Reduktion der Lichtemissionen hat für die Menschen und die Natur keine Nachteile, dafür aber viele Vorteile:

- **Ökonomischer Gewinn:** Alles in die Atmosphäre und in den Weltraum abgestrahlte Licht bleibt ungenutzt. Weniger Lichtemissionen bedeuten deshalb weniger Energieverbrauch und damit geringere Stromkosten.

- **Ökologischer Gewinn:** Eine durchdachte Aussenbeleuchtung und damit ein nächtliches Zeitfenster für Ruhe und Regeneration sind für die Erhaltung und Verbesserung der Lebensqualität von Mensch, Flora und Fauna wichtig.

- **Gestalterischer Gewinn:** Zu hell ausgeleuchtete Aussenräume schränken die Lichtgestaltung stark ein. Der gestalterische Einsatz von Kunstlicht setzt eine dunkle Umgebung voraus, da sonst der Kontrast fehlt.

- **Ästhetischer Gewinn:** Wir sind dabei, eine Naturschönheit zu verlieren, die den Menschen schon seit frühester Zeit fasziniert hat – den ungestörten Anblick des Sternenhimmels. Weniger Lichtemissionen erlauben uns einen ungetrübten Blick auf die natürliche Nachtlandschaft.

Bei der Umsetzung der Empfehlungen kann zurzeit nur in seltenen Fällen auf Erfahrungen verwiesen werden. Dementsprechend gross ist die Herausforderung für Architektinnen und Architekten, Planende und Leuchtenhersteller. Besonders Letztere können durch den Einsatz neuer und umweltschonender Technik unerwünschten Lichtemissionen entgegenwirken. Denkbar ist auch die Einführung eines Labels für umweltfreundliche Leuchten und Lampen.



1 Lichtimmissionen als neues Umweltproblem

Wann haben Sie die Milchstrasse das letzte Mal gesehen?

Der Schutz der Umwelt allgemein und jener der Natur und der Landschaft erzielte in den letzten 15 Jahren bemerkenswerte Fortschritte. So führten internationale Vertragswerke und die Revision des Umweltschutzgesetzes 1995 zu strengeren Schutzmassnahmen in vielen Bereichen. Die Luftverschmutzung ist stark zurückgegangen, das Wasser vieler Gewässer ist wieder von guter Qualität, und die Schutzmassnahmen für die Tier- und Pflanzenwelt haben sich verbessert. Doch während die Luft-

und Wasserverschmutzung oder die Vernetzung der Landschaft auch in der Bevölkerung zu geläufigen Begriffen geworden sind und die Verschmutzung der Umwelt durch Lärm bei Wissenschaftlern und Psychologen auf offene Ohren stösst, ist in den letzten Jahren eine weitere Form der Umweltverschmutzung aufgetaucht: die «Verschmutzung» der Nacht mit Licht.

Astronomen aus allen Erdteilen, denen die Lichtemissionen aus den Siedlungsräumen die

Der Siegeszug des Lichts

Die erste praktisch brauchbare elektrische Glühlampe wurde 1854 von Heinrich Goebel in New York erfunden. Der nach Amerika ausgewanderte deutsche Uhrmacher und Erfinder schmolz dazu einen verkohlten Bambusfaden in eine luftleere Flasche ein. Den Strom entnahm er einer Batterie von Zink-Kohle-Elementen. Mit dieser Glühlampe konnte Licht erstmals ohne offene Flamme produziert werden. Als Thomas Edison 1879 die Kohlefaden-Glühlampe entwickelte, war der Siegeszug des nächtlichen Lichts nicht mehr aufzuhalten. Das primäre Ziel der Beleuchtung des öffentlichen Raums beschränkte sich am Anfang auf die Sicherheit der Bevölkerung. In der Schweiz waren bereits anfangs des 20. Jahrhunderts viele Ortschaften mit elektrischem Strom versorgt. Zu Beginn war zwar noch nicht jedes Haus an das Stromnetz angeschlossen, doch das änderte sich während des ersten Weltkriegs, denn das importierte Petroleum war knapp und Elektrizität konnte im Inland durch Wasserkraft gewonnen werden. Mit elektrischem Licht kann heute dank technischer Fortschritte bei den Aussenleuchten und dem verhältnismässig billigen Nachtstrom jeder Raum auch nachts taghell erleuchtet werden.



Der Siegeszug der Glühlampe begann erst vor 150 Jahren.

Sicht auf die Sterne versperren, haben schon seit Langem auf dieses Problem aufmerksam gemacht. Unermüdlich weisen sie darauf hin, dass wir uns vor Abgasen, Lärm und Abfällen schützen, aber nicht vor Licht. Tatsächlich sind Luft, Boden und Wasser wichtige Schutzgüter, der nächtliche Sternenhimmel jedoch nicht. Entsprechend wird den ständig zunehmenden Lichtemissionen (zu) wenig Beachtung geschenkt.

Lichtemissionen sind auf den ersten Blick ein unauffälliges Phänomen. Lange Zeit störten sich die meisten Menschen deshalb nicht daran. Bei einer Umfrage von Infratest aus den 1980er-Jahren fühlten sich nur 2,4 Prozent der Befragten durch künstliches Licht gestört. Doch in den letzten Jahren hat sich diese Haltung geändert. Inzwischen gibt es immer mehr Initiativen und Organisationen, die Aufklärungsarbeit über die Auswirkungen der hell erleuchteten Nacht auf Natur und Umwelt leisten.



«Lichtverschmutzung» oder «Lichtemissionen»?

Die Auswirkungen des künstlichen Lichts auf die Umwelt wurden in den letzten Jahren zunehmend thematisiert. In den meisten Fällen hat sich der Begriff «Lichtverschmutzung» durchgesetzt. Dabei handelt es sich zwar um eine einprägsame, aber falsche Wortbildung. Der englische Begriff «light pollution» wurde wörtlich übersetzt, wodurch im Deutschen der Eindruck entsteht, es würde sich dabei um verschmutztes Licht handeln. Die Quelle der Verschmutzung ist aber das Licht selbst. Die ganze Problematik basiert jedoch darauf, dass das Licht im Übermass eingesetzt wird und zunehmend als Störgröße in der Umwelt und im Naturhaushalt wirksam ist. In dieser Publikation wird deshalb von (schädlichen oder unerwünschten) Lichtemissionen gesprochen.



2 Ursachen und Ausmass der Lichtimmissionen



Aus Satellitenbildern zusammengestelltes Bild der permanenten nächtlichen Beleuchtung des Alpenraums.

Im Vergleich zu anderen Umweltbereichen wie Boden, Wasser oder Luft, bei denen die Emissionsquellen der Schadstoffe oft nicht genau bestimmt werden können, ist die Herkunft des Lichts leicht und eindeutig erkennbar: Jede künstliche Lichtquelle ist potenziell Mitverursacher unerwünschter Lichtemissionen.

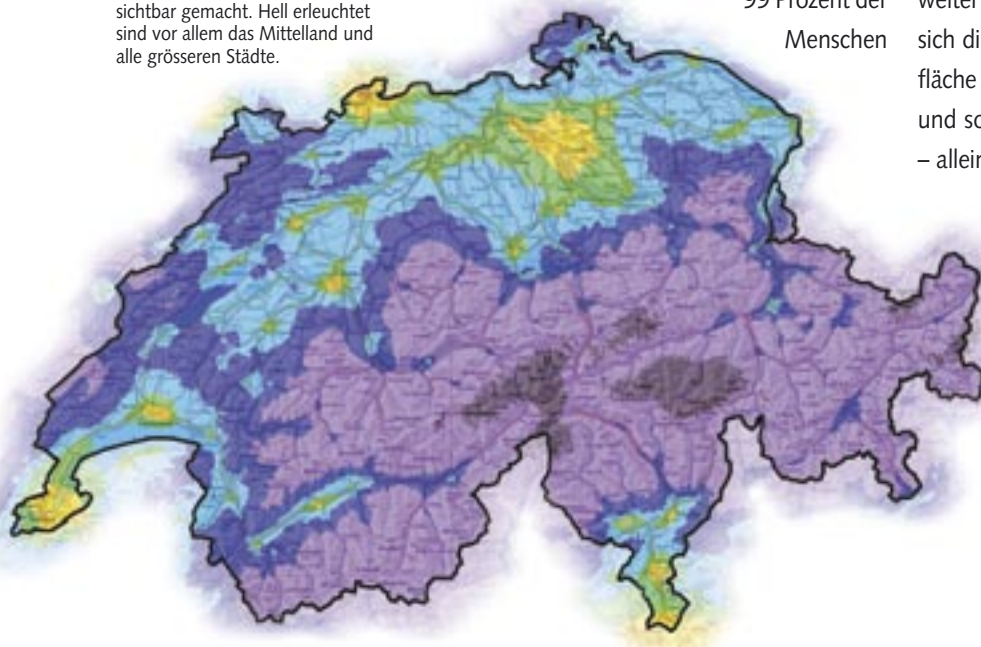
Bei der zunehmenden Belastung durch Licht handelt es sich um einen schleichenden Prozess. Welches Ausmass die Lichtemissionen bereits angenommen haben, zeigt der von Wissenschaftlern erstellte Weltatlas des künstlich erhellten Nachthimmels (siehe Bild). Anhand von Satellitenbildern wurde errechnet,

99 Prozent der Menschen

in Westeuropa und Nordamerika in Regionen leben, in denen sie nie einen wirklich dunklen Himmel sehen. Oft entspricht die Helligkeit sogar der Dämmerung. Das führt dazu, dass 20 Prozent der Weltbevölkerung – darunter die Hälfte der Einwohner Westeuropas – nicht in der Lage sind, die Milchstrasse mit freiem Auge zu erkennen. Nach Angaben der Wissenschaftler gibt es in der Schweiz keinen einzigen Quadratkilometer mehr, in dem noch natürlich dunkle Nachtverhältnisse herrschen. Die Metropolen London, Madrid und Paris leuchten mindestens 27-mal so hell wie der normale Nachthimmel.

Vieles spricht dafür, dass die Lichtemissionen weiter zunehmen werden. In der Schweiz hat sich die Siedlungs-, Gewerbe- und Industrie- fläche – und damit die durch Strassenlaternen und sonstige Aussenleuchten erhellte Fläche – allein von 1983 bis 1995 um 327 Quadrat-

Die Schweiz bei Nacht. Auf dieser Karte wurde mit Hilfe von Satelliten- aufnahmen das Ausmass der Lichtimmissionen in der Schweiz sichtbar gemacht. Hell erleuchtet sind vor allem das Mittelland und alle grösseren Städte.



Je höher der Stufenwert, desto mehr entfernt man sich von der nächtlichen Dunkelheit

■ < 0,1	■ 0,6 – 0,8	■ 1,4 – 1,6
■ 0,1 – 0,2	■ 0,8 – 1,0	■ 1,6 – 1,8
■ 0,2 – 0,4	■ 1,0 – 1,2	■ 1,8 – 2,0
■ 0,4 – 0,6	■ 1,2 – 1,4	■ > 2,0

kilometer oder 13,3 Prozent erhöht. Zurzeit entstehen in jeder Sekunde weitere 0,9 Quadratmeter neue, bebaute Fläche. Aber nicht nur die beleuchtete Fläche steigt ständig an, sondern auch die Intensität der Lichtemissionen. Moderne Lampen liefern bei gleichem Verbrauch wesentlich mehr Licht als ältere Lampentypen. Kunstlicht wird zudem seit einigen Jahrzehnten nicht nur zur notwendigen Beleuchtung von Wegen und Strassen eingesetzt. Seit 30 Jahren herrscht eine regelrechte Lichtepidemie: Häuser werden mit teilweise flutlichtähnlichen Anlagen in Szene gesetzt, Bäume, Gärten und Skipisten werden beleuch-

tet, Reklametafeln leuchten bis in die Morgenstunden, und Skybeamer durchschneiden die Nacht. Überall tauchen neue Ideen auf, was noch angeleuchtet werden könnte. Ein regelrechtes Wetttrüsten ist im Gange, weil man nur mehr durch eine noch stärkere Beleuchtung auffallen kann. Wissenschaftler schätzen die jährliche Zunahme der Lichtemissionen beispielsweise in Deutschland auf 6 Prozent und in Italien auf 10 bis 12 Prozent. Untersuchungen aus Italien haben ausserdem gezeigt, dass sich die Lichtemissionen dort in den letzten 30 Jahren verzehnfacht haben – dies, obwohl die Bevölkerung kaum gewachsen ist.

Was will uns der Besitzer dieses lichtüberfluteten Hauses mitteilen?

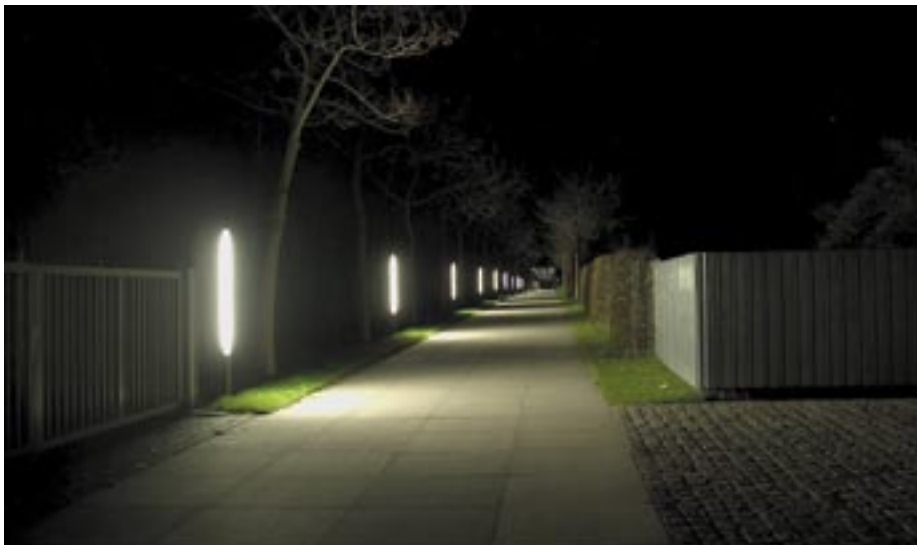


Bild oben links: Alltäglich gewordene Beleuchtungsanlagen, die vor allem den Himmel anleuchten.

Bild links: Diese Art der Beleuchtung blendet und strahlt den grössten Teil des Lichts in Gebiete, wo es nicht gebraucht wird.



Verlagerungen menschlicher Aktivitäten in Naturräume sind markante Eingriffe in die Landschaft. Ein Beispiel einer solchen Verlagerung sind beleuchtete Nachtskipisten oder wie hier die Beleuchtung der Beschneiungsanlagen. Der Sinn einer Raumplanung, nämlich Nichtsiedlungsgebiete in ihrer Natürlichkeit zu erhalten, gilt auch nachts.



Skifahren bei Nacht: Mit den neuen Beleuchtungsmöglichkeiten verändert sich auch das Freizeitverhalten.



Führt mehr Licht zu mehr Sicherheit?

Viele Aussenleuchten haben zum Ziel, die Sicherheit zu erhöhen. Personen und Dinge sind leichter zu identifizieren, Gefahrenquellen werden rechtzeitig erkannt und Straftaten durch das plötzlich von Bewegungsmeldern eingeschaltete Licht verhindert. Manchmal erzeugt aber die Gewissheit, gut zu sehen, eine höhere Risikobereitschaft; eine Anpassung des Verhaltens an die Gegebenheiten der Dunkelheit findet nicht mehr statt. Auch die Doppelbeleuchtung durch Strassenlampen und Fassadenbeleuchtungen oder die Beleuchtung vieler Strassen und Gebäude zwischen 2 Uhr und 5 Uhr sind kein Sicherheitsgewinn.

Diese Strassenbeleuchtung trägt bedeutend mehr zur Störung der Fussgänger als zu ihrer Sicherheit bei.

3 Die Folgen der Lichtemissionen



Lichtverschmutzte Nachtlandschaft bei der Sternwarte in Binningen BL. Nur noch wenige astronomische Objekte sind zu sehen.

Aus menschlicher Sicht hat Licht vor allem positive Eigenschaften. So versetzt uns Sonnenschein in gute Laune. Künstliches Licht gilt deshalb als Zeichen für Fortschritt, Wohlstand und Prestige. Licht dient auch als Stimmungsmacher. Während der Weihnachtszeit kommt dieser Sachverhalt besonders deutlich zum Ausdruck. Städtische Beleuchtung vermittelt zudem ein Gefühl der Sicherheit. So werden beispielsweise Frauenparkplätze speziell beleuchtet. Licht wird auch medizinisch eingesetzt, beispielsweise bei Winterdepressionen. Statistiken zeigen ausserdem, dass Patientinnen und Patienten, die auf der Sonnenseite von Krankenhäusern untergebracht sind, früher nach Hause zurückkehren.

Diese positive Seite des Lichts dürfte dafür verantwortlich sein, dass weltweit erst wenige Studien zu den Auswirkungen der grenzenlosen Lichtemissionen auf den Naturhaushalt und die Umwelt durchgeführt wurden. Bei den ersten Wissenschaftlern, die sich über die Nebenwirkungen des elektrischen Lichts Sorgen machten, waren Astronomen, die auf eine freie Sicht zu den Sternen angewiesen sind. Für sie wird das Erforschen der Sterne zusehends stärker beeinträchtigt. Mittlerweile erhalten die Astronomen Unterstützung von Biologen und Medizinern, denn die Verschmelzung von Tag und Nacht ist keines-

wegs nur ein Segen für Menschen, Tiere und Pflanzen.

3.1 Gestörtes Naturerlebnis

Über Jahrtausende hat das nächtliche Firmament Dichter und Denker inspiriert. Natürliches Licht von Sonne, Mond und Sternen ist zudem ein wesentlicher Bestandteil der Landschaft. Im Landschaftskonzept Schweiz (LKS) wird die Landschaft als «das Entstandene und Werden der natürlichen Faktoren wie Untergrund, Boden, Wasser, Luft, Licht, Klima, Fauna und Flora im Zusammenspiel mit kulturellen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Faktoren» definiert. Das Licht der Gestirne ermöglicht dem Menschen ein visuelles Erleben der Landschaft bei Nacht. Die Dämmerung und die Dunkelheit verändern auf natürliche Art und Weise die Erlebarkeit der Landschaft. Diese optische Vielfalt spricht die Sinnesorgane auf ganz besondere Weise an und vermittelt andere Eindrücke als bei Tageslicht. Künstliche Beleuchtung lenkt dagegen von diesen Naturphänomenen ab und beeinträchtigt unsere Wahrnehmung. Im Schweizer Mittelland ist der Himmel beispielsweise so stark aufgehellert, dass von den 2000 Sternen, die mit blossen Auge sichtbar wären, nur noch wenige Dutzend erkennbar sind. Die

Natürliche Nachtlandschaft. Auch das Sternenzelt gehört zur Landschaft.





Der grösste Teil des Lichts dieses Beamers, der die Kirche von unten anstrahlt, schießt am Ziel vorbei. Solche Leuchtkanonen behindern die Arbeit der Astronomen der Sternwarte Bülach ZH besonders stark.

Bild unten rechts:
Die Sternwarte Bülach wurde
am 22. September 1983 eingeweiht.

Bild unten: Hier entsteht ein neuer
Stern. Solche Beobachtungen sind nur
bei dunklem Himmel möglich.

Faszination des Alls geht im Lichteermeer unter. Dies ist als kultureller Verlust zu werten. Eine ungestörte natürliche Hintergrundbeleuchtung ist besonders dort wichtig, wo der Erlebbarkeit der Naturlandschaft eine zentrale Bedeutung zukommt, beispielsweise in National- und Naturparks, in Landschaftsschutz- und Jagdbanngeländen oder in touristisch wertvollen Regionen.

3.2 Lichtemissionen hemmen den Durchblick

Das Geschehen im Weltall wird bereits seit 5000 Jahren von der Erde aus beobachtet. Die Entdeckung neuer Länder und Kontinente wäre ohne die Sternkunde nicht möglich gewesen. Dank dem Weltraumteleskop Hubble können Astronomen immer tiefer in den Weltraum

blicken. Für jene Astronomen, die mit den auf der Erde stationierten Teleskopen arbeiten, werden die Bedingungen dagegen immer schlechter, weil immer mehr Sternwarten in den Einflussbereich der Lichtglocken grosser Städte geraten oder mit anderen Lichtemissionen zu kämpfen haben. Vor allem lichtschwächere Sterne sind kaum noch zu sehen. In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurden daher viele Grosssternwarten in entlegenen und dünn besiedelten Gebieten errichtet, etwa in Chile, auf Hawaii oder auf den Kanarischen Inseln. Damit aber Berufsastronomen und die grosse Zahl der Amateurastronomen in dichter besiedelten Gebieten ihrer Arbeit nachgehen können, fordern sie seit Längerem die Einrichtung von «Schutzzonen» um ihre Sternwarten, in denen das Betreiben starker Scheinwerfer untersagt ist.

Sternwarte Bülach: trübe Aussichten

Für die Sternwarten der Schweiz wird es immer schwieriger, den Nachthimmel zu beobachten und Aufnahmen zu machen. Das gilt auch für die Sternwarte Bülach im Zürcher Unterland. Diese liegt auf einer Anhöhe etwa zwei Kilometer östlich von Bülach. Die Lichtemissionen der 14'000 Einwohnerinnen und Einwohner zählenden Stadt führen dazu, dass der Himmel in westlicher Richtung für die Astronomen zu hell ist. Der Nordhimmel ist zwar relativ dunkel – Schaffhausen liegt rund 20 Kilometer nördlich der Sternwarte –, doch weil die Sternwarte keine Kuppel, sondern ein Schiebedach besitzt, das gegen Norden zurückgefahren wird, sind Beobachtungen in diese Himmelsrichtung eingeschränkt. Gegen Osten liegt in 13 Kilometer Luftlinie die Stadt Winterthur. Der Himmel ist in dieser Richtung meist leicht rötlich erhellt. Sieben Kilometer südlich der Sternwarte befindet sich die Lichtglocke des taghell erleuchteten Areals des Flughafens Zürich-Kloten, und in 15 Kilometer Entfernung befindet sich Zürich. Dadurch wird die Sicht auf den Himmel im Süden massiv in Mitleidenschaft gezogen. Nur noch an ganz wenigen Tagen im Jahr ist der Blick ins All ungetrübt. Wenn im Winter Bodennebel alles bis knapp zur Sternwarte hinauf in seinen lichtabsorbierenden Schleier hüllt, bietet sich den Astronomen die seltene Gelegenheit, wieder einmal einen wirklich dunklen Himmel betrachten zu können.



3.3 Beeinträchtigung von Wohlbefinden und Gesundheit

Licht kann zum Störfaktor werden, wenn wir es nicht erwarten oder nicht wünschen. In der Regel nehmen wir von unten bis auf Kopfhöhe einfallendes Licht als störend wahr. Deutlich merken wir dies, wenn wir von Lichtquellen geblendet werden, die ebenerdig in den Boden eingebaut sind. Visuelle Überbelastung und Unbehagen werden auch von starken Wechseln bei der Beleuchtungsdichte ausgelöst. Wir empfinden daher grelles Licht aus punktuellen Lichtquellen oder bewegte, flimmernde und blinkende Lichter oft als unangenehm oder gar lästig.

Strassenlampen, die Schlaf- und Wohnzimmer beleuchten, können stören, ebenso Licht ausserhalb der Siedlungsgebiete. Unter grellen künstlichen Lichtquellen leiden auch nachts Arbeitende, die dem Licht auf ihrem Heimweg nicht ausweichen können. Dies macht sie wach, obwohl sie müde werden sollten. Der Störwert ist allgemein umso höher, je unpassender uns der Zeitpunkt oder der Ort der Lichtquelle erscheint.

Noch kaum untersucht sind die Auswirkungen der Homogenisierung von Tag und Nacht durch Kunstlicht auf die Gesundheit des Menschen. Wissenschaftler weisen immer wieder darauf hin, dass der heutige Mensch am Tag zu wenig und in der Nacht zu viel Licht hat. Dadurch wird der Rhythmus von Schlaf- und Wachphase gestört. Weil es an vielen Arbeitsplätzen zu dunkel und in der Nacht zu hell ist, tendiert die innere Uhr dazu, die Ruhephasen und damit das Einschlafen auf später zu verschieben. Die Folgen sind ähnlich wie bei einem Jetlag.

Verschiedene wissenschaftliche Untersuchungen – unter anderem an der psychiatrischen Universitätsklinik der Universität Basel (<http://www.chronobiology.ch>) – sind in den vergangenen Jahren den Wirkungen des Lichts auf den Menschen nachgegangen. Dabei gab es

immer mehr Hinweise darauf, dass Licht am falschen Platz und zur falschen Zeit nicht nur zu Schlafstörungen und Herzschlagveränderungen zu führen vermag, sondern auch ein ernsthaftes Gesundheitsrisiko für den Menschen sein könnte.

3.4 Auswirkungen auf Tiere und Pflanzen

Für viele Tierarten ist die Dunkelheit ein lebensbestimmender Faktor. Sie haben sich im Laufe der Evolution an den Tag-Nacht-Wechsel angepasst. So gibt es tagaktive und nachtaktive Tiere, die ihr Verhalten der jeweiligen Umgebungsbeleuchtung angepasst haben. Licht kann grundsätzlich als natürlicher Zeitgeber für eine Vielzahl von Lebensabläufen betrachtet werden. Nicht nur sein Vorhandensein oder Fehlen, sondern vielmehr der Zeitpunkt des Lichteinflusses ist dabei massgebend. Jede Veränderung der natürlichen Lichtverhältnisse durch künstliches Licht kann daher ökologische Auswirkungen haben und damit unter Umständen die Artenvielfalt reduzieren.



Schichtarbeit ist ein ständiger Kampf gegen die innere Uhr.

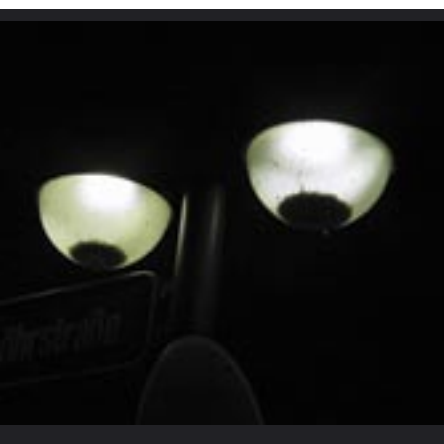


Kunstlicht wird zunehmend zum Störfaktor bei nächtlichen Spaziergängen.

Undichte Leuchtgehäuse als
Massengräber für Insekten.

Bild oben: fortschrittliche Halbkugel-
leuchten, jedoch ebenfalls mit
undichten Stellen.

Bild in der Mitte: ein Kastengehäuse
mit klaffendem Deckel.



Bodenleuchte und Insekten:
nächtliche Beute eines in den Boden
eingelassenen Strahlers.

Ökologisch relevant sind dabei insbesondere die Lichtstärke, die spektrale Zusammensetzung, der Zeitpunkt und die Dauer, die Periodizität der Beleuchtung sowie ihre Richtung.

Noch sind längst nicht alle ökologischen Konsequenzen des künstlichen Lichts bekannt. Es muss deshalb damit gerechnet werden, dass mit zunehmender Forschungstätigkeit weitere Auswirkungen aufgedeckt werden. Da viele Tierarten wesentlich sensibler auf künstliches Licht reagieren als der Mensch, werden die ökologischen Probleme vermutlich unterschätzt.

Insekten

Nachtaktive Insekten (vor allem Nachtfalter, Netzflügler, Köcherfliegen und Käfer) werden durch künstliches Licht – insbesondere Licht mit einer Wellenlänge von 280 bis 750 Nanometern – von ihrem natürlichen Lebensraum weggelockt. Allein an einer einzigen grossen beleuchteten Fabrikwand zählten Forscher in einer Nacht 100 000 Insekten, die von ihrem normalen Lebensablauf abgehalten werden. Anstatt Nahrung zu suchen, sich zu paaren oder Eier zu legen, verfliegen sie ihre Energievorräte an den Lampen. Es besteht die Gefahr, dass sie an der Lichtquelle gefangen bleiben, an Übermüdung sterben, in oder an der oft heissen Lichtquelle verbrennen oder leichte Beute ihrer Feinde (vor allem Fledermäuse, Spinnen und räuberische Insekten) werden. Wissenschaftler schätzen, dass in den Sommermonaten an jeder Strassenlampe durchschnittlich 150 Insekten pro Nacht getötet werden. Das heisst, dass in Deutschland an den 6,8 Millionen Strassenleuchten jede Nacht durchschnittlich über eine Milliarde Insekten zu Tode kommen. Hochgerechnet auf alle Lichtquellen in Deutschland dürften jedes Jahr mehrere Billionen nachtaktive Lebewesen im gleissenden Schein verenden.

Unter den Opfern befinden sich auch bedrohte Arten. Bei einer Untersuchung über die Anziehungskraft von Insekten durch Kunstlicht in der

Stadt Kiel zählten Wissenschaftler 31 Käferarten, die auf der Roten Liste von Schleswig-Holstein stehen. Lichtquellen könnten damit zu einer kontinuierlichen Schwächung der Insektenfauna führen. Vor allem für kleine und bedrohte Insektenpopulationen dürfte das Kunstlicht fatale Folgen haben. Dass sich dennoch kaum jemand für das Schicksal dieser Lebewesen interessiert, liegt wohl vor allem daran, dass Insekten wenig Sympathie in der Bevölkerung geniessen. Zu Unrecht, denn Insekten (z.B. Nachtfalter) sind nicht nur wichtige Blütenbestäuber, sondern auch Nahrung für unzählige andere Tiere.

Besonders verheerend für die Insektenfauna wirken sich Strassenbeleuchtungen in der Nähe von Gewässern aus. Wissenschaftler haben nachgewiesen, dass in den Sommermonaten das Licht einer Strassenleuchte gleich viele Insekten anlockt, wie auf 22 Meter Uferlänge eines Gewässers durchschnittlich in 24 Stunden schlüpfen. In warmen Sommermonaten wurde dieses Ergebnis um ein Vielfaches übertroffen.

Eine einzige Strassenlampe kann Insekten aus einem Umkreis von bis zu 700 Metern anziehen. Das ergibt einen enormen «Staubsaugereffekt». Wenn man bedenkt, dass die Leuchten in einem Abstand von 30 bis 50 Metern stehen, stellen beleuchtete Strassen für Insekten eine Barriere dar, die sich kaum überwinden lässt. Die Auswirkungen dieser Landschaftszerschneidung für die Insektenfauna sind bisher aber noch nicht untersucht worden.

Reptilien und Amphibien

Besonders bekannt sind die Auswirkungen von künstlichem Licht auf Meeresschildkröten. Die nachts am Strand schlüpfenden Tiere orientieren sich durch visuelle Reize in Richtung Meer. Vor allem die Helligkeit des Meeres – verursacht durch das reflektierende Mond- und Sternenlicht – zieht die Jungtiere in das für sie lebenswichtige Wasser. Weil die Tiere instinktiv in die hellste Richtung laufen, kann

künstliches Licht auf der Landseite des Strandes zu einer tödlichen Falle werden. An manchen Stränden in Florida werden 95 Prozent der Jungtiere fehlgeleitet.

Die praktisch ausschliesslich nachtaktiven Amphibien reagieren sehr unterschiedlich auf nächtliches Kunstlicht. Untersuchungen aus Amerika und Mitteleuropa haben gezeigt, dass einige Arten von Lichtquellen angezogen werden. Dazu gehört beispielsweise die Erdkröte. Zwar finden die Tiere in der Nähe von Kunstlicht mehr Nahrung, die Amphibien werden aber auch ihrerseits zu einer leichten Beute ihrer Feinde. Es gibt Beobachtungen, dass kleinere Amphibienarten, die Lichtquellen zur Nahrungsaufnahme aufgesucht haben, von grösseren Amphibienarten gefressen wurden. Auch hell erleuchtete Strassen locken Frösche und Kröten an. Zudem wurde beobachtet, dass die Tiere diese lebensgefährliche Zone nur langsam überqueren, was zusätzlich zu hohen Verlusten führen kann. Wissenschaftler haben ausserdem festgestellt, dass Frösche in Teichen, an denen keine natürlichen Lichtverhältnisse herrschen, erst spät am Abend aktiv werden und nur beschränkt rufen. Dies könnte negative Auswirkungen auf die Nahrungsaufnahme und das Fortpflanzungsverhalten haben.

Vögel

Auch auf Zugvögel wirkt sich Kunstlicht störend aus. Die Milliarden von Vögeln, die alljährlich nachts von Europa nach Afrika und wieder zurück ziehen, orientieren sich unter anderem anhand der Sterne. Dieses genetisch programmierte Zugverhalten hat sich im Laufe von Millionen von Jahren herausgebildet. Doch die Entwicklung der Glühbirne liegt gerade einmal 150 Jahre zurück. Die Vögel sind heute mit völlig neuen Lichtverhältnissen konfrontiert. Vor allem bei schlechter Sicht werden sie von punktuellen Lichtquellen und von den Lichtglocken über grossen Städten angezogen und von ihrem Weg abgelenkt. Dies führt zu

einer unnötigen und gefährlichen Verlängerung der Zugzeit.

Weil Vögel von hohen beleuchteten Gebäuden angezogen werden, besteht eine erhöhte Kollisionsgefahr. Wissenschaftler gehen davon aus, dass allein in Nordamerika jährlich zwischen hundert Millionen und einer Milliarde



Zugvögel an nachts beleuchteten Bürogebäuden sterben. Betroffen sind über 450 Vogelarten. Bei zahlreichen Arten können diese zusätzlichen Ausfälle zu relevanten Auswirkungen bis auf Populationsebene führen. Während der Zugsaison sollten in hohen Bürogebäuden deshalb in der Nacht alle Raumbeleuchtungen abgeschaltet werden. Zu diesem Schluss kamen Fachleute, die zwei Jahre lang tote Vögel vor einem Hochhaus mit gläserner Fassade in Chicago gezählt haben. Nach dem Abschalten der Nachtbeleuchtung wurden 88 Prozent weniger tote Vögel vor dem Gebäude registriert.

In der Schweiz befasste sich die Schweizerische Vogelwarte Sempach bereits in den 1970er-Jahren mit dem Problem des Reklamescheinwerfers der Jungfraubahn auf eine Eiswand. Dieser Scheinwerfer verursachte in Nebelnächten während des Herbstzuges den Tod von Tausenden von Zugvögeln. Auf Anraten

In Hochnebelnächten werden Zugvögel von hell erleuchteten Ortschaften und Objekten in ihrem Orientierungssinn gestört. Die Tiere kollidieren mit hohen Gebäuden oder finden nicht mehr aus dem Lichtdom hinaus. Nach stundenlangem Irrflug fallen viele Vögel vor Erschöpfung tot zu Boden. Ein häufiges Opfer ist die Singdrossel.

der Vogelwarte wurde der Scheinwerfer in Nächten abgeschaltet, in denen sich Wolken auf oder unter der Höhe des Scheinwerfers befanden.

Auch beleuchtete Gebäude in der Landschaft ziehen Zugvögel an. So berichten Ornithologen aus Deutschland von einer Notlandung von 2000 Kranichen, die von den Flutlichtstrahlen einer Burgruine angezogen wurden. Mehrere verwirrte Tiere flogen gegen die Mauern und starben.

Besonders negativ auf Zugvögel wirken sich plötzlich auftauchende starke Lichtreize wie Skybeamer aus. Untersuchungen an der Schweizerischen Vogelwarte haben gezeigt, dass diese bei den Vögeln zu einer erheblichen Schreckreaktion führen können und diese um bis zu 45 Grad von ihrer ursprünglichen Zugrichtung abweichen. Gleichzeitig reduzieren sie ihre Geschwindigkeit. Wenn die Zugvögel aber ständig Umwege fliegen müssen, gehen wertvolle Energiereserven verloren, auf die die Tiere für ihre Reise über das Mittelmeer und die Sahara dringend angewiesen sind.

Werden im Siedlungsgebiet wichtige Lebensräume von Vögeln beleuchtet (z.B. als Rückzugsgebiet dienende Parkanlagen), ergibt sich eine Verlängerung der Aktivitätszeit in die Nacht hinein. Eine erfolgreiche Nahrungsbeschaffung ist aber durch die unnatürliche Beleuchtung mit hartem Schattenwurf schwieriger. Ausserdem können viele Nahrungsquellen nachts gar nicht erschlossen werden, da

Auch Fledermäuse leiden unter Lichtemissionen



beispielsweise die Beutetiere nicht zur Verfügung stehen.

Säugetiere

Für Fledermäuse sind die Insekten, die von Strassenlaternen angezogen werden, eine leichte Beute. Mittelfristig könnte aber die Verarmung der Insektenfauna auch zur Verkleinerung des Nahrungsangebots für Insekten fressende Arten führen. Künstliches Licht kann ausserdem weitere schwer wiegende negative Auswirkungen für diese Tiergruppe haben. Von vielen Fledermausarten ist beispielsweise bekannt, dass ihre Aktivität durch die einbrechende Dunkelheit ausgelöst wird. Beobachtungen weisen darauf hin, dass die Tiere später aus ihren Quartieren fliegen, wenn die Ausflugsöffnungen beleuchtet sind. Dadurch werden sie abends später aktiv und haben weniger Zeit für die Nahrungssuche. Häufig werden angestammte und plötzlich neu beleuchtete Lebensräume verlassen.

Nachtaktive Gross-Säuger meiden in der Regel künstlich beleuchtete Räume. Eine Untersuchung im Kanton Waadt hat ergeben, dass beleuchtete Waldränder von Füchsen, Rehen und Dachsen zehnmal seltener aufgesucht werden als solche, die unbeleuchtet sind. Diese Erkenntnis lässt den Schluss zu, dass beleuchtete Räume den Aktionsradius von einzelnen Tierarten einschränken, was Auswirkungen auf das Nahrungsangebot der Tiere hat. Beleuchtete Strassen können auch eine Lebensraumzerschneidung zur Folge haben. Untersuchungen in Nordamerika haben gezeigt, dass Pumas künstlich erhellte Gebiete meiden und dadurch wichtige Wildtierkorridore nicht finden.

Aquatische Flora und Fauna

Wissenschaftler haben festgestellt, dass siedlungsnahe Seen 5- bis 30-mal mehr Licht erhalten als Seen, die in ländlichen Gebieten liegen. Für die Schichtung und Zonierung von Algenarten und des dazugehörigen Nahrungsnetzes in den Gewässern ist aber die Veränderung der Intensität und Zusammensetzung

des Lichts mit zunehmender Wassertiefe entscheidend. Es ist deshalb denkbar, dass diese Lebensgemeinschaften vor allem in Gewässern, an denen unabgeschirmte Promenadenbeleuchtungen die ganze Nacht eingeschaltet bleiben, gestört werden.

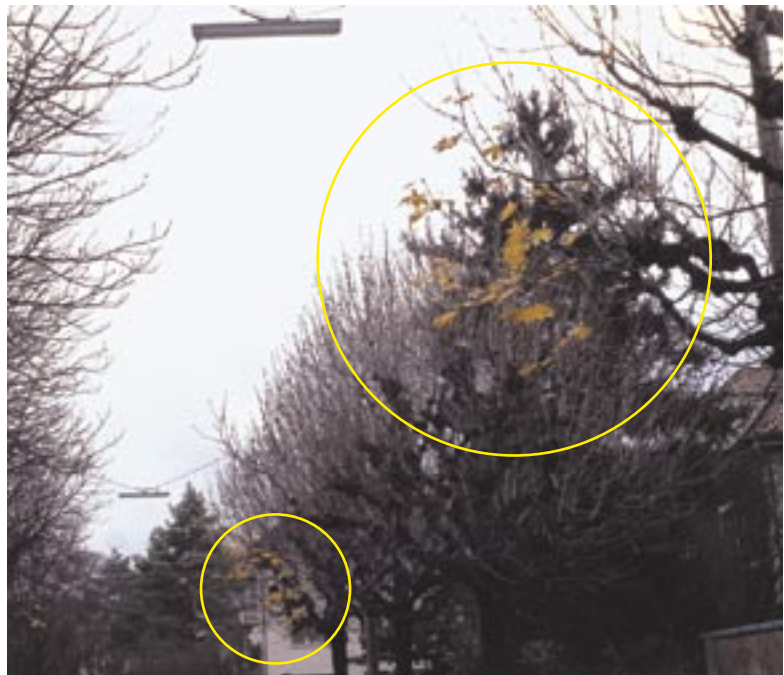
Pflanzen

Die Beleuchtungsdauer ist von entscheidender Bedeutung für die Entwicklungsvorgänge in einer Pflanze. So zeigen viele Pflanzenarten der gemäßigten Klimazone eine physiologische Reaktion auf die relative Länge der täglichen Licht- und Dunkelperioden. Die Bedeutung des Lichts für eine Pflanze ist darauf zurückzuführen, dass die Tageslänge das einzige von Wetterschwankungen unabhängige Mass der Jahreszeiten ist. Viele Pflanzen sind in der Lage, die Tageslänge exakt – vielfach auf Minuten genau – zu messen und ihren Entwicklungsablauf mit Hilfe dieser physiologischen Uhr zeitlich zu steuern. Entscheidend ist dabei lediglich die Dauer der Belichtung und nicht die Lichtintensität. Die relative Tages- und Nachtlänge beeinflusst bei vielen Arten den Beginn und das Ende von Ruheperioden (Laubaustrieb), die Wachstumsrate, die Gestalt der Pflanze, die Blattgestalt, die Bildung von Speicherorganen, den Blattfall im Herbst, die Pigmentbildung und die Frostresistenz.

Dieser so genannte Photoperiodismus lässt sich durch eine künstliche Beleuchtung steuern. Dies blieb auch dem Gartenbau nicht verborgen. Gut dosiertes Kunstlicht in Gewächshäusern steigert die Quantität und Qualität, weil es beispielsweise den Blürrhythmus der Pflanzen beeinflusst. Vor allem aber macht es die Produzentinnen und Produzenten unabhängig von Wetter- und Umwelteinflüssen. Für Wild- und Gartenpflanzen könnte Kunstlicht dagegen negative Auswirkungen haben, weil es die physiologische Uhr manipuliert. Allerdings existieren praktisch keine wissenschaftlichen Untersuchungen über den tatsächlichen Einfluss von Kunstlicht auf Pflan-

zen in der Natur. Es gibt aber Berichte über beleuchtete Pflanzen, bei denen Lichtemissionen den Blatt- oder Blühtrieb zu früh auslösen, wodurch diese Pflanzen vermehrt frostgefährdet sind. Unnatürlich kurze Nächte im Herbst scheinen zudem den Blattabwurf und den Beginn der Winterruhe zu verzögern. Es mag auch vorkommen, dass im Spätherbst ein Ast unter einer Laterne noch Blätter hat, während der unbeleuchtete Rest des Baumes kahl ist. Dies könnte zur Schwächung von Bäumen in Siedlungsnähe führen.

Nur die Blätter unter der Strassenlaterne haben noch nicht gemerkt, dass es Herbst ist.



Fazit

Die (übermässige) künstliche Beleuchtung – erst recht in biologisch betrachtet falschen Zeiträumen – hat negative Auswirkungen auf den Naturhaushalt und die Umwelt. Ein besonderes Augenmerk muss auf sensible Lebensräume wie Trockenwiesen, Feuchtgebiete, Waldränder, Gewässer und allgemein auf Natur- und Landschaftsschutzgebiete gerichtet werden. Hier ist die Artenvielfalt und damit das Gefahrenpotenzial durch das Kunstlicht besonders hoch. Deshalb soll prinzipiell folgender Leitsatz gelten: Kommen im Einflussbereich einer Beleuchtungsanlage Tierarten vor, die auf künstliches Licht sensibel reagieren, sollte dies bei der Gestaltung der Anlage berücksichtigt werden.

4 Gesetzliche Grundlagen



4.1 Gesetzliche Grundlagen auf Bundesebene

In der Schweiz gibt es auf Bundesebene mehrere gesetzliche Grundlagen, welche aufzeigen, dass Beeinträchtigungen durch Licht nach Möglichkeit vermieden werden sollen:

- ▶ Bundesgesetz vom 1. Juli 1966 über den Natur- und Heimatschutz (NHG; SR 451) mit den Artikeln 1 bis 3, 18 sowie 20 Absatz 1.
- ▶ Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG; SR 814.01) mit den Artikeln 1, 7 Absätze 1 und 4, 11, 12 und 14.
- ▶ Bundesgesetz über die Jagd und den Schutz wildlebender Säugetiere und Vögel (JSG; SR 922.0) mit den Artikeln 1 Absatz 1 und 7 Absatz 4.
- ▶ Bundesgesetz über die Raumplanung (RPG; SR 700) mit den Artikeln 1 und 3.
- ▶ Signalisationsverordnung (SR 741.21) mit den Artikeln 96 Absätze 1 und 5 und 98 Absatz 2.

Nach diesen gesetzlichen Grundlagen sind Lichtimmissionen wie folgt zu beurteilen und zu beschränken:

▶ Emissionsbegrenzungen

Nach dem Zweckartikel des Umweltschutzgesetzes (Art. 1 USG) sollen Menschen, Tiere,

Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume ganz generell gegen schädliche oder lästige Einwirkungen geschützt werden. Präziser äussert sich bezüglich des Themenbereichs Immissionen (worunter auch künstlich erzeugtes Licht fällt) der Artikel 11 Absatz 2 USG, der postuliert, dass Emissionen unabhängig von der bestehenden Umweltbelastung im Rahmen der Vorsorge so weit zu begrenzen sind, als dies technisch und betrieblich möglich sowie wirtschaftlich tragbar ist. Die Emissionsbegrenzungen werden dann verschärft, wenn feststeht oder zu erwarten ist, dass die Einwirkungen unter Berücksichtigung der bestehenden Umweltbelastung schädlich oder lästig werden (Art. 11 Abs. 3 USG).

▶ Landschafts- und Heimatschutz

Aus der Sicht des Gesetzgebers beeinträchtigen übermässige Lichtemissionen die nächtliche Landschaft und damit im weitesten Sinne das heimatliche Erscheinungsbild. Diesbezügliche Eingriffe sind darum im Rahmen von Artikel 3 und 6 NHG zu beurteilen. Der Bund, seine Anstalten und Betriebe sowie die Kantone haben entsprechend bei der Erfüllung von Bundesaufgaben (Art. 2 NHG) dafür zu sorgen, dass das heimatliche Landschafts- und Ortsbild, geschichtliche Stätten sowie Natur- und Kulturdenkmäler geschont werden und, wo das allgemeine Interesse an ihnen über-

wiegt, ungeschmälert erhalten bleiben (Art. 3 NHG). Dieser Schutz gilt in besonders strenger Weise für Objekte von Bundesinventaren nach Artikel 5 NHG.

► **Erhaltung der Artenvielfalt (Biodiversität)**

Dem Aussterben einheimischer Tier- und Pflanzenarten ist neben der Erhaltung genügend grosser Lebensräume auch mit anderen geeigneten Massnahmen entgegenzuwirken (Art. 18 Abs. 1 NHG). Als solche «andere Massnahmen» sind alle weiteren Erlasse und Anordnungen des eidgenössischen, kantonalen und kommunalen Rechts zu verstehen, welche der Abwehr des Aussterbens bedrohter Tier- und Pflanzenarten dienen (Fahrländer, *Kommentar NHG*, Zürich 1997, Art. 18 RZ 11). Das diesbezüglich von den Lichtemissionen ausgehende Potenzial ist hoch.

► **Raumplanung und Durchführung eines Baubewilligungsverfahrens**

Das Raumplanungsgesetz verlangt, dass Bund, Kantone und Gemeinden u. a. dafür zu sorgen haben, dass die natürlichen Lebensgrundlagen wie die Landschaft geschützt werden (Art. 1 Abs. 2 Bst. a RPG). Sie beachten dabei die Planungsgrundsätze, worunter auch die Schonung der Landschaft fällt. Dabei sollen insbesondere Siedlungen, Bauten und Anlagen sich in die Landschaft einordnen und naturnahe Landschaften und Erholungsräume erhalten bleiben (Art. 3 Abs. 2 Bst. b und d RPG).

Beleuchtungseinrichtungen von Grossbauten und -anlagen sind baubewilligungspflichtig. Die entsprechenden Massnahmen zum Schutz vor Lichtemissionen sind in den jeweiligen Baubewilligungsverfahren zu klären. So hat das Bundesgericht in BGE 123 II 256 das Aufstellen von Beleuchtungskörpern zum nächtlichen Bescheinen des Pilatus als bewilligungspflichtige Anlage eingestuft und ein saisonales Beleuchtungsregime festgesetzt, welches insbesondere auf die natürlichen Lichtverhältnisse

während der Dämmerung Rücksicht nimmt. Entsprechend ist es schon heute im Rahmen von Baubewilligungsverfahren im Sinne von Art. 22 RPG (Baubewilligung innerhalb der Bauzonen) und 24 RPG (Bauen ausserhalb der Bauzonen) möglich, in die Baubewilligungen Auflagen und Bedingungen für bestimmte Beleuchtungsanlagen aufzunehmen oder solche nicht zu bewilligen.

4.2 Beispiele zu rechtlichen Bestimmungen in Kantonen und Gemeinden

Himmelsstrahler unerwünscht: gesetzliche Bestimmungen gegen Lichtemissionen in der Schweiz

Eine besonders einschneidende Form der Lichtemission geht von Lightshows und Skybeamern aus. Vor allem Diskotheken und Festveranstalter missbrauchen hierbei den Nachthimmel als freie Werbefläche, wobei die Aussagekraft dieser Art von Werbung meistens gering ist. Ein Skybeamer mit einer Reichweite von 40 Kilometern beansprucht über 10 Prozent des Nachthimmels der Schweiz als kostenlose Werbefläche. Beamer erhellen aber nicht nur massiv den Nachthimmel, sondern können die Flugsicherheit gefährden, Verkehrsteilnehmende ablenken, zu Schreckreaktionen bei Zugvögeln führen, das Ortsbild stören, die Bevölkerung verunsichern und die astronomische Fotografie verunmöglichen.

Immer wieder erhellen neue Skybeamer den nächtlichen Himmel und geben vermehrt Anlass zu Beanstandungen. Allein im Jahr 2003 musste die Polizei des Kantons Luzern mindestens zehnmal einschreiten. Vor allem Anwohnende, aber auch Naturschutzorganisationen intervenieren regelmässig bei der Polizei wegen Himmelsstrahlern, die von Disko- und Festveranstaltern eingesetzt werden und viele Kilometer weit zu sehen sind.

Festorganisatoren werden deshalb im Kanton Luzern neuerdings bereits im Bewilligungsverfahren darauf aufmerksam gemacht, dass der Einsatz von Skybeamern verboten ist. Folgender Hinweis findet sich auf dem entsprechenden Formular der Abteilung Gastgewerbe und Gewerbe Polizei: «Skybeamer (...) stellen für die öffentliche Sicherheit eine Gefährdung und eine Beeinträchtigung des Strassen- und Flugverkehrs dar. Jeglicher Einsatz solcher Geräte ist verboten und wird an das zuständige Amtsstathalteramt angezeigt. Es handelt sich dabei um eine Widerhandlung gegen die Strassenverkehrsvorschrift. Gemäss (...) der Signalisationsverordnung wird mit Haft oder Busse bestraft, wer die Verkehrssicherheit mit projizierten Reklamen beeinträchtigt.»

Auch Städte und Gemeinden machen zunehmend gegen die himmelwärts gerichteten Scheinwerfer mobil. Als erste Stadt der Schweiz hat Burgdorf BE

den Einsatz von Skybeamern explizit verboten. Am 7. Juni 2004 verabschiedete der Gemeinderat als Auflage für die Durchführung von Veranstaltungen im öffentlichen Raum folgenden Passus: *«Der Einsatz eines so genannten Skybeamers, Laser-Scheinwerfers, Reklamescheinwerfers oder einer ähnlichen künstlichen, himmelwärts gerichteten Lichtquelle ist verboten.»*

Auch die Gemeinde Ormalingen BL hat die Verwendung von Himmelsstrahlern in einem Artikel im lokalen Polizeireglement für strafbar erklärt. Gestützt auf § 46 Absatz 1 und § 47 Absatz 1 Ziffer 2 des Gemeindegesetzes vom 28. Mai 1970 beschloss die Gemeindeversammlung folgendes Reglement: *«Die Verwendung von Sirenen, Signalgeräten, Skybeamern sowie ähnlichen Vorrichtungen ist verboten. Ausgenommen sind fachmännisch installierte Alarmanlagen (Einbruch, Feuer, Diebstahl).»*

4.3 Beispiele zu gesetzlichen Grundlagen im Ausland



Beispiele aus anderen Ländern: Richtlinien und Gesetze gegen Lichtemissionen in Deutschland, Italien und Tschechien

1994 veröffentlichte der deutsche Länderausschuss für Immissionsschutz die Publikation *«Messung und Beurteilung von Lichtemissionen»*. Diese Licht-Richtlinie gibt Hinweise zur Beurteilung der Wirkung von Lichtemissionen durch künstliche Lichtquellen im Wohnbereich, welche eine unerwünschte Aufhellung oder störende Blendung zur Folge haben. Die Vorgaben gelten generell für künstliche Lichtquellen, soweit es sich dabei um Anlagen im Sinne des deutschen Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) handelt. Ausgenommen sind Anlagen zur Beleuchtung des öffentlichen Strassenraums, Beleuchtungsanlagen von Kraftfahrzeugen und Signalleuchten, die dem Verkehr zuzuordnen sind.

Am 29. September 2003 wurde in der italienischen Region Emilia-Romagna ein Gesetz gegen unerwünschte Lichtemissionen und zur Einsparung von elektrischer Energie verabschiedet (Legge regionale n. 19, <http://crerbd.regione.emilia-romagna.it>). Die Emilia-Romagna schliesst sich damit den Regionen Lombardei und Marche an. Das Gesetz schreibt unter anderem vor, dass Strassenlampen massiv abgeblendet werden müssen. So müssen die Lampen dahingehend ausgerüstet sein, dass die Lichtstärke um mindestens 30 Prozent gesenkt werden kann, sofern dies die Sicherheitsbestimmungen erlauben. Selbst die Beleuchtung von Sportanlagen ist im Sinne einer Vermeidung unnötiger Lichtemissionen geregelt: Bei diesen Anlagen soll kein Licht gegen den Himmelskörper abstrahlen können. Bestehende Beleuchtungen in exponierten Gebieten oder in Bereichen, welche die Umwelt stark beeinflussen, müssen auf die Anforderungen der neuen Vorschriften nachgerüstet werden. Ein Grossteil der italienischen Bevölkerung lebt also heute in Gebieten, wo gesetzliche Vorgaben die Eindämmung unnötiger Lichtemissionen fordern.

Als erstes Land der Welt hat Tschechien ein nationales Gesetz gegen Lichtemissionen erlassen (<http://www.sbirka.cz>). Das neue Gesetz definiert unnötige Lichtemissionen als *«jede Form von künstlicher Beleuchtung, die ausserhalb des zu beleuchtenden Bereichs fällt, insbesondere falls sie über die horizontale Ebene hinausreicht»*. Zuwiderhandlungen können mit bis zu 150 000 Tschechischen Kronen (rund 5000 Euro) bestraft werden.

5 Empfehlungen zur Vermeidung von Lichtemissionen



Allem voran soll der Grundsatz gelten, dass Emissionen – soweit dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist – vorsorglich an der Quelle begrenzt werden. Bei der Wahl der Beleuchtung sollte auch bei nicht bewilligungspflichtigen Bauten und Anlagen eine Abwägung aller Interessen vorgenommen werden. Das heisst, dass ausser den Sicherheitsaspekten und der Zweckmässigkeit der Beleuchtung auch die Lichtempfindlichkeit der Umgebung sowie Natur- und Landschaftschutzaspekte und die Energiebilanz berücksichtigt werden sollen.

In der Folge werden die Detailempfehlungen thematisch nach rechtlichen und technischen Lösungsansätzen getrennt dargestellt.



Skybeamer sind eine besonders aggressive Form der Lichtimmission. Alles Licht verpufft im Himmel.

5.1 Rechtliche Lösungsansätze

Das BUWAL lädt die Kantone ein,

ihre Bau- und Umwelterlasse und die darauf gestützten Entscheide im Hinblick auf den Schutz von Natur, Landschaft und Umwelt gegen Lichtimmissionen zu überprüfen und dahingehend zu konkretisieren, dass

- ▶ für alle Beleuchtungseinrichtungen von Grossbauten und -anlagen, einschliesslich historischer Gebäude und Anlagen, ein Baubewilligungsverfahren durchzuführen ist;
- ▶ der Betrieb von himmelwärts gerichteten Anlagen, welche keine Sicherheits- oder Beleuchtungsfunktionen von Bauten erfüllen (Skybeamer, Laserscheinwerfer, Reklamescheinwerfer oder ähnliche künstliche Lichtquellen), zum Schutz von Arten, Biotopen oder der Landschaft verboten oder, sofern das nicht möglich ist, so weit eingeschränkt wird, als es für deren Inhaber technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist;
- ▶ bestehende Beleuchtungseinrichtungen von Grossbauten und -anlagen, einschliesslich historischer Gebäude und Anlagen, im Hinblick auf die Vermeidung von Lichtimmissionen überprüft und so weit wie möglich saniert werden.

Die Schweizerische Licht Gesellschaft (SLG) und der Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein (SIA) – haben die Absicht geäussert, in nächster Zeit aktiv zu werden und technische Normen zu erarbeiten. Das BUWAL ist der Ansicht, dass die in der Folge aufgeführten technischen Lösungsansätze bei der Erarbeitung dieser Normen zur Minimierung von negativen Lichtemissionen wichtige Inputs liefern können.

5.2 Technische Lösungsansätze

5.2.1 Hauptziele und Zielgruppen

Nahezu alle Beleuchtungsanlagen in Aussenräumen bergen ein grosses Potenzial zur Verminderung des «Lichtabfalls», der ohnehin keinen Nutzen für den Menschen hat. Dies zeigen die folgenden Punkte:

- Die Quellen unnötiger Lichtemissionen sind einfach zu eruieren.
- Das Problem Lichtabfall ist im wahrsten Sinne des Wortes «sichtbar» und wird vor allem auch von Nichtfachleuten gut verstanden und angenommen.
- Dadurch entsteht eine Situation, in der das «Bottom-up»-Prinzip zu Lösungsfindungen wirksam beitragen kann, was in einer föderalistischen Demokratie wie der Schweiz von Bedeutung ist. Praktisch jede Bürgerin und jeder Bürger, jede Gemeinde und jeder Kanton kann an einer Lösung mitwirken.
- Aus rein technischer Sicht steht der Lösung des Problems nichts im Weg. Die Massnahmen würden kaum eine Einschränkung, sondern vielmehr eine Rückgewinnung von Werten und Qualitäten zur Folge haben.
- Das Thema beschäftigt viele Leute auch emotional.
- Die Wahrnehmung und das Verständnis, dass nachhaltige Entwicklung nicht zwangsweise qualitative Einbussen nach sich zieht, können an den Lichtemissionen exemplarisch gezeigt und gefördert werden. Diesbezüglich übertragbares Wissen auf andere Umweltbereiche ist zu erwarten.
- Innovations- und Sanierungsbedarf haben Marktpotenzial, das der Leuchtenindustrie zugute kommt.

Bei der Eindämmung unnötiger Lichtemissionen bestehen Handlungsoptionen auf den drei Ebenen Entscheidung, Planung und Ausführung. Unabhängig davon, auf welcher

Ebene die Eindämmung initiiert wird, steht am Anfang eine Beleuchtungsabsicht, die über die Planung und die Wahl der Leuchte schliesslich zu deren Installation führt. In der Regel ist die frühzeitige Beachtung in der Planungsphase (mit Unterstützung nachhaltiger Lichtnutzungsargumente) die wirkungsvollste. Wenn einmal ungünstige Leuchten installiert sind, ist nur noch mit grossem Arbeitsaufwand und hohen Kosten eine Korrektur möglich. Angesprochen sind sämtliche Akteure auf allen Ebenen, die in irgendeiner Form Glied einer Erstellungsprozesskette von Aussenleuchten sind:

- Private und öffentliche Eigentümerinnen und Eigentümer von Gebäuden oder Anlagen, Betreiber und Verantwortliche
- Produzenten sowie Händler von Leuchten
- Planende (z.B. Architekten, Elektroplaner, Beleuchtungsplaner)
- Installateure und Kontrolleure
- Nutzniesser sowie die von Auswirkungen betroffenen Menschen (insbesondere Verantwortliche der Bereiche Fauna, Flora und Landschaft).

Aus rein technischer Sicht betrifft dies sämtliche fix installierten Kunstlichtquellen in allen Aussenräumen, die elektromagnetische Strahlung im sichtbaren Bereich (380 – 780 nm), sowie im infraroten und ultravioletten Bereich emittieren. Beispiele sind:

- Leuchten für Nutzräume wie Strassen, Wege, Plätze, Parks oder Freizeitanlagen
- Der Gestaltung dienende Leuchtkörper (z.B. für Kunstobjekte, Fassaden, Denkmäler)
- Reklamen oder «Event»-Beleuchtungen.

5.2.2 Planung

Die rund 2800 Quadratkilometer grosse beleuchtete Siedlungsfläche der Schweiz hat eine Aufhellung der gesamten Landesfläche von rund 41 000 Quadratkilometern zur Folge.



Die Strassenleuchten sollen die Schlafzimmer nicht erhellen.

Hier zeigt sich deutlich, dass die Eingriffsmöglichkeiten zur Eindämmung von Lichtemissionen in der Planung und Ausführung von Siedlungsinfrastrukturen zu suchen sind. Mögliche Handlungsebenen sind:

- **Kantonebene:** Zur Vollzugsunterstützung und Absicherung der Gemeinden in ihrem Handeln (z.B. Baugesetzgebung, Zonen- und Richtpläne); öffentliche Stellungnahme zum Thema mit Merkblättern zur Bewusstseinsbildung; Einbezug von Kriterien nachhaltiger Lichtnutzung bei kantonaler Strassenbeleuchtung sowie bei Beleuchtungen öffentlicher Gebäude und Objekte der Denkmalpflege; Beobachtung der Bauten ausserhalb der Bauzone

- **Architekten und Elektroplaner:** richtige Leuchtenwahl in der Bauplanungsphase; Beratung nach bestem Wissen und Gewissen; Empfehlungen Nachhaltigkeit SIA

- **Energielieferanten** (als Mitbetreiber öffentlicher Beleuchtung)

- **Betriebe und Firmen:** Reduktion der Emissionen bei eigenen Quellen

- **Private:** Handeln bei eigenen Leuchten

- **Leuchtenindustrie und ihre Zubehörlieferanten:** Erweiterung eines technischen Handlungsangebotes für Handlungswillige

- **Medien:** Bewusstseinsbildung und Information.

Bild links: Doppelbeleuchtungen ergeben wenig Sinn.

Bild rechts: Mehrfachbeleuchtungen sind unnötig.



- **Städte und Gemeinden** (als Verantwortliche für die öffentliche Beleuchtung und als Instanz des Baubewilligungsverfahrens für private Baubehörden): Einführung eines Überprüfungsinstruments innerhalb des Baubewilligungsverfahrens; Beachtung in Zonen- und Richtplänen

- **Vereine und Interessensverbände:** Umsetzung in Branchen, Einbezug in Richtlinien und Empfehlungen

Auslösende Momente zur Berücksichtigung nachhaltiger Lichtnutzung können sein:

- **Planungs- und Bauprojekte** mit neuen Beleuchtungsanlagen

- **Sanierungsvorhaben** von bestehenden Anlagen

- **Aussergewöhnlich stark emittierende oder störende** Beleuchtungsanlagen

- **Reklamationen** von Betroffenen

■ Vorstösse von Bürgerinnen und Bürgern (z.B. an Gemeindeversammlungen)

■ Vorstösse von NGOs

■ Initiativen wie Energiestadt oder Agenda 21, ökologische Prävention im Sinne des USG und der Nachhaltigkeit.

5.2.3 Klärung der Notwendigkeit

Bevor technische Überlegungen zum Zuge kommen, sei auf eine ungewohnt einfache, aber effiziente Überlegung im Vorfeld verwiesen. In der Regel geht der Planung einer Aussenleuchte ein Bedürfnis voraus. Handelt es sich dabei beispielsweise um objektive Sicherheitsbedürfnisse, besteht eine Notwendigkeit zur Erstellung. Bei den subjektiven Bedürfnissen darf aber eine grundsätzliche Frage gestellt werden: «Ist die Leuchte wirklich notwendig?». Damit lässt sich vermeiden, dass

beispielsweise aus Gewohnheit oder Nachahmung Leuchten installiert werden, die später unnötige Immissionen erzeugen, ohne einen sinnvollen Beleuchtungszweck zu erfüllen.

Die Installation von Leuchten birgt nicht immer nur Vorteile. Volkswirtschaftliche Unterhalts- und Betriebskosten werden schleichend erhöht. Jede Leuchte kann auch Störungen und Reklamationen nach sich ziehen, was Arbeit und Kosten verursacht. Monotone Aufhellungen von Aussenräumen können zudem städtebaulich gestalterische Spielräume einschränken. So sind beispielsweise Doppelbeleuchtungen jeglicher Art kaum sinnvoll. Ein weiteres Beispiel ist die Anhäufung von Leuchten, die auf Grund der Angewöhnung an das Ortsbild gar nicht mehr wahrgenommen wird. Über Jahrzehnte sammeln sich Leuchten an, die eine genügende Beleuchtungsstärke bei Weitem übertreffen und aus ästhetischer

Ist diese Beleuchtungsintensität nötig?



Sicht die Städtebaukunst nicht immer aufwerten. Wo früher beispielsweise 8 Leuchten waren, sind auf einmal 40 vorhanden. Dabei ist die Beleuchtung weder schöner noch besser geworden. Der Rückbau von überflüssigen Leuchten findet noch zu wenig statt.

Ein anderer problematischer Bereich ist die Anstrahlung von Gebäudefassaden, Kunstobjekten, Bäumen, Gartenobjekten oder sonstigen Gegenständen. Sie ist zwar das Resultat eines Verschönerungswillens, doch ab einem bestimmten Mass führt die Anstrahlung zu einer Übersättigung. Auch hier bleibt nur als Leitlinie, dass alles eine Frage des Masses ist. Massloses Beleuchten führt längerfristig zur monotonen Aufhellung des Aussenraumes; die Wirkung von ästhetischen Gestaltungsmöglichkeiten nimmt dadurch ab.

In ökologisch sensiblen Gebieten und in Siedlungsrandbereichen sollte das Anstrahlen von Gebäuden, Reklametafeln und Werbeobjekten zu Werbezwecken grundsätzlich vermieden oder beschränkt werden. Die Problematik soll schon im Rahmen der Zonen- und Richtpläne berücksichtigt werden. Trockenwiesen, Feuchtgebiete, Waldränder, Gewässer und Natur- und Landschaftsschutzgebiete sind in Bezug auf Lichtemissionen besonders sensible Gebiete. Ökologisch problematisch sind auch die Beleuchtungen von Tankstellen und Raststätten, die ausserhalb von Ortschaften mitten im Wald oder in der offenen Kulturlandschaft stehen und die ganze Nacht hell erleuchtet sind. Hier sollte darauf geachtet werden, dass Licht nicht in die Umgebung abstrahlt.

5.2.4 Technische Massnahmen

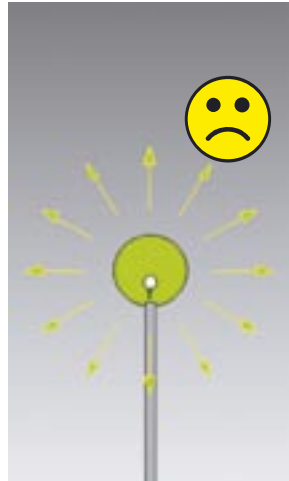
Stellt sich nach einer ersten Überprüfung heraus, dass Leuchten erstellt werden müssen, soll die technisch bestmögliche Variante gewählt werden. Durch die Wahl von Leuchten und Lampen, durch deren Platzierung und Ausrichtung sowie durch ein entsprechendes

Betriebsmanagement lassen sich Emissionen direkt an der Quelle wirkungsvoll vermeiden. Dies ist im Sinne des Umweltschutzgesetzes (Art. 11). Bereits heute gibt es auf dem Markt Möglichkeiten, «lichtverschmutzungsarme» Leuchten zu erwerben. Sie müssen richtig abgeschirmt sein sowie korrekt installiert und betrieben werden. Geeignete Leuchten und Zubehör haben folgende Eigenschaften:

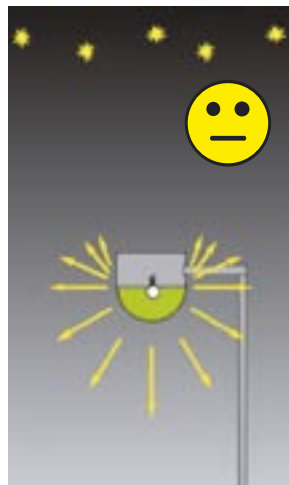
- ▶ Vollständige Abschirmung gegenüber nicht zu beleuchtenden Räumen, vor allem gegenüber dem oberen Halbraum (d.h. dem freien Himmel)
- ▶ Abdichtung gegen das Eindringen von Insekten und Spinnen
- ▶ Anpassbar in Beleuchtungsstärke und Spektrum
- ▶ Mit Zeitmanagement steuerbar.

Abschirmungen verhindern, dass Licht in die falsche Richtung abstrahlt. Sie erhöhen die Effizienz, weil Licht nur dort hinget, wo es gebraucht wird. Eine richtige Abschirmung bewirkt, dass kein Lichtabfall direkt von der Leuchte in den oberen Halbraum (bzw. in Richtung Himmel) emittiert wird. Auf diese Art wird ausserdem eine sinnlose Energieverschwendung vermieden (bei Kugellampen über 50%). Wenn Abschirmungen innen mit Reflektoren versehen sind, lässt sich die Leistung der Lampe bei gleich bleibender Beleuchtungsstärke am Boden reduzieren. Zudem kann eine gute Abschirmung die Blendung, welche die Sehfunktion in der Nacht stört, stark vermindern. Das Prinzip einer guten Abschirmung zeigt die folgende Grafik. Zwischen den nachfolgend aufgezeigten beiden Extremformen gibt es viele Zwischenformen der Abschirmung. Grundsätzlich sollen nur Leuchten gewählt werden, die (zum Mindesten) kein Licht in den oberen Halbraum lassen.

Leuchte ohne Abschirmung, strahlt
undifferenziert in alle Richtungen.



Leuchte mit nur unzureichender
Teilabschirmung, mit Restlicht
himmelwärts.



Leuchten mit guter Abschirmung,
beleuchtet nur Zielobjekte, ohne
Restlicht himmelwärts.



5.2.5 Ausrichtung der Leuchten

Abfalllicht lässt sich besser vermeiden, wenn die Ausrichtung der Leuchte grundsätzlich von **oben** nach **unten** erfolgt. Die folgenden Bilder zeigen besonders ungünstige Ausrichtungen:



Fassadenbeleuchtung eines öffentlichen Gebäudes ...



... und die Auswirkung von Weitem betrachtet.



Reklame eines öffentlichen Unternehmens.

Mehr als die Hälfte dieses Lichts strahlt bei einer solchen Fassadenbeleuchtung ungenutzt in den Himmel.

Bodenleuchten strahlen Bäume von unten an. Der Weg ist kaum beleuchtet. Im Winter (ohne Laub), ist der Lichtabfall nahezu 100 Prozent.

Reklame von unten nach oben angeleuchtet erzeugt viel Lichtabfall.



Die folgenden Beispiele zeigen **gute Leuchtausrichtungen**:



Exakte Ausrichtung von **oben** nach **unten**. Die Fassade und der Boden sind akzentuiert beleuchtet.



Fassadenbeleuchtung als gestalterisches Element in der Fassade, von **oben** nach **unten**, ideal gelöst.



Keine ideale Ausrichtung, aber durch die angebrachte Abschirmung akzeptabel.



Fassadenbeleuchtung als gestalterisches Element in der Fassade, von **oben** nach **unten**, ideal gelöst.



Gute (○) und schlechte (○) Beispiele für Beleuchtung im öffentlichen Raum liegen oft nahe beieinander. Korrekturen sind häufig einfach und kostengünstig zu realisieren.

5.2.6 Platzierung der Leuchten

Für Anlagen, die stark beleuchtet werden müssen, soll ein bezüglich Lichtemissionen unempfindlicher Standort ausgewählt werden. Strassenbeleuchtungskandelaber sollen auf jener Seite angebracht werden, die eine bessere Abschirmung des lichtempfindlicheren der beiden Teilräume beidseits der Strasse erlaubt. Bereits bestehende Gebäude oder Bäume können bei geschickter Planung beispielsweise zur Abschirmung neuer Beleuchtungen gegenüber sensiblen Räumen benutzt werden.

5.2.7 Stärke und Qualität der Lichtquelle

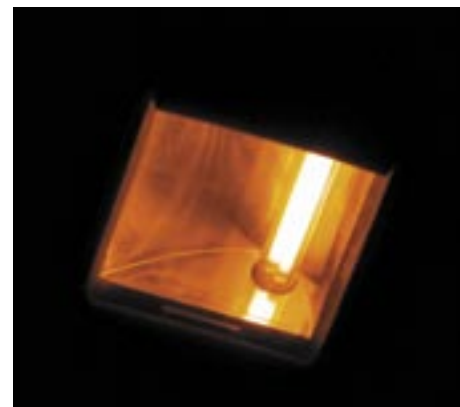
Neben dem direkten Licht von der Quelle ist auch das reflektierte Licht von Boden und Wänden ein Faktor, der die Aufhellung von Aussenräumen beeinflusst. So reflektiert Asphalt je nach Zustand etwa 10 Prozent des auftreffenden Lichts, Schnee sogar rund 93 Prozent. Hier entsteht ein nicht direkt lösbarer Konflikt. Über die Beleuchtungsstärke lässt sich allerdings der reflektierte Anteil reduzieren. Dies geschieht dadurch, dass nur so viel wie notwendig beleuchtet wird. Damit hält sich der Beitrag von unnötigen Lichtemissionen durch reflektiertes Licht in sinnvollen Grenzen.

Auch bei der Beleuchtung historischer Gebäude wie Schlösser, Burgen und Kirchen ist zu beachten, dass mit gedämpftem Licht meist eine bessere Wirkung erzielt werden kann. In Venedig wird beispielsweise die Lichtintensität bewusst gering gehalten, um das romantische Flair der Stadt nicht zu stören. Nach Möglichkeit sollten die beleuchteten Fassaden keine reflektierenden Anstriche oder Oberflächen aufweisen (weisse Farbe, Glas, Metall). Spektrale Optimierungen können negative Auswir-

kungen mindern. Vor allem für Insekten hat weisses Licht – beispielsweise erzeugt durch Quecksilberdampf Lampen mit hohem Blauanteil – eine besonders grosse Anziehungskraft. Natriumdampf-Hochdrucklampen und vor allem Natriumdampf-Niederdrucklampen ziehen dagegen deutlich weniger Insekten an. Mit dieser Beleuchtungstechnik lassen sich ausserdem bis zu 40 Prozent an Energie einsparen. Auch die Lebensdauer dieser Leuchten ist länger. Zumindest in der Nähe von Naturräumen sollte daher kein weisses Licht eingesetzt werden. Der vom Menschen nicht sichtbare UV-Bereich sollte ebenfalls vermieden werden.

5.2.8 Zeitmanagement

Unnötige Immissionen sind auch in der Funktion der Zeit zu sehen. Mit jeder ausgeschalteten Leuchte sinken die Emissionen an der Quelle. Für ein sinnvolles Zeitmanagement stehen zahlreiche technische Hilfsmittel zur Verfügung, beispielsweise tageslichtgesteuerte Schalter zur Begrenzung der künstlichen Beleuchtung, Zeitschalt einrichtungen zur Drosselung der Beleuchtungsstärke in bedarfschwachen und ökologisch sensiblen Zeiten sowie der Einsatz von Bewegungsmeldern. Zu bestimmten Nachtstunden könnte sogar jede zweite Lampe ausgeschaltet werden. Das gibt Tieren, die sich im Lampenlicht «verfangen» haben, die Gelegenheit zur Flucht. Auch die Beleuchtung historischer Gebäude könnte nach 23 Uhr ganz abgeschaltet werden. Wer morgens sehr früh zur Arbeit fahren muss, hat in der Regel wenig Interesse an touristischer Romantik. Aus kulturgeschichtlicher Sicht ist eine Beleuchtung historischer Gebäude nicht notwendig.



Natriumdampf-Niederdrucklampen: ökologisch und ökonomisch die optimale Lösung.

5.2.9 Empfehlungen im Überblick

Ziel: nachhaltige Lichtnutzung

Die Aussenbeleuchtung muss eine qualitative Verbesserung erfahren, die auf die Bedürfnisse von Mensch, Landschaft und Ökologie gleichwertig eingeht. Planung, Herstellung und Anspruchshaltung in Bezug auf Aussenleuchten sind in die Richtung einer nachhaltigen Lichtnutzung zu lenken.

Grundsatz: Begrenzung an der Quelle

Generell sollte jede fix installierte Aussenleuchte auf ihren Beleuchtungszweck und auf die möglichen unerwünschten Auswirkungen hin geprüft werden. Diese Evaluation wird somit Bestandteil der Planung und ist fachlich abzusichern.

Empfehlung Notwendigkeit

Aussenleuchten, die keinem objektiven Sicherheitszweck dienen, sollten auf ihre Notwendigkeit hin überprüft werden. Bei der Bewertung wollen die Bedürfnisse aller berücksichtigt werden – auch diejenigen der Natur und der Landschaft sowie jener Leute, die eine Störung erfahren. Konkret bedeutet dies:

- Vermeiden bzw. Rückbau von überflüssigen Leuchten
- Verbot und/oder Einschränkungen von exzessiven Beleuchtungsanlagen wie Skybeamer und Objektstrahlungen
- Vermeiden von Beleuchtungsanlagen direkt in den Naturräumen.

Empfehlung Abschirmung

Leuchtkörper sollten eine Abschirmung haben, die Licht nur dorthin strahlen lässt, wo es einem klar definierten Beleuchtungszweck dient. Die Abschirmung muss zumindest sämtliches Licht gegenüber dem oberen Halbraum abschirmen. Weitere Abschirmungen sind auch im unteren Halbraum anzustreben. Dies betrifft alle

Richtungen, in welche Störungen zu erwarten sind, die durch die Wahl einer geeigneten Leuchte vermeidbar wären. Beispiele sind:

- Störungen in Ruheräumen (Schlafzimmer)
- Störungen von Naturräumen, z.B. durch Wegbeleuchtungen in und nahe bei Wäldern oder entlang von aquatischen Systemen (Flüsse, Seen)
- Blendungen, die lästig sind oder sogar die Sicherheit beeinträchtigen
- Anstrahlungen von Objekten, bei denen Lichtabfall neben den zu beleuchtenden Objekten vorbeigestrahlt wird (Fassaden, Burgen, Reklamen).

Empfehlung Ausrichtung

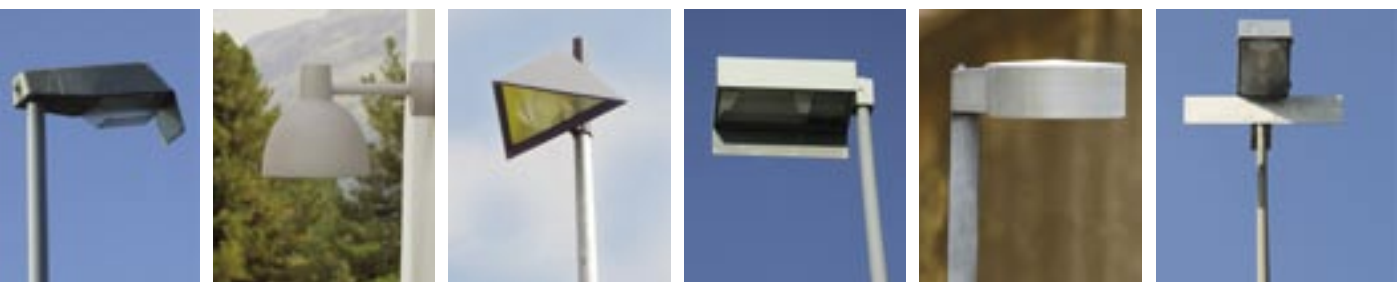
Vorzusehen ist grundsätzlich die Ausrichtung von **oben** nach **unten**. Absolut vermieden werden müssen Beleuchtungen von **unten** nach **oben** (z.B. Bodenleuchten oder Objektausstrahlungen jeglicher Art).

Empfehlung Stärke und Qualität

Beleuchtungsstärke nur so stark wählen wie nötig. Überdimensionierte Leuchten sind durch Reduktion der Leuchtmittelleistung zu drosseln. In der Nähe von Naturräumen soll weisses Licht (Blauanteil) und Strahlung aus dem UV-Bereich vermieden werden.

Empfehlung Zeitmanagement

Es sollte eine Synchronisation mit dem Nachtruhefenster (z.B. wie beim Lärmschutz) von 22 Uhr bis 6 Uhr angestrebt werden. Reklamen und nicht mehr notwendige Leuchten sollen ganz abgestellt oder ihre Beleuchtungsstärke soll so weit wie möglich reduziert werden. Die Betriebsdauer in der Nacht ist mit Zeitschaltuhren und Bewegungsmeldern sinnvoll auf die Bedürfnisse abzustimmen.



5.2.10 Drei Beispiele aus der Praxis

Weniger Lichtemissionen = weniger Energiekosten

Ein zurückhaltender Umgang mit nächtlichen Lichtquellen bringt finanzielle Vorteile. Dies hat auch die SBB erfahren. Das vorgesehene «Facelifting» für alle SBB-Regionalbahnhöfe mit einer nachts leuchtenden Stele hatte eine Intervention von Vogelschutzkreisen, der Vereinigung Dark-Sky Switzerland und dem BUWAL ausgelöst. Es wurde kritisiert, dass die von unten her angeleuchtete Säule zu viel Licht in den Himmel abstrahle. Die mit der Optimierung des Faceliftings beauftragte Technische Universität Berlin nahm deshalb Modifikationen vor. Zwar wurde am Prinzip der Beleuchtung von unten nach oben nichts geändert, doch wurde die Wattleistung der Strahler deutlich reduziert. Die Abstrahlung im oberen Halbraum der Stele konnte damit um 56,5 Prozent und der Energieverbrauch um 51 Prozent vermindert werden.

Die SBB spart nun Energiekosten von jährlich über 100 000 Franken ein.

Im Rahmen eines vom BUWAL unterstützten Forschungsprojekts werden im Jahr 2005 die gesamten Einsparmöglichkeiten einer Gemeinde bei einer Umstellung der bisherigen Beleuchtung auf die in dieser Publikation empfohlenen Beleuchtungsarten untersucht. Als Beispiel dient die Gemeinde Köniz BE. Analysiert werden der Stromverbrauch, die Bereitschaft in den Ämtern und in der Bevölkerung, die Beleuchtung zu verändern, die Auswirkung der neuen Beleuchtung auf die einzelnen Ortsteile und der finanzielle Aufwand für neue Leuchtkörper sowie die Amortisationszeit. Im Zuge des gleichen Projekts wird auch eine Karte der Licht- und Dunkelzonen der Schweiz erstellt.

Erste Massnahmen zum Schutz der Dunkelheit in der Schweiz

Als erster Kanton der Schweiz hat Basel-Landschaft damit begonnen, Ämter, Gemeinden, Unternehmen und Private über die Auswirkungen der Lichtemissionen zu informieren. In einer vierseitigen Informationsschrift werden zudem mögliche Massnahmen gegen die Verunreinigung des Nachthimmels mit Licht und wegweisende Beleuchtungslösungen beschrieben (<http://www.baselland.ch/docs/bud/ae/publ/lichtverschmutzung.pdf>). Überdies will das Baselbieter Tiefbauamt bei der Überarbeitung der bereits auf Energieeffizienz ausgelegten «Richtlinie öffentliche Beleuchtung» dem Aspekt der unnötigen Lichtemissionen Rechnung tragen. Die Stadt Liestal ist noch einen Schritt weiter gegangen: Als erste Baselbieter Gemeinde hat sie die Beleuchtungsdauer von Reklamelichtern eingeschränkt. Zwischen 2 Uhr und

6 Uhr nachts müssen künftig alle Leuchtreklamen ausgeschaltet werden. Im Stadtparlament hat die Regelung zu keinen Diskussionen Anlass gegeben. Auch das örtliche Gewerbe war mit der Massnahme einverstanden.



Neues Beleuchtungskonzept für die Stadt Zürich

Zürich soll ein neues nächtliches Gesicht erhalten. Das Beleuchtungskonzept (www.plan-lumiere.ch) wird in den kommenden 10 Jahren schrittweise umgesetzt. Der so genannte Plan Lumière soll die Orientierung in der Stadt verbessern. Durch die Gestaltung von Gebäuden und Plätzen mit Licht soll sich die Bevölkerung zudem wohler und sicherer fühlen. Gleichzeitig sieht das neue Beleuchtungskonzept der Stadt Zürich vor, unerwünschte Lichtemissionen zu vermeiden oder zu reduzieren, indem das Licht von oben nach unten geführt und präziser ausgerichtet wird. Ziel ist es, mit mehr Lichtqualität eine Zunahme der Lichtmenge zu verhindern.

In ersten Pilotprojekten wurde beispielsweise der Hardturmviadukt so beleuchtet, dass das Licht nur nach unten strahlt.

Bei der Beleuchtung der Rudolf-Brun- und der Münsterbrücke verhindern in die Leuchte integrierte Blendklappen ein Abstrahlen in den Nachthimmel. Bei weiteren Objekten wie etwa bei historischen Bauwerken sollen nach Möglichkeit auch neue Technologien verwendet werden. So wird beispielsweise eine neue Fassadenbeleuchtung zum Einsatz kommen, die mit Hilfe einer der Lichtquelle vorgesetzten Fassadenmaske ein massgeschneidertes Lichtbild auf die zu beleuchtenden Fassaden projiziert. Im Gegensatz zu den heutigen Aussenbeleuchtungen ist das neue Verfahren Strom sparend. Es arbeitet ohne Streulichtverlust und leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Verminderung unerwünschter Lichtemissionen.

Im Rahmen des Plan Lumière wurde dem Hardturmviadukt mit einer neuen Beleuchtung zu einer neuen Identität verholfen.



6 Weiterführende Literatur und Internet-Links

Allgemeine Literatur

▶ Klein M., 2004. Lichtverschmutzung – eine neue Umweltproblematik. Diplomarbeit an der Fachhochschule Ludwigsburg. <http://www.home.uniosnabrueck.de/ahaenel/darksky/dalichtver.pdf>

▶ Kobler R.L., 2002. Die Lichtverschmutzung in der Schweiz – Mögliche Auswirkungen und praktische Lösungsansätze. Diplomarbeit an der Fachhochschule beider Basel. http://www.darksky.ch/downloads/artikel/rlkobler_dipl.pdf

▶ Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) (Hrsg.). Messung und Beurteilung von Lichtemissionen (Licht-Richtlinie), LAI-Schriftenreihe Bd. 4, 1994.

▶ <http://www.darksky.org>: Dark-Sky ist eine Non-Profit-Organisation, die sich überall auf der Welt für die Reduktion der Lichtverschmutzung einsetzt.

▶ <http://www.darksky.ch>: Dark-Sky Switzerland (DSS) übernimmt bei Beleuchtungsfragen eine beratende Funktion und bietet Hand bei der Umsetzung von Lösungen. DSS ist Mitglied der Schweizerischen Licht Gesellschaft (SLG) und Fachgruppe der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft (SAG).

▶ Weitere Informationen zu Initiativen gegen schädliche Lichtemissionen: <http://www.lichtverschmutzung.de>

Ausmass der Lichtemissionen

▶ Cinzano P., Falchi F., Elvidge C.D., 2001. The first World Atlas of the artificial night sky brightness. Mon. Not. R. Astron. Soc. 328, 689-707. <http://deborapd.astro.it/cinzano/download/0108052.pdf>

Auswirkungen von Lichtemissionen auf Natur und Landschaft

▶ Böttcher M., 2001. Auswirkungen von Fremdlicht auf die Fauna im Rahmen von Eingriffen in die Natur und Landschaft. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz Heft 67, Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg.

▶ Ecotec, 1990. Impact de l'éclairage nocturne sur la faune. Service des forêts, de la faune et de la conservation de la nature du canton de Genève.

▶ Eisenbeis G., Hassel F., 2000. Zur Anziehung nachtaktiver Insekten durch Strassenlaternen – eine Studie kommunaler Beleuchtungseinrichtungen in der Agrarlandschaft Rheinhessens. Natur und Landschaft 75, 145–156.

▶ Eisenbeis G., 2001. Künstliches Licht und Lichtverschmutzung – eine Gefahr für die Diversität der Insekten? Verh. Westd. Entom. Tag. 2000, 31–50. Weitere Informationen zum Thema von Prof. Dr. G. Eisenbeis unter <http://www.uni-mainz.de/FB/Biologie/Zoologie/abt1/eisenbeis>

▶ Longcore T., Rich C., 2004. Ecological light pollution. Frontiers in Ecology and the Environment 2(4), 191–198. <http://www.urbanwildlands.org/Resources/LongcoreRich2004.pdf>

▶ Scheibe M.A., 2003. Über den Einfluss von Strassenbeleuchtung auf aquatische Insekten. Natur und Landschaft 78, 264–267.

▶ Die amerikanische «The Urban Wildlands Group» hat unter <http://www.urbanwildlands.org/nightlightbiblio.html> wissenschaftliche Publikationen zum Thema «Ecological Consequences of Artificial Night Lighting» zusammengetragen.

Auswirkungen von Lichtemissionen auf den Menschen

▶ Psychiatrische Universitätsklinik Basel, verschiedene Publikationen unter <http://www.chronobiology.ch>

▶ Internationales Symposium «Low frequency EMF, Visible Light, Melatonin and Cancer». Zusammenfassung der Vorträge unter <http://www.unikoeln.de/symposium2002/index2.html>

Bereich Sicherheit

▶ Europäische Norm Nr. 12464-2: Beleuchtung von Arbeitsplätzen im Freien (zurzeit als Entwurf vorliegend).

▶ Für verschiedene Detailnormen siehe <http://www.slg.ch/pdf/SLG-Normen.pdf>

Rechtliche Grundlagen

▶ Keller P. M., Zufferey J.-B., Fahrländer K. L., 1997. Kommentar NHG. Schulthess polygraphischer Verlag, Zürich.

▶ Kanton Luzern: Einsatz von Skybeamer. http://www.umwelt-luzern.ch/index/service/pfad_gemeinden/gemeinden.htm

▶ Region Emilia-Romagna: Gesetz gegen unerwünschte Lichtemissionen und zur Einsparung von elektrischer Energie. <http://crerbd.regione.emilia-romagna.it>

▶ Tschechien: Gesetz gegen Lichtemissionen. <http://www.sbirka.cz>

Technische Lösungen

▶ Kobler R.L., 2004. Stopp der Lichtverschmutzung. Informationsblatt des Kantons Basel-Landschaft. Herausgeber: AUE BL. http://www.basel-land.ch/docs/bud/aue/publ/main_publ.htm