

NDS-U Diplomarbeit 2002

**Die Lichtverschmutzung
in der Schweiz**
Mögliche Auswirkungen und
praktische Lösungsansätze

René L. Kobler



Diplomarbeit

Die Lichtverschmutzung in der Schweiz

Mögliche Auswirkungen und praktische Lösungsansätze

Autor:

René L. Kobler

Betreuung:

Claude Lüscher
Dr. Gaston Theis

Für den Inhalt dieser Diplomarbeit ist der Autor alleine verantwortlich.
Die Fachhochschule dankt den Betreuern für ihre Unterstützung.

MuttENZ, 20.03.2003

Zusammenfassung

Künstliche Aussenraumbeleuchtungen nehmen weltweit zu. Die Aufhellung der natürlich dunklen Nacht zeigt schon heute ökologische Auswirkungen. Die Tendenz ist zunehmend, teilweise sogar beschleunigt. Die Schweiz verfügt über keine Landesfläche mehr, wo noch ganz natürlich dunkle Nachtverhältnisse vorkommen. Das Bewusstsein dieser Problematik ist auf allen Ebenen praktisch nicht vorhanden.

Die Auseinandersetzung mit Lichtverschmutzung als Forschungsgebiet ist jung. Wissenschaftlich gesicherte Untersuchungen über Auswirkungen von Kunstlicht in Aussenräumen sind einzeln vorhanden, aber nicht ausreichend kommuniziert und koordiniert. Grundlagenforschung und Empirie sollte auf diesem Gebiet vorangetrieben werden, damit die Notwendigkeit von Massnahmen erkannt und präventiv die lästigen und schädlichen Auswirkungen begrenzt würden. Technisch gesehen ist das Problem relativ einfach lösbar. Leuchten, die auch ökologischen Anforderungen entsprechen, sind auf dem Markt vorhanden. Der Einsatz solcher Leuchten scheitert vorwiegend an den Unkenntnissen der Auswirkungen und teilweise nicht Einhalten bestehender Empfehlungen. Eine Bereitschaft zum Reagieren kann festgestellt werden.

Die vorliegende Arbeit erleichtert das *Einarbeiten* in die Thematik der Lichtverschmutzung. Sie zeigt auf, was Lichtverschmutzung genau ist, warum Auswirkungen zu erwarten sind, wie und welche Massnahmen in der Schweiz einleitbar wären. Dazu ist ein *5-Punkte Leitfaden* ausgearbeitet worden, der einfach kommunizierbar und dennoch alle im Sinne des Schutzes relevanten Aspekte abdeckt. Dieser könnte als Basis für eine Verordnung als auch eines Anhangs in einem Baureglement genommen werden. Der 5-Punkte Leitfaden gibt eine Ordnung vor, so dass relevante Aspekte immer im Vordergrund bleiben.

Inhalt

1	Einleitung	1
2	Vorgehen	2
2.1	Untersuchungsgegenstand	2
2.2	Zielsetzung	2
2.3	Abgrenzungen	2
2.4	Methodik	4
3	Beschreibung der Lichtverschmutzung	6
3.1	Die Entstehung der Lichtverschmutzung	6
3.2	Heutiger Zustand	8
3.3	Definition der Lichtverschmutzung	10
3.4	Einordnung der Lichtverschmutzung	11
4	Auswirkungen der Lichtverschmutzung	13
4.1	Gründe für zu erwartende Auswirkungen	13
4.2	Ökologische Auswirkungen	14
4.2.1	Fauna	14
4.2.2	Auswirkungen auf Menschen	16
4.3	Energetische Betrachtung	17
4.4	Weitere Aspekte	22
5	Lösungsansätze	26
5.1	Rahmenbedingungen	26
5.2	Konkrete technische Ansätze	27
5.2.1	Notwendigkeit	28
5.2.2	Abschirmung	28
5.2.3	Richtung	33
5.2.4	Beleuchtungsstärke und Art	36
5.2.5	Zeitliche Begrenzung	37
5.3	Anwendung auf Gemeindeebene	38
6	Schlussfolgerungen	40
7	Literaturverzeichnis	42

1 Einleitung

Seit etwas mehr als 100 Jahren existiert die elektrische Aussenbeleuchtung. Zu Beginn des letzten Jahrhunderts waren die Aussenbeleuchtungen in der Anzahl noch so gering, dass sie keine umweltrelevanten Auswirkungen hatten. In der Zwischenzeit hat sich das stark verändert. Der schleichende Prozess der nächtlichen Aufhellung durch Kunstlicht in Aussenräumen hat viele Menschen daran gewöhnen lassen, dass das Verschwinden der natürlichen Dunkelheit in der Nacht als normal empfunden wird. Die künstliche Beleuchtung in der Nacht ist aus unserer Zivilisation nicht mehr wegzudenken und hat von einigen Standpunkten aus gesehen ihre Berechtigung. Wir sind aber heute an einem Punkt angelangt, wo die Aussenbeleuchtung in ihrem Uebermass teilweise lästige, ja sogar schädliche Auswirkungen auf die Umwelt in und ausserhalb der Siedlungsgebiete hat. Licht wird nicht nur zur notwendigen Beleuchtung von Strassen und Wegen, sondern mittlerweile für ganz andere, teilweise fragwürdige Zwecke eingesetzt. Ein unkontrolliertes Wachstum geht voran, und es gibt erkennbare Tendenzen, dass die natürliche Dunkelheit der Nacht ganz verdrängt wird.

Auch wenn diese Veränderung der natürlichen Verhältnisse von verschiedenen Leuten mit verschiedenen Argumenten beschrieben wird, sie bleibt faktisch eine Abweichung des natürlich vorgegebenen Zustandes. Andere Lebewesen können sich schlecht oder gar nicht an die neue Nachtsituation gewöhnen. Teile von Oekosystemen können gestört, sogar geschädigt werden. Auch aus der Sicht des Landschaftsschutzes ist die künstliche Aufhellung des Nachthimmels fragwürdig. Z.B. können faszinierende astronomische Beobachtungen am Himmel vielerorts gar nicht mehr durchgeführt werden, weil unabgeschirmte Leuchten sinnlos in den Himmel strahlen. Der Nachthimmel, der die Menschheit über Jahrtausende mit seiner faszinierenden Sternenpracht begleitet hat, unser Fenster zum beobachtbaren Universum, das uns auch Aufschluss über uns selbst gibt, droht zu verschwinden. Berge werden nachtsüber mit Beamern angestrahlt und als Werbeträger benutzt. Skipisten werden in der ohnehin schon knappen Restnatur künstlich beleuchtet. Häuser fallen auch noch in den frühen Morgenstunden auf, weil sie mit teilweise flutlichtähnlichen Anlagen in Szene gesetzt sein wollen. Ueberall tauchen neue Ideen auf, was noch angeleuchtet werden könnte. Eine Art Aufrüstung mit Leuchten ist im Gange. Mit noch helleren und noch grösseren Lichtspielen soll die Aufmerksamkeit gewonnen werden. Die Entwicklung der Nachtbeleuchtung ist auf die Stufe des Wachstums reduziert.

2 Vorgehen

2.1 Untersuchungsgegenstand

Untersucht wird, was genau unter dem Begriff Lichtverschmutzung zu verstehen ist. Wie sie entsteht (*Beschreibung* der Lichtverschmutzung), was für bekannte Auswirkungen sie hat (*Auswirkungen* der Lichtverschmutzung), welche Grundlagen und Möglichkeiten in der Schweiz vorhanden sind, um *Lösungsansätze* umzusetzen.

2.2 Zielsetzung

Ziel ist das Untersuchen der Thematik, um wichtige Fragen und Vermutungen zusammen zu tragen und dar zu stellen (explorativer Teil), damit ein Interessierter eine aufbereitete Form zu dieser jungen Thematik erhält, und sich mit wenig Aufwand einlesen kann. Aufgrund dieser Basis werden Lösungsansätze aufgezeigt (praktischer Teil). Eine Verteilung der Arbeit ist vorgesehen um das Bewusstsein an relevanten Stellen zu erhöhen. Das Aufzeigen von konkreten Massnahmen könnte das Einleiten von Massnahmen auf verschiedenen Ebenen vereinfachen (interaktiver Teil).

2.3 Abgrenzungen

Licht

Als Licht wird hier diejenige elektromagnetische Strahlung bezeichnet, deren Wellenlänge vorwiegend im sichtbaren Bereich (380 – 780 nm) ist. Zusätzlich gehören auch die Nebengebiete Ultraviolett und Infrarot dazu, weil diese ebenfalls relevant für ökologische Auswirkungen sind, und von einigen Lichtquellen emittiert werden.

Lichtquellen und Leuchten

Sämtliche künstliche Lichtquellen¹ und Leuchten tragen potenziell zur Lichtverschmutzung bei. Aufgrund der Menge der vielen Leuchtenarten, muss eine Abgrenzung vorgenommen werden.

¹ Lichtquelle ist das Licht produzierende Element (z.B. Birne). Leuchte ist die Gesamtanlage, d.h. Lichtquelle und z.B. Abschirmung.

Zur Untersuchung gehören:

- Sämtliche künstliche, fix installierten Leuchten in *allen Aussenräumen* (öffentlichen, halbprivaten, privaten und allen anderen).

Die zur Untersuchung gehörenden Leuchten sind somit diejenigen, die zonenüberschreitend und hauptanteilmässig die Lichtverschmutzung verursachen.

Beispiele:

- Beleuchtungsanlagen für Verkehr (Kfz-Strassen, Radfahrwege, Fussgängerwege), Platzbeleuchtungen, Sportplätze, Gebäudeanleuchtungen² und Gebäudebeleuchtungen³, alle Reklamen, die selbstleuchtend oder angestrahlt sind, Skybeamer, Laseranlagen, Berganleuchtungen, Skipistenbeleuchtungen, Fernseh- und Radio Senderanlagen mit Positionsleuchten, angeleuchtete Kunstgegenstände etc.

Von der Untersuchung ausgeschlossen sind:

- Leuchten, die direkt oder indirekt von *Innenräumen* auch zur Lichtverschmutzung beitragen würden (ausgenommen diejenigen, die eindeutig einen Beleuchtungszweck im Aussenraum anstreben)
- Lichtanlagen von Kraftfahrzeugen, die gesetzlich vorgeschrieben sind
- Flugzeug Start- und Landebahnen und andere ähnliche Anlagen, wo aus rein technischen Gründen keine andere Lösungen möglich sind.

Bei den Leuchten von Innenräumen ist der Eingriff in die Privatsphäre gross. Bestimmungen und Kontrollen wären kaum akzeptiert und von der Kontrolle her nicht praktikabel. Bei technischen Anlagen sind nur diejenigen ausgenommen, wo die Physik keine andere Lösung zulässt. Andere Aspekte sind nicht gültig.

Gültigkeit der Ausführungen

Grundsätzlich sind die Ausführungen global anwendbar, gesetzliche Grundlagen gelten nur für die Schweiz.

² Anleuchten bedeutet, dass ein Objekt von aussen her beleuchtet wird.

³ Leuchten, die am Gebäude aussen angebracht sind, und andere Funktionen erfüllen, z.B. beleuchten des Türvorplatzes.

2.4 Methodik

Beschreibung der LV, Auswirkungen der LV

Die konkrete Auseinandersetzung mit der Lichtverschmutzung als Forschung ist jung. Die systematische Suche nach gesicherter Erkenntnis ist nur in wenigen Teilgebieten vorhanden. Dort, wo Erkenntnisse vorhanden sind, wäre durch Empirie die Validität noch zu erhöhen.

Das Einlesen in die bestehende Literatur nahm einen besonderen Stellenwert ein, um zu erkennen, was bei Lichtverschmutzung überhaupt bedeutende Faktoren sind. Bestehende Bücher wurden bewusst nicht als Grundlage herangezogen, da sie zu einseitig auf Amateur-Astronomie ausgerichtet sind. Vor allem im Internet liessen sich Daten und Berichte finden. Jedoch bestand hier das Problem, gesicherte Erkenntnisse von Meinungen zu unterscheiden. Deswegen gab es keine grosse wissenschaftlich gesicherte Basis, die als Massstab herangezogen werden konnte. Viele Berichte und Anregungen stammen auch hier vorwiegend von Amateur-Astronomen, die durch die künstliche Aufhellung des Nachthimmels in der Beobachtungsqualität eingeschränkt sind⁴. Ebenfalls treten Wiederholungen von Argumenten auf, bei denen man nicht eruieren kann, ob diese gegenseitig abgeschrieben wurden, oder von einer Untersuchung her rühren. Einige Berichte enthielten Verweise, die zu wissenschaftlich gesicherten Aussagen führten. Diese wurden dann als Basis genommen. Telefonate mit Umweltämtern zeigten, dass die Thematik der Lichtverschmutzung kaum bis gar nicht bekannt ist.

Vorerst bestand immer noch Unsicherheit, ob die Daten und Berichte tatsächlich der Kern des heutigen Wissensstandes sind. Am 7./8. September 2002 fand in Luzern das „2nd European Symposium on the Protection of the Night Sky“ statt. Diese Veranstaltung stand unter dem Patronat der „Swiss National Commission of UNESCO“. Im Anhang Abstracts of 2nd European Symposium⁵ sind die Themen zusammengestellt. Die aus den eigenen Recherchen gefundenen bedeutenden Faktoren deckten sich dem Sinne nach mit den Inhalten der gehaltenen Vorträgen. Nun durfte davon ausgegangen werden, dass das Substrat zum heutigen Zeitpunkt als gesicherte Basis gilt.

Lösungsansätze

Um die Lösungsansätze möglichst praktikabel zu formulieren, sollte durch praxisnahe Beobachtung schon erkannt werden, wo später Hürden auftreten könnten. Diese Interaktion beruht auf direkten Besprechungen mit in Zukunft zuständigen Personen, z.B. Gemeindepräsidenten, Personen von kantonalen Behörden, Personen aus dem BUWAL, Bauinspektoraten, Juristen etc. Eine bestätigende Feststellung war, dass vor allem das Bewusstsein noch nicht genügend vorhanden und keine Kenntnisse über technische Lösungsansätze da sind. Zudem war kein Wissen über Zusammenhänge feststellbar. Des

⁴ Es stellte sich später heraus, dass diese Grundlagen nach einer Ueberprüfung, doch zumindest eine brauchbare Grundlage bildeten.

⁵ Der Vortrag von Dr. T. Posch wurde ersetzt durch den von Dr. P. Schellenbauer

weiteren stellte sich heraus, dass Gesetze auf Bundesebene die Lichtverschmutzung erfassen. Die Lücke zwischen diesen Gesetzen und der Nicht-Umsetzung in der Praxis ist unspektakulärerweise beim Nicht-Bewusstsein der Thematik zu suchen. Ein wichtiger Teil dieser Arbeit wird also die Verstärkung der Aufmerksamkeit sein. Mit der Verteilung der Arbeit wäre ein Beitrag an eine Schliessung der Lücke zwischen Gesetz und Ausführung zu erhoffen. Nahezu alle Ansprechpersonen haben das Interesse an dieser Arbeit angemeldet.

Ein 5-Punkte Programm liefert schliesslich die Grundlage, wie der Lichtverschmutzung konkret in der Praxis an der Quelle begegnet werden kann. Diese Punkte könnten auch Basis eines Anhangs von einem Baureglement sein.

3 Beschreibung der Lichtverschmutzung

3.1 Die Entstehung der Lichtverschmutzung

Geschichtliches zur Lichtverschmutzung

Die Einführung der elektrischen Aussenbeleuchtung fand in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts statt. Die zur Strassenbeleuchtung genutzten Gaslaternen wurden durch die neue Technologie elektrifiziert. Es herrschte Aufbruchstimmung, man freute sich vorwiegend über jede neu installierte Leuchte. Die noch geringe Anzahl von Aussenleuchten hatte kaum negative Auswirkungen. Auch die natürliche Dunkelheit war in den Aussenräumen noch intakt.

Im Verlaufe der letzten 100 Jahre hat sich das quantitativ stark geändert. Aussenleuchten sind heutzutage nahezu überall vorhanden oder installierbar. Während dieser langen Entwicklungszeit wurden Anstrengungen unternommen, um vorwiegend die Effizienz der Lichtquellen zu erhöhen. Die Lichtausbeute pro elektrische Energie wurde technisch immer weiter verbessert. Die Effizienz der Gesamtleuchte hat diese Entwicklung nicht in gleichem Masse mitgemacht. Durch geometrische Aspekte verursachtes, ungenutztes Licht wird kaum als Verschwendung oder sogar „Abfall“ definiert.

In den letzten drei Jahrzehnten, sind eigentlich zwei Entwicklungen innerhalb der Beleuchtungsindustrie festzustellen. Die eine ist die Entwicklung der obgenannten technischen Effizienz, die andere ist die *Ausbreitung des Lichtmarktes*. Neue Absatzmärkte wurden erschlossen und Kunstlicht wird schon lange nicht mehr nur zur notwendigen Beleuchtung von Wegen und Strassen eingesetzt. Lichtreklamen, Skybeamer, Mehrfachbeleuchtungen, Skipistenbeleuchtungen, Gartenbeleuchtungen und dergleichen sind nur einige Beispiele, wo neue Energie- und Stoffflusssteigerungen mit sich bringen und die natürliche Nacht verändern. Die Bestrebungen zur Einsparung von Energie wurden zumindest teilweise durch mehr oder weniger sinnvolle Beleuchtungsideen wieder ausgeglichen. Die Definition der Entwicklung durch Wachstum ist bei der Lichtverschmutzung direkt visuell erkennbar.

Heutzutage ist Licht im Ueberfluss vorhanden. Praktisch überall, wo man irgendwie will, kann man Licht installieren. Das Angebot der Leuchten ist riesig. Dies dokumentieren auch die Kataloge und die Anzahl der verschiedenen Leuchten und Reklamen in Aussenräumen.



Abbildung 1: Foto eines Siedlungsgebietes, vom einem erhöhten, dunkleren Standpunkt aus gesehen. Die Lichtglocke über der Stadt wird vorwiegend durch nicht oder schlecht abgeschirmte Leuchten verursacht. Sie breitet sich nicht nur Vertikal, sondern auch horizontal in Nichtsiedlungsgebiete aus. Auch bei klarer Nacht ist zu erkennen, dass die Sterne kaum noch beobachtbar sind. (Alle Fotos und Grafiken ohne Quellenangaben sind vom Autor)

Quellen und Verursacher

Im Vergleich zu vielen anderen Umweltbereichen (Boden, Wasser Luft), sind hier die Emissionsquellen leicht und eindeutig eruierbar. Jede künstliche Lichtquelle ist potentiell Mitverursacher der Lichtverschmutzung. Gemäss Kapitel Abgrenzung werden aber aus obgenannten Gründen nur die wichtigsten Emittenten betrachtet.

Verursacher der Lichtverschmutzung können alle Personen sein, die in irgend einer Form Aussenbeleuchtungen betreiben, produzieren, planen, installieren oder diejenigen⁶, für die Aussenbeleuchtungen betrieben werden.

Zusammenhang Atmosphäre

Licht in materiellosem Raum hätte nicht die gleichen Auswirkungen, wie es in der Troposphäre⁷ der Fall ist. Licht kann von Gasen absorbiert, reflektiert oder umgelenkt werden (Streuung des Lichts). Ebenfalls wirken diese Prozesse, wenn feste oder flüssige Komponenten wie Stäube und Feuchtigkeit vorhanden sind. Die Wetterlage nimmt ebenfalls Einfluss auf die Streuung bzw. Reflexion von Licht. Die Lichtverschmutzung ist optisch als Lichtglocke erkennbar, in der Regel über Siedlungsgebieten. Je höher der Bestandteil von Staub oder Feuchtigkeit in der Atmosphäre ist, desto stärker bildet sich diese Lichtglocke aus.

3.2 Heutiger Zustand

Messmethoden

Für die Messung der Lichtverschmutzung, gibt es nur wenige entwickelte Methoden. Eine kommt aus der Astronomie und gilt vor allem als Mass für die Beobachtungsqualität von Objekten im Universum⁸. Sie beruht darauf, das mit dem menschliche Auge direkt festgestellt wird, wie gut man dunkle Sterne noch erkennen kann. Es gilt: je dunkler der noch zu erkennende Stern, desto besser der Kontrast zwischen dunklem Himmelshintergrund und den zu beobachtenden Objekten. Bei einer künstlichen Aufhellung des Himmels, verschlechtert sich der Kontrast. Die Vorteile dieser Methode liegen in der einfacheren Durchführbarkeit auf lokaler Ebene. Sie kann auch lokale Nebeneffekte mitberücksichtigen.

⁶ Somit alle Stakeholders selbst, die das Wachstum durch Anspruchsverhalten mittragen

⁷ Die rund ersten 10 km ab Erdoberfläche bezeichnet man als Troposphäre. Etwa $\frac{2}{3}$ der atmosphärischen Luftmasse befindet sich in der Troposphäre.

⁸ Wobei nicht nur die Dunkelheit des Himmels die Beobachtungsqualität bestimmt.

Die Nachteile sind: eine grössere Anzahl von Leuten muss die Beobachtung durchführen, damit empirisch ein brauchbarer Mittelwert gefunden werden kann. Zudem sind Sinnestäuschen möglich, so dass nicht von einer Messmethode im eigentlichen Sinne gesprochen werden kann. Die Resultate sind auch nicht exakt in physikalische Einheiten transferierbar. Eine weltweite Momentaufnahme wäre aufgrund der Koordination schwer durchzuführen und die abgelegenen Gebiete wären kaum genügend erfassbar.

Der erste Weltatlas

Physikalisch exakter ist die heutige Messung mit den so genannten CCD⁹ Kameras. Diese können auftreffende Photonen in elektrische Impulse umwandeln und werden so z.B. in der Astronomie und Medizin als Messgeräte verwendet.

Dr. P. Cinzano, von der Università di Padova in Italien hat mit F. Falchi und C.D. Elvidge erstmals eine weltweite Messung vorgenommen und im Paper „The first World Atlas of the artificial night sky brightness“ publiziert. Dies von einem Satelliten aus, dessen Umlaufbahn ca. 800 km über der Erde ist. Vorgehen und Resultate seines Papers sind im Anhang dargestellt.

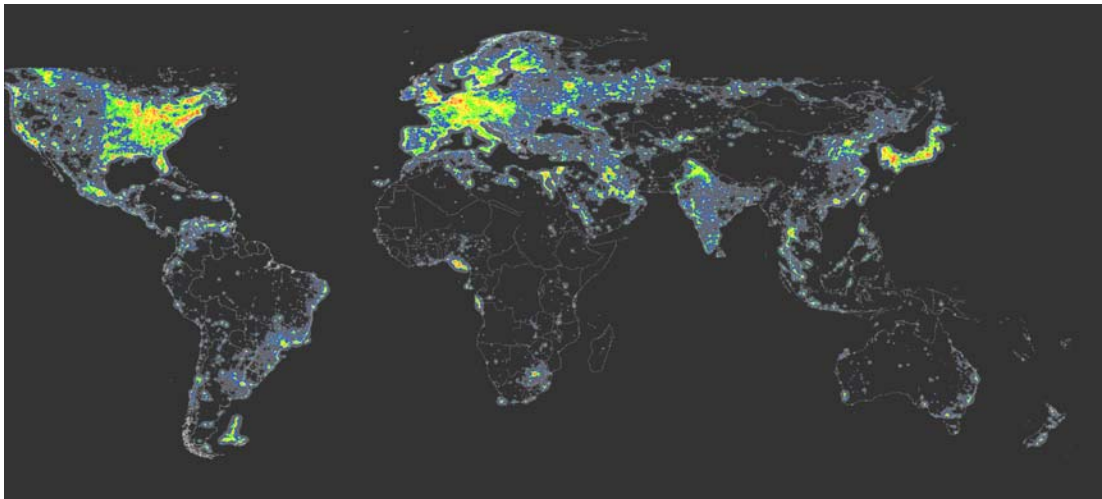


Abbildung 2: The first World Atlas of the artificial night sky brightness, (Cinzano 2001). Die gleiche Darstellung wäre vor 200 Jahren nur schwarz gewesen.

Zwei Aussagen bestätigen die Lichtverschmutzung:

„One of the most rapidly increasing alterations to the natural environment is the alteration of the ambient light levels in the night environment produced by man-made light.“(Cinzano 2001)

Ein Teil der Resultate sind folgende:

⁹ Charge Coupled Device

“About two-thirds of the World Population and 99 per cent of the population in the United States (excluding Alaska and Hawaii) and European Union live in areas where the night sky is above the threshold set for polluted status. Assuming average eye functionality, about one-fifth of the World Population, more than two-thirds of the United States population and more than one half of the European Union population have already lost naked eye visibility of the Milky Way.”(Cinzano 2001)

Die Lichtverschmutzung ist keine vage Annahme, sondern eine weltweit messbare Tatsache.

Zustand in der Schweiz

Detaillierte Daten sind im vollständigen Paper von P.Cinzano zu finden. An keinem Wohnort in der Schweiz ist der Zustand des natürlichen Himmels gegeben. Er überschreitet überall den natürlichen Helligkeitswert.

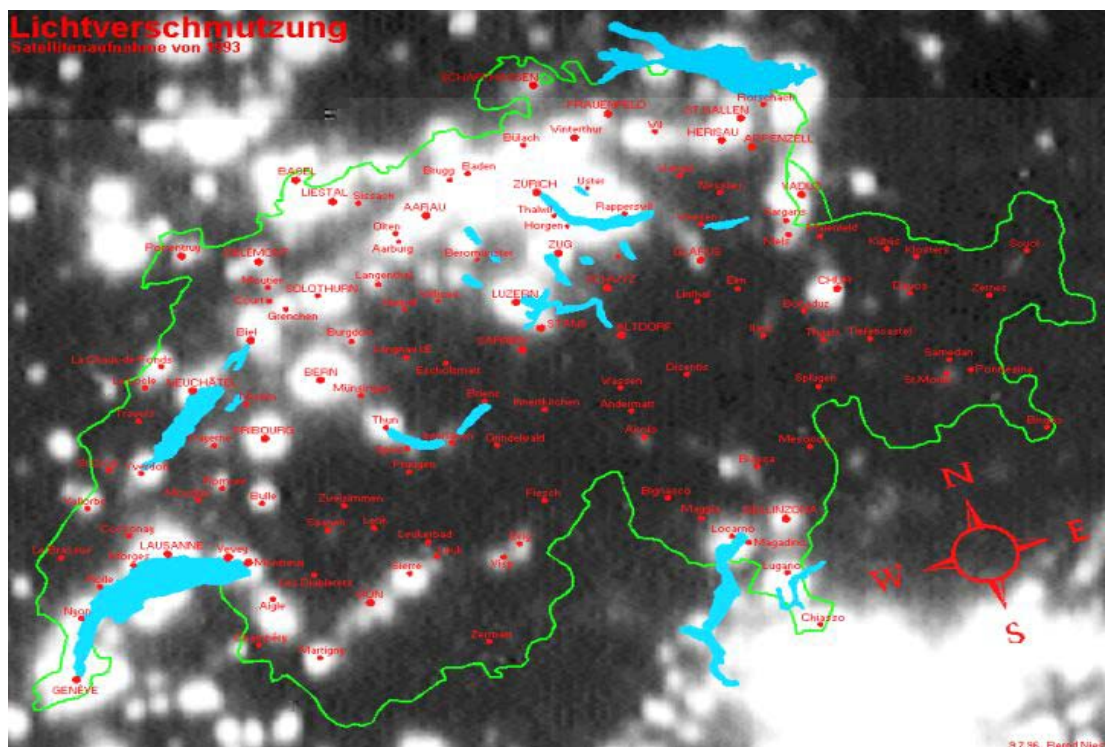


Abbildung 3: Nachtaufnahme aus dem Jahr 1993, von einem Sateliten ca. 1000 km über der Erdoberfläche. Die Aufnahme ist kontrastmässig übertrieben. Helle Bereiche sind in Wirklichkeit dunkler, dunklere Bereiche aber auch heller. (Foto DSS, IDA, DMSP)

3.3 Definition der Lichtverschmutzung

Der ursprünglich aus dem amerikanischen stammende Begriff „Light Pollution“ wurde einmal direkt ins Deutsche übersetzt. Genau genommen wird nicht das Licht verschmutzt, sondern in diesem Sinne etwas mit Licht störend oder schädigend beeinflusst. Der Ausdruck

hat sich aber als solches etabliert. Andere Ausdrücke wie z.B. Licht-Smog sind nicht gängig. Die Dark Sky Switzerland (Abk. DSS)¹⁰ verwendet den Ausdruck Lichtverschmutzung.

Als Lichtverschmutzung wird folgendes definiert:

- Licht, das in eine Richtung geht, wo es keinen eigentlichen Beleuchtungszweck erfüllt. Dieses Licht ist unnötig produzierter *Abfall*¹¹ (z.B. Raum über uns).
- Licht, das an Intensität zu stark ist (z.B. Mehrfachbelichtungen).
- Licht, das in Zeiträumen aktiviert ist, das nicht im Verhältnis zum Nutzen steht (z.B. Reklamen).
- Licht, das ökologisch lästige und schädliche Auswirkungen hat. (Intensitäts-, Richtungs- und spektrale Betrachtung).
- Licht, das aus ökologischer Sicht nicht tragbar ist, betreffend Verhältnis ökologischer Schaden pro nicht evidente Wertschöpfung.

Die vom Autor aufgestellte Definition lautet:

Lichtverschmutzung ist die in Richtung, Quantität und Qualität emittierte Strahlung innerhalb des Infrarot-, sichtbaren- und UV- Lichts in Aussenräumen, die auf den Raum neben, unter und über uns ökologisch und landschaftlich lästige oder schädliche Auswirkungen haben könnte.

Mit dieser Definition ist die Diskussion eröffnet, über was unnötig emittierte Strahlung ist.

3.4 Einordnung der Lichtverschmutzung

Lichtverschmutzung hat in der Schweiz noch keine etablierte Stellung im Umweltschutz. Jedoch haben die Medien dieses Jahr ein Interesse gezeigt. Weltweit sind Tendenzen erkennbar, dass dieser Thematik vermehrt Beachtung geschenkt wird. In einigen Ländern

¹⁰ Verein in der Schweiz, die sich mit der künstlichen Aufhellung des Nachthimmels auseinander setzt (140 Mitglieder, Stand Okt. 2002). Vorwiegend aus astronomischen Ueberlegungen, mittlerweile auch interdisziplinär. Organisator des 2nd European Symposium on the Protection of the Night Sky, 2002. (Declaration of Lucern im Anhang)

¹¹ Obwohl Licht nicht direkt als Materie erfassbar ist, wird hier der Begriff Abfall im eigentlichen Sinne verwendet.

sind schon Gesetze erlassen worden¹², die die Lichtverschmutzung eindämmen sollen. In der Schweiz hat das Bundesamt für Statistik Interesse angemeldet, Lichtverschmutzung als Umweltindikator in Betracht zu ziehen (pers. Mitteilung von P. Jungo, Oktober 2002).

Einige Umweltschutzbereiche gelten zu diesem Zeitpunkt als dringlicher, aber der Schutz vor zu viel Licht in dem natürlich und evolutionär angepassten Nachtzyklus, dürfte sich mit zunehmender Erforschung durchwegs als notwendig herausstellen. Vor allem wenn man bedenkt, mit welcher Geschwindigkeit sich die Lichtverschmutzung entwickelt¹³. Hier besteht vor allem die Möglichkeit des *präventiven* Umweltschutzes und der technisch schon weit entwickelten Möglichkeiten, *die nur zur Anwendung kommen sollten*. Da Lichtverschmutzung einen Einfluss auf die Biodiversität¹⁴ hat, betrifft dies auch die Biodiversitätsabkommen von Rio 1992 und Johannesburg 2002.

¹² Bsp.: Nationales Gesetz in Tschechien, regionale Gesetze in Lombardei (I), Katalonien(E), Fauquier County (USA)

¹³ Siehe auch Diagramm von Dr. P. Schellenbauer

¹⁴ Siehe Anhänge von Prof. Dr. B. Bruderer, Prof. Dr. G. Eisenbeis, The Urban Wildlands Group

4 Auswirkungen der Lichtverschmutzung

4.1 Gründe für zu erwartende Auswirkungen

Auch hier findet durch die Lichtverschmutzung eine durch den Menschen gemachte Veränderung des *natürlich Vorgegebenen* statt. Seit hunderten von Millionen von Jahren haben sich Lebewesen auf die durch die Erdrotation verursachten Tag/Nachtverhältnisse optimal angepasst. Tageslicht ist ein wichtiger externer Zeitgeber für interne Rhythmen der Lebewesen geworden. Die Synchronisation der inneren Uhr durch das Tageslicht ist bei nahezu allen Lebewesen sogar Bestandteil des Erbgutes. Die rein natürlichen Beleuchtungsstärken liegen in der Nacht ¹⁵ bei Vollmond um 0.25 lx¹⁶, bei Neumond bei 0.01 lx. Das sind die Verhältnisse, auf die sich die Natur eingestellt hat. Obwohl bei 0.5 lx bis 1 lx das Lesen eines Textes von einem Menschen gerade noch möglich ist, darf 1 lx nicht als Massstab für die gesamte Oekologie gesehen werden. Nachtaktive Tiere haben teilweise ein wesentlich wirkungsvolleres Nachtsehen entwickelt, so dass deren Störung empfindlicher ist, als diejenige des Menschen. Die Homogenisierung von Tag und Nacht durch Kunstlicht bedeutet eine Verdrängung der Nacht. Ein Bestandteil, der auch zum Leben gehörenden Ruhezeit, ist somit gefährdet. Die Eliminierung der Ruhe aus dem Leben hat fatale Konsequenzen. Es stellt sich die Frage, ob einzelne Bevölkerungsgruppen das Recht haben, in öffentlichen Aussenräumen, die anderen mit in die Unruhe hinein zu ziehen, oder ob diese Unruhe nur auf nicht nach aussen auswirkende Innenräume beschränkt sein sollte.

Eine weniger bewusst wahrgenommene Veränderung ist die *Anzahl* der Punktlichtquellen. Während in der Natur am Tag die Sonne die einzige Punktlichtquelle darstellt, und in der Nacht ebenfalls nur der Mond als einzige markante Lichtquelle scheint, wird mit der Anzahl der installierten Leuchten auch die Anzahl der Punktlichtquellen in der Nacht signifikant verändert. Was für den Menschen zur Orientierung dient, bedeutet vielmals auch Blendung, und für viele Tiere sogar Desorientierung und Verdrängung aus Lebensräumen. Aber auch für den Menschen stellt sich die Frage, ob durch die *Anzahl* der Punktlichtquellen und den *quantitativen* Anstieg der Umgebungshelligkeit, im Zeitfenster der eigentlichen Nachtruhe, längerfristig und ab einem bestimmten Mass, indirekte negative Einwirkungen zu erwarten sind.

¹⁵ An einem klaren Sonnentag können Werte bis 100'000 Lux erreicht werden.

¹⁶ lx = Lux, Masseinheit der Beleuchtungsstärke

4.2 Ökologische Auswirkungen

4.2.1 Fauna

Auf die Fauna bezogen kann Lichtverschmutzung vereinfacht auf folgendes fokussiert werden:

- Was sind die positiven und was sind die lästigen, schädlichen Auswirkungen der Effekte von Kunstlicht für die Natur?
- Hat Lichtverschmutzung Auswirkungen auf die Biodiversität?

Beispiel Vögel

Etwa $\frac{2}{3}$ der Zugvögel wandern in der Nacht. Sie orientieren sich vorzugsweise optisch an den Sternen. Die Vogelwarte Sempach hat Experimente durchgeführt, wie Vögel auf Lichtstrahlen reagieren. Genaueres über die *Attraktionswirkung* und die *Schreckwirkung* ist im Anhang „Störung nächtlich ziehender Vögel durch künstliche Lichtquellen“ durch Bruderer beschrieben.

Eine weitere Erscheinung ist das Towerkill Phänomen. Vögel fliegen vor allem bei schlechter Witterung vermehrt in Türme oder hohe Gebäude. Auf der einen Seite verursacht die Anleuchtung von hohen Anlagen Tötungen, auf der anderen Seite können aber Anleuchtungen genau dies verhindern. Im Anhang ist ein Auszug über diesen Mechanismus. Das Towerkill-Phänomen ist schon bei früheren Leuchttürmen bemerkt worden. Ähnliche Auswirkungen dürften bei den vermehrt installierten Windkraftwerken festgestellt werden. Die Windkraftanlagen sind bezüglich Vögel Bestandteil der Bonner Konvention¹⁷.

Beispiel Insekten¹⁸

Nachtaktive Insekten sind extrem empfindlich auf Aussenraumleuchten. Im Zusammenhang mit Lichtverschmutzung wurde auch von Prof. Dr. Gerhard Eisenbeis, das Verhalten von Insekten auf Leuchten im Aussenraum untersucht. Wie bei den Zugvögeln gibt es bei den Insekten eine Attraktionswirkung. Bei klarem Wetter und Neumond können Insekten aus einer Distanz von 400 m bis 700 m durch den „Vacuum Cleaner Effect“ angezogen werden. Bei Vollmond beträgt der Attraktionsradius weniger, nämlich rund 50 m. Der Einflussbereich ändert sich also mit den Mondzyklen. Änderungen des Einflussbereiches hängen auch von der Wettersituation ab. Kommt ein Insekt in diesen Attraktionsbereich, steuert es auf die Lichtquelle zu. Diesen Vorgang kann das Insekt nicht „willentlich“ beeinflussen. Je nach Leuchtenkonstruktion und Kontakttemperatur endet dies tödlich.

¹⁷ zuständig beim BUWAL: Oliver Biber und Raymond Pierre Lebeau

¹⁸ Notizen zu Vortrag von G. Eisenbeis am 2nd European Symposium on the Protection of the Night Sky, Luzern

Vergleicht man die Attraktionsradien der Insekten mit den Distanzen zwischen heutzutage installierten Aussenleuchten in Siedlungsgebieten, ist die permanente Abweichung der eigentlich vorgesehenen Flugrichtung eines Insektes evident.

Man schätzt, dass es ca. 8 – 80 Millionen Insektenarten gibt. Davon sind etwa 1 Million bekannt. Es geht aber nicht nur um die Anzahl der Lebewesen, sondern um die Zusammenhänge in ökologischen Systemen. So übernehmen Insekten unter anderem ökologische Funktionen bei der Bestäubung der Pflanzen. Selbst sind sie auch ein Glied in der Nahrungskette. Bei Milliardenfacher Tötung¹⁹ der Insekten durch ökologisch falsch konzipierte Aussenleuchten, könnten nicht nur die Biodiversität der Insekten, sondern indirekt auch die Artenvielfalt der Pflanzen, Vögel und weitere abhängige Systeme betroffen sein.

Die Attraktionswirkung hängt neben der Distanz auch von den spektralen Eigenschaften der Leuchten ab. Die UV- und Blaugrüneile des Lichtes erhöhen die Attraktion der Insekten²⁰. Dies bedeutet, dass Quecksilberdampflampen vom Standpunkt der Insekten aus gesehen, ökologisch bedenklicher sind, als z.B. Natriumdampf-Hochdrucklampen oder Natriumdampf-Niederdrucklampen. Die von Eisenbeis in einem Versuch ermittelten Daten ergaben ein Attraktionsverhältnis von 2,2 zu 1²¹. Der Austausch von Quecksilberdampflampen durch Natriumdampf-Hochdrucklampen könnte die Attraktionswirkung halbieren. Ebenfalls eine Abschirmung nach oben dürfte die Attraktionswirkung grundsätzlich verringern.

„Insects are an essential part of nearly all the ecosystems in the world and consequently it can be assumed that a significant decrease of insects at all should have profound ecological consequences both for the whole biosphere and many ecosystems in particular.“ (Eisenbeis, 2nd European Symposium on the Protection of the Night Sky, 2002)

Beispiel Daphnien

In der Definition der Lichtverschmutzung wird auch der Raum *unter* uns erwähnt. Damit sind z.B. aquatische Systeme gemeint, wo Auswirkungen²² zumindest denkbar wären. So steigen gewisse Daphnien nachts Richtung Wasseroberfläche auf, weil sie sich von Algen ernähren, die mehr in den oberen Bereichen des Gewässers leben. Die Aufstiegshöhe wird vom Lichteinfall bestimmt. Gewässer, die in der Nähe von Siedlungsgebieten sind, haben in der Nacht aber einen quantitativ höheren Lichteinfall als diejenigen, die rein natürliche

¹⁹ G. Eisenbeis schätzt das in den Sommermonaten etwa 150 Insekten pro Strassenlampe/Nacht getötet werden.

²⁰ Eine bekannte Ausnahme sind die Glühwürmchen, die mehr durch das Spektrum des unteren Bereichs des sichtbaren Lichtes angezogen werden.

²¹ Je nach Art sogar 4 zu 1.

²² Marianne V. Moore, Department of Biological Sciences, Massachusetts hat dazu Studien veröffentlicht (siehe Verweise Anhang).

Lichtverhältnisse vorfinden. Der Lichteinfall ist besonders stark bei Seeufnern, wo unabgeschirmte Promenadenbeleuchtungen die ganze Nacht eingeschaltet bleiben. Steigen die Daphnien aufgrund zu starkem Lichtabfall nicht genügend hoch auf, erreichen sie die Algen nicht. Eine Nahrungskette mehr ist gestört, im komplexen System des ökologischen Nahrungsgleichgewichts.

Weitere Gebiete

Weitere mögliche Konsequenzen sind an der Konferenz von "Ecological Consequences of Artificial Night Lighting" in Los Angeles, Februar 2002, vorgestellt worden. Die Zusammenstellung der Abstracts und weiterführende Internetlinks sind im Anhang.

4.2.2 Auswirkungen auf Menschen²³

Licht ist ein wichtiger externer Zeitgeber und somit auch ein Ordnungsfaktor für den Menschen. Licht steuert Prozesse im Körper. Durch das Licht wird die so genannte innere Uhr des Menschen synchronisiert. Diese Vorgänge sind in den Genen festgelegt, also willentlich nicht beeinflussbar. Prof. Dr. Anna Wirz-Justice stellt in Zusammenhang mit der heutigen Lebensweise des modernen Menschen und dem Umgang mit Licht folgende Tatsache fest: „Der heutige Mensch hat am Tag zu wenig, und in der Nacht zuviel Licht!“. Damit die innere Uhr synchronisiert werden kann, muss der Mensch z.B. pro Tag mindestens 30 Minuten der Beleuchtungsstärke 1000 lx -2000 lx ausgesetzt sein, am besten bei natürlichem Tageslicht. Bei geringeren Beleuchtungsstärken sind längere Expositionen erforderlich. In unseren Breitengraden werden diese Werte, draussen unter freiem Himmel, auch im Winter über Mittag problemlos erreicht. In den Innenräumen liegen diese Werte in der Regel viel tiefer. Da heutzutage immer mehr Menschen sich vermehrt in Innenräumen aufhalten, wird der Tageslichtbedarf zur Synchronisation der inneren Uhr teilweise unterschritten. Die Folgen sind ähnlich denjenigen, die z.B. bei einem Jetlag vorkommen. Der genetisch programmierte Freilaufrythmus von 24.2 Std²⁴ kann nicht mehr auf den von der Aussenwelt vorhandenen 24 Std. Rhythmus synchronisiert werden.

In der Nacht stellt sich der menschliche Körper auf Ruhe ein. Zuviel Licht beeinflusst die Qualität des Schlafes. Ab rund 100 lx Beleuchtungsstärke kann bereits die innere Uhr aus dem Gleichgewicht gebracht werden. Je nach Abstand zu einer Lichtquelle sind 100 lx ohne weiteres erreichbar. „Ein Austauschen des Tages mit der Nacht hat nie die gleiche Qualität betreffend Konzentration. Der Mensch ist ein Tagtier.“ (pers. Mitteilung von Dr. Christian Cajochen, PUK Basel, 30.10.2002).

Teilweise kann sich zwar der Mensch wieder mit End of Pipe²⁵ Lösungen gegen zuviel Licht schützen. So z.B. mit technischen Einrichtungen wie Storen, wenn von einer Strassenleuchte

²³ (pers. Mitteilung von Prof. Dr. Anna Wirz-Justice, PUK Basel, Oktober 2002)

²⁴ Diese Zeitangabe ist der aktuelle Forschungsstand

²⁵ Nicht primär anzustreben im Umweltschutz, nur als letzte Lösung vertretbar

zu starkes Licht ins Schlafzimmer hinein fällt. In Aussenräumen wiederum kann sich auch der Mensch dem Kunstlicht nicht entziehen, selbst wenn er wollte. Zur Ergänzung: Tiere haben keine Möglichkeit sich zu schützen.

4.3 Energetische Betrachtung



Abbildung 4: Normale und invertierte Darstellung, des gleichen Objektes. Der dunkle Bereich der invertierten Darstellung kann mehrheitlich als verschwendete Energie betrachtet werden.

Einsparungen

Gesicherte Angaben über eine nationale Stromenergieeinsparung aus der Sicht der Lichtverschmutzung sind nicht vorhanden. Ein Einsparungspotential ist jedoch evident. Da z.B. Glaskugelleuchten schon aus rein geometrischen Gründen rund 50% Lichtabfall produzieren und Gebäudeanstrahlungen noch mehr Energie verschwenden können, dürfte das Potential, zumindest in Relation zum Stromverbrauch für Aussenbeleuchtung, beachtlich sein. Weitere Energieeinsparungen ergeben sich durch vermehrten Einsatz von Natriumdampf-Hochdruck als auch Niederdrucklampen²⁶. Mehr Einsparungen sind im Kapitel konkrete Lösungsansätze aufgeführt.

²⁶ Haben monochromatisches Spektrum im längeren Wellenlängenbereich.

Grundsätzlich sind mit Lichteinsparungen auch sekundäre Einsparungen zu erwarten. So verursacht z.B. die Produktion von 1 KWh Strom in einem deutschen Kohlekraftwerk, rund 0.5 – 0.6 kg CO². In der Schweiz wird der Strom zu ca. 40% aus Atomenergie gewonnen. Entsprechende radioaktive Abfälle liessen sich mit einem übergreifenden *Cleaner Production*²⁷ Ansatz vermeiden. Interessante Aufschlüsse könnte auch eine *Oekobilanzierung*²⁸ für Aussenbeleuchtungen geben.

Bei allen energetischen Betrachtungen (und auch die damit zusammenhängenden Auswirkungen) ist zu beachten, dass nicht die einzelnen Leuchten, sondern sich deren *Kumulation* als zu betrachtendes Mass herausstellt.

Ein Grundproblem entsteht, wenn Energieeinsparungen bei Kunstlicht nur über monetäre Aspekte betrachtet wird. Da Licht mit wenig Geld produziert wird, ist der Anreiz zum Sparen über Geld kaum praktikabel. In der folgenden Grafik sind die Energieverhältnisse in der Schweiz von 1910 bis heute dargestellt. Unter der Nutzenergie Licht ist das gesamte Kunstlicht, also dasjenige der Aussen- und Innenbeleuchtung zu verstehen (also nicht nur Aussenbeleuchtung). Die Grafik macht somit nur Aussagen über den Gesamtumgang mit Kunstlicht. Die Energieangaben auf der linken y-Achse sind aus grafischen Gründen *logarithmisch* dargestellt, die Kurve wäre in Wirklichkeit exponentiell.

²⁷ Strategie, um Waren und Dienstleistungen über technische Verbesserungen und Verhaltensänderungen ökoeffizienter zu gestalten (mit weniger Schadschöpfung pro Wertschöpfung)

²⁸ Erfassen von Stoff- und Energieströmen über den gesamten Lebensweg einer Leuchte und eine Bewertung dieser Einflüsse nach ökologischen Kriterien

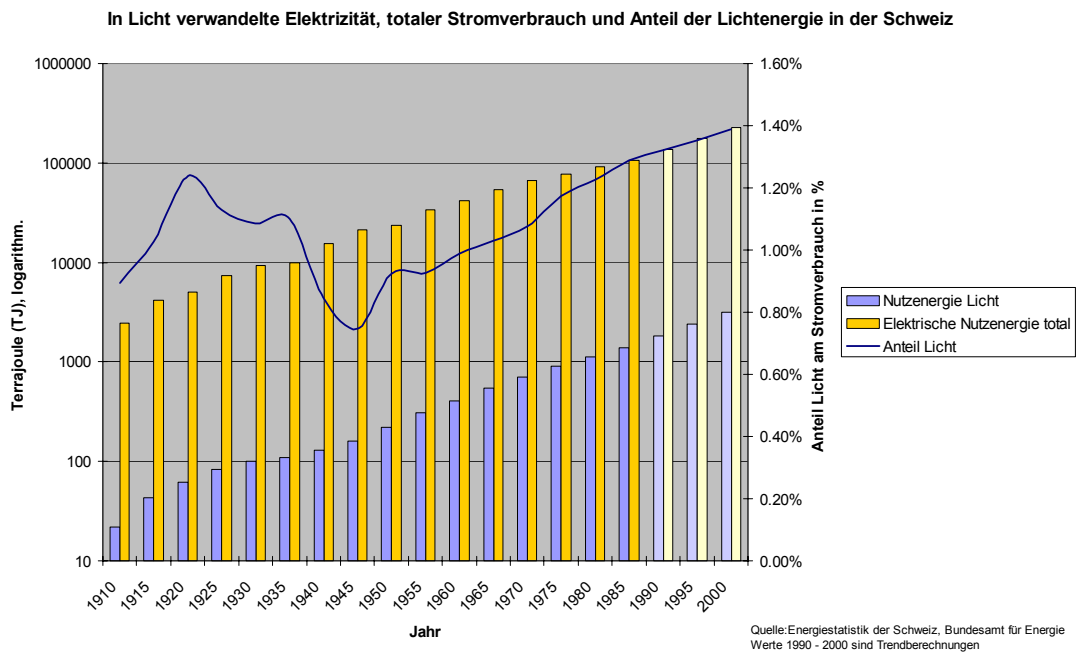


Abbildung 5: Patrick Schellenbauer, publiziert in Zürcher Wirtschaftsmagazin Nr. 3/2001

Der Gebrauch von Kunstlicht ist seit Jahrzehnten zunehmend. Aus den Kurven ist ersichtlich, dass Licht nicht nur mit dem exponentiellem Wachstum des allgemeinen Stromverbrauchs mitwächst, sondern sogar selbst prozentual zum Gesamtverbrauch ebenfalls zunimmt (Kurve Anteil Licht). Zudem ist die Lichtausbeute²⁹, d.h. der Wirkungsgrad verbessert worden. Die effektive Helligkeit hat diesbezüglich nochmals ein grösseres Wachstum erfahren. Interessant wäre, genauer zu eruieren, wieso die Kategorie Licht im Gegensatz zu anderen stromkonsumierenden Industriezweigen, permanent nur zunimmt. Eine Vermutung wäre unter anderem eine unangemessene Anspruchshaltung und die Billigkeit der zur Verfügung stehenden Energie für Licht.

²⁹ Lumen/Watt

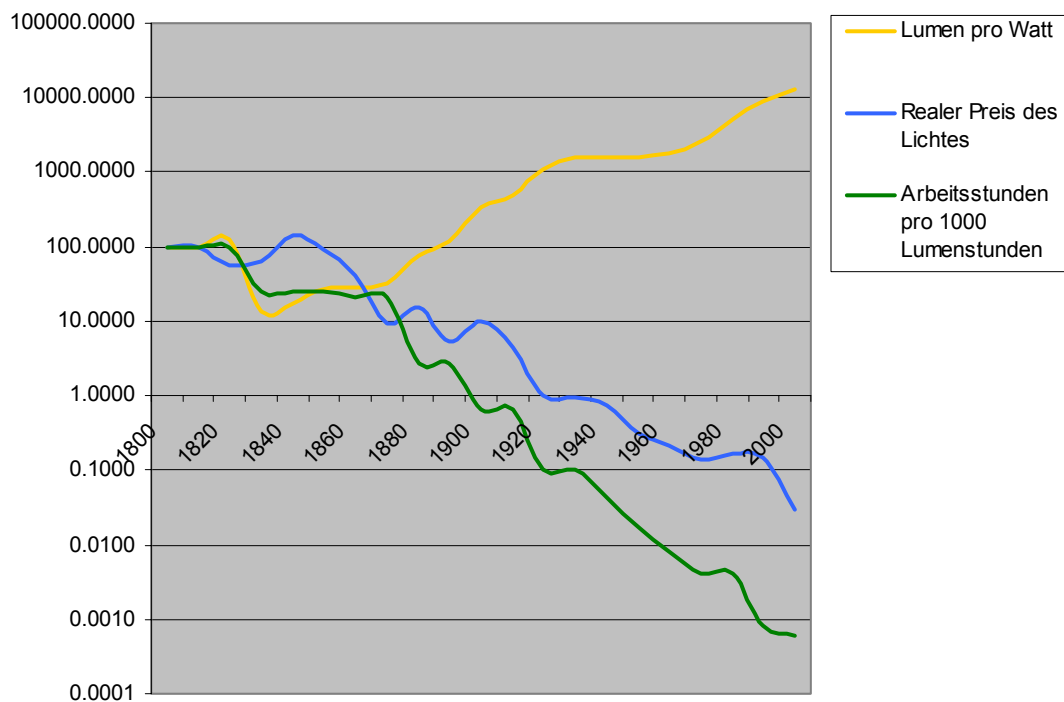


Abbildung 6 : Index der Energieeffizienz, des realen Preises und des produktivitätsadjustierten Preises von Licht, Indexbasis 1800, von Patrick Schellenbauer (aufgrund Quelldaten von William D. Nordhaus)

Einige herausgenommene Daten zeigen:

Um 1800 musste man noch 5.4 h für 1000 Lumenstunden arbeiten, um 1910 waren es noch 0.1 h für 1000 Lumenstunden und 1990 sind es noch 0.0001 h pro 1000 Lumenstunden. Oder ein praktisches Beispiel wären auch die Energiekosten einer 100 Watt Lampe an einem Abend. Angenommen diese brennt an 30 Tagen 4 Stunden und der Preis wäre 0.1 Sfr/kWh, dann ergeben sich Energiekosten von $0.1 \text{ kWh} \times 4 \text{ (h)} \times 30 \text{ (Tage)} \times 0.1 \text{ Sfr/kWh} = 1.20 \text{ Sfr}$ pro Monat. Die Energiekosten für Licht stehen heutzutage in keinem Verhältnis zum Monatslohn.

Ein weiteres, diesmal öffentliches Beispiel, war an der EXPO 2002. Ein Lichtkünstler gestaltete ein Projekt für den Aussenraum, das ursprünglich eine Anschlussleistung von 600 kW für Lichtanlagen benötigte. Dieses Projekt hätte eine enorme Lichtverschmutzung verursacht. Kurt Wirth von der DSS konnte in Zusammenarbeit mit der Expoengiestelle,

durch Ueberlegungen von einer anderen Seite her³⁰, die geplanten 600 kW auf 30 kW Anschlussleistung runter optimieren³¹. Hier zeigt sich, wie mit Licht und Energie umgegangen wäre, wenn man grenzenlosem Anspruchsverhalten seinen freien Lauf liesse und keine neuen Ansätze in der Belichtung von Aussenräumen einbringen würde.

Weitere Kostenbetrachtung in Relation

Der Ansatz, Lichtverschmutzung über finanzielle Anreize anzugehen, muss vorerst verworfen werden. Finanzielle Einsparungen sind zwar auch hier möglich, aber ob sie den Schwellenwert zur Auslösung einer reformativen Handlung überschreiten, ist im Moment unwahrscheinlich. Licht ist relativ günstig produzierbar. Energieeinsparungen beruhen bis anhin vor allem auf dem Umsteigen auf neue Lichtquellen, d.h. dem Austauschen von Birnen. So wird z.B. bei Strassenlampen vermehrt die Natriumdampf-Hochdrucklampe eingesetzt. Diese hat eine höhere Ausbeute, d.h. kann aus der gleichen Stromenergie mehr Licht produzieren³². So kann Strom gespart werden, indem bei den ohnehin notwendigen Reinigungszyklen lediglich die Birne ersetzt wird. Diese Gangart der Einsparung hat sich bis in die Wohnungen fortgesetzt, wo man auch Sparlampen einsetzt.

So positiv in dieem Sinne die Weiterentwicklung der Lichtquellen und deren Einsatz ist, diese Entwicklungsrichtung hat keinen positiven Einfluss auf die Lichtverschmutzung, da sie nicht geometrische Aspekte der Leuchte berücksichtigt. Der Einsatz einer energiesparenden Birne bei einer Glaskugelleuchte wie beim Bild unten beim Thema Abschirmung, hat keinen Einfluss auf die Abstrahlung von Licht, das über die horizontal gedachte Linie geht. Das heisst, das Licht geht auch in diesem Fall ungenutzt in den Himmel, wo es keinen Beleuchtungszweck erfüllt.

Soll Lichtverschmutzung angegangen werden, reicht es nicht, nur die Birnen auszutauschen. Die geometrischen Aspekte müssen auch einbezogen werden. Weitere interdisziplinäre Aspekte sind im Kapitel Lösungsansätze zu finden. Bei den geometrischen Aspekten einer Leuchte sind andere Austauschzyklen vorhanden. Die Stadt Basel, deren öffentliche Aussenbeleuchtung die IWB³³ betreiben, verfügen über etwa 20'000 Leuchten. Davon sind rund 15'500 Leuchten für die Strassenbeleuchtung. Pro Jahr werden ca. 800 Leuchten ersetzt. Das ergäbe einen Austauschzyklus von 25 Jahren. Die geometrische Problemlösung der Lichtverschmutzung ist somit vorwiegend eine längerfristige, die die im Umweltschutz bekannten Umsetzungsschwierigkeiten beinhaltet.

³⁰ Aspekte der Himmelsaufhellung durch künstliches Licht

³¹ Finanzielle Kürzungen von 1.4 Mio. Sfr auf 700'000 Sfr trugen sehr zur Sparanstrengung bei.

³² Lichtausbeute einer Natriumdampf-Hochdrucklampe etwa 100-130 Lumen/Watt

³³ Industrielle Werke Basel, Margarethenstr. 40, 4008 Basel

Wie gering die Kosten für den einzelnen Verbraucher³⁴ sind, zeigt folgende konkrete Angabe der Stadt Basel (Stand 1993): Auf rund 200'000 EinwohnerInnen fallen rund 20'000 Leuchten. Der Energieanteil dieser öffentlichen Beleuchtung, bezogen auf den Gesamtstromverbrauch des ganzen Einzugsgebietes, beträgt 0.62%. Dies ergibt einen durchschnittlichen Jahresverbrauch pro Person pro Jahr von 48 kWh. *Die Kosten pro Person pro Jahr sind lediglich 8 Sfr.* Ueber Geldeinsparung hier etwas für den Umweltschutz zu tun, ist undenkbar. Dennoch ist Umweltschutz nicht kausal eine Funktion von Geldeinsparung. Eventuelle Umweltkosten sind beim heutigen Preis für Licht bestimmt nicht internalisiert.

4.4 Weitere Aspekte

Die Eile und fehlende Rückkoppelung

Ein Phänomen der Lichtverschmutzung ist die Eile und Geschwindigkeit mit der sie vorangeht. Gemäss obiger Grafik ist das Wachstum des Kunstlichts exponentiell. Dies bedeutet, dass in immer kürzerer Zeit gleich viel Licht installiert wird. Die verkürzte Planungszeit erschwert die Reaktion auf Feedbacks. Die Lichtplanung in Aussenräumen kann aus *ökologischer Sicht* durchwegs als eindimensional betrachtet werden. Neben den notwendigen Sicherheitsaspekten gibt es eingespielte Denkstrukturen, die andere Planungsansätze schwer zugänglich machen. Feedbacks, ob Lichtverschmutzung *negative* Auswirkungen haben könnte, werden kaum hinterfragt. Da auch keine konkrete Gesetzgebung in Form einer Verordnung vorhanden ist, sieht man auch keinen Handlungsbedarf. Die Schere zwischen nachgelieferter, gesicherter Erkenntnis der Schädlichkeit und dem weiteren Anwachsen der Lichtverschmutzung, vergrössert sich. Grundlagenforschung zur Sicherung der Erkenntnisse wären notwendig.

Städtebau

Unter den bis anhin erklärten Aspekten der Lichtverschmutzung, könnte die städtebauliche Beleuchtung einmal ganz anders betrachtet werden. Anstatt nur quantitativ, wachstumsorientiert mehr zu beleuchten, wie das teilweise neuere Stadtbeleuchtungskonzepte anzustreben scheinen, könnten qualitative Begriffe wie Angemessenheit und echte Sinnlichkeit wieder aufgenommen werden³⁵. Beleuchtungsplanung könnte eine Qualität nach innen anstreben, anstatt unter Entwicklung nur quantitatives Wachstum zu verstehen. Licht kommt erst im Dunkeln zur Geltung. Will man mit Kunstlicht etwas gestalterisch in Szene setzen, ist es notwendig, dass sich die Umgebung dunkel absetzt, da ansonsten die Wirkung des Kontrastes nicht vorhanden ist. Die alleinige Tendenz, immer mehr Licht einzusetzen, setzt die städtischen Räume lediglich auf

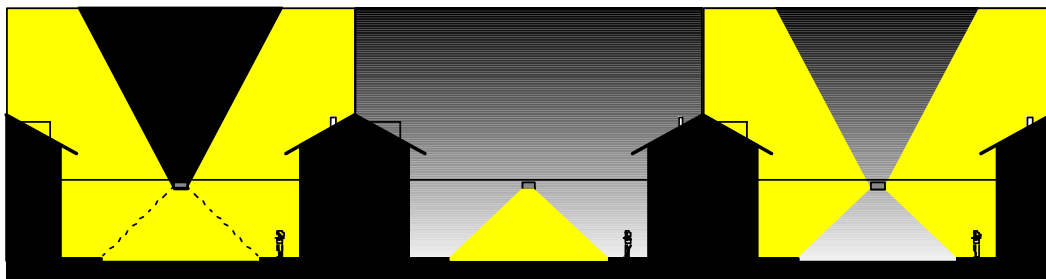
³⁴ Informationen aus Blatt von „Öffentliche Beleuchtung im Kanton Basel-Stadt“, erhalten von Hr. Hak, IWB Basel, Frühjahr 2002

³⁵ Schon Frank Lloyd Wright sagte: „Less is more“

ein aufgehellteres Niveau. Da schon vieles irgendwie beleuchtet wird, man denke an den Weltatlas von P. Cinzano, kann nur noch mit noch stärkerer Beleuchtung etwas auffallen. Doch irgendwann dürften auch da Grenzen auftreten. Eigentlich wird die Möglichkeit, mit Licht Atmosphäre zu schaffen, durch das Uebermass an Licht zerstört. Was die Stimmung angeht, so war z.B. früher die Qualität der Weihnachtsbeleuchtung nicht in der Grellheit, sondern in der Sinnlichkeit zu finden. Um mit Kunstlicht sinnliche Gestaltung zu erreichen, bedarf es eines sinnvollen Masses. Die einzige Zeit im 24 Stundenrhythmus, mit Kunstlicht was gestalterisch zu bewirken, bietet nur die Nacht. Diese verschwindet als solche zunehmend. Lichtgestaltung setzt sich mittlerweile nicht nur aus der Berechnung von Anschlusswerten und genügenden Beleuchtungsstärken zusammen, sondern ist weit interdisziplinärer.

Auch in der Architektur wird zwischen Innen- und Aussenräumen unterschieden. Der Innenraum kommt vielmals im Zusammenhang mit mehr Privatsphäre vor, der Aussenraum ist in der Regel öffentlich. Es stellt sich die Frage, ob private Bedürfnisse grenzenlos in den öffentlichen Aussenraum emittiert werden dürfen. Obwohl eine chronische Angewöhnung an Lichtreklamen in Aussenräumen da ist, verunstaten sie von gewissen architektonischen Standpunkten aus gesehen, auch Stadträume. Ein weiterer Aspekt ist auch die Möglichkeit des sich Fernhalten könnens von störenden Ueberbeleuchtungen. Durch das Nicht-Betreten einer Diskothek oder das Abschalten des Fernsehers, kann das Individuum selbst entscheiden, ob es sich den teilweise nervös bewegenden Lichtern oder den Reklamen aussetzen will oder nicht. In den öffentlichen Räumen ist das zunehmend weniger möglich, es wird einem zwanghaft aufgedrückt, ohne Rücksicht auf das Individuum, das dies nicht wünscht.

In der folgenden Darstellung ist ein Querschnitt eines Strassenraumes, der drei qualitativ verschiedene Aussagen macht. Die Darstellung ist bewusst einfach gehalten, damit die wichtigen Aussagen klarer Auftreten. Die Verläufe der Lichtkegel zum Dunkeln sind hier scharf abgegrenzt dargestellt, was in Wirklichkeit selten der Fall ist.



Schnitt A

Schnitt B

Schnitt C

Abbildung 7: Querschnittsbetrachtung eines öffentlichen Strassenraums

Schnitt A:

Dies ist eine von den heute existierenden Situationen. Die an einem Seil abgehängte Leuchte mit Glaswanne, leuchtet den Strassenraum undifferenziert aus. Licht imitiert durch Fenster in Räume anliegender Gebäude. Handelt es sich z.B. um Schlafzimmer in oberen Stockwerken, kann diese Immission lästig sein. Inwiefern angestrahlte Fassaden einen Beitrag an Sicherheit leisten können, ist situationsbedingt. Die bessere Erkennung von möglichen Passanten oder die grössere räumliche Ausleuchtung für höhere Fahrzeuggeschwindigkeiten könnten Argumente sein. Dasjenige Licht, das über die Horizontale geht, hat aber wenig mit dem benutzten Raum auf der Strassenebene zu tun, und dasjenige, das gegen den Himmel gerichtet ist, ist in jedem Fall sinnlos produziertes Licht. Der Längsschnitt der gleichen Situation liesse kaum Argumentationen für über die horizontal gedachte Linie finden. Der geringere Planungsaufwand durch das Installieren einheitlicher Leuchtentypen, die nicht situationsbedingt angepasst sind, wird mit einem unnötigen Energieverlust, und von einem bestimmten Standpunkt aus gesehen, mit einem undifferenzierterem Nachtstadtraum bezahlt.

Schnitt B:

Die Beleuchtung ist bewusst auf ein Minimum gesetzt und als Ausgangslage zu verstehen. Die Beleuchtungsstärken sind in einem ersten Schritt nach der Geschwindigkeit für Fahrzeuge ausgelegt. Die höchste Beleuchtungsstärke liegt im Bereich der Fahrzeugfahrbahn. Nun wird die Reflexion einbezogen. Je nach Bahnbelag, wird nämlich auch ein bestimmter Teil des direkten Lichtes immer reflektiert und gibt einen nicht unerheblichen Anteil an diffusem Licht, das auch Stadträume indirekt erhellt. Grobe Anhaltspunkte sind 10% bei Asphalt und bei Beton rund 20%. Das diffuse Licht kann ausreichen, den Trottoirbereich, mit Schrittgeschwindigkeit benutzter Zone, zu beleuchten. Sollte dies nicht der Fall sein, kann der Abstrahlwinkel der Strassenleuchte vergrössert werden, bis z.B. auch die Fläche des Trottoirs beleuchtet ist. Als positiver Nebeneffekt stellt sich die verminderte Blendung heraus. Die Augen des Fussgängers liegen nicht im Lichtkegel des direkten Lichts, was aufgrund geringerer Blendung die Sichtbarkeit von Objekten signifikant *erhöhen* kann. Ein weiterer gestalterischer Aspekt ist der neu zur Verfügung stehende Raum, entlang der Fassade. Eingangsbeleuchtungen und anderes würden auch hier mit geringerer Leuchtdichte sogar besser zur Geltung kommen, da der Kontrast zum dunklen Raum erhöht ist. Die Möglichkeiten hängen stark vom Abstrahlwinkel und der Abgrenzung des Direktlichtkegels ab. Ein Abstrahlwinkel von bis knapp an die horizontale Linie würde den Stadtraum wieder mit Licht fluten und eine schrittempogerechte Gestaltung verunmöglichen.

Schnitt C:

Der gelbe Lichtteil ist die Differenz zwischen Schnitt A und Schnitt B. Der zweidimensionale Schnitt zeigt hiermit schon rein geometrisch ein Einsparungspotential auf. In Wirklichkeit wäre ebenso der Raumwinkel³⁶ zu betrachten, der das Potential vollständig aufzeigt.

³⁶ In Sterad gemessen

Blendungen

Die Helligkeitsadaption des Auges richtet sich nach dem hellsten Punkt, der in der Nähe der Blickrichtung liegt. Während des Tages gibt es lediglich die Sonne als einzige Punktlichtquelle und diese ist in der Regel nicht im direkten Blickfeld zu sehen. Bei Tageslicht wird der weitaus grösste Teil der Umwelt über reflektiertes Licht wahrgenommen. Nur beim tatsächlichen in die Sonne schauen, wird so genanntes direktes Licht auf die Netzhaut fallen und entsprechend blenden. Im Gegensatz zur natürlichen Tageslichtsituation, trifft man in der Nacht betreffend künstlicher Beleuchtung, diesbezüglich eine gegenteilige Situation an.

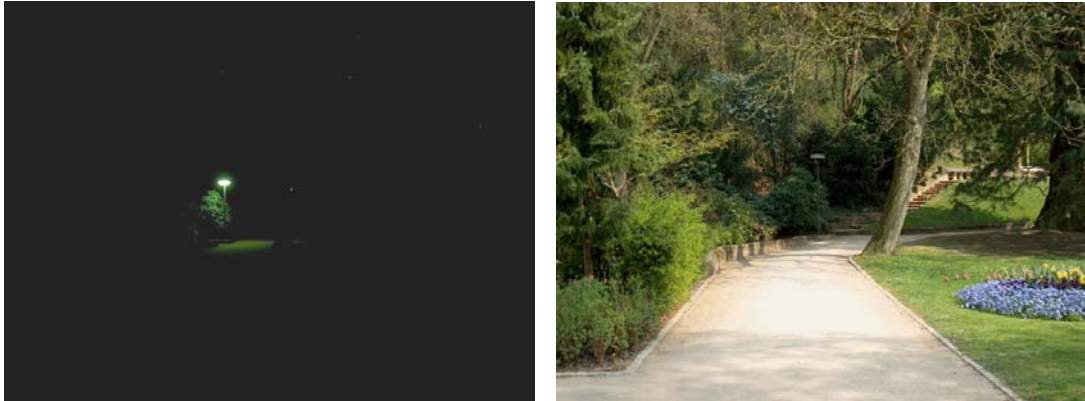


Abbildung 8: Die gleichen Aufnahmen bei Tag und bei Nacht. Durch Blendung und falsche Abschirmung wird die Wahrnehmung der Umgebung sogar vermindert.

Durch ungenügende Abschirmung wird der Passant schon aus zu grosser Distanz geblendet. Sein Auge adaptiert an die helle Punktlichtquelle. Durch die Adaption kann er den Nebenraum schlechter erkennen.

Unter diesem Aspekt dürfte der Abschirmungswinkel sogar noch kleiner als 90° zu liegen kommen, was aus Sicht der Lichtverschmutzung noch besser wäre. Die Verkürzung der Blenddistanz kann in vielen Fällen die optische Erfassung der Umgebung verbessern.

5 Lösungsansätze

5.1 Rahmenbedingungen

Für die Abklärung, ob Lichtverschmutzung in der Schweiz überhaupt eindämmbar ist, müssen vorerst zwei Bereiche betrachtet werden. Auf der einen Seite sind es die gesetzlichen Grundlagen, auf der anderen Seite die technische Machbarkeit.

Gesetzliche Grundlagen

Lästige und schädliche Einwirkungen auf Lebewesen sind zu erwarten, aber aufgrund noch zu wenig getätigter Grundlagenforschung nicht umfassend bestätigt. Hier wäre noch Forschungsbedarf erforderlich. Das Bundesamt für Statistik (pers. Mitteilung von P. Jungo, Oktober 2002) zieht in Erwägung, Lichtverschmutzung als einen Umweltindikator aufzunehmen. Die Schweiz hat sich in den Abkommen von Rio 1992 und Johannesburg 2002 unter anderem verpflichtet, die Artenvielfalt zu erhalten. Betreffend Lichteinflüsse hat das BUWAL (Abteilung Natur, Landschaft) folgenden Sachverhalt schriftlich bestätigt: „Ein allgemeiner Auftrag zum Schutz auch des Nachthimmels ergibt sich aus Artikel 3 des Bundesgesetzes über den Natur- und Heimatschutz (NHG) vom 1. Juli 1966 (SR451). Zum dort erwähnten „heimatlichen Landschaftsbild“ gehört die *Landschaft um und über uns*.“ (Brief vom BUWAL, 07.02.01). Eine interne Sitzung zur Sammlung von Aspekten, vor allem im Bereich rechtliche Abklärung, hat stattgefunden (pers. Mitteilung B. Kägi, 11.11.2002). Der Kanton Graubünden hat im Frühjahr 2002 bei der kantonalen Regierung ein Postulat eingereicht, um Gesetze gegen die Lichtverschmutzung zu erlassen. Die Regierung hat das Postulat beantwortet und darauf hingewiesen, dass die bestehende Gesetzgebung eigentlich reichen sollte.

Der Erhalt des Sternennachthimmels für nachkommende Generationen müsste eigentlich³⁷ auch unter dem **Artikel 73 der Bundesverfassung** zu sehen sein. Der ökologische Aspekt im allgemeinen wurde auch in der Vorstellung am 03.09.02 in Johannesburg, der „Strategie Nachhaltige Entwicklung 2002“ von Bundesrat Deiss vorgestellt (siehe Anhang).

Folgende Gesetze können im Zusammenhang mit Lichtverschmutzung als Ausgangslage gesehen werden:

- **Bundesgesetz über den Schutz der Umwelt (USG)**³⁸

Art. 1, 6, 7, 11, 42

³⁷ Behauptung des Autors

³⁸ Die Texte sind im Anhang Gesetzestexte ausgeschrieben vorhanden

- **Bundesgesetz über die Jagd und den Schutz wildlebender Säugetiere und Vögel**
Art. 1
- **Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz**
Art. 1, 3, 18,
- **Strassenverkehrsgesetz**
Art. 61
- **Signalisationsverordnung**
Art. 95, 96, 98

5.2 Konkrete technische Ansätze

Der zweite Bereich ist derjenige der technischen Machbarkeit. Vorweggenommen sei, dass die Technologie auf dem heutigen Kunstlichtmarkt soweit fortgeschritten ist, dass die Lösungen zur Eindämmung der Lichtverschmutzung aus technischer Sicht als trivial zu bezeichnen sind. Es mangelt weniger an den technischen Möglichkeiten, sondern mehr an der Art der Anwendung von Kunstlicht in Aussenräumen. So z.B. dass Lichtabfall als solcher gar nicht erkannt wird und die Anwendung der bestehenden technischen Möglichkeiten in Hinblick auf Oekologie eine zu geringe oder sogar gar keine Gewichtung erfahren.

Um verschiedenste Anforderungen einbeziehen zu können und dennoch eine Ueberblickbarkeit beizubehalten, wurde der folgende 5 Punkte Leitfaden zusammengestellt.

5-Punkte Leitfaden zur Eindämmung der Lichtverschmutzung

1. Notwendigkeit	(Grundlegendes Aenderungsverhalten)
2. Abschirmung	(räumlicher Aspekt)
3. Richtung	(planerischer Aspekt)
4. Beleuchtungsstärke und Art	(Anspruchshaltung)
5. Zeitliche Begrenzung	(Zeitplanung)

In den folgenden Abschnitten wird jeder Punkt erläutert, so dass ein Grundverständnis entstehen sollte, wie auf den Ebenen Bund, Planung, Ausführung und Kontrolle vorgegangen werden könnte.

5.2.1 Notwendigkeit

Die effizienteste Wirkung zeigt diejenige, die im Vorstadium der Planung beginnt. Eine nicht erforderliche Leuchte, die nicht erstellt wird, spart Ressourcen, Materialkosten, Betriebs- und Unterhaltskosten. Hier taucht vor allem die Frage der Nachplanung auf, denn immer wieder dazukommende Beleuchtungen erhellen auch mehr die Räume. Gerade bei Reklamen ist das gegenseitige Aufrüsten beobachtbar. Auffälligkeit kann mit einfach stärkerem Licht relativ leicht erzeugt werden. Bei Nicht-Installation entfällt auch sämtlicher Kontrollaufwand. Eine klare Abschaltregulierung könnte auch die Nachplanung betreffend Minimal-beleuchtungsstärken vereinfachen, da keine unnötigen Doppelbeleuchtungen erfolgen sollten. Ob allerdings der kontinuierliche, anzahlmässige Verzicht auf unnötige Leuchten in der heutigen Marktwirtschaft jemals als positiv gewertet sein will, ist abzuwarten.

5.2.2 Abschirmung

Unter Abschirmung ist die Massnahme zu verstehen, die dasjenige Licht abschirmt, das ohne diese Massnahme in eine falsche Richtung ausgestrahlt werden würde. Eine immer falsche Richtung ist der offene Raum über uns, also der Himmel³⁹. Licht, das in eine falsche Richtung geht, stellt unnötigen „Lichtabfall“ dar, dessen Energie vorerst irgendwo produziert wurde und zweckungebunden als „Abfall entsorgt“ wird. Zum Beispiel Glaskugelleuchten strahlen räumlich in alle Richtungen, und sind potenzielle Energieverschwender und Lichtverschmutzungsverursacher (rund 50% Energieverlust aufgrund von rein geometrischen Aspekten). Zudem schaffen sie schlechte Ausleuchtungsverhältnisse, da das Verhältnis Blendung/Ausleuchtung schlecht ist.

Eine Abschirmung kann als Reflektor ausgebildet werden und das so reflektierte Licht, bei intelligenter Umlenkungssteuerung, auch an den Ort leiten, wo es zum Beleuchtungszweck dient. So kann es mit weniger Energieverbrauch einen Ort mit der gleichen Beleuchtungsstärke beleuchten. Abschirmungen und Reflektoren sind technische Potentiale zur Verminderung der Lichtverschmutzung und Energieverschwendung.

³⁹Also derjenige Raum, wo Menschen sich nicht aufhalten (Ausnahme Flugverkehr)



Abbildung 9: Ausseraumleuchte ohne Abschirmung und mit hohem Lichtenergieverlustanteil

Die horizontal gedachte Linie

Es gibt eine einfache Betrachtungsweise, die es ermöglicht, auch ohne lichttechnisch physikalische Kenntnisse, eine sichere Beurteilung betreffend geometrischen⁴⁰ Wirkungsgrad einer Leuchte zu machen.

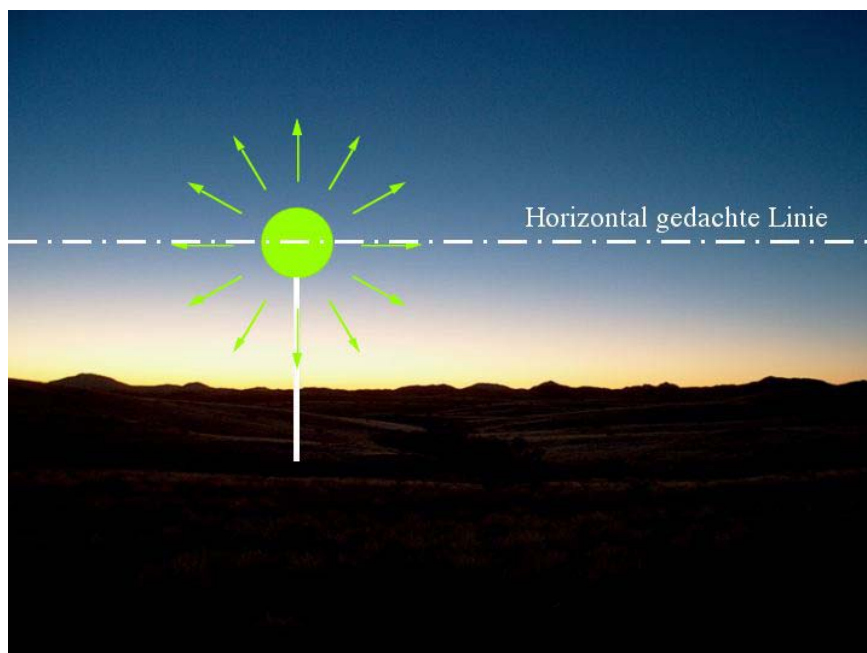


Abbildung 10: horizontal gedachte Linie. Dasjenige Licht, das über die Linie geht, führt in den Himmel, wo es keinem Beleuchtungszweck dient.

⁴⁰ Nicht mit Wirkungsgrad der Lichtquelle (Birne, Röhre, etc.) zu verwechseln.

Eine virtuell gedachte horizontale Linie, die durch die Lichtquelle geht, lässt die Leuchte in eine obere und eine unter Sphäre teilen. Jeder von der Leuchte direkt oder indirekt austretende Lichtstrahl, bildet einen Winkel zwischen sich und dem Lot zur Erdoberfläche. Als kritischer Winkel wird derjenige bei 90° definiert. Grössere Winkel gehören zur Lichtverschmutzung per Definition. Die kleineren Winkel gehören nicht dazu, wenn sie die anderen vier Punkte der 5-Punkte Leitlinie erfüllen. Der 90° Winkel ist auch aufgrund der Praktikabilität so festgelegt. Aspekte der Erdkrümmung und eventuelle Fassadenanleuchtungen in Strassenräumen werden hier bewusst ausgeschlossen, da diese genauer situationsmässig⁴¹ lösbar sind.

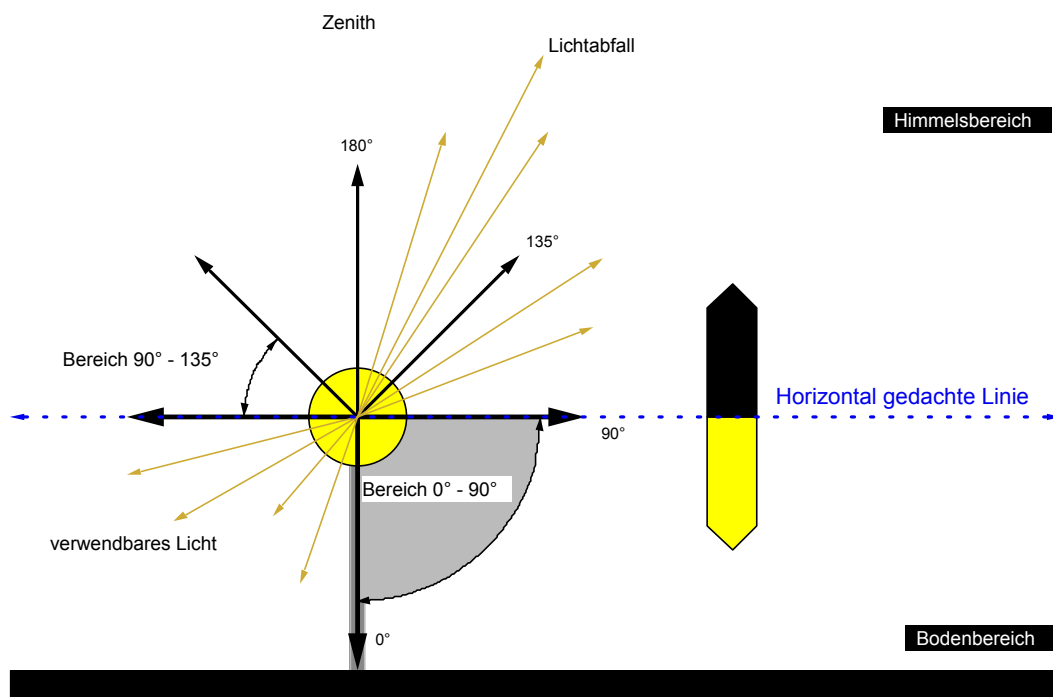


Abbildung 11: Die horizontal gedachte Linie und Einordnung der Lichtrichtungen

Zur Aufhellung des Raumes über uns tragen vor allem die emittierten Lichtstrahlen mit den Abstrahlungswinkeln zwischen 90° - 135° . Diese Strahlen legen einen längeren Weg durch die Atmosphäre zurück und treffen so auf mehr Teilchen, an denen sie gestreut werden.

⁴¹ Die Anwendung einheitlicher Lampentypen ergeben aus Sicht der Lichtverschmutzung keine akzeptable Kompromisslösungen, da die Kumulation der grossen Anzahl Leuchten zu berücksichtigen ist.

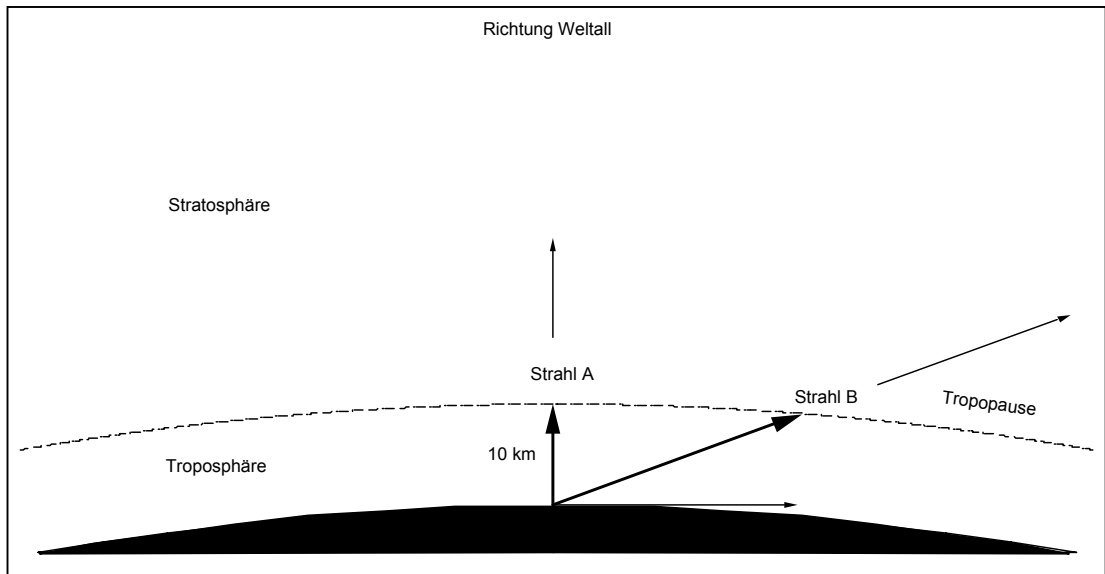


Abbildung 12: Strahl A trifft auf seinem Weg auf weniger Teilchen als Strahl B

Aus diesem Grunde ist die Einhaltung des 90° Winkels so wichtig.

Der vorwiegend grösste Teil der heute eingesetzten Leuchten im Aussenraum hat keine oder eine ungenügende Abschirmung. Bei der praktischen Beobachtung der Leuchten in Aussenräumen sind selten solche installiert, die dem so genannten Full Cutoff⁴² Kriterium entsprechen. Zu den schlecht abgeschirmten Leuchten zählen auch die meisten, selbstleuchtenden und angeleuchteten Reklamen.

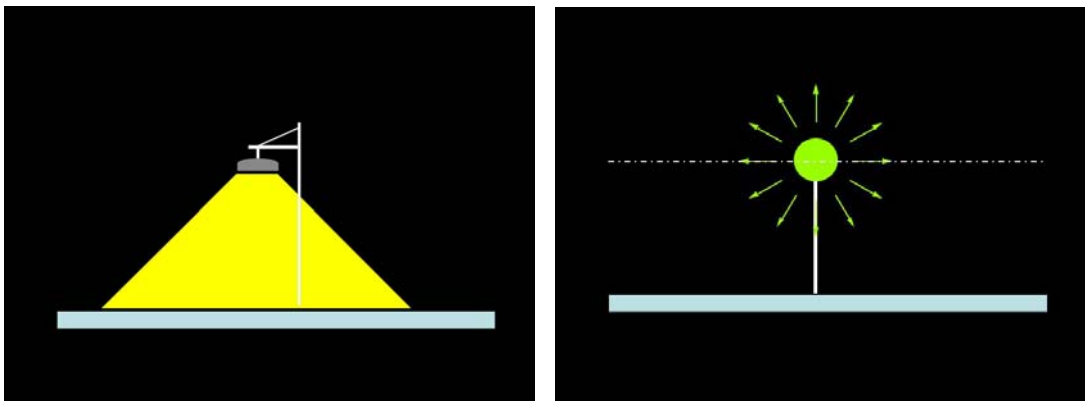


Abbildung 13: mit richtigem Ansatz,

mit falschem Ansatz

⁴² Als Full Cutoff werden Leuchten bezeichnet, die kein Licht über die horizontal gedachte Linie hinaus lassen.

Die folgenden vier aufgeführten Beispiele täuschen lediglich eine Abschirmung nach oben vor.



Abbildung 14: Beispiele schlechter Aussenleuchten, aus Sicht der Lichtverschmutzung



Abbildung 15: Beispiele guter Aussenleuchten, mit Erfüllung des Full Cutoff Kriteriums

5.2.3 Richtung

Die Richtung ist grundsätzlich von *oben nach unten* zu wählen. Alle anderen Richtungen sind aus der Sicht der Lichtverschmutzung mit höherem Aufwand verbunden. Beleuchtungen von *unten nach oben* sind betreffend Lichtabfall in den Himmel technisch nicht lösbar. Die SLG⁴³ macht betreffend Lichtimmissionen auf folgende nicht empfehlenswerte bzw. empfehlenswerte Varianten von Leuchten aufmerksam.

⁴³ SLG, Schweizerische Lichttechnische Gesellschaft

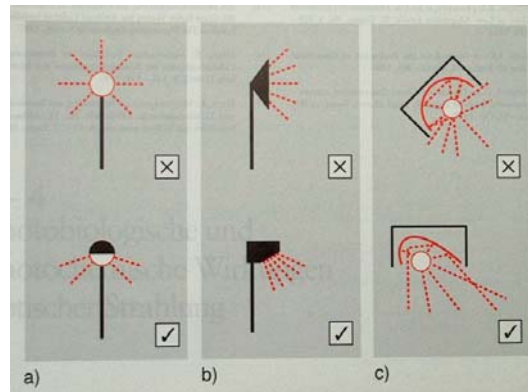


Abbildung 16: Nicht empfehlenswerte und empfehlenswerte Varianten von Leuchten (aus Handbuch für Beleuchtung, SLG; ursp. Quelle, LiTG-Publikation Nr. 12.2. Berlin, 1996)

Wobei die unter a) als empfehlenswert bezeichnete Variante, aus Sicht der Lichtverschmutzung ungenügend abgeschirmt ist. Die Halbglasswanne lässt zuviel direktes Licht über die horizontal gedachte Linie (siehe Foto oben, Beispiele schlechter Aussenleuchten, Bild rechts aussen)



Abbildung 17: links, Möbelgeschäft, das durch Bewegungsmelder ausgelöst, Passanten anstrahlt, um Aufmerksamkeit zu erzeugen. Rechts, zu den bestehenden 36 Platzbeleuchtungen wird ein zusätzlicher Strahler auf das „Schneekunstgebilde“ gerichtet.

Bei den oberen zwei Bildern befinden sich die Strahler nahe an der Autofahrbahn. Die Blendung eines Fahrzeuglenkers ist enorm. Die Anwendung des Art. 61 des Strassenverkehrsgesetzes kommt aber nur zum Zug, wenn eine Anzeige oder ein amtlicher Kontrollgang dies beanstandet. Der Aufwand für eine Behandlung der Vielzahl von Leuchten wäre riesig.



Abbildung 18: Alltägliche, nicht unter dem Aspekt Lichtverschmutzung wahrgenommene Beleuchtungen, die hauptsächlich den Himmel anleuchten.

Die unproblematischste Ausrichtung einer Lampe, ist auch hier die **von oben nach unten**. Alle anderen Richtungen erschweren grundsätzlich den Aufwand, um Lichtabfall zu verhindern. In der Regel ist die Richtung von unten nach oben unlösbar.

5.2.4 Beleuchtungsstärke und Art

Beleuchtungsstärke und Leuchtdichte

Die Beleuchtungsstärke ist ein gängiges Mass der Lichtmessung. Die Einheit der Beleuchtungsstärke ist Lux. Sie kann als Immission an einem Ort gesehen werden. Ein weiterer Messwert ist die Beleuchtungsichte, die die Einheit $[\text{cd}/\text{m}^2]$ hat⁴⁴. An einem Ort, wo die gleiche Beleuchtungsstärke vorhanden ist, können verschiedene Leuchtdichten gemessen werden. Beispiel: Unter einer Strassenleuchte misst man am Boden das Licht, was von oben kommt (Beleuchtungsstärke in Lux). Misst man das, was vom Boden reflektiert wird, handelt es sich um die Leuchtdichte (in cd/m^2). Bei gleicher Beleuchtungsstärke ist die Leuchtdichte bei Asphalt tiefer als bei Beton.

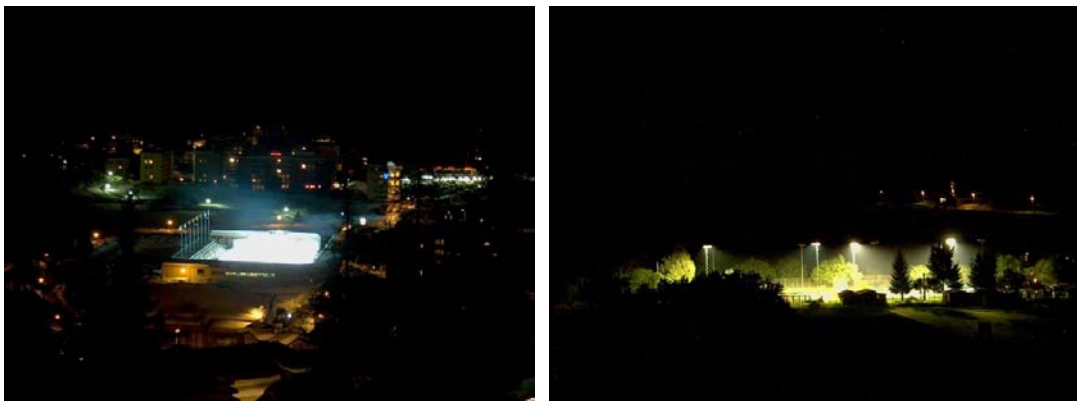


Abbildung 19: links Eisplatzanlage, rechts Tennisplatzanlage, Reflexionen am Boden

Stark reflektiert z.B. Schnee oder die Fläche eines künstlichen Eisplatzes. Dies Sportanlage links ist mit perfekten Full Cutoff Leuchten ausgestattet, die kein direktes Licht in eine falsche Richtung emittieren. Der Eisplatz selbst reflektiert hier viel Licht in den Raum über uns. Ähnliches gilt für den Tennisplatz auf dem Bild rechts.

An dieser Stelle findet die Diskussion statt, wo die Linie zwischen ökologischer Verträglichkeit und antropogenen Aktivitäten zu ziehen ist. Während bei der Abschirmung die von der Leuchte her emittierte Abstrahlung technisch lösbar ist, handelt es sich bei der Reflexion um ein strukturelles Grundproblem. Objekte nimmt man optisch vorwiegend durch reflektiertes Licht wahr. Eine Reduktion wäre so gesehen gar nicht sinnvoll. Eine Verminderung der Lichtverschmutzung per Definition ist nur möglich, wenn lediglich die

⁴⁴ Candela ist eine SI-Einheit

notwendigen Objekte beleuchtet und die Leuchtstärken auf das notwendige Minimum dimensioniert sind.

Art des Lichts

Spektrale Optimierungen wirken sich positiv auf die Umwelt aus. Das Vermeiden von UV und Licht im kürzeren, sichtbaren Wellenlängenbereich hätte weniger negative Auswirkungen auf die Insektenwelt. Bei Zugvögeln kann keine Aussage gemacht werden, zumindest ist keine bekannt (pers. Mitteilung von B.Bruderer, Oktober 2002). Beim Menschen ist bekannt, dass das Rotlicht einen signifikant positiveren Einfluss auf die Erhaltung der Dunkeladaption des Auges hat. Am 2nd European Symposium on the Protection of the Night Sky wurden im allgemeinen die Natriumdampf Hoch- und Niederdrucklampen für die ökologisch verträglichsten befunden.

5.2.5 Zeitliche Begrenzung

Eine abgestellte Leuchte verursacht keine Lichtverschmutzung. Angeleuchtete und selbstleuchtende Reklamen sind ein Beispiel für eine solche Anwendung. Die Reklamewirkung zu nächtlichen Morgenstunden ist fragwürdig. Im Lärmschutz sind die Zeiten von 06 00 Uhr bis 22 00 Uhr und 22 00 Uhr bis wieder 06 00 Uhr definiert. Dieser Ansatz könnte übernommen werden, so dass *die gewünschte Nachtruhe einen einheitlichen Sinn* macht.



Abbildung 20: Skybeamer (Foto DSS)



Abbildung 21: Ferienhaus in einem Touristenort, nahe eines Restnaturgebietes

Ein Beispiel dazu ist die in jüngster Zeit beobachtbare Mode, Gebäude aller Art anzuleuchten. Dies lässt sich allerdings auch vom Standpunkt des Energiegesetzes hinterfragen. Auf der einen Seite wird sinnvollerweise von der Energiegesetzgebung her gefordert, Gebäude so zu isolieren, dass sie nur zugelassene Energieverbräuche haben und so Emissionen aus fossilen Brennstoffen zu vermindern. Auf der anderen Seite wird die Energieverschwendung mit Licht stillschweigend akzeptiert.

5.3 Anwendung auf Gemeindeebene

Es ist nicht Aufgabe der Gemeinden, Forschung auf dem Gebiet der Lichtverschmutzung zu betreiben. Grundsätzlich ist die alleinige Abwälzung auf das Baubewilligungsverfahren billig. Gemeinden, die aber trotzdem sofort partizipieren wollen, können natürlich mit dem Instrument des Baubewilligungsverfahrens Einfluss nehmen. Dies wäre auch im Sinne einer lokalen Agenda zu betrachten. Von einer Aufblähung des Baureglements wird abgeraten. Eine Anmerkung im Baureglement, dass die Lichtverschmutzung geprüft werden muss, reicht aus. Die Prüfung kann durch Befolgung eines explizit dafür ausgearbeiteten technischen Merkblatts oder Anhangs erfolgen. In diesem technischen Merkblatt sollten die Abstützung auf die obgenannten Bundesgesetze und den 5-Punkte Leitfaden enthalten sein. Es wird empfohlen, neben Text auch mit Skizzen zu arbeiten. Abgeraten wird auch von einem Zonendenken. Landflächen- und Eigentumsverhältnisse können mit Parzellengrenzen klar umschrieben werden. Licht kennt eine solche Grenze nicht. In der dicht besiedelten Schweiz machen Zonenregelungen wenig Sinn.

Erste Erfahrungen haben aufgezeigt, wie früh schon Kleinigkeiten Massnahmen gegen die Lichtverschmutzung blockieren könnten. Da von Kantons- und Bundes Seite her keine klaren Anweisungen kommen, haben es Leute nicht leicht etwas durchzusetzen, wenn sie etwas auf Gemeindeebene bewirken wollen.

Beispiel 1:

In einer kleineren Gemeinde wollte eine Person beantragen, dass beim Baubewilligungsverfahren der Lichtverschmutzung Beachtung geschenkt werden sollte. Die DSS wurde angefragt, ob sie für das Baureglement einen Entwurf ausarbeiten könnte. Die DSS erklärte sich bereit, wollte aber zumindest die Selbstkosten gedeckt haben. Als die Sfr 1200.- bei der Gemeinde zur Genehmigung vorgelegt wurden, ist diese kategorisch abgelehnt worden. „Wenn man da schon etwas tun wolle, dann sicher nicht für teures Geld“, war die Antwort.

Beispiel 2:

Eine andere kleine Gemeinde wollte in Ihrer Region die Lichtverschmutzung eindämmen, weil sie eine Volkssternwarte plante und den Sternenhimmel schützen musste. Engagiert wurde das Projekt von der Gemeinde unterstützt und wird voraussichtlich realisiert werden. Dies ist ein vorbildliches Beispiel, dass das Bottom-Up Prinzip im Sinne der lokalen Agenda 21 in der Schweiz funktionieren und zumindest etwas in Gang gesetzt werden kann. In einem Vorgespräch zeigte sich, wieviel kleine Stolpersteine zu erwarten sind, wenn man die Lichtverschmutzung wirksam angehen möchte. Eine im Sinne der Lichtverschmutzung störende Beleuchtung war die Anleuchtung einer Kirche. Auf der einen Seite wollte man das Licht eindämmen, auf der anderen Seite eher doch nicht, weil unweit davon weg Wohnungsbesitzer gerade dieses angeleuchtete Gebäude als schön empfanden und man diesen Einwohnern nicht gerne unangenehm entgegentreten möchte.

Beispiel 3:

In einigen Skigebieten werden Skipisten nun auch nachts teilweise beleuchtet und betrieben. Diese Tendenz könnte zunehmen. In diesen eigentlichen Naturgebieten ist das eine fatale Entwicklung. Immer grössere Lifte fördern mehr Leute, mit Schneekanonen werden die guten Pistenverhältnisse für die Benutzung zeitlich verlängert. Der nächste Schritt ist nun, die Pisten auch noch nachts zu aktivieren. Die Erhaltung der echten Naturräume und die wirtschaftlichen Interessen stossen ebenfalls hier aufeinander.

Klarere Grundlagen auf z.B. Verordnungsebene könnten hier viel beitragen, der Lichtverschmutzung wirksamer zu begegnen.

6 Schlussfolgerungen

Der Thematik Lichtverschmutzung ist man sich zum heutigen Zeitpunkt in der Schweiz im Umweltschutz wenig bis gar nicht bewusst. Bei der Lichtplanung in Aussenräumen ist die Beachtung von ökologischen Aspekten, wenn überhaupt, eher zufällig. Die Anregungen vom BUWAL und der Regierung des Kantons Graubünden, dass nur die bestehende Gesetzgebung (z.B. USG, NHG) situationsmässig anzuwenden sei, wird flächendeckend kaum etwas bewirken. Diese Gesetze sind schon seit längerer Zeit in Kraft und eine Reaktion oder sogar ein Bewusstsein ist in der realen Praxis nicht feststellbar. Zwischen Gesetzen auf Bundesebene und der realen Praxis ist eine Interpretationslücke, so dass vernünftige, in Worten gefasste Ansätze, bis heute die Praxis nicht erreichen. In anderen Gebieten des Umweltschutzes wurden, um genau dies zu verhindern, Verordnungen mit der Absicht geschaffen, den Umweltschutzwillen in der Praxis greifbarer zu machen (mit allen Vor- und Nachteilen des Kosten- und Kontrollaufwandes als auch der Praktikabilität). Die Minderung der Lichtverschmutzung gemäss Definition über den Weg weiterer Gesetzgebung oder Verordnungen ist lediglich eine von vielen Möglichkeiten. Typenprüfungen von Aussenleuchten, die mit einem Label auf eine ökologische Qualität aufmerksam machen, Aufnahme der Lichtverschmutzungsargumente in die Planungspflichthefte der Schweizerischen lichttechnischen Gesellschaft, Wahrnehmung der Verantwortung bei grossen Leuchtenherstellern, sind einige weitere Möglichkeiten. Dafür ist aber ebenfalls die Verbreitung des Bewusstseins grundlegend, damit die Umsetzung erleichtert wird. Dazu müssen nicht nur die Einschränkungen, sondern auch die daraus resultierenden *Vorteile* ebenso wahrheitsgetreu auf allen Ebenen kommuniziert werden.

Unberührt von der Art, wie auf verschiedenen Ebenen Findungsprozesse statt finden, die Ausbreitung der Lichtverschmutzung kann letztendlich konkret nur physikalisch an der Quelle verhindert werden (auch wie gemäss USG Art. 11, Absatz 1).

Der **5-Punkte Leitfaden** vereinfacht das Verstehen der technischen Massnahmen, der gleichzeitig möglichst viele Aspekte abdecken soll. Diese Punkte könnten die Basis einer eventuellen Verordnung sein.

Um die Validität der Erkenntnisse über Auswirkungen der Lichtverschmutzung so zu erhöhen, dass die Ernsthaftigkeit erkannt wird, ist in folgenden Gebieten voran zu gehen:

- *Kommunikation auf allen Ebenen* zur Förderung des Bewusstseins dieser Thematik. So könnte z.B. das BUWAL das Thema Lichtverschmutzung aufnehmen, und entsprechende Leitlinien für Bund, Kantone und vor allem die Gemeinden abgeben. Die Gemeinden müssen informiert werden, dass Kunstlicht in Aussenräumen zu beachten ist (Baubewilligung).
- *Grundlagenforschung in der Oekologie*, um die negativen Auswirkungen durch Empirie zu bestätigen. Mögliche Fragen wären: ab welchen Beleuchtungsstärken sind relevante Auswirkungen auf die Natur zu erwarten oder ist ein Zusammenhang zwischen Artensterben und Lichtverschmutzung grösser als bislang angenommen?

- *Koordination* der in der Humanmedizin vorhandenen Kenntnisse im Zusammenhang mit Kunstlicht, z.B. Chronobiologie, Schlafforschung, Krebsforschung und dergleichen.
- *Cleaner Production Assessment, Lichtabfall* bei Aussenleuchten in der Schweiz, zum wissenschaftlichen Nachweis des Energie- und Kosteneinsparpotentials.
- Schaffung einer *Koordinationsstelle*, die die interdisziplinären Aufgaben aufbereitet (z.B. auf Bundesebene), um eine wirkungsvolle Behandlung dieses Umweltproblems zu garantieren.
- Entwicklung *irdischer Messmethoden*, um Lichtverschmutzung einheitlich zu quantifizieren und den örtlichen Detailierungsgrad zu erfassen (Kartografierung).
- Lichtverschmutzung als *Umweltindikator* festlegen.
- Aufarbeitung und deren Kommunikation, dass diese neue Betrachtung des Kunstlichts in Aussenräumen keine Nachteile sondern im Sinne der *nachhaltigen Siedlungspolitik* sogar eine Qualitätsverbesserung zur Folge hat.

Ein weiteres Zuwarten bei der Inangriffnahme der Eindämmung von Lichtverschmutzung verschlechtert das Potential der möglichen präventiven Verbesserungen enorm. Beim exponentiellen Wachstum sind die Zeitabstände der Verdoppelung des Ausmasses immer kürzer. Rückwirkend die Deinstallation von auch unnötigen Aussenbeleuchtungen zu bewirken, dürfte rechtlich schwierig sein.

7 Literaturverzeichnis

- BUBENDORFER N. (1999), Städtebau und Kriminalität, Theorie und Praxis, <http://www.bubenhofer.com/publikationen/1999stakri/staedtebau.html> (08.01.2003)
- CINZANO, P. (2001), The first World Atlas of the artificial night sky brightness, <http://deborapd.astro.it/cinzano/papers.html> (08.01.2003): Scientific papers and preprints on-line about light pollution of Pierantonio Cinzano, University of Padova, Italy
- CLARK B.A.J. (2000), Outdoor lighting and crime, <http://www.darksky.org/links/crsesali.html> (08.01.2003)
- DARK SKY, <http://www.lichtverschmutzung.de/> (08.01.2003): Die Fachgruppe der Vereinigung der Sternfreunde hat sich das Ziel gesetzt, Denkanstöße zu geben, ob und wie wir den Anblick des Sternhimmels verbessern können, ohne auf Komfort oder Sicherheit verzichten zu müssen.
- DARK SKY SWITZERLAND, <http://www.darksky.ch/> (08.01.2003): setzt sich für eine Reduzierung der Lichtverschmutzung ein, um damit nächtliche Ökosysteme zu schützen, um eine sichere und angenehmere nächtliche Umgebung in Stadt und Land zu fördern und um den Sternenhimmel als Inspirationsquelle der Menschheit zu erhalten.
- Deutsche Lichttechnische Gesellschaft (LiTG), Lichttechnische Gesellschaft Oesterreich (LTG), Schweizerische Lichttechnische Gesellschaft (SLG): LiTG-Publikation Nr 15:1997, Zur Einwirkung von Aussenbeleuchtungsanlagen auf nachtaktive Insekten.
- EISENBEIS, G. & F. HASSEL (2000), Zur Anziehung nachtaktiver Insekten durch Straßenlaternen – eine Studie kommunaler Beleuchtungseinrichtungen in der Agrarlandschaft Rheinhessens. – Natur und Landschaft 75. Jg. 4/2000: 145-156. http://www.uni-mainz.de/FB/Biologie/Zoologie/abt1/eisenbeis/Hompage_Literature.htm (08.01.2003)
- International Dark-Sky Association, <http://www.darksky.org/> (08.01.2003): " To preserve and protect the nighttime environment and our heritage of dark skies through quality outdoor-lighting.":
<http://www.darksky.org/infoshts/is042.html>
<http://www.darksky.org/infoshts/is063.html>
<http://www.darksky.org/infoshts/is091.html>
<http://www.darksky.org/infoshts/is122.html>
<http://www.darksky.org/infoshts/is125.html>
<http://www.darksky.org/infoshts/is143.html>
- Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen <http://www.lua.nrw.de/d3ed1.htm> , www.lua.nrw.de/licht/lichtbeitrag.pdf :Sachinformation zur Beurteilung von Lichtimmissionen künstlicher Beleuchtungsanlagen

- Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Deutschland, Lichtleitlinie, veröffentlicht im Amtsblatt für Brandenburg Nr. 7 vom 14.02.2001, http://www.umwelt-online.de/recht/luft/laender/nrw/lim_ges.htm (08.01.2003): Licht-immissionen, Messung, Beurteilung und Verminderung Gem. RdErl. d. Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz ,VB2-8829-(V Nr. 5/00)-, d. Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr
- New rules on light pollution <http://www.newrules.org/environment/light.html> (08.01.2003)
- PUK (Psychiatrische Universitätsklinik Basel), <http://www.chronobiology.ch/about.html> (08.01.2003), Informationen über Licht und Psyche, Abteilung Chronobiologie, Prof. Anna Wirz-Justice
- SCHULTZ, K.F.&G. (1995), Auswirkungen der Lichtemissionen einer Großgewächshausanlage auf den nächtlichen Vogelzug, <http://www.umwelt.schleswig-holstein.de/servlet/is/7969/inhalt16.html> (08.01.2003)
- The Urban Wildlands Group, <http://www.urbanwildlands.org/> (08.01.2003): is dedicated to the conservation of species, habitats, and ecological processes in urban and urbanizing areas, seeking to protect and restore biodiversity through restoration, research, and education.
- Towerkill, <http://www.towerkill.com/> (08.01.2003): This web site is a response to the above situation which has blindsided everyone - conservationists, industry, and federal agencies alike. It is the goal of this site to serve as an information resource on the towerkill problem and to promote cooperative solutions for mitigating the needless slaughter of millions of songbirds every year
- Umweltfreundliche Aussenbeleuchtung, Staatliches Amt für Umwelt, <http://www.staun-luebz.mvnet.de/pages/Agenda-aussenbeleuchtung.htm> (08.01.2003)
- U.S.A. Municipality ODLRs by State <http://www.darksky.org/ordsregs/usamunis.html> (08.01.2003), examples of ordinances