



Bild 1 Blick vom Üetliberg auf das nächtliche Zürich

## Lichtverschmutzung

# Beurteilung unnötiger Lichtemissionen

In den vorangegangenen Ausgaben ET LICHT wurde das Thema Lichtverschmutzung bereits ausführlich behandelt. In diesem vierten Teil veranschaulichen wir ein Übersichtswerkzeug, das bei Vorhaben von Aussenraumbeleuchtungen hilft, Lichtemissionen als Ganzes zu behandeln und bei jeder Leuchte die relevanten Aspekte zur Vermeidung von unnötigen Lichtemissionen vor Augen zu führen. Da im Folgenden eine präzisere Terminologie notwendig ist, werden anstatt «Lichtverschmutzung» Begriffe wie unnötige Lichtemissionen, Lichtimmissionen und dergleichen verwendet.

### Autor

René L. Kobler  
dipl. Architekt ETH/SIA  
dipl. Umwelting. NDS/FH  
Institut Energie am Bau  
St. Jakobs-Strasse 84  
4132 Muttenz

**S**tellvertretend für grosse Aussenraumbeleuchtungsprojekte sind z. B. die in letzter Zeit vermehrt zustande gekommenen Stadtbeleuchtungskonzepte. Im Gegensatz zu einigen Ansätzen im Ausland ist in der Schweiz aber von vornherein ein ganzheitlicheres Angehen spürbar. Die Thematik der Lichtverschmutzung resp. der unnötigen Lichtemissionen wird in den meisten Leitbildern aufgeführt. Dies ist ein eindeutiges Zeichen einer qualitativen Weiterentwicklung. Die Erkenntnis, dass einfach nur quantitatives Erhöhen der Lichtmenge nicht zur besseren Aussenbeleuchtung führt, ist vorhanden. Entblendung und Streulichtver-

meidung sind bei Lichtplanern schon längst als wichtige Faktoren bekannt.

### Nicht mehr – sondern weniger Licht

Die in den Leitbildern festgelegten Ziele bezüglich Eindämmung unnötiger Lichtemissionen sollen aber nicht nur auf Papier stehen, sondern auch umgesetzt werden. Dies bedeutet faktisch, dass nicht mehr, besser sogar weniger Licht in nicht zu beleuchtende Räume zu bringen ist. Als einfaches Beispiel sei hier der Raum über uns, also der Himmel, angesprochen. Alles Licht, was in den Himmel geht, erzeugt keine Wert-

schöpfung für den Menschen, weil es dort keinem Beleuchtungszweck dient. Somit ist dies eine unnötige Lichtimmission. Dieses Beispiel wird wegen der Einfachheit in diesem Bericht stellvertretend für andere Räume verwendet, z. B. Nichtsiedlungsgebiete, Schlafzimmer.

Wie kann man den Überblick bei der Vielzahl der verschiedenen Leuchten behalten, wenn man einzelne Gebiete oder Gruppen von Aussenleuchten wie zum Beispiel Städte, Gemeinden, Strassenbeleuchtung, Werbung, Privatbeleuchtung unter dem Aspekt der Eindämmung unnötiger Lichtemissionen verbessern möchte? Vor allem dann, wenn man sich mit «seiner Leuchtengruppe» nicht alleine im öffentlichen Raum befindet und die Schnittstellen zwischen den verschiedenen Akteuren noch nicht eingespielt, teilweise auch noch nicht angedacht sind. Ein erster Schritt ist die Beachtung des 5-Punkte-Plans<sup>1</sup>, der für eine einzelne Leuchte als eine Art Checkliste Hilfe leistet. Nun kommt aber ein weiterer, wahrscheinlich viel wichtiger Aspekt dazu, nämlich das Bewusstsein über den Kumulationseffekt. Damit ist das Bewusstsein gemeint, dass immer auch andere Leuchtengruppen im öffentlichen Raum mitbeteiligt sind. Eine im eigenen Bereich unterlassene Optimierung darf auch nicht einfach auf andere verschoben werden.

## Umweltbelastung vermeiden

Zur Vereinfachung ist hier nochmals der in der letzten Ausgabe beschriebene Ansatz abgebildet. Auf der linken Seite befindet sich die zu minimierende Belastung der Umwelt, auf der rechten die Faktoren wie Anzahl Leuchten, die technische Effizienz pro Leuchte (bezogen auf Lichtmenge, nicht auf Energie) und die Anspruchshaltung des Menschen.

$$BU_{\min} = A_L \times \frac{1}{TE} \times A_M$$

**Formel 1** Faktoren der Strahlung als Belastung der Umwelt im nächtlichen Zeitraum.

<sup>1</sup> (Kobler, 2002)

Die Zeichen bedeuten:

- $BU_{\min}$  steht für Belastung Umwelt.  $BU_{\min}$  ist die anzustrebende, minimal mögliche Einbringung von Lichtströmen in den Aussenraum. Damit ist gemeint, mit möglichst wenig Lichtabfall sinnvolle Bedürfnisse zu befriedigen.
- $A_L$  = Anzahl der Aussenleuchten
- $TE$  ist der Wirkungsgrad bezogen auf die Genauigkeit, wie zu beleuchtende Objekte angestrahlt werden resp. wie viel unnötiges Abfalllicht oder Streulicht produziert wird. Als Abfalllicht wird jenes Licht bezeichnet, das keinem sinnvollen Beleuchtungszweck dient. Die Wertung basiert vorwiegend auf geometrischen Betrachtungen wie Abschirmung und Ausrichtung. Je nachdem kann auch das Zeitmanagement ein Bestandteil davon sein, z. B. die Möglichkeit, Halbschaltungen oder Dimmungen zu ermöglichen.
- $A_M$  = Anspruchshaltung Mensch, präziser der aktuellen Gesellschaft. Die Wertung beruht vorwiegend auf dem der Beleuchtungsstärke, dem Spektrum und dem Zeitmanagement. Dazu gehört auch, was es nach subjektiv kollektiver Meinung als notwendig zu beleuchten gilt. Eine Anspruchshaltung, die immer nach mehr Licht verlangt, hat die physikalische Konsequenz, dass mehr Lumenströme in den Aussenraum gelangen und dort auch über Reflexion zu indirektem Lichtabfall führen.

Isolierte Betrachtungen, wie z.B. die alleinige Fokussierung auf Abschirmung ( $1/TE$ ), führen kaum zur ganzheitlichen Eindämmung. Abschirmung gegen nicht zu beleuchtende Räume ist zwar eine notwendige und effiziente, aber nicht ausreichende Methode. Neben dem Licht direkt von der Quelle gibt es auch das reflektierte Licht, das, rein physikalisch betrachtet, ebenfalls zur Aufhellung von nicht zu beleuchtenden Räumen führen kann. Dies hat stark mit dem Faktor  $A_M$  zu tun. Die Anspruchshaltung ob und wie stark z. B. eine Fassade zusätzlich beleuchtet wird, steuert indirekt auch den Anstieg der Gesamlichtmenge im Aussenraum.

## Einteilung der Lichtstromgruppen

Unter Anwendung der oberen Lichtstromgruppen kann die unnötige Aufhellung wie folgt erfasst werden:

$$f(\text{Aufhellung}_{\text{Himmel}}) = L_{\text{OH}} + RL_{\text{F}} + RL_{\text{U}}$$

**Formel 2** Aufhellung Himmel durch Kunstlicht.

Damit dies besser nachvollziehbar ist, wird hier eine neue Art sogenannte «Lichtstromgruppen» definiert. Dies ist ein Modell, das versucht, eine Präzisierung von Herkunft, Art und Behandlung verschiedener Lumenströme auszulösen.

Dabei gilt:

- $L_{\text{tot}}$  = Totallumenstrom, von Leuchte<sup>2</sup> ausgehend, wobei  $L_{\text{tot}} = L_{\text{OH}} + L_{\text{UH}}$
- $L_{\text{OH}}$  = Lumenstrom direkt von der Leuchte in den oberen Halbraum
- $L_{\text{UH}}$  = Lumenstrom direkt von der Leuchte in den unteren Halbraum
- $RL_{\text{tot}}$  = Total des reflektierten Lichtes aller Umgebungsflächen (horizontaler und vertikaler Flächen)
- $RL_{\text{tot}} = RL_{\text{F}} + RL_{\text{U}}$
- $RL_{\text{F}}$  = Reflektiertes Licht der zu beleuchtenden Fläche wie Fahrbahn, Trottoir evtl. Fassaden etc.
- $RL_{\text{U}}$  = Reflektiertes Licht der restlichen, nicht zu beleuchtenden Umgebungsflächen, Grundrissflächen, Fassaden, Privaträume, Grünbereiche etc.

<sup>2</sup> Möglich wäre auch die Angabe des Totallumenstroms der Lampe (mit Berücksichtigung von Verlusten bis zum Austritt aus der Leuchte). Hier wird direkt auf den austretenden Lichtstrom eingegangen, da hier dieser relevant ist.



**Bild 2** Tag und Nacht nicht gleichzeitig in Europa. Das Satellitenbild zeigt den relativ scharfen Übergang zwischen besonnten Gegenden und den Nachtgebieten. (Quelle DLR)

Dies ist als Beispiel für den Himmel zu verstehen, gilt aber ähnlich auch für alle andere nicht zu beleuchtenden Räume.

Unter dem Ansatz der Optimierung des Quotienten

*Beibehaltung Wertschöpfung durch Licht für Mensch  
Abnahme Schadschöpfung durch Licht an Mensch und Natur*

wird  $RL_f$  zur Wertschöpfung,  $L_{OH}$  und  $RL_u$  zur einzudämmenden Schadschöpfung gezählt. Interessant ist dabei, dass die Eindämmung von  $L_{OH}$  und  $RL_u$  keine Minderung der Beleuchtungsqualität zur Folge hat, da diese ja nicht Bestandteil der zu beleuchtenden Flächen sind.

### Gesamte Betrachtung

Bezogen auf die Aufhellung aller Leuchten ( $i$ ) im Aussenraum, wobei hier auch  $RLF$  einen Beitrag leistet, kann die Eindämmung der unnötigen Lichtemissionen erst dann eintreten, wenn die Gesamtaufhellung von vorher nicht ansteigt:

$$\sum_0^i [L_{OH} + RL_{tot}] i_{vorher} \geq \sum_0^i [L_{OH} + RL_{tot}] i_{nachher}$$

**Formel 3 gleichbleibende resp. eingedämmte Lichtemissionen.** Die Summen entsprechen der totalen Lichtmenge, erzeugt durch die Summe der Aussenleuchten.  $i$  könnte hier die Anzahl Leuchten einer Gruppe, einer Gemeinde sein.

Konkret bedeutet dies, dass der Umgang mit Licht in bestehenden Siedlungen so zu verstehen ist, dass mit der bereits vorhandenen Gesamtlichtmenge ohne deren Erhöhung gezielter umgegangen wird. Die Anwendung dieser Formel setzt die Willensbekundung zur Eindämmung der unnötigen Lichtemissionen um.

Ziel ist, die Gesamtmenge des Lichtes nicht zu erhöhen und die dazukommenden Beleuchtungsbedürfnisse durch Effizienzsteigerung bei bestehenden Beleuchtungen zu kompensieren. Wieder in einer Formel ausgedrückt:

$$\sum_0^i [L_{OH} + RL_{tot}] i_{dazukommend} \leq \sum_0^i [L_{OH} + RL_{tot}] i_{kompensierend}$$

**Formel 4 Kompensation der dazukommenden Lichtströme.**

### Ausblick

Solche Betrachtungen können helfen, die Beleuchtung in Richtung nachhaltiger Lichtnutzung in Aussenräumen zu unterstützen und die Gesamtübersicht zu behalten. In der Praxis muss noch sehr viel weiteres Detailwissen der am Prozess beteiligten Akteure dazukommen, damit ein Gelingen zustande kommt. Wenn die Eindämmung oder zumindest ein weiteres Ansteigen unnötiger Lichtemissionen faktisch eintreten soll, führt kein Weg an der Optimierung der bestehenden Lichtstromgruppen im Aussenraum vorbei. L