

# "Lichtprojektionsverfahren"

Aus Sicht der  
Eindämmung unnötiger Lichtemissionen  
(Lichtverschmutzung)

## Kurzbericht

Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW  
Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik HABG  
Institut Energie am Bau IEBau  
St. Jakobs-Strasse 84, CH-4132 Muttenz

René L. Kobler  
Dipl. Arch. ETH/SIA, Dipl. Umweltingenieur FH/NDS,  
wissenschaftlicher Mitarbeiter, Institut Energie am Bau - FHNW

Fon +41 61 467 45 45  
Fax +41 61 467 45 43  
E-Mail [iebau.habg@fhnw.ch](mailto:iebau.habg@fhnw.ch)  
Internet <http://www.fhnw.ch/habg/iebau>

Muttenz, November 2009

<b>0</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Einführung "Nachhaltige Lichtnutzung" .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Das System und der Lichtabfall .....</b>	<b>6</b>
2.1	Untersuchungsgegenstand und Methode.....	6
2.2	Resultate.....	8
<b>3</b>	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick.....</b>	<b>10</b>
3.1	Stärken.....	10
3.2	Chancen.....	10
3.3	Risiken.....	11

## 0 Zusammenfassung

Im Zusammenhang mit der Vermeidung unnötiger Lichtemissionen im Aussenraum (Lichtverschmutzung) wurde die Entwicklung des Lichtprojektionsverfahrens innerhalb des KTI-Forschungsprojektes<sup>1</sup> 8291.1 ESPP-ES begleitet und bewertet.

Die zu Beginn vermuteten Potentiale zur Eindämmung der unnötigen Lichtemissionen, bei ganzheitlich richtiger Anwendung, wurden bestätigt. Aus rein technischer Sicht kann dieses System zur Anleuchtung von Objekten zu diesem Zeitpunkt als BAT (Best Available Technology) gewertet werden. Messungen eines repräsentablen Prototyps haben ergeben, dass dieses System sehr wenig unnötige Lichtemissionen erzeugt. Es tritt nahezu nur diejenige Lichtmenge von der Quelle in den Aussenraum, die zur bewusst gewollten Anleuchtung von Flächen notwendig ist und sehr wenig zusätzliches Licht, das neben die zu beleuchtenden Flächen strahlt. Bei technisch richtiger Anwendung ist somit systeminherent die Vermeidung von unnötigen Lichtemissionen vorgegeben und braucht nicht wie bei jeder herkömmlichen Anleuchtung von Flächen mühsam neu analysiert und gelöst zu werden.

Eine Eindämmung der Gesamtlichtmenge im Aussenraum ist zu erwarten, wenn bestehende Objektanleuchtungen ersetzt oder bei dazu kommenden Neuanlagen entsprechende Rückbauten vorgenommen werden.

Aus technischer Sicht schliesst das System eine wichtige Lücke, zwischen umweltorientiertem Handlungswillen und technischer Machbarkeit, im Bereich derjenigen Objektanleuchtungen, die nachvollziehbar einer Beleuchtung bedürfen. Aus nicht-technischer Sicht bietet das System Potentiale zum qualitativen Wachstum betreffend Stadtbildpflege und einer Vorwärtsentwicklung zu einem nuancierten, atmosphärisch reizvollem, nächtlichen Erscheinungsbild, anstatt der unkontrollierten Lichtüberflutung. Diese anzustrebende Entwicklung kann eine Reduktion der Gesamtlichtmenge nach sich ziehen, bei gleichbleibender Qualität.

Risiken für die Zunahme der Lichtmenge im Aussenraum müssen erwartet werden, wenn Eigentümer, Planer und Behörden den Überblick für die Reduktion der Gesamtlichtmenge im Aussenraum verlieren und bezüglich Anzahl und zu hohen Leuchtdichten nicht an die Folgen denken. Auch schlummert ein Potential des Missbrauchs im System, wenn "Kitsch" Anwendungen oder z.B. Werbung unkontrolliert Anleuchtungen in den Aussenraum einbringen. Die Risiken sind aber nicht technischer Natur, sondern zeigen lediglich auf, dass alleine mit der technischen Machbarkeit, die Umsetzung zur nachhaltigen Lichtnutzung im Aussenraum noch nicht erreicht ist und die Absicht einer nachhaltigen Lichtnutzung auch in der sozio-ökonomischen Prozesskette zu verfolgen ist.

---

<sup>1</sup> Kommission technische Innovation, Die KTI ist die Förderagentur für Innovation des Bundes. Sie fördert seit über 60 Jahren den Wissens- und Technologietransfer zwischen Unternehmen und Hochschulen. Sie verknüpft Partner aus beiden Bereichen in Projekten anwendungsorientierter Forschung und Entwicklung und unterstützt den Aufbau von Start-ups.

# 1 Einführung "Nachhaltige Lichtnutzung"

Für einen gemeinsamen Diskussionsüberbau ist ein Basiswissen erforderlich, warum die Eindämmung unnötiger Lichtemissionen immer wichtiger wird. Dies ist untenstehend mit einem Überblick über die Folgen eines ungebremsten quantitativen Wachstums von Kunstlicht im Aussenraum zur Nachtzeit aufgeführt. Weltweit steigen diese Lichtemissionen an, teilweise sogar exponentiell. Diese Lichtemissionen verändern bestehende Nachtverhältnisse teilweise dramatisch, ja wechseln eigentlich ganze Nachtlandschaften aus. Zu viele Lichtemissionen können lästige und schädliche Auswirkungen haben. Diese sind in folgenden Bereichen bereits heute erfahrbar.

<i>Landschaft und Kultur</i>	Zerstörung und Entfremdung der natürlich diversen Nachtlandschaft, inklusive des Raumes über uns, z.B. das Verschwinden des wahrnehmbaren Sternenhimmels.
<i>Ökosysteme</i>	Beeinträchtigung der Lebensräume nachtaktiver Tiere auf Boden, in Luft und Wasser als auch deren Biodiversität.
<i>Biologie</i>	z.B. Einfluss auf Hormonsysteme bei Mensch und Tier oder auch die Reduktion der Nachtruhe für Mensch und Natur.
<i>Energie</i>	Energieverschwendung durch Produktion von unnötigen Lichtmengen.
<i>Psychologie</i>	Störungen von Betroffenen in besiedelten und nicht besiedelten Gebieten durch Blendung und Aufhellungen.
<i>Gestaltung und Emotionen</i>	Abstumpfung und Entfremdung gegenüber den visuellen Werten der natürlich intakten Nachtlandschaft und Gewöhnung an die unkontrollierte Lichtüberflutung im städtebaulichen Kontext, mit längerfristiger Einschränkung auch bei gestalterischen Handlungsspielräumen.

## Nachhaltige Lichtnutzung in Aussenräumen

Bei der Eindämmung unnötiger Lichtemissionen geht es nicht um eine ledigliche Verdunkelung der Siedlungsgebiete, sondern vielmehr um einen sorgfältigeren Umgang mit Aussenbeleuchtungen. Dieser soll dazu führen mit weniger Lichtströmen mindestens die gleiche Qualität zu erreichen. Vor allem unnötiger Lichtabfall und sinnloses brennen lassen, das wenig oder gar keine Wertschöpfung für den Menschen und gleichzeitig unnötige Schadschöpfung an Mensch und Natur hervorruft, ist ins Bewusstsein zu bringen und in der Folge technisch zu vermeiden. Aber auch bis anhin ungefilterte Bewertungen, ob wirklich alles zu beleuchten ist, muss anhand einer vernünftigen Anspruchshaltung überprüft werden. Die generelle Betrachtungsweise im Umgang mit Kunstlicht im Aussenraum zur Nachtzeit ist wie folgt:

**Ziel einer nachhaltigen Lichtnutzung in Aussenräumen ist die Erhaltung der Wertschöpfung sinnvoller Beleuchtungsbedürfnisse für den Menschen bei gleichzeitiger Minimierung der Schadschöpfung an Mensch und Natur.**

## 2 Das System und der Lichtabfall

### 2.1 Untersuchungsgegenstand und Methode

Um die Validität der Messresultate für spätere Anwendungen in der Praxis zu erhöhen, wurde der Prototyp bei der Kirche in der Gemeinde Blauen (CH) gewählt. Dieser repräsentiert den Entwicklungszustand, so dass das Messexperiment zukünftige, reale Einsatzbedingungen enthält.

Zu untersuchen ist, wie scharf die Abgrenzungen des Lichtkegels sind. Je schärfer die Abgrenzung, desto besser das Verhältnis von ausgestrahltem Licht zu nutzbarem Licht. Dabei entspricht das ausgestrahlte Licht der totalen Lichtmenge, die aus der Quelle tritt. Unter nutzbarem Licht versteht man dasjenige, das nur auf die zu beleuchtenden Flächen trifft. Die Differenz zwischen ausgestrahltem Licht und nutzbarem Licht entspricht demjenigen, das an der Fassade vorbeigeht und gilt als unnötige Lichtemission.

Eine zu starke Beleuchtung einer Fläche erzeugt indirekt durch die erhöhte Reflexion ebenfalls unnötige Lichtemissionen (zu hohe Beleuchtungsdichte auf der Fassade), dies ist aber im Kapitel 2 nicht Gegenstand der Messung oder Beurteilung.

Für die Messung wurde das Verhalten an der Gebäudekante (siehe Foto, blau eingekreist) gewählt. Auf einer horizontalen, weissen, homogenen Fläche (siehe Foto, Bereich zwischen Pfeilspitzen) konnte auf der Lichtprojektor zugewandten Seite, der Lichtwurf abgefangen werden. Diese Fläche wurde gemessen und ausgewertet. Damit kein Fremdlicht die Messresultate verfälscht (z.B. Mondlicht, Licht von anderen Quellen in der Umgebung, reflektiertes Licht der Fassade, etc.) wurde ein Differenzverfahren angewendet, das sämtliches Fremdlicht auf der zu messenden Fläche subtrahiert und so nur das tatsächlich auftreffende Licht direkt vom Lichtprojektor her messbar ist. Für die Werte werden die arbiträren Angaben der Messkamera verwendet, da diese aufgrund der homogenen Messfläche linear bleiben. Die Abschattung der Optik der Messkamera wurde durch das Flatfieldverfahren bereinigt. Das eigene thermische Rauschen des CMOS Chips der digitalen Kamera wurde mit Darkframes bereinigt, ebenfalls das Ausleserauschen. Die Bearbeitung der Daten erfolgte mit der Software IRIS von Ch. Buil. Für die Berechnungen wurden Rohdateien verwendet.



Abbildung 1: Messanordnung, die zwei weissen Pfeile zeigen den Bereich der Messefläche rechtwinklig zur Emissionsquelle. Im Blauen Kreis ist der Verlauf der Lichtabschattung direkt an der Gebäudeecke sichtbar (schräges Auffallen des Lichtes)



Abbildung 2: Lichtlenkungspräzision an der Quelle erstellt. Foto zur besseren Sichtbarmachung mit Gradienten verändert.

## 2.2 Resultate

Die unten stehende Grafik zeigt, wie wichtig die Bereinigung wegen Fremdlicht und anderen Faktoren ist. Die "normale" Kurve entspricht der Gesamtlightsituation, die gelbe Kurve (im Bereich 0 mm bis 600 mm) und die blaue Kurve (im Bereich 600 mm bis 1000 mm) zeigen das tatsächliche Verhalten des Lichtes, nur vom Projektor her kommend.

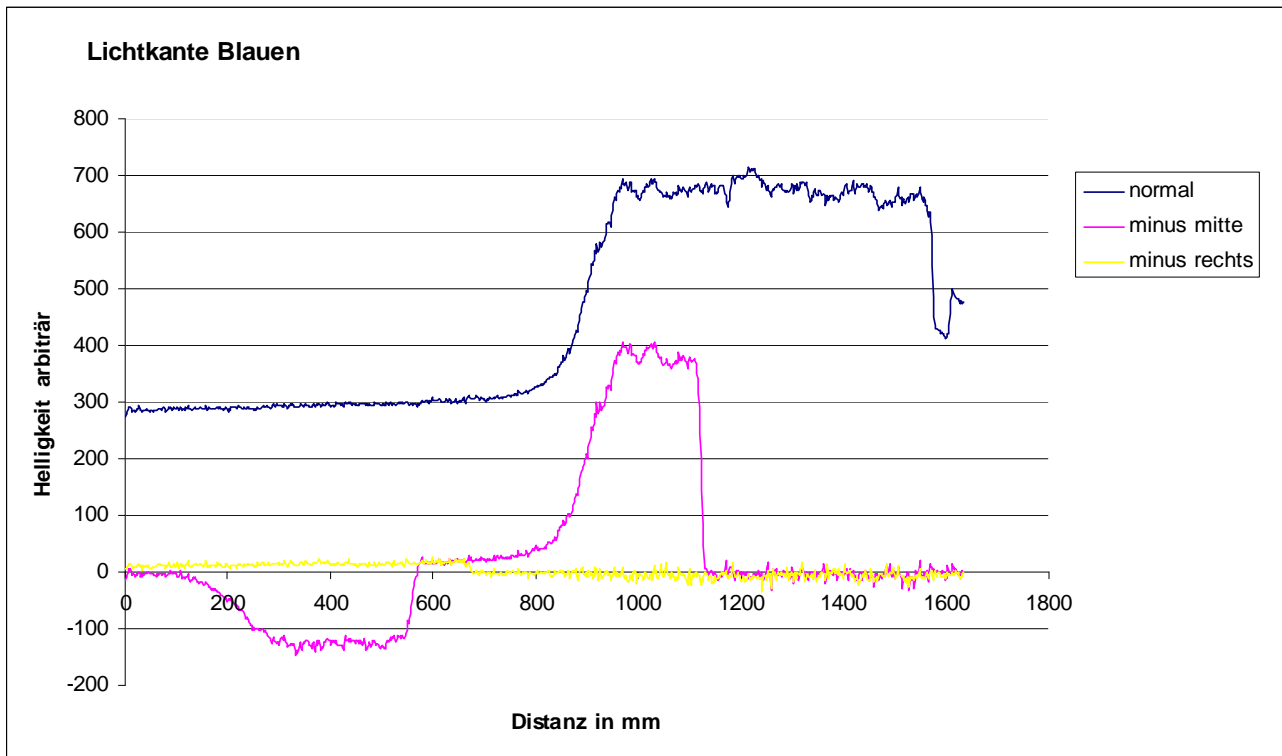


Abbildung 3: Messresultate an der Gebäudekante betreffend unnötige Lichtemissionen, die blaue Kurve zwischen 700 mm und 1000 mm ist relevant, für die Anleuchtgenauigkeit des Lichtprojektors.

In Worten: Die Beleuchtungsstärke nimmt innerhalb der ersten 16cm (idealerweise ab Gebäudekante nach aussen) um rund 90% ab, resp. es verbleiben noch 10% der Maximallichtmenge. Würde die Fassade mit 3 lx angestrahlt werden, wäre die Beleuchtungsstärke 16cm neben der Gebäudekante noch 0.3 lx.

1 m neben der Gebäudekante fällt der Betrag auf 2%.

Integriert man die Abfalllichtmenge von der Gebäudekante bis 1m neben der Gebäudekante und setzt diese ins Verhältnis zu 5 m vollangeleuchteter Fassade, erhält man in diesem Fall einen Lichtabfall von rund 1.4 %. Der Lichtprojektor war mehr als 20m von der zu beleuchtenden Fassade aufgestellt. Bei Veränderung der Distanz als auch die Grösse angestrahelter Flächen verändern sich diese Angaben.

Die Handhabung der Bewertung des Lichtwurfes in der Höhe ist gleich, da der Projektor ein relativ radialsymmetrisches Verhalten hat, wenn die Winkel zwischen Lichtprojektor und Gebäudekanten nicht extrem differieren. Eine fotografische Aufnahme, bei der das Verhalten zumindest visuell erkennbar ist,



zeigt die Ähnlichkeit auf. Dieser Projektor entsprach einem Vorstadium des Endproduktes. Zu beachten ist, dass hier durch die Dachschräge sogar keine rechtwinklige Ausrichtung zu den ankommenden Strahlen vorhanden ist. Bei einer rechtwinkligen Ausrichtung einer Fläche zum Lichtprojektor, sind die Abgrenzungen noch schärfer. Diese Dachsituation gibt allerdings die realen Verhältnisse in der späteren Praxis wieder und ist somit repräsentabel.



Abbildung 4: Verhalten des Lichtwurfes in Nähe First.

### 3 Schlussfolgerungen und Ausblick

Unter folgenden Voraussetzungen hat das System aus Sicht der Eindämmung unnötiger Lichtemissionen, im Bereich der Anleuchtungen von Objekten, nachstehende Eigenschaften:

- Bei richtiger Handhabung aus technischer Sicht (technische Prozesskette)
  - präzises Ausnutzen der Gebäudekanten, kein unnötiges über die Kante hinausstrahlen
  
- bei vernünftiger Anspruchshaltung (sozio-ökonomische Prozesskette)
  - nicht einfach alle möglichen Objekte anleuchten, sondern nur klar begründbare
  - nur so hell wie nötig
  - Ausschalten zur Nachtruhezeit

#### 3.1 Stärken

- ✓ effizienter Umgang mit Lichtströmen, vor allem hinsichtlich Optimierung der total ausgestrahlten Lichtmenge zur Nutzlichtmenge
- ✓ hohe, systeminherente Sicherheit betreffend Vermeidung unnötiger Lichtemissionen
- ✓ technisches Handlungsangebot für Handlungswillige, das den massvollen Umgang mit Kunstlicht im Aussenraum technisch und sozio-ökonomisch ermöglicht
- ✓ deutliche Reduktion von Emissionen, die lästig oder schädlich werden könnten möglich
- ✓ Vorbildliches Erfüllen der Anforderungen für Objktanleuchtungen gem. SIA Norm 491<sup>2</sup> (erscheint 2010)

#### 3.2 Chancen

- ✓ Beitrag an die allgemeine Reduktion der Gesamtlichtmenge im Aussenraum, wenn ältere Systeme ersetzt werden
- ✓ Beitrag an die allgemeine Reduktion der Gesamtlichtmenge im Aussenraum, wenn eine Rückkehr zur atmosphärisch feinfühligem Stadtbildpflege einsetzt, anstelle des unkontrollierten "Anflutens" von Objekten
- ✓ Schaffung von Anreizen zur Reduktion von unnötigen Emissionsquellen im Sinne einer Wegbereitung für qualitatives Wachstum anstatt quantitatives Wachstum

---

<sup>2</sup> Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverband, ist der massgebende Berufsverband im Bereich Bau, Technik, Umwelt

- ✓ Entstehen von Projekten, die eine Bewusstseinsänderung bei der Bevölkerung bewirken könnten, so dass eine Abkehr von den "Las Vegas" ähnlichen, reizüberfluteten Lichanlagen stattfindet und eine Lust auf Nacht und Atmosphäre entsteht, die auch Sinnlichkeit als Qualität zulässt

### 3.3 Risiken

Die Risiken sind nicht technischer Natur, sondern mehr vom ganzheitlichen Denken der späteren Entscheidungsträger abhängig. Eigentümer, Planer und Behörden können durch nicht beachten der Folgen eine Fehlentwicklung fördern.

- Zunahme der Gesamtlichtmenge im Aussenraum, wenn kein Rückbau oder Ersatzbau betrieben wird, das heisst, wenn neue Anlagen nur dazukommen
- durch die enormen Gestaltungsmöglichkeiten auch eine Fehlentwicklung in Richtung "Kitsch" ausgelöst wird und so gerade nicht eine nuancierte Stadtbildpflege zustande kommt und als Folge davon noch mehr Lichtmengen in den Aussenraum gebracht werden
- Ähnliches gilt, wenn durch die Möglichkeit der Projektion z.B. die Werbung unkontrolliert Anleuchtungen in den Aussenraum bringt und fragwürdige Auswüchse wie z.B. Berganleuchtungen und dergleichen beginnt.
- Eine ungenügende Information betreffend der richtigen Verhältnisse des Stromverbrauchs zu herkömmlichen Systemen kann bei Entscheidungsträgern Widerstände auslösen und so durch triviale Kriterien die Entwicklung zum Stillstand bringen.