

Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 136 (2010)
Heft: 1-2: Stadtlicht

Artikel: Der lange Weg zur LED
Autor: Imfeld, Jörg
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-109555>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 22.12.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

DER LANGE WEG ZUR LED

LED werden heute auch schon als Strassenraumbeleuchtung eingesetzt. Jedoch nicht um jeden Preis: Je nach Beleuchtungsprojekt kann sich der Einsatz des neuen Leuchtmittels rentieren, vorab sollte aber genau verglichen werden, ob sich vielleicht der Einsatz bewährter Technik lohnen würde.

Als vor über zwei Jahren die ersten LED-Leuchten für den Aussenbereich auftauchten, wurden sie noch in weiten Kreisen belächelt: LED als effizientes Beleuchtungssystem? Leistung und Lichtlenkung? Für Anstrahlungen möglich, aber für die Strassenbeleuchtung? Inzwischen ist die Entwicklung gewaltig vorangegangen, heute existieren bereits viele LED-Leuchten für verschiedene Anwendungen im Aussenbereich, und vielerorts entstehen Versuchs- und Pilotanlagen. Erfolgversprechende LED-Konzepte beginnen sich abzuzeichnen. Doch in welche Richtung geht es, wie wirtschaftlich sind schon heutige Lösungen?

LED-EINSATZ MUSS WIRTSCHAFTLICH SEIN

Die teilweise erstaunliche Effizienz von LED-Leuchten muss differenziert betrachtet werden, denn die Herstellerangaben entsprechen nicht immer den tatsächlichen Verhältnissen. So geben einige z. B. die Lichtausbeuten von nackten LED-Bausteinen statt den gemessenen Werten aus der geschlossenen Leuchte an. Zudem wird der Vergleich häufig mit alten Quecksilberbeleuchtungen durchgeführt. An Orten, wo noch mehrheitlich Quecksilberlampen im Einsatz sind, kann dies sinnvoll sein. Doch korrekt ist ein Vergleich mit der zurzeit besten und wirtschaftlichsten Lösung, damit muss sich eine neue Technologie immer zuerst messen. In einer anstehenden Sanierung ist deshalb nicht die Frage: «Wie viel spare ich an Strom?», sondern vielmehr: «Wie wirtschaftlich ist die vorgestellte Lösung?» An Orten mit noch hohem Anteil an Quecksilberlampen ist ein Vergleich zudem nur sinnvoll, wenn daneben auch die wirtschaftlichste konventionelle Lösung verglichen wird. Erst der Überblick über die drei Beleuchtungsarten – zu sanierende Beleuchtung/beste konventionelle Lösung/LED-Vorschlag – kann eine echte Hilfe zur Evaluation in einer Sanierung darstellen. Daneben entspricht nicht selten eine veraltete, zu sanierende Strassenbeleuchtung der Norm SN EN13201 für Strassenbeleuchtungen bei weitem nicht, Konfliktzonen wie Fussgängerstreifen werden teilweise sehr schlecht beleuchtet. Dies kann mit einer neuen Beleuchtung korrigiert werden.

NICHT ALLE LICHTFARBEN WERDEN AKZEPTIERT

In den letzten Jahren und Jahrzehnten wurde an vielen Orten massiv saniert: Die Strassenbeleuchtungen wurden von der neutralweissen, fahlen Lichtfarbe des Quecksilberlichts auf die energetisch hervorragenden gelblichen Natriumhochdrucklampen gewechselt. Die Akzeptanz dieses gewohnten und zurzeit wirtschaftlichsten Strassenlichts ist in weiten Kreisen unbestritten, wenn es um Sicherheit, Effizienz und Energiesparen geht. In Zentren wie Bahnhofplätzen, Begegnungszonen und Ähnlichem finden aber auch die Lichtfarben 3000K (warmweiss) und 4000K (neutralweiss) der Metaldampflampen zunehmend ihren Platz. Die energetischen Nachteile gegenüber Natrium fallen dank neuen Produkten zwar weg, der Unterhalt ist durch die teureren Leuchtmittel mit kürzerer Lebensdauer jedoch deutlich höher. Untersuchungen zum mesopischen Sehen – das Sehen unter gemischten Lichtverhältnissen wie zur Dämmerung – werden künftig eine wichtige Rolle einnehmen. Befragungen zeigen aber, dass auch die Lichtfarbe eine Rolle spielt: Die warmweisse wird als die angenehmste, die neutralweisse Lichtfarbe als akzeptabel empfunden. Das kühle, tageslichtweisse 5000K–7000K-Licht empfinden viele Befragten als sehr unangenehm. Als Ergänzung zur Beleuchtung im öffentlichen Raum (üblicherweise Natriumhochdrucklampen mit 2000K) haben die Lichtfarben 3000–4000K die besten Chancen auf Erfolg.

Beispiel 1 mit folgenden Voraussetzungen:

- Ortsdurchfahrt eines Dorfes, wenig Verkehr
- Bestehende Beleuchtung: alte, offene Ansatzleuchten, Bestückung Quecksilber HME125W an Peitschenkandelaber Höhe 7.5 m/10°
- Beleuchtungskategorie nach EN13201: ME5
- Lichttechnische Vorgaben: Mittlere Leuchtdichte 0.5cd/m² (entspricht ca. 7.5lx), Gesamtgleichmässigkeit U0 = 0.35, Längsgleichmässigkeit U1 = 0.4, Blendung TI=15 %
- Strassenbreite: 6 m, Trottoir 1.5 m, mittlerer Lichtpunktstand: 3.5 m
- Standorte und Candelaber bleiben bestehen
- Konventionelle Leuchten haben die beste für diese Anwendung entwickelte Lichttechnik
- LED-Leuchte hat vergleichbare Lichttechnik und ein modulares Konzept zum Austauschen von Optik und Elektronik. Preis für Ersatzmodule (Stand 2009) sind bekannt.

- 1) Leuchtmittel und Vorschaltgerät, Leuchtenwirkungsgrad ca. 80 % eingerechnet
 2) Preis für Ersatzmaterial und Zeit
 3) Zeitaufwand zum Wechseln ähnlich einer konventionellen Leuchte

	Zu sanierende Beleuchtung: HME 125 W	Beste konventionelle Lösung mit EVG: HST 70 W	Beste konventionelle Lösung mit EVG: HIT-CE 60 W	LED-Vorschlag: LED-Leuchte LED56 W
Systemleistung	150 W	83 W	69 W	76 W
Leuchtmittelleffizienz	50 lm/W (neu) 25 lm/W (heute)	95 lm/W	112 lm/W	80 lm/W
Systemeffizienz ¹⁾	30 lm/W (neu) 15 lm/W (heute)	66 lm/W	80 lm/W	56 lm/W
Mittlere Leuchtdichte (Belag R3, q0=0.08)	0.26 cd/m ²	0.52 cd/m ²	0.56 cd/m ²	0.56 cd/m ²
Gleichmässigkeit U0	0.35	0.65	0.49	0.67
Gleichmässigkeit U1	0.4	0.69	0.49	0.67
Blendung TI	9.5 %	10 %	9 %	11 %
Lichtfarbe	4000 K neutralweiss	2000 K gelblich	2800 K warmweiss	4000 K neutralweiss
Beleuchtungsqualität	Sehr schlecht, Norm nicht eingehalten	Norm eingehalten	Norm eingehalten	Norm eingehalten
Nachabsenkung	keine	Steuerphase oder autark 100 % / 50 %	autark 100 % / 60 %	Steuerphase oder autark 100 % / 50 %
Mastanbindung Leuchte	Ansatz	Kombiniert Ansatz/Aufsatz	Kombiniert Ansatz/Aufsatz	Ansatz oder Aufsatz mit Adapter
Investitionskosten	–	100 %	120 %	200 %
Energieverbrauch	100 %	47 %	42 %	44 %
Austausch: – was wird getauscht – in welchem Rhythmus	Leuchtmittel 4 Jahre	Leuchtmittel 6 Jahre	Leuchtmittel 4 Jahre	Optik+Elektronik 12–15 Jahre
Jährliche Unterhaltskosten ca.²⁾	100 %	80 %	170 %	280 % ³⁾
Energie- und Unterhaltskosten: Betriebskosten total pro Jahr	100 %	53 %	63 %	75 %
Amortisation nach ca.		8 Jahren	12 Jahren	30 Jahren

SICHERE ELEKTRONIK UND KOMPATIBLE MODULE

Die Elektronik zur LED-Steuerung verbraucht heute im Vergleich zur konventionellen Technik noch relativ viel Energie. Der Vorteil einiger Produkte, die den natürlichen Lichtstromrückgang von 30 % mit einer Regulierung kompensieren, hat seinen Preis. Ausserdem müssen auch sämtliche Aspekte wie Blitz- und Feuchtigkeitsschutz in die Treiber oder Vorschaltgeräte eingearbeitet werden, um den Qualitätsstandard von elektronischen Vorschaltgeräten für Natrium- und Metalldampflampen erreichen zu können.

Modular aufgebaute Leuchten in heute gewohnter Form haben die besten Chancen auf einen kurzfristigen Erfolg. Lässt sich ein bestimmter LED-Leuchtentyp sogar in eine bereits bestehende Leuchtenfamilie integrieren, erleichtert dies die Einführung, denn die Lagerhaltung und eine bestimmte Kompatibilität sind überblickbar. Konzepte mit konventioneller Technik, die ein späteres Umrüsten auf LED-Technik erlauben, werden sich wohl ebenfalls durchsetzen. Interessant ist ein Ansatz für ein neues LED-Modul: Die LED erzeugen bläuliches Licht, das durch eine Phosphorschicht auf einem Diffusor in weisses Licht umgewandelt wird (Abb. 1). Der Vorteil liegt darin, dass damit das Ziel, die immer gleiche Lichtfarbe zu erhalten, erreichbar wird. Das komplizierte Verfahren der Aussortierung weisser LED fällt praktisch ganz weg. Das Prinzip dieser Lichterzeugung ist aus der Leuchtstofflampentechnik bekannt, durch das Entwicklungspotenzial der LED erhofft man sich ein Überholen der Leuchtstofflampen. So findet neben allen neuen LED-Lösungen auch eine Rückkehr zu bewährter Technik statt: Leuchtstoff-LED-Module können ähnlich den heutigen Leuchtmitteln in konventionellen Leuchten eingesetzt werden, die Lichtlenkung erfolgt über einen Reflektor. Ein weiterer Vorteil ist die deutlich niedrigere Blendung.



01 Im neuartigen Leuchtentyp wird das bläuliche Licht der LED erst gemischt und dann gesammelt durch einen phosphorbeschichteten Diffusor geschickt. So kann die Aussortierung weisser LED umgangen werden, es entsteht ein homogenes weisses Licht (Foto: Autor)

DER VERSUCH EINER WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG

Die oben aufgeführten Beispiele stellen den Versuch einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung dar. Er ist nicht abschliessend und basiert auf Annahmen. Details können stark variieren, in

Beispiel 2 mit folgenden Voraussetzungen:

- Zone 30 in einem Wohnquartier
- Bestehende Beleuchtung: alte, pilzförmige Aufsatzleuchten, Bestückung Quecksilber HME80W an Stehkandelaber Höhe 4 m
- Beleuchtungskategorie nach EN13201: S5
- Lichttechnische Vorgabe: mittlere Beleuchtungsstärke 3lx
- Strassenbreite: 5 m, kein Trottoir, mittlerer Lichtpunkt Abstand: 30 m
- Standorte und Kandelaber bleiben bestehen
- Konventionelle Leuchten haben die beste für diese Anwendung entwickelte Lichttechnik
- LED-Leuchte hat vergleichbare Lichttechnik und ein modulares Konzept zum Austauschen von Optik und Elektronik. Preis für Ersatzmodule (Stand 2009) sind bekannt

- 1) Leuchtmittel und Vorschaltgerät, Leuchtenwirkungsgrad ca. 80 % eingerechnet.
- 2) Konstante Lichtstromregulierung eingerechnet (CLO-Funktion)
- 3) Preis für Ersatzmaterial und Zeit
- 4) Modularer Aufbau, Zeitaufwand zum Wechseln ähnlich einer konventionellen Leuchte

	Zu sanierende Beleuchtung: HME 80W	Beste konventionelle Lösung mit EVG: HST 50W	Beste konventionelle Lösung mit EVG: HIT-CE 35W	LED-Vorschlag: LED-Leuchte LED 24W
Systemleistung	96 W	60 W	44 W	26 W
Leuchtmittelleffizienz	48 lm/W (neu) 24 lm/W (heute)	88 lm/W	94 lm/W	65 lm/W
Systemeffizienz¹⁾	30 lm/W (neu) 15 lm/W (heute)	59 lm/W	60 lm/W	34 lm/W ²⁾
Mittlere Beleuchtungsstärke	1.3lx	8.6lx	7lx	4lx
Minimale Beleuchtungsstärke	0lx	1.5lx	1.8lx	1lx
Lichtfarbe	4000 K neutralweiss	2000 K gelblich	3000 K warmweiss	3000 K warmweiss
Beleuchtungsqualität	Sehr schlecht, Norm nicht eingehalten	Norm überschritten, zu viel Licht	Norm überschritten, zu viel Licht	Norm eingehalten
Mastanbindung Leuchte	Aufsatz	Kombiniert Ansatz/Aufsatz	Kombiniert Ansatz/Aufsatz	Kombiniert Ansatz/Aufsatz
Investitionskosten	–	100 %	120 %	160 %
Energieverbrauch	100 %	63 %	46 %	28 %
Austausch:				
– was wird getauscht	Leuchtmittel	Leuchtmittel	Leuchtmittel	Optik+Elektronik
– in welchem Rhythmus	4 Jahre	6 Jahre	3 Jahre	12–15 Jahre
Jährliche Unterhaltskosten ca.³⁾	100 %	85 %	250 %	280 % ⁴⁾
Energie- und Unterhaltskosten: Betriebskosten total pro Jahr	100 %	67 %	82 %	72 %
Amortisation nach ca.		14 Jahren	33 Jahren	24 Jahren

einem konkreten Projekt müssten offene Punkte durch den Betreiber beantwortet werden.¹ Obwohl die Details mit Vorsicht zu betrachten sind, zeigen beide Beispiele einen Trend: Im Bereich der «klassischen» Strassenbeleuchtung, wo leistungsstarke Lösungen gefordert sind, können LED-Leuchten heute noch nicht wirtschaftlich betrieben werden – Amortisationszeiten von 30 Jahren sind zu lang (siehe Tabelle S. 42). Das Einsparpotenzial gegenüber der heutigen besten konventionellen Technik ist zudem noch zu klein, und die Kosten für Investition und Betrieb sind zu hoch. Hier sind Investitionen, die über Pilotanlagen hinausgehen, eindeutig zu früh.

Anders sieht es hingegen bei kleinen, verkehrsberuhigten Strassen, Fuss- und Radwegen aus. Hier ist die Amortisationszeit einer LED-Leuchte gegenüber einer alten Quecksilberbeleuchtung mit 24 Jahren bereits niedriger als die der besten konventionellen Lösung mit weissem Licht. Das hängt einerseits damit zusammen, dass in Anlagen um 3lx mit konventioneller Technik generell überbeleuchtet werden muss (siehe Tabelle oben). LED-Leuchten produzieren hingegen nur genau so viel Licht, wie benötigt wird, und sie verbrauchen demzufolge viel weniger Energie. Andererseits sind die Investitionskosten tiefer, sodass die Amortisation sich bereits rechnen lässt.

In nächster Zukunft wird sich die LED-Technologie wie auch in den letzten Jahren stark ausbreiten, und es werden laufend neue Leuchtenfamilien mit LED-Technik auf den Markt kommen. Die Effizienz des Leuchtmitteln wird zunehmen, und der modulare Aufbau der Leuchten wird ein immer grösseres Thema sein. Eine LED-Leuchte aus ersetzbaren Einzelkomponenten ist das Ziel, viele grosse Hersteller arbeiten derzeit an erfolgversprechenden Lösungen. Es ist zu erwarten, dass in einem bis zwei Jahren auch für grössere Strassen Produkte vorhanden sind, deren Wirtschaftlichkeit sich abschätzen lässt, womit LED-Leuchten für Sanierungen mitevaluiert werden können.

Anmerkung

1 Die Berechnungen basieren auf aktuellen Preisen heute möglicher Produkte, Energiepreiserhöhungen und Preissenkungen bei LED in den nächsten Jahren sind nicht berücksichtigt. Voraussetzung aller Betrachtungen sind immer gesicherte Daten bezüglich Lichttechnik, Lichtausbeute und Kosten