

## Effiziente Erhellung

### Ersetzen LEDs Temperaturstrahler?

Soll der Energiebedarf eines Gebäudes gesenkt werden, spielt auch die Beleuchtungstechnik eine Rolle. LEDs setzen hier neue Maßstäbe, was Stromverbrauch und Langlebigkeit angeht. Noch aber ist die Leuchtdiode keine Lösung für alle Fälle und ein Lampentausch bringt nicht immer die erhoffte Einsparung. Wo lassen sich die Dioden sinnvoll verwenden – und wo nicht?



01

**Armin Scharf** Spricht man heute von einem energieeffizienten Gebäude, dann meist mit Blick auf dessen Hülle und den Heizwärmebedarf. Künftig jedoch werden auch andere Energieverbraucher stärker zu berücksichtigen sein, beispielsweise die Beleuchtung, deren Anteil am Gesamtenergieverbrauch und an den Betriebskosten häufig unterschätzt wird. Weltweit, so die Fraunhofer Gesellschaft, werden jährlich mehr als 2600 Terrawattstunden Strom für die Beleuchtung von Gebäuden, Innenräumen und Straßen benötigt – also rund 19 Prozent des globalen Stromverbrauchs. Die Deutsche Energie-Agentur wiederum schätzt, dass sich hierzulande bis zu 75 Prozent der für die Beleuchtung aufgewendeten Energie durch den Einsatz effizienterer Systeme sparen lassen. Ein gewaltiges Potenzial, das sich allerdings ungleich auf die unterschiedlichen Gebäudetypen verteilt. Während etwa in privaten Haushalten der Beleuchtungsanteil am Stromverbrauch nur etwa 20 Prozent ausmacht, geht in Bürogebäuden mitunter fast die Hälfte des Strombezuges in die Beleuchtung.

#### Viele Ansätze für mehr Effizienz

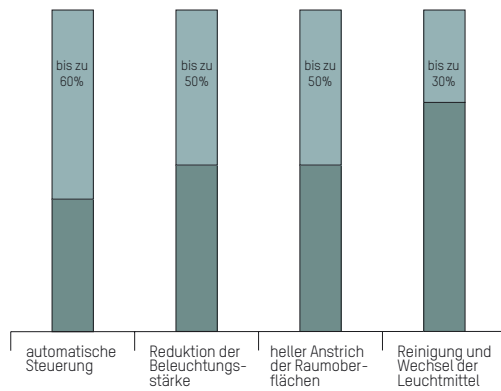
Wer der Energieverschwendung einer bestehenden Beleuchtungsanlage an den Kragen möchte, macht sich meist an den Austausch der Leuchtmittel. Doch es gibt noch ein paar andere Einflussgrößen, mit denen sich der Bedarf senken lässt.

Den größten Spareffekt erreicht man bekanntlich durch das Löschen des Lichtes. Eigentlich eine einfache Sache, aber nicht immer ohne Weiteres machbar. Doch werden Sensoren nachgerüstet, die bei Abwesenheit von Nutzern die Lichtintensität automatisch nach unten fahren, bekommt das Abschalten wieder Bedeutung. Berücksichtigt die Steuerung zugleich den Tageslichteinfall, dann lassen sich bis zu 60 Prozent der Beleuchtungsenergie einsparen. Die Anpassung der Beleuchtungsstärke an den tatsächlichen Bedarf mindert den Energieverbrauch um bis zu 50 Prozent, denn häufig werden Nebenflächen unnötig hell ausgestrahlt. Regelmäßige Reinigung und Erneuerung der Leuchtmittel können bis zu 30 Prozent sparen. Verblüffend wirkungsvoll ist außerdem ein völliger Lowtech-Ansatz: Erhalten die Raumbooberflächen einen neuen Anstrich mit höheren Reflexionsgraden, trägt dies zur höheren Effizienz bei, reinweiße, neue Wandbeschichtungen verringern den Energieverbrauch um erstaunliche 20 bis 50 Prozent. >



02

**01+02** Im Foyer der denkmalgeschützten Konzerthalle Salzuflen ersetzen LED-Retrofits mit einer Lichttemperatur von 2700 Kelvin die 350 Halogenlampen dreier Kronleuchter.



Mögliche Energieeinsparung bei der Beleuchtung durch unterschiedliche Maßnahmen

### Effizienzberechnung per LENI

Wie groß der Energiebedarf einer Beleuchtung tatsächlich ist, lässt sich nicht allein anhand der installierten Wattage feststellen, Brenndauer und aktive Lichtsteuerung beeinflussen den Wert. Im Rahmen der EN 15193 zur Ermittlung des Gesamtenergiebedarfs eines Gebäudes kann auch der Beleuchtungsanteil berechnet werden. Der Lighting Energy Numeric Indicator (LENI) dient als Kenn- und Vergleichsgröße für die Beleuchtungseffizienz, die Angabe erfolgt in der üblichen Einheit kWh/m<sup>2</sup>a.

- 03 Auch Osram engagiert sich stark im Retrofit-Segment, hier eine LED-Lampe mit 12 Watt Leistung und 25.000 Stunden Brenndauer – als Ersatz für 60-Watt-Glühbirnen.
- 04 LEDs arbeiten bei niedrigen Temperaturen sehr effizient, etwa in Kühltruhen. Die geringe Wärmeabgabe der LED reduziert auch die Kühllast.
- 05 LEDs statt Leuchtstoffröhren – auch dafür werden Retrofits angeboten. Besonders interessant für den Betrieb in Aufzügen oder Bahnen.

### Hoffnungsträger Leuchtdiode

Was nun die Leuchtmittel betrifft, so steht die LED spätestens seit der Messe „Light+Building 2010“ im Zentrum der Effizienzsteigerung. Kaum ein Leuchtenhersteller, der sich nicht im Lichte des Halbleiters sonnte und dessen geringen Strombedarf, seine Langlebigkeit und Vielseitigkeit pries. Ein Viertel bis ein Drittel direkter Energiereduzierung soll die LED bringen, ganz abgesehen von den Kosteneinsparungen durch geringere Wartungszyklen, bessere Steuerungsmöglichkeiten und geringerem Klimatisierungsaufwand. Denn LEDs produzieren deutlich weniger Abwärme als konventionelle Lampen. Angesichts dieser Verheißungen gilt es, dem Wundermittel LED einmal kritisch auf den Zahn zu fühlen.

### Neue Unübersichtlichkeit

Mit dem Einzug der Halbleitertechnologie in die Welt der Lichtplanung ist die frühere Übersichtlichkeit dahin. Die bisher wohlgeordnete und standardisierte Welt der Glüh- und Entladungslampen weicht mit der LED einer schwer durchschaubaren Vielfalt und neuen Parametern. Obendrein folgt die LED-Weiterentwicklung dem dynamischen Tempo der Halbleiterbranche. Was heute Maßstäbe in Sachen Effizienz und Lichtausbeute setzt, ist übermorgen womöglich überholt. Auf Lichtplaner kommen hier also ganz neue Herausforderungen zu – aber auch die Leuchtenhersteller finden sich plötzlich in einem Haifischbecken mit neuen Mitbewerbern aus der global agierenden Halbleiterszene wieder. Somit ist die LED nicht einfach nur ein neues Leuchtmittel, sondern trägt das Potenzial in sich, die gesamte Lichtbranche umzustrukturieren.

### LED ist nicht gleich LED

Zwar ist in der Regel überall dort, wo LED draufsteht, auch eine solche drin – doch was letztlich herauskommt, ist damit noch lange nicht gesagt. Farbwiedergabe, Lichtfarbe, Lichtstrom und auch Lebensdauer können extrem variieren – Billigangeboten ist daher mit Vorsicht zu begegnen, gerade bei der professionellen Nutzung. Viele der großen Leuchtenhersteller haben sich mit der LED-Implementierung Zeit gelassen, um Erfahrungen zu sammeln und ihre Leuchten an die LED-Technologie anzupassen.

	LED warmweiß	LED tageslichtweiß	LED varychrome	QT Quecksilberdampf-Hochdrucklampe	HIT Halogen-Metaldampflampe	TC / T Energiesparlampe
Lampenleistung P (W)	1,7 - 42	1,7 - 42	2,6 - 28	20 - 100	20 - 400	9 - 58
Lichtstrom (lm)	25 - 2.610	35 - 3.240	30 - 870	320 - 2.200	1.700 - 35.000	600 - 5.200
Lichtausbeute max. (lm/W)	62	77	31	22	88	90
Lichtfarbe	warmweiß	tageslichtweiß	verschieden	warmweiß	warmweiß, neutralweiß	warmweiß, neutralweiß, tageslichtweiß
Farbtemperatur T (K)	3.200	5.500	1.700 - 10.000	3.000	3.000 - 4.200	2.700 - 6.500
Farbwiedergabestufe	1b	2	1b	1a	1b	1b
Farbwiedergabeindex R	85	70	85	100	80 - 89	80 - 89
Lebensdauer t (h)	50.000	50.000	50.000	3.000 - 5.000	9.000 - 12.000	8.000 - 20.000
Dimmverhalten	+	+	+	+	-	+
Brillanz	+	+	+	+	+	-
Anlaufverhalten	+	+	+	+	-	+

Leuchtmittel im Vergleich [Quelle: Erco]

Klar wurde dabei, dass die LED in nur wenigen Fällen das vorhandene Leuchtmittel einfach ersetzen kann. Sogenannte „Retrofits“, also LED-Lampen in Form der klassischen Glühbirne oder Leuchtstoffröhre mit konventionellen Sockeln, sind nur in ganz bestimmten Bereichen als Übergangslösung geeignet. Um das Potenzial von LEDs sinnvoll zu erschließen, muss man Leuchte und Leuchtmittel künftig als eine Gesamteinheit betrachten.

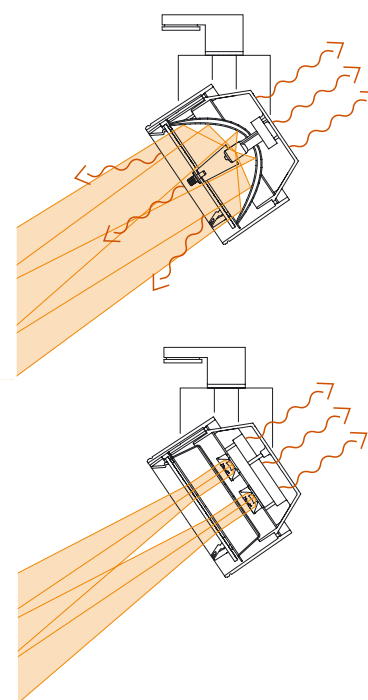
### Die LED mag es kühl

Denn was gerne übersehen wird: Auch Leuchtdioden entwickeln Abwärme. Zwar ist das emittierte Licht frei von UV- wie auch IR-Anteilen und damit „kalt“, doch der Halbleiter selbst setzt die elektrische Energie nicht vollständig in Licht um. Die so entstehende Abwärme muss effektiv abgeführt werden, denn die LED ist wärmetechnisch gesehen ein „Sensibelchen“. Je heißer sie wird, desto schneller haucht sie ihr Leuchtleben aus – beim Überschreiten der sogenannten Sperrschichttemperatur zwischen ihren beiden Leiterschichten kapituliert sie sogar vollständig. Der Leuchtenkörper muss also Überhitzungen konstruktiv verhindern. Daher unterscheiden sich für LED-Bestückung optimierte Leuchten von ihren konventionellen Geschwistern. Diesen Aspekt sollte man stets im Blick haben, wenn die Rede auf „Retrofits“ kommt – die beste Lösung ist immer der Ersatz der kompletten Leuchte.

Derzeit sind „Retrofits“ vor allem im Hotelbereich ein großes Thema, wie Robert von Sichart, Mitinhaber des Hamburger Planungsbüros Licht 01 erwähnt. Dort gehe es vor allem um den Ersatz von Kaltlichtspiegellampen und den Einsatz in Fluren mit langen Beleuchtungszeiten. Ähnliches gilt für die rund um die Uhr aktive Aufzugsbeleuchtung. Die schnelle Senkung der Betriebskosten dient hier als Hauptargument für die Verwendung von „Retrofits“. Philips, selbst Produzent solcher „Ersatzlampen“, empfiehlt diese, wenn hoher Wechsel- und Montageaufwand sowie lange Brennzeiten zusammenkommen. Auch wenn sie lichttechnisch nicht optimal sind und die Betriebszeiten deutlich unter den stets propagierten 50.000 Stunden liegen dürften, rechnet die Industrie auch auf dem professionellen Markt mit wachsenden Absatzzahlen.

### Linsen statt Reflektoren

Leuchtdioden geben Licht stark gerichtet ab, während herkömmliche Punktlichtquellen nahezu rundum abstrahlen und damit mehr Streulicht erzeugen – was wiederum den Einsatz von Reflektoren bedingt. LEDs hingegen kommen ohne Reflektoren aus, benötigen stattdessen aber andere optische Komponenten. Erco beispielsweise arbeitet mit dem Kollimatoren-Linsen-Prinzip. Der unmittelbar über der LED-Platine sitzende Kollimator richtet das von der LED-Primäroptik halbkugelförmig abgestrahlte Licht parallel aus und schickt es an die Spherolitlinse weiter. Diese wiederum formt den Lichtkegel je nach Typ enger, breiter oder auch asymmetrisch. Verglichen mit der Reflektoren-Technik ergibt sich dadurch ein um zehn bis zwanzig Prozent höherer Wirkungsgrad und Lichtstrom aus der Leuchte. >



Wärmeabstrahlung von Leuchten mit Halogenlampe (oben) und mit LED-Bestückung (unten) [Quelle: Erco].



03



04



05

Dies verweist auf eine weitere Besonderheit der LED-Technik: Nicht mehr der Lampenlichtstrom dient als maßgebliche Größe, sondern der Lichtstrom der *Gesamtleuchte*. Warum, das erläutert der LED-Modulhersteller Insta: Weil Leuchte und Leuchtmittel eine Einheit bilden, das Gehäuse mit seiner Kühlfunktion entscheidenden Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der LED hat, ist die Angabe des Lampenlichtstroms der reinen LED wenig aussagekräftig. Werden stattdessen Leuchte und LED zusammen vermessen, dann erhält man den Gesamtlichtstrom der Leuchte in Lumen. Bei konventionellen Leuchten berechnet sich dieser Wert aus dem Lampenlichtstrom des reinen Leuchtmittels, multipliziert mit dem sogenannten Leuchtenbetriebswirkungsgrad, der aufgrund der Reflektorenverluste stets unter 100 Prozent liegt.

Ebenso lohnt sich die genauere Betrachtung der Lichtausbeute, angegeben in Lumen pro Watt eingesetzter Energie. Auch hier entspricht der Wert des Leuchtmittels nicht dem der Gesamtleuchte, weil in die Berechnung auch der Verluststrom von Vorschaltgeräten einbezogen werden muss.

#### Auch eine LED altert

Eines der schlagkräftigsten und häufigsten Argumente für die LED ist ihre lange Lebensdauer. Seitens der Industrie werden 50.000 Stunden angegeben, die bei funktionierendem Wärmemanagement auch erreicht werden können. Allerdings zeigt sich die LED nach dieser Zeit nicht mehr taufrisch, sondern gealtert. Der Experte bezeichnet dieses lichtstromreduzierende Phänomen als „Degradation“. Nach 50.000 Betriebsstunden sollten noch 70 Prozent des ursprünglichen Lichtstroms zu messen sein. Oder umgekehrt: Die LED gibt am Ende ihrer Tage also fast ein Drittel weniger Licht ab – bei minderwertigen LEDs setzt die Degradation noch schneller ein.

Natürlich sind LEDs auch nicht vor Defekten gefeit. Was früher lediglich einen Lampenwechsel nach sich zog, bedeutet nun den Austausch des gesamten LED-Moduls, sofern der Hersteller dies vorgesehen hat. Weil dies nicht immer der Fall ist, sollte dieser Aspekt zu den Entscheidungskriterien für oder gegen ein bestimmtes Produkt gehören. Zugleich sollte der Hersteller auch Auskunft darüber geben, wie der Lichtstrom des neuen Moduls an den Wert älterer Leuchten angepasst werden kann. Weil die LED-Entwicklung fortschreitet, ist dies auch bei wenig degradierten Modulen ein Thema.

#### Straße, Einzelhandel und Museum

Bestehende Beleuchtungssysteme auf LED-Technologie aufzurüsten, ist momentan vor allem dort sinnvoll, wo sich die typischen Eigenschaften der teuren Dioden gut ausnutzen lassen. Etwa bei der Fassaden-, Wege- und Straßenbeleuchtung, denn dort, wo der Wartungsaufwand hoch ist, bedeutet die lange Lebensdauer der LED eine Kosteneinsparung. Zudem sorgt ihr gerichtetes Licht im Außenraum für geringe Lichtverschmutzung. Interessant ist auch das bereits erwähnte Temperaturverhalten: Gerade bei niedrigen Umgebungstemperaturen arbeitet die LED besonders effizient. Siteco bietet für die Straßenbeleuchtung neben explizit für LED entwickelte Leuchten auch spezielle „Retrofits“ an.

„Am einfachsten“, so Thomas Schielke von Erco, „dürfte die LED in Stromschienen-Systeme zu integrieren sein“. Erco erlaubt beispielsweise den Mischbetrieb von LED- und konventionell bestückten Strahlern in einem gemeinsamen System.

Generell spielt die LED immer dort ihre Stärke aus, wo sehr lange Brennzeiten oder hohe Schaltfrequenzen (verzögerungsfreie Aktivierung) gefragt sind, UV- und IR-freies Licht benötigt wird und hoher Wartungsaufwand an schwer zugänglichen Einbauorten droht. Damit empfiehlt sich die Diode beispielsweise für Unterführungen und U-Bahnhöfe, für Kühlräume und Vitrinen. Die LED kann direkt in Steuerungssysteme eingebunden werden, ist linear dimmbar und verändert dabei ihre Lichtfarbe nicht. RGB-Effektbeleuchtungen wiederum spielen im Ladenbau oder bei der Architekturbeleuchtung eine wichtige Rolle.



06



07

- ↓ 06 Lange Lebensdauer, geringe Lichtverschmutzung und geringer Energiebedarf sprechen für die LED als Straßenbeleuchtung.
- ↘ 07 Architekturinszenierung mit LEDs in der Hamburger Speicherstadt. Überall, wo Lampenwechsel und Wartung umständlich sind, bieten LEDs Vorteile.



08



10



09

Selbst Museen scheinen der LED gegenüber durchaus aufgeschlossen zu sein. So stattete Erco einen Teil der National Gallery in London, den Wechselraum des Kunstpalastes in Dortmund und das Brüder-Grimm-Haus in Steinau mit LED-Leuchten aus. Deren UV- und IR-freies Licht ermöglicht auch die Beleuchtung sehr sensibler Exponate. Die Farbwiedergabequalität reiche zwar noch nicht ganz an den Wert der Glühlampe mit Ra=100 heran, doch mit 85 und demnächst wohl 90 könne man brauchbare Werte bieten, so Schielke. Voraussetzung dafür sind hochwertige Halbleiter mit geringen Fertigungstoleranzen, also einem engen „Binning“ der Lichtfarben. Übrigens steht die Farbwiedergabe in Konkurrenz zur Effizienz: Die Lichtfarbe lässt sich nur durch Beschichtung des Chips modulieren, was zwangsläufig den Lichtstrom reduziert.

#### Amortisation im Blick

LED-Leuchten liegen, was die Investition angeht, derzeit noch über ihren konventionellen Geschwistern. Die Amortisation dieser höheren Kosten darf jedoch nicht allein auf Basis der Energiekosten erfolgen – je nach Projekt fließen weitere Aspekte wie Wartungsintervalle oder der Aufwand für häufige Lampenwechsel ein. Damit ist die Investition stets projektspezifisch zu beurteilen – vor allem dann, wenn die Lebensdauer der Leuchten höher ist als die des Projektes selbst, etwa im Ladenbau mit durchschnittlichen Renovierungszyklen von unter zehn Jahren.

#### Neue Leuchten und Techniken

Die LED wird wohl in absehbarer Zeit die ungeliebte Energiesparlampe ablösen, aber Temperaturstrahler mit ihrem sehr ausgeglichenen Lichtspektrum in Bereichen mit hoher Aufenthaltsqualität nicht vollständig ersetzen können, so Robert von Sichart. Doch eines muss man der LED zugestehen: Sie ermöglicht auch ganz neue Leuchtdesigns, kleine, filigrane Leuchtenkörper ebenso wie homogen leuchtende Flächen (etwa Lichtdecken) oder beleuchtete Handläufe.

Und noch etwas spricht für die LED: Im Jahr 1700 konsumierte jeder Engländer 580 Lumenstunden pro Jahr, heute beträgt der Jahresverbrauch 46 Millionen Lumenstunden pro Person. Und der weltweite Hunger nach Licht nimmt weiter zu. Forscher des amerikanischen „Sandia National Laboratory“ prognostizieren eine Verzehnfachung des Lichtverbrauchs bis 2030. Die LED könnte nun dafür sorgen, dass der Energieverbrauch sich „nur“ verdoppelt.

↪ 08 LED-Leuchten im Einzelhandel – hier dürfte die Lebensdauer des Leuchtmittels sogar die der Shop-Gestaltung übertreffen.

← 09 Schnell und problemlos nutzbar sind LED-Leuchten im Rahmen von Stromschienen-Systemen. Hier im musealen Kontext des Brüder-Grimm-Hauses im hessischen Steinau.

↑ 10 Blick in den Wechselausstellungsraum des Kunstpalastes Düsseldorf, der jüngst mit UV- und IR-freien LED-Leuchten ausgerüstet wurde.

#### Weblinks

www.dena.de  
 www.stromeffizienz.de  
 www.erco.com  
 www.philips.com  
 www.siteco.de  
 www.insta.de  
 www.osram.de  
 www.ledtronics.com  
 www.licht01.de  
 www.hhi.fraunhofer.de