

Qualitätskriterien der LED-Beleuchtung

Mit der LED (Licht emittierende Diode) kommt eine grundsätzlich neue Technologie für die Raumbeleuchtung zum Einsatz. Der Schritt von den herkömmlichen Lampen zur LED kann mit dem Wechsel von der Schreibmaschine zum PC oder der Schallplatte zur CD verglichen werden. Aktuell liegt die Effizienz der LED im Bereich der Sparlampe, wird aber wahrscheinlich bis in 5 Jahren besser als jedes andere Leuchtmittel sein. Dann dürfte der vollständige Durchbruch der LED-Technik für (fast) alle neuen Beleuchtungen sicher sein.

Damit die Wahl für eine LED-Beleuchtung am richtigen Ort und zur richtigen Zeit getroffen werden kann, ist eine sorgfältige Marktbeobachtung mit besonderem Augenmerk auf die Schlüsselkriterien Energieeffizienz, Lebensdauer und Farbwiedergabe notwendig.

Von der roten zur weissen LED

Licht emittierende Dioden (LED) sind Halbleiterelemente, deren Funktionsweise man aus der Elektro- und Computertechnik kennt. Vereinfacht gesagt ist die LED die physikalische Umkehr der Solarzelle; diese verwandelt (Sonnen-) Licht in Gleichstrom – die LED verwandelt Gleichstrom in Licht. Bereits um 1960 wurden die roten LEDs erfunden und als Leuchtanzeigen für Uhren und anderes eingesetzt. 10 Jahre später folgten grüne und gelbe LEDs und erst 20 Jahre kamen die blauen LEDs auf den Markt. Um das Jahr 2000 gelang es, durch Leuchtstoffbeschichtung aus den blauen LEDs weisses Licht von guter Qualität herzustellen. Damit war der Grundstein für LED in der Raumbeleuchtung gelegt. In den letzten Jahren widmeten sich die Entwickler der Energieeffizienz der LEDs; diese wurde seit 2000 um mehrerer hundert Prozent gesteigert und erreicht heute in der praktischen Anwendung mit 50 bis 60 Lumen pro Watt das Niveau der Sparlampe. Die Entwicklung ist

noch nicht abgeschlossen; bis in 10 Jahren wird man mit weissen LEDs nochmals eine Verdoppelung bis Verdreifachung der Energieeffizienz erreichen.

Vorteile der LED-Beleuchtung

Leuchtdioden haben im Vergleich zu herkömmlichen Leuchtmitteln eine Reihe von Vorteilen; diese machen sie bereits heute – trotz der aktuell sehr hohen Preise – für bestimmte Anwendungen interessant. Die wichtigsten Vorteile sind:

- ▶ LED-Licht ist praktisch frei von ultravioletten und infraroten Lichtanteilen; d.h. sowohl die energiereiche UV-Strahlung als auch die Wärme fehlen im Lichtstrom. V.a. zur Beleuchtung von verderblicher Ware (Lebensmittel wie Käse, Fleisch, Gemüse) aber auch in Ausstellungen (Gemälde) ist die LED-Technik bereits heute unschlagbar und wird auch bereits eingesetzt.
- ▶ LED-Licht ist punktförmig, die LED-Lampe weist einen Sofortstart auf und ist beliebig schalt- und meist dimmbar. Damit sind LEDs im Bereich der Akzentbeleuchtung allen bisherigen «Sparlampen» deutlich überlegen. Mit den Qualitäten einer Halogenlampe und der Effizienz einer Sparlampe ist LED-Licht heute v.a. für die Spotbeleuchtung interessant.
- ▶ Als Besonderheit können LEDs mit praktisch jeder beliebigen Farbtemperatur angeboten werden. Interessant ist auch die Möglichkeit, weisse Lichttöne nach Belieben «zu programmieren». So kann z.B. ein Strahler variabel von tageslichtweissem bis zu warmweissem Licht verändert werden; je nachdem, welche Farbe eines Ausstellungsgutes hervorgehoben werden soll (z.B. rotes Kleid, blaues Bild oder gelbe Banane) kann das Weiss so eingestellt werden, dass das Exponat optimal leuchtet.

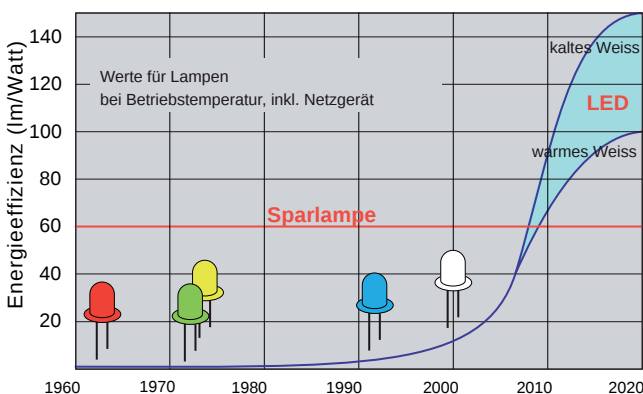


Abbildung 1: Die Entwicklung der Energieeffizienz der Leuchtdioden

Schlüsselkriterium «Energieeffizienz»

Bei der Energieeffizienz bestehen grosse Missverständnisse und einige Anbieter versprechen Werte, die in der Praxis bei weitem nicht erreicht werden können. Zwar kann eine tageslichtweisse LED im kalten Zustand



Abbildung 2: Gemüsebeleuchtung bei Coop mit LED-Strahlern von Regent

über 100 Lumen pro Watt Licht abgeben, wenn man die Gleichstromaufnahme direkt an der LED selber misst. Eine praktische Lampe aber, die ein zusätzliches Betriebsgerät benötigt, im realen Betrieb nicht kalt ist und ein warmweisses Licht mit hohen Farbwiedergabeindex hat, erreicht aber heute «nur» rund 50 Lumen pro Watt. Allgemein kann gesagt werden, dass zwischen Angaben der LED-Hersteller und Messungen der Lichtabgabe in der Praxis etwa der Faktor 2 liegt. Wenn man die Deklarationen der vier grossen Hersteller (Cree, Nichia, Philips-Lumiled und Osram) genau liest, stellt man fest, dass die Deklarationen an sich korrekt sind, aber für Nicht-Wissenschaftler kaum richtig interpretierbar. Das Problem der Deklaration ist also v.a. ein Kommunikationsproblem; dieses sollte im Hinblick auf eine gute Akzeptanz der LED-Technik unbedingt verbessert werden.

Schlüsselkriterium «Lebensdauer»

Als weiterer Vorteil wird meist die lange Lebensdauer erwähnt, die die LED zum heutigen Zeitpunkt erst konkurrenzfähig macht. Die Lebensdauer ist somit ein

Schlüsselkriterium – aber auch eine Herausforderung beim Design und der Konstruktion einer LED-Lampe oder Leuchte. Zwar erreichen die heutigen LED-Module eine typische Lebensdauer von 30'000 bis 50'000 Stunden, allerdings nur wenn das Temperaturmanagement stimmt und das nötige Betriebsgerät ebenfalls aus entsprechend guten Komponenten aufgebaut ist.

Wärmeabgabe und Lebensdauer gehören bei den LEDs zusammen; übersteigt die Chip-Temperatur eine bestimmte Grenze (z.B. 80°C, je nach Typ), geht die Lebensdauer stark zurück. Lebensdauerrückgang heisst bei den Leuchtdioden eine

kontinuierliche Abnahme der Lichtabgabe; in der Regel bedeutet 50'000 Stunden Lebensdauer einen Rückgang der Lichtmenge um 30%. Bei überhitzten LEDs sinkt die Lichtmenge sehr rasch ab oder es führt zur totalen Zerstörung der Lampe.

Damit die LED nicht überhitzt wird, braucht sie einen Kühlkörper. Dieser muss die Wärme, die auf der Rückseite des Chips entsteht, abführen – auf der Vorderseite im Lichtstrahl gibt's keine Wärme! Der Chip eines 1 Watt Power LED hat eine Fläche von ca. 1 mm²; diese kleine Fläche wird bis zu 80°C heiss. Um die Wärme abzuführen, ist eine Kühlfläche vom mehreren Quadratcentimetern notwendig. Man erkennt schnell, dass eine LED-Lampe mit 5, 10 oder 30 Watt eine grössere metallene Fläche braucht, damit der Chip nicht überhitzt wird. Wenn Leuchtdioden direkt in einer Leuchte integriert sind, ist der metallene Leuchtenkörper ideal für die Abführung dieser Wärme. Bei kompakten Spotlampen oder Retrofit-Lampen müssen dafür eigentliche Kühlrippen vorgesehen werden.

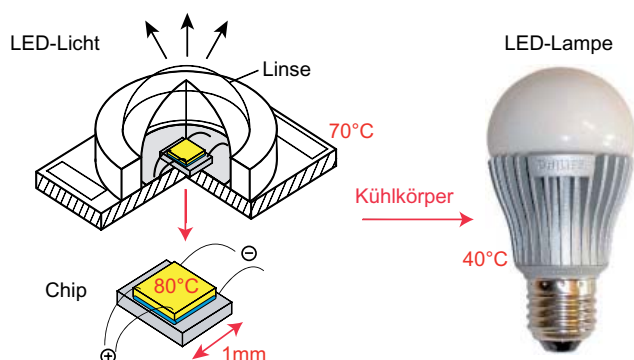


Abbildung 3: Ein gutes Thermomanagement ist Voraussetzung für ein langes Leben

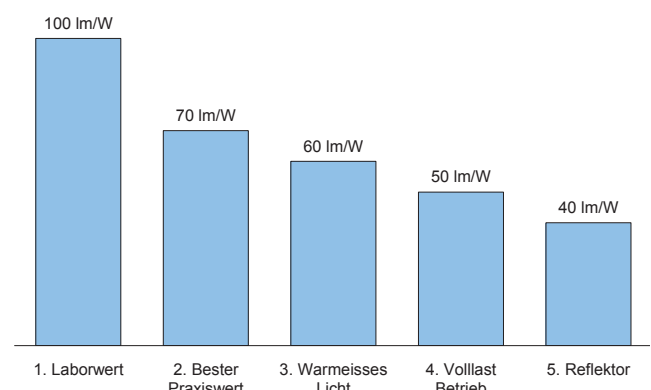


Abbildung 4: Energieeffizienz der gleichen LED unter verschiedenen Bedingungen

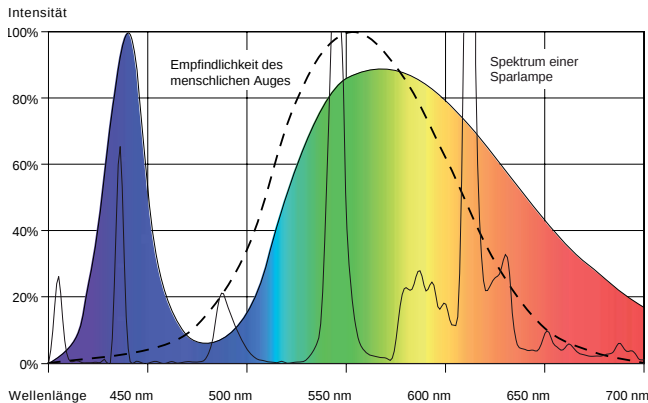


Abbildung 5: Die Farbspektrum einer guten LED-Lampe im Vergleich zur Sparlampe

Schlüsselkriterium «Farbwiedergabe»

Die meisten Leute kennen die LED von Velo- oder neuerdings Autolampen und sind der Ansicht, LED-Licht sei sehr kalt. Kaltes Licht wird im Volksempfinden als schlechtes Licht interpretiert, obwohl die Farbtemperatur eines Leuchtmittels mit dessen Farbwiedergabeeigenschaft nichts zu tun hat. Wenn man gute neue LED-Lampen mit dem Farbspektrometer analysiert, stellt man fest, dass diese ein weitgehend kontinuierliches Spektrum (im Gegensatz zu Leuchtstofflampen) und einen Farbwiedergabeindex (CRI) von bis zu 95% aufweisen. Ab Herbst 2009 bringt die Industrie nun auch LED-Lampen mit Farbtemperaturen von 2700 Kelvin (Glühlampenlicht) auf den Markt; damit dürfte sich die Akzeptanz für LED-Licht deutlich verbessern – auch wenn in vielen Anwendungen ausserhalb der Wohnung eine Lichttemperatur von 3500 bis 4000 Kelvin effektvollere Akzente setzt.

Auf jeden Fall kann festgehalten werden, dass Farbtemperatur, Farbspektrum und Farbwiedergabe bei LED quasi beliebig programmiert werden kann; diese Programmierung ist im Moment v.a. eine Frage des Preises.

Aktuelle Anwendungen

Die LED ist zum heutigen Zeitpunkt dort attraktiv, wo sie ihre unschlagbaren Vorteile (modulier- und dimmbares, brillantes und gerichtetes Licht ohne UV- und Wärmestrahlung bei tiefem Energieverbrauch und langer Lebensdauer) ausspielen kann:

- ▶ Als Strahler in der Shop- und Ladenbeleuchtung (Ersatz Halogen)
- ▶ Als Downlight in Korridoren von Hotels, Verwaltungen, Spitälern (Ersatz Kompaktlampen und Halogenlampen)
- ▶ Für Streiflichter anstelle von Leuchtstofflampen
- ▶ Als Lese- und Arbeitsleuchten (Ersatz Glüh-, Halogen und Sparlampen)
- ▶ Als Retrofit für Halogenlampenspots (4 bis 15 Watt = 20 bis 75 Watt)
- ▶ Für Strassenbeleuchtung als Ersatz der orangefarbenen Natriumdampflampen

Die Entwicklung zu weiteren Lichtanwendungen ist im vollen Gange, die Wirtschaftlichkeit wird sich in den nächsten Jahren immer mehr einstellen. Der genaue Zeitpunkt für eine LED-Entscheidung ist aber nicht immer einfach zu beantworten, seriöse und unseriöse Angebote sind oft schwierig zu unterscheiden. Was es braucht, sind ständig aktualisierte unabhängige Informationen sowie gute Pilot- und Demonstrationsanlagen, z.B. Shop-, Restaurant- und Strassenbeleuchtungen.



Abbildung 6: Retrofit LED-Spots von Osram, Philips und Megaman