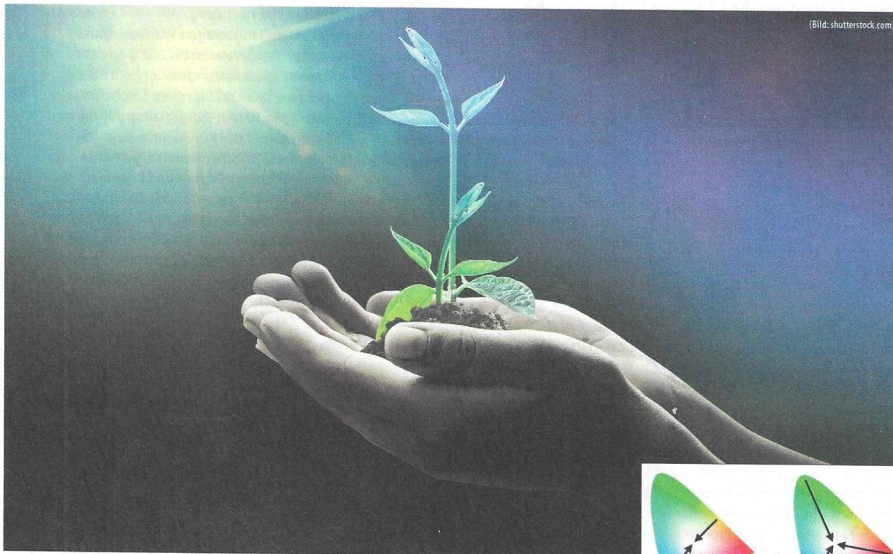


Farbtonveränderbare LEDs:

# Licht steuert Leben



Helligkeit und Farbton von Beleuchtungen beeinflussen bekanntlich das Verhalten von lebenden Wesen: die Stimmungen von Menschen und das Wachstum von Pflanzen. Lichtmanagementsysteme mit LEDs eröffnen dafür mehr Gestaltungsmöglichkeiten als konventionelle Strahler – ein attraktives Feld für kleine und mittelständische Unternehmen.

Von Helmut Lemme

**A**ls in Neumondnächten Feuer die einzige verfügbare Lichtquelle war, hat über das Thema Lichtfarbe niemand nachgedacht; man war froh, wenn man überhaupt irgendetwas sehen konnte. Auch nicht bei den im 19. Jahrhundert eingeführten sehr viel helleren Bogenlampen und Gaslaternen oder den nachfolgenden Glühlampen. Letztere enthalten im Spektrum im Vergleich zum Tageslicht stärkere Rot- und Gelbanteile, die beim Dimmen noch relativ zunehmen – analog zur untergehenden Sonne, durchaus geschätzt. Relevant wurde das Thema erst mit den Gasentladungslampen. Vorteil-

haft ist deren weitaus höherer Wirkungsgrad, doch dafür sind sie wegen ihrer Linienspektren farblich minderwertig. Natrium-Hochdrucklampen eignen sich allenfalls zur Straßenbeleuchtung, etwas angenehmer sind die Leuchtstoffröhren auf Basis von Quecksilber in Verbindung mit Wellenlängenkonversion. Durch unterschiedliche Phosphore lassen sich verschiedene Farbton erzeugen – Warmton, Neutralweiß, Tageslicht.

Wesentlich erweitert hat sich der Spielraum seit dem Siegeszug der LED. Mit rot, grün und blau emittierenden Dioden in einer Leuchte, separat angesteu-

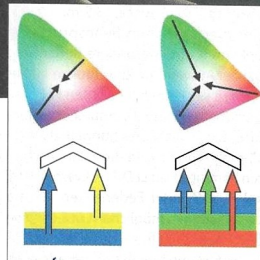


Bild 1. Mögliche Farbräume von weißen OLEDs: links Zweifarbsystem, rechts Dreifarbsystem.

ert, ist ein sehr großer Farbraum abdeckbar. Eine Streuscheibe davor lässt die Einzel-LEDs als Punktquellen kaum noch wahrnehmen und vermeidet Blendung. Ihr Licht lässt sich mit Reflektoren sehr viel besser bündeln als das von Leuchtstoffröhren, so geht weniger in unerwünschte Richtungen verloren. OLEDs leuchten dagegen großflächig. Im Vergleich zu den LEDs sind sie noch längst nicht so weit eingeführt; die weltweite Industrie arbeitet aber intensiv daran, sie kostengünstig in den Massenmarkt zu bringen. In Europa wurde im September 2019 das EU-Projekt „Pi-Scale“ abgeschlossen (s. Elektronik 2018, Ausgabe 5, S. 44), es

setzt sich fort in „LYTEUS“ unter Federführung des Fraunhofer FEP, Dresden. Wenn der Farbton einstellbar sein soll, gibt es zwei Möglichkeiten: entweder führt man dazu die Kontaktierungen zwischen den verschiedenen leuchtenden Schichten nach außen heraus und steuert die Ströme durch jede separat. Dabei ist keine laterale Strukturierung der Schichten nötig. Oder die Fläche wird unterteilt in einfarbig leuchtende Pixel oder Streifen. Es gibt Zweifarb- und Dreifarb-Systeme (Blau-Gelb und RGB). Erstere erlauben nur eine Variation längs einer Linie im CIE-Farbdigramm (Bild 1a), letztere innerhalb eines Dreiecks (Bild 1b). Ein reiches Informationsangebot zum Thema Lichtquellen und deren Wirkung bietet die Webseite [www.licht.de](http://www.licht.de), betrieben vom ZVEI.

### Licht für Menschen

Dass verschiedene Beleuchtungen unterschiedliche emotionale Stimmungen erzeugen, wird mittlerweile gezielt genutzt im Human Centric Lighting (HCL). Computergesteuerte Beleuch-

tungssysteme variieren den Farbton über den Tag hinweg passend zum Circadianrhythmus, damit sich die Menschen in den Räumen je nach Lebens- oder Arbeitssituation optimal wohl fühlen (Bild 2). Seit Langem ist bekannt, dass Licht mit mehr Blauanteil die Wachheit fördert und zur Arbeit anregt, also gut ist für die Morgenstunden. Höhere Rot- und Gelbanteile sind gegen Abend günstig, sie wirken beruhigend. Die Hormonforschung hat herausgefunden, dass bei geringem oder fehlendem Blauanteil im Licht die Melatoninausschüttung steigt und man besser schläft.

Für die Wahl der optimalen Beleuchtung sind verschiedene Bereiche zu unterscheiden:

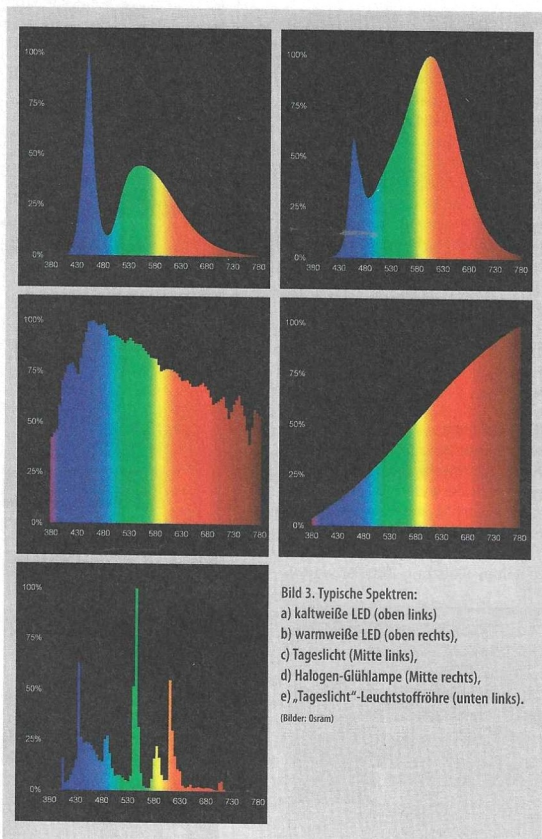
#### Privatwohnung

Hierzulande sind (im Gegensatz zu Asien) Warmweiß- beliebter als Kaltweiß-Töne. Besonders vielseitig ist die „SceneSwitch“-Lampe von Philips mit drei Helligkeitsstufen und Farbtönen: Tagsüber liefert sie helles Licht zum Arbeiten (Leistung 100 %, warm),



Bild 2. Raumbeleuchtung in drei verschiedenen Farbtönen.

(Bild: Osram)



abends ein gemütliches Lichtambiente zum Essen (40 %, sehr warm), und spät nachts ein Schummerlicht (10 %, extra warm), alles ohne Dimmer. Zum Wechseln braucht man sie nur aus- und wieder einzuschalten, dank der integrierten Memory-Funktion bleibt die zuletzt gewählte Einstellung jeweils erhalten.

**Arbeitsplatz und Schule**

Hierzu wurde mittlerweile eine große Anzahl von gesetzlichen Bestimmungen geschaffen, wie die Beleuchtung gestaltet sein muss.

**Außenbereich, Straßenbeleuchtung**

LEDs zeigen sich für diese Anwendung sehr viel besser geeignet als die bisher dominierenden Natrium-Hochdruck und Leuchtstofflampen – durch höhere Effizienz, natürlichere Farben, weniger Insektensterben durch UV-Freiheit und weniger „Lichtverschmutzung“ des Nachthimmels aufgrund besserer Bündelung des Lichtkegels.

**Geschäfte, Warenhäuser**

Die Waren müssen „gut“ beleuchtet werden. Zum einen Textilien, damit sie nicht draußen völlig anders aussehen als drinnen; zum anderen Lebensmittel. Obst, Gemüse und Fleisch brauchen Spezialstrahler mit extra starkem Rotanteil. Unter kaltweißem Licht würden sie leichenblass aussehen und nicht gekauft werden. Bisher dienen dazu Halogen-Glühlampen, doch LEDs sind effizienter.

**Gesundheits- und Pflegebereich**

Hierzu zählen in erster Linie Krankenhäuser. In Behandlungsräumen ist für die Ärzte wachhaltendes und sehr farbtreues Licht wichtig, in Patientenzimmern soll die Stimmung beruhigend sein.

Die LEDs erzeugen im Vergleich zu den Glühlampen sehr viel weniger Infrarotstrahlung. Möglicherweise hat das auch Wirkungen auf das menschliche Befinden. Diesbezügliche Forschungen stehen noch ganz am Anfang. In diesem Bereich liegt noch viel Arbeit vor den F&E-Abteilungen.

Die Beleuchtungsindustrie hat mittlerweile eine Vielzahl von Lichtmanagementsystemen (LMS) auf den Markt gebracht. In vielen Fällen sind dies Individuallösungen, an die jeweiligen Gegebenheiten angepasst, seltener

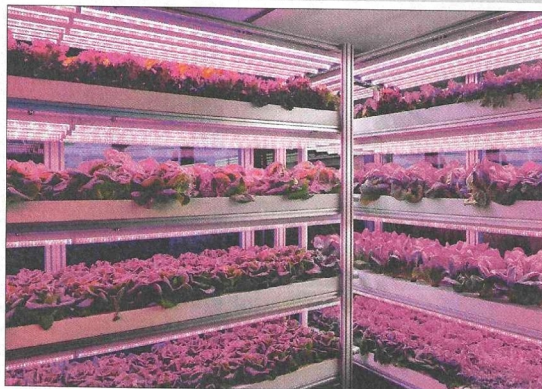


Bild 4. Pflanzen brauchen zum Wachsen vor allem Rot- und Blaulicht.

(Bild: Oram)



Bild 5. Gewächshaus mit Zusatzbeleuchtung für Zeiten mit schwachem Sonnenlicht.

(Bild: Oxxram)

fertig von der Stange. Das kann kleinen und mittelständischen Unternehmen gute Chancen eröffnen. Es gibt für solche Systeme bereits eine standardisierte Schnittstelle, genannt DALI (Digital Addressable Lighting Interface).

#### Licht für Pflanzen

Ohne Licht wächst nichts, so viel ist klar. Es muss aber nicht zwingend Sonnenlicht sein. Denn darauf ist nicht immer Verlass. In der Landwirtschaft ist schon wegen Schlechtwetter manche Ernte ausgefallen. Künstliches Licht kennt keine solchen Katastrophen und auch keine Jahreszeiten. Das Wachstum

hängt außer von der Intensität und Dauer auch entscheidend von der Lichtfarbe ab. Es reagiert jede Gattung und häufig sogar jede Unterart anders bezüglich Aussehen (Blumen) und Qualität der essbaren Produkte (Geschmack, Nährstoffgehalt). Die „Horticulture“-Forschung hat dazu bereits eine Menge praktisch nutzbare Erfahrungen gesammelt.

Im „Vertical Farming“ wachsen die Pflanzen nicht mehr in Freiluft auf normalem Erdboden, sondern in Hallen in vielen Ebenen übereinander wie in einem Hochregal. Das spart enorm viel Grundstücksfläche. Schäden durch Dürre, Starkregen, Überschwemmungen, Ha-

gel, Frost oder Orkan entfallen, auch ein Schädlingsbefall ist wenig wahrscheinlich, was Pestizide einsparen kann. Das ermöglicht einheimische Erdbeeren im Dezember.

#### Grünanteil nicht überflüssig

Allgemein zeigt sich der Austausch der konventionellen Lampen gegen LEDs als sehr vorteilhaft. Nicht nur wegen des höheren Wirkungsgrades, sondern vor allem wegen des einstellbaren Lichtspektrums. Ein Grünanteil galt lange Zeit als entbehrlich, weil die Photosynthese fast nur durch Rot- und Blaulicht angeregt wird. So herrscht in

# Kingbright

Kingbright Electronic Europe GmbH

■ Quality ■ Efficiency ■ Innovation ■ First-class service

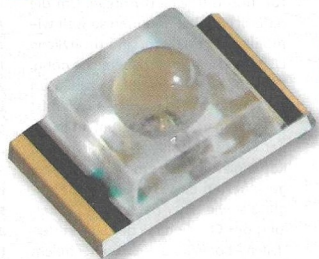
## NEUE DOME-LENS SMD-LED IM 0805 GEHÄUSE KPTD-2012 SERIE

#### Eigenschaften:

Abmessung = 2,0 mm x 1,25 mm, Bauhöhe = 1,05 mm  
Lieferbar in den Farben rot, orange, grün, gelb und blau

#### Anwendungen:

Hintergrundbeleuchtung, Haushalt- und intelligente Geräte, Statusanzeigen, „Wearable Computer“, Medizinische Geräte



## Gesundheitswarnungen vor LED-Licht

Wenn eine neue Erfindung den Markt erobert, dann dauert es oft nicht lange, bis Bedenken dagegen aufkommen. Das hat nun also auch die LEDs getroffen. Es geistert das Schlagwort „Blue Light Hazard“ herum. Was steckt wirklich dahinter? Zunächst einmal sind hier zwei grundsätzlich verschiedene Effekte zu unterscheiden. Erstens eine mögliche Augenschädigung. Ausgangspunkt ist eine Studie des französischen Instituts für Gesundheit und Medizinforschung. Dort wurden zwei Gruppen von Ratten über längere Zeit mit intensivem Licht bestrahlt, die eine mit Glühlampen (wenig Blauanteil), die andere mit LEDs (hoher Blauanteil). Bei den letzteren zeigte sich eine erhöhte Makuladegeneration, was in der Öffentlichkeit einige Ängste erregt hat.

Man muss die Untersuchungen aber schon sehr genau studieren. Erstens können die Ergebnisse an Ratten nicht unmittelbar auf Menschen übertragen werden. Langzeitversuche mit Menschen wurden noch nicht gemacht – es wäre schwierig, Versuchspersonen dafür zu finden. Zweitens wurden die Ratten mit einer sehr hohen

Intensität bestrahlt, die schon bald in Richtung Tierqualerei ging, nicht repräsentativ für normale Beleuchtungsbedingungen, denen Menschen ausgesetzt sind. Eine Recherche im Internet bringt sehr gegensätzliche Meldungen. Wie so oft, dürfte die Wahrheit in der Mitte liegen. Achtsamkeit ist angebracht, aber keine Panik. Viele der zunächst warnenden Berichte gestehen weiter hinten ein, dass von den – heute dominierenden – warmweißen (mit grünem und rotem Konversions-Phosphor) deutlich weniger Gefahr ausgeht als von den weniger populären kaltweißen Leuchten (mit gelbem Konversions-Phosphor). Die Commission Internationale d'Eclairage (CIE) gibt in ihrem „Positionspapier zur Gefährdung durch Blaulicht“ weitgehende Entwarnung, eine Schädigung sei nur bei direktem Blick in Lichtquellen mit starkem Blauanteil zu befürchten.

Der andere Effekt ist eine Wirkung auf den Gesamtorganismus. Gesicherte Erkenntnis ist, dass starkes Blaulicht in den Abendstunden die Produktion von Melatonin in der Zirbeldüse unterdrückt – des Hor-

mons, das uns schlafen lässt. Eine Störung des circadianen Rhythmus kann Schlaflosigkeit und indirekt dadurch andere Leiden zur Folge haben. Als Gegenargument ist dann aber zu hören, dass dieser Effekt größtenteils durch Wellenlängen im Bereich um etwa 480 bis 490 nm ausgelöst wird, der in den LEDs, warm- wie kaltweißen, gerade fehlt (Bild 3). Deren primäres Blaulicht hat eine schmale Spitze bei etwa 450 nm und dann erst wieder Maxima bei Grün und Rot bzw. Gelb. Die Sonne, Halogenlühlampen und Leuchtstofflampen strahlen gerade in diesem Bereich deutlich stärker, noch dazu auch im nahen UV-Bereich – ebenfalls augenschädlich. LEDs dagegen sind prinzipiell UV-frei.

Wie auch immer – man sollte vermeiden, in den LED-Chip direkt hineinzublicken. LEDs dagegen sind prinzipiell UV-frei. Aber das wird man bei anderen stark blendenden Lichtquellen auch nicht tun, genauso wenig wie in die Sonne. Das andere Extrem – das schlechte Licht in den alten Zeiten – hat den Augen auch nicht gut getan. Mit etwas gesundem Menschenverstand wird man seine Sehfähigkeit lange zu erhalten wissen.

den Hallen häufig ein unangenehmes Magenta-Licht (Bild 4). Mittlerweile häufen sich aber die Erkenntnisse, dass das doch nicht optimal ist, und ein gewisser Grünanteil Vorteile bringt – vor allem auch für die dort arbeitenden Menschen, die die Farbtöne der Pflanzen visuell beurteilen wollen. Günstig scheint eine Kombination von weißen mit roten und blauen LEDs zu sein. Man kann dann auch auf den Tag/Nacht-Rhythmus ganz verzichten und die Pflanzen rund um die Uhr bestrahlen – unnatürlich, aber mit noch mehr Ertrag. Über den sichtbaren Anteil hinaus erhält Sonnenlicht auch starke Infrarot- und Ultraviolett-Anteile. Um die natürlichen Bedingungen so weit wie möglich anzunähern, sind zusätzliche LEDs für diese Spektralbereiche nötig. Die gibt es mittlerweile in zahllosen Ausführungen. In manchen Fällen ist es vorteilhaft, das Spektrum im Laufe der Wachstumsphasen zu verändern. Kombiniert wird das mit einer optimal gesteuerten Bewässerung und Düngung sowie einer passenden Einstellung des CO<sub>2</sub>-Gehalts der Luft in den Hallen – höher als draußen unter freiem Himmel. Alles in allem hat man eine

sehr große Zahl von Parametern, die sich variieren lassen und damit ein weites Feld für die Forschung. Die läuft mittlerweile weltweit mit hoher Intensität, in Deutschland beispielsweise bei Osram und Würth, in den USA beim Controlled Environment Lighting Laboratory (CELL) an der Michigan State University und bei der NASA am Kennedy Space Center.

### Gemüseanbau im Hochhaus – ein Geschäftsmodell?

Steht ein solches Gewächshaus in einer Großstadt (als Hochhaus „Farmcraper“), lassen sich die Transportfahrten zu den Abnehmern drastisch reduzieren. Nacheinander ist auf der anderen Seite aber der hohe Energieaufwand. Stellt man Solarzellen aufs Dach und speist damit die LEDs, kommen noch nicht einmal 10 % der Sonneneinstrahlung bei den Pflanzen an. Wie weit dieses Prinzip wirtschaftlich und ökologisch Sinn macht, ist höchst umstritten. Viele Betreiber solcher Anlagen haben schon wieder aufgegeben, weil die Produkte viel zu teuer wurden. Der Erfolg hängt stark vom Einzelfall ab. Hier sind noch man-

che kreative Ideen vonnöten. Weit weniger umstritten ist das Prinzip, in konventionellen Gewächshäusern zusätzliche Lampen anzubringen (Bild 5), die nur bei Regen, Nebel oder in zusätzlichen Morgen- und Abendstunden eingeschaltet werden. Das kann den Ertrag merklich erhöhen, ohne dass gleich die Kosten explodieren.

Die Leuchtmittelhersteller bieten bereits eine weite Palette an Lichtquellen speziell für die Pflanzenbestrahlung an. Sehr aktiv ist zum Beispiel Osram, nicht nur mit Leuchten, sondern auch mit Komplettlösungen, also den zugehörigen Computersteuerungen. Für Kleinanwender hat das Münchner Start-up-Unternehmen Agrilution einen Schrank namens „Plantcube“ entwickelt, ausreichend, um auf zwei Ebenen übereinander in der eigenen Wohnung Salat und andere Gewächse zu züchten – mit LEDs angestrahlt, optimal bewässert und temperiert. Wegen der doch sehr hohen Anschaffungs- und Betriebskosten dürfte das aber zunächst einmal nur einige wenige Gutbetuchte anlocken. Unbestreitbar ist aber: Einen noch kürzeren Weg zu einer frischen Biokost-Mahlzeit gibt es nicht.

mh/a