



Licht unterstützt das Sehen und ist somit in der Medizin ein wichtiger Sicherheitsaspekt. LEDs haben viele Vorteile und brauchen den Vergleich mit Xenon- und Halogenlampen nicht zu scheuen.

Naturgetreues Licht im Arbeitsfeld

Licht beschreibt den sichtbaren Bereich elektromagnetischer Strahlung mit Wellenlängen zwischen 380 und 780 nm, wobei die Wahrnehmungsgrenzen fließend sind, da die Empfindlichkeit des menschlichen Auges für die benachbarten Bereiche der Infrarot- und Ultraviolettstrahlung nicht abrupt, sondern allmählich abnimmt. Seit der Entstehung des Lebens auf der Erde wurden alle Evolutionsschritte vom Sonnenlicht beeinflusst oder begleitet. Für unsere visuelle Wahrnehmung gilt das Sonnen- oder Tageslicht da-

her als Maßstab, an dem wir alle künstlichen Lichtquellen messen, gleichgültig ob in Wohn-, Arbeits- oder Verkaufsräumen und natürlich auch dann, wenn Technik auf Licht angewiesen ist. Ohne hochwertige Beleuchtungssysteme wäre die moderne Medizintechnik nicht denkbar. Von der OP-Tisch-Beleuchtung über die Endoskopie bis hin zu den Systemen für die Diagnose, Überwachung und Therapie sind gute Resultate nur mit einer effizienten, auf die Applikation abgestimmten Beleuchtung zu erreichen.



Bilder: Volpi

Effizient, vielseitig und auf die Applikation abgestimmt muss eine Beleuchtung für die Medizintechnik sein

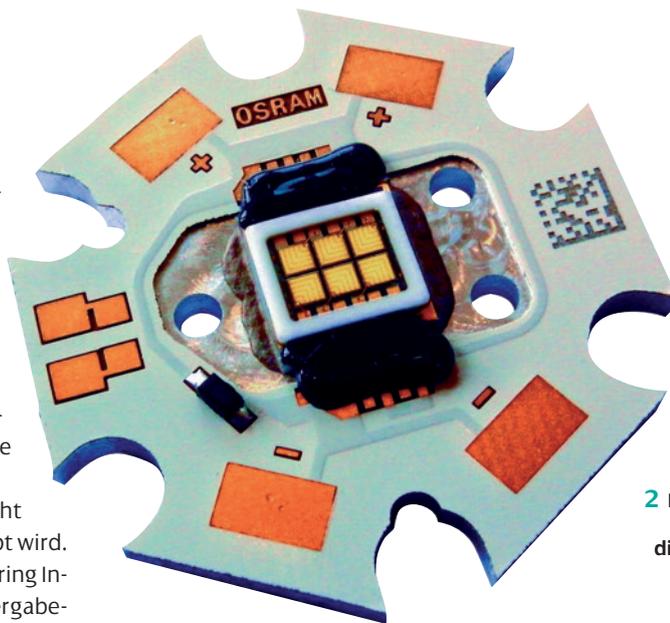
Der viel gebrauchte Begriff Effizienz beschreibt das Verhältnis von erbrachter Leistung und dem dazu notwendigen Aufwand. Damit eine Beleuchtungslösung effizient ist, müssen allerdings gleich mehrere Faktoren stimmen. Dazu gehört die eigentliche Lichterzeugung unter Berücksichtigung der Parameter Spektrum, Intensität, Kohärenz, Polarisation und Modulation ebenso wie die Lichtsammmlung mithilfe einer Optik, die anschließende Lichtübertragung und letztendlich die Lichtprojektion beziehungsweise die Lichtverteilung auf dem Objekt.

Künstliche Lichtquellen müssen sich am natürlichen Licht messen lassen, wenn eine visuelle Beobachtung angestrebt wird.

LEDs – mit Power in die Zukunft

Der sogenannte Color Rendering Index (CRI) ist der Farbwiedergabeindex, der zur Charakterisierung von Lichtquellen dient. Je größer er ist, desto natürlicher werden Farben wiedergegeben und als umso angenehmer werden sie empfunden. Sonnenlicht hat einen CRI von 100 Prozent. Die heute als Lichtquellen in der Medizintechnik meist eingesetzten Halogen-, Xenon- oder Metall-Halid-Lampen mit CRI-Werten zwischen 80 und 98 Prozent kommen diesem Ideal recht nahe (Bild 1). Wenn Messungen elektronisch aufgezeichnet werden, zum Beispiel mit CCD-Kameras, muss die Emissionscharakteristik der Lichtquelle an die Empfängerempfindlichkeit angepasst werden. Diese unterscheidet sich im Allgemeinen von der farbabhängigen Empfindlichkeit des Auges.

Allerdings gibt es bei jedem Lampentyp auch Eigenschaften, die sich negativ auswirken können: Die mit



2 LEDs – mit Power in die Zukunft

einer Lichtausbeute von 80 bis 90 lm/W sehr effizienten Metall-

Halid-Lampen beispielsweise haben leider nur eine Lebenserwartung von 200 bis 1000 Betriebsstunden und benötigen relativ aufwändige Stromversorgungen. Ähnliches gilt für Xenonlampen, wobei hier die Effizienz mit 20 bis 30 lm/W deutlich niedriger ist. Die Strahlungsemission der beiden genannten Lampentypen stammt von einer Gasentladung (Plasma = Gas mit positiven und negativen Ladungsträgern), die eine Temperatur von zirka 6000 K aufweist. Dieser Wert entspricht etwa der Oberflächentemperatur der Sonne, weshalb wir das Licht als „weiß“ empfinden, da unser Auge evolutionsbedingt auf das Sonnenlicht weiß abgeglichen ist. Gemäß Max Planck kann einer Lichtquelle auch eine Farbtemperatur zugeordnet werden, die etwa der Temperatur eines Materiestrahlers (Lampenwendel, heißes Plasma) entspricht, der ein der Lichtquelle ähnlich verteiltes Spektrum emittiert. Wie oben erklärt, weisen somit das Sonnenlicht und damit auch jenes der Metall-Halid- oder Xenonlampen eine Farbtemperatur von typischerweise 6000 K auf. Halogenlampen strahlen das von der heißen Wolfram-

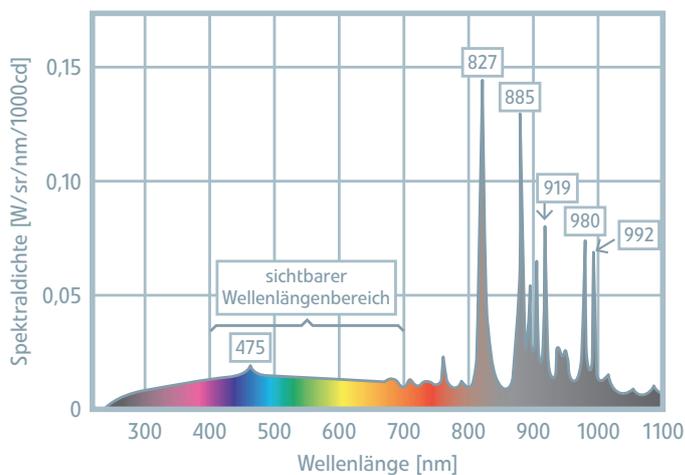
Wendel emittierte Licht ab. Da Wolfram eine der höchsten Festkörpertemperaturen erreichen kann, bevor es schmilzt (Schmelztemperatur = 3422 °C), liegt die Farbtemperatur dieses Lampentyps charakteristischerweise bei etwa 3200 K. Gegenüber dem emittierten weißen Licht einer Gasentladungslampe (Xenon oder Metall-Halid) ist die Wahrnehmung des Halogenlichts daher eher gelblich.

Ähnlich wie Xenonlampen erreichen Halogenlampen Effizienzwerte zwischen 20 und 30 lm/W, benötigen jedoch weniger aufwändige Stromversorgungen. Die Lampenlebensdauern liegen typisch zwischen 50 und 2000 Betriebsstunden und sind abhängig vom Typ und der Lampenspannung. Je nach Anwendung müssen also entsprechend viele Ersatzlampen auf Lager gehalten werden, und natürlich müs-

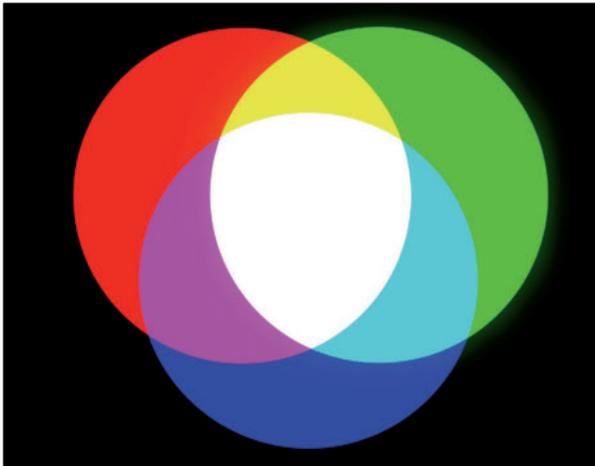


KONTAKT

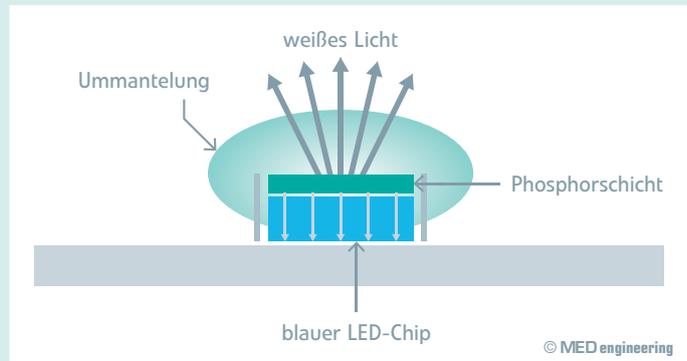
Volpi AG
CH-8952 Schlieren/Schweiz
Tel. +41 (0)44 7324-304
Fax +41 (0)44 7324-333
www.volpi.ch



1 Spektrale Verteilung bei Xenonlampen



3 LEDs erzeugen weißes Licht mithilfe der additiven Farbmischung



4 Eine effiziente Lösung: weiße LED aus kombinierten Materialien

► sen die Geräte auch so konstruiert sein, dass ein Austausch möglichst einfach ist und vor allem auch nicht zu lange dauert. Vor diesem Hintergrund wundert es nicht, dass sich heute LEDs (Light Emitting Diodes) zunehmend größerer Beliebtheit erfreuen, ein Trend, der sich in Zukunft sicherlich noch verstärken wird (Bild 2). Gründe dafür gibt es gleich eine ganze Reihe, die allesamt im Funktionsprinzip der LED begründet sind: Eine Leuchtdiode ist ein elektronisches Halbleiterelement. Fließt durch die Diode Strom

Unempfindlich und langlebig

in Durchlassrichtung, so strahlt sie Licht mit einer vom Halbleitermaterial abhängigen Wellenlänge ab. Die Intensität einer LED ist unter anderem abhängig von der Stromstärke. Dadurch lassen sich LEDs einfach ansteuern und beispielsweise auch dimmen. Die ersten LEDs, die in den sechziger Jahren auf den Markt kamen, erzeugten rotes Licht und wurden als Signalleuchten eingesetzt. In den Folgejahren kamen grüne und blaue LEDs dazu.

Weißes Licht kann durch Farbmischung erzeugt werden, indem man zum Beispiel rote, grüne und blaue LEDs miteinander kombiniert, bei additiver Farbmischung ergibt dies weißes Licht (Bild 3). Besonders effizient sind weiße LEDs, bei denen ein eigentlich blau emittierender Chip aus Gallium-Aluminium-Nitrid mit Phosphor beschichtet ist (Bild 4). Sie erreichen eine Effizienz von knapp 100 lm/W bei einem CRI von etwa 70 Prozent und einer Farbtemperatur von zirka 5500 K.

Die visuelle Betrachtung von LED-beleuchteten Objekten kann aufgrund des relativ niedrigen CRI-Werts zu farblichen Abweichungen gegenüber der natürlichen (Sonnen-) Beleuchtung führen. Wegen der verhältnismäßig starken LED-Emission im blauen Spektralbereich (um 450 nm) benötigen kamerabasierte Abbildungssysteme (Endoskopie) weit weniger hohe Signalverstärkungen, als es mit Halogen- oder Xenonlicht der Fall wäre. In der Folge ergibt sich für schwach ausgeleuchtete Bildabschnitte ein deutlich reduziertes Bildrauschen.

Ein weiterer Vorteil von weißen LEDs liegt in der Stabilität der Farbtemperatur in Abhängigkeit des LED-Stroms (Dimmung). Damit eignen sich weiße LEDs für Anwendungen, die Tageslichtqualität

verlangen. Sie brauchen den Vergleich mit Halogen- oder Xenonlampen nicht zu scheuen. Dass LEDs keine Hochspannung benötigen, kommt den Anforderungen der Medizintechnik natürlich ebenfalls entgegen, da keine aufwändigen Schutzmaßnahmen erforderlich sind.

Die Leuchtdiode schaltet außerdem sehr schnell vom leuchtenden in den nicht leuchtenden Zustand. Der Lichtstrahl kann bei Bedarf bis in den MHz-Bereich getaktet werden. LEDs sind zudem stoß- und vibrationsunempfindlich und erreichen eine Lebensdauer von typisch 30 000 bis 50 000 Betriebsstunden, also weit mehr als konventionelle Glühlampen. In den meisten Applikationen muss man LEDs daher während der Gerätebetriebszeit nicht austauschen, was die Konstruktion des LED-Moduls und damit jene des Endprodukts deutlich vereinfachen kann. Konventionelle Beleuchtungssysteme erfordern einen regelmäßigen Lampentausch, der je nach Lampentyp sehr teuer sein kann. Deshalb wirkt sich der Einsatz von LED-basierten Beleuchtungen in der Kostenbetrachtung langfristig wesentlich günstiger aus, was in vielen Fällen das Hauptargument für den Erwerb eines LED-Beleuchtungssystems darstellt.

Die Lebenserwartung ist allerdings aufgrund der Halbleitertechnik temperaturabhängig. LEDs müssen deshalb gekühlt werden. Zwar emittieren sie im Gegensatz zu Glühlampen keine beziehungsweise kaum Wärmestrahlung. Das bedeutet aber nicht, dass LEDs keine Wärme produzieren. Genau wie bei anderen Leuchtmitteln wird nach wie vor ein großer Teil der zugeführten elektrischen Energie in Wärme umgewandelt. Für die LEDs ist es wichtig, dass die Verlustwärme durch Wärmeleitung an die Umgebung abgegeben wird, während die Betriebstemperaturen der konventionellen Leuchtmittel ohne Weiteres hoch sein dürfen.

Wichtig: effiziente Kühlung

Wird die LED nicht gekühlt, kann die Temperatur der LED in kritische Bereiche steigen und zum LED-Ausfall führen. Daher ist gerade bei leistungsstarken LEDs eine effiziente Kühlung äußerst wichtig. Ineffiziente Kühlung reduziert bereits nach relativ kurzer Betriebsdauer die Lichtausbeute und führt zu einer frühzeitigen

Wird die LED nicht gekühlt, kann die Temperatur der LED in kritische Bereiche steigen und zum LED-Ausfall führen. Daher ist gerade bei leistungsstarken LEDs eine effiziente Kühlung äußerst wichtig. Ineffiziente Kühlung reduziert bereits nach relativ kurzer Betriebsdauer die Lichtausbeute und führt zu einer frühzeitigen

Bilder: Voipix

Alterung. Je nach Anwendung lassen sich unterschiedliche Kühlkonzepte nutzen, angefangen bei Konvektions- und forcierter Luftkühlung über die Wärmeableitung mit Wärmerohrsystemen oder Peltier-elementen bis hin zur Wasserkühlung. Simulationswerkzeuge können dabei helfen, die geeignete Lösung zu finden.

Im Vergleich zu Glühlampen, die eine hohe thermische Abstrahlung haben, sind LEDs „kalte“ Lichtquellen. Davon profitiert man bei der Lichtsammlung, da die Optik nahe am Emitter positioniert werden kann. Bei der konventionellen Glühlampentechnik ist dies nicht gut möglich. Dadurch lassen sich nur etwa 20 bis 40 Prozent des erzeugten Lichts in der Optik sammeln. Anders sieht das bei LEDs aus (Bild 5). Optische Kunststofflinsen (so genannte TRI-Linsen), bei denen der weitwinkliger Anteil der LED-Emission an der Außenfläche total reflektiert wird, sammeln das Licht effizient, direkt am Emitter und konzentrieren es auf eine Targetebene, sodass es beispielsweise direkt über Faseroptiken weitergeleitet werden kann.

Hohe Effizienz bei der Übertragung

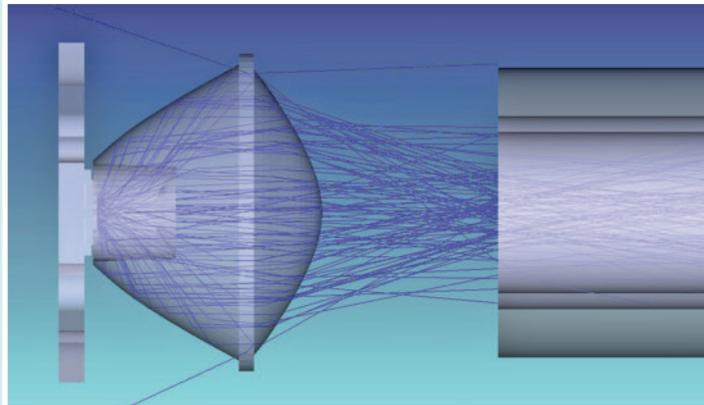
Für medizintechnische Geräte, die auf eine leistungsfähige Beleuchtung angewiesen sind, bieten sich LEDs als Alternative zu konventioneller Lampentechnik an.

Für eine effiziente Lichtübertragung sorgen schließlich faseroptische Systeme. Volpi verwendet beispielsweise je nach Applikation Glas-, Quarz- oder Kunststoffmaterialien. Die Fasern sind hochflexibel, elektrisch und thermisch isolierend und eignen sich für die unterschiedlichsten Anwendungen, zum Beispiel in der Endoskopie, der Patientenüberwachung oder für die fotodynamische Therapie im Körperinneren.

Da keine Anwendung der anderen gleicht, hat sich Volpi darauf spezialisiert, in enger Zusammenarbeit mit den Anwendern maßgeschneiderte Beleuchtungslösungen zu erarbeiten, für die biomedizinische Sensorik und das Patientenmonitoring ebenso wie für die Ophthalmologie, HNO-Heilkunde, die fotodynamische Therapie oder die invasive und minimalinvasive Chirurgie (MIC). Weitere Einsatzbereiche finden sich in der Molekulardiagnostik bezie-

Dadurch lassen sich bis zu 80 oder sogar 85 Prozent des erzeugten Lichts nutzen, also mehr als doppelt so viel wie bei Halogen- oder Xenonlampen.

ungsweise bei der In-vitro-Diagnostik, der Lumineszenz-Detektion, der Spektroskopie, in der Laborautomation oder beim Monitoring medizinischer Parameter. Die Anwender profitieren von der jahrelangen Erfahrung mit faseroptischen und optoelektronischen Systemen und Geräten, wobei die Engineeringleistung nicht nur Entwicklung und Herstellung, sondern auch Kostenbewertung und Service umfasst.



5 TIR-Linse und LED: Die Lichtausbeute beträgt etwa 80 bis 85 Prozent



DIPL.-PHYS. REINHARD JENNY
ist CTO bei Volpi in Schlieren.
jenny@volpi.ch



ELLEN-CHRISTINE REIFF
ist Redakteurin im Redaktionsbüro Stutensee.
ereiff@rbsonline.de

MD110047
www.med-eng.de

