

Application Note

Vorteile von LED-Beleuchtung in Gartenbauanwendungen



ANO003 // DR. RICHARD BLAKEY

1 Einleitung

Hochdruckentladungslampen (*engl: High intensity discharge (HID)*) sind der aktuelle Industriestandard in der Gewächshausindustrie da sie wirtschaftlich sind und ein konsistentes, adäquates Lichtspektrum für das Pflanzenwachstum bieten ^[1]. Licht emittierende Dioden (LED) bieten eine Vielzahl von Vorteilen als Beleuchtungsquellen im Gartenbau, aber anfängliche Schwierigkeiten, vor allem Kosten und Intensität, schränkten ihren Einsatz im Gartenbau ein. Die rasanten Fortschritte bei der Entwicklung und Herstellung von LEDs haben jedoch die Lücke zu herkömmlichen, auf Entladungen basierenden Beleuchtungstechnologien geschlossen und stellen nun eine wirtschaftliche Alternative zu HID-Lichtquellen dar, insbesondere für hochwertige Nutzpflanzen ^[2], die von einigen als "eine monumentale Veränderung" bezeichnet wird. ^[3] Die folgende AppNote vergleicht die Vorteile von LEDs mit herkömmlichen HID-Lichtquellen für den Einsatz in der Pflanzenzucht. Obwohl die Eigenschaften in verschiedenen Abschnitten behandelt werden, sind sie eng miteinander verknüpft. Zuwächse in einem Leistungsmerkmal beeinträchtigen wiederum andere. Eine Einführung in den Einsatz von LEDs im Gartenbau finden Sie unter [ANO002 LEDs - Die Zukunft der Horticulture Beleuchtung](#).

2 Ausgangsintensität

Ursprünglich war die Intensität der LEDs zu gering, um im Gartenbau eingesetzt werden zu können, da sie eher für Signalleuchten und die Hintergrundbeleuchtung von Bedienfeldern geeignet waren. Die

Lichtintensität, die heutzutage durch LEDs erzeugt werden kann, ist vergleichbar mit der von HID-Quellen in Clustern. Normalerweise wird die Lichtintensität in Lumen ausgedrückt, da der Mensch Licht wahrnimmt, welches auf die Empfindlichkeit des Auges ausgerichtet ist. Allerdings wird die Photosynthese und das Pflanzenwachstum durch Photonen angetrieben und somit als PPF quantifiziert. Dies ist besonders wichtig beim Vergleich von LEDs, die eine bestimmte Wellenlänge des Lichts erzeugen können. Da die Strahlungsenergie umgekehrt proportional zur Wellenlänge ist, haben "rote Photonen" einen geringeren Strahlungsenergiegehalt, wodurch mehr Photonen pro Energieeinheit erzeugt werden. Das bedeutet, dass blaue LEDs zwar einen höheren Strahlungsfluss haben als rote LEDs, aber der Unterschied im PPF ist viel geringer (Abbildung 1). Es ist schwierig, die Ausgangsintensität von LED- und HID-Quellen auf sinnvolle Weise zu vergleichen, da die Anzahl der LEDs, das inhärente Abstrahlverhalten der Geräte (LEDs sind unidirektional, während HID-Lampen ein omnidirektionales breites Abstrahlverhalten haben) und die Verwendung von Reflektoren und Linsen eine Rolle spielen. Ziel ist es, die Übertragung des emittierten Lichts von der Lichtquelle auf die Pflanzenblätter zu maximieren. Es kann daher interessanter sein, darüber nachzudenken, wie das Licht an die Pflanzen abgegeben wird. Es gibt kein perfektes Verteilungsschema, aber es gibt einige, die für bestimmte Gewächshauskonfigurationen besser geeignet sind. Durch die Verwendung von Präzisions-Deckenleuchten und Linsen kann das Abstrahlverhalten von HID-Geräten gesteuert und das Licht auf die Wachstumsbereiche der Pflanzen fokussiert werden. Dies ist in kleinen Gewächshäusern mit weit auseinander liegenden Anbauflächen unerlässlich. Unabhängig von der Lichtquelle kann auf diese Weise ein Wirkungsgrad von über 90 % erreicht werden. Mit der LED-Intracanopy-

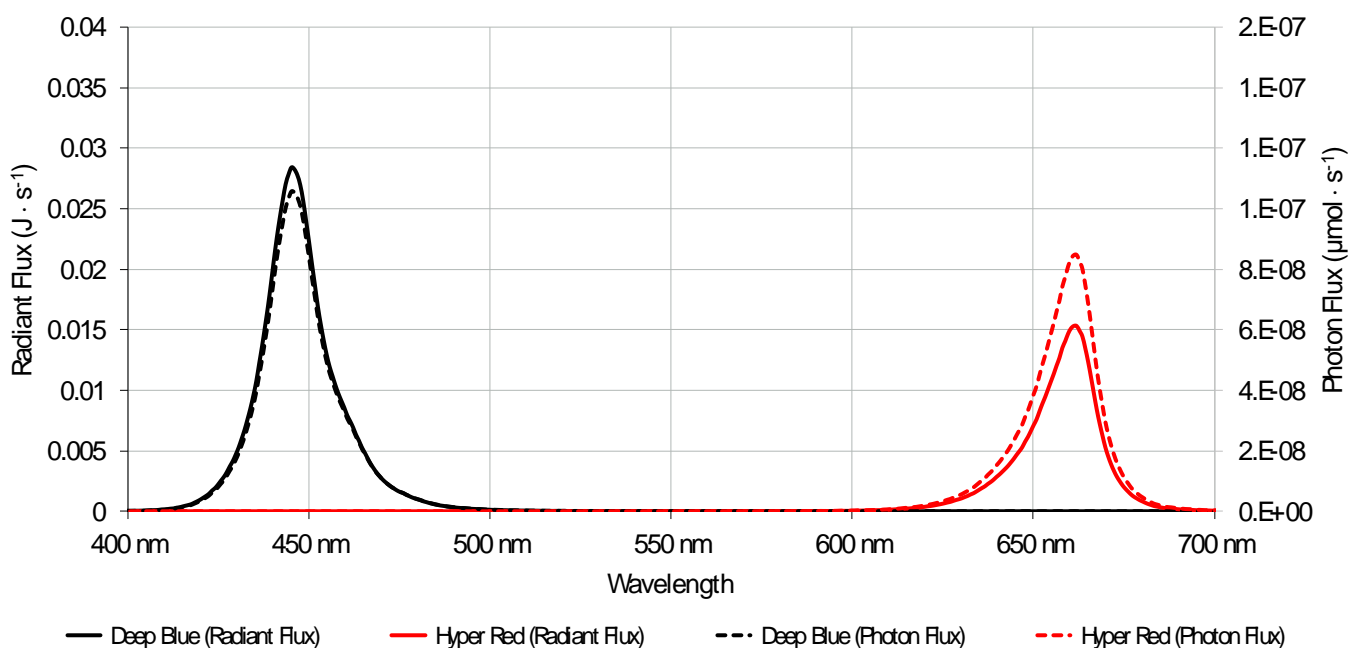


Abbildung 1: Vergleich von PPF und Strahlungsfluss von WL-SMDC Deep Blue (150 353 DS7 4500) und Hyper Red (150 353 HS7 4500)

Application Note

Vorteile von LED-Beleuchtung in Gartenbauanwendungen



Beleuchtung [4] lassen sich jedoch nahezu 100 % der Aufnahmeleistungen erreichen. Die von HID-Leuchten erzeugte Wärme macht die Intracanopy-Beleuchtung praktisch unmöglich.

3 Effizienz

Das Potenzial von LEDs [5] gegenüber herkömmlichen Lichtquellen wurde schon lange erkannt [6]. Das liegt an den geringen Verlusten, welche als Wärme erzeugt werden, d.h. ein größerer Teil des Stroms fließt in die Lichterzeugung. Das bedeutet außerdem, dass die Lichtquelle extrem nah oder sogar innerhalb der Pflanzenhaube platziert werden kann. Der Wirkungsgrad (Wall-Plug Efficiency) von Lichtquellen wird üblicherweise als Strahlungsfluss (W) bezogen auf die elektrische Eingangsleistung (W) oder Lichtausbeute, ausgedrückt als Lichtstrom (lm) bezogen auf die elektrische Eingangsleistung (W), aber im Gartenbau wird die Photoneneffizienz verwendet ($\mu\text{mol J}^{-1}$). Es handelt sich um die Ausgabe photosynthetischer Photonen ($\mu\text{mol s}^{-1}$) in Abhängigkeit von der Eingangsleistung (W). Wie in Abschnitt 2 beschrieben, variieren PPF und Strahlungsfluss stark zwischen den verschiedenen Wellenlängen der LED.

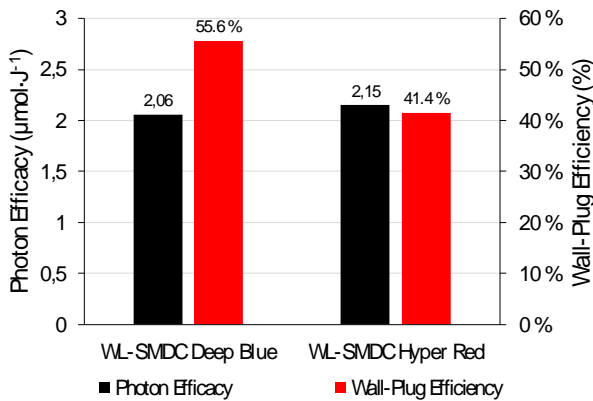


Abbildung 2: Vergleich der Photon-Effizienz und der Effizienz des Wandpfropfens von WL-SMDC Deep Blue (150 353 DS7 4500) und Hyper Red (150 353 HS7 4500)

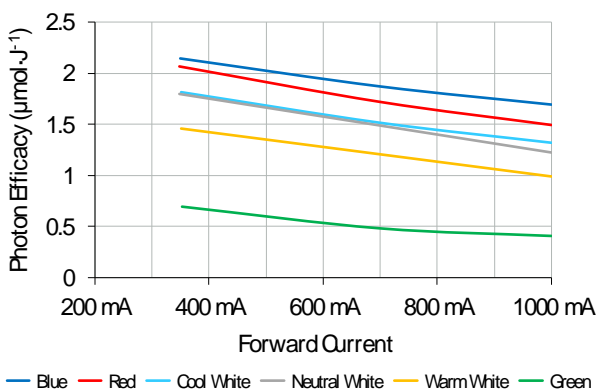


Abbildung 3: Typische Photoneneffizienz ($\mu\text{mol}/\text{J}$) in Abhängigkeit vom Eingangsstrom (mA)

Obwohl blaue LEDs einen höheren Wirkungsgrad haben als rote LEDs, ist der Unterschied in der Photoneneffizienz viel geringer (Abbildung 2). Erschwerend kommt hinzu, dass die Effizienz von LEDs für verschiedene Materialien, mit denen unterschiedliche Wellenlängen erzeugt werden, unterschiedlich ist und sich in Abhängigkeit vom Eingangsstrom ändert (Abbildung 3). Die effizientesten 'Farben' der LED, basierend auf der Photoneneffizienz, sind blau und rot. Um HID- und LED-Lichtquellen direkt zu vergleichen, wird die Effizienz der Umwandlung von elektrischer Energie in photosynthetisch aktive Photonen untersucht (Tabelle 1).

Art der Lichtquelle	Elektrische Eingangsleistung (W)	PPF ($\mu\text{mol s}^{-1}$)	Photoneneffizienz ($\mu\text{mol J}^{-1}$)
Hochdruck-Natriumdampf [7]			
400 W (magnetisch)	443	416	0.94
1000 W (magnetisch)	1067	1090	1.02
1000 W (elektrisch)	1024	1333	1.30
Keramisches Metallhalogenid [7]			
315 W (3100 K)	337	491	1.46
315 W (4200 K)	340	468	1.38
Floureszierend [7]			
400 W (Induktion)	394	374	0.95
60 W	58	48	0.84
Light Emitting Diode (@350 mA)			
WL-SMDC Deep Blue (150353DS74500)	1.12	2.31	2.06
WL-SMDC Hyper Red (150353HS74500)	0.84	1.81	2.15
WL-SWTC Moonlight (158353030)	1.12	1.58	1.41
WL-SWTC Daylight (158353050)	1.12	1.69	1.51

Tabelle 1: Vergleich der Photoneneffizienz von LED- und HID-Lichtquellen.

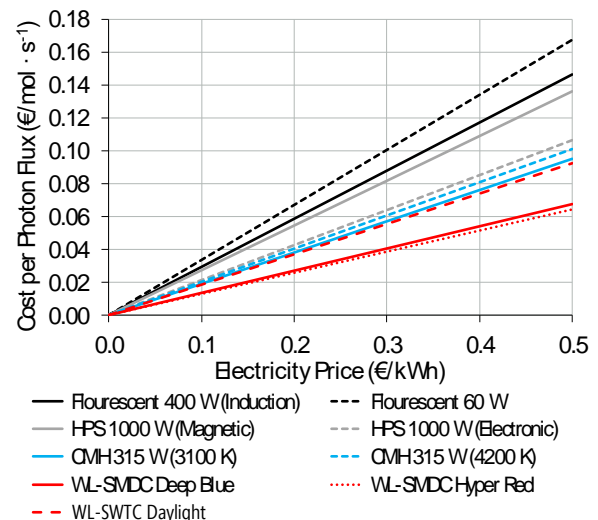


Abbildung 4: Kosten pro PPF in Abhängigkeit von den Strompreisen in Natriumhochdruck (grau), Metallhalogenid (blau), floureszierend (schwarz) und LED (rot)

Application Note

Vorteile von LED-Beleuchtung in Gartenbauanwendungen



Dies hat zur Folge, dass der Wirkungsgrad sehr stark von den Strompreisen abhängig ist (Abbildung 4). Mit steigendem Strompreis werden die Einsparungen bei der Implementierung eines LED-Beleuchtungssystems deutlich größer.

4 Lichtqualität

Der Hauptvorteil von LEDs liegt in der Möglichkeit, das Gesamtspektrum des Lichts anzupassen und zu optimieren. Dies kann genutzt werden, um die photosynthetische Effizienz zu erhöhen und zu verbessern und Entwicklungsphasen zu steuern^[8] aber auch, um die Menge an ungenutztem Licht und damit Energie zu reduzieren. Aufgrund ihrer monochromatischen Leistung können mehrere LEDs mit unterschiedlichen Wellenlängen verwendet werden, um art-, sorten- und wachstumsspezifische "Rezepturen" zu konfigurieren^[9]. Dies steht im Gegensatz zu HID-Quellen mit einem festen Ausgangsspektrum, die in einigen Wellenlängen ausreichend Licht liefern und in anderen

Wellenlängen zu hohe oder zu geringe Mengen liefern (Abbildung 5). Außerdem kann die Lichtrezeptur nicht an eine Pflanzenentwicklung angepasst werden (Abbildung 6). Derzeit gibt es eine Reihe von Projekten, die die Lichtrezeptur (und andere Parameter) auf die Wachstumsphase der Pflanze abstimmen. Dabei kommen Kameras zum Einsatz, meist im sichtbaren oder infraroten Bereich. Der ultraviolette Bereich (UVA und UVB, 280 bis 400 nm) ist derzeit ein sehr interessantes Thema im Pflanzenanbau. Sonnenlicht besteht aus 9 % UV (Prozent PPF), während HID-Quellen einen festen Wert von 0,3 bis 8 % UV-Strahlung (Prozent PPF) emittieren^[10]. Mit LEDs lässt sich die Belichtung sehr einfach steuern. Eine unzureichende UV-Strahlung kann bei einigen Pflanzenarten die Entwicklung unterbrechen^[11]. HID-Quellen haben eine minimale fernrote Strahlung (710 bis 740 nm), die LEDs effizient erzeugen können.

Die Bedeutung der fernroten Strahlung wird in AN0004 erklärt. Grüne LEDs (530 bis 580 nm) werden normalerweise nicht direkt in LED-Leuchten eingesetzt, da diese Wellenlängen für die Photosynthese als weniger wichtig angesehen werden. Allerdings durchdringen diese

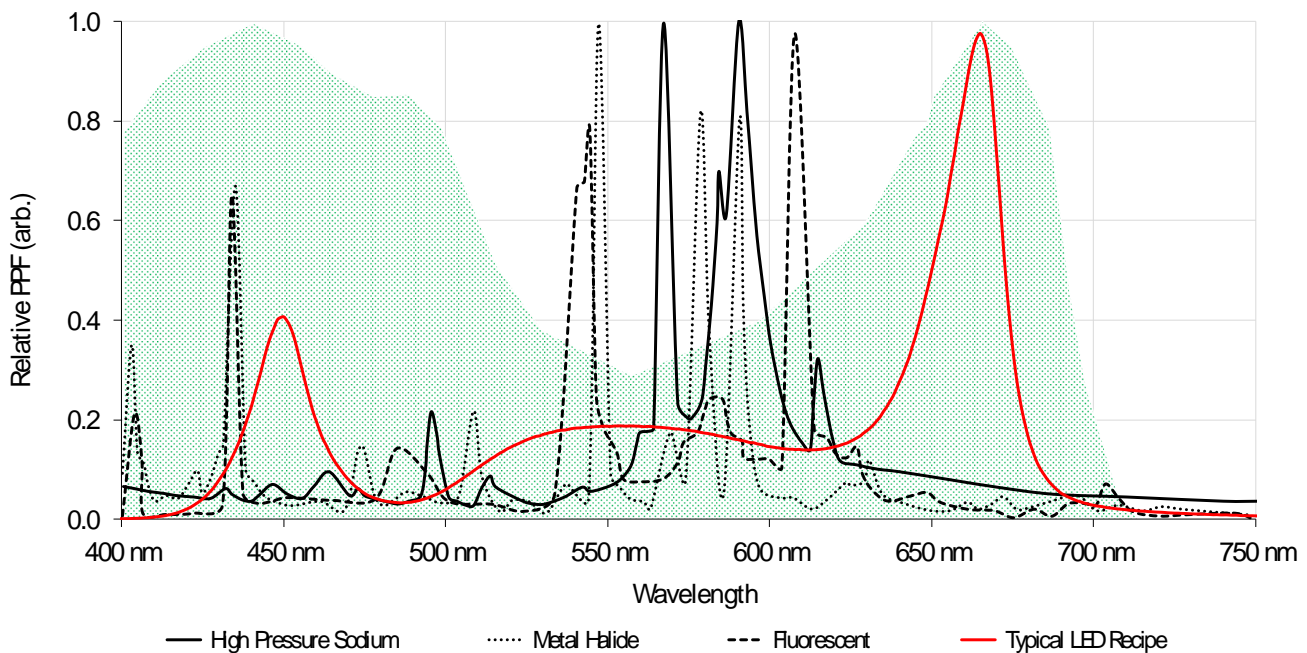


Abbildung 5: Typische Emissionsspektren von Lichtquellen im Gartenbau. Der grün schattierte Bereich stellt das Aktionsspektrum der Photosynthese dar, d.h. alle Peaks außerhalb davon sind verschwendete Energie

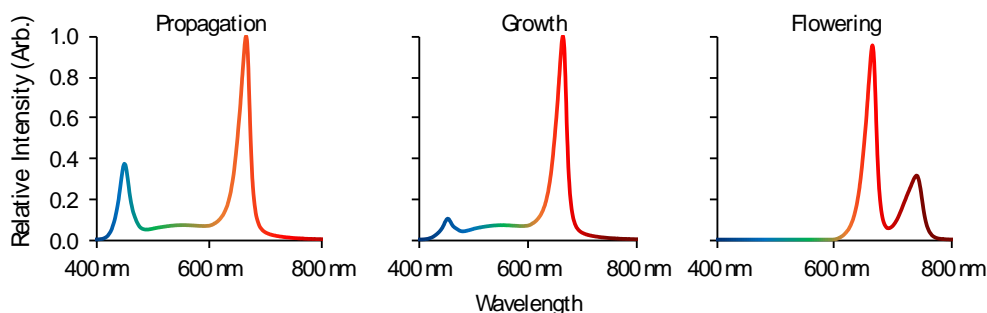


Abbildung 6: Mögliche Lichtrezepturen in verschiedenen Entwicklungsphasen von Pflanzen

Application Note

Vorteile von LED-Beleuchtung in Gartenbauanwendungen



Wellenlängen die Haube besser und können für Entwicklungs- und Reaktionsmechanismen wichtig sein [12]. Licht in diesem Wellenlängenbereich wird in der Regel mit weißen (Phosphor-)LEDs geliefert, welche auch die blauen Wellenlängen verstärken.

5 Lebensdauer

Bei entsprechenden Temperaturen, d.h. weit unter der maximalen Betriebstemperatur, halten LEDs bis zu 60.000 Stunden, was 9,1, 13,7 und 20,5 Jahren entspricht, wenn sie 18, 12 bzw. 8 Stunden pro Tag betrieben werden. Bei höheren Temperaturen bedingt durch die Umgebungstemperatur oder durch den Betrieb mit höheren Strömen (Abbildung 7) wird dieser Wert stark reduziert. Je niedriger die Betriebstemperatur, desto höher die Lebensdauer der LEDs. LEDs können im Laufe ihrer Nutzungsdauer auf rund 70 % ihrer Lichtleistung sinken. Dies ist jedoch stark abhängig von der Betriebstemperatur.

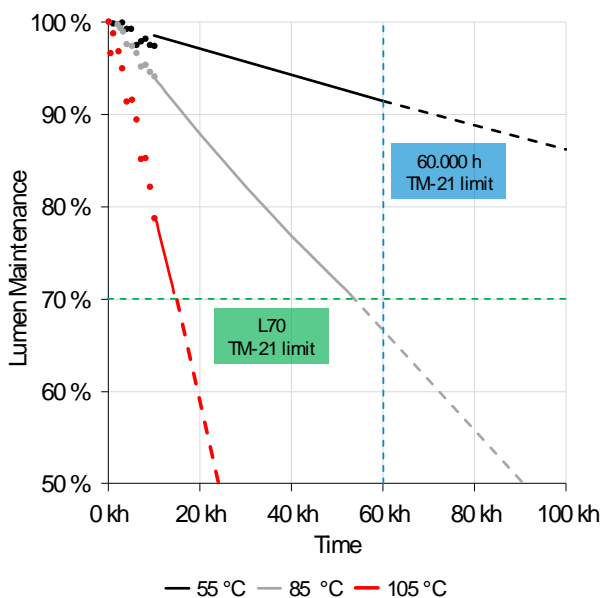


Abbildung 7: Typische Lichtstromerhaltung eines LED-Typs bei unterschiedlichen Betriebstemperaturen [13]. Marker repräsentieren Messdaten und zeichnen die extrapolierte Lebensdauer nach IES TM-21. Gestrichelte Linien repräsentieren Vorhersagen über die Grenzen von TM-21 hinaus

Aufgrund der relativ hohen Kosten für den Austausch von LED-Leuchten wird davon ausgegangen, dass LEDs trotz des geringeren PPF am Ende ihrer Nutzungsdauer (wie HID-Lampen) bis an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit betrieben werden. Der Austausch einzelner LEDs ist unwirtschaftlich und unpraktisch. Allerdings ist die LED oft nicht der entscheidende Einflussfaktor. Stromversorgungen, Lüfter und andere Komponenten (Dichtungen, Halterungen, Gehäuse usw.) in LED-Leuchten können lange vor den LEDs ausfallen. Daher ist es für jeden Hersteller von LED-Leuchten wichtig, sicherzustellen, dass die unterstützende Elektronik für die LEDs so ausgelegt ist, dass sie zuverlässig arbeitet und die

Lebensdauer der Leuchte der Lebensdauer der einzelnen LEDs entspricht. Beidseitig bestückte Natriumdampf-Hochdrucklampen (1000 W) haben eine Lebensdauer von 10.000 bis 24.000 Stunden (laut Herstellerliteratur), bzw. 3,7, 5,5 und 8,2 Jahre bei einem durchschnittlichen Einsatz von 18, 12 und 8 Stunden pro Tag. Aufgrund der gewünschten Einhaltung des Lichtstromes wird jedoch erwartet, dass eine Lampe innerhalb der ersten fünf Jahre ausgetauscht wird. Der Austausch der Glühbirne erhöht die Wartungskosten durch den Arbeitsaufwand und den Austausch der Glühbirne. Halogen-Metaldampflampen haben eine Lebensdauer zwischen 6.000 und 20.000 Stunden, während Leuchtstofflampen (T-5 und T-8) eine Lebensdauer von 20.000 bis 36.000 Stunden haben. Auch hier ist aufgrund der Einhaltung eines bestimmten Lumenwertes damit zu rechnen, dass die Lampen ausgetauscht werden, bevor dieses Maximum erreicht ist. Ein Vergleich der Lebensdauer von Lichtquellen ist unten zu sehen (Abbildung 8).

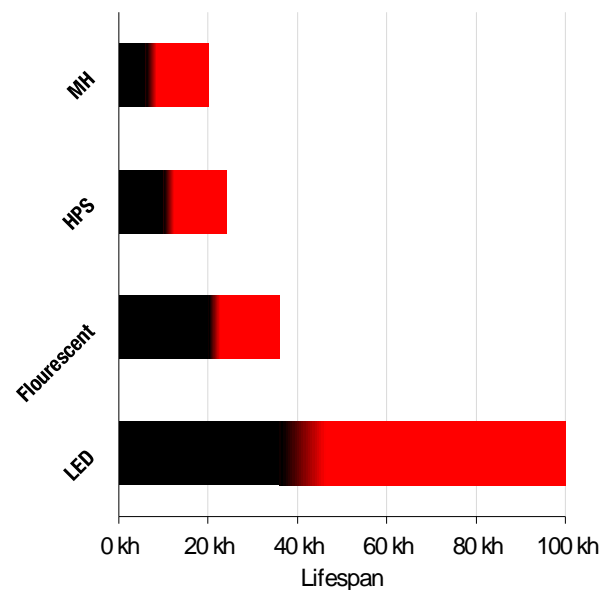


Abbildung 8: Vergleich der Lebenserwartung zwischen Metallhalogenid- (MH), Hochdruck-Natrium- (HPS), Fluoreszenz- und LED-Lichtquellen

6 Physikalische Eigenschaften und Auswirkungen auf die Umwelt

Die geringe Größe der Leuchtdioden und ihrer Fassungen, in Kombination mit ihren niedrigen Betriebstemperaturen, erlaubt es, sie an Orten zu positionieren, an denen HID-Quellen nicht eingesetzt werden können, wie z.B. in der Innenbeleuchtung und bedeutet, dass keine Verbrennungsgefahr für den Bediener besteht. Ihre niedrige Betriebstemperatur ermöglicht auch die vollständige oder teilweise Umhüllung von LED-Leuchten, welche wasser- und/oder staubdicht sein können. Durch ihre Herstellungsweise sind LEDs deutlich stoßfester, was

Application Note

Vorteile von LED-Beleuchtung in Gartenbauanwendungen



ein geringeres Risiko bei der Verwendung oder dem Transport von Lampen und Leuchten ergibt. Bei der Herstellung wird kein Glas verwendet, das leicht beschädigt werden und Verletzungen verursachen kann. Im Gegensatz zu HID-Lichtquellen erfüllen LEDs die RoHS-Richtlinie, d.h. sie enthalten kein Quecksilber, das eine entsprechende Entsorgung erfordert. Darüber hinaus erzeugen sie keine UV-Wellenlängen (es sei denn, sie werden speziell hinzugefügt), wie es bei HID-Lampen der Fall ist. Da LEDs in der Nähe der Abdeckung mit kleinerem Abstrahlverhalten betrieben werden können und nur die spezifischen Wellenlängen der Pflanzen emittieren, erzeugen sie deutlich weniger ungenutztes Licht und reduzieren so den Stromverbrauch.

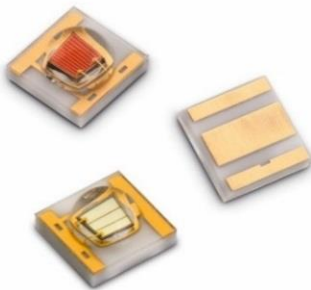


Abbildung 9: Würth Elektronik WL-SMDC SMD Mono-Keramik LED mit durchsichtiger Linse

7 Zusammenfassung

Die Leistung von LEDs hat in den letzten Jahren enorm zugenommen. Bei einer optimalen Betriebstemperatur, einer durchdachten Stromversorgung und einer optimierten spektralen Abgabe können LED-Lichtquellen mit HID-Lichtquellen konkurrieren und werden diese in naher Zukunft übertreffen. Würth Elektronik bietet das **WL-SMDC** SMD Mono-Color Ceramic LED Waterclear LED-Programm an (Abbildung 9). Der WL-SMDC-Bereich wurde um die Wellenlängen 450 nm (Deep Blue), 660 nm (Hyper Red) und 730 nm (Far Red) erweitert, die auf die Absorptionsspektren photosynthetischer Pigmente optimiert wurden. Zusätzlich zu den bestehenden Produkten der **WL-SMDC**, **WL-SWTC**, **WL-SUMW** und **WL-SIMW** ist eine Vielzahl von Kombinationen möglich, die auf die jeweilige Zielpflanze abgestimmt werden kann.

Application Note

Vorteile von LED-Beleuchtung in Gartenbauanwendungen



A. Anhang

A.1. Literaturverzeichnis

- [1] C. Gómez, R. C. Morrow, C. M. Bourget, G. D. Massa, and C. A. Mitchell, "Comparison of Intracanopy Light-emitting Diode Towers and Overhead High-pressure Sodium Lamps for Supplemental Lighting of Greenhouse-grown Tomatoes," *HortTechnology*, vol. 23, no. 1, pp. 93–98, Feb. 2013.
- [2] M. P. Dzakovich, C. Gómez, and C. A. Mitchell, "Tomatoes Grown with Light-emitting Diodes or High-pressure Sodium Supplemental Lights have Similar Fruit-quality Attributes," *HortScience*, vol. 50, no. 10, pp. 1498–1502, Oct. 2015.
- [3] P. Morgan Pattison, M. Hansen, and J. Y. Tsao, "LED lighting efficacy: Status and directions," *Comptes Rendus Phys.*, 2017.
- [4] J. M. Frantz, R. J. Joly, and C. A. Mitchell, "Intracanopy Lighting Influences Radiation Capture, Productivity, and Leaf Senescence in Cowpea Canopies," *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, vol. 125, no. 6, pp. 694–701, Nov. 2000.
- [5] P. Santhanam, D. J. Gray, and R. J. Ram, "Thermoelectrically Pumped Light-Emitting Diodes Operating above Unity Efficiency," *Phys. Rev. Lett.*, vol. 108, no. 9, p. 97403, Feb. 2012.
- [6] A. A. Bergh and P. J. Dean, *Light-emitting diodes*. 1976.
- [7] J. A. Nelson and B. Bugbee, "Economic Analysis of Greenhouse Lighting: Light Emitting Diodes vs. High Intensity Discharge Fixtures," *PLoS One*, vol. 9, no. 6, p. e99010, Jun. 2014.
- [8] Z.-C. Yang, C. Kubota, P.-L. Chia, and M. Kacira, "Effect of end-of-day far-red light from a movable LED fixture on squash rootstock hypocotyl elongation," *Sci. Hortic. (Amsterdam)*, vol. 136, pp. 81–86, 2012.
- [9] G. D. Massa, H.-H. Kim, R. M. Wheeler, and C. A. Mitchell, "Plant Productivity in Response to LED Lighting," *HortScience*, vol. 43, no. 7, pp. 1951–1956, Dec. 2008.
- [10] J. A. Nelson and B. Bugbee, "Spectral characteristics of lamp types for plant biology," in *Poster session presented at: NCERA 101 2013 Annual Meeting*, 2013.
- [11] J. K. Craver, C. T. Miller, K. A. Williams, and N. M. Bello, "Ultraviolet Radiation Affects Intumescence Development in Ornamental Sweetpotato (*Ipomoea batatas*)," *HortScience*, vol. 49, no. 10, pp. 1277–1283, Oct. 2014.
- [12] S.-W. Kong, H.-Y. Chung, M.-Y. Chang, and W. Fang, "The Contribution of Different Spectral Sections to Increase Fresh Weight of Boston Lettuce," *HortScience*, vol. 50, no. 7, pp. 1006–1010, Jul. 2015.
- [13] M. Royer, "Lumen Maintenance and Light Loss Factors: Consequences of Current Design Practices for LEDs," 2013.

Application Note

Vorteile von LED-Beleuchtung in Gartenbauanwendungen



WICHTIGER HINWEIS

Der Anwendungshinweis basiert auf unserem aktuellen Wissens- und Erfahrungsstand, dient als allgemeine Information und ist keine Zusicherung der Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG zur Eignung des Produktes für Kundenanwendungen. Der Anwendungshinweis kann ohne Bekanntgabe verändert werden. Dieses Dokument und Teile hiervon dürfen nicht ohne schriftliche Genehmigung vervielfältigt oder kopiert werden. Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG und seine Partner- und Tochtergesellschaften (nachfolgend gemeinsam als „WE“ genannt) sind für eine anwendungsbezogene Unterstützung jeglicher Art nicht haftbar. Kunden sind berechtigt, die Unterstützung und Produktempfehlungen von WE für eigene Anwendungen und Entwürfe zu nutzen. Die Verantwortung für die Anwendbarkeit und die Verwendung von WE-Produkten in einem bestimmten Entwurf trägt in jedem Fall ausschließlich der Kunde. Aufgrund dieser Tatsache ist es Aufgabe des Kunden, erforderlichenfalls Untersuchungen anzustellen und zu entscheiden, ob das Gerät mit den in der Produktspezifikation beschriebenen spezifischen Produktmerkmalen für die jeweilige Kundenanwendung zulässig und geeignet ist oder nicht.

Die technischen Daten sind im aktuellen Datenblatt zum Produkt angegeben. Aus diesem Grund muss der Kunde die Datenblätter verwenden und wird ausdrücklich auf die Tatsache hingewiesen, dass er dafür Sorge zu tragen hat, die Datenblätter auf Aktualität zu prüfen. Die aktuellen Datenblätter können von www.we-online.com heruntergeladen werden. Der Kunde muss produktspezifische Anmerkungen und Warnhinweise strikt beachten. WE behält sich das Recht vor, an seinen Produkten und Dienstleistungen Korrekturen, Modifikationen, Erweiterungen, Verbesserungen und sonstige Änderungen vorzunehmen. Lizenzen oder sonstige Rechte, gleich welcher Art, insbesondere an Patenten, Gebrauchsmustern, Marken, Urheber- oder sonstigen gewerblichen Schutzrechten werden hierdurch weder eingeräumt noch

ergibt sich hieraus eine entsprechende Pflicht, derartige Rechte einzuräumen. Durch Veröffentlichung von Informationen zu Produkten oder Dienstleistungen Dritter gewährt WE weder eine Lizenz zur Verwendung solcher Produkte oder Dienstleistungen noch eine Garantie oder Billigung derselben.

Die Verwendung von WE-Produkten in sicherheitskritischen oder solchen Anwendungen, bei denen aufgrund eines Produktausfalls sich schwere Personenschäden oder Todesfällen ergeben können, sind unzulässig. Des Weiteren sind WE-Produkte für den Einsatz in Bereichen wie Militärtechnik, Luft- und Raumfahrt, Nuklearsteuerung, Marine, Verkehrswesen (Steuerung von Kfz, Zügen oder Schiffen), Verkehrssignalanlagen, Katastrophenschutz, Medizintechnik, öffentlichen Informationsnetzwerken usw. weder ausgelegt noch vorgesehen. Der Kunde muss WE über die Absicht eines solchen Einsatzes vor Beginn der Planungsphase (Design-In-Phase) informieren. Bei Kundenanwendungen, die ein Höchstmaß an Sicherheit erfordern und die bei Fehlfunktionen oder Ausfall eines elektronischen Bauteils Leib und Leben gefährden können, muss der Kunde sicherstellen, dass er über das erforderliche Fachwissen zu sicherheitstechnischen und rechtlichen Auswirkungen seiner Anwendungen verfügt. Der Kunde bestätigt und erklärt sich damit einverstanden, dass er ungeachtet aller anwendungsbezogenen Informationen und Unterstützung, die ihm durch WE gewährt wird, die Gesamtverantwortung für alle rechtlichen, gesetzlichen und sicherheitsbezogenen Anforderungen im Zusammenhang mit seinen Produkten und der Verwendung von WE-Produkten in solchen sicherheitskritischen Anwendungen trägt.

Der Kunde hält WE schad- und klaglos bei allen Schadensansprüchen, die durch derartige sicherheitskritische Kundenanwendungen entstanden sind.

NÜTZLICHE LINKS



Application Notes

www.we-online.de/apnotes



REDEXPERT Design Plattform

www.we-online.de/redexpert



Toolbox

www.we-online.de/toolboxes



Produkt Katalog

www.we-online.de/produkte

KONTAKTINFORMATION

apnotes@we-online.de

Tel. +49 7942 945 - 0



Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG
Max-Eyth-Str. 1 · 74638 Waldenburg · Germany

www.we-online.de

