

ES GRÜNT SO GRÜN

Noch nie mussten so viele Menschen ernährt werden wie heute, die Bevölkerung wächst weiter – und das Klima wird immer unberechenbarer. Kein Wunder, dass sich die Landwirtschaft und Pflanzenbauindustrie dem „Horticultural Lighting“ widmen: dem Einsatz von Licht, um das Wachstum von Pflanzen zu beschleunigen und die Erträge zu steigern. LED-Technik bietet sich hierfür an.

Autor: Chris Perkins | Redaktion: Cornelia Meier



(Bild: GaudiLab | Shutterstock.com)

Die „Wachstums-Belichtungsbranche“ befindet sich im Wandel: Auf der Suche nach Alternativen zur herkömmlichen Beleuchtung von Treib- und Gewächshäusern mit Natriumdampf-Hochdrucklampen (High Pressure Sodiumlights, HPS-Lampen) wird die Festkörper-Belichtung (Solid State Lighting, SSL), also die Beleuchtung auf LED-Basis, für landwirtschaftliche Erzeuger immer interessanter. Das zeigt auch ein Blick auf die Marktentwicklung. Erzielten die Wachstums-Belichtungssysteme im Jahr 2017 noch ein Umsatzvolumen von 2,08 Milliarden US-Dollar, geht das Marktforschungs-Unternehmen „Market-sandMarkets“ davon aus, dass sie bis 2023 ein Volumen von 6,21 Milliarden US-Dollar erreichen werden. [1]

HPS versus LEDs

HPS-Lampen sind mit 100 bis 150 Lumen pro Watt vergleichsweise effizient und durchaus mit High-Brightness-LEDs ver-

gleichbar, doch lässt sich ihr Licht nicht so einfach bündeln und dorthin richten, wo man es braucht. Deshalb wird in der Regel mehr Leistung installiert als benötigt. Das führt nicht nur zu Energieverschwendung und Lichtverschmutzung, sondern auch zu unerwünschter Wärmeentwicklung, die empfindliche Pflanzen beschädigen kann. HPS-Lampen sind bei einer Ausgangsleistung im 600-W-Bereich am effizientesten. Aus diesem Grund wird die Beleuchtung für die Pflanzen typischerweise von oben installiert, wobei auf einen ausreichenden großen Abstand geachtet werden muss, um Schädigungen durch die konzentrierte Wärme zu vermeiden. Das Licht von HPS-Lampen ist warmgelb und damit im Prinzip für den allgemeinen Pflanzenbau geeignet, doch ist die Lichtfarbe im Bedarfsfall nur geringfügig anpassbar.

LEDs hingegen lassen sich über den gesamten Bereich eines Pflanzenbaubetriebs verteilen und sogar auf einzelne Pflanzen richten, wobei weniger lokalisierte Wärme entsteht. Die Licht-

farbe der LED lässt sich dabei gezielt für das Wachstum oder die Blütenbildung spezifischer Pflanzen auswählen. So eignen sich Purpurbau und Hyperrot für die Fotosynthese, während Dunkelrot die Keimung, das Pflanzenwachstum und die Blüte steuert. Auch die Intensität ist regulierbar, ohne dass sich dabei wie bei HPS-Lampen die Lichttemperatur verändert. Als Maßeinheit für die relative Lichtmenge, die Pflanzen im Spektralbereich zwischen 400 nm und 700 nm für die Fotosynthese benötigen, dient die fotosynthetisch aktive Strahlung (Photosynthetically Active Radiation, PAR). Bild 1 zeigt die Reaktion einer Pflanze auf die PAR, die mit einem LED-Leuchtkörper erzielt werden kann.

Aufgrund dieser Eigenschaften lassen sich LEDs für das „Horticultural Lighting“, also für die Beschleunigung des Pflanzenwachstums mithilfe von Licht, einsetzen, was eine Produktionssteigerung bei pflanzlichen Erzeugnissen zur Folge hat. Ein Umstand, der vor dem Hintergrund des Bevölkerungswachstums, begrenzter verfügbarer Anbauflächen und klimatisch-meteorologischer Unwägbarkeiten zunehmend an Bedeutung gewinnt.

Derzeit sind Wachstums-Beleuchtungssysteme auf LED-Basis in der Anschaffung noch teurer als HPS-Systeme, doch die Preisunterschiede verringern sich. Berücksichtigt man außerdem die Installation und den Betrieb sowie die Ertragssteigerungen, können sich LEDs mit ihrer ohnehin höheren Lebensdauer schnell bezahlt machen. Worauf sollte aber beim Einsatz von LEDs geachtet werden?

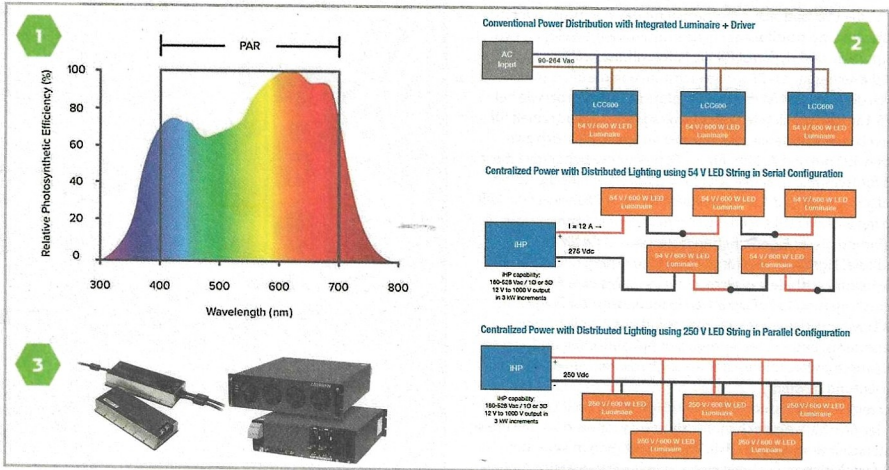
LEDs im Pflanzenbau

Damit die spezifizierten Eigenschaften für Lichtleistung und Lichtfarbe erfüllt sind, sollten LEDs stets mit Konstantstrom betrieben werden. Darüber hinaus sind einige Aspekte praktischer Art zu berücksichtigen. So ist der Pflanzenbau durch hohe Luftfeuchtigkeit geprägt und die LED-Chiptemperatur muss durch Kühlen im Toleranzbereich gehalten werden, um die Lebensdauer des Systems zu erhalten. Betreibt man LEDs bei zu hohen Temperaturen, sinkt die Lebensdauer schnell auf Werte, die kaum noch über der von HPS-Lampen liegen. Beim Temperaturmanagement der Umgebung der LEDs muss dabei auch die Wärmeentwicklung der LEDs selbst, ihrer Schaltgruppen und der in der Nähe installierten Umrichter sowie die Sonneneinstrahlung berücksichtigt werden.

In klassischen Treibhäusern ist die Temperatursteuerung am schwierigsten. Für den modernen Indoor-Pflanzenbau in geschlossenen Hallen oder sogar Kellern lassen sich aber spezifische Anlagen entwickeln, die Temperatur und Licht konstant halten. Auch die Platzierung der AC/DC-Wandler für die LED-Treiber kann hier mit Blick auf eine optimale Leistung gewählt werden.

Die Architektur der Stromversorgung macht den Unterschied

High-Brightness-LEDs benötigen normalerweise einen Konstantstrom von rund einem Ampere und bewirken einen Spannungsabfall von 3 V (DC); der Strom für die Beleuchtung wird jedoch aus dem AC-Netz bezogen – entweder einphasig oder bei großen Installationen auch dreiphasig. Die AC/DC-Umwandlung würde man in gewerblichen Pflanzenbauanwendungen also kaum für jede einzelne LED einsetzen, da die Kosten hoch und die Verkabelung aufwendig wäre. Deshalb werden die



- 1 Durchschnittliche fotosynthetische Reaktion der Pflanze auf die PAR. (Bild: Fluence Bioengineering)
- 2 Drei mögliche Anordnungen von Stromversorgung und Leuchtmitteln im Pflanzenbau. (Bild: TTT)
- 3 Die Umwandler LCC600 (li.) und iHP von Artesyn für LED-Wachstumslichtanlagen im Pflanzenbau. (Bild: TTT)

LEDs in der Regel in Reihe geschaltet, während eine höhere Quellenspannung den kontrollierten Konstantstrom liefert. 600-W-HPS-Systeme lassen sich einfach aufrüsten, indem man jede Lampe durch eine unabhängige LED-Lichtquelle mit eigener AC-Stromversorgung ersetzt. Die bestehende Verkabelung kann dabei für die Stromversorgung benutzt werden. Sollen die LEDs jedoch auch gedimmt werden, muss man ein gesondertes Signalkabel zu jeder einzelnen Leuchte legen. Auch die integrierte AC/DC-Versorgung sondert etwas Wärme ab, sie muss also in die Berechnung von Energiebedarf und Kühlung einbezogen werden. Solange die Installation klein ist, kann dieser Ansatz sinnvoll sein. Kommen aber viele Leuchten zum Einsatz, ist eine zentralisierte Stromversorgung oftmals die bessere Wahl. Mit einer zentralen Stromversorgung und verteilten Leuchtmitteln lässt sich die Verlustleistung des AC/DC-Wandlers aus dem Pflanzenbaubereich herausverlegen, was die Kühlungskosten rund um die LEDs reduziert. Im Gegensatz zur oben beschriebenen Aufrüstung muss der Spannungsumformer nicht gegen Umwelteinflüsse versiegelt und die Leuchten können mit Konstantstrom mit hoher DC-Spannung in Reihe geschaltet werden – in der Regel mit 275 V (DC). Ein Hochleistungswandler ersetzt die kleinen Umwandler und senkt so die Kosten pro Watt. Auch Dimmen lässt sich mit dem AC/DC-Wandler, ohne dass zusätzliche Verkabelungen oder Leuchteninstallationen erforderlich wären. Allerdings werden alle Leuchten gleichzeitig gedimmt. Das heißt, fällt eine aus, schalten auch alle übrigen Leuchten des Stromkreises ab. LED-Leuchtmittel können parallel geschaltet über eine entfernte installierte Gleichstromquelle versorgt werden, wenn jede Leuchte über eine interne Konstantstromsteuerung verfügt. So lassen sich einzelne Leuchten getrennt dimmen: entweder über eine Verkabelung mit einer einfachen analogen 0–5-V- oder 0–10-V-Steuerung beziehungsweise einer Netzwerkverbin-

dung – oder sogar drahtlos. Weitere Vorteile sind, dass dann beim Ausfall einer Leuchte im Stromkreis nicht alle ausfallen und die Hochspannungsgleichstromverteilung bei gleicher Leistungsstärke mit verringerter Stromstärke und Kabelgröße verwendet werden kann. Die drei Systemanordnungen werden in Bild 2 samt einem Beispiel für einen LCC600-Wandler und einem iHP-Wandler von Artesyn Embedded Technologies [2] gezeigt.

Welchen Leistungswandler?

AC/DC-Wandler in jeder Leuchte für die erste Systemarchitektur-Option befinden sich in einer relativ rauen Umgebung mit Nahwärmeversorgung – oft mit hoher Luftfeuchtigkeit. Das erfordert eine abgedichtete Einheit, die in der Regel IP65 entspricht. Die Instandhaltung ist nicht einfach, daher sollte eine Konduktionskühlung den Ventilatoren vorgezogen werden. Der Artesyn LCC600 (Bild 3) mit einer Nennleistung von 600 W eignet sich beispielsweise für solche Anwendungen. Der Output kann durch die Widerstandseinstellungen von 0–10 V analog oder digital über den PC-PMBus-Input gesteuert werden. Die einzelnen Einheiten lassen sich für eine aktive Leistungsverteilung parallelschalten, um höhere Belastungsraten zu erzielen. Für weniger raue Umgebungen ist eine ventilatorgekühlte, kostengünstigere Ausführung erhältlich. Für zentrale Stromversorgungsarchitekturen eignet sich unter anderem die Modellreihe Artesyn iHP (Bild 3) – 19-Zoll-Rack-Konfiguration, skalierbar mit 3-kW-Elementen bis 24 kW in einem großen Racksystem, einer großen Haltevorrichtung. Mit mehreren Racks und optionalen Dreiphasen-Wechselstromeingängen lassen sich Leistungsstärken in Megawatthöhe erzielen. Für die Ausgabespannung stehen 12 bis 1000 VDC zur Verfügung. Genau wie im LCC600-Bereich lässt sich die iHP-Baureihe

per analogem und digitalem Input steuern. Dazu kommt eine cloudbasierte grafische Benutzeroberfläche, über die der Benutzer die Beleuchtungsplanung und -profile remote über das Internet einstellen kann.

Das bringt die Zukunft

Die Menschheit wächst und wächst. Jedes Jahr sind 82 Millionen Menschen mehr zu ernähren [3]. Hinzu kommen die Unwägbarkeiten des Klimawandels. Das zwingt die landwirtschaftliche Produktion, zunehmend effizienter und zuverlässiger zu sein. Erreichen lässt sich dieses Ziel unter anderem mit der richtigen Beleuchtung von Nutzpflanzen in Treib- oder Gewächshäusern.

Mit Seitenlicht und Hydrokultur wird vor diesem Hintergrund außerdem die vertikale Landwirtschaft, das „Vertical Farming“, zunehmend interessanter. Dabei ist das Konzept des Pflanzenbaus in mehreren Etagen und in geschlossener Umgebung, in der weder Erdreich noch natürliches Licht erforderlich sind, in vielerlei Hinsicht von Vorteil: Einerseits können Schädlinge eliminiert werden, andererseits müssen die Pflanzen nicht mehr aus den verschiedenen Anbauregionen eingeflogen werden. Das kommt letztendlich der CO₂-Bilanz zugute, da Lebensmittel in großen Mengen direkt in den Städten erzeugt werden können. Horticultural Lighting mit LEDs unterstützt diese Entwicklungen und macht die Lebensmittelerzeugung hinsichtlich Energie- und Platzverbrauch effizienter. Dabei mögen die anfänglichen Investitionskosten höher liegen als bei den traditionellen Techniken, die langfristigen Vorteile liegen jedoch auf der Hand. «

Referenzen

- [1] Marktsandmarkets: Horticulture Lighting Market by Technology (Fluorescent, HID, and LED), Application (Greenhouses, Vertical Farming, and Indoor Farming), Cultivation (Fruits & Vegetables and Floriculture), Lighting Type, Offering, and Region – Global Forecast to 2023, <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/horticulture-lighting-market-131559722.html>, 09. Oktober 2019.
- [2] Powering LED Lighting for Horticulture, <https://www.artesyn.com/power/support/customer-resources/whitepapers/led-lighting-horticulture>, 09. Oktober 2019.
- [3] Worldometers: Current World Population, <https://www.worldometers.info/world-population>, 09.



CHRIS PERKINS

war über acht Jahre lang als Senior Power Product Manager für Murata Electronics tätig und unterstützte

deren gesamte Produktpalette im Bereich Power in ganz Europa. Davor arbeitete er beinahe zehn Jahre im Bereich Distribution. Zu Beginn seiner Karriere sammelte Chris Perkins Erfahrung als Design Engineer und Product Manager. Heute ist er als European Business Development Manager für TTI Europe tätig und unterstützt ein regionales Team von Spezialisten im Bereich Power.