

T. Bornwasser, H.-J. Tantau
FG Biosystem- und Gartenbautechnik

Zielsetzung

Erhöhung der Energieeffizienz von LED-Belichtungssystemen in Kulturräumen, speziell für die In-vitro Kultur.

Die Optimierungsmöglichkeiten mit dem höchsten Einsparpotential werden hier herausgestellt (Optimierungsmöglichkeit 4 und 5).

Optimierung der Energieeffizienz

1. Möglichst hoher Photonstrom der einzelnen LEDs
2. Auswahl der LED-Typen
3. PAR-Verteilung auf der zu belichtenden Fläche
4. HL-LEDs Dichte pro m²
5. Verringerung des Etagenabstandes

Material und Methoden

HL-LED-Belichtungssystem (Abb. 1 & 2)

- HL-LEDs
 - rot (640 nm; max 1,60 μmol W⁻¹ s⁻¹)
 - blau (460 nm; max 1,15 μmol W⁻¹ s⁻¹)
- Unterschiedliche HL-LED Dichte pro m²
 - 32 HP-LEDs m⁻²
 - 48 HP-LEDs m⁻²
 - 64 HP-LEDs m⁻²
- Variable Regalbodenabstände
- Gleiche mittlere Photosynthetische Photonstromdichte (PPFD)
 - 35 μmol m⁻² s⁻¹
- Vergleichs-Belichtungssystem
 - Leuchtstofflampe (LSL)



Abb. 1: HL-LED-Versuchsanlage

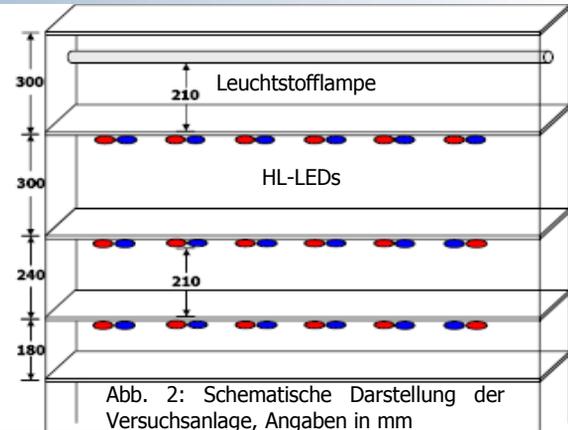


Abb. 2: Schematische Darstellung der Versuchsanlage, Angaben in mm

Ergebnisse

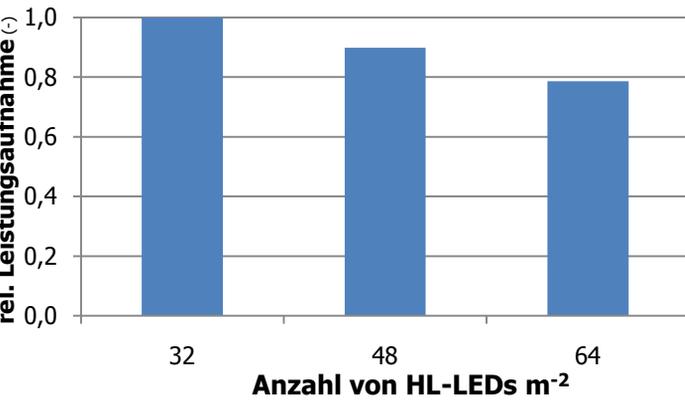


Abb. 3: relative Leistungsaufnahme von HL-LED Belichtungssystemen mit unterschiedlicher LED Anzahl pro m², bei 21 cm Etagenabstand und 35 μmol m⁻² s⁻¹

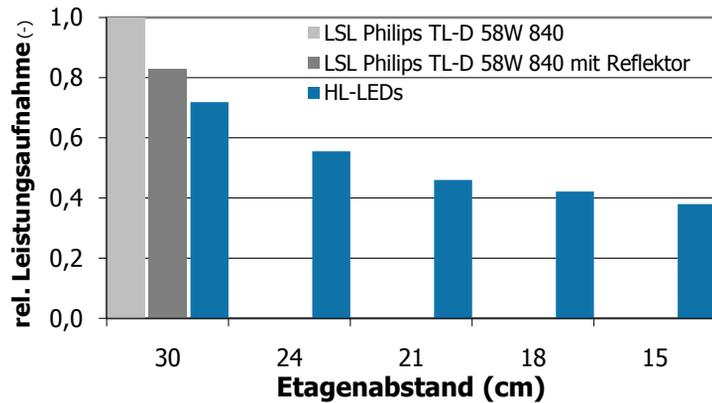


Abb. 4: relative Leistungsaufnahme unterschiedlicher Belichtungssysteme bei variablen Etagenabständen und 35 μmol m⁻² s⁻¹ und 64 HL-LEDs m⁻²

Diskussion

- je höher die LED-Dichte pro m² bei gleicher PFD
 - desto geringer die Betriebsstromstärke einzelner HL-LEDs
 - desto höher die Photonenstrom-Ausbeute
 - desto geringer die Leistungsaufnahme (Abb. 3)
- sehr hohes Energieeinsparpotential in der Verringerung des Etagenabstandes (Abb. 4)
 - z.B. 35 % geringere Leistungsaufnahme bei Verringerung von 30 cm auf 20 cm (Mindestabstand für das Handling)

Fazit

HL-LEDs können unter Berücksichtigung der Optimierungsmöglichkeiten energieeinsparend im Vergleich zur LSL in Kulturkammern eingesetzt werden.

Weitere Potentiale zur Energieeinsparung liegen in der Auswahl der HL-LEDs (hoher Abstrahlwinkel und Photonenstrom-Ausbeute), in der Wahl der LED-Typen (meist blaue und rote HL-LEDs), sowie deren Verhältnis zueinander. Eine großflächige Anordnung der LEDs führt zur gleichmäßigeren PFD-Verteilung im Vergleich zur Leuchtstofflampe.

Mit der Weiterentwicklung der HL-LEDs wird auch die Energieeffizienz ($W_{PAR} W_{el}^{-1}$) und die Photonenfluss-Ausbeute ($\mu\text{mol } W_{el}^{-1} \text{ s}^{-1}$) der HL-LED-Belichtungssystemen in Zukunft steigen.