

Pflanzenbeleuchtung – Anwendung

Dragana Zdravkovic-Stojanovic

Offenbach, 26.09.2023

- Anwendung von optischer Strahlung, die eine biologische Reaktion von Pflanzen stimuliert
- Anwendungsszenarien sind eine Pflanzenfabrik, ein Gewächshaus, eine Freilandanwendung und eine Heimanwendung
- Art der Anwendung sind die Beleuchtung von oben und die Beleuchtung zwischen den Pflanzen

- Wechsel von photometrischen Größen → photonenmetrische Größen, dass normalerweise auf einem bestimmten Wellenlängenbereich basiert und
- Verstärkte Beachtung der Lebensdauer aufgrund des engen Zusammenhangs mit dem Ernteertrag

Korrespondenz zwischen den photometrischen Parametern und photonenmetrischen Parametern



Photometrische Parameter und/oder Wortlaut	Korrespondierende photonenmetrische Parameter und/oder Wortlaut
Lichtstrom	Photonenstrom
Lichtstromabnahme	Photonenstromabnahme
Erhaltung des Lichtstroms	Erhaltung des Photonenstroms
Lichtstromwartungsfaktor	Wartungsfaktor des Photonenstroms
Intensität der Spitzenwerte	/
Abstrahlwinkel	/
Lichtstärkeverteilung	Verteilung der Photonenintensität

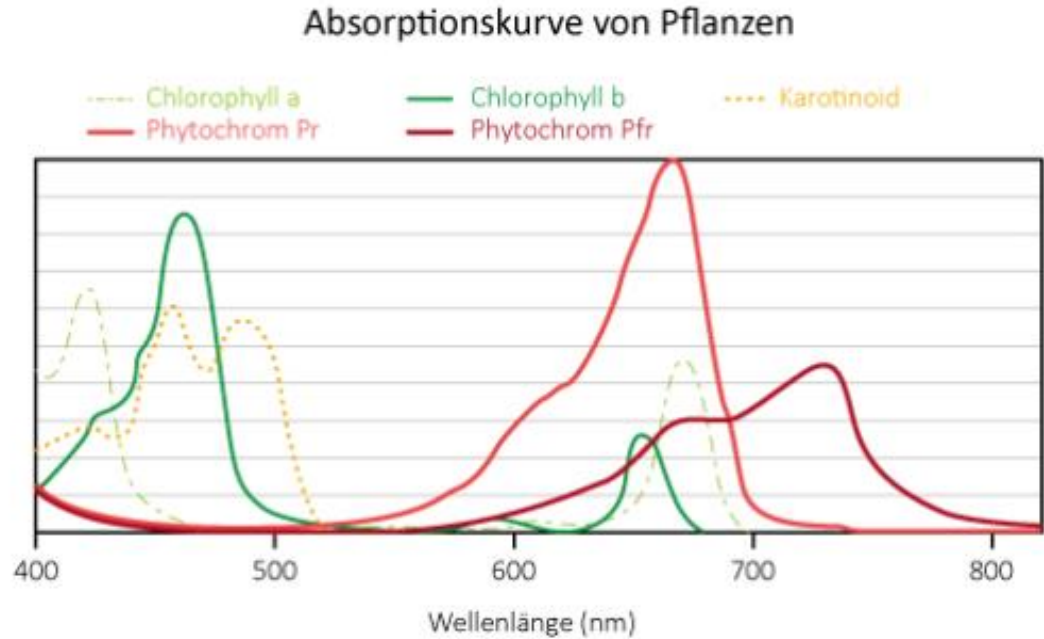
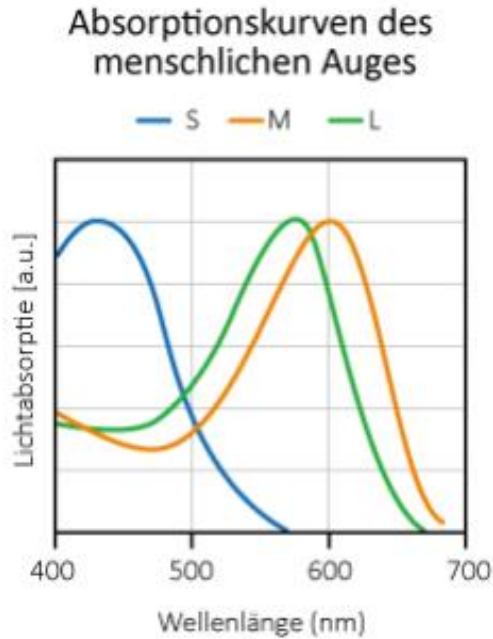
- **Photobiologisch aktive Strahlung (EN: photobiologically active radiation) PBAR:** optische Strahlung, die den Spektralbereich von 280 nm bis 800 nm abdeckt
- **Photosynthetisch aktive Strahlung (EN: photosynthetically active radiation) PAR:** optische Strahlung im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm
- **Ultraviolette Strahlung (EN: ultraviolet radiation) UV radiation UVR:** optische Strahlung, deren Wellenlängen kürzer sind als die der sichtbaren Strahlung. Der Bereich zwischen 100 nm und 400 nm wird üblicherweise unterteilt in:
 - UV-A: 315 nm bis 400 nm;
 - UV-B: 280 nm bis 315 nm;
 - UV-C: 100 nm bis 280 nm.

- **Fernrotstrahlung (EN: far-red radiation):** optische Strahlung im Wellenlängenbereich von 700 nm bis 800 nm
- **Photonenstrom (EN: photon flux) Φ_p :** Anzahl der Photonen pro Zeitintervall
- **Photobiologisch aktiver Photonenstrom (EN: photobiologically active photon flux) η_p :** Photonenstrom der Wellenlängen von 280 nm bis 800 nm, für die Pflanzen photobiologisch aktiv sind
- **Photosynthetischer Photonenstrom (EN: photosynthetic photon flux) PPF:** Photonenstrom des PAR(**Photosynthetisch aktive Strahlung**)-Wellenlängenbereichs
- **Photonenstrom-Effizienz (EN: photon flux efficacy):** emittierter Photonenstrom geteilt durch die elektrische Eingangsleistung

- **Photonenintensitätsverteilung (EN: photon intensity distribution):** Darstellung der Photonintensität einer Lichtquelle in Abhängigkeit von der Richtung
- **Photonenbestrahlungsstärke (EN: photon irradiance) PFD:** Dichte des einfallenden Photonstroms im Verhältnis zur Fläche
- **Spektrale Verteilung (EN: spectral distribution) X_λ :** Dichte einer Strahlungs- oder Licht- oder Photonenmenge $X(\lambda)$, in Bezug auf die Wellenlänge λ , bei der Wellenlänge λ
- **Photosynthetische Photonbestrahlungsstärke (EN: photosynthetic photon irradiance) PPFD:** Photonbestrahlungsstärke an einem Punkt auf einer realen oder imaginären Oberfläche innerhalb des PAR (**Photosynthetisch aktive Strahlung**)-Wellenlängenbereichs
- **Photonenenergie (EN: photon energy):** Produkt aus der Planck-Konstante und der Frequenz

- Sie definiert die Art des Lichts bzw. des Lichtspektrums, auf die Pflanzen durch Photosynthese am besten reagieren
- Durch Photosynthese wandeln Pflanzen Lichtenergie in chemische Energie um, mit der sie wachsen und blühen
- PAR berücksichtigt normalerweise den Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm. Im PAR-Bereich messen wir das auf die Pflanze fallende Licht, das als PPFD oder **Photosynthetische Photonenbestrahlungsstärke** in $\mu\text{mol}/\text{sm}^2$ angegeben wird

Unterschied zwischen der Lichtempfindlichkeit des menschlichen Auges und der Empfindlichkeit von Pflanzen



- Der PPF oder **Photosynthetischer Photonenstrom** ist die Gesamtmenge an Licht im PAR-Bereich, die von einer Lichtquelle pro Sekunde erzeugt wird
- PPF misst die "**photosynthetisch aktiven Photonen, die pro Sekunde von einem Lichtsystem abgestrahlt werden**„ : ausgedrückt in $\mu\text{mol}/\text{Sekunde}$
- Mit dem **Photosynthetisch aktive Strahlung** PPF von Lichtquelle ist es möglich zu berechnen oder abzuschätzen, wie viele Lampen für eine Fläche benötigen werden, um das gewünschte Lichtniveau für die Pflanzen zu erreichen

Photosynthetische Photonenbestrahlungsstärke (PPFD)



- Die **Photosynthetische Photonenbestrahlungsstärke** (PPFD) misst das Licht, das tatsächlich die Pflanze in der **Photosynthetisch aktive Strahlung** PAR-Zone erreicht
- Die Lichtmenge, die Ihre Pflanzen innerhalb des **Photosynthetisch aktive Strahlung** PAR-Bereichs tatsächlich aufnimmt oder die Anzahl der photosynthetisch aktiven Photonen, die pro Sekunde auf eine bestimmte Fläche fallen
- Die PPFD wird in $\mu\text{mol}/\text{sm}^2$ angegeben

- Die Photoneffizienz gibt an, wie effizient ein Beleuchtungssystem für den Gartenbau elektrische Energie in PAR-Photonen umwandelt
- Mit dem **Photosynthetisch aktive Strahlung** PPF und der Antriebsleistung kann den Wirkungsgrad berechnet werden, ausgedrückt in $\mu\text{mol}/\text{J}$
- Je höher die Zahl, desto effizienter ist ein Beleuchtungssystem bei der Umwandlung von elektrischer Energie in Photonen von **Photosynthetisch aktive Strahlung** PAR

Pflanzenbeleuchtung wird wie folgt klassifiziert werden:

- Produkte mit breitwelliger Strahlung
- Produkte speziell für UV-Strahlung



- Nenn-Photonenstrom
- Bemessungs-Leistung
- Photonenstrom-Effizienz
- Bemessungsphotonenintensitätsverteilung
- Spektrale Photonen-(Quanten-)Verteilung
- Bemessungs-Photonenbestrahlungsstärke bei typischer Montagehöhe
- Nennbetriebszeit (Std.) bis 90% Wartungsfaktor
- Abmessungen für die Installation
- Gewicht
- ...

Die Prüfbedingungen der IEC 62722 -2-1 gelten unter folgenden Änderungen:

- farbmétrischen Eigenschaften gelten nicht, da diese für Pflanzen-Leuchten nicht relevant sind
- verwendete photometrische Merkmale sind für die Zwecke dieses Dokuments als Photonen Merkmale zu verstehen
- der gesamte Wellenlängenbereich muss 280 nm bis 800 nm gemessen werden. Ist der Prüfling für einen bestimmten Wellenlängenbereich ausgelegt, so ist nur die Messung in diesem Bereich erforderlich
- die Umgebungstemperatur und die relative Luftfeuchtigkeit, wenn nicht spezifiziert, sind 35 °C und 90 % relative Luftfeuchtigkeit für die Prüfung

- IEC 60068-2-78, Umweltprüfungen - Teil 2-78: Prüfungen - Prüfkabine: Feuchte Wärme, stationärer Zustand
- IEC 63221, LED-Lichtquellen – Leistungsanforderungen
- IEC 62722-2-1, Arbeitsweise von Leuchten - Teil 2-1: Besondere Anforderungen an LED-Leuchten

- Photosynthese und Photomorphogenese sind zwei wichtige Prozesse beim Pflanzenanbau
- Professionelle LED-Beleuchtungssysteme können diese Prozesse optimieren und bieten darüber hinaus zahlreiche Vorteile:
 - speziell auf die Bedürfnisse der jeweiligen Pflanzen abgestimmte Wellenlängen,
 - flexible Steuerung sowie ein geringer Energieverbrauch,
 - eine geringe Wärmeentwicklung und eine lange Lebensdauer

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Wir gestalten die e-diale Zukunft.
Machen Sie mit.

Ihr Ansprechpartner:

Dragana Zdravkovic-Stojanovic
Kategorie Licht, Consumer Elektronik

Tel. +49 69 6308-446
dragana.zdravkovic-stojanovic@vde.com



VDE

- Der Yield Photon Flux YPF misst Photonen im Bereich von 360 bis 760 nm, basierend auf der photosynthetischen Reaktion der Pflanze
- Es geht also über den PAR-Bereich von 400 bis 700 nm hinaus und berechnet die Photonen auch auf die Empfindlichkeitskurve der Pflanzen pro Gewächs extrapoliert
- Sobald das genaue Spektrum der Anbaubeleuchtung bekannt ist, können die Werte des photosynthetischen Photonenflusses (PPF) in $\mu\text{mol/s}$ durch Anwendung verschiedener Gewichtungsfaktoren in verschiedenen Wellenlängen und Farben angepasst werden. Daraus ergibt sich eine Zahl, die wir den Yield Photon Flux (YPF) nennen.

- Das Daily Light Integral (DLI) misst die gesamte Lichtmenge, die einer Pflanze täglich zugeführt wird
- DLI ist eine kumulative Maßeinheit für die Gesamtzahl der Photonen, die die Pflanzen und Algen während der täglichen Photoperiode erreichen
- Das DLI misst die Menge an "Mol" von Photonen im PAR-Bereich pro Quadratmeter und Tag und wird in mol/dm² angegeben
- Das DLI ist eine gute Möglichkeit, die Beleuchtungsstrategie in einem Gewächshausprojekt mit Zusatzbeleuchtung zu bestimmen
- Für die meisten Pflanzen ist es möglich, die ideale Gesamtlichtmenge pro Tag zu bestimmen, die sie effizient nutzen können
- Die Gesamtlichtmenge ergibt sich aus der Summe des von der Sonne empfangenen Lichts + der Summe des künstlichen Lichts pro Tag