

Dr. Thorsten Bornwaßer

## Belichtung im Gemüsebau

Hohe Strompreise waren und sind noch immer ein großes Hindernis für die Belichtung im Gemüsebau. Bei einigen Anwendungen ist die Belichtung allerdings unabdingbar und mit der Weiterentwicklung der Leuchtmittel gewinnt das Thema wieder zunehmend an Bedeutung.

Im Gemüsebau kommt die Pflanzenbelichtung ausschließlich als Assimilationsbelichtung zum Einsatz, d.h. zur Kompensation fehlender Strahlung in der lichtarmen Zeit und zur Ertragssteigerung. Vor allem Jungpflanzenbetriebe benötigen oft eine Zusatzbelichtung, teilweise werden die Jungpflanzen in Kulturkammern ganz ohne Sonnenlicht vorkultiviert. Im Zuge des Urban Farmings und der Gemüseproduktion im städtischen Bereich, tauchen nun Lösungen mit künstlich belichteten Räumen sowie Containern mit Mehrlagenkulturen auf. Aber auch in der gewerblichen Gemüseproduktion ist der Anteil belichteter Flächen in den letzten Jahren wieder angewachsen, hauptsächlich bei der Tomatenproduktion. Dies liegt einerseits an der Nachfrage und den hohen erzielbaren Erlösen der „regionalen“ Tomaten in der Nebensaison, andererseits an der Weiterentwicklung der Leuchtmittel, vor allem die der LEDs. Doch was kann das relativ neue Leuchtmittel und lohnt sich überhaupt eine Umstellung? Dies soll im Folgenden etwas näher beleuchtet werden.

dampflampen (NHDL) statt. Einen kleinen Anteil decken Metallhalogendampflampen ab und die LEDs drängen sich in den Markt um die Gewächshäuser. Dabei sind die Leuchtmittel sehr unterschiedlich, nicht nur in der Bauform, sondern auch in den Eigenschaften:

### Das Einsparpotential

Im Vergleich zu LEDs ist der Wirkungsgrad der NHDL nicht wesentlich geringer, so dass sich anhand dieses Vergleiches der finanzielle Mehraufwand für die Investition in LEDs nicht zu rechtfertigen scheint (Tab. 1). Um das Einsparpotential von LEDs vergleichend zu bewerten, wird die Ausbeute an photosynthetischer Strahlung, die von einem Leuchtmittel ausgeht (Photonenflussausbeute) betrachtet. Mittlerweile liegen die Werte der LEDs auch als Vollspektrumlampe über denen der NHDL. Nach diesen Werten kann die zu installierende Leuchtenleistung bei den LEDs geringer ausfallen als bei der NHDL.

### Unterschiede Natriumhochdruckdampflampe und LEDs

Der überwiegende Teil der Belichtung im Gartenbau findet mit Natriumhochdruck-

### Die Wärmeabgabe

LEDs wird nachgesagt, dass sie keine Wärme abgeben. Richtig ist diese Aussage, wenn wir sie auf die Wärmestrahlung beziehen, die in Richtung der Pflanze abgegeben wird. Wär-

Tabelle 1  
Bewertung des Wirkungsgrades und der Photonenausbeute unterschiedlicher Leuchtmittel

Leuchtmittel	Wirkungsgrad, %	Photonenflussausbeute, $\mu\text{mol W}^{-1} \text{s}^{-1}$
Metallhalogen	24 - 26	1,3 - 1,7
Natriumhochdruck	30 - 35	1,8 - 1,9
LED Vollspektrumleuchte (Leuchte mit gemischten LEDs)	30 - 40	1,8 - 2,72

me wird produziert, dies zeigt der Wirkungsgrad (Tab. 1). Die nicht als Strahlung genutzte Energie ist Wärme, bei LEDs liegt diese damit zwischen 60 % und 70 %. Da diese nicht als Wärmestrahlung in Richtung Pflanze auftritt, sondern an der Rückseite der LEDs, muss sie, oft unter Einsatz einer Zwangskühlung (Ventilation oder Wasserkühlung) abgeführt werden. Die Wärme landet dann direkt im Dachraum, von dem sie leicht aus dem Gewächshaus abgeführt werden kann. Für die Assimilationsbelichtung im Gewächshaus stellt dies einen Nachteil dar, da die Wärme nicht wie bei der NHDL in Form von Wärmestrahlung in den Pflanzenbestand gelangt und somit für diesen nutzbar ist und ihn erwärmt. Daher kann zwar elektrische Energie durch den Einsatz von LEDs eingespart werden, in der Heizperiode erhöht sich aber der benötigte Anteil an Heizenergie im Gewächshaus. Allerdings ist Heizenergie günstiger als elektrische Energie.

Die geringe Abgabe von Wärmestrahlung kann aber auch ein Vorteil sein. Dies zeigt sich besonders in Mehrlagenkulturen sowie beim Interlighting, also der Belichtung innerhalb der Kulturen, wie sie z.B. bei den Tomaten zur Ertragssteigerung bereits öfter Anwendung findet (Abb. 1). Mit anderen Leuchtmitteln wäre ein solch geringer Abstand zur Pflanze nicht ohne Pflanzenschäden realisierbar. Im Tomatenanbau wird das Interlighting mit LEDs oft mit NHDL als Überkopfbelichtung, als sogenannte Hybridbelichtung, kombiniert. Für eine Überkopfbelichtung überwiegen oft noch die Vorteile der konventionellen Belichtung im Vergleich zur LED.

### Steuerungsmöglichkeiten

Neben den bereits gängigen Steuerungsmöglichkeiten der Belichtung, nach Zeit, Strahlungsintensität oder Lichtsumme (Daily light integral), kann mit LEDs eine dynamische Anpassung der Strahlungsintensität umgesetzt werden, da diese sehr gut und problemlos dimmbar sind. Bei Unterschreiten eines bestimmten Schwellenwertes der Strahlungsintensität werden NHDL einfach nur eingeschaltet. Mit LEDs ist es möglich nur die Differenz zum Schwellenwert „aufzufüllen“ und bei geringer werdender Strahlungsintensität die Belichtung durch die LEDs zu erhöhen. Dies ist ebenfalls eine weitere Möglichkeit Energie einzusparen.



Fotos: LWK Nordrhein-Westfalen

### Das optimale Strahlungsspektrum

Die Dimmbarkeit, LED-Farben sowie die Zusammensetzung der Leuchten mit bestimmten Farbkombinationen führt zu dem oft genannten Vorteil einer Belichtung der Pflanzen mit dem idealen Strahlungsspektrum, also der optimalen Farbauswahl für die Pflanze. Schade nur, dass in vielen Fällen keiner mit Sicherheit sagen kann, was nun das Beste für die jeweilige Kultur ist. Oft werden Kombinationen aus roten und blauen LEDs angeboten. Bei Versuchen mit unterschiedlichen rot-blau-Verhältnissen haben sich nicht nur zwischen Pflanzenarten, sondern teilweise auch zwischen einzelnen Sorten Unterschiede z.B. im Ertrag oder Wachstum ergeben. Somit ist die Frage nach dem idealen Strahlungsspektrum nicht pauschal für alle Kulturen zu beantworten und oft ein Vollspektrum, also z.B. mit roten, blauen und weißen LEDs empfehlenswert. Dabei birgt die Suche nach dem idealen Strahlungsspektrum ein weiteres Einsparpotential, da dann nicht mit „überflüssigen“ Photonen belichtet wird, die ja ebenfalls Strom benötigen. Das Bearbeiten spezifischer Fragestellungen hingegen, wie z.B. Ausfärbung oder Wachstumsbeeinflussung ist ein Thema, bei dem die Lichtqualität weiterhin eine wichtige Rolle spielen wird.

### Investition in LEDs

Die Frage nach dem passenden Leuchtmittel ist also nicht pauschal zu beantworten. Die

Abbildung 1  
Interlighting  
Quelle: Landwirtschaftskammer  
Nordrhein-Westfalen

Abbildung 2  
Belichtungsversuch



höheren Investitionskosten schrecken viele vom Kauf von LEDs ab. In vielen Fällen, wie z.B. der Assimilationsbelichtung über den Pflanzen als Alternative zur NHDL, rechtfertigen der geringere Stromverbrauch und die längere Lebensdauer die Investition in LEDs nicht. Als Nachteil ist dabei auch der Austausch kompletter Leuchten nach Ablauf der Lebensdauer zu nennen, denn ein Leuchtmittelaustausch wie bei den Dampfampfen ist bei LEDs nicht möglich.

Das **Interlighting** bringt beim Ertrag einen deutlichen Vorteil. Ob sich hier die Investition lohnt, hängt von Strom-, Investitionskosten sowie den erzielbaren Erlösen ab (C. ANDREAS 2015), ist also im Einzelfall zu betrachten. In Punkto Investitionskosten können mögliche Förderungen für eine LED-Belichtung die Wirtschaftlichkeit etwas besser dastehen lassen. Dabei bleibt die Entwicklung nicht stehen und in Zukunft wird die LED die anderen Leuchtmittel ablösen. Nachdem dies bereits vor fast 10 Jahren angekündigt wurde, möchte sich hinsichtlich dieser Frage niemand mehr zu weit aus dem Fenster lehnen.

### Versuche an der LVG

Wie bereits oben erwähnt sind im Gemüsebau neben der reinen Assimilationsbelichtung auch spezifische Fragestellungen, wie z.B. Wachstumsbeeinflussung oder Ausfärbung, interessant. An der LVG Heidelberg wurden im letzten Winter Versuche mit rotfärbenden Blattsalaten in hydroponischen Systemen durchgeführt (Abb. 2). Die Pflanzen wurden unter zwei unterschiedlichen Belichtungsvarianten mit Metallhalogendampfampfen und LEDs sowie unter einer unbelichteten Kontrolle kultiviert (Tab. 2).

In der LED-Leuchte waren die einzelnen Farben separat regelbar. Da untersucht werden sollte, ob ein hoher Blauanteil in der Belichtung ausreicht, um eine Ausfärbung der Salate im Winter zu induzieren, wurde die LED-Leuchte entsprechend eingestellt. Die meisten Sorten zeigten eine deutlichere Ausfärbung unter der LED-Belichtung gegenüber der CDM-KE. Die Pflanzen in der Kontrolle waren kaum ausgefärbt (Abb. 3). Der Ertrag hingegen unterschied sich kaum zwischen



Tabelle 2  
Belichtungsvarianten des  
Ausfärbungsversuchs bei  
Blattsalaten

<b>CDM-KE I</b>	Metallhalogendampfampe
<b>LED-KE 300</b>	100% Blau (440 nm + 465 nm)
	50% Rot (660 nm)
	50% Dunkelrot (730 nm)
	50% Weiß (6500 K)
<b>Kontrolle</b>	unbelichtet

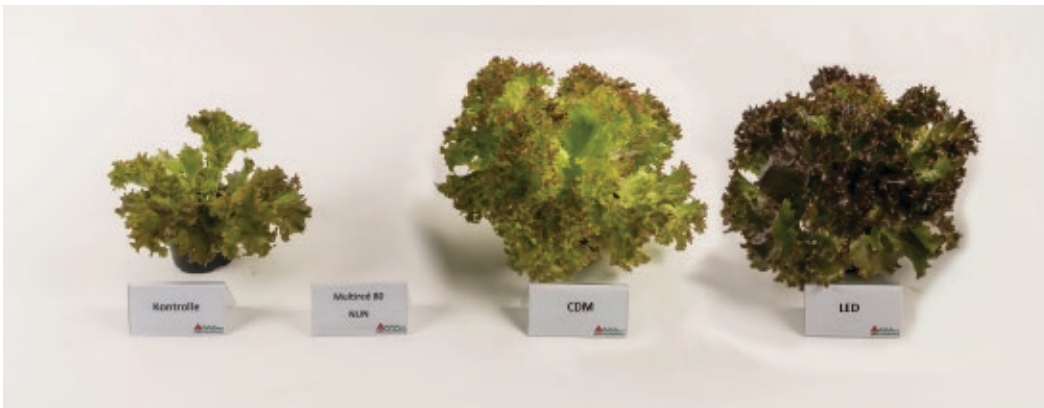


Abbildung 3  
Ausfärbung des Multileafsalates  
Multired 80 (NUN) unter den  
unterschiedlichen  
Belichtungsvarianten

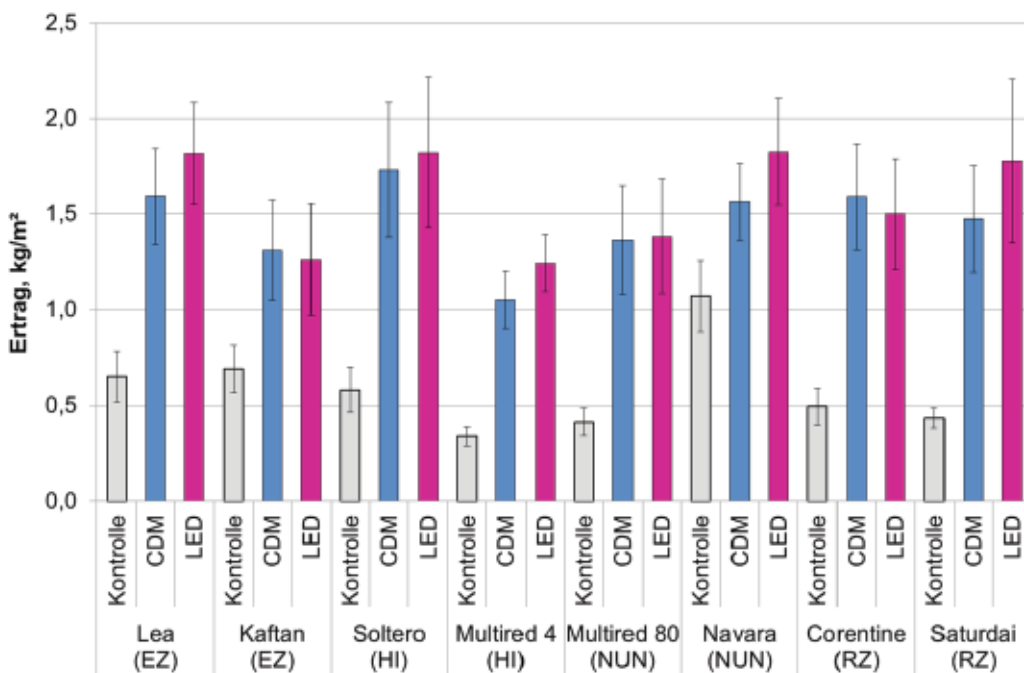


Abbildung 4  
Ertrag der Verschiedenen  
Salatsorten unter den  
unterschiedlichen  
Belichtungsvarianten

den beiden belichteten Varianten (Abb. 4). Die Einzelpflanzengewichte lagen zwischen 100 g ('Kaftan') und maximal 150 g ('Soltero'). Zu dieser Jahreszeit sind dies übliche Erntegewichte bei einer Kultur im hydroponischen System. Der hohe Blauanteil bei den LEDs führte bei einigen Sorten zu einer erhöhten Stressreaktion, welche sich in einem Staucheffekt und Rändern der Blätter (Verbrennungserscheinungen am Blattrand) äußerte. Bei den anfälligen Sorten ('Lea', 'Kaftan', 'Corentine', 'Navara') führte das zu einem geringeren Anteil marktfähiger Pflanzen. Um diesen Effekt auszuschließen, muss also die Sortenwahl beachtet werden oder das „Lichtrezept“ angepasst werden. So kann z.B. die Belichtung mit einem Vollspektrum über den überwiegenden Teil der Kulturzeit durch-

geführt werden und die Belichtung zur Ausfärbung, also der erhöhte Blauanteil, erst am Ende der Kultur eingestellt werden. Diese Strategie wird Teil von weiteren Belichtungsversuchen im nächsten Winter an der LVG Heidelberg sein.

#### Quellen

2015, C. Andreas u. T. Reintges, Rispentomaten: energieintensive LED-Belichtung, Versuche im deutschen Gartenbau 2015 - Gemüsebau.

2013, C. Andreas u. T. Reintges, Erster Test mit LED-Belichtung bei Rispentomaten, Versuche im deutschen Gartenbau 2013 – Gemüsebau. ■



**Dr. Thorsten Bornwaßer**  
LVG Heidelberg  
Tel. 06221/ 7484-18  
Thorsten.Bornwasser@  
lvg.bwl.de