

Hausarbeit im 5. Semester für das Modul 26 (Technik und EDV)  
an der Beuth Hochschule für Technik Berlin

# LED-Belichtung in In-vitro-Laboren

Lohnt sich eine Anschaffung dieser neuen Technologie?

Tim Kühmel  
timkuehmel@mikrovermehrung.de

14.06.2011

## Inhalt

1. Pflanzenbelichtung im In-vitro-Labor .....	2
2. LED-Technik.....	4
2.1. Allgemeines .....	4
2.2. Funktionsweise.....	4
2.3. Einige weitere Grundlagen .....	5
2.4. Vor- und Nachteile der LED-Technologie .....	6
2.5. Kosten- / Nutzenrechnung.....	8
2.6. Produktbeispiele und Meinungen .....	9
2.6.1. GreenPower LED production Modul von PHILIPS.....	9
2.6.2. Drei Meinungen zu den PHILIPS LED-Modulen .....	9
2.6.3. Weitere Hersteller, wie OSRAM.....	10
3. Forschung auf dem LED-Gebiet.....	11
3.1. Drei Projekte von T. BORNWASSER .....	11
3.2. Versuche von PHILIPS.....	13
3.3. Fachgruppe LED-Pflanzenlicht .....	13
4. Fazit.....	14
Literaturverzeichnis .....	15

## 1. Pflanzenbelichtung im In-vitro-Labor

Die Pflanzenproduktion im Labor erfordert ein Belichtungssystem, da die Pflanzen in ihren Kulturgefäßen unter Ausschluss von Tageslicht heranwachsen. Dieses ist von Nöten, da das Sonnenlicht einerseits nicht steuerbar und andererseits zu stark oder schwach ist. Da die räumliche Ausnutzung in den Laboren hoch sein sollte, sind Regale in mehreren Ebenen erforderlich; allein schon aus diesem Grund ist ein Belichtungssystem erforderlich.

In mehrlagigen Regalen lagern die Pflanzen in ihren Kulturgefäßen, wie in der *Abbildung 1* zu erkennen. Um den verfügbaren Raum bestmöglich nutzen zu können, ist der Abstand zwischen den Regalböden so gering wie möglich zu wählen. An dieser Stelle muss ein Kompromiss gefunden werden, welcher eine gute Ausleuchtung, eine gute Luftzirkulation und eine angenehme Arbeitsweise vereinbart. Auch ist der Abstand nicht zu gering zu wählen, da die Leuchtmittel Wärme abstrahlen und diese die Pflanzen nicht direkt und zu stark treffen sollte.

Es existieren viele verschiedene Möglichkeiten ein solches Regalsystem zu entwerfen und zu installieren. Änderbare Faktoren sind nicht nur die Regalabstände, sondern auch die gesamte Dimension des Regals, der Ort an dem das Leuchtmittel angebracht ist und das Leuchtmittel an sich. In *Abbildung 1* ist zu erkennen, dass in diesem Kulturraum die Leuchtstoffröhren seitlich an die Regalebenen angebracht sind. In *Abbildung 2* sind sie über den Pflanzen.

Die Wahl des Belichtungssystems ist für die meisten In-vitro-Labore eine klare Angelegenheit. Leuchtstofflampen oder auch Leuchtstoffröhren genannt, werden mit oder ohne einen zusätzlichen Reflektor über die Pflanzenbestände gehängt. Eine Ausnahme bilden sogenannte Klimakammern, in denen Simulationen und Versuche stattfinden und weniger Produktionen. In ihnen werden zum Beispiel auch Hochdruck-Natriumdampflampen oder Metall-Halogendampf-Lampen verwendet. Leuchtstofflampen sind in ihrer Anschaffung recht günstig, geben ein pflanzenoptimales Lichtspektrum ab und verbrauchen relativ wenig Energie.

Die Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Leuchtstoffröhren brachte unter anderem auch Röhren hervor, welche im inneren an der Oberseite mit einer reflektierenden Schicht überzogen sind. Mit diesen Leuchtmitteln müssen keine zusätzlichen Reflektoren verbaut werden. (DHLicht GmbH, 2011, S. 16)



Abbildung 1 - Klimaraum von "Rainer Dietz Mikrovermehrung" in Berlin



Abbildung 2 - Weiterer Kulturraum von "Rainer Dietz Mikrovermehrung" in Berlin

## 2. LED-Technik

„Produktion von Ausgangsmaterial so schnell wie möglich, so einheitlich wie möglich, mit hoher Qualität“ (Walles, 2011, S. 5). Warum sollten LEDs nun unser Interesse wecken? Die passende Antwort auf diese Frage besteht aus drei Fakten. Erstens ist die Licht- und Wärmeverteilung bei LEDs besser als bei zum Beispiel Leuchtstofflampen. Zweitens geben sie ein maßgeschneidertes Lichtspektrum ab, welches auf die Pflanzen zugeschnitten sein kann und drittens kann mithilfe der LED-Technologie elektrische Energie eingespart werden, da ihre Energieeffizienz höher ist. (Walles, 2011, S. 5)

### 2.1. Allgemeines

Im Laufe des letzten Jahrzehntes erlangten die LEDs ein immer größer werdendes Interesse. Die Forschung und Entwicklung nahm sich dieser an. Auch das Interesse von Gewächshausbesitzern und Laborbetreibern wurde geweckt und es wurde ein besonderes Augenmaß auf die Verwendung für die Pflanzenproduktion gelegt. Doch war es wie mit jeder neuen Technologie, sie scheint beziehungsweise ist zu Beginn unbezahlbar. Auch die LED-Technologie bewegte sich in sehr hohen Preislagen und befindet sich auf dem preislichen Abstieg. Dieses erfreut sicher nicht nur die Gärtnereien und Labore, sondern auch die Produktionsfirmen wie *Philips* oder *Osram*, da ihr Absatz steigt.

In einem Artikel der DEGA P&H von August 2010 beschreibt der Geschäftsführer von *DHLicht GmbH* H. DINTER die momentane Lage zum Thema LEDs sehr gut. Auf der IPM 2008 sei der Markt mit LED-Versprechungen überzogen worden, welche sich alle nicht als praktikabel herausstellten und ohne Nutzenzuwachs waren. Dieses hätten Universitäten, wie auch Gärtner gleichermaßen feststellen müssen. Zwei Jahre später habe sich die Lage jedoch geändert. Die Technik sei weiter und die Preise geringer. Vor allem der Einsatz in In-vitro-Laboren lohne sich zunehmend, da sich tatsächlich mittlerweile Energie einsparen ließe. (Dinter, 2010)

### 2.2. Funktionsweise

LEDs (englisch: light-emitting diode – deutsch: Licht emittierende Diode) gehören in die Gruppe der Elektrolumineszenzstrahler. Sie wandeln elektrische Energie in Licht um und dieses nach dem Prinzip der Halbleiterdiode. Dabei sind der Halbleiterkristall und die Dotierung verantwortlich für das ausgestrahlte Spektrum. So ist zum Beispiel



der Mischkristall aus *Aluminium-Indium-Gallium-Phosphat (AlInGaP)* für die Farbe Rot zuständig und der aus *Indium-Gallium-Nitrogen (InGaN)* oder *GalliumNitrid (GaN)* für Blau. Verschiedene Formen, Größen und Farben sind erhältlich.

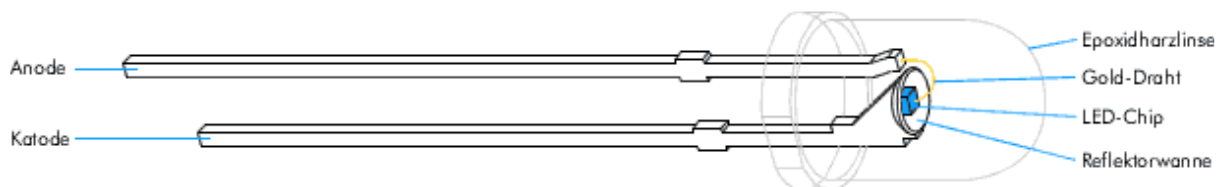


Abbildung 3 - Aufbau einer LED  
(Quelle: [http://www.led-info.de/uploads/pics/afbau\\_5mm.gif](http://www.led-info.de/uploads/pics/afbau_5mm.gif))

Die LED-Kristalle bestehen im Grundaufbau aus zwei Schichten. Die eine ist der n-Grundhalbleiter und die andere die p-leitende Halbleiterschicht. Diese zweite Schicht ist dünner, mit einer hohen Löcherdichte übersät und sitzt auf der n-Schicht. Die Grenzschicht wird mit freien Ladungsträgern überhäuft und die Elektronen rekombinieren mit den Löchern. Bei diesem Prozess geben

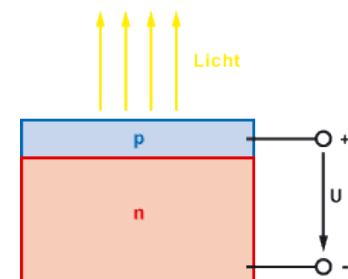


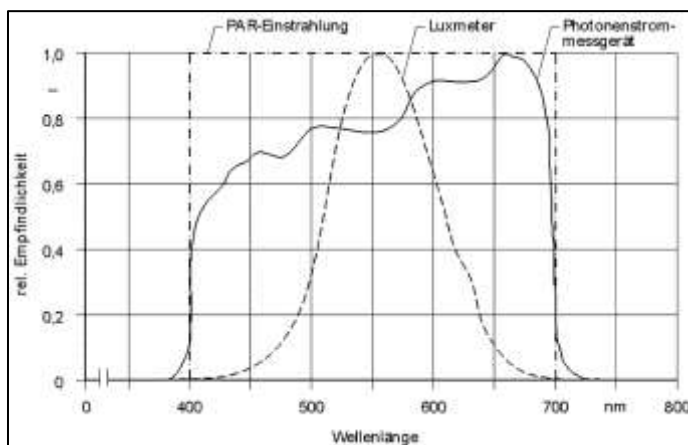
Abbildung 4 – Kristallaufbau  
(Schnabel, 2011)

die Elektronen ihre Energie ab. Dieses geschieht in Form von kleinen Lichtblitzen, welche durch die dünne p-Schicht entweichen und durch die halbkugelförmige Reflektorwanne gestreut werden. Mithilfe der Linse beziehungsweise des linsenförmigen Gehäuses wird das Licht gebündelt. Die Lichtstärke wird mit zunehmender Stromstärke größer. Es wird allerdings auch Licht erzeugt bei sehr geringer Stromstärke. Dieses ist der Pluspunkt in der Energieeffizienz. (Haller, 2011) und (Schnabel, 2011)

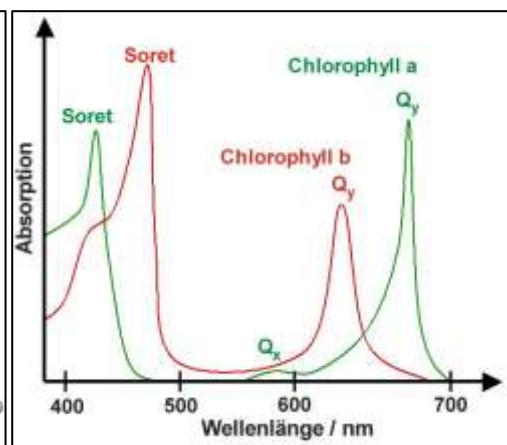
### 2.3. Einige weitere Grundlagen

Werden eine LED-Belichtung und eine Hochdruckdampfampfen-Belichtung betrachtet, so fällt das deutlich hellere Licht der Hochdruckdampfampe auf. Doch sehen dieses die Pflanzen gleichermaßen? Dem ist nicht so, da das Helligkeitsempfinden des menschlichen Auges nicht mit der Photosynthese-Kurve der Pflanze gleich verläuft. Das sichtbare Licht (PAR) nutzt die Wellenlängen von 380 nm bis 780 nm. Das menschliche Auge bewertet jedoch die Wellenlängen zwischen 500 nm und 600 nm am stärksten. An diese Empfindlichkeit ist auch das

Luxmeter angepasst (*Abbildung 5*), weshalb es für den Gartenbau keine aussagekräftigen Daten liefern kann; ein Photonenstrommessgerät muss daher das Luxmeter im Gartenbau ersetzen. Dieses Messgerät bewertet die Wellenlängen fast gleichermaßen und ist daher an die Photosynthese der Pflanze besser angepasst. Die Pflanze benötigt für die Photosynthese die Wellenlängen zwischen 400 nm und 500 nm (Blau) und zwischen 600 nm und 700 nm (Rot). Die *Abbildung 6* zeigt dieses in einem Diagramm. Der Bereich um die 555 nm trägt nicht zur Photosynthese bei; er wird nicht absorbiert, sondern reflektiert und trägt zur grünen Farbe der Blätter bei. Da LEDs durch ihren Aufbau einen genauen Wellenlängenbereich abstrahlen können, kann sich dieses bei der Pflanzenbeleuchtung zu Nutze gemacht werden. Je nach Pflanzenart können die Anteile an Blau und Rot gemischt werden, um das optimale Wachstums-Ergebnis zu erzielen. (Prucker, 2011)



**Abbildung 5**  
Rel. Empfindlichkeit von Lichtmessgeräten  
(Prucker, 2011)



**Abbildung 6**  
Absorptionsspektren von Chlorophyll  
(Prucker, 2011)

## 2.4. Vor- und Nachteile der LED-Technologie

Die moderne LED-Technologie weist mehr Vor- als Nachteile auf. Zu ihren Nachteilen zählen, der noch ausstehende große Forschungsbereich und die hohen Anschaffungskosten. „Selbst bei In-Vitro-Kulturen, wo LED-Licht eine dankbare Aufgabe erfüllen könnte, sind Investitionen in diese Techniken noch viel zu unsicher und zu teuer“ (Gärtnerbörse, 2011).

Doch diese beiden Nachteile verblassen immer mehr. Ihnen gegenüber stehen vielerlei Vorteile. Für den Pflanzenanbau von großer Bedeutung sind die

einstellbaren Farbspektren und Lichtmengen, sowie die hohe Energieeffizienz. Auch ist die lange Lebensdauer, die geringe Wärmeabgabe und die schnelle Einschaltung als Vorteil zu nennen. Auch die Robustheit und die Designfreiheit gehören dazu. (Walles, 2011, S. 3)

Die Lebensdauer von LEDs ist zum Beispiel 1,5-mal so hoch, wie die einer Leuchtstofflampe mit elektrischem Vorschaltgerät (Dinter, 2010). Der positive Punkt der Robustheit beschreibt die Tatsache, dass LEDs schwingungsfest und wasserdicht sind (Walles, 2011, S. 3).

Ein weiterer Vorteil, welcher aus der geringen Wärmeabgabe und der guten Lichtverteilung resultiert, ist die bessere räumliche Ausnutzung in einem Gewebekulturen-Labor; es können mehr Etagen pro Regal installiert werden, da der einzelne Etagenabstand verkleinert werden kann. (Bornwaßer, LED-Belichtungssysteme in Kulturräumen - Optimierung der Energieeffizienz, 2010)

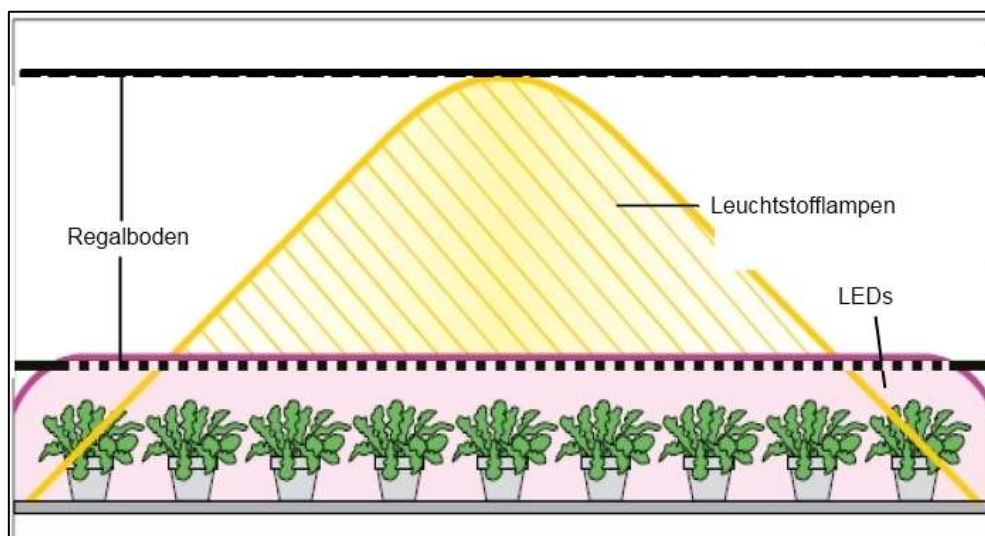


Abbildung 7 - Diese leicht veränderte Grafik soll das Platzeinsparungspotential verbildlichen. (Quelle: Walles, 2011, S. 7)

Ergänzungen von HALLER (2011).

Folgende *Nachteile* sollten ergänzt werden. Die denkbare Effizienz ist noch nicht erreicht und der Preis pro Lumen ist noch zu hoch. Um die Leuchtstärke von zum Beispiel Hochdruckdampflampen zu erreichen, ist eine hohe Stückzahl an LEDs nötig; die Kosten pro Stück sind zu hoch. Die Lebensdauer der LEDs ist kritisch zu betrachten; die Lebensdauer ist bei Hochleistungs-LEDs geringer. Die Effizienz und Lichtfarbe ist mehr oder weniger von der Temperatur abhängig und es wird für den



Betrieb ein Vorschaltgerät benötigt. Auch die Energiebilanz muss noch kritisch betrachtet werden; wie steht der Energiebedarf bei der Fertigung der LEDs gegenüber herkömmlicher Leuchtmittel? (Haller, 2011)

Weitere *Vorteile* sind, die Reduzierung der Klimatisierungskosten, keine Wartungs- und Reinigungskosten und geringe Transport- und Entsorgungskosten. Auch ein umwelttechnischer Vorteil ist nicht nur, dass der Energiebedarf der LEDs gering ist, sondern auch, dass LEDs kein Quecksilber enthalten, wie zum Beispiel Leuchtstofflampen oder Energiesparlampen. Des Weiteren geben sie keine UV-Strahlung und keine IR-Strahlung ab, benötigen keine Lampenfassungen, sind brummfrei und (sollten) nicht plötzlich ausfallen. Auch die bessere Lichtlenkung durch Optiken und nicht durch Reflektoren stellt ein Vorteil dar. Zuletzt zählen auch die kleinen Bauformen, die große Typenvielfalt und die Dimmbarkeit ohne Lichttemperaturänderung zu den Vorteilen. (Haller, 2011)

## 2.5. Kosten- / Nutzenrechnung

Auch aus dem Zeitungsartikel der DEGA P&H von August 2010 stammt dieses praktische Beispiel von Holger Dinter. Als Beispiel-Anlage diene ein In-vitro-Labor mit 100 Regalen, welche mit  $200 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$  ausgeleuchtet werden sollen. Der Abstand der Regalböden sei 20 Zentimeter. Um diese Vorgaben zu erfüllen, müssten pro Regalboden acht Leuchtstoffröhren mit je 36W (40W Systemleistung) betrieben werden. Im Gegensatz dazu wären jedoch nur 6 LED-Module mit je 28W (= Systemleistung) nötig.

Folgende Rechnungen ergeben sich nun. Mit einer Leuchtstofflampen-Ausstattung sind  $100 \times 8 \times 40\text{W}$  in betrieb und verbrauchen 32kW. Bei einem Betrieb mit LED-Modulen werden nur  $100 \times 6 \times 28\text{W}$ , also 16,8 kW verbraucht. Bei einer Jahreslaufzeit von 6.000 Stunden beträgt der Energiebedarf für die Leuchtstofflampen 192.000 kWh und für die LEDs 100.800 kWh. Somit werden 91.200 kWh eingespart, welche bei einem Strompreis von 0,10 € / kWh ganze 9.120 € wären. Werden nun die Anschaffungskosten noch berücksichtigt, so werden für die Leuchtstofflampen mit elektronischem Vorschaltgerät insgesamt 60.000 € fällig (75 € / Stück) und bei den LED-Modulen insgesamt 96.000 € fällig (160 € / Stück). Der Differenzbetrag von 36.000 € wäre bei der Einsparung von 9.120 € / Jahr nach knapp vier Jahren amortisiert. Zudem haben die LED-Module eine 1,5 fache Lebensdauer im Vergleich zu den Leuchtstoffröhren mit elektrischem

Vorschaltgerät. Laut dieser Rechnung ist es jetzt schon lohnend, sich bei einer Neueinrichtung über die LED-Anschaffung Gedanken zu machen und eine persönliche Kostenaufstellung zu machen. (Dinter, 2010)

Diese Kostenaufstellung stammt von Herrn H. DINTER, dem Geschäftsführer der *DHLicht GmbH*; sie stammt von einem *Verkäufer*.

## 2.6. Produktbeispiele und Meinungen

### 2.6.1. GreenPower LED production Modul von PHILIPS

Das *GreenPower LED production Modul* von PHILIPS ist speziell für die Verwendung im Etagenbau im In-vitro-Labor entwickelt worden. Es verspricht eine Energieeinsparung von bis zu 60 %. Mehr als 50 Versuche lagen diesem Modul zugrunde. Es sind Intensitäten von 50 bis 400  $\mu\text{mol} / \text{m}^2 / \text{s}$  und Spektrenkombinationen, wie Dunkelrot – Blau, Dunkelrot – Weiß, Dunkelrot – Blau – Fernrot oder nur Dunkelrot, erhältlich. Auch bietet PHILIPS diese Module in zwei verschiedenen Längen an, so dass sie eine 36 W oder 58 W Leuchtstofflampe ersetzen könnten. Die gleichmäßige Lichtverteilung und die geringe Wärmeabgabe dieser Module sei noch hervorgehoben. Die Lebensdauer ist auf 25.000 Stunden betitelt, was bei 14 Stunden am Tag knapp fünf Jahre wären. (PHILIPS, 2011, S. 1 f.)



Abbildung 8 - PHILIPS GreenPower LED production Modul (PHILIPS, 2011, S. 2)

### 2.6.2. Drei Meinungen zu den PHILIPS LED-Modulen

Prof. Dr. S. SMEEKENS und Dr. M. PROVENIERS von der *Universität Utrecht*: „We obtained very positive results from the tests we performed with the GreenPower LED module. We can grow our model plant Arabidopsis quickly and easily. We have lots of new ideas for tests which are now possible using LED lighting that can be controlled in terms of time, color and light level“. (Walles, 2011, S. 10)

S. HEIMOVAARA von *Royal van Zanten*: „In our company we saw lots of opportunities for LEDs. By carrying out tests, we found solutions for both tissue culture and plant storage. As well as saving energy, LEDs help us storage, mainly thanks to better heat control“. (Walles, 2011, S. 11)

A. STOUTJESDIJK von *Vitro Plus*: “Extensive automation in our laboratories is and will always be essential to guarantee the growth of our ferns and maintain our position against international competition. With the new GreenPower LED production module, we can now further optimize the growth process, increase production and save energy”. (Walles, 2011, S. 14)

### 2.6.3. Weitere Hersteller, wie OSRAM

Auch OSRAM und andere Hersteller bieten eine Vielzahl an LED-Produkten an, unter denen auch einige zur Pflanzenverwendung zu finden sein sollten. Doch PHILIPS sticht mit seiner Präzision und seiner genauen Produktbezeichnung heraus. Wird die OSRAM Internetseite betrachtet und speziell nach LED-Pflanzenbeleuchtung gesucht, kann kein gleichwertiges Produkt gefunden werden, wie das *GreenPower LED production Modul* von PHILIPS.

In einem Artikel von der OSRAM GmbH selbst (Autorin: M. REICHEL) wird ein LED-Projekt beschrieben, in dem die OSRAM LED *Golden DRAGON Plus* und *OSLON SSL* Verwendung fanden. Das Projekt war jedoch ein großflächiger Gewächshausversuch und fand in keinem In-vitro-Labor statt. (Reichel, 2010)

Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass OSRAM auch LED-Produkte für den In-vitro-Bereich anbietet.

### 3. Forschung auf dem LED-Gebiet

Mit dem steigenden Interesse an der LED-Technologie, durch die verbesserten Leistungen und sinkenden Preise, reihen sich auch immer mehr Forschungsprojekte ein. Auch Gärtnereien und Labore können großflächige Versuche fahren. Die beiden führenden Lichthersteller der Welt, PHILIPS und OSRAM, investieren viel Kapital in diese Richtung. OSRAM, gehörend zu SIEMENS, lässt mehr als 50 % der jährlichen Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen in die LED-Technologie fließen (Reichel, 2010).

#### 3.1. Drei Projekte von T. BORNWASSER

Auch an der Leibniz Universität Hannover widmet man sich dem LED-Thema. So führte Herr T. BORNWASSER, mit Unterstützung von H.-J. TANTAU, einige Projekte durch.

Ein Projekt von Herrn T. BORNWASSER im Jahr 2009 mit dem Titel „LED-Belichtungssysteme zur Effizienzsteigerung pflanzlicher In-vitro-Kulturverfahren“ stellte sich zum Ziel, Hochleistungs-LEDs (HL-LEDs) zu untersuchen. Dieses sollte unter folgenden Gesichtspunkten geschehen; durch den geringeren Energiebedarf, die Steigerung der Ausbeute der *Photosynthetisch Aktiven Strahlung* (PPFD - *Photosynthetically Active Photon Flux Density*) und die Erhöhung der Raumausnutzung durch engere Regalabstände, sollte die Energieeffizienz gesteigert werden. Als Fazit konnte für dieses Projekt gezogen werden, dass der HL-LED-Einsatz die Möglichkeit bietet, die Energieeffizienz zu steigern. Er sei eine Alternative zur Leuchtstofflampen-Belichtung. Auch die gleichmäßigere Ausleuchtung beziehungsweise PPFD-Verteilung wurde als Vorteil gegenüber der Leuchtstofflampe hervorgehoben. (Bornwasser, LED-Belichtungssysteme zur Effizienzsteigerung pflanzlicher In-vitro-Kulturverfahren, 2009)

Ein weiteres Projekt folgte 2010 mit dem Titel „LED-Belichtungssysteme in Kulturräumen – Optimierung der Energieeffizienz“. Die Zielsetzung dieses Versuches bestand darin, die Energieeffizienz weiter zu optimieren. Es wurde an folgenden zwei Stellschrauben gedreht: der Etagenabstand und der HL-LED-Dichte pro m<sup>2</sup>. Der Versuch zeigte, dass ein sehr hohes Einsparungspotential mit der Verringerung des Etagenabstandes vorliegt. Zum Beispiel werden 35 % weniger Leistung benötigt, wenn der Etagenabstand von 30 cm auf 20 cm verringert wird (bei gleichbleibender PPFD). Auch wurde festgestellt, dass je höher die LED-Dichte pro m<sup>2</sup> bei

gleichbleibender PPFd ist, desto geringer ist die Betriebsstromstärke einer einzelnen HL-LED und der Leistungsaufnahme und desto höher die Photonenstrom-Ausbeute. (Bornwasser, LED-Belichtungssysteme in Kulturräumen - Optimierung der Energieeffizienz, 2010)

Der letzte hier aufgeführte Versuch aus der Leibniz Universität Hannover von Herrn T. BORNWASSER ist folglich betitelt: „Bewertung von Hochleistungs-LEDs für die Belichtung im Gartenbau“. In diesem Projekt wurden einzelne HL-LEDs energieeffizienztechnisch bewertet. Aus den Messwerten ergab sich, dass die Energieeffizienz negativ beeinflusst wird durch steigende Stromstärke und Platinentemperatur. Des Weiteren wurde erkannt, dass die roten HL-LEDs die energieeffizientesten sind. (Bornwasser, Bewertung von Hochleistungs-LEDs für die Belichtung im Gartenbau, 2010)



**Abbildung 9 - HL-LED-Versuchsanlage der Leibniz Universität Hannover**  
(Quelle: [http://www.bgt-hannover.de/bornwasser/PT02\\_Bornwa%C3%9Fer.pdf](http://www.bgt-hannover.de/bornwasser/PT02_Bornwa%C3%9Fer.pdf))



### 3.2. Versuche von PHILIPS

Diesen folgenden Versuch führt PHILIPS in seinen Informationsmaterialien an. Es wurde in einem Gewebekulturlabor die optimale Lichtintensität und die optimale Lichtspektrum-Zusammensetzung gesucht. Der Bereich der Lichtintensität lag zwischen acht und 50  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ , das Lichtspektrum lag zwischen null bis 30 % Blauanteil und 70 bis 100 % Rotanteil. Die verwendeten Pflanzen waren *Phalaenopsis*, *Cymbidium*, *Alstroemeria* und *Chrysanthemum*. Der Versuch brachte folgende Werte als Ergebnis zu Tage. Die optimale Lichtintensität lag zwischen 15 und 20  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  und der optimale Blauanteil zwischen 15 und 25 %. (Walles, 2011, S. 6 f.)

Die *Universität Utrecht* stellte auch Versuche an, um unter anderem die Blühmechanismen bei *Arabidopsis* zu erforschen. Sie stellten fest, dass für ein gleichmäßiges und schnelles Wachstum die Farbspektren Blau, Rot und fernes Rot erforderlich sind. Durch den Anteil an fernem Rot ließen sich die Blühgeschwindigkeiten beeinflussen. (Walles, 2011, S. 4)



Abbildung 10 -  
(Walles, 2011, S. 6)

### 3.3. Fachgruppe LED-Pflanzenlicht

Im ersten Viertel dieses Jahres (2011) kam es zur Gründung der Fachgruppe LED-Pflanzenlicht. Diese will das Thema der LED-Technologie im Gartenbau professionell erforschen. Dazu vereint die Fachgruppe Wissenschaftler, Hersteller, Anwender, Berater und Gärtner. Für die rund 500 Firmen und Forschungsinstitute, welche die Gruppe vereint, ist der momentane Treffpunkt die Universität Duisburg-Essen. Das gesteckte Ziel der Fachgruppe ist es, die ganzen Unklarheiten zu beseitigen, exakte technische Aussagen zu treffen, wie die wirkliche Lebensdauer einer LED oder die genauen abgegebenen Wellenlängen sind. Versuche gehen sogar in die Richtung, LEDs zu produzieren, die eine exakte Wellenlänge abgeben; zum Beispiel exakte 450 nm. Die Vereinigung will auch die unterschiedlichen Anforderungen an eine Pflanzen-LED durch die unterschiedlichen Nutzungen zusammentragen. Schnittrosen- oder Tomatenbetriebe haben andere Anforderungen an eine LED-Lampe, als zum Beispiel ein In-vitro-Betrieb. (Gärtnerbörse, 2011)

## 4. Fazit

Wie ist der momentane Stand der LED-Technik zu bewerten? Die Hauptvorteile liegen auf der Hand. LEDs sparen Energie, strahlen nicht so viel Wärme ab und bedienen das Photosynthese-Spektrum hervorragend. Doch sind diese Punkte in der Praxis wirklich so? Viele Stimmen sagen hier klar „Nein“. Die Wärmeabgabe ist bei der Menge an LEDs, welche benötigt werden um eine ausreichende Intensität zu erhalten, auch nicht viel geringer, als bei herkömmlichen Leuchtmitteln. So geben Leuchtstoffröhren die Wärme nach unten in den Pflanzenbestand ab, die LED-Module eher nach oben, an den Regalböden. Es kommt daher für die Pflanzen eine Regalebene darüber zu „warmen Füßen“. Das genau einstellbare Spektrum stellt für Versuche und Spezialkulturen eine interessante Tatsache dar, doch für den Praxisbetrieb, welcher über 200 verschiedene Pflanzenarten und –Sorten führt, ist dieses relativ uninteressant. Auch der Preis stellt für die Praxisbetriebe, wie auch einige Universitäten und Hochschulen noch eine Hürde dar. Ist in einem Gewebekulturen-Labor ein Leuchtstofflampen-System installiert, so lohnt es sich noch ganz und gar nicht, beim Ausfall einer Leuchtstofflampe, eine fünf Euro teure Röhre gegen ein vielleicht 160 Euro teures LED-Modul auszutauschen. Bei einer Neueinrichtung eines Labors ist dieses vielleicht zu überdenken, jedoch ist man in der Praxis eher noch der Meinung abzuwarten.

An der Lichtintensität und der spektralen Einstellbarkeit gibt es kaum Kritik und auch die Praxis scheint dieses angenommen zu haben. Doch die Fachwelt und die Praxis sind sich noch uneins über die Korrektheit der Lebensdauer und der Energieersparnis. Die Fachgruppe LED-Pflanzenlicht will diese Missstände ausräumen und bearbeiten. Es bleibt also abzuwarten, die Tagungen der Fachgruppe zu verfolgen und gegebenenfalls seine praxisbezogenen Wünsche und Anforderungen an eine optimale LED selbst mit einzubringen.

## Literaturverzeichnis

- Bornwasser, T. (2009). *LED-Belichtungssysteme zur Effizienzsteigerung pflanzlicher In-vitro-Kulturverfahren*. Abgerufen am 14. Juni 2011 von <http://www.bgt-hannover.de/bornwasser/DGG-Poster%20T07.pdf>
- Bornwasser, T. (2010). *Bewertung von Hochleistungs-LEDs für die Belichtung im Gartenbau*. Abgerufen am 14. Juni 2011 von <http://www.bgt-hannover.de/bornwasser/PT03Bornwasser.pdf>
- Bornwasser, T. (2010). *LED-Belichtungssysteme in Kulturräumen - Optimierung der Energieeffizienz*. Abgerufen am 14. Juni 2011 von [http://www.bgt-hannover.de/bornwasser/PT02\\_Bornwa%C3%9Fer.pdf](http://www.bgt-hannover.de/bornwasser/PT02_Bornwa%C3%9Fer.pdf)
- DHLicht GmbH. (2011). *Produktliste 2011*. Abgerufen am 14. Juni 2011 von <http://www.dhlicht.de/downloads/PL2011.pdf>
- Dinter, H. (2010). LED-Licht im Gartenbau. *DEGA P&H*, 36.
- Gärtnerbörse. (02. April 2011). *Neue Fachgruppe LED-Pflanzenlicht gegründet*. Abgerufen am 14. Juni 2011 von <http://gaertnerboerse.de/aktuell/alle-news/news-details/beitrag/19692-neue-fachgruppe-led-pflanzenlicht-gegruendet.html>
- Haller, H. (2011). *leuchtdioden*. Abgerufen am 14. Juni 2011 von <http://www.led-info.de/grundlagen/leuchtdioden.html>
- PHILIPS. (2011). *Wachsender Wert - GreenPower LED production Modul*. Abgerufen am 14. Juni 2011 von [http://www.lighting.philips.de/pwc\\_li/main/shared/assets/downloads/pdf/horticulture/leaflets/cl-g-production\\_module-de.pdf](http://www.lighting.philips.de/pwc_li/main/shared/assets/downloads/pdf/horticulture/leaflets/cl-g-production_module-de.pdf)
- Prucker, D. (Juni 2011). *Einsatz von LED-Belichtung in Gewächshäusern (Hochschule Weihenstephan)*. Abgerufen am 14. Juni 2011 von <http://www.hswt.de/fgw/infodienst/2011/juni/forschung.html>
- Reichel, M. (2010). *Flower Power - Lichtstarke LED bringen Pflanzen zum Wachsen*. Abgerufen am 14. Juni 2011 von <http://www.siemens.com/press/pool/de/pressemitteilungen/2010/osram/osram-rote-LED-d.pdf>
- Schnabel, P. (2011). *LED-Leuchtdioden*. Abgerufen am 14. Juni 2011 von <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/bau/0201111.htm>
- Walles, B. (2011). *DHLicht GmbH*. Abgerufen am 14. Juni 2011 von [http://www.dhlicht.de/downloads/LEDs\\_zur\\_Gartenbaubeleuchtung.pdf](http://www.dhlicht.de/downloads/LEDs_zur_Gartenbaubeleuchtung.pdf)