



Licht für Pflanzen
von werklicht

Pflanzenlicht und Architektur

Pflanzenbeleuchtung im Innern von Gebäuden, ist oft schwierig zu realisieren.

Bei normaler Raumbelichtung genügen bereits geringe Distanzen der Pflanzen zum Fenster, um diese vergilben oder sogar absterben zu lassen.

Oft steht man den Gegensatzpaaren gegenüber:

gutes Pflanzenlicht- hässliche Leuchte, oder: schöne Leuchte- schlechtes Pflanzenlicht.

werklicht hat sich bemüht, den Spagat zu schliessen, unsere Pflanzenleuchten sind fast überall einsetzbar, ob im eigenen Design, als Einbau- oder Pendelstrahler, Wallwasher oder Stromschienenspot, ausgerüstet mit hochwertigen LED -Lichtquellen, Vollspektrum und speziell für Pflanzen geeigneter Spektralverteilung.

Diese besondere Spektralverteilung, besonders im für Pflanzen so wichtigen Blau- und Rotbereich, ist dem Tageslicht sehr ähnlich.

Es sorgt für besonders gutes Pflanzenwachstum vor allem da,

wo natürliches Tageslicht nicht oder nur sehr wenig vorhanden ist.

In Anlagen, wo es auch auf besonderen Grüneffekt ankommt oder

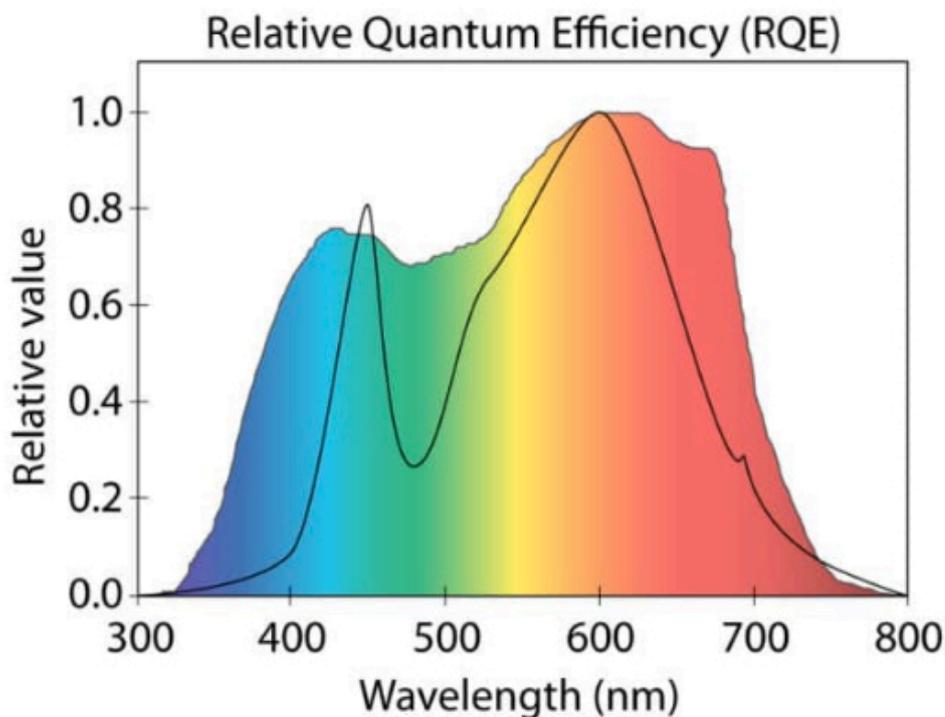
besondere Anforderungen an Pflanzenwachstum bestehen kann man

auch unterschiedliche Lichtquellen kombinieren, ohne dafür

ein störendes Potburri an verschiedenen Leuchten zu bekommen.

Zu beachten ist, dass eben nicht, wie oft fälschlich angenommen nur der rote und blaue Bereich wichtig ist. Obwohl die roten und blauen Wellenlängenbereiche in der Photosynthese und der physiologischen Entwicklung treibende Kräfte sind, sind sie nicht die einzigen nützlichen oder notwendigen Wellenlängen, die für eine maximale physiologische Entwicklung und Masseerträge nötig sind. Ein volles und weißes Spektrum wird benötigt, damit die Photosynthese maximiert wird und dass biologische Prozesse korrekt ausgelöst werden.

Schaut man sich das 3500K Spektrum der LED an, die hier mit der McCree RQE Kurve überlagert wurde, stellt man folgendes fest:



Das Spektrum der von uns verwendeten LED-Chips passt perfekt zu der McCree Kurve. Das weiße Spektrum der LEDs ist eine gezielte Balance des gesamten Spektrums von 380nm-780nm. Der blaue Wellenbereich erhöht die Produktion ätherischer Öle und der Terpene. Zusätzlich werden dadurch kürzere Nodienabstände (Nodien=Knotenpunkte von Blättern und Ästen) hervorgerufen. Die vielfach missverstandene Region von grün bis gelb sorgt für ein ausgewogenes und gesundes Pflanzenwachstum. Der orange bis rote Wellenbereich ist die treibende Kraft in der Fruchtphase und ein wichtiger Faktor bei der Entwicklung von Blüten und Früchten.

Die Bedeutung von Vollspektrum

Beginnen wir am besten ganz von vorn.

Bei dem, was wir als Licht bezeichnen, handelt es sich um elektromagnetische Strahlung. Der sichtbare Wellenlängenbereich bewegt sich zwischen 380 und 750 Nanometer (nm).

Licht und Wellenlänge

Dieses für uns sichtbare Spektrum bewegt sich also mit einer Wellenlänge von 380 nm bis 780 nm fort. Sehr kurzwelliges Licht erscheint für unsere Farbrezeptoren blau, während langwelliges Licht rot erscheint. Dazwischen erstreckt sich das komplette uns bekannte Farbspektrum.

Nun kann man Vollspektrum diesbezüglich auf zwei verschiedene Arten definieren.

Entweder man bezeichnet damit die Strahlung, die die Sonne überhaupt abgibt, wobei auch Ultraviolett und Infrarot miteinbezogen werden, oder man bezeichnet damit die Bandbreite an Licht, das wir mit den Augen wahrnehmen können, was die enthaltene Spannbreite einschränken würde.

In Bezug auf die Beleuchtung von Pflanzen zur Wachstumsförderung ist zweites gemeint, da sich das ziemlich genau mit dem Spektrum deckt, das die Pflanze für die Photosynthese benötigt.

PAR: photosynthetically active radiation

Das führt uns zur Bedeutung dieser Strahlung für die Pflanzen. Damit Pflanzen die Nährstoffe aus dem Boden und das CO₂ aus der Luft zu Kohlehydraten verarbeiten – mit anderen Worten wachsen – können, brauchen sie Licht. Dieses bringt die Photosynthese in Gang, die schließlich den Stoffwechsel antreibt. Sie heißt daher auch fotosynthetisch, aktive Strahlung, abgekürzt PAR (engl. photosynthetically active radiation).

LED Pflanzenlicht: breites Spektrum an Wellenlängen

Das sogenannte Chlorophyll ist dazu da, die Strahlung aufzunehmen. Interessant ist nun, dass diese Zellen Licht gewisser Wellenlängen besser aufnehmen als von anderen. Licht mit einer Wellenlänge von um die 550 nm nehmen die Zellen fast gar nicht auf, sondern reflektieren es zu einem Großteil. Das ist Strahlung, die in unserer Wahrnehmung grün wirkt. Deshalb wird oft von einer Grün-Lücke bei der Beleuchtung von Pflanzen gesprochen und daher sehen die Pflanzen für das menschliche Auge auch grün aus.

Besonders aktiv ist die Photosynthese hingegen bei Strahlung in den Wellenlängenbereichen um die 450 nm und 650 nm. Das ist Licht, das für den Menschen blau bzw. rot aussieht. Nichts wäre da naheliegender, als die Pflanze auch nur diesen beiden Lichtstrahlungen auszusetzen. Das wäre also dann das Gegenteil des Vollspektrums, da man eben nur die beiden Aktivitätsspitzen der Photosynthese zu stimulieren bzw. auszunutzen versucht.

Violettes oder weißes Licht?

Bleibt eine letzte Frage zu beantworten. Worauf soll man nun setzen?

Auf Licht, das weiß aussieht, weil sich das breite Spektrum an verschiedensten Wellenlängen darin befindet? Oder lieber auf eine Mischung aus blauem und rotem Licht? Die Antwort lautet: auf beides.

Um die Kurve, die die Empfindlichkeit der Pflanze auf gewisse Wellenlängen beschreibt, genau zu treffen, braucht man große Anteile an blauem und vor allem rotem Licht, doch auch das Spektrum dazwischen darf nicht ausgelassen werden, denn auch dort kommt die fotosynthetische Aktivität nicht zum Erliegen. Sinnvoll ist also Licht, das zwar für unsere Wahrnehmung weiß wirkt, aber eher dem warmen Farbspektrum zugeneigt ist. Das schaffen warmweiße Lampen am besten.

Pflanzenwachstum

Licht: Energie, die alles in Gang bringt

Auch, wenn alle Komponenten perfekt aufeinander abgestimmt sein müssen und es jeden einzelnen von ihnen braucht, könnte man das Licht beinahe als den wichtigsten Faktor fürs Wachstum bezeichnen. Es spaltet die Wassermoleküle, damit der weitere Vorgang angestoßen werden kann und die Photosynthese in Gang gebracht wird.

Pflanzen brauchen Licht zum Wachsen

Zu wenig Licht führt zum sogenannten Geilwuchs, wobei Wurzelentwicklung und Blattwuchs zu Gunsten des Längenwuchs vernachlässigt werden, damit die Pflanze besser an eine Lichtquelle gelangen kann. Das ergibt Sinn, wenn andere größere Pflanzen die kleinere verdecken.

Gibt es allerdings überhaupt zu wenig Licht, etwa im Innenraum, kann sich die Pflanze logischerweise noch so lang machen und wird kein Photon abbekommen.

Außerdem kann man beim Pflanzenwachstum beobachten, dass sie sich immer nach der Sonne strecken. Die Schattenseite einer Pflanze wächst immer schneller, sodass sie sich der Sonne zuneigt, um ein Maximum an Strahlung abbekommen zu können. Aber nicht nur der Richtung nach, sondern auch der Art des Lichts nach verändert sich der Wuchs der Pflanze.

Je nach Intensität und Wellenlängen bilden sich unterschiedliche Stoffe bzw. die Pflanze wächst allgemein mehr oder weniger gut.

Um diesen Umweltfaktor zu gewährleisten kann man künstliches Licht in Form von LED-Pflanzenlicht einsetzen, die alle für das Wachstum erforderlichen Wellenlängen abdecken und bessere Ergebnisse versprechen als rein monochromes Licht.

Luft: Kohlenstoffdioxid als Basis

Den Kohlenstoff, den die Pflanze für ihren Aufbau braucht, holt sie sich aus der Luft. Dort findet sie nämlich neben allerlei anderen Gasen Kohlenstoffdioxid (CO_2). Aus dem anorganischen CO_2 werden wichtige organische Verbindungen hergestellt, die als Baustoff- und Energiequellen für andere Teile des Ökosystems bilden.

Unsere pflanzliche Nahrung beispielsweise dient uns deshalb als Energiequelle, weil die Pflanze den Kohlenstoff aus der Luft prozessieren kann. Mineralien, Stickstoff und andere Nährstoffe

Bei den Nährstoffen angelangt, die die Pflanze für ein gesundes Wachstum braucht, steigen wir ins Thema der Phytotrophologie ein. Ein komplexer Terminus, der im Prinzip nichts anders bedeutet, als Ernährungslehre der Pflanze (Phyton bedeutet Pflanze und Trophologie Ernährungslehre). Prinzipiell sind Pflanzen autotrophe Organismen. Sie können sich ihre Nahrung quasi selbst herstellen.

Das tun sie in der Photosynthese, wo sie aus Kohlenstoffdioxid und Wasser durch Energiezufuhr in Form von Licht Glucose und Sauerstoff herstellen. Mit dieser Glucose bringen sie ihre Vorgänge in Gang, damit Zellen aufgebaut werden können. Dazu brauchen sie außerdem Nährstoffe aus dem Boden, die sie durch die Wurzeln aufnehmen.

Lichtquantität und Lichtqualität

Lichtquantität

Die Lichtquantität, oder auch Lichtmenge, ist der direkt korrelierende Faktor wenn es um die Produktion der Biomasse geht. Das heißt – je mehr Licht, desto mehr Biomasse (bis zu einer gewissen Grenze). Da Photosynthese ein Quantenprozess ist, kann sie auf einer Photonenbasis quantifiziert werden. Im folgendem stellen wir drei Möglichkeiten vor, Lichtquantität zu messen und zu testen.

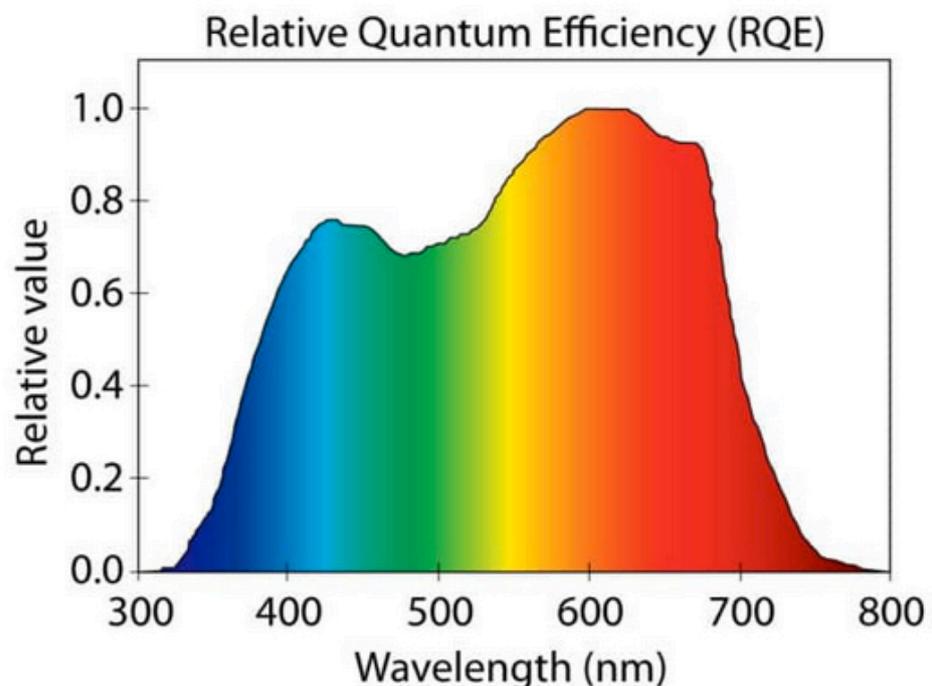
PPF (photosynthetischer Photonenfluss) – ist die Maßeinheit, die die Gesamtleistung in dem für das Pflanzenwachstum relevanten Spektrum zeigt. Hier werden Photonen gemessen, die von der Quelle emittiert (ausgestoßen) werden – die Angaben werden in $\mu\text{mol/s}$ gemacht. Es ist ein sehr wichtiger Faktor, weil er den möglichen Output einer Lichtquelle, bzw. Leuchte zeigt.

Durchschnittliche PPF (photosynthetische Photonenflussdichte) – Das „D“ steht für Dichte und gibt an, wieviel PPF auf einer Fläche von 1m^2 auftreten. Die Werte für PPF werden in $\mu\text{mol/s/m}^2$ angegeben. Studien von verschiedenen Pflanzenarten haben ergeben, dass $700\text{-}1000\mu\text{mol/s/m}^2$ für lichtintensive Pflanzen einen optimalen Durchschnittswert darstellen. Über $1000\mu\text{mol/s/m}^2$ sind ohne zusätzliche Hilfen wie CO_2 nicht anzustreben.

Direkte PPF Werte (PAR Meter) – Viele kennen PAR-Meter und die direkten PPF Werte die von diesen Geräten ausgegeben werden. Diese sind sehr nützlich um zu sehen wie sich das Licht verteilt und welcher Wert an einem bestimmten Punkt herrscht. Ein Wert sagt aber nichts darüber aus, wie die Lichtleistung über die gesamte Fläche ist. Daher nutzt man solche Geräte um an mehreren Punkten Daten zu erheben, um am Ende auf den durchschnittlichen PPF-Wert zu kommen.

Lichtqualität

Eine besser bekannte Form der Lichtqualität ist das Spektrum. Das Spektrum ist im Wesentlichen die Verteilung des Lichts über die unterschiedlichen Wellenlängen, welche von einer Quelle emittiert werden. Die unterschiedlichen Farben entstehen durch die unterschiedlichen Energielevel der Photonen. Je energiereicher ein Photon, desto bläulicher seine Farbe. Im Gegenzug, je geringer das Energielevel ist, desto rötlicher ist ein Photon. Wenn es um die Photosynthese geht, wird über die Farbe die potentielle Wirksamkeit des Lichtes in Bezug auf das Wachstum bestimmt. Dies wurde von Dr. McCree im Jahr 1972 gezeigt, als er 22 verschiedene Arten von Pflanzen durch ihre Kohlenstoff-Fixierung in Reaktion auf verschiedene Wellenlängen des Lichts untersucht und ermittelt hat. Das führte zu dem Ergebnis welches wir als die McCree Relative Quantum Efficiency Kurve oder RQE-Kurve kennen. Bis heute ist das die einzige wissenschaftlich anerkannte Studie über die Wirksamkeit der verschiedenen Wellenbereiche in Bezug auf das Wachstum bei Pflanzen.



Beispiele für Leuchten



Ein kleiner Exkurs zum Thema :

1. Licht und Pflanze

Pflanzen haben eine andere Sensibilität für Licht aus verschiedenen Wellenlängen als der Mensch.

Das sichtbare Licht trägt nur teilweise zum Pflanzenwachstum bei (Photosynthese), genauer gesagt, Licht mit einer Wellenlänge zwischen 400 und 700 nm. Dies wird als PAR-Bereich bezeichnet (PAR = Photosynthetic Active Radiation). Auch innerhalb des PAR-Bereichs reagieren die Pflanzen nicht auf alle Wellenlängen gleich. Dies wird unter anderem durch die spezifische Absorbierung über die diversen Pigmente im Blatt verursacht. Chlorophyll ist hier das Bekannteste. Infolge einer relativ starken Reflexion und Transmission wird grünes Licht vom Blatt am wenigsten effektiv absorbiert. Dies erklärt, warum das menschliche Auge Blätter als grün wahrnimmt.

Das Aktionsspektrum der Photosynthese basiert auf der Anzahl absorbierter Photonen (Lichtquanten) pro Wellenlänge. Dieses Aktionsspektrum wird auch als 'spektrale Quanteneffizienz' bezeichnet.

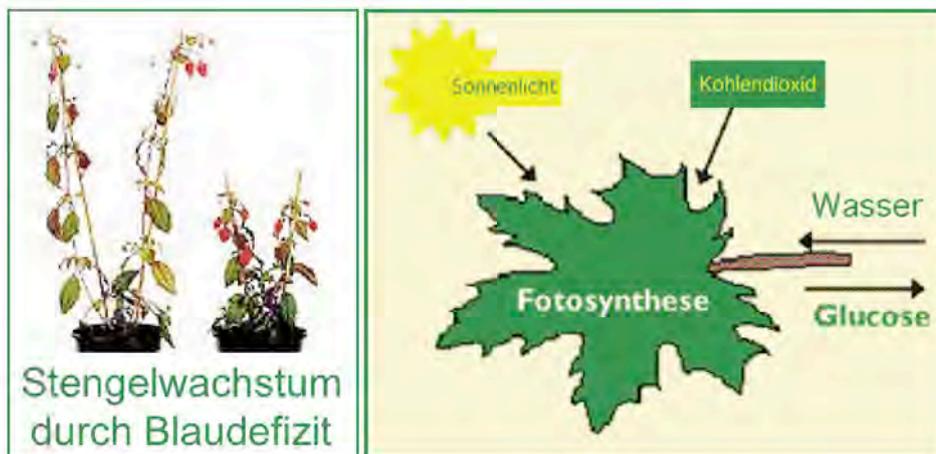
Eine Untersuchung (McCree 1972) zeigt, dass die durchschnittliche Abweichung pro Pflanzensorte in Bezug auf den Durchschnittswert nicht mehr als 5% beträgt. Zugleich erreicht die Quanteneffizienz im orangeroten Bereich den höchsten Wert. Folglich bringt orangerotes Licht den höchsten Wirkungsgrad für die Photosynthese.

Dies bedeutet jedoch nicht, dass Pflanzen ausschliesslich unter Licht von dieser Farbe gezüchtet werden können. Für eine gute Entwicklung ist es sehr wichtig, dass die Pflanzen mit einem ausgewogenen Spektrum versorgt werden.

Der Blauanteil ist für eine gute Pflanzenentwicklung sehr wichtig.

Ein Blaufizit verursacht übermässiges Stängelwachstum und manchmal werden die Blätter gelb. Auch das Verhältnis Rot/Tiefrot ist für die Pflanzenentwicklung von Bedeutung.

Ein niedriger Tiefrotanteil vermeidet ebenfalls übermässiges Stängelwachstum. Diese Sensibilität kann sich von Pflanzensorte zu Pflanzensorte unterscheiden.



2. Fotoperiodismus

Licht ist für Pflanzen eine Energiequelle für die Photosynthese aber auch eine Informationsquelle.

Viele Pflanzen entnehmen wichtige Information aus der Dauer von Licht- und Dunkelperioden.

Ihre Reaktion auf das Kürzer- und Längerwerden von Tagen ist ein sehr auffälliger Mechanismus, hervorgerufen durch äusserst sensible Pflanzenpigmente, die die Entwicklung der Pflanze bestimmen.

Von diesen ist Phytochrom das wichtigste Pigment. Phytochrom dient zur Erfassung der Licht- und Dunkelperioden. Es reagiert auf den roten und tiefroten Spektrumanteil und definiert so die natürliche Tageslänge.

Dies wird auch als 'Phytochrom-Uhr' bezeichnet.

Diese gesamte Reaktion auf die Tageslänge nennt man Fotoperiodismus.

Das künstliche Korrigieren der Tageslänge mit der Hilfe von Kunstlicht wird als fotoperiodische Beleuchtung bezeichnet.



Bereich LDP

Bereich KDP

Bereich LDP

3. Kunstlicht als Ersatz von Tageslicht.

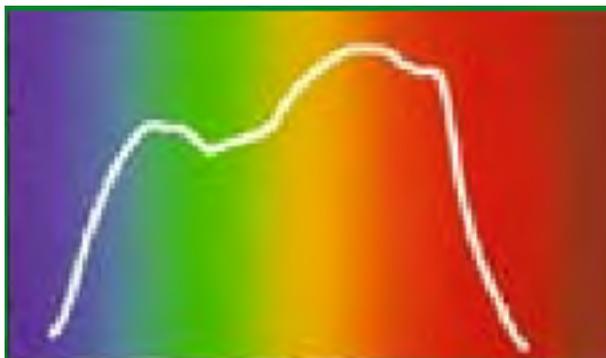
Orangerotes Licht hat den grössten Einfluss auf die Photosynthese. Für eine gute Entwicklung ist es sehr wichtig, dass die Pflanzen mit einem ausgewogenen Spektrum versorgt werden. Pflanzenentwicklung, Farbe der Blätter und Wachstumsrichtung hängen vom Spektrum ab.

Blaulich ist z.B. wichtig für eine gute Regelung der Spaltenöffnungen. Ein Defizit an Blau und ein relativ hoher Anteil an Tiefrot führen zu übermässigem Stängelwachstum und manchmal zu gelben Blättern. (s.0.) Diese Spektrumssensibilität kann sich von Pflanzensorte zu Pflanzensorte unterscheiden. Tageslicht hat einen Blauanteil (400 - 500 nm) von ca. 30%. Es ist jedoch nicht nötig, einen so hohen Blauanteil im Kunstlicht einzustellen. Für die meisten Pflanzen reicht nämlich ein Blauanteil von ca. 10% im gesamten PAR-Spektrum (400 - 700nm). Bei geringerer Lichtintensität muss der Blauanteil jedoch erhöht werden. Für eine Photosynthese mit optimalem Wirkungsgrad empfiehlt es sich, einen maximalen Anteil an orangerotem Licht bei einem Minimalanteil von blauem Licht zu erzeugen, um eine gute Pflanzenentwicklung zu garantieren. Der Vorteil von taglichtlosem Anbau ist, dass die Bedingungen in diesem Fall sehr genau kontrolliert werden können.

Die extrem hohen Kosten stellen dagegen einen Nachteil dar. Einige Pflanzen blühen nur, wenn die Tageslichtperiode unter einen bestimmten, kritischen Wert sinkt, andere dagegen, wenn die Tageslänge über einem Mindestwert liegt. Die erste Art wird Kurztagspflanzen (KDP) und die zweite Langtagspflanzen (LDP) genannt. Es sind verschiedene Kombinationen und Unterteilungen möglich, Kurztagspflanzen stammen ursprünglich aus den Tropen, wo die Tageslänge zwischen 12 und 14 Stunden variiert.

Für Innenraumbegrünungen sind Kurztagspflanzen besser geeignet, da sie bei entsprechender Beleuchtung am wenigstens auf jahreszeitliche Schwankungen reagieren. (Blattfall etc.)

Langtagspflanzen wiederum kommen in Gebieten nördlich und südlich der Tropen vor. In diesen Regionen beträgt die Tageslänge im Sommer mehr als 14 Stunden.



Aktionsspektrum

Quelle: Philips



Stadtsparkasse Ingolstadt

Bauherr: Stadtsparkasse Ingolstadt
Planung: Arch.Büro Schleburg

Konzept+Realisation der Beleuchtung:
wirklicht von peter euser /München

Konzept Pflanzenwand:
Ohnes und Schwahn /München

Realisation Pflanzenwand:
Häring Grünplan /Bad Birnbach

Beleuchtung Pflanzenwand
"Flammende Farne"



Der von Landschaftarchitekt und Gartenbauer geplante Mix aus subtropischen Farnen und Bubikopf, der erstmalig auf einer vertikalen Fläche kombiniert wurde, stellte hohe Anforderungen an die Versorgung mit Nährstoffen und Licht. Die Pflanzwände erstreckten sich über 3 Geschosse eines Atriums und sollten von weitem ein durchgehendes Thema ("flammende Farne") erkennen lassen.

Die Pflanzen sollten kontrolliert dem Deckenlicht entgegen wachsen, der zum "Ausgeilen" seiner Internodien neigende Bubikopf musste mit einem Tageslicht-nahen Lichtspektrum mit hohen Blauanteilen (6500K) und einer Leuchtdichte von 1000-2000 Lux am übermässigen Stielwachstum und Vergilben gehindert werden.

Die Grünwirkung des Arrangements sollte ebenfalls angefeuert werden, was wiederum nach zusätzlichen Lichtquellen mit hohem Rotanteil verlangte.

Zugleich wollte der Architekt aus konstruktiven Gründen eine Anordnung der Pflanzenleuchten sehr nah an der anzustrahlenden Fläche und natürlich grösstmögliche Integration in seine Architektur.

Wir realisierten dieses Projekt mit einer differenzierten Kombination aus 3 verschiedenen Metaldampflampen zwischen 2500 und 6500 Kelvin Farbtemperatur, mit denen pro Wand bis zu 11 identische Wallwasher bestückt wurden, die auf einem Deckenpaneel vormontiert waren.



Kontakt/Impressum

werklicht . peter euser

wörthstrasse 39

81667 münchen

fon 089/4802386 mobil 01795280611

Kontakt@werklicht.de

www.werklicht.de

Haftungsausschluss

1. Inhalt des Onlineangebotes

werklicht übernimmt keinerlei Gewähr für die Aktualität, Korrektheit, Vollständigkeit oder Qualität der bereitgestellten Informationen.

Haftungsansprüche gegen werklicht,

die sich auf Schäden materieller oder ideeller Art beziehen,

welche durch die Nutzung oder Nichtnutzung der dargebotenen Informationen

bzw. durch die Nutzung fehlerhafter und unvollständiger Informationen verursacht wurden,

sind grundsätzlich ausgeschlossen,

sofern seitens der werklicht kein nachweislich vorsätzliches oder grob fahrlässiges Verschulden vorliegt.

Alle Angebote sind freibleibend und unverbindlich.

werklicht behält es sich ausdrücklich vor,

Teile der Seiten oder das gesamte Angebot ohne gesonderte Ankündigung zu verändern,

zu ergänzen, zu löschen oder die Veröffentlichung zeitweise oder endgültig einzustellen.

2. Rechtswirksamkeit dieses Haftungsausschlusses

Dieser Haftungsausschluss ist als Teil des Internetangebotes zu betrachten,

von dem aus auf diese Seite verwiesen wurde.

Sofern Teile oder einzelne Formulierungen dieses Textes der geltenden Rechtslage nicht,

nicht mehr oder nicht vollständig entsprechen sollten,

bleiben die übrigen Teile des Dokumentes in ihrem Inhalt und ihrer Gültigkeit davon unberührt.

steuernummer: 144/226/20452

umsatz id:nr. DE 129704046