

2013

Profielwerkstuk LED



Oriana Ferrari, Eva Gelvort

Lyceum aan Zee

4-2-2013

Inhoud

Voorwoord	3
Onderzoeksopzet.....	4
Hoofdvraag	4
Deelvragen.....	4
Onderzoek	4
Hypothese.....	4
Wat is licht?	5
Wat is LED?	6
Wat is het verschil tussen LED en andere lichtbronnen?	9
De gloeilamp	9
Halogeenlamp.....	10
Spaarlamp.....	10
Lichtbron vergelijkingen	10
Stroomverbruik.....	11
Rendement.....	11
Kleur	12
Kosten.....	14
Hoe werkt fotosynthese bij planten?	15
Philips Lighting	18
Philips.....	18
Optica	19
Elektronica.....	20
Horticulture.....	21
Luxmeter.....	22
Onderzoek – Welk effect hebben verschillende lichtbronnen op planten?.....	23
Verwachtingen voor het onderzoek	23
Onderzoeksuitvoering.....	23
Overzicht van resultaten	24
Conclusie	25
Nawoord.....	26
Bronnen.....	27

Voorwoord

Dit profielwerkstuk is gemaakt door Oriana Ferrari (LVW5B) en Eva Gelvort (LVW6A) van het Lyceum aan Zee. De begeleider is mr. Berendsen.

In dit profielwerkstuk wordt onderzocht of LED-verlichting een toekomst heeft. Het onderzoek zal bestaan uit een literatuurstudie, een eigen onderzoek en een bezoek aan Philips Lighting in Eindhoven.

De samenwerking is goed verlopen. Het werk is van het begin af aan goed verdeeld. De eerste twee deelvragen zijn beantwoord door Oriana en de andere twee door Eva. Het onderzoek is door Oriana bij haar thuis uitgevoerd. Het verslag van het bezoek aan Philips is door Eva gemaakt. Er zijn geen problemen geweest en we zijn erg tevreden over hoe het gehele proces verlopen is.

Oriëntatie

Er was al snel besloten dat het een profielwerkstuk voor het vak natuurkunde zou worden. Toch was het erg moeilijk om tot een onderwerp te komen. Na veel op internet gezocht te hebben en ideeën gehoord te hebben, kwamen we bij LED licht. We hebben gekeken wat er mee kon en kwamen bij de toekomst van LED licht. In het proces kwamen we op veel ideeën, waarvan er een aantal niet uitgevoerd konden worden. Door deze te schrappen en nieuwe ideeën te verzinnen, zijn we uiteindelijk op dit onderwerp gekomen.

We vragen ons af of LED-verlichting een toekomst heeft, omdat er veel verschillende lichtbronnen zijn. LED is nog niet erg populair, maar komt steeds vaker in het nieuws. We vragen ons af welke lichtbron in de toekomst het voordeligst is en het meest gebruikt zal worden.

Onderzoeksofzet

Hoofdvraag

Heeft LED-verlichting een toekomst?

Deelvragen

Wat is licht?

Wat is LED?

Wat is het verschil tussen LED en andere lichtbronnen?

Hoe werkt fotosynthese bij planten?

Onderzoek

Welk effect hebben verschillende lichtbronnen op planten?

Hypothese

We verwachten dat LED-verlichting in de toekomst de meest gebruikte lichtbron zal worden. Het is nu nog een vrij nieuwe lichtbron, dus kan de LED nog op een aantal punten verbeterd worden.



Wat is licht?

Bij licht hebben we te maken met golven. Bij een elektromagnetische golf is er sprake van trillingen die zich uitbreiden in een ruimte. Een trilling is een met een bepaalde frequentie toenemen van een minimale tot maximale waarde en terug. Een elektromagnetische trilling breidt zich in de ruimte uit, dit noemen we een golf. Dit kan je zien als de golven die ontstaan als je je vinger op het wateroppervlak beweegt. De golf hangt af van de frequentie van de trilling. Licht is was wij waarnemen als er elektromagnetische golven met een middelmatige frequentie op ons oog vallen. De drie variabelen die licht beschrijven zijn dus: de amplitude (lichtsterkte), de kleur (frequentie of golflengte) en de trilling richting (polarisatie), die altijd loodrecht op de voortplantingsrichting staat.



Als atomen in een aangeslagen toestand terechtkomen(bijvoorbeeld door verhitting), komen de buitenste elektronen op een hoger energieniveau. Wanneer de elektronen terugkeren naar een lager energieniveau, komt er energie vrij in de vorm van fotonen. De energie van een foton bepaalt de frequentie en dus de golflengte van het licht. Zo ontstaat licht.

Licht plant zich voort met een snelheid van 299792458 m/s. Door een medium zoals water, lucht of glas zal deze snelheid lager zijn. Dit wordt veroorzaakt door de interactie van de elektrische vector van de lichtgolven en de elektronenwolken om de atomen waaruit het medium is opgebouwd. De brekingsindex is de verhouding tussen de lichtsnelheid in vacuüm en de lichtsnelheid in een medium.

Dit is de formule van de brekingsindex, met n de brekingsindex, c de lichtsnelheid in vacuüm en v_f de fasesnelheid in het medium.

Bij verandering van medium, bijvoorbeeld van water naar lucht, veranderen (bij schuine lichtinval) de voortplantingssnelheid en de voortplantingsrichting van de golven. Dit noemen we lichtbreking en is te berekenen met de Wet van Snellius.

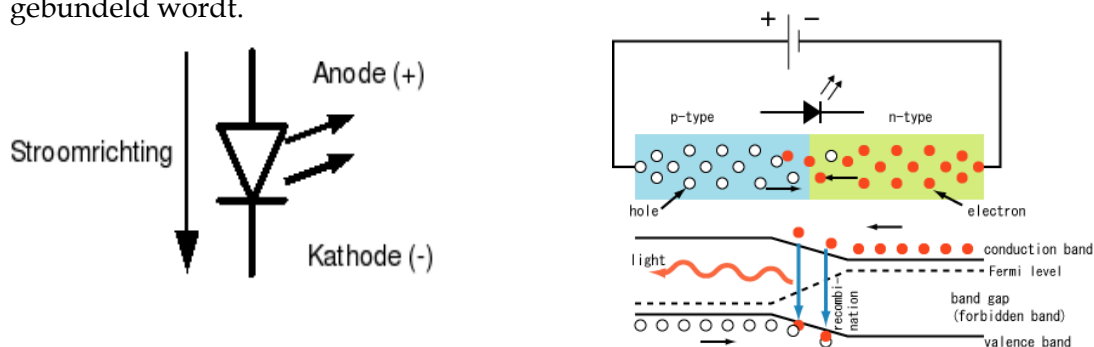
Als licht onder een bepaalde invalshoek met de normaal op een oppervlak tussen twee media stuit (bijvoorbeeld water en lucht), kan dat geheel of gedeeltelijk gereflecteerd worden, onder dezelfde hoek als de normaal. Het deel dat niet reflecteert, vervolgt zijn weg door het tweede medium volgens de brekingswet.

Wat is LED?

De naam

De afkorting LED staat voor light-emitting diode, wat in het Nederlands licht uitstralende diode betekent. Een diode is een elektronisch onderdeel dat er voor zorgt dat de elektrische stroom in één richting (doorlaatrichting) geleid wordt, maar niet in de andere richting (sperrichting). Het werkt als het ware als een elektronisch ventiel.

Een LED bestaat uit een anode, kathode en een LED-chip. De stroom vloeit van de anode (positieve pool) naar de kathode (negatieve pool). De LED-chip bevindt zich in een reflector. Deze onderdelen worden omhuld door kunststof, die een soort lensje vormt zodat het licht gebundeld wordt.



Gangbare bedrijfsstromen van de LED liggen tussen de 3 mA en de 30 mA. Wanneer een LED begint te branden hangt de spanning(doorlaatspanning) af van de kleur van de LED. Een groene LED heeft bijvoorbeeld een doorlaatspanning van 2,4 V en een rode 1,6 V. Alle andere kleuren zitten tussen de 1,6 V en 2,4 V.

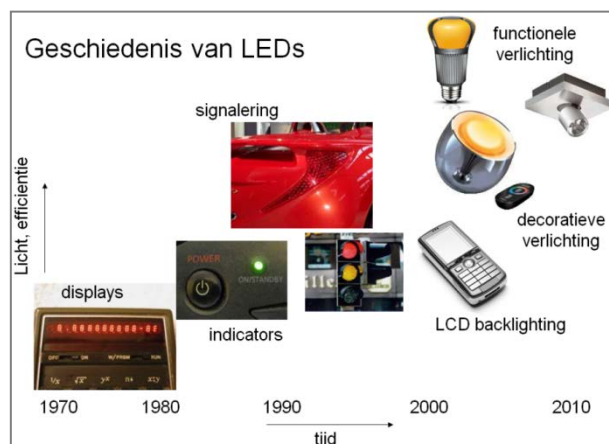
Geschiedenis

Henry Joseph Round, een Engelse radio deskundige, maakte in 1906 voor het eerst een melding over 'elektroluminescentie' (Dit is een vorm van luminescentie waarbij een bepaald materiaal licht uitzendt ten gevolge van een elektrische stroom er doorheen gaat). Zo was de eerste LED geboren.

De decennia daarna was er weinig vooruitgang. In 1927 werd door de Russische wetenschapper Oleg Losey een artikel in een tijdschrift gepubliceerd over wat men zou kunnen beschouwen als de eerste LED.

Losey had ontdekte in het jaar 1920 dat als je stroom door kristaldetectors liet gaan, dat er dan licht uitstraalde. Deze uitvinding van Losey bleef echter onopgemerkt.

Pas in 1962 brak de uitvinding van Led echt door, dat kwam doordat Nick Holonyak in dat jaar een werkende LED ontwikkelde.

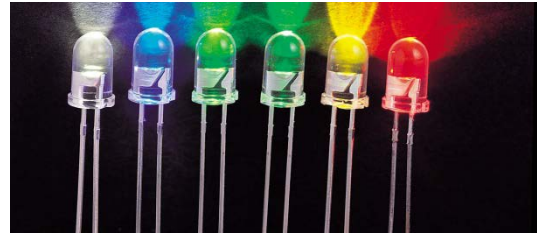


In 1970 werd door George Craford, student van Holonyak, de eerste gele LED ontwikkeld. In 1972 verbeterde Craford deze LED met een factor 10 meer lichtopbrengst.

Pas in de jaren negentig werden de LEDs echt commercieel. Door nieuwe technieken konden er verschillende kleuren LEDs op een goedkopere en zuinigere manier gefabriceerd worden. Tegen het eind van de jaren negentig draaide in de Verenigde Staten ruim 30% van de verkeerslichten op LEDs. In dezelfde jaren werden ook de eerste LED billboards voor reclame gebruikt.

Kleuren

De kleur van het licht is afhankelijk van de aard van de materialen waaruit de LED is opgebouwd, anders gezegd de breedte tussen de valentieband en de geleidingsband. Dit verklaart waardoor een LED met korte golflengte een hogere doorlaatspanning heeft dan een langere golflengte.



Blauwe LED

Het duurde lang voordat de blauwe LED ontwikkeld was. Shuji Nakamura had de blauwe en witte LEDs gebaseerd op halgeleidende galliumnitride uitgevonden, deze waren echter nog onbetaalbaar. In de jaren 90 kwamen er betaalbare varianten met een redelijke helderheid op de markt. Sinds 2006 zijn de blauwe LEDs populairder geworden, dat komt ook doordat je met blauwe LEDs de volledige RGB-kleurmenging mogelijk is geworden.

Witte LED

Een witte LED is een blauwe LED met een fluorescerende laag. Deze fluorescerende laag zorgt ervoor dat een gedeelte van het blauwe licht wordt omgezet in geel licht. Dit mengsel wordt ervaren als wit licht. Ook RGB-LEDs (rood, groen en blauw) kunnen wit licht uitzenden.

Infrarood LED

IR-LEDs worden voor veel verschillende dingen gebruikt. Vrijwel alle afstandsbedieningen zenden bijvoorbeeld commando's over met behulp van IR-LEDs. Dit komt doordat deze een relatief hoog vermogen kunnen verwerken. Ook kunnen ze worden toegepast als hulpverlichting bij videocamera's met nachtopname. Ze worden hierbij gebruikt, omdat de CCD-sensor ook gevoelig is voor de golflengte van een IR-LED.

Meer kleuren

Tweekleuren-LEDs, zijn LED-behuizingen waarin twee LEDs zitten met verschillende kleuren (rood, groen of blauw). Door de kleuren samen te voegen, ontstaat er een andere kleur (bijvoorbeeld geel).

Tweekleuren-LEDs kunnen twee of drie pootjes hebben. Bij een LED met twee pootjes verandert de kleur door de polariteit van de stroom om te keren.



Er ontstaat een mengkleur als je de LED op een wisselstroom aansluit. De LED met drie pootjes kan elke mengkleur gemaakt worden, door de stroom door de twee LEDs apart te regelen. Ook bestaan er LEDs met meer dan twee kleuren, bijvoorbeeld de RGB-LED.

Levensduur

LEDs hebben meestal een vrij lange levensduur, dit komt door een aanzienlijk energie-efficiëntie en ze slijten niet door gebruik. Een LED kan veel langer licht geven dan een spaarlamp, voordat hij kapot gaat. Een LED kan dus heel lang meegaan, maar dan moet je echter wel zorgen dat de warmte goed afgevoerd kan worden, anders verminderd de levensduur. Meestal staat op de verpakking van LED dat ze 30000 tot 50000 uur zouden moeten meegaan.

De halfwaardetijd is het aantal uur dat een LED kan branden, voordat hij nog maar de helft van het licht uitstraalt. Deze tijd wordt onder andere bepaald door de gekozen materialen en de constructie van de LED. Ook de temperatuur kan een rol spelen bij het bepalen van de halfwaardetijd.

Formaten

Er zijn verschillende formaten LEDs. Ze variëren van 1,8 millimeter tot 20 millimeter, waarvan 3 millimeter en 5 millimeter het meeste voorkomen.

Wat is het verschil tussen LED en andere lichtbronnen?

In dit hoofdstuk zullen we verschillende lichtbronnen vergelijken met de LED-lamp. Voordat de vergelijking gemaakt kan worden, moet er eerst wat meer over de andere lichtbronnen uitgelegd worden. De andere lichtbronnen die we gaan onderzoeken zijn de spaarlamp, de gloeilamp en de halogeenlamp.

De gloeilamp

De uitvinder van de gloeilamp is Thomas Edison. Hij heeft deze lichtbron uitgevonden op 22 oktober 1879. Edison was echter niet de enige die bijgedragen heeft aan de ontwikkeling van een middel om met elektriciteit licht te maken. In 1854 slaagde Heinrich Göbel erin de eerste echte gloeilamp te maken met een verkoelde bamboevezel en een met d.m.v. kwik vacuüm gezogen eau-de-colognefles. Edison vroeg 25 jaar later octrooi aan op een zelfde soort lamp. Göbels heeft een rechtszaak aangespannen voor het patent van de lamp, maar heeft het nooit verkregen.

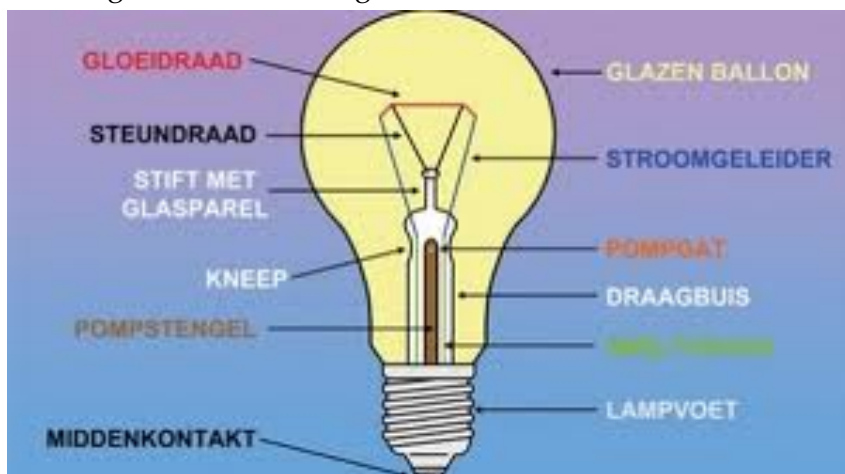
De gloeilamp bestaat uit een gloeidraad van het overgangsmetaal wolframaam. Dit metaal kent een zeer hoge smeltemperatuur. Zodra deze lamp op een geschikte spanningsbron wordt aangesloten, zal er door de gloeidraad een stroom gaan lopen. Deze draad wordt hierdoor zo sterk verhit, dat deze licht uit gaat zenden.

In de begintijd werden metalen als koolstof, platina of osmium gebruikt. Deze metalen waren makkelijker te verkrijgen.

Om de gloeidraad tegen verbranden te beschermen zit er een glazen ballon omheen, waar weinig of geen zuurstof aanwezig hoort te zijn. Door zuurstof zal de gloeidraad verbranden. De glazen ballonnen worden daarom gevuld met een edelgas, waardoor de gloeidraad niet zal reageren met de stof.

De elektrische weerstand van de gloeidraad is afhankelijk van de dikte en de lengte. De weerstand wordt zo gekozen dat bij de aanbevolen brandspanning de beste verhouding wordt bereikt tussen de lichtopbrengst en de levensduur. De elektrische weerstand verhoogt bij de verhitting van de gloeidraad.

Om de gloeidraad te laten branden is er een korte stroompiek nodig, waardoor de gloeidraad in trilling komt door de magnetische inductie.



Halogeenlamp

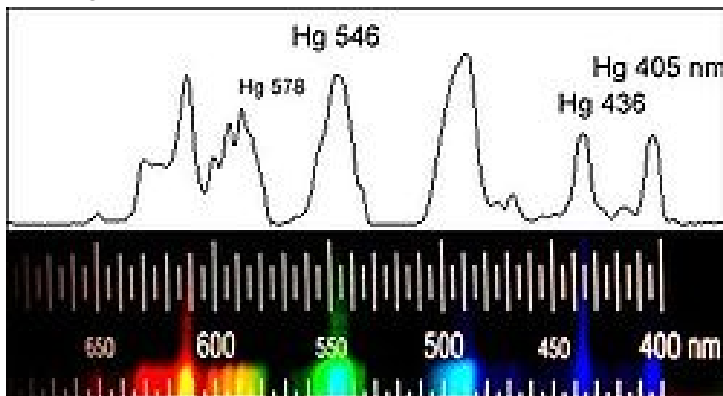
De halogeenlamp lijkt veel op de gloeilamp, maar verschilt toch op een aantal vlakken. De glazen ballon van de halogeenlamp is in plaats van met edelgas gevuld met een inert gas wat onder hoge druk staat. Aan dit gas wordt een kleine hoeveelheid van een halogeen (broom of jodium) toegevoegd. Vandaar de naam halogeenlamp. Een halogeenlamp heeft een hoger rendement en een langere levensduur dan een gewone gloeilamp. Door dit hogere rendement straalt de halogeenlamp ook een feller licht uit. Voor de rest werkt de halogeenlamp bijna hetzelfde als de normale gloeilamp.

Spaarlamp

De spaarlamp bestaat als het ware uit een opgevouwen tl-buis die in een normale fitting past. Een tl-buis werkt via gasontlading. Om de gasontlading voort te brengen zijn er elektronen en een kwikdamp nodig.

De elektronen ontsnappen uit de elektroden in de gloeidraad. Wanneer de ontsnapte elektronen, die versneld naar de andere kant van de buis worden gebracht, tegen de losse kwikatomen in de kwikdamp botsen, komt dit kwikatoom in aangeslagen toestand. Als dit aangeslagen atoom terugvalt naar de grondtoestand, wordt daarbij een foton uitgezonden. Deze fotonen bevatten energie. Bij het terugvallen van deze aangeslagen toestand naar de grondtoestand komt energie vrij in de vorm van ultraviolette straling. Deze ultraviolette straling is onzichtbaar.

Aan de binnenkant van de glaswand van een spaarlamp zit daarom een laagje fosfor poeder dat verschillende fluorescenties vertoont. Hiermee ontstaat er een lijnenspectrum wat voor het oog eruit ziet als wit licht.



Het lijnenspectrum van de tl-buis van de spaarlamp.

Lichtbron vergelijkingen

Nu we van alle lichtbronnen iets meer afweten kunnen we beginnen met de vergelijking. We gaan kijken naar het verschil tussen stroomverbruik, rendement, kleuren, invloed op het milieu, halfwaardetijd en de prijs. In sommige vergelijkingen worden de gloeilamp en de halogeenlamp samengenomen. Deze lijken namelijk veel op elkaar in een aantal eigenschappen.

Stroomverbruik

In de eerste bijlage is een tabel te vinden, waarin het stroomverbruik van de verschillende lichtbronnen is weergegeven. De lichtstroom is aangegeven met aantal lumen.

In de tabel is te zien dat de gloeilamp de grootste stroomverbruiker is. Waar de LED-lamp vaak onder de 10 Watt blijft, stijgen de gloeilamp en de halogeenlamp al snel naar de 100 Watt. De spaarlamp gaat naar de 30 Watt

Rendement

Rendement is de verhouding tussen de uitgaande nuttige energie en de energie die nodig is bij een energieomzetting. De meeste soorten hiervan verliezen veel energie. Alleen bij omzettingen naar warmte wordt een rendement van 100% op. Bij andere omzettingen treden er verliezen op. Dit verlies komt vrij in warmte.

Voor het licht betekent het de hoeveelheid zichtbaar licht dat wordt uitgezonden.

Hieronder is de formule om het rendement te berekenen weergegeven:

Het rendement η is de verhouding van de nuttige hoeveelheid t.o.v. de hoeveelheid die onder ideale omstandigheden verkregen zou worden.

$$\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{toegevoegd}}}$$

Gloeilamp en halogeenlamp

De gloeilamp staat bekend om zijn lage rendement. Het rendement van een gewone gloeilamp ligt tussen de 5 en 10%, dit wil zeggen dat bij een lamp van 100W er slechts 5 tot maximaal 10 watt omgezet zal worden in zichtbaar licht. De rest wordt omgezet in warmte, vooral stralingswarmte (UV). Bij een gloeilamp hangt het rendement samen met de temperatuur van de gloeidraad. Als de temperatuur stijgt verschuift het spectrum. Hierdoor wordt het licht witter en wordt er minder infrarood licht uitgestraald.

Bij de halogeenlamp wordt de temperatuur vaak hoger, dit zorgt voor een iets hoger rendement rond de 15%. De levensduur van de halogeenlamp wordt door de hogere temperatuur wel korter.

Spaarlamp

De spaarlamp is een stuk zuiniger dan de gloeilamp. De spaarlamp is ongeveer 5 keer zuiniger. Het rendement van een spaarlamp is ongeveer 40%.

LED

Ook dit is uitgebreid terug te vinden in hoofdstuk 1. Dit is ongeveer 50%.

Hieronder staat het aantal lumen per watt weergegeven. De lichtintensiteit in lumen kan berekend worden met de volgende formule:

$$E = I/d^2$$

I = de lichtintensiteit in lumen

d = de afstand van de lamp tot de lichtsensor

De ouderwetse gloeilamp: 12-15 lumen per watt

De halogeenspot: ca. 20 lumen per watt

De modernste superfelle witte leds (type superflux): 60-100 lumen per watt

Een moderne spaarlamp (15 W): 55-60 lumen per watt

TL-buizen: ca. 70 lumen per watt

We zien hier dat de LED-lamp hier het voordeligst uitkomt. Deze heeft dus ook het laagste stroomverbruik van de lichtbronnen en dus ook het hoogste rendement.

Kleur

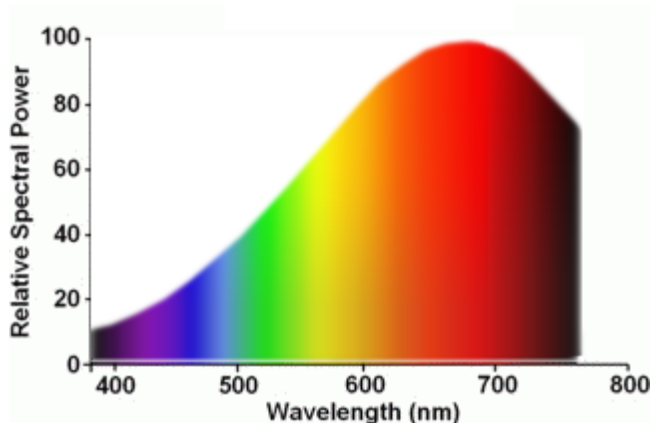
Gloeilamp

Doordat een gloeilamp licht produceert door verhitting, zal een gloeilamp over het algemeen een lightspectrum hebben dat ligt in het rode gebied van het spectrum. Hierdoor oogt het licht van een gloeilamp geelachtig. De meeste energie wordt in het infrarode gebied uitgestraald, wat er voor zorgt dat het rendement erg laag is.

Doordat er licht in het hele spectrum wordt uitgezonden is de kleurweergave van een gloeilamp uniek hoog en is deze lamp zeer geschikt voor werkzaamheden waar een extreem hoge kleurweergave van belang is.

Omdat een geelachtige kleur niet altijd gewenst is, plaatst men wel kleurenfilters voor de lamp. Dit gebeurt veelvuldig in het theater, waar de technici bijvoorbeeld correctiefilters gebruiken om daglicht na te bootsen. Deze filters houden dan het gele licht tegen en laten veel blauw door.

Het kleurenspectrum van de gloeilamp ziet er zo uit:



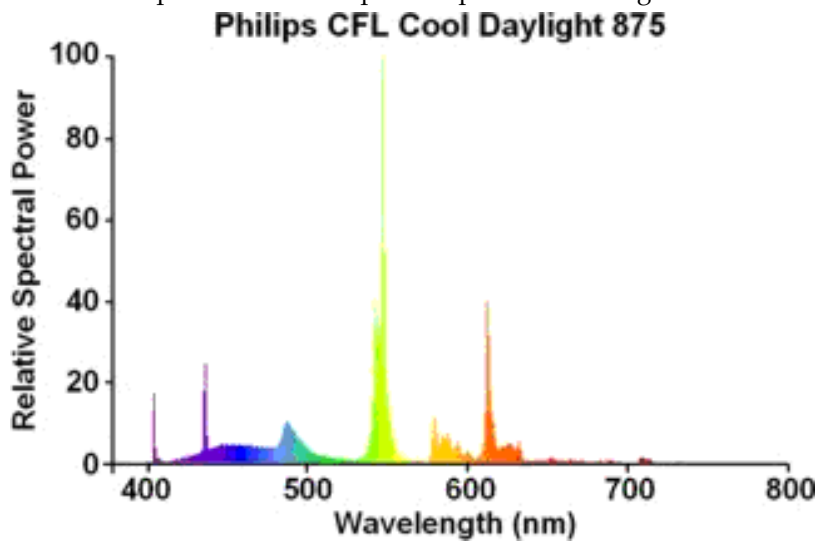
Spaarlamp

Er zijn vele kleurvarianties mogelijk met deze lamp. Dit komt doordat de samenstelling van het fluorescentiepoeder (uitgelegd bij de spaarlamp) te veranderen. Hierdoor kunnen verschillende soorten wit licht verkregen worden, van rood (warm licht) tot blauwachtig (koud licht). Er worden ook spaarlampen gemaakt zonder dit poeder, deze stralen dus uv-licht uit. Deze lampen worden vooral gebruikt bij desinfectie.

De spaarlamp heeft verschillende kleurcodes:

- 29(-530) – warm wit
- 33(-640) – koel wit
- 25(-740) – neutraal wit
- 54(-765) – koel daglicht
- 827 – extra warm wit (huiskamer warmtint)
- 830 – warm wit (winkel warmtint, kantoor)
- 840 – koel wit (winkel wit, kantoor)
- 865 – koel daglicht (daglicht wit)
- 930 – warm wit – breed spectrum (winkel warmtint, kantoor)
- 940 – koel wit – breed spectrum (winkel wit, kantoor)
- 950 – daglicht – breed spectrum
- 965 – koel daglicht – breed spectrum (daglicht wit)

Het kleurspectrum van de spaarlamp ziet er als volgt uit:



Halogeenlamp

De kleur van de halogeenlamp lijkt erg op die van de gloeilamp. Alleen wordt het licht witter. Dit komt doordat de halogeenlamp een hoger rendement heeft. Door het rendement stijgt de temperatuur, waardoor de verhouding van het zichtbare en onzichtbare licht beter wordt en er dus meer zichtbaar licht vrijkomt.

LED

De LED lamp is verkrijgbaar in vele kleuren. In hoofdstuk 1 is dit terug te vinden.

Kosten

Totale kosten, gebaseerd op 25.000 branduren (ca. 7 jaar lang, 10 uur per dag) ^[5]			
soort lamp	aanschafkosten	+ (stroomverbruik × stroomprijs)	= totale kosten
gloeilamp	25 × € 0,45	+ 25 W × 25.000 h × € 0,21 / kWh	= € 142,50
tl-buis	4 × € 3,00	+ 4 W × 25.000 h × € 0,21 / kWh	= € 33,00
spaarlamp	3 × € 6,00	+ 5 W × 25.000 h × € 0,21 / kWh	= € 44,25
ledlamp	1 × € 10,00	+ 2 W × 25.000 h × € 0,21 / kWh	= € 20,50

Kostenvergelijking				
	gloeilamp	tl-buis	spaarlamp	ledlamp
gloeilamp	100%	23%	31%	14%
tl-buis	431%	100%	134%	62%
spaarlamp	322%	75%	100%	46%
ledlamp	695%	160%	215%	100%

Uitleg bij de tabel:

Bij een gloeilamp van 100%, zullen de kosten van de tl-buis hier 23 % van zijn. Bij een tl-buis van 100% zal een gloeilamp 431% van de prijs van de tl-buis kosten.

De ledlamp is dus het voordeligst in kostprijs. Dit komt voornamelijk omdat deze lamp erg lang meegaat in gebruik.

$$\begin{array}{l}
 \text{Aanschafkosten} + (\text{Stroomverbruik} \times \text{Stroomprijs}) = \text{Totaalkosten} \\
 \begin{array}{l}
 \text{gloeilamp} \\
 \text{tl-buis}
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 (8 \times 0,59 \text{ EUR}) + \left(\frac{60 \text{ W}}{1000} \text{ kW} \times 8000 \text{ h} \times 0,23 \frac{\text{EUR}}{\text{kWh}} \right) = 115,12 \text{ EUR} \\
 (1 \times 4,95 \text{ EUR}) + \left(\frac{13 \text{ W}}{1000} \text{ kW} \times 8000 \text{ h} \times 0,23 \frac{\text{EUR}}{\text{kWh}} \right) = 28,87 \text{ EUR}
 \end{array} \\
 \text{Besparingspotentieel} \qquad \qquad \qquad = 86,25 \text{ EUR}
 \end{array}$$

Hoe werkt fotosynthese bij planten?

In ons profielwerkstuk doen we een proef om te ontdekken hoe planten reageren op verschillende lichtbronnen. Ieder organisme heeft energie nodig om te groeien, te ontwikkelen en te overleven. Mensen en dieren nemen energie tot zich door te eten en de voedingsmiddelen te verteren tot voedingsstoffen. Planten kunnen niet eten, dus moeten zij op een andere manier aan energie komen. Dit doen ze door middel van fotosynthese.

Hoe werk fotosynthese?

Fotosynthese is een proces waarin lichtenergie nodig is om koolstofdioxide (CO₂) om te zetten in koolhydraten (glucose). Dit proces wordt uitgevoerd door planten. Voor deze reactie is ook water nodig.

De fotosynthese kan verdeeld worden in twee hoofdreacties, de fotolyse en de calvincyclus. De fotolyse kan alleen plaatsvinden in het licht, deze wordt dan ook wel de lichtreactie genoemd. Voor de calvincyclus is er geen licht nodig, de donkerreactie.

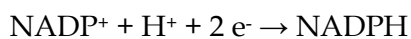
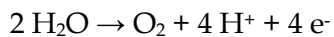
De lichtreactie

Bij de lichtreactie wordt de lichtenergie omgezet in chemische energie. Het water dat nodig is voor de fotosynthese wordt hier omgezet in H⁺-ionen, elektronen en zuurstof.

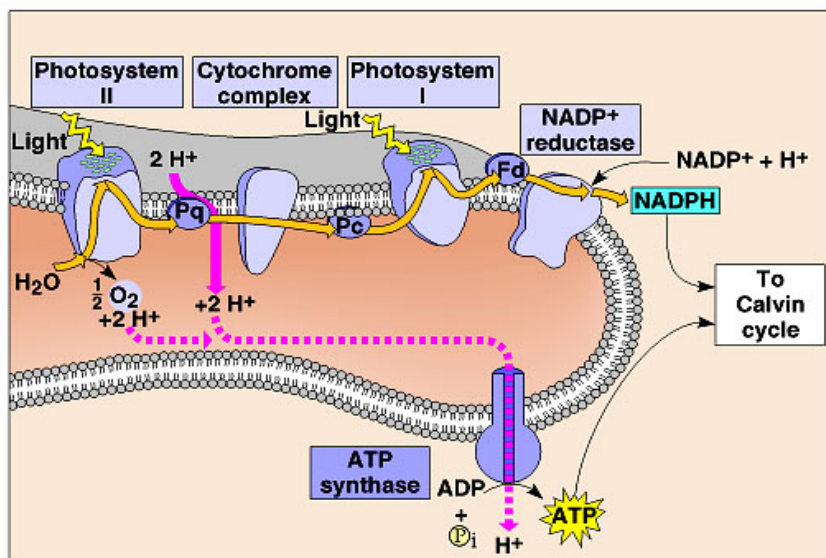
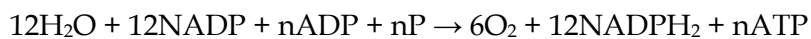
De H⁺-ionen en de elektronen worden gebruikt om de stoffen ATP en NADPH te maken. Dit zijn energierijke stoffen. Deze stoffen komen later terug in de calvincyclus.

De zuurstof die hier vrijkomt wordt verder niet meer gebruikt bij de fotosynthese en wordt dus een eindproduct. Het is opvallend dat de zuurstof dus ontstaat uit water en niet uit de koolstofdioxide.

De reacties die plaatsvinden:



De netto reactie van de lichtreactie wordt dan:



De donkerreactie

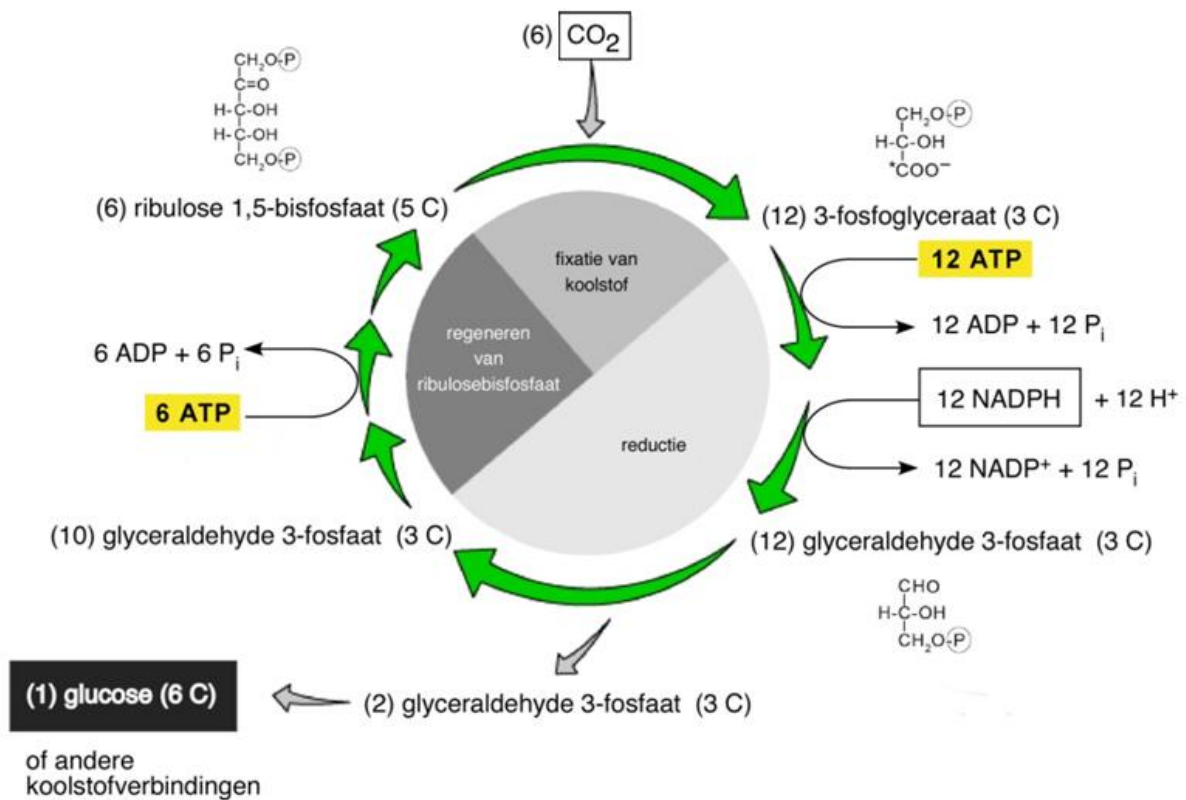
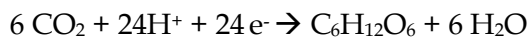
Tijdens de lichtreactie is de energie van het licht omgezet in ATP en NADPH. De donkerreactie gebruikt deze moleculen om koolstofdioxide om te zetten in glucose.

Deze omzetting van CO₂ gebeurt in een aantal stappen.



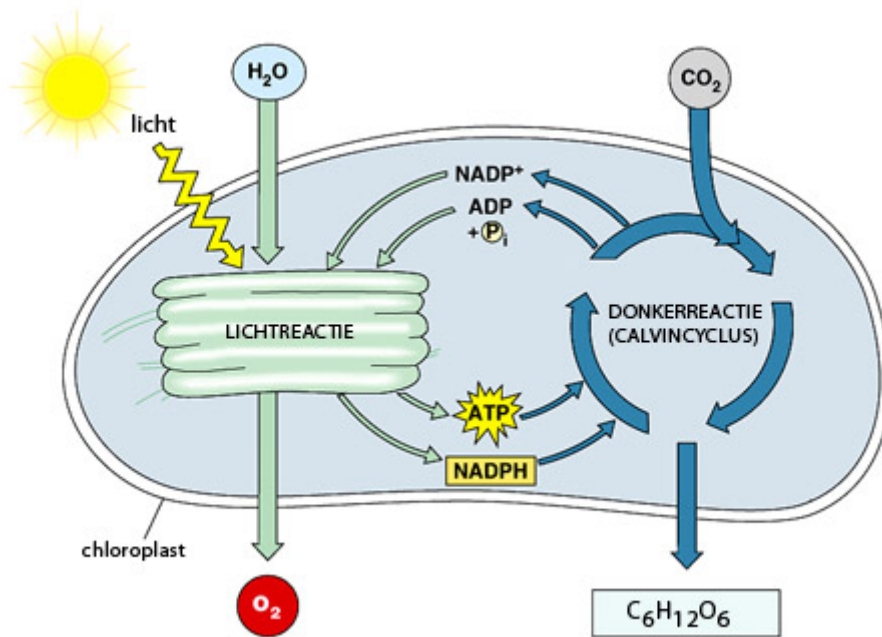
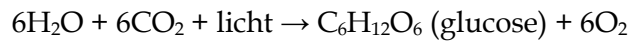
In deze reacties staat dat de ATP omgezet wordt in energie. Deze energie heeft de plant nodig om verder te gaan met de donkerreactie. De NADPH wordt omgezet in H⁺ en 2 elektronen. De H⁺ is nodig voor de vorming van glucose (C₆H₁₂O₆). De elektronen zijn nodig voor de synthese van ATP.

Voor de vorming van één glucosemolecuul moet de donkerreactie zesmaal doorlopen worden. De reactie die plaatsvindt ziet er als volgt uit:



Fotosynthese reactie

De bruto reactie die plaats vindt als je de licht- en de donkerreactie bij elkaar optelt:



Philips Lighting

Voor onderzoek is er een bezoek gebracht aan Philips Lighting in Eindhoven. Eerst zal worden uitgelegd wat Philips Lighting is en waarop ze gericht zijn. Bij Philips is er een bezoek gebracht bij optica, elektronica en horticulture. Van al deze bezoeken is een verslag gemaakt.

Philips

Philips is een onderneming met een veelzijdig aanbod op het gebied van gezondheidszorg en welzijn, dat door middel van tijdige innovaties de kwaliteit van het leven van mensen probeert te verbeteren. Als toonaangevende onderneming op het gebied van lifestyle, lighting en gezondheidszorg, zoekt Philips via technologieën en design naar oplossingen voor de mens.

Via drie verschillende onderdelen in het bedrijf (Healthcare, Lighting en Consumer Lifestyle), voorziet Philips de markt van producten met het doel om de gezondheid en het welzijn te verbeteren. Alle producten laten zien hoe ze de inzichten in de klant weten te vertalen in zinvolle technologieën en toepassingen die de levenskwaliteit verbeteren.

Philips Lighting probeert steeds nieuwe energiezuinige lichtoplossingen en -toepassingen voor thuis en openbare gelegenheden te ontwikkelen.

Philips Lighting is een vooraanstaand leverancier van verlichting voor zowel consumenten- als de professionele markt.

Er is een breed aantal omgevingen waar Philips voor lichtoplossingen zorgt, zowel binnen als buiten. Ook wordt er gezorgd voor de veiligheid van de mensen op de weg, door middel van veilige oplossingen voor onderweg.

Ook wordt er nieuwe intense ervaringen met licht gecreëerd, door middel van stadsverfraaiing en architecturale projecten. Verlichting wordt ook voor andere specifieke toepassingen gebruikt, zoals in de tuinbouw, in reclameverlichting en in de gezondheidszorg.

Philips wil de toekomst bepalen met baanbrekende nieuwe verlichtingstoepassingen, door gebruik te maken van de nieuwste verlichtingstechnologieën, zoals LED, en het gevolg van de stijgende vraag naar energiebesparende oplossingen.



Optica

Optica is een natuurkundig deelgebied dat zich bezighoudt met de vraag hoe licht zich gedraagt. Anders gezegd hoe licht zich door een systeem heen beweegt. Dit gebeurt door middel van het manipuleren van licht.

Voor de informatie over optica hebben is gepraat met Dirk van Kaathoven. Zijn functie binnen Philips Lighting is optisch ontwikkelaar.

Het licht dat gebruikt wordt binnen Philips is de elektromagnetische straling in het deel van het elektromagnetisch spectrum dat zichtbaar is voor het menselijk oog. Dit gebied ligt tussen de 400 nm en de 800 nm.

Bij optica kijken ze ernaar hoe ze het licht het best kunnen manipuleren, zodat het voor de mens het meest gunstig is. Ons oog is namelijk gevoeliger voor bepaalde kleuren. Wij ervaren groen licht bijvoorbeeld veel feller dan blauw of rood licht. Bij optica proberen ze hier het beste uit te halen.

Voor ieder onderdeel van de lamp is er binnen Philips een specialist. Het begint allemaal bij de voorontwikkeling. Hierbij is onder andere een opticus betrokken. Er ontstaat hier een idee en dit wordt uitgewerkt tot een prototype. Als dit gedaan is gaat het prototype naar een fabriek en kijken ze wat er mee gedaan kan worden. Als de fabriek akkoord gaat met het idee wordt er over gegaan naar productie.

Voor de LED lamp was de gloeilamp erg populair. Veel mensen denken bij een LED lamp aan vel wit licht. Dit is natuurlijk niet aantrekkelijk. Daarom is men gaan kijken naar de kleurentemperatuur. Dit is de temperatuur die hoort bij een bepaalde kleur wit licht. Een gloeilamp moest namelijk 'opgestookt' worden en gaf dan licht. Bij een gloeilamp is dit een temperatuur van 2700 K tot 4000 K, daarna zal de gloeidraad kapot gaan.

Een LED lamp geeft als deze aan staat vrijwel geen hitte af. Toch wordt er wel nog over kleurentemperatuur gesproken omdat dit de manier is om verschillende lichttinten te beschrijven. Licht met een lage kleurtemperatuur wordt als "warmer" ervaren dan licht met een hoge kleurtemperatuur.



LED verlichting heeft zeker een toekomst. De LED lamp wordt op zichzelf steeds beter. Er wordt gekeken naar het aantal lumen per watt, anders gezegd de hoeveelheid licht per watt. Als je kijkt naar de kosten wordt dit berekend in kWh. Bij een LED lamp is dit veel voordeliger dan bij bijvoorbeeld een gloeilamp. Je hebt dus een grotere lichtopbrengst per uur en dit verlaagt de kosten. De LED verlichting is nu nog redelijk duur ten opzichte van andere lichtbronnen, maar dit zal in de toekomst veranderen. Dan zal de LED lamp niet veel duurder zijn dan bijvoorbeeld een spaarlamp.



Elektronica

Elektronica is de tak van elektrotechniek die zich bezighoudt met elektronen in bijvoorbeeld elektronenbuizen, transistors en diodes.

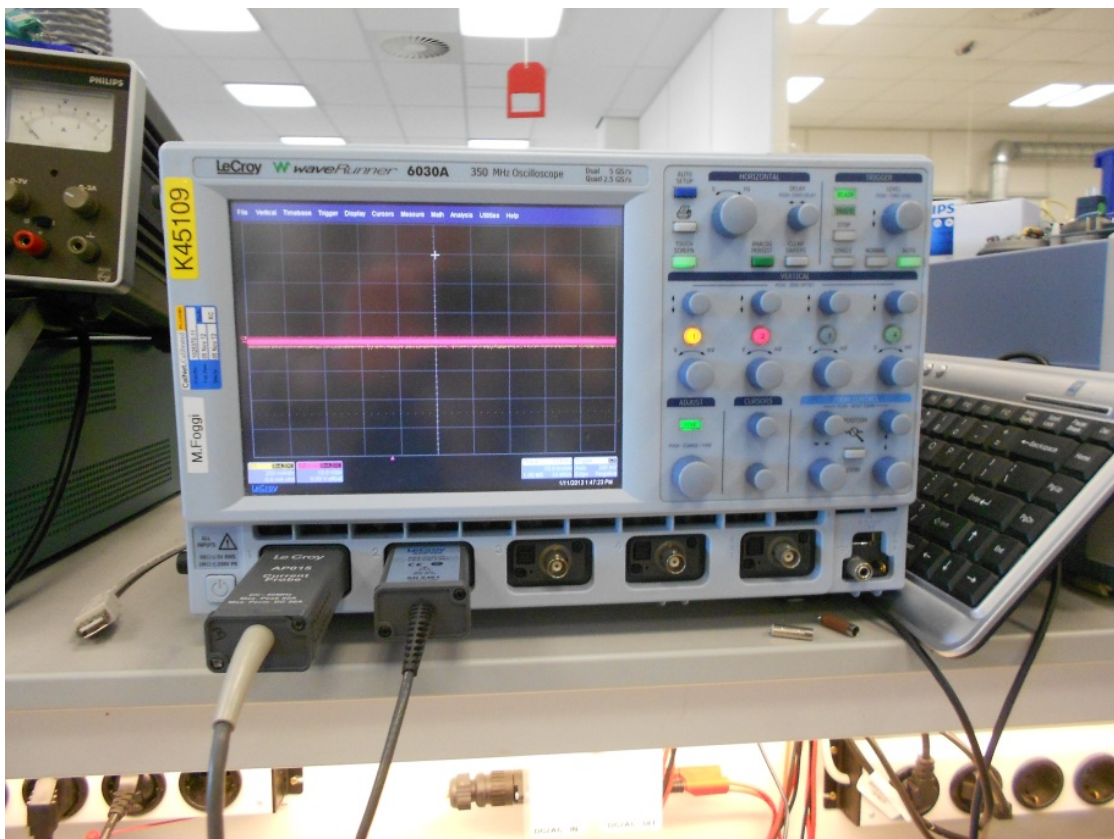
Deze kennis wordt hierna toegepast in apparaten die elektrische stroom/elektromagnetische velden manipuleren. Met deze apparaten kan informatie verzenden/gemanipuleerd worden. Ook kan er energie mee verspreid, geregeld en gecontroleerd worden.

Voor de informatie over elektronica voor de LED lamp is gepraat met Patrick de Bruycker. Elektronicus binnen Philips.

Een LED lamp zit zeer ingewikkeld in elkaar. De lamp wordt namelijk aangesloten op de netstroom (230 V). LED lampjes zijn 3V. stel dat je vier lampjes hebt heb je dus 12 V nodig. Je kan ze dus niet zomaar op de netstroom aansluiten. Anders zullen ze gelijk doorbranden. Er is dus een manier nodig om van de 230V naar 12 V te komen. De elektronica probeert hier een oplossing voor te vinden.

Een LED lamp werkt het best als het koud is. Als een LED lamp gelijk wordt aangesloten op de netspanning, zal deze veel te warm worden. Dit verkort de levensduur en de efficiëntie. Om de LED lamp koel te houden is er een soort koeler nodig. Dit kan door een soort verwarmingsbuis mechanisme (hierdoor wordt het oppervlakte vergroot) of een propeller. De LED lamp een toekomst hebben. Het gaat echter langzamer dan verwacht. De LED heeft wel al genoeg voordelen. Ze zijn kostenbesparend, beter voor het milieu omdat ze minder energie verbruiken en hebben geen opstart tijd nodig (bij een spaarlamp duur het een tijd voordat ze echt volop branden).

Er wordt nu dus naar gestreefd om de lamp efficiënter te maken, kleiner (hoe minder onderdelen hoe goedkoper), kostenbesparend en het meest geschikt voor de mensen. Bij elektronica wordt er gebruik gemaakt van een oscilloscoop. In de bijlagen staan een aantal foto's van een oscilloscoop, waarop de LED lamp is aangesloten.



Horticulture

Horticulture is een afdeling binnen Philips. Het beschikt over een wereldwijd netwerk en is opgezet om tuinders ondersteuning te geven in eigen land en vakgebied.

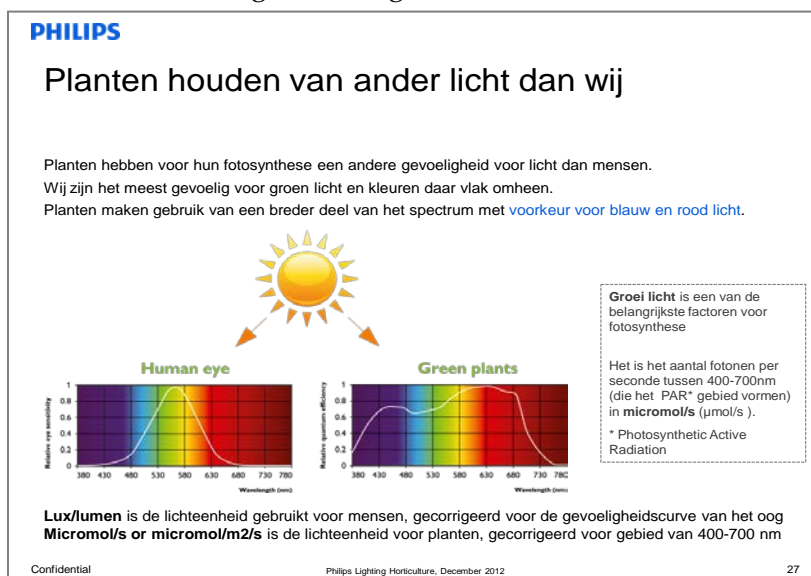
Medewerkers van Philips werken samen met Philips plantenfysiologen. Met kennis over LED, LED systemen en het maken van lichtplannen en lichtinstallaties komen zij tot de juiste hulp voor de tuinders.

Voor deze informatie is gepraat met Anke Le Guevel-Scholtens, Marketing manager HortiLED. Binnen deze functie maken zij een strategisch aanpakplan en vervolgens wordt dit verhaal op de markt gebracht.

Het doel is om de tuinders te voorzien van LED licht. Dit LED licht is verkrijgbaar in verschillende kleuren. Het is per plant afhankelijk welke kleur er nodig is. Ook is het doel van het licht belangrijk, iedere kleur heeft namelijk een ander effect op de plant. Bij veel blauw licht zullen de planten compact blijven en bij veel (ver)rood licht zullen de planten zich gaan strekken. Groen licht zal nooit gebruikt worden. Planten reflecteren deze kleur bijna volledig. Dit is ook de reden dat planten voor ons oog groen zijn.

Het samenstellen van het goede LED licht noemt men het lichtrecept. Het lichtrecept wordt samengesteld door middel van proeven. Er worden hier verschillende lichtbehandelingen aan de planten gegeven, waar andere factoren (voornamelijk temperatuur) constant worden gehouden. Hierna wordt gemeten en gekeken naar de afmetingen, vorm, vers- en drooggewicht van de plant en wordt de fotosynthetische activiteit gemeten. Dit proces wordt wetenschappelijk aangepakt door plantenexperts. Philips heeft zijn eigen plantenexperts in dienst.

Het fotosynthetisch effect heeft te maken met het groeilicht. Dit is het licht dat de plant gebruikt/opeet, voor het uitvoeren van fotosynthese. De plant zit vooral fotonen (lichtdeeltjes), die in het golflengtegebied van 400-700 nanometer ligt. Dit zijn vooral de kleuren blauw-rood-verrood. Dit gebied wordt de actieve straling voor fotosynthese genoemd, ook wel PAR licht (Photosynthetic Active Radiation). Dit is het aantal fotonen per seconde tussen dit gebied, uitgedrukt in micromol/seconden.



Profielwerkstuk – Natuurkunde Heeft LED een toekomst?

LED licht laat veel positieve effecten zien bij een plant. Ze vertonen betere en of snellere groei en de groei is gelijkmatiger door betere lichtverdeling. Bij jonge planten is er ook een verbetering te zien bij het kloneren van de planten. De slagingskans ligt hierdoor bij 99%. Ook worden de jonge plantjes steviger en sterker.

Dit zijn op zichzelf al effecten waar de tuinder zijn geld mee kan verdienen, maar de energierekening zal ook een stuk lager zijn. De lampen hebben een langere levensduur, dus hoeven minder vaak vervangen te worden. Een ander kostenbesparend effect is dat LED lampen geen extra warmte afgeven. Bij kassen waar andere lichtbronnen gebruikt worden, zie je dat deze warmte weg gekoeld moet worden. Je bespaart dus dubbel: op de verlichting en op de koeling.

Deze effecten zijn ook zeer voordelig voor de meerlagenteelt. Dit gebeurt vooral bij zeer jonge plantjes. Het telen gebeurt hier in meerdere lagen i.p.v. één laag. LED is hier het meest geschikt omdat ze, in tegenstelling tot andere lichtbronnen, bijna geen warmte afgeven. Hierdoor kan de ruimte tussen de verschillende lagen zeer klein gemaakt worden. Op deze manier passen er veel meer plantjes in de ruimte. Dit kan de tuinder een kostenbesparing van wel 60% opleveren.



Luxmeter

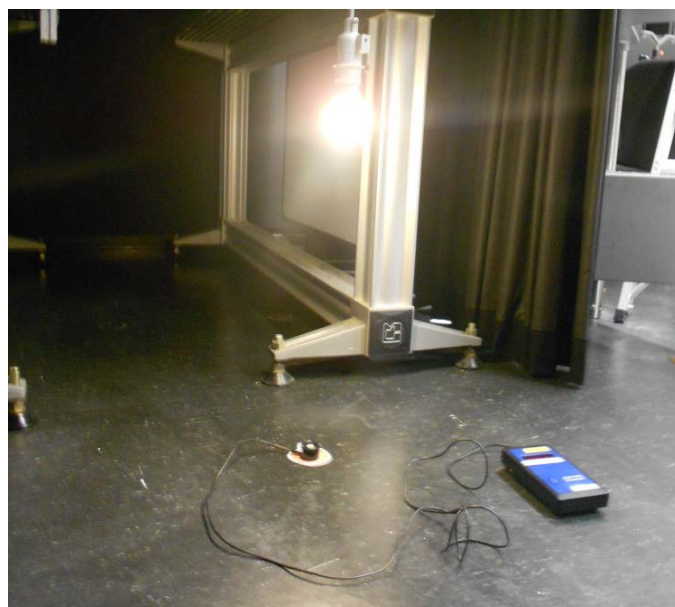
Bij Philips is er de mogelijkheid geweest om het lux niveau van de verschillende te meten met een luxmeter. De afstand van de lamp tot luxmeter was 48 cm.

Metingen:

Gloeilamp 134 lx

Spaarlamp 200 lx

LED 168 lx



Onderzoek – Welk effect hebben verschillende lichtbronnen op planten?

Onderzoeksaanpak

Om te onderzoeken of LED de toekomst heeft, hebben we plantjes laten groeien onder verschillende lichtbronnen. We hebben gekozen voor tuinkers, omdat deze zaadjes snel groeien en het verschil dus duidelijk zichtbaar is. De verschillende lichtbronnen die we gebruiken zijn: LED, gloeilamp en een spaarlamp. Ook hebben we ervoor gekozen om ook zaadjes zonder lamp neer te zetten, zodat we weten hoe ze dan zouden groeien.



Omdat de lampen wel aan elkaar gelijk moesten zijn, hebben we ervoor gekozen om hetzelfde aantal lumen te gebruiken. We hebben niet gekozen voor een gelijk aantal watt omdat de lampen dan heel veel verschillen in de lichtopbrengst. Het aantal lumen van de lampen die we hebben gebruikt is 400.

Om ervoor te zorgen dat de planten dezelfde hoeveelheid licht van de lampen kregen, hebben we de lampen een bepaald aantal uur per dag aanzet in aparte, donkere kamers. De kamers hebben ook ongeveer dezelfde temperatuur. Als de planten niet onder het licht stonden, stopten we ze gezamenlijk in één doos, zodat ze dan in dezelfde omstandigheden zouden zijn.

Verwachtingen voor het onderzoek

We verwachten dat de planten onder de gloeilamp het beste zullen groeien. Dit komt doordat de gloeilamp naast licht, ook warmte afgeeft. De planten zullen deze warmte opnemen en dus sneller groeien.

Onderzoeksuitvoering

We hebben voor het geval er iets mis zou gaan vijf pakken tuinkers gekocht. Deze pakken bevatten al aarde. We hoefden alleen de zak open te knippen, zodat deze de vorm van een pot zou aannemen, en de zaadjes en water toe te voegen. We hebben de lampen 20 dagen gemiddeld ongeveer 4,5 uur aanzet.

Ook hebben we gekeken naar het spectrum van de lampen, zodat we zouden zien of het klopte met de groei van de planten.

Overzicht van resultaten

Gedurende het onderzoek, groeiden vooral de planten van de LED en de gloeilamp erg hard. De zaadjes begonnen op dag 6 te groeien. Eerst ontstonden er stengeltjes en later ook bladeren. De planten van de spaarlamp bleven tot dag 15 zaadjes. Na dag 15 begon eerst de spaarlamp te groeien en vervolgens ook de zaadjes zonder lamp.

Na 20 dagen zijn de plantjes van de LED lamp het langst, daarna komen de plantjes van de gloeilamp met een klein verschil, dan de spaarlamp met kleine stengeltjes en de plantjes zonder lamp zijn het kleinst.

Uit het onderzoek naar het spectrum van de lampen, is gebleken dat de gloeilamp en de LED ongeveer hetzelfde spectrum hebben. Ze hebben allebei erg veel blauw en weinig groen. Het spectrum van de spaarlamp zag er heel anders uit, deze had namelijk erg veel groen.

Conclusie

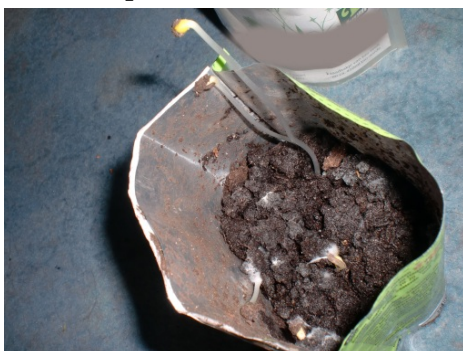
De zaadjes van de LED en gloeilamp groeiden het snelst en het hardst. Door het onderzoek zijn we erachter gekomen dat het bij de gloeilamp dus niet komt door de warmte die van de gloeilamp afkomt, want de LED geeft geen warmte af. Aangezien alle drie de lampen hetzelfde aantal lumen heeft, ligt de groei dus ook niet aan de hoeveelheid licht die de lampen geven. Door het onderzoek met het prisma, waar we het spectrum door zagen, zijn we tot de conclusie gekomen dat de gloeilamp en LED het beste werken, omdat het licht dat ze afgeven het meeste op zonlicht lijkt. Ze hebben vooral veel blauwlicht. Planten houden vooral van blauw en rood licht en helemaal niet van groenlicht, ze reflecteren het groene licht en daarom hebben ze ook een groene kleur. De zaadjes van de spaarlamp groeiden minder goed, doordat deze veel groen licht levert.



Gloeilamp



LED



Spaarlamp



Geen lamp

Conclusie

De hoofdvraag is of LED-verlichting een toekomst heeft. Na veel onderzoek is gebleken dat de LED lamp zeker een toekomst zal hebben.

Het is nu nog geen populaire lichtbron. Dit komt doordat de lamp erg duur is. Hier zal echter verandering in komen. Er moet namelijk eerst geïnvesteerd worden in nieuwe fabrieken en onderzoeken. Om hier geld voor vrij te maken, is de prijs van de LED lamp hoog. Als deze kosten eruit zijn, zal de prijs dalen.

Ook gaat de LED lamp veel langer mee dan andere lichtbronnen. Dit is ook een reden waarom het veel gunstiger is om voor de LED te kiezen en niet voor andere lichtbronnen. In de tijd dat je een LED moet vervangen, heb je de andere lichtbronnen al een aantal keer moeten vernieuwen. In een periode van zeven jaar scheelt dit al ruim €20,- met een spaarlamp en €120,- met een gloeilamp.

In de agrarische sector is dit zeer gunstig. De lampen gaan veel langer mee en er hoeft niet meer gekoeld te worden, omdat de LED geen extra warmte geeft. Dit scheelt tot 60% voor de landbouwers.

Het rendement dat behaald wordt met een LED lamp is erg hoog in vergelijking met de andere lichtbronnen. Dit komt door het lage stroomverbruik. Je krijgt voor de elektriciteit die erin gestopt wordt het meeste vermogen. Dit scheelt erg in de elektriciteitskosten.

Er kan uit al deze gegevens geconcludeerd worden dat de LED lamp de meest voordelige lichtbron is.

Door de lage kosten en de lange levensduur zal de LED steeds meer gewild worden voor massaproductie. Dit kan zijn voor bedrijven of voor straatverlichting. De verwachting is dat de LED lamp de andere lichtbronnen gaat vervangen. Er kan dus gezegd worden dat LED zeker een toekomst heeft!

Nawoord

We hebben bij het maken van dit profielwerkstuk veel hulp gehad. Daarom willen we onze begeleider, Meneer Berendsen, hartelijk bedanken voor alle hulp bij het opzetten van het werkstuk. Daarnaast hebben we ok hulp gehad van Elena Ferrari. Zij heeft ons informatie gegeven en afspraken gemaakt bij Philips Lighting. Ook willen wij graag Dirk Kaathoven (opticus), Patrick de Bruycker (elektronicus) en Anke le Guevel (horticulture) bedanken. Bij het bezoek aan Philips hebben we met hun gesproken en we hebben zo erg veel informatie ontvangen over LED en andere lichtbronnen. Zij hebben al onze vragen beantwoord.

Doordat wij met hun hebben kunnen spreken hebben we veel van de theorie in de praktijk kunnen zien. Dit zorgt ervoor dat je de theorie ook beter kan begrijpen.

De samenwerking is goed verlopen. Al het werk hebben we vanaf het begin af aan goed verdeeld en we hebben over alle stukken goed overlegd. We zijn erg tevreden over het eindresultaat van onze samenwerking.



Bronnen

Wat is licht:

<http://www.natuurkunde.nl/faq/index.do?categoryId=353>

http://nl.wikipedia.org/wiki/Licht#Zie_ook

LED:

Tom Simonite, "The LED – older than we thought", New Scientist blog, 11 april 2007,

<http://www.newscientist.com/blog/technology/2007/04/led-older-than-we-thought.html>

Nikolay Zheludev, "The life and times of the LED – a 100-year history", Nature Photonics 1, 189-192 (2007)

Nieuw LED-rendementsrecord: 231 lumen per watt, 19 mei 2011,

<http://www.elektor.nl/nieuws/nieuw-led-rendementsrecord-231-lumen-per-watt.1819537.lynkx>

Assist, "LED Life for General Lighting: Definition of Life", Volume 1, februari 2005,

<http://www.lrc.rpi.edu/programs/solidstate/assist/pdf/ASSIST-LEDLife-revised2007.pdf>

Philips:

<http://www.philips.nl/about/company/index.page>

<http://www.philips.nl/about/company/businesses/index.page>

<http://www.philips.nl/about/company/missionandvisionvaluesandstrategy/index.page>