

# Licht

Licht is, naast de samenstelling van het water (inclusief de daarin opgeloste gassen) en de watertemperatuur, de derde omgevingsfactor die van levensbelang is voor de bewoners van een bepaalde biotoop. Daarbij gaat het niet alleen om de lichtintensiteit, maar ook om de kwaliteit van het licht.

Zeewaterraquia stellen andere eisen dan een zoetwater aquarium. Maar ook tussen de zoetwater biotopen onderling zijn er verschillende eisen voor wat betreft de lichtbehoefte.

## Kwaliteit van het licht?

De kleur van het licht is belangrijk voor planten en dieren. Zonder al te diep in te gaan op de fysische kenmerken en achtergrond is het toch goed om hier even bij stil te staan.

Normaal natuurlijk licht is wit. Maar feitelijk bestaat natuurlijk licht uit een heel 'spectrum' aan lichtkleuren, die dan gezamenlijk de kleur 'wit' geven.

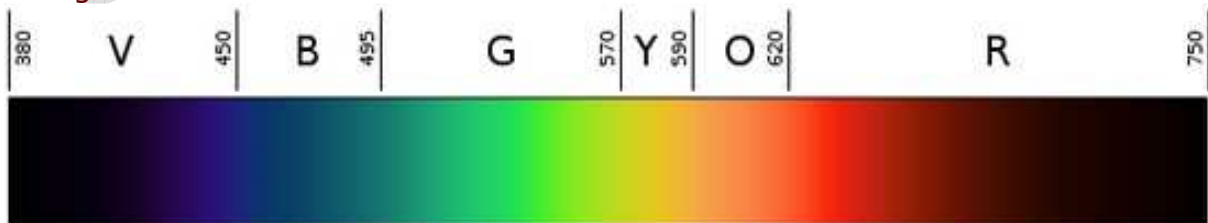
Dit is goed te zien als we een witte lichtstraal door een prisma laten schijnen. De straal valt dan uiteen in de verschillende kleuren licht. Hetzelfde soort verschijnsel zien we bij een regenboog. In de regenboog wordt het hele spectrum aan kleuren zichtbaar, waaruit 'wit' licht is samengesteld.



### De regenboog.

Bron: Tom W Sulcer en Haley Sulcer, Wikimedia Commons.

In het plaatje hieronder is een lineair spectrum weergegeven van zichtbaar licht. Het plaatje laat alle kleuren zien waaruit wit licht bestaat (vergelijk het maar met de foto van de regenboog). De hoofdletters geven het kleurgebied aan (Violet, Blauw, Groen, Geel, Oranje, Rood) en de daarbij gegeven getallen zijn de golflengten van het licht in nanometers, aangegeven als de begrenzings van het kleurgebied<sup>(1)</sup>.



De kleur van het licht wordt dus bepaald door de golflengte. Door de golflengte te meten is de kleur van het licht exact vast te stellen.

Van zichtbaar licht heeft violet/blauw licht de kortste golflengte en rood licht de langste.

Een plant gebruikt bepaalde kleuren licht voor de fotosynthese, het proces waarbij de plant suikers maakt uit CO<sub>2</sub> en water en waarbij zuurstof wordt vrijgemaakt en afgegeven aan de lucht (of aan het water in het geval van aquariumplanten). Dit proces is in het artikel over plantenvoeding uitvoeriger beschreven. De plant gebruikt voor de fotosynthese met name licht uit het blauwe en uit het oranje en rode deel van het spectrum.

De bladgroenkorrels (chloroplasten met daarin ondermeer het chlorophyl) in de plant absorberen voornamelijk licht uit het blauwe en rode gebied. Licht met golflengtes uit het groene deel van het spectrum wordt veel minder door de plant gebruikt. Het groene licht wordt door de plant gereflecteerd. Dit is de reden waarom wij de meeste planten als groen zien.

Andere kleuren(variaties) bij planten ontstaan doordat de plant, naast de bladgroenkorrels, nog één of meerdere andere gekleurde pigmenten bezit. Een bekende daarvan is bijvoorbeeld het caroteen dat de wortel zijn typische oranje kleur geeft.

Voor een goede plantengroei in een tropisch zoetwater aquarium moet dit deel van het kleurenspectrum dus voldoende in het licht aanwezig zijn.

Het is bekend dat hogere planten voornamelijk licht uit het oranje en rode gebied gebruiken voor de fotosynthese. Toch moet er ook voldoende licht uit het blauwe deel van het spectrum voor de plant beschikbaar zijn om goed gebalanceerde groei en ontwikkeling van de plant mogelijk te maken. Als er alleen oranje en rood licht beschikbaar is, zullen de meeste planten groeidefecten laten zien. Een voldoende uitgebalanceerd lichtspectrum is dus belangrijk voor gezonde groei.

Datzelfde geldt ook voor een rifaquarium. Bepaalde koralen en sponzen leven in symbiose met zoöxanthellen, kleine eencellige algensoorten, juist vanwege de fotosynthese die in deze algen plaats vindt. Ook daarvoor is licht nodig. Zonder voldoende licht sterven de zoöxanthellen af en verbleken de koralen om uiteindelijk eveneens af te sterven.

Zoetwateraquaria zonder plantengroei en zeewateraquaria zonder lichtbehoevende koralen, sponzen, of anemonen, hebben geen speciale kwaliteit licht (lichtkleur) nodig om te overleven. Bij deze aquaria is het over het algemeen voldoende om de kleur van het licht af te stemmen op wat men zelf aantrekkelijk en plezierig vindt.

De intensiteit van belichting is wel een punt van aandacht voor deze aquaria en zou afgestemd moeten worden op de natuurlijke biotoop van de dieren in het aquarium.

Een biotoop is het gebied van de natuurlijke verspreiding van de diersoort of de plantensoort. De biotoop wordt dan omschreven door het totaal van alle 'natuurlijke' karakteristieken van dat gebied.

## Lichtintensiteit

Soms zien we nog de algemene stelling dat een aquarium nooit teveel belicht kan worden. Hoe meer licht, hoe beter het zou zijn. Nu kan dit voor een rifaquarium nog steeds geldig zijn, tenminste zo lang het technisch nog niet mogelijk is om het aquarium meer licht te geven dan een koraalrif in de natuur ontvangt. Maar als algemene regel is deze stelling niet juist! Zeker niet voor een beplant zoetwateraquarium.

In alle gevallen is het van belang om rekening te houden met de situatie, zoals die zich in de natuurlijke biotoop voordoet.

De meeste zoetwatervissen houden helemaal niet van een 'felle' belichting. Zij geven de voorkeur aan meer schaduwrijke plaatsen of zoeken beschutting onder (drijf)planten of overhangende oevers en/of wortels. Te felle belichting (en/of gebrek aan schuilplaatsen) resulteert in stress bij de dieren en als gevolg daarvan een gebrekkige gezondheid. (Mogelijke symptomen daarvan zijn: een flets voorkomen, verlies van kleur en vreemd gedrag).

Een algemeen getal voor de 'benodigde lichtintensiteit' voor een aquarium is dus ook niet zo eenvoudig te geven.

Naast de verschillen in lichtbehoefte, die hierboven zijn aangestipt, speelt hierbij ook nog mee, dat de (in het verleden) vaak gebruikte eenheden voor de bekende vuistregels weinig zeggen over de kwaliteit van het licht, terwijl dit voor een plantenaquarium en een rifaquarium juist wel heel belangrijk is.

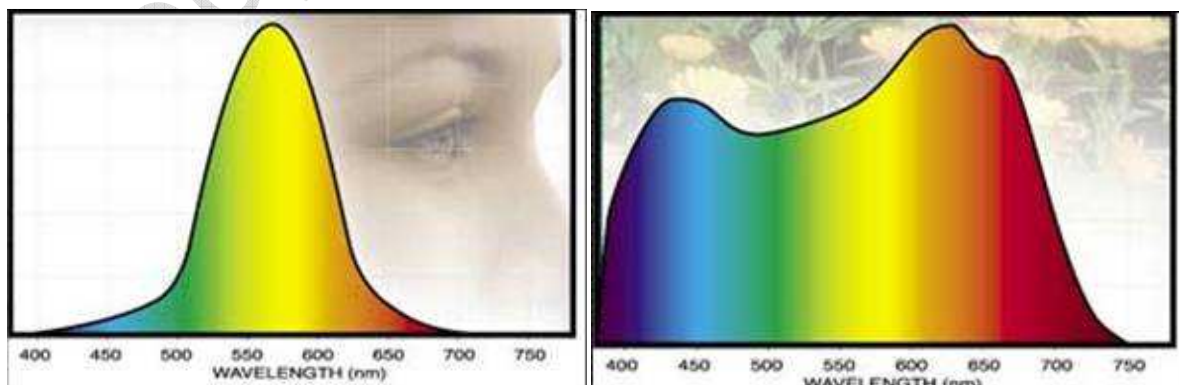
'Watt' wordt over het algemeen gebruikt als de maat voor het stroomverbruik van de verlichting en zegt weinig over de lichtopbrengst. 'Watt/liter', een maat die vroeger veel werd gebruikt, is dus een maat die alleen gebruikt kan worden als relatieve maat voor verlichting van hetzelfde type en met vergelijkbaar rendement.

	Verlichtingssterkte in lux (lm/m <sup>2</sup> )
zonlicht	100000 – 130000 lux
Bewolkte zomerdag	20000 lux
Bewolkte zomerdag aan schaduwkant	10000 lux
Bewolkte winterdag	3500 lux
Zonsopgang/zonsondergang op heldere dag	400 lux
kantoor	300 – 500 lux
woonkamer	50 lux

Ref.: Wikipedia<sup>(2)</sup>

'Lumen' (lichtstroom) en 'candela' (lichtsterkte), of 'lux' (verlichtingssterkte; lumen/m<sup>2</sup>) lijken dan beter bruikbare eenheden, omdat deze worden gebruikt als maat voor de hoeveelheid afgegeven licht. Het probleem van deze eenheden is echter dat ze volledig zijn afgestemd op de waarneming van licht door het oog van de mens.

Het menselijk oog is het gevoeligst voor het geelgroene deel van het lichtspectrum (licht met golflengtes rond de 555 nm), terwijl planten en lichtbehoevende koralen juist het gevoeligst zijn voor licht uit het blauwe en rode deel van het spectrum.



Het linkerplaatjes toont de relatieve gevoeligheid van het menselijk oog voor de verschillende golflengtes van licht en het rechterplaatje toont de relatieve spectrale gevoeligheid van de plant<sup>(3)</sup>.

Een koel witte lamp met een hoog lux getal kan dan voor ons een zeer helderwitte lamp zijn (daar is de ontwikkeling van deze lamp ook op gericht geweest), maar als de lamp weinig licht in het rode en blauwe deel van het spectrum geeft, dan is het voor het plantenaquarium en rifaquarium niet veel waard. Anderzijds zou een lamp, puur gericht op de groeistimulering van planten, voor ons een onrealistisch oranjegele wereld in het aquarium betekenen. (Kijk maar eens bij avond naar de verlichting in de kassen.)

We kunnen dus wel voorspellen dat een lamp met een hoger lux getal voor ons helderder van licht zal zijn, maar dat zegt nog weinig over de kwaliteit van deze lamp voor onze planten of onze koralen.

Om nu wat meer te kunnen begrijpen van het begrip lichtintensiteit in relatie tot de belichting van planten en lichtbehoevende koralen en dergelijke, moeten we nog één stapje dieper in de karakteristieken van licht.

Een lichtbron straalt licht uit, maar wat er feitelijk gebeurt is dat de lichtbron lichtdeeltjes (fotonen) uitzendt, wat wij zien als licht. Elk foton heeft een bepaalde hoeveelheid energie, die karakteristiek is voor een bepaalde golflengte (kleur). Hoe groter de energie van het deeltje, hoe korter de golflengte en hoe blauwer het licht. Dit is ook de reden waarom de blauwe kleur van het licht dieper doordringt in water en waarom op een bepaalde diepte in het water alles blauw lijkt te zijn.

Elk foton met een golflengte tussen de 400 en 700 nm behoort tot de zogenoemde 'Photosynthetically Active Radiation' (PAR), dat is licht dat bij kan dragen aan de fotosynthese door de plant. PAR staat voor het totaal van de (licht)straling die tot fotosynthese bij de plant kan leiden en resulteert dan in een getal voor de hoeveelheid stralingsenergie met een golflengte tussen de 400 en 700nm per seconde per m<sup>2</sup>. PAR wordt uitgedrukt in W/m<sup>2</sup>.

De snelheid van de fotosynthese door de plant wordt echter niet bepaald door de totale energie-inhoud van de lichtstraling, maar door het aantal fotonen dat door de plant wordt geabsorbeerd. Alle geabsorbeerde fotonen hebben daarbij een even sterk effect. De juiste maat daarvoor is de 'PPFD' (afkorting van 'Photosynthetic Photon Flux Density'). Vrij vertaald staat de PPFD voor de dichtheid van de fotonenstroom (aantal fotonen per m<sup>2</sup> per sec.) tussen de 400 en 700 nm. PPFD wordt uitgedrukt in  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ .

De PPFD is de enige juiste maat als het gaat om de vergelijking van lichtbronnen voor wat betreft de afgegeven hoeveelheid voor de fotosynthese relevant licht.

Wat we vaak tegenkomen in bronnen van allerlei aard (met name op internet) is dat de term PAR wordt gebruikt waar feitelijk PPFD gebruikt zou moeten worden. Zo lang echter de waarde wordt uitgedrukt in  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$  is de waarde bruikbaar voor ons doel.

Daarnaast is het nog van belang om te weten dat in het verleden de PPFD waarde ook werd uitgedrukt in  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ , of  $\mu\text{Einstein}/\text{m}^2/\text{sec}$ , wat een andere naam voor dezelfde eenheid is.

De snelheid van de fotosynthese door de plant wordt bepaald door het aantal lichtdeeltjes (fotonen) dat door de plant wordt geabsorbeerd. De lichtintensiteit van een lamp voor de plant (of het lichtbehoevende koraal) wordt dus bepaald door het aantal fotonen dat de lamp over een bepaalde tijd uitstraalt en die gebruikt kunnen worden voor fotosynthese door de plant. De juiste maat daarvoor is de 'PPFD', die wordt uitgedrukt in  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ . Op internet wordt vaak (ten onrechte) de afkorting 'PAR' gebruikt. Zo lang echter de waarde zelf wordt uitgedrukt in  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$  is deze waarde bruikbaar voor ons doel.

Dus lux (in lumen/m<sup>2</sup>) en PPFD (in  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ ) zeggen beide wat over de lichtintensiteit van de lamp of lichtbron. Het lux getal geeft inzicht in de helderheid van de lamp voor het menselijk oog en het PPFD getal (soms PAR getal genoemd) geeft aan hoe intensief de lamp de fotosynthese bij planten stimuleert. Deze laatste waarde is de belangrijkste lichtintensiteit waarde als we een beplant zoetweraquarium of een rifaquarium willen belichten.

Ook tussen planten onderling bestaan er verschillen in gevoeligheid voor licht van verschillende golflengte uit het PAR gebied. Dit komt ondermeer door het bezit van verschillende pigmenten naast het chlorofyl a en b (zoals caroteen en xantofyl) in verschillende verhoudingen. Het meeste onderzoek met betrekking tot PAR en PPF is uitgevoerd voor land- en tuinbouwgewassen. Er is echter geen reden om aan te nemen dat de conclusies voor andere hogere planten, zoals onze aquariumplanten, hiervan op hoofdlijnen zouden afwijken.

Het zou mij echter niet verbazen als er bij fytoplankton en lichtgevoelige koralen en andere zeedieren (met zoöxanthellen) een relatief hogere gevoeligheid voor blauw licht zou blijken te zijn. Rood licht wordt vele malen sterker geabsorbeerd door water dan blauw licht<sup>(4)</sup>. Het gevolg daarvan is dat fytoplankton en koralen met zoöxanthellen voor het grootste deel van hun bestaan worden blootgesteld aan licht met een sterke tot zeer sterke verschuiving naar het blauwe deel van het spectrum.

Voor een goede keuze zullen we echter tegelijkertijd naar meerdere eigenschappen van de verlichting moeten kijken, waarvan PPF (of PAR) er slechts één is. Daarnaast zijn zaken als de aanwezigheid van een voldoende gebalanceerd spectrum en de kleurtemperatuur van de lamp (zie hierna) van belang.

En als laatste (maar niet als minste) speelt ook de persoonlijke smaak een rol bij de definitieve keuze van de (samenstelling van de) verlichting. U moet er immers nog lang tegenaan kijken.

Copyright AquariumPlus

# Het licht in de natuurlijke biotopen

Veel mensen associëren de tropische gebieden, waar de meeste van onze aquariumvissen vandaan komen, met warmte en veel zonlicht. En dat klopt natuurlijk ook wel. Maar, als we meer in detail gaan kijken naar de verschillende biotopen is het beeld toch wel wat genuanceerder.

## Zwart water biotoop

De meeste tropische gebieden, die als biotoop gelden voor een groot deel van onze aquariumvissen en aquariumplanten, zijn helemaal niet zo sterk verlicht. Vaak is er veel hogere begroeiing, die vrijwel continue het water daaronder in de schaduw zet.

Daarnaast wordt, met name in de zwartwatergebieden, heel veel licht door 'opgeloste' en rondzwevende deeltjes in het water geabsorbeerd. De door humusstoffen veroorzaakte bruinkleuring absorbeert een groot deel van het kortgolvlige blauwe licht en UV licht<sup>(5)</sup>.

Het gevolg van dit soort zaken is, dat het zoete water in de natuurlijke biotopen van onze tropische vissen en planten vaak minder licht ontvangt, dan dat we op



het eerste gezicht misschien zouden denken. Daarnaast zorgen (hevige) regenval, afgewisseld met drogere periodes, voor wisselende natuurlijke omstandigheden. De in deze biotopen levende vissen en planten zijn dan ook goed in staat om zich aan te passen aan de omstandigheden van dat moment.

Een beek in Sri Lanka rond het middaguur bij onbewolkte hemel.  
Foto: Bernd Kaufmann - Aquamax

Om deze redenen is het voor de meeste aquariumplanten ook geen probleem als bij de belichting van het aquarium de lichtsterkte van het kortgolvlige blauwe lichtspectrum wordt verminderd. De planten zullen dan overgaan op het gebruik van meer rood licht voor de fotosynthese.

Dit is een interessante eigenschap, waarvan gebruik gemaakt kan worden bij het bestrijden/voorkomen van algengroei. Voor algen is kortgolvlig licht (blauw/UV) belangrijker, zodat het verminderen van kortgolvlig licht een competitievoordeel voor de 'hogere' aquariumplanten kan opleveren<sup>(6)</sup>.

Let echter wel op dat ook aanpassingen van lichtspectrum en/of lichtintensiteit geleidelijk moeten verlopen. De vissen en planten uit deze gebieden kunnen zich redelijk goed aanpassen, maar hebben wel enige tijd nodig om zich goed in te stellen. Het gaat bij levende organismen altijd om biologische systemen, niet om het simpelweg omdraaien van een knop. Een volledige aanpassing van planten bij verandering van lichtkleur duurt 3 tot 6 weken<sup>(6)</sup>.

## Het Malawi- en het Tanganjikameer

De meeste van onze tropische zoetwatervissen komen oorspronkelijk uit gebieden, zoals hierboven beschreven. De belangrijkste uitzondering zijn de cichliden uit de Afrikaanse meren.

Het water in deze meren is veel helderder dan het water uit de zwartwater biotopen, en laat dus ook veel meer licht door.

Verder bestaat de natuurlijke omgeving van de cichliden uit het Malawi- en het Tanganjikameer voornamelijk uit zand en stenen en vooral ook veel andere cichliden. Planten zul je weinig of niet aantreffen.



Aquarium in Artis gebaseerd op de biotoop van het Malawimeer. Foto: SvdMolen (bron: Wikimedia Commons).

## Het rif

Het koraalrif vormt de inspiratiebron voor de meeste zeewateraquaria. De koraalriffen krijgen dagelijks volop intensief tropisch zonlicht en het zeewater op deze locaties behoort tot het helderste water ter wereld.

In helder water, zoals dat te vinden is bij koraalriffen, kan licht nog vrij diep doordringen. De kleur van het licht verandert wel snel, doordat niet alle kleuren licht even sterk worden geabsorbeerd door het water. Rood licht wordt het sterkst geabsorbeerd. Daarna volgen oranje, geel en groen en uiteindelijk ook blauw licht<sup>(7)</sup>.

Rood licht wordt 100 maal sterker geabsorbeerd door water dan blauw licht<sup>(4)</sup>. Bij toenemende waterdiepte wordt het resterende licht steeds blauwer.

Op zo'n drie meter diepte is het rode licht al vrijwel volledig verdwenen. Een gevolg daarvan is dat sommige koralen aangepast zijn om optimaal gebruik te maken van het kortgolvlige, diep in het water doordringende licht van het blauwe spectrum. Maar ook voor de andere rifbewoners is een omgeving met een blauw lichtaccent het meest natuurlijk.

Een rifaquarium heeft dan ook een beduidend sterkere belichting nodig dan een zoetwateraquarium. Bovendien moet voldoende blauw in de belichting aanwezig zijn. Dit blauwe lichtaccent is onmisbaar als we een natuurlijke rifbiotoop willen bouwen. Bovendien accentueert het diepere blauwe licht de soms enigszins fluorescerende kleuren van koralen, waardoor deze mooier uitkomen in het aquarium.

Een koraalrif wordt verder gekenmerkt door de zeer stabiele omstandigheden voor wat betreft licht (zowel intensiteit als tijdsduur), temperatuur en watersamenstelling.



Een natuurlijke rifbiotoop bij Mariana Islands, Guam. Let op het heldere water en de diepe blauwkleuring. De vissen op de foto behoren tot de soort *Dascyllus aruanus*.  
Bron: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA's Coral Kingdom Collection). David Burdick.

De consequentie daarvan is dat de meeste vissen en dieren uit deze biotoop ook in het aquarium zeer stabiele omstandigheden nodig hebben. Eventuele aanpassingen, als die al nodig zijn, moeten zo geleidelijk mogelijk worden doorgevoerd. Dit geldt voor aanpassing van het licht (lichtsterkte, lichtkleur e.d.), maar ook voor het overstappen naar een ander systeem van waterbehandeling (zie bijvoorbeeld de beschrijving bij het **Zeovit® systeem** van *Korallenzucht.de*, in de rubriek waterzuivering<sup>(8)</sup> op onze website).

## De lengte van de dag => belichtingsduur

Naast kwaliteit en intensiteit is ook nog de belichtingsduur van belang. Zeker voor een zoetwateraquarium mag de belichtingsduur niet te lang zijn!

De meeste van onze aquariumvissen en -planten komen uit de tropische klimaatzones. De daglengte is daar altijd rond de 12 uur. Dit is ook zondermeer de beste maximale belichtingsduur die u aan kunt houden voor het aquarium.

Aangezien onze aquaria vaak in de huiskamer staan is het geen overbodige luxe om hier even apart bij stil te staan.

Immers, wij verlengen onze 'dag' normaalgesproken tot ongeveer 16 uur. En een donker aquarium in de kamer is niet echt leuk om te zien.

Ons advies is om, in het geval van een rifaquarium, de verlichting dan wat later in de morgen op te starten.



Voor een tropisch zoetwateraquarium is ons advies om een lichtpauze in te lassen van ongeveer 3 tot 4 uur, aan het begin van de middag, waarbij u de (hoofd)verlichting boven het aquarium uitschakelt <sup>(5,6)</sup>. Het belichtingsschema zou er dan als volgt uit kunnen zien: 8 – 13 uur eerste lichtperiode; 13 – 16 uur lichtpauze; 16 - 23 uur tweede lichtperiode.

Let er op dat (1) de belichtingsperiodes tenminste 4 uur lang zijn en (2) het aquarium tijdens de lichtpauze niet volledig verduisterd is. Als er wat diffuus licht in het aquarium valt (b.v. door een raam op 2 á 3 meter afstand, of een lamp op 1á 2 meter afstand) tijdens deze periode is dat voldoende <sup>(6)</sup>.

Een dergelijke lichtpauze blijkt prima te werken voor de aquariumplanten en, zo blijkt uit de praktijk, helpt om algenproblemen te voorkomen en op te lossen <sup>(5,6)</sup>.

Voor een aquarium met alleen vissen komt de belichtingsduur minder kritisch.

## Kleurtemperatuur

Zoals we al eerder hebben gezien bestaat een lichtbundel van wit licht uit licht van alle golflengtes uit het zichtbaar spectrum.

Maar iedereen, die wel eens met TL verlichting of met camera's heeft gewerkt, weet dat 'wit' licht in vele varianten voorkomt. Deze lichtkleur varianten kunnen we onderscheiden door de bijbehorende kleurtemperatuur.

De kleurtemperatuur, die wordt uitgedrukt in graden Kelvin (K), is een natuurkundige maat, waarmee de lichtkleuren van bronnen van 'wit' licht kunnen worden gedefinieerd en van elkaar onderscheiden.

'Wit' is daarbij betrekkelijk en kan variëren van oranje-rood via geel en wit naar blauw. Denk b.v. aan de verschillen in wit bij de kleuren 'koelwit' en 'warmwit'. Op de foto hiernaast is een voorbeeld afgedrukt van drie lampen met een verschillende kleurtemperatuur. Hoewel elk van de lampen 'wit' licht geeft, is een duidelijk verschil in kleur waarneembaar als je de brandende lampen met elkaar vergelijkt.



Naarmate de kleurtemperatuur toeneemt

verschuift de kleur naar blauw en wordt de kleur voor ons gevoel koeler.

Voor ons gevoel 'warme' kleuren (meer rood/oranje) hebben juist een lagere kleurtemperatuur.

De kleurverschillen in licht van verschillende lichtbronnen, maar ook de kleurverschillen in daglicht in de loop van de dag zijn dus het beste weer te geven via de kleurtemperatuur. Als we ons aquarium zo natuurgetrouw mogelijk willen belichten, zullen we dus op de kleurtemperatuur van de te gebruiken verlichting moeten letten.

In de tabel hieronder zijn een aantal momenten van daglicht gekoppeld aan kleurtemperatuur weergegeven<sup>(9)</sup>.

Lichtbron	Kleurtemperatuur (K)
Zonsopgang & zonsondergang	2000K - 3000K
Één uur na zonsopgang en kort voor zonsondergang	3500K
Standaard daglicht	5600K
Middagzon	6000K

Volledig bewolkte hemel	6500K – 7500K
Onbewolkte blauwe hemel aan beschaduwde noordzijde, kort na zonsopgang of kort voor zonsopgang	9000K – 1200K

Voor zoetwateraquaria is de kleurtemperatuur minder belangrijk. Elke verlichting met een kleurtemperatuur tussen 3500K en 7500K is goed, zo lang als het licht ook maar voldoende licht uit het blauwe en met name het rode deel van het spectrum bevat ten behoeve van de planten. Verder kunt u uw keuze bepalen afhankelijk van uw persoonlijke smaak.

Zeewateraquaria en rifaquaria stellen wat dat betreft hogere eisen. Zoals hiervoor al vermeld dringt blauw licht veel dieper door in zuiver water dan rood licht. Dit betekent ook dat het licht, waaraan koralen en andere rifbewoners worden blootgesteld, een hogere kleurtemperatuur heeft dan het heldere zonlicht dat op het water valt.

Naarmate het licht dieper in het water doordringt zal de kleurtemperatuur verder stijgen en het licht blauwer worden. Tenminste een deel van de lichtbehoevende koralen, sponzen en dergelijke zijn daarop aangepast.

Om deze reden is de kleurtemperatuur van het gebruikte licht van belang voor de gezondheid van het rifaquarium en voor het welzijn van de aanwezige rifbewoners.

Dat daarnaast verschillende koralen en andere rifbewoners ook nog mooier uitkomen in licht met een blauwe kleur is dan mooi meegenomen.

Copyright AquariumPlus

# Verlichting van het Aquarium

Vanuit wat hiervoor beschreven is zal duidelijk zijn dat we bij het kiezen van een goede verlichting voor het aquarium rekening moeten houden met de kwaliteit (kleurenspectrum) van het licht, met de benodigde intensiteit (lichtsterkte) en met de kleurtemperatuur.

En verder, dat de benodigde kwaliteit, kleurtemperatuur en intensiteit ondermeer afhankelijk is van het type aquarium dat belicht moet worden.

## Soorten verlichting

Er zijn tegenwoordig drie verschillende types verlichting die aan de eisen voor de aquariumverlichting kunnen voldoen.

### 1) Fluorescentie verlichting (TL, met name T5 en T8)

Bij zoetwateraquaria is dit nog steeds de meest gebruikte vorm van verlichting. Maar ook voor rifaquaria is, sinds de ontwikkeling van de meer compacte T5 lampen, fluorescentieverlichting een reële optie.

TL lampen zijn fluorescentielampen, waarbij het in de lamp gegenereerde UV licht, door de fluorescerende stoffen aan de binnenzijde van het glas, omgezet wordt in zichtbaar licht. Door de keuze van verschillende types fluorescerende stoffen kan het kleurenspectrum van het licht van de lamp worden bepaald.

Er is een grote verscheidenheid aan fluorescentielampen, TL buizen van verschillende maten {26mm (T8) en 16mm (T5)} en vele verschillende kleuren, maar ook de spaarlampen en de kleinere PL buisverlichting behoren tot de fluorescentielampen.

Zowel de fluorescentielampen als ook de metaalhalide lampen (zie hierna) zijn vormen van gasontladingslampen. In de fluorescentielamp wordt daarbij gebruik gemaakt van edelgassen en kwikdamp en fluorescerende stoffen om zichtbaar licht van de goede kwaliteit te produceren. Bij de metaalhalidelampen zijn het de metaalhalides die zichtbaar licht produceren. Hierdoor heeft men lampen met een zeer goed rendement van ~ 100 lumen/Watt kunnen ontwikkelen, waar wij in de aquariumhobby met veel plezier gebruik van maken.

Ook een 'uitgebrande' fluorescentielamp of metaalhalidelamp bevat echter nog steeds de bovengenoemde chemicaliën, waaronder kwik. Gooi deze daarom niet zomaar bij het afval, maar lever de oude lamp in bij een inleverpunt voor TL buizen, of bij de milieustraat van uw gemeente.

Gelukkig behoort het probleem van de geleidelijk zwakker wordende lampen bij de producenten van kwalitatief goede TL lampen inmiddels tot het verleden. De nieuwste generaties TL lampen behouden tot 90% van hun lichtopbrengst tot het einde van hun levensduur. U kunt deze lampen dus zondermeer blijven gebruiken en hoeft ze pas te vervangen wanneer de lamp definitief uitvalt.

Wat wel belangrijk is bij TL verlichting is het gebruik van reflectoren. Door een goede reflector op de TL buis te plaatsen kan het rendement van de lamp voor het aquarium worden verdubbeld.

Reflectoren zijn in verschillende kwaliteiten te koop. De **DENNERLE reflector** is een speciaal ontwerp gebaseerd op computermodellen voor de beste lichtreflectie en heeft daarnaast een kunststof bescherming om het zich verwonden aan de dunne aluminiumplaat te voorkomen.

## 2) Metaalhalidelampen

Metaalhalidelampen (Duits: 'Halogen-Metaldampflampen' ; Engels: 'metal-halides lamps') worden veel gebruikt voor de verlichting van rifaquaria.

In correct Nederlands zouden deze lampen eigenlijk metaalhalogenide-lampen moeten worden genoemd.

Metaalhalidelampen moeten echter niet verward worden met halogeelampen. Halogeelampen zijn feitelijk een speciaal type gloeilampen, die door hun constructie veel hogere werkingstemperaturen toestaan en daarom veel witter licht geven dan een gewone gloeilamp.

Metaalhalidelampen zijn hogedruk gasontladingslampen, waarbij de kleur van het licht bepaald wordt door de in de lamp aanwezige metaalhalogenides. Door de keuze van de metaalhalogenidezouten kan het kleurspectrum van het licht van de lamp worden bepaald. HQI lampen behoren ook tot de groep van metaalhalidelampen.

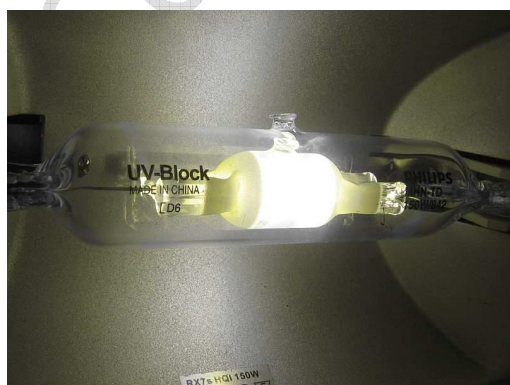
Metaalhalidelampen hebben een rendement dat vergelijkbaar is met de nieuwste generatie TL lampen (60 tot ~100 lumen/Watt) bij een levensduur tot 20.000 branduren. Daarbij daalt de lichtopbrengst wel aanzienlijk in de loop van de tijd (tot zo'n 50%!).

Met gebruik van elektronische voorschakelapparatuur kan het verlies aan lichtopbrengst beperkt blijven, zodat aan het eind van het productleven nog ongeveer 75%-80% lichtopbrengst resteert.

Een voordeel van het gebruik van metaalhalidelampen, in vergelijking met de meer gelijkmatig gespreide verlichting door TL5 buizen, is dat de belichting



Verlichting met metaalhalidelampen geeft een natuurlijk aanzien aan een rifaquarium.  
Foto: Filip Maljkovic. Een rifaquarium in Monaco.



Metaalhalidelamp (150W) ongeveer halverwege de opstart. Metaalhalidelampen functioneren onder hoge druk en hoge temperatuur. Er zijn speciale armaturen nodig om de lampen veilig te kunnen gebruiken.

De meeste lampen hebben een buitenmantel van speciaal glas, dat de onderdelen binnenin de lamp beschermt en warmteverlies moet tegengaan. Daarnaast beschermt deze tegen UV licht dat binnenin de lamp ontstaat. Let er bij deze lampen op dat UV licht inderdaad goed wordt geblokkeerd en afgeschermd. Blootstelling aan te veel UV licht is schadelijk voor de gezondheid !

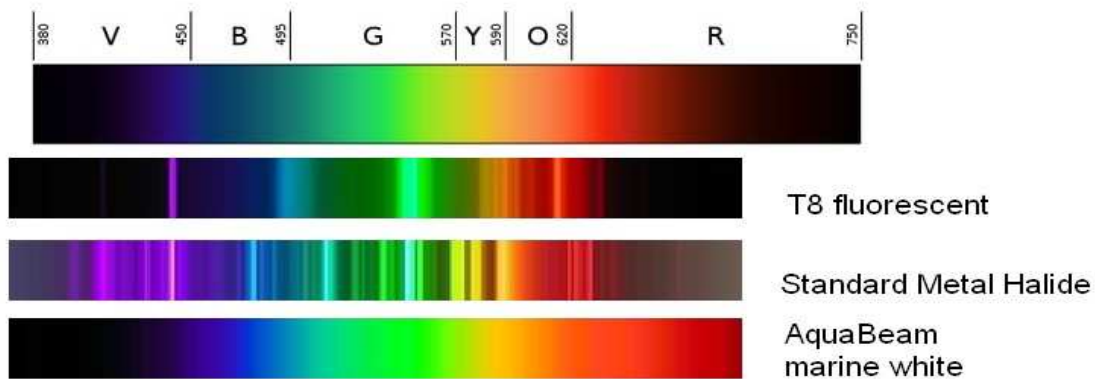
vanuit een paar beperkte punten plaatsvindt. Dit geeft een natuurlijker effect van belichting op het water, waarbij de beweging van het water weerspiegelt wordt in het aquarium op de bodem en op andere oppervlakken. Daarnaast komen licht - schaduw effecten beter tot uiting bij een 'punt' belichting.

Het voordeel van het gebruik van de TL5 fluorescentie verlichting is de veel lagere bedrijfstemperatuur en de mogelijkheid om het licht met een elektronische voorschakeling te dimmen.

### 3) LED verlichting

Sinds kort is er ook LED verlichting van een prima (kleur)kwaliteit, kleurtemperatuur en met voldoende intensiteit beschikbaar voor verlichting van zowel zoetwateraquaria, als rifaquaria. Dit geeft een aanzienlijke verbreding van de mogelijkheden.

LED (= 'light emitting diode') verlichting bestaat uit halfgeleider componenten, die licht uitstralen als er een elektrische stroom door de halfgeleider wordt gestuurd. De kleur van het licht dat de LED uitstraalt is daarbij afhankelijk van de gebruikte materialen.



Een overzicht van de spectra van een T8 fluorescentielamp, een standaard metaalhalidelamp en een *Aquabeam* marine white LED lamp in vergelijking met het lineaire spectrum van daglicht. De lampenspectra zijn overgenomen uit informatie van *TMC, Tropical Marine Center*, de producent van de LED verlichting. Duidelijk zichtbaar zijn de lijnen (pieken) die karakteristiek zijn voor spectra van fluorescentielampen en metaalhalidelampen. Het spectrum van de 'marine white' LED daarentegen bevat nauwelijks 'pieken' en laat een vloeiend verloop zien en toont wat dat betreft een betere benadering van het spectrum van natuurlijk daglicht.

In tegenstelling tot de andere verlichtingsvormen neemt bij het dimmen van een LED het rendement toe. Ook in de koude wordt het rendement groter.

Het is bij LED verlichting dan ook belangrijk om de warmte goed af te voeren. Dit komt zowel het rendement, als de levensduur van de LED ten goede.

**TMC (Tropical Marine Center)** levert **LED verlichtingsarmaturen** met de nieuwste generatie LED's van de firma CREE®, die speciaal geselecteerd zijn op lichttemperaturen en lichtspectra geschikt voor aquaria. Deze LED's zijn uniek, worden alleen beschikbaar gesteld aan TMC en zijn dus niet op andere wijze verkrijgbaar. Karakteristiek voor deze LED's is de hoge Lux waarde gecombineerd met de hoge PAR waarden.

De verlichtingsarmaturen van *TMC* voor de rifaquaria zijn samengesteld uit 14000K witte LED's en 50000K blauwe LED's. De verlichting voor beplante tropische aquaria is samengesteld uit 6500K LED's.

Mits goed geïnstalleerd heeft LED verlichting een aantal grote voordelen boven de andere vormen van verlichting.

1. De bedrijfstemperatuur is erg laag. Mits de warmte goed wordt afgevoerd zoals bij de LED lampen van *TMC*, is er geen of nauwelijks warmte afgifte naar het aquarium. Met name voor Rifaquaria is dit een belangrijk voordeel op warme zomerdagen.



Rifaquarium verlicht door een *Aquabeam 500* LED unit, de voorloper van de *Aquabeam 600*.  
De hier gebruikte kleur is 'Reef white' samengesteld uit 3 x witte LED (14000K) + 2 x blauwe LED (50000K)

De LED verlichting vraagt niet om (kostbare) extra koeling voor het aquarium.

2. LED verlichting is elektronisch dimbaar en regelbaar. De LED verlichting van *TMC* is leverbaar met een *TMC* controle-unit, die volledig geprogrammeerd kan worden met zonsopgang, lichtperiode en zonsondergang. De lichtintensiteit wordt daarbij geleidelijk opgevoerd ('fade-in'), respectievelijk teruggebracht ('fade-out').

3. LED verlichting is een 'punt' verlichting en geeft daarom soortgelijke natuurlijke

glinsteringseffecten als de metaalhalidelampen. Ook bij LED verlichting zijn schaduw – licht effecten scherper afgetekend dan bij de meer gespreide TL5 verlichting.

4. LED's zijn klein. In vergelijking met metaalhalide lampen kan LED verlichting dus beter gespreid worden over het te belichten oppervlak. Dit resulteert in een betere en gelijkmatiger verdeling van het licht over het totaal van het aquarium.

5. Tot slot is LED verlichting ook milieuvriendelijker. De lampen bevatten geen kwik, hebben een lange levensduur en zijn energievriendelijker in gebruik dan de andere types verlichting.

## Vuistregels en andere factoren van belang

We hebben hiervoor al gezien dat licht door water wordt geabsorbeerd. Het blauwe licht dringt daarbij het diepste door in zuiver water. Dit zien we bijvoorbeeld terug in de blauwe kleur van het water bij koraalriffen.

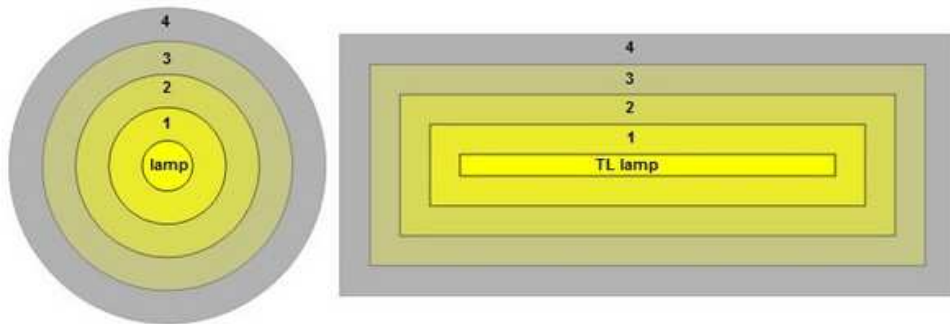
Ook in onze aquaria neemt de lichtintensiteit vrij snel af.

Metingen met fluorescentieverlichting (TL) in zoetwateraquaria geven aan dat bij een waterdiepte van 40 cm de verlichtingssterkte in lux terugloopt tot ongeveer 10 – 12% van de aanvangswaarde <sup>(6)</sup>. (Bij een waterdiepte van 50 cm resteert nog ongeveer 7-8% van het ingestraalde licht).

Dit betekent dat, als we een verlichtingssterkte van 1000 lux op de bodem van ons 45 cm hoge (dit is ~gelijk aan een waterdiepte van 40 cm) aquarium nodig hebben, we moeten beginnen met een lamp die ~10.000 lux instraalt.

Daarbij moet ook nog worden opgemerkt dat we de eerder genoemde lichtsterktes alleen vinden in een beperkt vlak recht onder de lamp(en). Van

daaruit neemt de belichtingssterkte 'radiaal' af. Anders gezegd: loodrecht onder de lamp is de belichtingssterkte het sterkst, daarbuiten neemt de belichtingssterkte uitwaaiierend af.



Schematische weergave van de lichtzones, die ontstaan door belichting vanuit een rond lichtpunt (links) en vanuit een langwerpige lichtbalk (rechts), in een denkbeeldig horizontaal vlak van het aquarium. Hoe verder verwijderd de zone is van het gebied rechtsonder het lichtpunt of de lichtbalk, hoe minder licht de zone ontvangt.

De mate waarin de lichtsterkte in de opeenvolgende zones vermindert is ondermeer afhankelijk van de openingshoek van de lichtbron.

De openingshoek geeft aan hoe sterk het licht van een lichtbundel zich verspreid. Zo is de openingshoek van een gloeilamp bijna  $360^\circ$ , omdat bij de gloeilamp het licht alleen ter plaatse van de fitting wordt tegengehouden.

Bij aquariumverlichting moet de openingshoek niet te groot zijn, omdat dan veel licht verloren gaat. Bij fluorescentielampen is het verstandig om de openingshoek te verkleinen door gebruik van reflectoren. Bij metaalhalide verlichting is gebruik van reflectoren de standaard.

Bij LED verlichting moet men er juist voor waken dat de openingshoek niet te klein is. Bij een te kleine openingshoek wordt het licht geconcentreerd op een te klein gebied van het aquarium. Bij de productie van LED verlichting kan gebruik worden gemaakt van optiek om de openingshoek aan te passen.

De door **TMC geproduceerde LED verlichting** heeft dergelijke geoptimaliseerde openingshoeken ('wide angle beam' LED's). Voor zoetwateraquaria is er de *GroBeam* verlichting met een openingshoek van  $120^\circ$ . En voor zeewateraquaria is er de *AquaBeam* verlichting met openingshoeken van  $90^\circ$  en  $80^\circ/60^\circ$ . Door de kleinere openingshoek concentreert deze laatste het licht dus meer en dat is precies de bedoeling, aangezien voor zeeaquaria hogere verlichtingssterktes nodig zijn.

Bij zeewateraquaria is het verlies aan licht door absorptie minder dan in de meeste zoetwater aquaria. Op basis van de PAR gegevens verstrekt door TMC kunnen we ruwweg schatten dat bij een waterdiepte van 50cm de verlichtingssterkte in PAR terugloopt tot 12-14% van de aanvangswaarde.

In onze zoetwateraquaria bevindt zich natuurlijk geen zuiver water. Zeker bij een tropisch aquarium voor vissen uit het Amazonegebied, of uit de Aziatische biotopen (en dat zijn de meeste van de aquaria in de huiskamer), bevat goed aquariumwater veel opgeloste en gesuspendeerde organische stoffen. Het meeste daarvan zien wij weliswaar niet, maar de in het water aanwezige deeltjes spelen wel een grote rol bij absorptie en verstrooiing van het invallende licht. Door de in het water gesuspendeerde stoffen wordt met name ook licht uit het blauwe deel van het spectrum geabsorbeerd<sup>(5)</sup>.

Dus, hoewel de absorptie van licht door water niet beïnvloed wordt door het zoutgehalte van het water<sup>(10)</sup>, is het lichtverlies in tropische aquaria van bovengenoemd type door de opgeloste en gesuspendeerde organische stoffen toch aanzienlijk groter dan het verlies in zeewateraquaria.

Concluderend kunnen we stellen dat we, voor een goede en voldoende belichting van de bodem (d.w.z. geschikt voor de groei van lichtbehoevende planten, of koralen en dergelijke), de waterdiepte in het aquarium moeten beperken tot ongeveer 50 cm. Bij deze waterdiepte is in het zeewateraquarium nog ongeveer 12 - 14% van het ingestraalde licht op de bodem beschikbaar, bij zoetwateraquaria is dat nog slechts 7 - 8%.

Bij diepere aquaria kan een inrichting in etages, waarbij de sterker lichtbehoevende organismen hoger in het aquarium geplaatst worden, wel een oplossing zijn.

## Beplant zoetwateraquarium

Beplante zoetwateraquaria zijn er in allerlei uitvoeringen en de meeste aquaria in de huiskamers vallen onder deze noemer.

De aquaria worden gekenmerkt door de combinatie van planten en vissen. Soms zijn deze afkomstig uit dezelfde biotoop (b.v. Amazonegebied), maar in de meeste gevallen zullen zowel de planten als de vissen uit meerdere gebieden afkomstig zijn (gezelschapsaquaria).

Daarnaast zijn er dan nog de zogenoemde 'landscaping' aquaria, waarbij soms alleen planten en natuurlijk decoratiemateriaal wordt gebruikt om in een aquarium een miniatuur landschap te bouwen.

Deze laatste aquaria zullen waarschijnlijk minder in het water opgeloste en gesuspendeerde organische stoffen bevatten en daardoor zal het water relatief minder licht absorberen. Dit is geen probleem, mits er voldoende minerale voedingsstoffen voor de planten beschikbaar zijn.

Want, zoals elders op onze website vermeld in het artikel over plantenvoeding (<http://www.aquariumplus-webwinkel.nl/Plantenvoeding/Het-Grote-Geheim-1>), moet bij een goed beplant aquarium altijd de hoeveelheid licht de beperkende factor voor de plantengroei zijn!

Bij de inrichting van het zoetwateraquarium is het uiteraard belangrijk om op de lichtbehoefte van de te gebruiken planten te letten. Net als bij kamerplanten en bij tuinplanten zijn er ook bij aquariumplanten planten die in de schaduw thuishoren en planten die meer licht nodig hebben. Uw leverancier van aquariumplanten kan u vertellen tot welke groep de door u gewenste planten behoren.

	<b>Verlichtingssterkte</b>	<b>Plantensoorten</b>
Schaduwplanten	> 150 lux	<i>Anubias</i> spp. Cryptocorynen (meeste soorten)
Halfschaduw-planten	> 1000 – 3000 lux	De meeste aquariumplanten
Volle zonplanten	Tot > 8000 lux	Sommige roodbladige soorten, voor gekleurde stengeltoppen.

De tabel hierboven geeft een opdeling naar lichtbehoefte van verschillende groepen aquariumplanten <sup>(6)</sup>. De lichtbehoefte in de tabel is weergegeven in lux. Deze waarden gelden alléén bij gebruik van lampen die speciaal ontwikkeld zijn voor beplante aquaria, dus met een goed gebalanceerd spectrum en een kleurtemperatuur van 3000 tot 7000K, zoals de T5 verlichting van *DENNERLE*.

Let bij inrichting van uw aquarium ook op de schaduw van groter wordende planten. De bladeren van grote planten kunnen veel licht wegvangen.

## Tot slot de algemene richtlijnen voor de benodigde lichtintensiteit

In het voorgaande hebben we uitgebreid stilgestaan bij allerlei aspecten van licht en de aquariumverlichting in het bijzonder. Het zal nu wel duidelijk zijn dat er veel verschillende aspecten van belang zijn bij de keuze van een goede verlichting van het aquarium.

Je kunt niet 'zo maar' wat verlichting (TL of LED) boven het aquarium plaatsen en dan verwachten dat het allemaal wel goed gaat omdat het er 'mooi verlicht' uitziet. Er is iets meer voor nodig om het goed te doen.

Er is een bepaalde kwaliteit van licht nodig en voldoende intensiteit in het voor de planten (zoetwater), of lichtbehoevende koralen andere dieren (zeewater) van belang zijnde golflengte gebied. En daarnaast wil je als toeschouwer ook graag



een aangenaam licht in het aquarium hebben. Per slot van rekening is het ook de bedoeling om van het aquarium te kunnen genieten.

We hebben hiervoor gezien dat lux, lumen, Watt en dergelijke op zichzelf genomen geen goede eenheden zijn om de hoeveelheid benodigde aquariumverlichting te beschrijven. Immers, lux en lumen zeggen iets over de lichtintensiteit van de lamp voor het menselijk oog en watt zegt iets over het verbruikte vermogen, maar op zichzelf niets over de lichtopbrengst.

Ook PPFd en PAR beschrijven maar één deel van een lamp, namelijk dat deel van het licht dat gebruikt kan worden voor fotosynthese door planten. Het geeft echter niet aan of het lichtspectrum van de lamp evenwichtig is over het blauwe en rode gebied en het zegt al helemaal niets over de voor ons zichtbare kleur van het licht.

Eenheden als lumen, lux, PPFd, PAR en Watt kunnen dus alleen maar worden gebruikt ter vergelijking van lampen met ongeveer hetzelfde lichtspectrum en ongeveer dezelfde efficiëntie.

Voor de selectie van goede verlichting moet er gelijktijdig naar meerdere aspecten van de verlichting worden gekeken. Gelukkig doen de huidige fabrikanten van goede aquariumverlichting dat ook. Men kijkt zowel naar het lichtspectrum en de lichtkleur (graden Kelvin), als ook naar de lichtopbrengst en optimaliseert de lampen op juist die parameters. Vandaar dat er voor beplante zoetwateraquaria andere lampen ontwikkeld zijn dan voor zeewateraquaria en rifaquaria.

Dergelijke lampen kunnen onderling worden vergeleken op basis van een relatieve eenheid, zoals het aantal Watts of lumen, mits het om lampen van dezelfde soort (bijvoorbeeld TL, of LED) gaat en die voor hetzelfde doel ontwikkeld zijn (dus met een vergelijkbaar spectrum, bijvoorbeeld voor een plantenaquarium, of voor een rifaquarium).

Voor het geven van bruikbare richtlijnen is het dan het beste om de lichtbehoefte van een aquarium uit te drukken in Watts per 100 cm<sup>2</sup> wateroppervlak en dat bij een bepaalde waterdiepte van het aquarium.

Het wateroppervlak bepaalt de grootte van het oppervlak dat belicht moet worden, de waterdiepte (of 'waterkolom') bepaalt de mate van absorptie van het licht door het water. Beide zijn van belang om de hoeveelheid benodigd licht vast te stellen.

### Richtlijn bij gebruik T5 fluorescentieverlichting

In de tabel hieronder zijn richtlijnen weergegeven voor het gebruik van aquarium fluorescentieverlichting in combinatie met goede reflectoren.

Uitgangspunt daarbij is het gebruik van aquariumverlichting die aan de huidige kwaliteitseisen voldoet; ~ 60 lumen per Watt lichtopbrengst.

Type aquarium	Hoeveelheid licht in Watts per 100 cm <sup>2</sup> wateroppervlak	Waterkolom	Kleur (in °K)
Beplant zoetwater	1,5 – 2 Watt/100 cm <sup>2</sup>	40 – 45 cm	Tussen 3500 K en 7500 K
Dicht beplant (Aquascaping; Hollands aquarium)	3 – 5 Watt/100 cm <sup>2</sup>	40 – 50 cm	Tussen 3500 K en 7500 K
Rif aquarium	2,5 – 5 Watt/100 cm <sup>2</sup>	35 – 45 cm	1400 K + blauw

Benodigde verlichting bij gebruik **fluorescentieverlichting** (T5, T8, PL)

De richtlijnen geven een bandbreedte aan waarbinnen u zelf een keuze moet maken, rekening houdend met de verschillende aspecten zoals eerder in dit artikel genoemd. Elk aquarium is immers uniek.

### Richtlijn bij gebruik LED verlichting

Voor gebruik van LED verlichting worden hieronder richtlijnen gegeven voor het gebruik van LED aquariumverlichting van TMC.

Type aquarium	Hoeveelheid licht in Watts per 100 cm <sup>2</sup> wateroppervlak	Waterkolom	Kleur (in °K)
Beplant zoetwater	1-1,2 Watt/100 cm <sup>2</sup>	40-45 cm	6500 K
Zoetwater of zeewater met alleen vissen	1 Watt/100 cm <sup>2</sup>	40-45 cm	14000 K + blauw
Zeewater met levende steen, zacht koraal	1,3-1,7 Watt/100 cm <sup>2</sup>	40-45 cm	14000 K + blauw
Rifaquarium	1,5-2 Watt/100 cm <sup>2</sup>	40-45 cm	14000 K + blauw

Benodigde verlichting bij gebruik van **LED aquariumverlichting** van TMC

Voor zeewateraquaria wordt voor de belichting een toenemende hoeveelheid diepblauw aanbevolen, naarmate er sterker lichtbehoevende organismen in het aquarium aanwezig zijn en naarmate het aquarium dieper is.

Meer uitgebreide aanbevelingen voor de benodigde TMC LED verlichting (voor zowel het aantal lampen als ook de lichtkleur/lichttemperatuur) voor het zoetwater-, zeewater-, en rifaquarium kunt u vinden in het artikel '**Wat is er nodig voor een goede LED verlichting van het aquarium?**', elders op deze website in de rubriek '**Aquarium LED verlichting**'.

**Let op!** De bovenstaande richtlijnen zijn niet zondermeer door te trekken naar LED verlichting van andere fabrikanten. Met name bij LED verlichting is er momenteel nog erg veel verschil in kwaliteit (zowel wat betreft het lichtspectrum, als de lichtopbrengst en de openingshoek). Ga dus eerst na of de LED's vergelijkbaar zijn in kwaliteit met de hier gebruikte LED's van TMC, voordat u deze tabel gebruikt.

## Referenties

- (1) [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Linear\\_visible\\_spectrum.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Linear_visible_spectrum.svg)
- (2) [http://nl.wikipedia.org/wiki/Lux\\_\(natuurkunde\)](http://nl.wikipedia.org/wiki/Lux_(natuurkunde));  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Lux> ; [http://de.wikipedia.org/wiki/Lux \(Einheit\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Lux_(Einheit))
- (3) <http://www.lights-interaction.com>
- (4) CL Braun and SN Smirnov. Why is water blue. *Journal Chem. Educ.* 1993, 70(8), 612.
- (5) *Algen im Aquarium/Licht*; <http://www.aquamax.de/HG06UG02.htm>
- (6) *De grote Dennerle -adviseur, Systeem voor fascinerende aquaria*, 2003, p 88-89
- (7) [http://de.wikipedia.org/wiki/Sichtweite\\_unter\\_Wasser](http://de.wikipedia.org/wiki/Sichtweite_unter_Wasser)
- (8) *Algemene Gids voor het ZEOvit systeem*; website AquariumPlus-Webwinkel onder de rubriek 'waterzuivering'.
- (9) <http://nl.wikipedia.org/wiki/Kleurtemperatuur>;  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Farbtemperatur>

Copyright 2012: AquariumPlus. De tekst van dit artikel is ook te vinden op onze website [www.aquariumplus-webwinkel.nl](http://www.aquariumplus-webwinkel.nl) , waar u ook terecht kunt voor verder advies en voor de aanschaf van in dit document genoemde producten.

U mag deze tekst downloaden en/of printen voor eigen gebruik, mits u de vermelding van het copyright intact laat. Ook mag U deze tekst, of onderdelen daarvan, publiceren door bv plaatsing op uw website, mits u de copyright vermelding intact laat, ons via email of op andere wijze informeert over het gebruik en daarbij een link plaatst naar het originele artikel op onze website:

(<http://www.aquariumplus-webwinkel.nl/Verlichting/Licht-Hoe-werkt-dat-nu-precies>)

Elk ander gebruik is uitsluitend toegestaan nadat u schriftelijke toestemming daartoe van ons hebt verkregen.