

Licht en kleuren



Twee hoofdvragen:

- Wat is **licht**?
- Wat is **kleur**?



De twee hoofdvragen die centraal staan zijn: ‘Wat is licht?’ en ‘Wat is kleur?’.

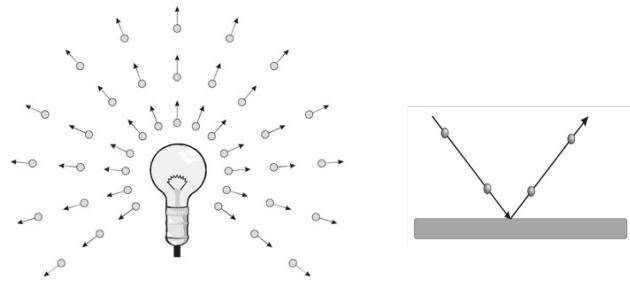
Wat is licht?



Wat is licht nou eigenlijk precies? Over deze vraag wordt al eeuwenlang nagedacht door allerlei geleerden. En hoe meer men erover te weten kwam, hoe vreemder en ingewikkelder het werd. Nog steeds weet men niet alles over dit bijzondere verschijnsel.

Wat is licht?

+/- 1670 Isaac Newton: licht bestaat uit deeltjes



Een van de belangrijkste wetenschappers die een theorie bedacht over licht was Isaac Newton. Rond het jaar 1670 stelde hij dat licht bestaat uit een soort lichtdeeltjes. Deze deeltjes worden uitgezonden door een lichtbron (zoals de zon of een lamp) en kunnen net als stuiterballen terugkaatsen van een oppervlak en zich zo verder verspreiden.

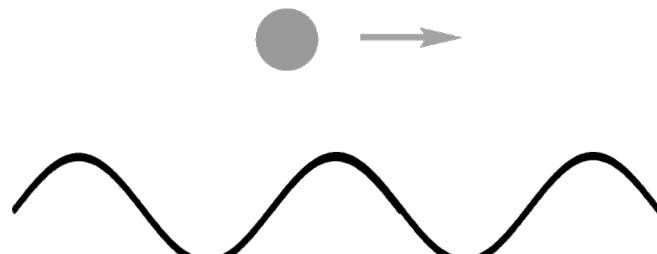
Wat is licht?

1678 Christiaan Huygens: licht bestaat uit golven



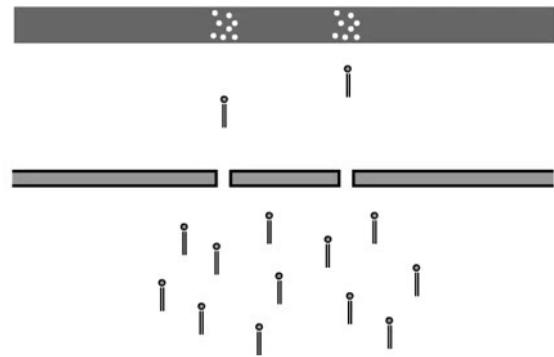
In 1678 was er een andere belangrijke wetenschapper, de Nederlander Christiaan Huygens, die juist beweerde dat licht uit golven bestaat. Licht kan je dan vergelijken met bijvoorbeeld de golven die in het water van een vijver ontstaan als je er een steen in gooit. Ze verspreiden zich vanaf een bepaald punt over een steeds groter oppervlak.

Deeltje of golf?



Maar wat is nou waar: is licht een deeltje of een golf?

Lichtdeeltjes



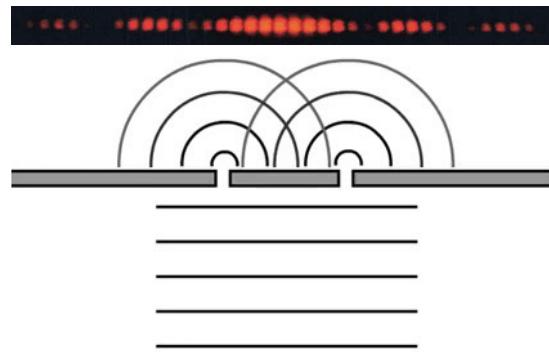
Stel dat licht uit deeltjes zou bestaan (een soort piepkleine stuiterballetjes), en je zou een lichtstraal door twee hele kleine spleten laten gaan, dan verwacht je dat er achter die spleten twee lichte plekken ontstaan waar het licht door de spleten op de muur valt. (Dat zie je hier van bovenaf schematisch afgebeeld.)

Filmpje golfpatroon in vijver

Als licht uit golven zou bestaan, dan kunnen die golven elkaar beïnvloeden, net zoals golven in het water (te zien in dit korte filmpje:

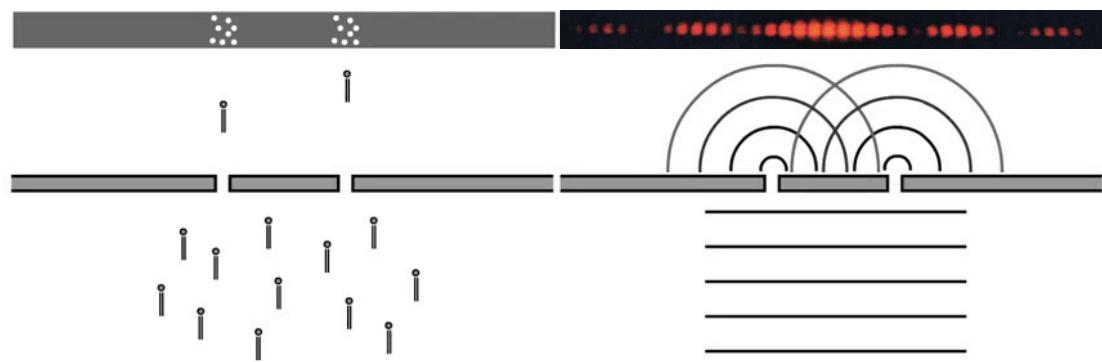
<https://www.youtube.com/watch?v=Sug0iBjTmtc>). Waar twee golven elkaar ontmoeten, kunnen twee dingen gebeuren: of ze versterken elkaar, of ze doven elkaar juist uit. Op de plekken waar ze elkaar versterken, wordt de golf hoger (sterker), en op de plekken waar ze elkaar uitdoven, wordt de golf lager (zwakker) of verdwijnt hij zelfs. Als je goed naar het filmpje kijkt dan kun je de plekken zien waar de golven elkaar versterken (de hogere ‘piekjes’ in het water) en waar ze elkaar uitdoven (de lagere ‘piekjes’).

Lichtgolven



Wanneer je het experiment met de lichtstraal door de twee spleten in het echt gaat uitvoeren, dan gebeurt er iets bijzonders: er ontstaat een breed patroon van meerdere lichte en donkere plekken op de muur. Dat is precies zoals je zou verwachten als licht uit golven bestaat: de lichte plekken ontstaan waar lichtgolven elkaar versterken en de donkere plekken ontstaan waar lichtgolven elkaar uitdoven.

Wat is licht?



Betekent dit dat Christiaan Huygens gelijk had en dat licht inderdaad uit golven bestaat? Helaas is het antwoord niet zo eenvoudig. Meestal gedraagt licht zich inderdaad alsof het een golf is, maar soms gedraagt licht zich juist als deeltje! Dit hangt onder andere af van het soort experiment dat je uitvoert. En om het nog gekker te maken: het hangt zélf af van of je wel of niet kijkt terwijl je het experiment uitvoert...

Bizar? Welkom in de wereld van de quantummechanica. (Wees gerust, als je hier niets van begrijpt dan ben je niet de enige: zelfs deskundigen begrijpen eigenlijk nog niet precies hoe dit werkt.)

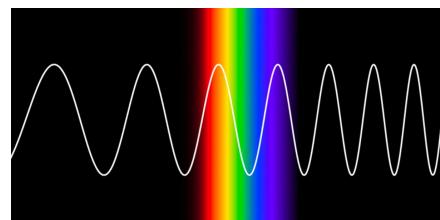
*Licht is zowel een **golf** als een **deeltje**...*



De conclusie is dus min of meer dat licht zowel een golf als een deeltje is. Wonderlijk, niet waar?

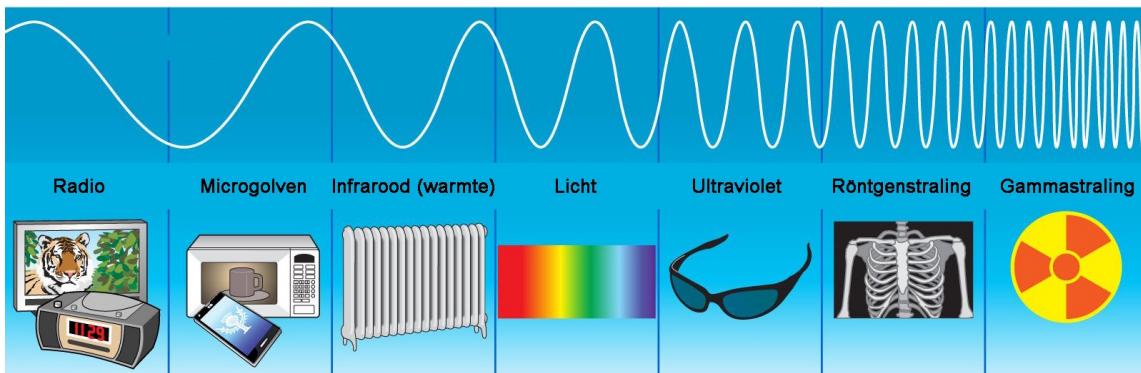
Wat is licht?

Licht is een vorm van **elektromagnetische straling**



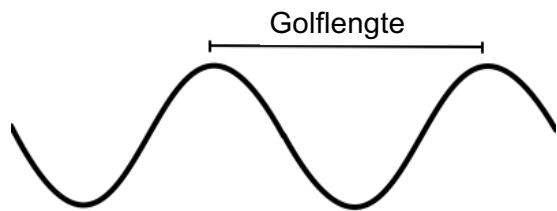
Licht is ook een vorm van zogeheten elektromagnetische straling. Er zijn allerlei vormen van elektromagnetische straling, waarvan de meeste soorten onzichtbaar voor ons zijn.

Het elektromagnetisch spectrum



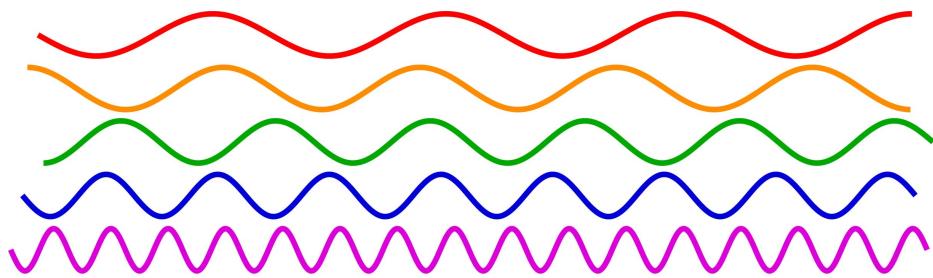
Naast licht zijn de bekendste vormen van elektromagnetische straling: radiostraling, microgolfstraling (wordt o.a. gebruikt in magnetrons om je eten te verwarmen), infrarood (ook wel warmtestraling genoemd), ultraviolet (dit zit o.a. in zonlicht, het is de straling waar je bruin van wordt), röntgenstraling (wordt in het ziekenhuis gebruikt om bijvoorbeeld foto's van je botten te maken) en gammastraling (een vorm van radioactieve straling). Bij elkaar wordt dit het elektromagnetisch spectrum genoemd.

Het verschil tussen deze soorten straling zit in de lengte van de golven, ofwel de golflengte. Deze golflengtes variëren van enorm lang (honderden kilometers) tot zeer kort (minder dan een miljardste van een meter).



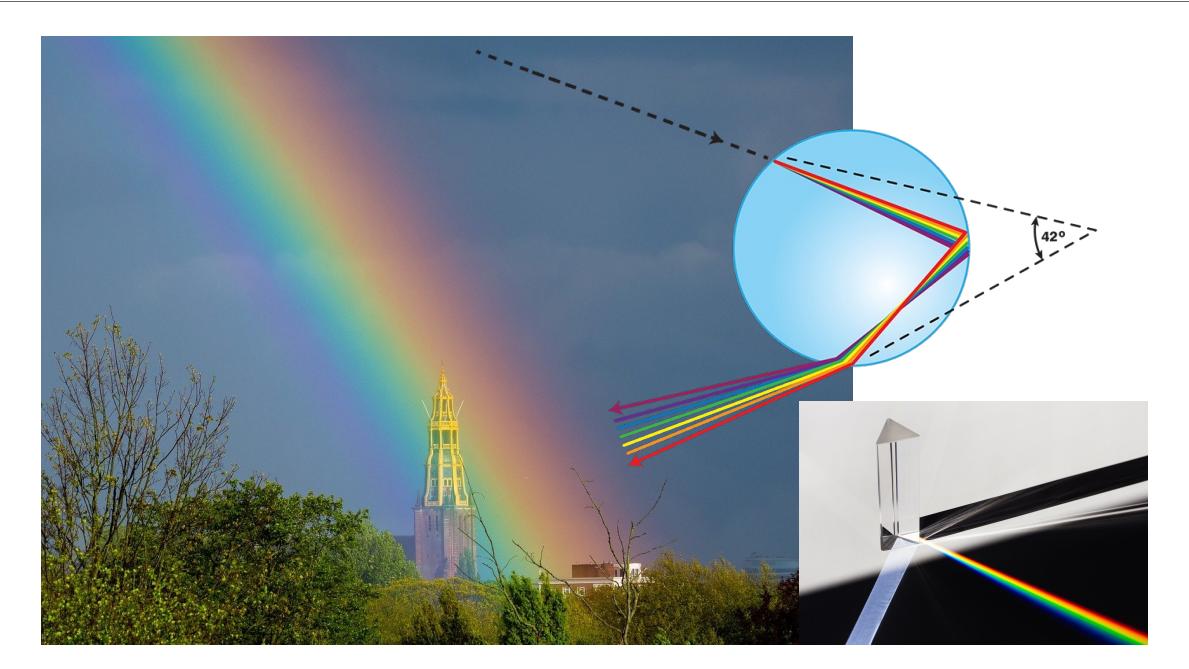
De golflengte is de afstand tussen twee toppen van een golf. Hoe groter deze afstand, hoe langer de golflengte.

Wat is kleur?



Nu we (ongeveer) weten wat licht is, komt de tweede vraag naar voren: wat is kleur?

De kleuren waaruit licht bestaat ontstaan ook door een verschil in de golflengtes. Maar het verschil tussen de golflengtes van de kleuren onderling is wel veel kleiner dan tussen de verschillende soorten elektromagnetische straling. Elke kleur heeft zijn eigen golflengte: rood heeft de langste golven en paars de kortste.

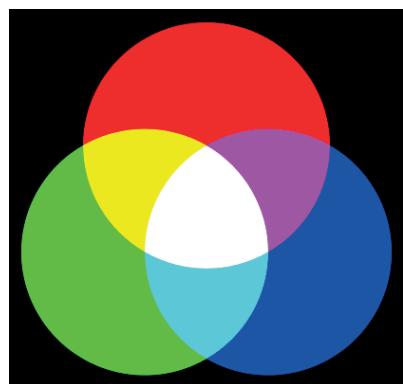
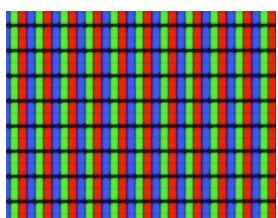


Het licht van de zon bestaat uit alle kleuren van de regenboog. Een regenboog ontstaat doordat het (witte) zonlicht weerkaatst op heel veel kleine regendruppels tegelijk. Doordat elke kleur net iets anders weerkaatst wordt in de waterdruppels, zie je de verschillende kleuren onder elkaar. Dat wordt lichtbreking genoemd. Hetzelfde gebeurt in bijvoorbeeld een driehoekig stukje glas (een prisma) dat je in een sterke lichtbron houdt.

Uit hoeveel kleuren bestaat een regenboog eigenlijk? Misschien denk je dat het er 6 of 7 zijn: rood, oranje, geel, groen, blauw en paars (soms nog opgedeeld in indigo en violet). Maar eigenlijk zijn het er veel meer, want ook tussen deze kleuren in zitten nog vele andere kleuren.

Kleuren mengen

Met licht: **RGB** (Rood Groen Blauw)

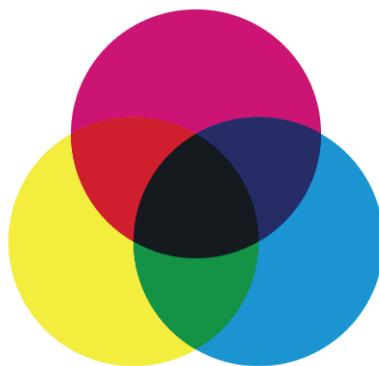
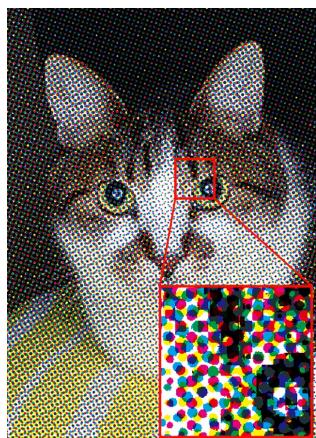


Wit licht bestaat dus uit een combinatie van verschillende kleuren. Je kan wit licht maken door kleuren met elkaar te mengen. Maar dat hoeven niet alle kleuren van de regenboog te zijn: met slechts drie basiskleuren (rood, groen en blauw, ook wel het RGB-kleursysteem genoemd) ontstaat er al wit licht (of eigenlijk: licht dat wij als wit waarnemen). Maar als je bijvoorbeeld alleen rood licht en groen licht mengt (dus zonder blauw) dan krijg je geel. Op een vergelijkbare manier kan je ook andere kleuren maken. Dit kan je demonstreren door met gekleurde lampen op een witte muur te schijnen en zo verschillende kleuren samen te voegen.

De beeldschermen van bijvoorbeeld tv's, computers en mobiele telefoons werken ook op deze manier. In die schermen zitten hele kleine lampjes (pixels) met alleen deze drie basiskleuren. Dat kan je zien als je er met een vergrootglas naar kijkt. Door sommige pixels aan en andere juist uit te zetten, kan je alle kleuren van de regenboog maken. Dat komt omdat de pixels zo klein zijn dat je ze van een afstandje niet meer van elkaar kunt onderscheiden en je alleen de gemengde kleuren licht ziet die ze samen maken.

Kleuren mengen

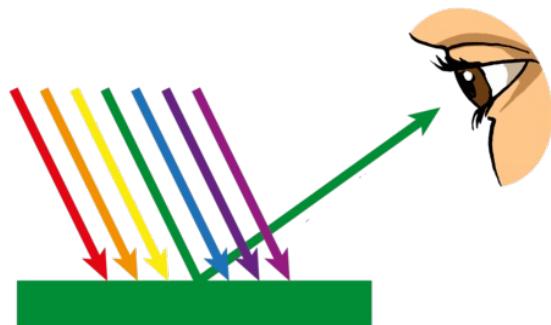
Met kleurstoffen: **CMYK** (Cyaan Magenta Geel Zwart)



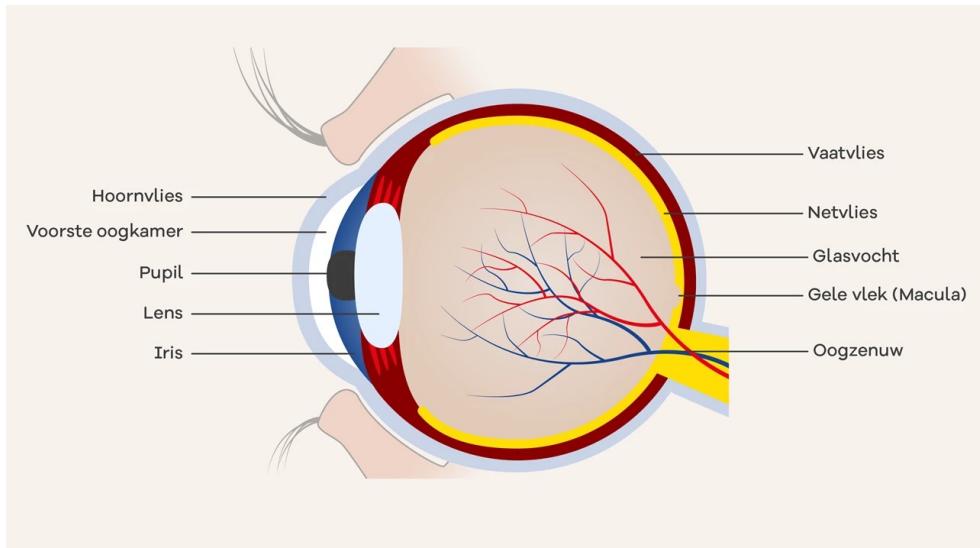
Je kan kleuren ook op een andere manier mengen, namelijk met kleurstoffen (zoals verf of inkt). Net als bij licht kan je kleurstoffen opdelen in drie basiskleuren, meestal cyaan, magenta en geel (het CMYK-kleursysteem genoemd). Vaak wordt ook zwart daarbij genoemd, omdat je die kleur nodig hebt om bijvoorbeeld lijnen en tekst af te drukken en om een diepe zwarte kleur te krijgen. Kleurstoffen maken zelf geen licht, maar nemen juist licht op (dat heet absorberen). Gele kleurstof neemt bijvoorbeeld alle kleuren licht op behalve geel. Het gele licht wordt juist teruggekaatst en daardoor zie je de kleur geel. Als je er vervolgens een andere kleurstof bij doet, bijvoorbeeld cyaan (een blauwachtige kleur), dan ontstaat er een nieuwe kleur, in dit geval groen, omdat alle andere kleuren licht worden geabsorbeerd. Maar meng je alle drie de basiskleuren in gelijke hoeveelheid, dan krijg je geen wit maar juist iets dat lijkt op zwart. Dat komt omdat dan alle kleuren licht worden geabsorbeerd en er dus geen licht meer wordt teruggekaatst. En geen licht betekent dat het er zwart uitziet.

Als je van dichtbij kijkt naar een gedrukte of geprinte afbeelding, dan zie je de drie basiskleuren terugkomen in de vorm van kleine, gekleurde puntjes. Ook printers maken dus alle kleuren door gebruik te maken van slechts drie basiskleuren.

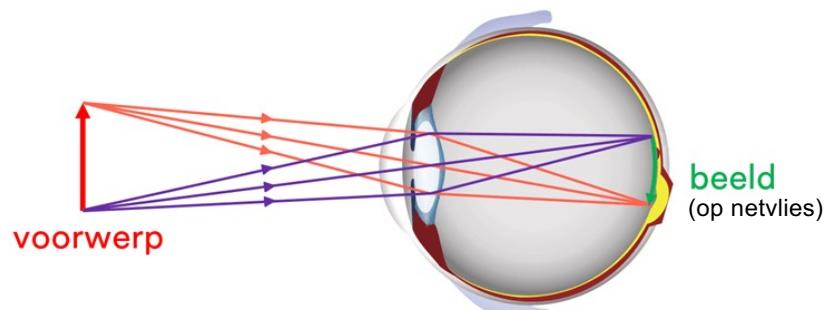
Kleuren zien



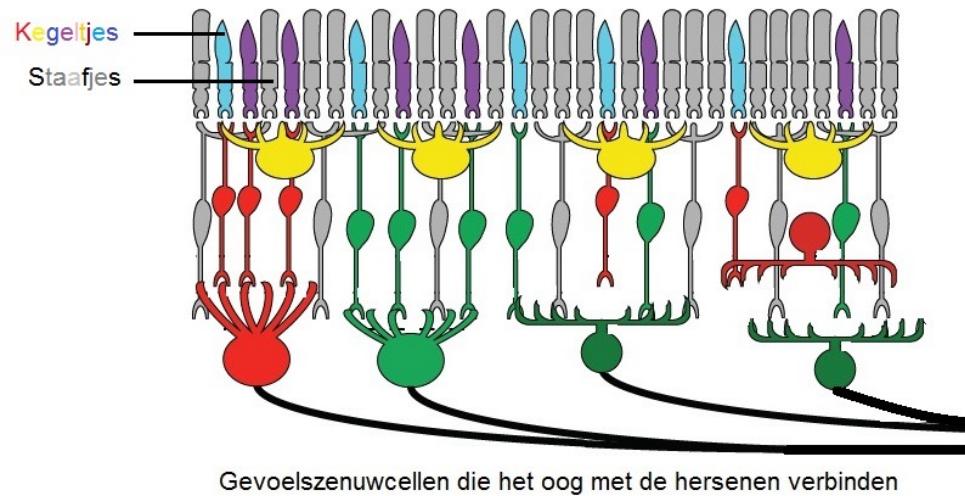
Maar hoe zien we nu kleuren? Als we bijvoorbeeld kijken naar een groen voorwerp, dan ziet dat er voor ons groen uit omdat alle andere kleuren licht door het voorwerp worden opgenomen. Alleen de 'groene lichtstralen' worden weerkaatst en bereiken ons oog.



Om te begrijpen hoe we met onze ogen kleuren kunnen waarnemen, moet je eerst iets weten over de bouw van het oog. De onderdelen die hiervoor het belangrijkst zijn, zijn de pupil, de lens en het netvlies. De pupil is eigenlijk een opening in de iris (het gekleurde deel van je oog) aan de voorkant van je oogbol, waardoor het licht je oog binnen kan komen. Het netvlies zit juist aan de achterkant van je oogbol.



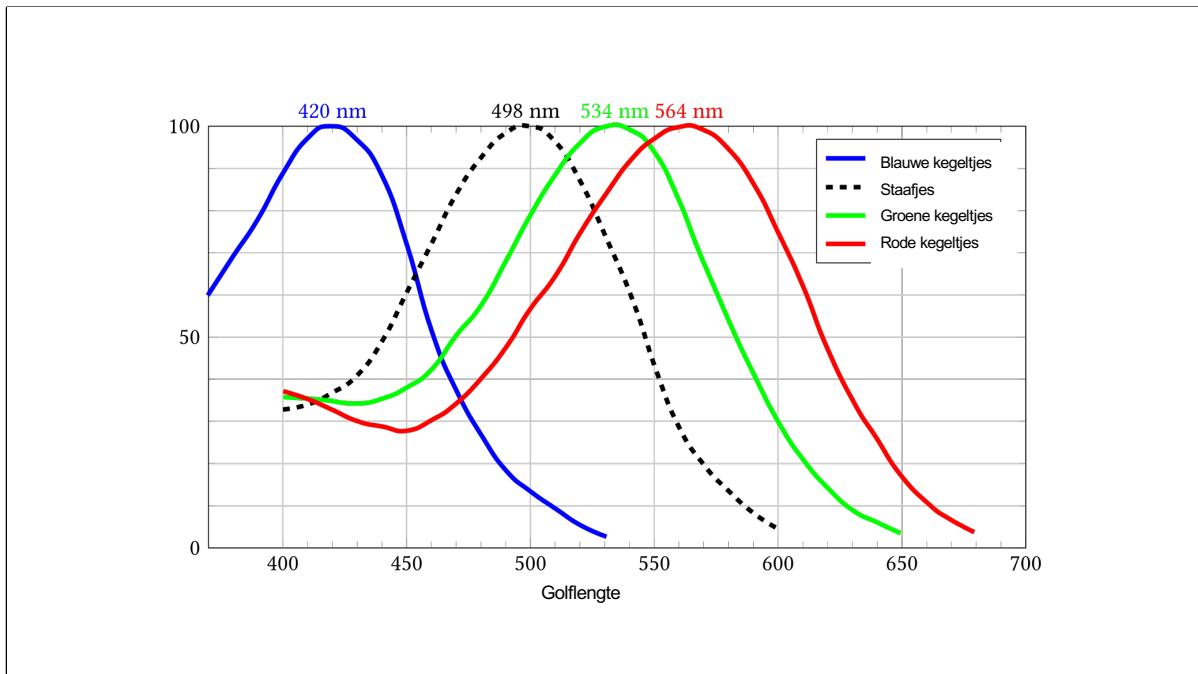
Als we naar een voorwerp kijken, dan wordt het licht van dat voorwerp weerkaatst naar onze ogen. De lichtstralen vallen via de pupil eerst op je ooglens, waar het licht wordt afgebogen en uiteindelijk op je netvlies terechtkomt. Omdat een lens het beeld omdraait, zien je ogen de wereld eigenlijk op zijn kop. Maar gelukkig zorgen je hersenen ervoor dat je alles toch weer goed ziet.



Gevoelszenuwcellen die het oog met de hersenen verbinden

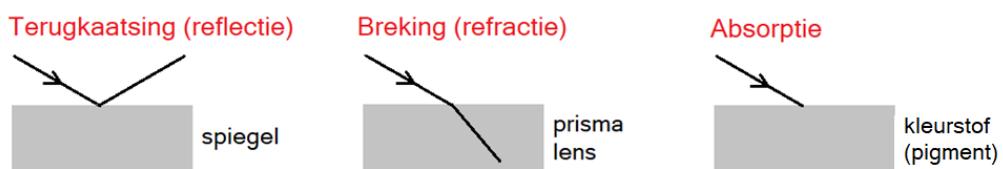
In je netvlies zitten twee soorten ‘lichtontvangers’. Dat zijn speciale cellen die gevoelig zijn voor licht. Ze zetten een lichtgolf om in een elektrisch stroomje dat via verschillende zenuwcellen naar de hersenen gaat. Deze lichtgevoelige cellen worden staafjes en kegeltjes genoemd. Met de staafjes kan je alleen grijstinten zien en geen kleuren. Ze werken vooral als er weinig licht is, zoals ‘s nachts. Met de kegeltjes kan je juist wel kleuren zien, maar die werken alleen als er voldoende licht is. Daarom zie je in het donker ook vrijwel geen kleuren. Probeer maar eens.

Er zijn drie soorten kegeltjes: voor rood, groen en blauw licht. Het is geen toeval dat dit precies de drie basiskleuren licht zijn die ook gebruikt worden in bijvoorbeeld beeldschermen. Ook in je ogen worden deze drie basiskleuren dus als het ware gemengd om alle kleuren van de regenboog te kunnen zien.



In deze grafiek zie je voor welke kleur (golflengte) de verschillende soorten kegeltjes het meest gevoelig zijn. Door de elektrische signalen die de kegeltjes naar de hersenen sturen op een ingenieuze manier te combineren en te ‘vertalen’, kunnen je hersenen een (kleuren)plaatje maken van de wereld om je heen.

Lichtbreking



Wanneer een lichtstraal op een oppervlak valt (zoals op een voorwerp of op het water), dan kunnen er in principe drie dingen gebeuren: de lichtstraal wordt teruggekaatst (gereflecteerd), de lichtstraal wordt gebroken (refractie genoemd), of de lichtstraal wordt geabsorbeerd waardoor deze 'uitdooft'. Wat er precies gebeurt hangt van een aantal dingen af, waaronder het soort oppervlak (de samenstelling van het materiaal) en de hoek waaronder de lichtstraal op het oppervlak valt (bijvoorbeeld schuin van opzij of recht van boven). Bij reflectie kaatst de lichtstraal weer van het oppervlak af. Bij breking gaat de lichtstraal verder in het andere materiaal, maar wordt daarbij wel afgebogen in een andere richting. Vaak is het zo dat er zowel reflectie als breking kan optreden, afhankelijk van hoe schuin de lichtstraal op het oppervlak valt.

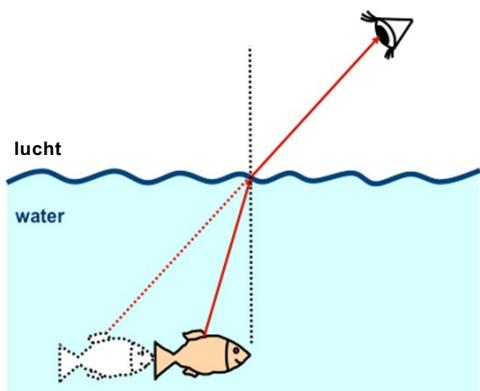
Voorbeelden van reflecties zie je bij spiegels of wateroppervlakken. Breking gebeurt o.a. in lenzen (zoals in het oog) of in prisma's en waterdruppels (zoals bij een regenboog).

Absorptie gebeurt door kleurstoffen die het licht deels of helemaal kunnen opnemen.



Lichtbreking kan voor bijzondere of grappige effecten zorgen. Misschien heb je wel eens gezien dat een lepel of rietje in een glas met drinken gebogen of geknikt lijkt te zijn op het grensvlak tussen de lucht en de vloeistof. Of dat wanneer je in een zwembad rechtop staat, het deel van je lichaam dat onder water is ineens veel korter lijkt als je naar beneden kijkt. En ook de foto's die je hier ziet zijn voorbeelden van lichtbreking.

Lichtbreking



Ook vissers en vogels die een vis willen vangen, hebben te maken met lichtbreking. Wanneer je aan de waterkant staat en in het water kijkt, lijken de dingen die je onder water ziet op een andere plek te liggen of te zwemmen dan in werkelijkheid. Om een vis te kunnen vangen met zijn snavel, moet een reiger daarom niet mikken op de plek waar hij de vis ziet, maar juist iets ervoor. Vogels moeten dus verstand hebben van natuurkunde om te kunnen vissen...

Samengevat

- **Licht** is zowel een **deeltje** als een **golf**
- **Kleuren** ontstaan door verschillende **golflengtes** van het licht
- Met slechts drie **basiskleuren** kan je alle kleuren van de regenboog maken
- We kunnen kleuren waarnemen met speciale lichtgevoelige cellen in ons oog: de **kegeltjes**
- Lichtstralen kunnen worden **gebroken** of **gereflecteerd** als ze op een oppervlak vallen

Filmpje polarisatiekunst

Je kan ook kunst maken door gebruik te maken van de eigenschappen van licht. In dit filmpje (<https://www.youtube.com/watch?v=Qu2HKvJlx2M>) zie je een afbeelding van een kat die steeds van kleur verandert. Dit effect ontstaat door plakband in laagjes van verschillende dikte op een vel doorzichtig plastic te plakken en er dan met speciale lichtfilters (polarisatiefilters) naar te kijken. Zowel voor als achter het plastic moet een filter geplaatst worden. Een handige manier hiervoor is om gebruik te maken van een beeldscherm met een witte achtergrond en een polaroid zonnebril of 3D-bioscoopbril. Als je het plastic voor het scherm houdt en er dan met zo'n bril naar kijkt, zie je kleuren verschijnen. Als je de bril (of het plastic) vervolgens ronddraait, veranderen de kleuren.