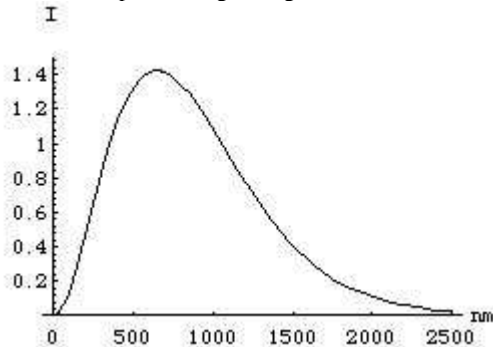


## Lichtintensiteit en de kleur van de irisschijf

### De gevoeligheid van het menselijk oog voor lichtintensiteit

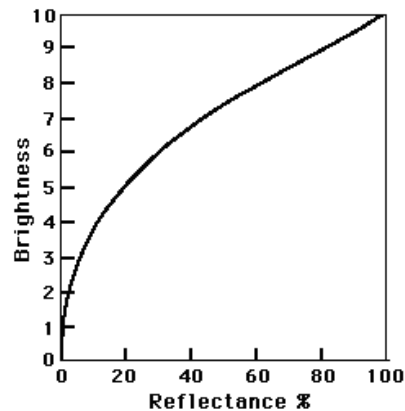
Mensen hebben voldoende licht nodig om goed te kunnen zien hoe de wereld om hen heen er uit ziet en om kleuren te kunnen zien. Licht kaatst vanaf objecten waar je naar kijkt en valt daardoor in je oog. Het licht valt op het netvlies waardoor een elektrisch signaal via de zenuw naar de hersenen wordt gestuurd, waar het verwerkt wordt en omgezet naar het beeld dat we waarnemen. De hoeveelheid licht speelt daarbij een belangrijke rol. Zo is het bijvoorbeeld moeilijk om in het duister goed te kunnen lezen. Te veel licht kan echter ook voor problemen zorgen. Dan kan er lichtstrooiing in het oog ontstaan.

We noemen licht met een golflengte van 400 tot 700nm "zichtbaar" licht omdat dit de golflengtes zijn waar onze ogen gevoelig voor zijn. Deze reikwijdte bestrijkt het gebied van frequenties van het zonlicht dat met voldoende kracht het aardoppervlak en ons netvlies bereikt. De spectrale verdeling heeft een piek bij circa 600nm, wat in het midden van het zichtbare lichtspectrum ligt. Dit gedeelte wordt ook wel een "black body" spectrum genoemd.



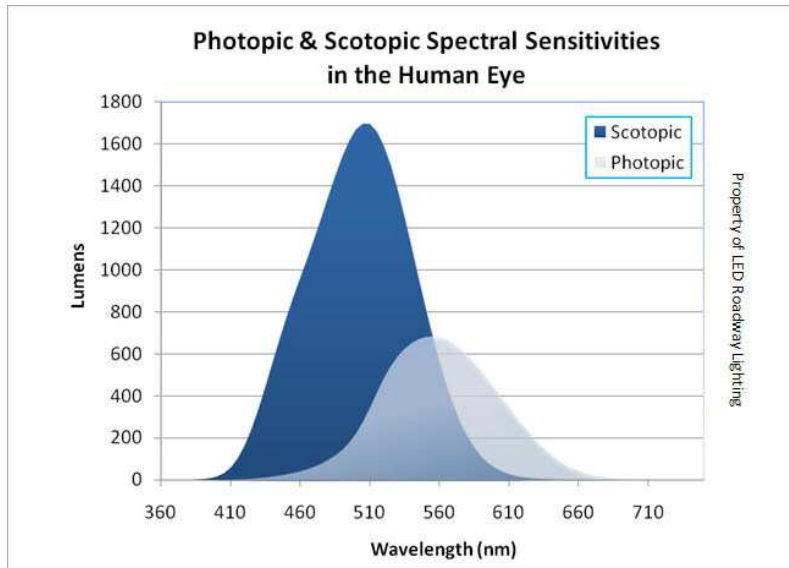
Het fysiologische proces van zien begint met de absorptie van een foton (lichtdeeltje) door een pigment dat retinal wordt genoemd. We kunnen een pigment definiëren als een substantie dat fotoreactief is. De absorptie veroorzaakt een verandering in de chemische samenstelling van het pigment.

De helderheid waarmee ons oog licht waarneemt neemt niet in een rechte lijn toe. Experimenten hebben aangetoond dat de waargenomen helderheid logaritmisch toeneemt.



Het menselijke visuele systeem reageert bovendien niet gelijkmatig op alle golflengten van het zichtbare licht spectrum. Het is het meest gevoelig voor groen-geel in het midden van het zichtbare spectrum en veel minder gevoelig voor rode en blauwe golflengtes die aan de uiteindes van het spectrum liggen. Bovendien bezitten de twee soorten fotoreceptoren, de staafjes en de kegeltjes, elk een eigen spectrale lichtgevoeligheid. Photopische gevoeligheid voor de circa 7 miljoen kegeltjes en scotopische gevoeligheid voor de circa 120 miljoen staafjes. Onder donkere omstandigheden is er te weinig licht om de kegeltjes te activeren en zijn alleen de staafjes actief. Voor het nauwkeurig waarnemen en herkennen van vormen en kleuren is voldoende licht nodig en zijn alleen de kegeltjes relevant. De staafjes zijn dan verzadigd en is in dat geval sprake van photopische werking. De werking van de staafjes die samengaat met scotopische gevoeligheid, heeft geen rol bij de belangrijke taak van object herkenning. Andere taken zoals de perceptie van de helderheid van grote oppervlakken, periferie zicht en detectie van objecten die zich niet in de directe gezichtsrichting bevinden worden beïnvloed door de reactie van de staafjes en in zo'n geval worden zowel photopische als scotopische gevoeligheids functies gebruikt.

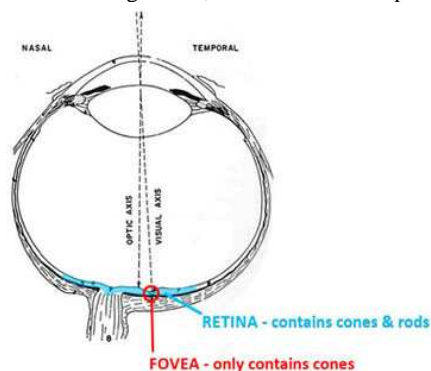
De piek voor photopische waarneming ligt bij circa 555nm. De piek schuift naar een golflengte van 505nm voor scotopische waarneming. De piek verschuift onder gedimde lichtomstandigheden in de richting het blauwe deel van het spectrum.



De visuele functies van het oog kunnen in vier verschillende taken verdeeld worden: centraal zicht (in een rechte lijn vooruit) met object detectie en herkenning; ruimtelijke helderheid perceptie; object detectie buiten het centrale zicht; beweging detectie.

#### *Centraal zicht met object detectie en herkenning*

Bij mesoptische lichtomstandigheden is deze taak onafhankelijk van de helderheid van de omgeving en beperkt zich tot het identificeren van objecten die zich recht vooruit in de zichtrichting bevinden. In het oog wordt deze taak door de fovea in het centrale deel van het netvlies uitgevoerd, waar de zichtscherpte het grootste is. Hier bevinden zich enkel kegeltjes.



Doorsnede van het rechteroog

#### *Ruimtelijke helderheid perceptie*

Deze functie bepaalt hoe licht wordt waargenomen over een breed verlicht oppervlak. Detectie vindt plaats door zowel kegeltjes als staafjes over het gehele netvlies.

#### *Object detectie buiten het centrale zicht*

Deze taak bestaat uit het verzamelen van visuele informatie die zich niet in een rechte zicht richting bevindt. Onder mesoptische omstandigheden gebeurt dit door zowel kegeltjes als staafjes.

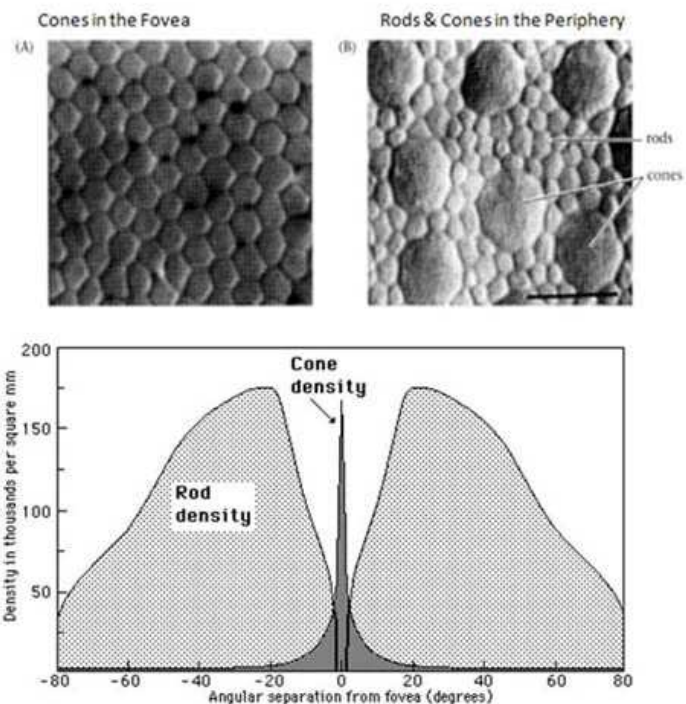
#### *Beweging detectie*

De mogelijkheid om beweging in zowel het centrale deel als het omliggende deel van de zichtrichting waar te nemen is vooral belangrijk bij gedimde licht omstandigheden. Men heeft vastgesteld dat bij mesoptische licht omstandigheden niet-centrale bewegingsdetectie beter werkt bij blauwachtig licht als bij een meer roodachtig licht bij een zelfde photopische licht omstandigheid. Dit geeft aan dat ook de staafjes betrokken zijn bij niet-centrale bewegingsdetectie.

In tegenstelling tot centraal zicht zijn het ruimtelijk waarnemen van lichtintensiteit alle delen van het netvlies betrokken. Onder gedimde omstandigheden zullen zowel kegels als staafjes actief zijn. Daarom moeten zowel scotopische als

#### **De gevoeligheid van het menselijk oog voor kleuren**

Staaftjes kunnen geen kleuren waarnemen, maar zijn verantwoordelijk voor zwart-wit zicht bij een lage lichtintensiteit (scotopic). Ze werken vooral goed in gedimd licht omdat ze veel paars-blauw pigment bevatten, wat gevoelig is bij een lage licht intensiteit, maar verzadigd raakt bij hogere licht intensiteit (photopic). Staaftjes zijn verdeeld over het netvlies, maar ze zitten niet ter plaatse van de fovea en de blinde vlek. De dichtheid van staaftjes is op zijn grootst buiten de fovea, de kleine oppervlakte op het netvlies waarmee we scherp kunnen waarnemen.

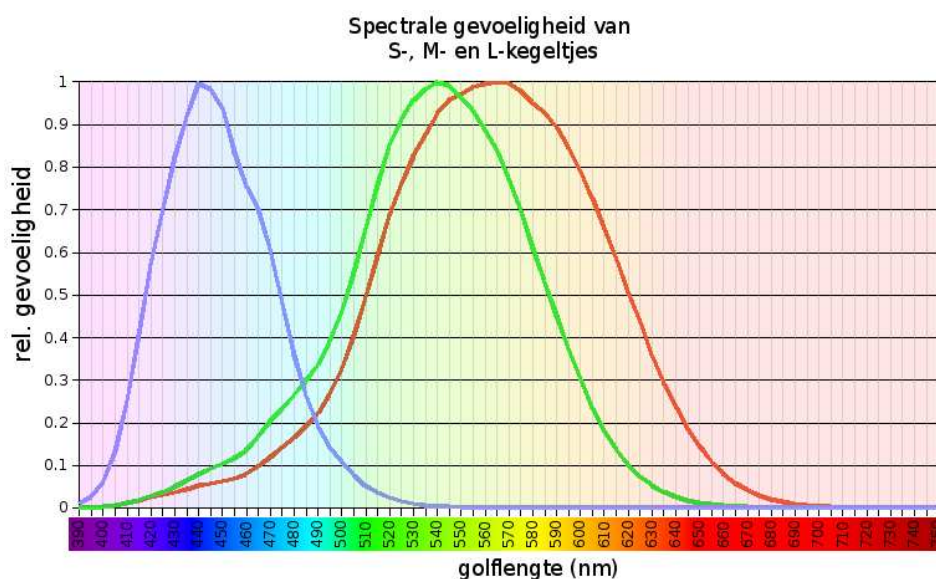


Verdeling (Y-as: dichtheid in duizental per mm<sup>2</sup>) van staafjes (rod) en kegeltjes (cone) over het netvlies

Er zijn drie typen kegeltjes, die maximale gevoeligheid hebben bij een lange golflengte, gemiddelde golflengte en een korte golflengte (vaak verwijzend naar respectievelijk rood, groen en blauw). De kleur die we zien is een combinatie van de stimulatie van alle drie de soorten kegeltjes. De kegeltjes zijn het meest geconcentreerd in de fovea, zijn verantwoordelijk voor het zien van kleuren en bevinden zich in de fovea. Circa 64% van de kegeltjes zijn rood gevoelig, circa 32% groen gevoelig en circa 2% blauw gevoelig. Ze hebben echter veel meer licht nodig dan de staafjes.

De zeven traditioneel genoemde kleuren in onze streken, worden gemakkelijk onthouden via het volgende **ezelsbruggetje**: het **letterwoord ROGBIV** staat voor in volgorde: rood, oranje, geel, groen, blauw, indigo en violet. De volgende zin wordt gebruikt om deze volgorde te onthouden: "**R**oddelen over **g**ekke **g**rote **b**roer is **v**als."

| Kleur:           | Rood     | Oranje   | Geel     | Groen    | Blauw    | Indigo   | Violet   |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                  | <b>R</b> | <b>O</b> | <b>G</b> | <b>G</b> | <b>B</b> | <b>I</b> | <b>V</b> |
| Golflengte (nm): | 690      | 610      | 580      | 530      | 470      | 430      | 400      |



Elk type kegeltje bevat een ander kleuropigment en heeft daardoor een eigen gevoeligheids-maximum. De krommen die de gevoeligheid van de kegeltjes over het spectrum beschrijven, overlappen elkaar wel grotendeels, zie bovenstaande figuur.

In de buurt van de toppen van de gevoeligheidskrommen kunnen mensen kleuren van elkaar onderscheiden die slechts 1 nm in golflengte van elkaar verschillen. In totaal kunnen we tussen de 120 en 160 zuivere kleuren van elkaar onderscheiden, mits we ze naast elkaar kunnen zien. Zonder vergelijkingsmateriaal kunnen we slechts 10 tot 14 kleuren herkennen (uit de literatuur is niet duidelijk of grijsachtige en 'donkere' kleuren daar bij inbegrepen zijn).

Naast de tint, een ééndimensionale grootheid die we de 'kleuren van de regenboog' noemen, kunnen we nog andere grootheden onderscheiden, namelijk de **verzadiging** (het tegendeel van grijsheid) en de intensiteit (felheid).

Alle kleuren die ons brein waarneemt worden geconstrueerd uit een combinatie en relatieve intensiteit van slechts drie golflengtes: rood, groen en blauw. Als fotonen met een golflengte van 650nm je netvlies raken zullen je hersenen een mix van groene en rode signalen ontvangen, met meer rood als groen. Dit zal waargenomen worden als rood. Fotonen met een golflengte van 475nm zullen een even groot aantal signalen blauw en groen opwekken en maar heel weinig rood; dit wordt geïnterpreteerd als een blauw-groene kleur.

Het aantal signalen voor ieder van deze frequenties hangt af van de intensiteit van het licht (de hoeveelheid fotonen) en de gevoeligheid voor die golflengte. Dit leidt tot een wat vaag storend contrast tussen beleving en waarneming: het oog zend slechts drie soorten signalen naar de hersenen, die daarvan het volledige kleurenspectrum of "realiteit" construeren. Nu kan je begrijpen waarom mensen sterke onenigheid kunnen hebben over welke kleur ze waarnemen.

### **Contrast gevoeligheid van het oog**

Een normale oogcontrole vindt plaats door waarneming van een testkaart waar zwarte letters of tekens van diverse afmetingen scherp worden weergegeven tegen een goed verlichte witte achtergrond. De wereld bestaat echter uit vele niveau's van schaduw of grijs tinten, waardoor mensen met een gereduceerde contrast gevoeligheid problemen hebben om onder bepaalde omstandigheden beelden helder waar te nemen.

Zelfs als je 20/20 zicht hebt (maximaal scherp zicht) kan je van een slecht contrast gevoeligheid last hebben. Contrast gevoeligheid is belangrijk in de schietsport en in het dagelijkse leven omdat het bepaald hoe sterk objecten in elkaar "overvloeien" en tegen een achtergrond van (bijna) dezelfde kleur niet meer waarneembaar kunnen zijn.

Contrast vermindering kan het gevolg zijn van lichtstrooiing in het oog. Er zijn twee omstandigheden die strooiing veroorzaken: de omgeving of een handicap. Reducering door een handicap kan veroorzaakt worden door oogziekten en komt dan ook voor onder normale lichtintensiteit en omstandigheden.

De anatomische structuur van het oog is onder normale omstandigheden helder. Wat betekent dat licht door het oog kan passeren. Naarmate we ouder worden kan de structuur in het oog minder helder worden. De meest voorkomende afwijking wordt veroorzaakt door staar. Wanneer je staar hebt is de lens van het oog vertroebeld. Daardoor wordt het licht in alle richtingen verstrooid. Behalve dat objecten onscherp en wazig worden waargenomen ontstaat er het bijkomende probleem met fel licht. De mate van verstrooiing is mede afhankelijk van de lichtintensiteit. Dat betekent dat een fel licht meer verstrooiing zal geven als gedimd licht.

Sommige mensen worden geboren met een tekort aan pigment in hun ogen, oculair albinisme, genaamd en ook dit veroorzaakt strooiing. Licht kan pijn gaan veroorzaken als gevolg van hersenvliesontsteking. Zodra je overmatige lichtgevoeligheid ondervindt kan dat een teken zijn van een oogaandoening en kan je maar beter je huisarts raadplegen.

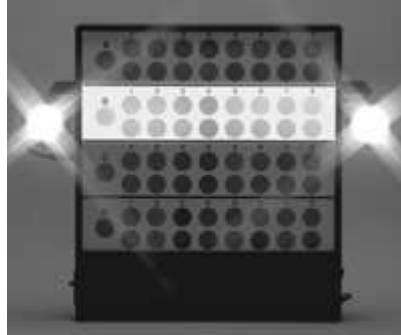
### **Wat zijn de symptomen van een lage contrastgevoeligheid?**



Een persoon met een lage contrastgevoeligheid kan een beeld zien als in het bovenstaande linker plaatje, waarbij weinig verschil bestaat tussen de grenslijnen van objecten. Let maar een op hoeveel contrast verloren is gegaan ten opzichte van het rechter plaatje dat een normale contrastgevoeligheid weergeeft.

Wanneer je een lage contrastgevoeligheid hebt, kan je problemen hebben met rijden in het donker. Ook kan je meer licht nodig hebben om goed te kunnen lezen, en je ogen kunnen snel vermoeid raken bij het lezen of naar televisie kijken.

Een lage contrastgevoeligheid kan ook een symptoom zijn voor een oogaandoening zoals staar, glaucoma of diabetische retinopathie.



Wanneer je onderworpen wordt aan een contrast gevoeligheidstest, kunnen beelden getoond worden zoals stippen en balken met verschillende contrasterende achtergronden onder verschillende lichtomstandigheden en met lichtstrooiing als op bovenstaande foto's.

### De betekenis van kleuren

Wat komt het eerst bij je op als je aan bijvoorbeeld de kleur rood denkt? Vuur, liefde, agressie en brandweer. Kleuren hebben invloed op ons en onze uw omgeving en roepen specifieke associaties op. Als je een kunstenaar in oranje gekleed ziet, dan vindt je dat misschien wel passend. Maar wanneer je bij de bank een lening afsluit, zal je zeker verbaasd zijn als de financiële adviseur een fel oranje overhemd draagt.

Hieronder volgt een overzicht van de betekenis van kleuren en de gevoelens die ze kunnen opwekken.

**Rood:** houdt de aandacht vast (= stopteken). Het is ook dominant, drammerig, agressief en egoïstisch. Rood is de kleur die het meeste effect heeft op de mens. Dat komt doordat onze verre voorouders grotendeels van vruchten leefden, vermits rijpe vruchten en bessen vaak rood zijn, is het menselijk oog zeer gevoelig geworden voor deze kleur. Ook omdat rood de kleur van bloed en van vuur is, valt ze zo op. Rood trekt zo sterk de aandacht dat het in heel de wereld gebruikt wordt als een signaalkleur, denk maar aan verkeerslichten, verkeersborden, achter-en remlichten, het rode tekenje op de warmwaterkraan,... Rood brengt een stoot adrenaline in het bloed, versnelt de hartslag en verhoogt de bloeddruk. Het windt ons op en wekt onrust.

**Oranje:** komt actief, positief, speels en explosief over. Oranje kan tevens onrustig en overactief maken (ook bij kinderen).

**Geel:** is een vrolijke, optimistische en energieke kleur - opvallend en warm. en geldt als oppepper bij depressiviteit. Doordat ze zo opvallend is, wordt geel vaak gebruikt in de reclame of als signaalkleur in het verkeer en de techniek.

**Groen:** Groen is rustgevend, maar wel levendig. De geschiedenis van de mens begon in het groen, in het bos en op de weiden. Onze ogen zijn dus helemaal ingesteld op groen. Daarom is deze kleur voor ons zo normaal, zo vertrouwd, zo veilig en zo rustig. Daarom staat groen voor veiligheid is het ook het onderste licht van het verkeerslicht. Alle mededelingen die naar veiligheid en dienstverlening verwijzen zijn ook groen, denk maar aan het signaleren van nooduitgangen en eerste hulp posten bijvoorbeeld.

Groen werkt kalmerend op lichaam en geest. Het kan zieken zelfs helpen bij hun genezing.

Wist je dat wanneer je je ogen wilt ontspannen best naar groen staart? Groen versterkt het gezichtsvermogen en dit wist keizer Nero ook, want voor deze reden droeg hij een soort brillette met 'glazen' van groene smaragd. Werken in een groene ruimte is ook een goed idee, want groen heeft een heilzame en activerende werking.

**Blauw:** Blauw is een koele, rustige en neutrale kleur. Het werkt kalmerend en verzachtend. Het opent de geest voor intuïtie en automatisch handelen.

**Paars:** is een mystieke kleur maar kan ook depressief maken.

**Grijs:** de omgeving komt onpartijdig over.

**Zwart:** is geen zakelijke kleur en dus te vermijden door de heren in de zakelijke omgeving. Zwart is een formele, krachtige, afstandelijke kleur.

Het bovenstaande is een algemene richtlijn en kan niet als los element worden gezien. Natuurlijk is het van belang om rekening te houden met de context en met andere factoren die een rol spelen.



## Rustgevende omgevingskleuren

### De kleur van de irisschijf op het geweer

De irisschijf op het geweer heeft meestal een zwarte kleur. Bovendien valt het richtbeeld op de fovea in het centrale deel van het netvlies (waarmee we scherp kunnen waarnemen) terwijl het omringende beeld buiten de fovea op het netvlies valt (waarmee we niet scherp kunnen waarnemen).

Bij een normale tot sterke intensiteit van zowel het licht van de schijf als van de directe omgeving, valt er voldoende licht in het oog, heeft de pupil van het oog een kleine diameter, is de scherptediepte voldoende en hebben we geen extra lichtinval in het oog nodig. De zwarte kleur van de irisschijf zorgt echter voor een zeer sterk contrast tussen het richtbeeld en de irisschijf, waardoor het oog snel vermoeid kan raken.

Omdat zwart een totale afwezigheid van licht betekend is dit niet de ideale kleur bij een lage lichtintensiteit. Door de geringe lichtinval krijgt de pupil van het oog een grote diameter wat automatisch een kleine scherptediepte veroorzaakt en er door de onvolkomenheden in het oog snel lichtstrooiing en overstraling zal optreden. Dat heeft een snel wazig wordend richtbeeld tot gevolg.

De lichtkleur die het minst effect heeft op dieren bevat idealiter weinig rood en geen blauw; deze is dus geel. Echter, wij plaatsen verlichting niet voor dieren, wij plaatsen het voor de mensen.

Het blijkt dat de mens bij groen/blauw licht (rond 512 nm) 's avonds heel goed contrasten en bewegingen kan zien. Dit licht komt overeen met maanlicht; onze staafjes wordt optimaal geactiveerd bij groen/blauw licht. Bij groen licht zien we tot 10 x zoveel dan bij geel licht. Ergo, om voldoende zicht te creëren hebben we van groen licht vele minder nodig dan van het gele licht.

Omdat de staafjes rondom de fovea geplaatst zijn waar enkel het beeld van de irisschijf op valt, de staafjes bij lage lichtintensiteit werken en alleen gevoelig zijn voor groen/blauw licht, gaat de voorkeur uit naar een blauwe irisschijf op het geweer. Dit heeft meerdere voordelen: bij voldoende lichtintensiteit zorgt de blauwe schijf ervoor dat het contrast tussen het richtbeeld (veel licht) en de irisschijf (donkerdere kleur) niet te sterk is maar geleidelijk verloopt. Daardoor valt er niet te veel omgevingslicht in het oog en raakt het oog niet te snel vermoeid.

Bij een lage lichtintensiteit zorgt de blauwe schijf ervoor dat het weinige omgevingslicht dat er is toch naar het oog gereflecteerd wordt en de staafjes geactiveerd blijven waardoor de pupil van het oog een zo klein mogelijke diameter aanneemt (maximale scherptediepte), wat een maximaal scherp en helder richtbeeld oplevert terwijl het contrast optimaal is. Bovendien werkt de blauwe kleur zowel psychisch als fysiek rustgevend.

Een rood-bruine of rood-oranje irisschijf zoals die wel door fabrikanten geleverd wordt, heeft weinig invloed. Weliswaar zorgt de rood-bruine kleur bij voldoende licht voor een verzadiging van de staafjes en geleidelijkere overgang tussen richtbeeld en irisschijf, maar omdat de staafjes bij gedimd licht enkel gevoelig zijn voor blauw-violet licht, worden zij bij een lage lichtintensiteit door de verkeerde kleur van het licht niet benut. Bovendien kan de rood-bruine of oranje kleur een onrustig of gehaast gevoel opwekken en je overactief maken.



irisschijf!

Worldcup wedstrijd 3x40 Italie 2009, 1<sup>e</sup> plaats met 1184 punten en een blauwe



Copyright © april 2010 Thijsse Schietsport Advies.  
Alle rechten voorbehouden