

Biofysica tussen oog en brein

De nlt-module *Kijken en Zien*

Hoe vaak komt het niet voor dat iemand wel kijkt, maar niet ziet? De ogen zijn gericht, maar het gewenste beeld dringt niet door. Waar ligt dat aan? Zijn de ogen niet scherp gesteld op het voorwerp? Geeft het netvlies geen impulsen af? Worden de impulsen niet goed naar de hersenen doorgegeven? Biologie en natuurkunde dragen beide bij aan een antwoord.

■ **Ton van der Valk en Krijn Kieviet / JCU, Universiteit Utrecht**

De werking van het visuele systeem van de mens is een actueel onderzoeksgebied op het snijpunt van twee vakken¹. De optica, de beweging van het oog en kleuren zien, vereisen een natuurkundige aanpak. In de biologie komen de fysiologie van het oog en de verbinding met het brein aan de orde. *Kijken en Zien*² brengt deze benaderingen bij elkaar en geeft de leerlingen inzicht in de werking van het oog en in het zien.



De module is voor 5-vwo ontwikkeld door het Junior College Utrecht in samenwerking met onderzoekers van de vakgroepen Functionele Neurobiologie en Fysica van de mens van de Universiteit Utrecht. De module bevat leesteksten, opdrachten, (computer) practica en verwerkingsvragen. Voor leerlingen hebben die geen biologie of natuurkunde in hun pakket hebben, is de module voorzien van voorkennisbijlagen. Deze bijlagen zijn ook geschikt om

voorkennis op te rakelen. Elk hoofdstuk heeft een hoofdvraag die aangeeft waar het hoofdstuk naartoe leidt. Oriënterende activiteiten laten leerlingen alvast nadenken over de stof die ze zich gaan eigen maken.

Zien begint met het licht dat het oog binnenkomt en op het netvlies valt. Het proces dat tot waarnemen (H1) leidt wordt opgedeeld in de stappen: detectie (in het netvlies), analyse (in het neurale netwerk achter het netvlies), codering

Module <i>Kijken en Zien</i>	Hoofdvraag
Introductie	Wat gebeurt er met het licht dat in het oog valt en hoe leidt dat tot waarnemen?
Oriëntatie op keuzeonderwerpen	Waar werk je in deze module naartoe?
1. Signaalverwerking	In welke stappen kan het proces dat tot waarneming leidt worden opgedeeld?
2. Oogbewegingen	Hoe bewegen onze ogen?
3. Donkeradaptatie	Hoe past het visuele systeem zich aan verschillende verlichtingsomstandigheden aan?
4. Kleuren zien	Wat is kleur en hoe kunnen we kleuren zien?
5. Receptieve velden	Hoe slaagt het visuele systeem erin het beeld dat het ontvangt om te zetten in informatie waar het brein iets mee kan?
Voorkennisbijlage 1. Het oog	Wat zijn de belangrijkste onderdelen van het visuele systeem?
Voorkennisbijlage 2. Regelsystemen	Wat zijn de basiselementen van een regelsysteem?

De grote lijn van de module

Na de *Introductie* volgt het basisdeel (H1, 2 en 3) dat uitgebreid kan worden met H4 en 5. Daarna werken de leerlingen aan keuzeonderwerpen, waarop ze al

(door impulsen die naar het brein worden verzonden) en waarneming (in het brein).

Voordat het licht in het oog valt, is een aantal 'voorbereidingen' nodig, zoals

Het leukste is als de biologie- en natuurkundedocent in elkaars lessen aanwezig zijn. Dat brengt eenheid in de module

bij de start van de module georiënteerd worden. Voorbeelden van keuzeonderwerpen zijn *Vogels en kleuren zien*, *Donkeradaptatie* en *Kleuren zien*. H1, 2 en 4 van de module hebben een meer natuurkundige inslag, H3 en 5 zijn meer biologisch getint. In het keuzedeel werken de leerlingen in groepjes aan een keuzeopdracht.



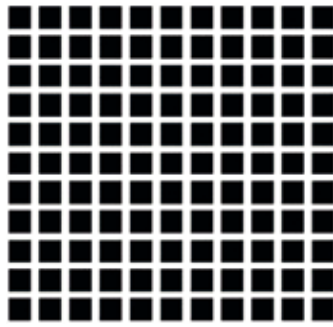
Waarneming en interpretatie: kleuren, vlakken en lijnen: wat stelt het voor?

het richten van het oog (H2). De ogen maken gladde volgbewegingen die worden afgewisseld met saccades (snelle, sprongachtige oogbewegingen). Het oog kan snel bewegen en vrij plotse-ling stoppen omdat de oogspieren de eigenschappen van een (gedempte) veer hebben.

We kunnen zien bij uiteenlopende verlichtingsomstandigheden (H3): bij sterrenlicht en bij zonlicht. Het verschil in het aantal fotonen dat op het netvlies valt beslaat dan een factor 10^{19} . Toch worden onze ogen niet overbelast en halen we het beste uit elke belichtingsomstandigheid. We regelen de hoeveelheid licht door de grootte van de iris aan te passen. Maar dat is niet genoeg om de vereiste licht/donkeradaptatie te bereiken. Er is een tweede mechanisme: pigmentbleking en regeneratie. In de module verduidelijkt een wiskundig model hoe dat werkt.

Het zichtbare licht bestaat uit de 'zuivere' spectrale kleuren van de regenboog. Maar de mens kan ook mengkleuren zien (H4). Dat is te danken aan drie typen kegeltjes, elk met verschillende pigmenten. De manier waarop de signalen verwerkt worden, maakt dat de waargenomen kleur niet alleen van de opgevangen golflengten, maar ook van de omgeving afhangt.

De receptoren in het netvlies (de staafjes en kegeltjes) zijn niet één op

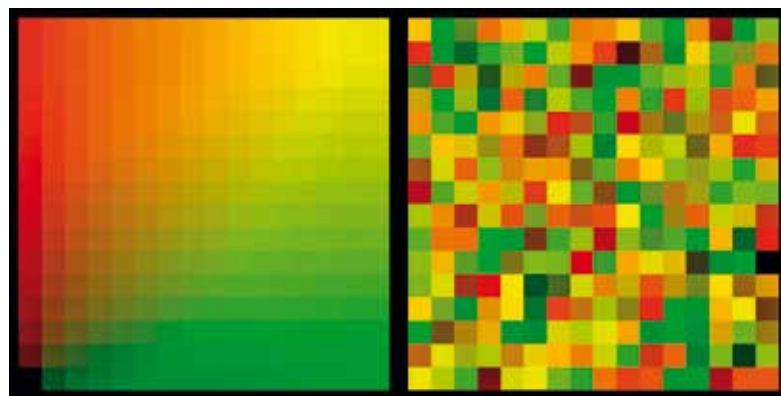


Een Hermann-grid geeft een optische illusie op de hoekpunten.

De opzet van de lessen

In de *Introductie* wordt de grote lijn door de module en centrale vraag geïntroduceerd. Dan al kunnen de leerlingen een keuzeonderwerp kiezen. Dat geeft hen een gerichter doel bij het zich eigen maken van de leerstof. In elke les kan iets zitten wat voor hun keuzeonderwerp van specifiek belang is.

De hoofdstukken van het basisdeel vergen presentatie van leerstof door de docent, afgewisseld met opdrachten die door de leerlingen gemaakt worden. Er is in de module een ruim aanbod van computerpractica. Leerlingen kunnen videometingen doen aan oogbewegingen en testjes met receptieve velden. Ze kunnen het model voor donkeradaptatie in COACH modelleren. De module kan uitgebreid worden met een snijpracticum van het oog, als zo'n practicum nog niet bij biologie is gedaan. Voor natuurkunde kan de module worden aangevuld met een practicum met lenzen of over het



Beide vierkanten bevatten precies dezelfde kleurblokjes. Kleurwaarneming is contextafhankelijk.

Bron: Vakgroep Fysica van de Mens, Universiteit Utrecht.

één, maar in combinaties geschakeld met de visuele cortex van de hersenen. Daardoor kent het netvlies receptieve velden (H5). Dat lijkt een nadeel, een verlies in resolutie, maar het heeft een belangrijk voordeel. Het stelt ons in staat randen en bewegingen te herkennen. Maar het leidt ook tot optische illusies.

systeembord, nodig voor het begrijpen van de verwerking van signalen in het brein.

Voor de groepjes inhoudelijk aan de slag gaan met de keuzeonderwerpen, maken de leerlingen een werkplan. Daarmee krijgt de docent zicht op hun plannen en kan hij in een vroeg stadium bijsturen. Als afsluiting maakt elke leerlinggroep een interactieve PowerPointpresentatie over de keuzeonderwerpen. De presen-

taties bestaan uit informatieve dia's, afgewisseld met dia's met verwerkingsvragen. De leerlingen bekijken in tweetallen enkele presentaties (bijvoorbeeld drie) van klasgenoten op de computer. De duo's beantwoorden de vragen en zien meteen op hun pc of ze het goede of foute antwoord kiezen. Aan het eind beoordelen de duo's de presentaties op criteria als moeilijkheidsgraad, vorm en het type vragen dat de presentatiegroep gesteld heeft (kennis, begrip, toepassing).

Oriëntatie

- Allereerst een oriëntatie op facet-ogen:
- Wat is een facet-oog eigenlijk?
- Heb jij al enig idee?
- Klik op de volgende dia op het plaatje dat een facet-oog afbeeldt.



Helaas, je hebt niet het goede plaatje aangeklikt

- Het plaatje dat jij hebt aangeklikt was een plaatje van een camera-oog. In dit geval het oog van een kat
- [Klik hier om het nog eens te proberen](#)

Goed zo, dat was het juiste plaatje

- Facetogen zijn de ogen die bijna alle insecten hebben
- Deze ogen zijn opgebouwd uit allemaal kleine zelfstandige eenheden, de facetten
- [Klik hier voor meer informatie over facet-ogen](#)

Vier interactieve dia's uit een leerlingpresentatie over het keuzeonderwerp facet-ogen.

Een veelzijdig bruikbare module

Kijken en Zien is in 2009 gecertificeerd voor het nlt-domein E. Samenwerking tussen de biologie- en natuurkundesec-

over het oog.

Er is docentmateriaal beschikbaar dat bij het JCU kan worden aangevraagd³: een docentenhandleiding, toetsen, practi-

Kleintje wetenschap

Antibiotica-apotheek van bacterie inspiratiebron voor antimicrobiologische medicijnontwikkeling

De menselijke ziekteverwekker *Streptococcus pneumoniae* is in staat om antimicrobiologische substanties (AMPs) te produceren, die bacteriocines genoemd worden. Promovenda Joanna Majchrzykiewicz heeft het inzicht vergroot in de weerstandsmechanismen van dit belangrijke menselijke pathogeen. Haar bevindingen creëren uitdagende mogelijkheden om in vivo nieuwe bacteriocines te ontwikkelen en te produceren, die kunnen worden ingezet om infectieziekten te behandelen. Bacteriocines zijn kleine proteïnen die de groei van micro-organismen kunnen verhinderen of micro-organismen kunnen elimineren in de omgeving van het producerende organisme. Een grote verscheidenheid van bekende bacteriocines is reeds bestudeerd, maar weinig is bekend over bacteriocines van *S. pneumoniae*. Majchrzykiewicz beschrijft in haar proefschrift negen verschillende bacteriocine-soortige clusters in *S. pneumoniae*. Een belangrijke ontdekking van haar is dat één van de clusters alleen bacteriocines kan produceren met behulp van een productiemachine van een andere, niet gerelateerde, bacteriocine. Ook suggereert zij dat de functie van andere potentiële bacteriocine-soortige clusters afhankelijk is van het stikstofmetabolisme van deze bacterie. Verder identificeerde zij twee nieuwe clusters waar dezelfde functie-eigenschappen aan toe werden gekend en toonde aan dat deze drie clusters waarschijnlijk een nieuw regulon vormen in *S. pneumoniae*.

■ Bron: RUG

De docent liet ons bij elkaar in de ogen kijken, zodat je de saccades kon zien die hij net had uitgelegd

ties is een vereiste. Het leukste is als de natuurkunde- en biologiedocenten in elkaars lessen aanwezig zijn. Dat brengt eenheid in de module.

De module is ook bruikbaar als er op school geen nlt wordt gegeven. De hoofdstukken lenen zich uitstekend voor gebruik in de vakken natuurkunde en/of biologie. Ook kunnen het moduleboek, de practica en keuzeonderwerpen gebruikt worden bij profielwerkstukken

cuminstructies en voorbeelden van de interactieve presentaties die leerlingen als eindopdracht hebben gemaakt.

Noten

1. Beeftink, C. *Met het oog op integratie*. Dissertatie Universiteit Utrecht. Utrecht: CDBeta Press, 2000.
2. De module is downloadbaar via www.betavak-nlt.nl > gecertificeerde modules
3. Het docentmateriaal bij de module kan aangevraagd worden bij info@jcu.uu.nl onder vermelding van naam van de docent, gegeven vak en school.

Enkele leerlingen over *Kijken en Zien*

Ik vond het leuk dat de docent ons elkaar in de ogen liet kijken, zodat je dan goed kon zien wat hij net had uitgelegd (bijv. saccades).

Hij gaf een leuk voorbeeld van de snelheid van een oog met de (natuurkundige) formule voor een sinusbeweging, ik wist niet dat dat kon.

De stof staat in het boek goed uitgelegd en dus is het erg handig om het later nog eens goed door te lezen als je iets vergeten bent. Ik denk dat het boek heel erg bruikbaar is.

Enkele docenten over *Kijken en Zien*

De module is uitdagend, actueel, activerend, vakoverstijgend en afwisselend en past goed in nlt. Er is wel overlap met de natuurkunde- en biologiecurricula, maar dit is juist een sterk punt. De module is aan de moeilijke kant, maar sluit goed aan bij de voorkennis van de leerlingen.

Wat goed werkte was om de keuzeopdrachten te laten maken met behulp van een wiki. Ook heb ik een wiki gemaakt van een lijst van moeilijke woorden. Dit vonden de leerlingen leuk en het was ook iets nieuws op het gebied van ICT dat ze leerden.

⇨ Ton van der Valk

is curriculumcoördinator van het Junior College Utrecht (JCU, www.uu.nl/jcu) en onderzoeker bij het FIsme (www.fisme.uu.nl). Hij heeft de ontwikkeling van *Kijken en Zien* begeleid.



⇨ Krijn Kieviet

is als ontwikkelaar van lesmateriaal verbonden aan het Junior College Utrecht en heeft als modulecoördinator een belangrijke rol gespeeld bij de ontwikkeling van *Kijken en Zien*. Sinds augustus 2010 ligt zijn hoofdaak bij het Bèta-Steunpunt Utrecht.

