

MENS :
een indringende
en educatieve
visie op het
leefmilieu

Dossiers en rubrieken
didactisch gewikt
en gewogen door
eminente specialisten

44

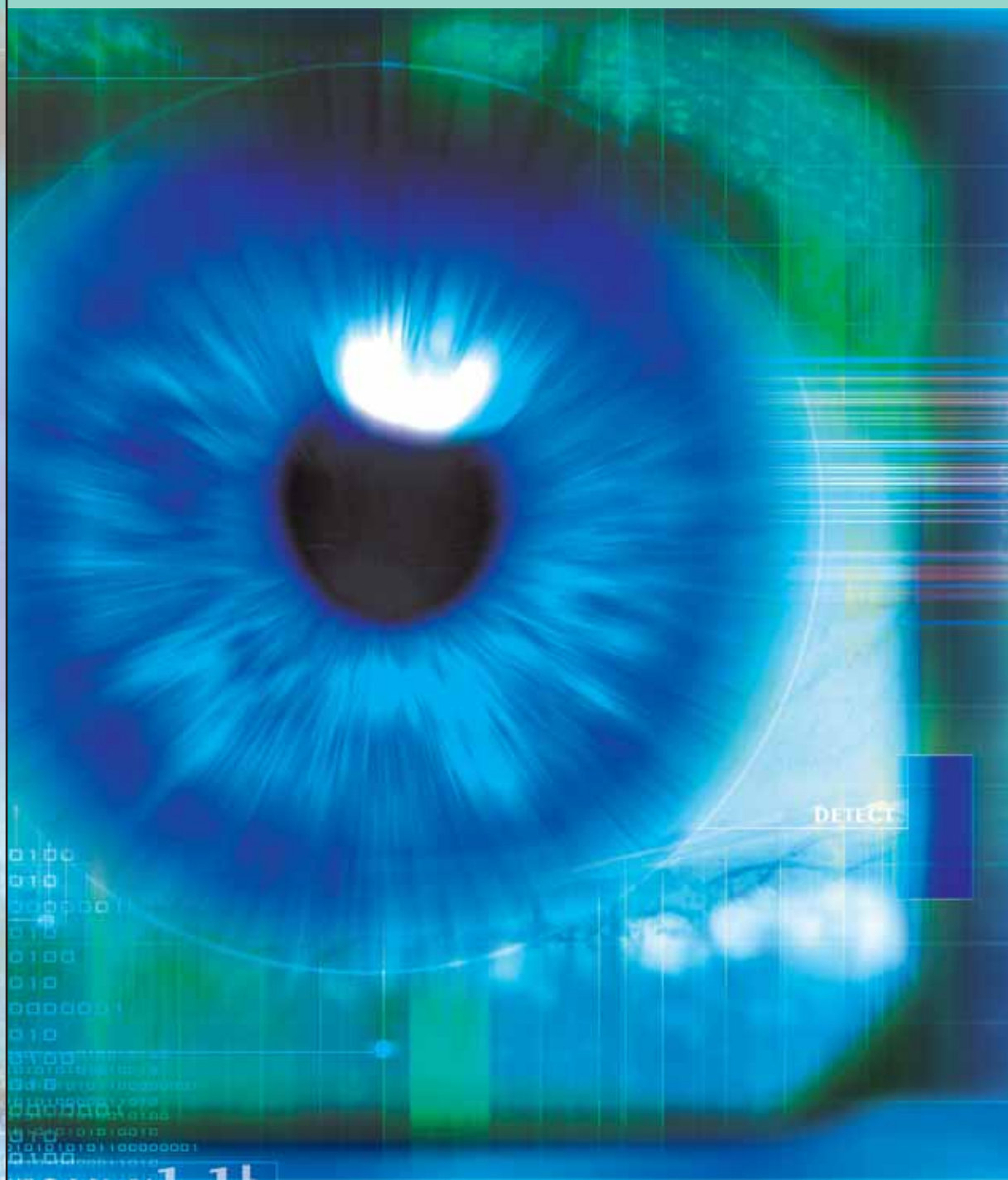
1e kwartaal 2002

MENS 10^{jaar}

Driemaandelijks populair-wetenschappelijk tijdschrift

Voorbij de grenzen van het ZIEN

UITGIFTEKANTOOR 2800 MECHELEN 1





© Alle rechten voorbehouden MENS 2002

Coördinatie:
Prof. Dr. R. Caubergs
Tel.: 03 218 04 14

www.2mens.com

Onder de auspiciën van:

- Vlaamse Vereniging voor Biologie (V.V.B.)
- Belgisch Werk tegen Kanker en Vlaamse Kankerliga
- Koninklijke Vlaamse Chemische Vereniging (K.V.C.V.)
- Koninklijke Vlaamse Ingenieursvereniging (KVIV)
- Vereniging Leraars Wetenschappen (VeLeWe)
- Vereniging voor het Onderwijs in de Biologie (V.O.B.)
- Vereniging Leraars Aardrijkskunde (V.L.A.)
- Vlaamse Ingenieurskamer (V.I.K.)
- Water - Energie - Leefmilieu (WEL)
- Centrum voor Milieusanering, U. Gent
- Verbond der Vlaamse Academici (V.V.A.)
- Nederlands Instituut voor Biologen (NIBI)
- Natuur & Wetenschap
- Provinciaal Instituut voor Milieu-Educatie (PIME)
- Koninklijke Maatschappij voor Dierkunde van Antwerpen (KMDA)
- Zoo Antwerpen en dierenpark Planckendaal
- Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (KBIN)
- Koninklijk Instituut voor het duurzaam beheer van de Natuurlijke rijkdommen en de bevordering van de schone Technologie (K.I.N.T.)

Met dank voor de illustraties aan :

B. Van de Vijver (RUCA)
EMAT (RUCA)
Labo Cel- en Weefselleer (RUCA)
JW Forsythe (UTMB/MBI, Galveston, USA)
A. Khodjakov (Albany, USA)

Kernredactie:

A. Van der Auweraert, MENS
R. Caubergs, RUCA
P. Raeymaekers
C. Thoen, middelbaar onderwijs
I. Tiggelevend

Redactionele coördinatie:

A. Van der Auweraert
RUCA, Groenenborgerlaan, 171 - 2020 Antwerpen
Tel.: 03 218 04 84 - Fax: 03 218 04 17
e-mail: mens@ua.ac.be

Abonnementen en info:

C. De Buysscher
Te Boelaarlei 21, 2140 Antwerpen
Tel.: 03 312 56 56 - Fax: 03 309 95 59
corry.db@belgacom.net
Belgie: 18 € op 777-5921345-56
Educatief abonnement: 10 €
(mits vermelding instellingsnummer)
Losse nummers: 3,15 €
(bij nabestellingen voor educatieve doeleinden)

Promotie en externe relaties

I. Van Herck
Mobile: 0475 97 35 27
Fax: 051 22 65 21
ingevanherck@hotmail.com

Topic and fund raising:

Dr. S. De Nollin
Tel.: 03 322 74 69 - Fax 03 321 02 77
e-mail: denollin@uia.ua.ac.be

Verantwoordelijke uitgever:

Prof. Dr. R. Valcke
roland.valcke@luc.ac.be

Inhoud

De biologie van het zien	3
Ook planten zien	6
Geen ogen zonder evolutie	8
Meer zien met beperkte ogen	9
De fascinerende wereld van het kleine	9
Binnenkijken in het leven	15

Voorwoord

Ik herinner me nog heel goed mijn eerste 'MENS'. Enkele jaren geleden kreeg ik van Ann Van der Auweraert en Roland Caubergs een exemplaar toegestopt van een tijdschrift, dat blijkbaar MENS heette en waarvan ik nog nooit gehoord had. Tot mijn schande overigens en dat werd me duidelijk gemaakt, want MENS heeft echt een deur voor me laten opengaan. Blijkbaar kunnen wetenschappers dan toch op een open en voor een leek begrijpbare en aantrekkelijke manier hun ideeën communiceren, zonder afbreuk te doen aan de intrinsieke inhoud ervan. Vroeger had ik immers vaak het gevoel dat wetenschappers in een soort van ivoren toren leefden en, op enkele uitzonderingen na, weinig of geen pogingen ondernamen om buiten hun jargon te treden. MENS vulde dan ook, vanaf zijn prille begin, een duidelijk 'gat in de markt'.

Als nieuwbakken rector deed het me dan ook enorm veel plezier om te vernemen dat erector Declair, mijn voorganger, reeds geruime tijd mee zijn schouders onder het initiatief MENS zette en de nodige logistieke en administratieve ondersteuning ervoor trachtte te realiseren. Ik zal deze ondersteuning in de toekomst uiteraard voortzetten. Ik ben er immers erg gelukkig en trots op dat het RUCA aldus een bescheiden steentje bijdraagt tot de verdere groei van het 'fenomeen' MENS en zeker tot het tot stand komen van dit nummer, rond het thema 'zien'.

Dat dit thema gekozen werd is overigens helemaal geen toeval: dit jaar viert het RUCA immers zijn 150ste verjaardag, en rond deze heuglijke gebeurtenis werden verschillende activiteiten gepland. Eén ervan is nu net een tentoonstelling rond het thema "zien", onder meer bekeken vanuit de evolutie van de optische microscoop tot de moderne elektronenmicroscopen.

De lezer is bij deze van harte uitgenodigd op de tentoonstelling 'ZIEN' die doorgaat op de Groenenborgercampus en op de talrijke andere evenementen die gedurende dit academiejaar plaats zullen grijpen. Voor het volledige programma: surf naar <http://ruca150jaar.ua.ac.be>.

Mag ik het ganse MENS team hierbij, net zoals het RUCA, nog een geweldige volgende 150 jaar toewensen!



Alain Verschoren,
rector RUCA-UA

Voorbij de grenzen van het Zien

Aan dit dossier werkten mee:

Prof. Dr. Dirk Adriaenssens, Prof. Dr. Frans Van Meir,

Prof. Dr. Jean-Pierre Timmermans, Onderzoeksgroep cel- en weefselleer, RUCA.

Prof. Dr. Roland Caubergs, Mevr. Inge Van Dyck, Onderzoeksgroep fysiologie van de planten, RUCA.

Prof. Dr. Paul Simoens, Vakgroep morfologie, Faculteit diergeneeskunde, RUG.

Prof. Dr. Nick Schryvers, Dr. Herman Lemmens, Prof. Dr. J. Van Landuyt,

Onderzoeksgroep voor elektronenmicroscopie voor materiaalonderzoek, EMAT, RUCA.

Prof. Dr. Annemie Van Der Linden, Bio-Imaging Lab, RUCA.

De biologie van het zien

Licht, het is zo belangrijk in onze leefwereld en toch staan we er nauwelijks bij stil. Zonder licht zou het leven op aarde er heel anders uitzien. Wellicht zou er niet eens leven zijn. Het licht van de zon is de belangrijkste energiemotor van het leven. Het verwarmt de aarde en dankzij het licht kunnen planten aan fotosynthese doen. Die fotosynthese is rechtstreeks of onrechtstreeks de bron van ons voedsel, maar ook van de benzine voor de auto en het aardgas voor de verwarming. Maar licht is meer dan energie. Voor veel organismen is licht de belangrijkste prikkel in de waarneming van de buitenwereld. Ook voor ons. Wij vergaren veruit de meeste informatie met onze ogen.

In dit nummer van MENS ondernemen we een zoektocht naar verschillende manieren van zien. We zullen verstandig staan hoe vele levende wezens, waaronder ook planten, een eigen manier hebben om te zien. Toch blijven bij planten, mensen en dieren de grondprincipes van het zien verbazingwekkend gelijkaardig. Tenslotte bekijken we hoe de mens op zoek gaat naar hulpmiddelen waardoor hij nog beter kan zien.

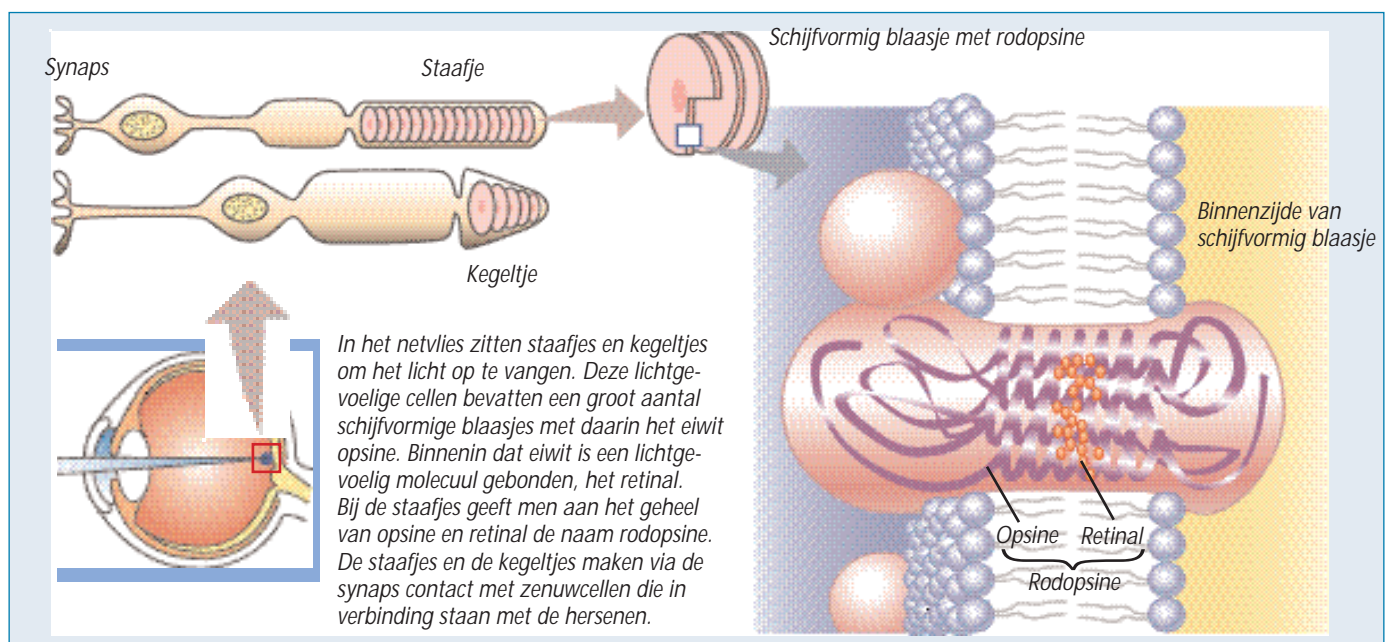
Het oog als camera

We vergelijken de werking van ons oog graag met een fototoestel. Er zijn inderdaad overeenkomsten. Een fotocamera projecteert scherpe beelden op een film of, in het geval van een digitale camera, op een set lichtgevoelige dioden. Zo ook

zorgt een ooglenzen voor een helder en scherp beeld op het netvlies ofwel de retina. Voor de opvang van het licht beschikt de menselijke retina over ongeveer 125 miljoen staafjes en 6 miljoen kegeltjes. De staafjes zijn heel lichtgevoelige cellen. Daardoor kunnen we nog altijd in het schemerdonker zien. Kegeltjes daarentegen werken

vooral als er veel licht is en ze laten ons toe om kleuren te onderscheiden.

In feite zijn de staafjes en de kegeltjes gespecialiseerde cellen die het licht van de buitenwereld opvangen en vervolgens omzetten in een elektrisch signaal dat naar de hersenen gaat. Men noemt deze cellen ook fotoreceptorcellen.



De moleculen van het zien

De staafjes en de kegeltjes zitten vol met schijfvormige blaasjes. Hierin bevindt zich een eiwit, rodopsine. Als het rodopsine een lichtstraal opvangt worden meteen een hele reeks biochemische reacties in de cel op gang gebracht (zie kader biochemische waterval). Het ene eiwit activeert een volgend eiwit en op het einde van die reactieketen wordt de molecule GMP aangemaakt. Deze brengt aan andere delen van de cel de boodschap over dat het schijfvormige blaasje een lichtdeeltje heeft opgenomen. GMP wordt daarom ook wel een chemische boodschapper genoemd. De interne GMP-boodschap wordt tenslotte door de cel omgezet in een elektrisch signaal dat naar de hersenen wordt gevoerd.

De tussenstap van de chemische boodschapper laat toe om de signalen van de buitenwereld erom te versterken. Door de opeenvolging van reacties is één enkel lichtdeeltje in staat om duizenden GMP-moleculen aan te maken. Ook andere zintuigsystemen, zoals de smaak- en reukreceptoren op onze tong en in

Voor de liefhebber...

Biochemische waterval

Wanneer een lichtstraal invalt op een rodopsine-eiwit treden een aantal reacties op. Allereerst zal het lichtgevoelige retinalmolecule in het rodopsine-eiwit-complex veranderen van vorm. Het gaat van de cis-structuur over in de trans-structuur (zie tekening retinal). Dit gebeurt uiterst snel, binnen de 2×10^{-13} seconden. Het is daarmee één van de snelste fotobiologische reacties die men kent.

Met de overgang van cis-retinal naar trans-retinal verandert ook de hele interne structuur van het rodopsine. Het trekt een ander eiwit aan, transducine, dat in twee delen uiteen valt. Het α -deel van transducine mobiliseert op zijn beurt een enzym, het cGMP-fosfodiësterase. Dat gaat cyclisch guanosinemonofosfaat (cGMP) omzetten tot guanosinemonofosfaat (GMP). Deze omzetting gebeurt aan de buitenzijde van het schijfvormige blaasje, in het cytoplasma van de cel. Daarmee hebben we de biochemische weg van het zien al half afgelegd. Een lichtsignaal van buiten de cel wordt omgezet in een chemische signaalmolecule (GMP) binnenin de cel. Nu moet de cel het versterkte chemische signaal nog transformeren naar een elektrisch signaal dat naar de hersenen kan worden gestuurd.

Daarvoor moeten we even terugkeren naar een retinacel in rust. Als daar geen licht op valt, zijn er veel cGMP-moleculen in de cel. Een aantal van die cGMPs is gebonden aan een natriumionenkanaal in het plasmamembraan van de cel. Dit kanaal is een eiwit met een cilindervormige structuur en fungeert als een soort 'porie' in het celmembraan. Als er cGMP-moleculen aan het kanaal zijn gebonden, staat het open en kunnen er natriumionen, en in mindere mate

Wist u het nog? Over golven, deeltjes, energie, Planck en Einstein

Zichtbaar licht is een vorm van elektromagnetische straling met een golflengte tussen de 400 nm (nanometer, 10^{-9} meter) en de 700 nm. Deze definitie van het zichtbare licht is gebaseerd op de gevoeligheid van het menselijk oog. Het menselijk oog detecteert slechts een smal segment in het brede spectrum van de elektromagnetische straling.

In de plaats van golflengte gebruiken we ook de term frequentie ofwel het aantal trillingen van de golf per seconde. Dat drukken we uit in Hertz (Hz = s^{-1}). Er bestaat een eenvoudig verband tussen beiden:

$$\lambda = c / \nu$$

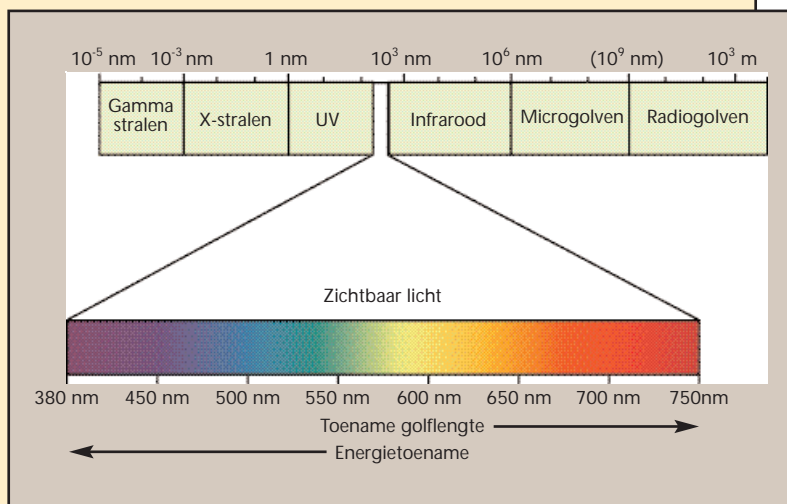
waarbij ' λ ' de golflengte is, ' ν ' de frequentie en ' c ' de snelheid van het licht (300 000 km/s)

Wetenschappers, zoals Max Planck, kwamen in het begin van de vorige eeuw tot de conclusie dat ze niet alle eigenschappen van het licht konden verklaren door het puur als een golf te beschouwen. Volgens hen moest licht ook een deeltjeskarakter hebben. Zij noemden het deeltje een foton. We kunnen fotonen misschien nog het beste omschrijven als pakketjes lichtenergie die zich als een golf voortbewegen. Volgens Planck hangt de energie van een foton af van de frequentie van zijn elektromagnetische straling. Hij bedacht er de volgende formule voor:

$$E = h \cdot \nu = h \cdot c / \lambda$$

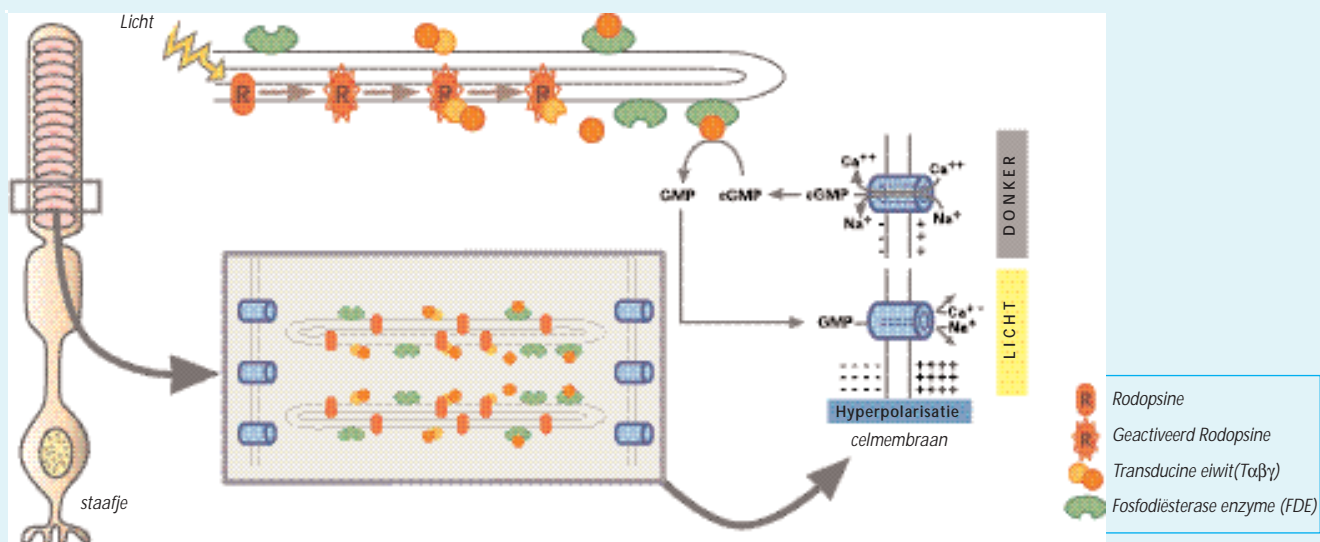
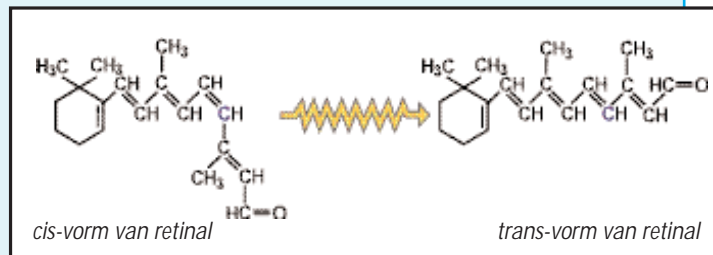
waarbij ' E ' de energie is (in Joule) en ' h ' de constante van Planck en ' ν ' de frequentie van de golf

De constante van Planck is behoorlijk klein, namelijk $6,626 \times 10^{-20}$ J/s. Het duidt meteen aan dat de energiehoeveelheid van een foton heel klein is. Bijvoorbeeld voor rood licht (700 nm) is dat 0,0000284J, voor violet licht (400 nm) bijna het dubbel. Vergelijk even: om de temperatuur van één liter water met 1°C te doen toenemen, is een energiehoeveelheid van 4190J



calciumionen, vrij in en uit de cel bewegen. Er is dan nauwelijks een verschil in de hoeveelheid elektrische ladingen binnen en buiten de cel.

Als het staafje echter licht opneemt, zal het aantal cGMP-moleculen dalen. Ze worden immers omgezet tot GMP en dat bindt niet meer met het ionkanaal. De kanalen gaan dicht en er wordt een ladingsverschil opgebouwd tussen de binnen- en de buitenkant van de cel. Dit verschil in elektrische lading is precies het elektrische signaal dat wordt doorgegeven aan de hersencellen.



Wist u dat ...

... mensen drie verschillende soorten kegeltjes hebben? Bij elke soort is het lichtgevoelige retinal gebonden aan een verschillend opsin-eiwit. Daardoor neemt het retinal licht van een andere golflengte op. We hebben blauwgevoelige (420 nm), groengevoelige (530 nm) en roodgevoelige (560 nm) kegeltjes.

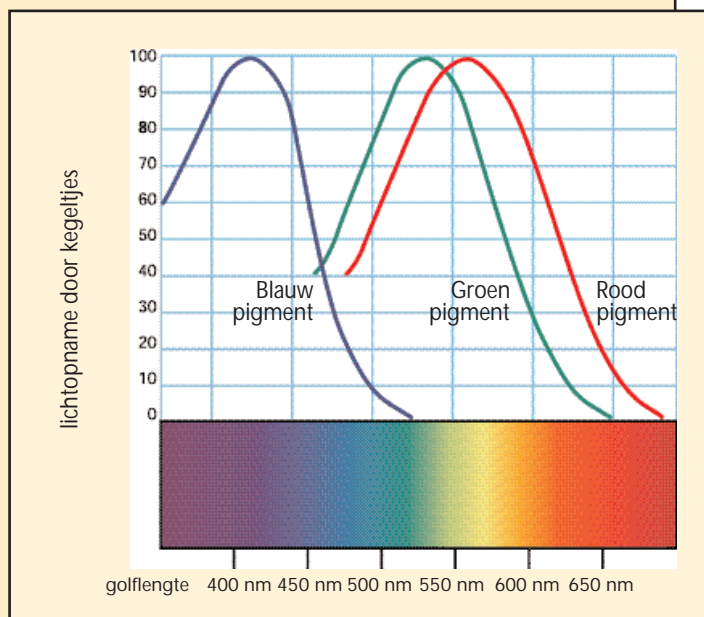
... we bij daglicht het scherpst zien als het licht centraal invalt op het netvlies? In dit centrale deel, ook wel gele vlek genoemd, bevindt zich een kleine groeve, de fovea. Die groeve is amper enkele vierkante millimeter groot en zit volgepakt met kegeltjes. Tot 150 000 per mm².

... we bij nacht beter zien als het licht niet centraal invalt? In de fovea zitten immers geen staafjes, alleen maar kegeltjes. Die zijn niet gevoelig genoeg om het zwakke licht van een ster op te vangen. We kijken daarom 's nachts beter onder een hoek. Daardoor wordt het licht meer geprojecteerd naar de rand van het netvlies en daar bevinden zich wel staafjes.

... de ogen van nachtdieren heel gevoelig zijn voor zwak licht omdat ze veel meer staafjes hebben? Tegelijkertijd zien ze echter minder scherp en onderscheiden ze geen kleuren.

... de meeste vissen, amfibieën, reptielen en vogels een goed kleurenzicht hebben? Daarentegen kan slechts een minderheid van de zoogdieren kleuren zien. Apen en mensen vormen in deze groep een uitzondering. Katten bijvoorbeeld, die veelal 's nachts actief zijn, hebben wel een kleurenzicht, maar het is beperkt: zij zien hun dagomgeving in fletse pasteltinten.

... men bij de mens aandoeningen van de bloedvaten kan vaststellen door in het oog te kijken? Als we met een lampje door de lens schijnen, kunnen we in het netvlies een aantal bloedvaten zien liggen. Het zijn de enige bloedvaten die zo recht-



onze neus, gebruiken de omweg van het chemische boodschappermolecule om signalen van buitenaf om te zetten.

Ook planten zien

Rodopsine, het eiwit dat in de staafjescellen van de mens het licht opvangt, is natuurlijk niet het enige lichtgevoelige molecule. Elk levend organisme, dat licht gebruikt om informatie uit de omgeving te vergaren, heeft zijn karakteristieke lichtgevoelige eiwitten. Toch is het mechanisme waarmee die eiwitten het licht opvangen vaak heel gelijkaardig. Rodopsine kan dienst doen als model voor het zien bij andere dieren, zelfs bij planten. Kunnen planten dan ook werkelijk zien? Het antwoord hangt een beetje af hoe men 'zien' interpreteert. Planten kunnen alleszins het licht uit hun omgeving 'voelen' en interpreteren. Dat kan, ietwat theoretisch weliswaar, beschouwd worden als een vorm van 'zien'.

Dat planten zien, hoeft ons niet te verbazen: meer nog dan bij dieren staat het leven van vele planten helemaal in het teken van het licht. In de eerste plaats is het licht voor hen de allerbelangrijkste bron van energie: planten hebben

immers licht nodig om aan fotosynthese te doen. Toch is licht voor de plant nog veel meer, het bepaalt voor een deel het 'gedrag' van de plant.

Nemen we als voorbeeld heel jonge plantenscheuten. Die halen het grootste deel van hun energie uit het zaad waaruit ze pas gekiemd zijn, zij hebben de energie van het licht (nog) niet echt nodig om te groeien. Toch zien jonge scheuten die in het donker opgroeien er heel anders uit dan hun soortgenoten die wel licht zien. Deze zogeheten geëtioleerde planten (van het Frans : *étioler*, verbleken) zijn langer, zien geel en hebben zeer kleine niet ontvouwde blaadjes. Geëtioleerde planten bewijzen dat planten licht kunnen aanvoelen en dat ze hun 'gedrag' aanpassen aan de beschikbaarheid van het licht. Het mechanisme van het zien is natuurlijk anders dan bij dieren. Planten hebben uiteraard geen ogen, geen zenuwstelsel, geen hersenen. Niettemin zijn er veel overeenkomsten tussen de grondprincipes van het 'zien' bij planten en bij dieren.

Energie of informatie

Planten hebben meerdere lichtgevoelige eiwitten. Ze hebben lang niet allemaal dezelfde functie. Een eerste klasse noemen we energiereceptoren: ze zetten het licht om in een vorm van energie die bruikbaar is voor de groei van de plant. De andere lichtgevoelige eiwitten heten, bij gebrek aan een betere Nederlandstalige benaming, sensorreceptoren: ze vangen het licht op en gebruiken het als bron van informatie om te kunnen reageren op veranderingen in de omgeving.

Er is een grondig verschil in de werking en het voorkomen van de twee types lichtgevoelige eiwitten. Energiereceptoren hebben er alle baat bij om na de opname van een lichtdeeltje de verworven energie snel door te geven en zich opnieuw klaar te maken om een nieuw foton op te nemen. Hoe sneller deze cyclus, hoe efficiënter de energievoorziening. Zo duurt het voor de energiereceptor in groene bladeren, het chlorofyl, slechts enkele picoseconden (billoenste van een seconde) om terug in de startpositie te staan.



Wist u dat ...

... sommige planten, zoals *Oxalis* (klaverzuring), bij valavond hun bladeren sluiten? Ze doen dit echter niet bij een toevallige verduistering, zoals een wolk die overtrekt. Voor het plantje is het een geluk dat zijn sensorreceptoren niet reageren op elke schaduw die voorbijtrekt. Het plantje zou constant met zijn bladeren staan flapperen.



... chrysantenkwekers in de zomer op een kunstmatige wijze de daglengte verkorten? Dat is de meest efficiënte manier om tegen Allerheiligen mooie bloeiende chrysanten aan te bieden. Chrysanten zijn korte dagplanten: ze vormen knoppen en komen tot bloei na een opeenvolging van korte belichtingsperiodes afgewisseld met lange donkerperiodes (8 uur licht / 16 uur donker). Men noemt dat verschijnsel fotoperiodisme. Ook hierbij zijn sensorreceptoren betrokken. Andere korte dagplanten zijn: koffie, sojabonen, tabak, aardbeien.



... de boer voorkomt dat zijn bladgroenten gaan bloeien door in te spelen op de fotoperiodiciteit van de plant? Groenten zoals sla en spinazie gaan pas bloeien na lange lichtperiodes en korte nachtperiodes. Als de boer de plant tot bloei wil laten komen dan moet hij de juiste fotoperiode geven of ... net de verkeerde om de bloei te voorkomen.



... ook het afvallen van de bladeren wordt bepaald door het verkorten van de daglengte en niet door de intrede van de koude, zoals velen denken? Bij dit proces zijn zowel roodgevoelige als blauwgevoelige sensorreceptoren betrokken.

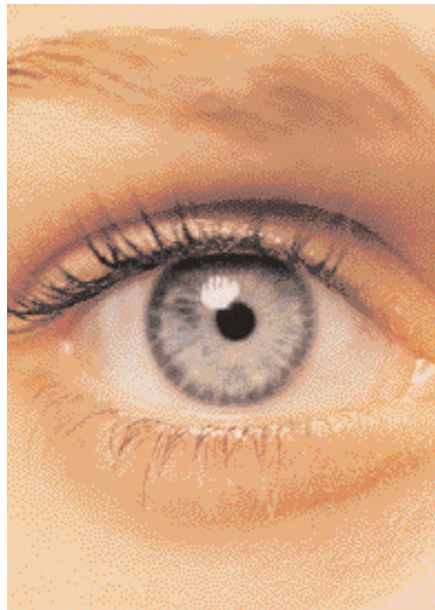
... sommige organismen eiwitten gebruiken als energiereceptoren terwijl die doorgaans functioneren als sensorreceptor? Een bekend voorbeeld is de bacterie *Halobacterium halobium*. Die gebruikt een eiwit dat heel gelijkaardig is aan het rodopsine van de mens ... maar als energiereceptor, niet als sensorreceptor.

Sensorreceptoren, daarentegen, keren veel langzamer terug tot hun grondtoestand. De opname van een lichtdeeltje leidt tot een veel grotere wijziging in de vorm van het molecuule. Het eiwit heeft daarom heel wat meer tijd nodig om terug te keren naar het startstadium. Het is wonderwel te vergelijken met het rodopsine in ons oog. Ook bij dat eiwit duurt het even voor het terug zijn oorspronkelijke vorm heeft aangenomen.

Lichtmeter stuurt plant

De belangrijkste sensorreceptor bij hogere planten is het roodgevoelige fytochroom. Gedurende de ganse levenscyclus van de plant - van de kieming van het zaad, tot de groei en de ontwikkeling van bloemen, vruchten en zaden - vangen de fytochromen de lichtveranderingen in de omgeving op om het gedrag van de plant bij te sturen.

Elke plant maakt echter meer dan één fytochroom en elk subtype heeft wellicht zijn specifieke functies. Naast de fytochromen hebben planten nog andere lichtgevoelige eiwitten, zoals de crypto-



chromen. Deze zijn gevoelig voor blauw licht. Op een nog niet goed begrepen wijze controleren zij een soort klokmechanisme dat het gedrag van de plant stuurt. Volgens plantenbiologen kennen planten dan ook heel diverse manieren van 'zien'. We kunnen zelfs rustig stellen dat ook de planten ver zijn geëvolueerd in hun manier van 'zien'.

Geen ogen zonder evolutie

We kunnen ons ook afvragen hoe de diverse vormen van 'zien' zijn ontstaan. Dat is overigens nog steeds een twistpunt in het debat over evolutie. De sceptici van de evolutietheorie argumenteren dat een dergelijk complex orgaan als ons oog, zich nooit heeft kunnen ontwikkelen door een proces van toevallige verandering en natuurlijke selectie. Zelfs niet over een tijdspanne van miljoenen jaren.

Zelfs Darwin gaf toe dat de evolutie van het oog een moeilijke klus is. Moeilijk, maar niet onmogelijk. In 'The origin of species' brengt hij al verscheidene elementen aan, die ondersteunen dat onze complexe ogen geëvolueerd zijn uit veel eenvoudigere ogen. En de moleculen die het licht opvangen in deze verschillende types van ogen zijn telkens heel gelijkaardig aan het eiwit dat in onze ogen het licht opvangt.

Sommige primitieve organismen beschikken op hun huid over kleine groepjes van lichtgevoelige cellen. Deze cellen laten hen toe het licht van de duisternis te onderscheiden en waarschijnlijk

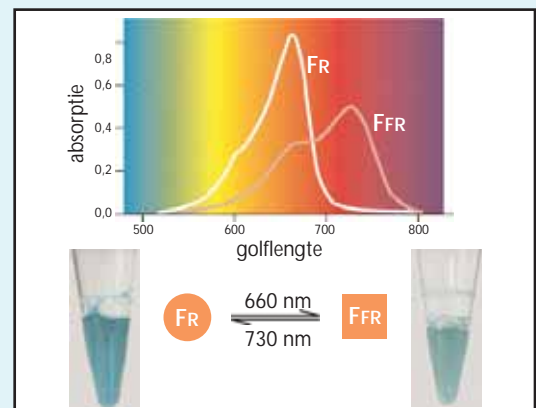
Voor de liefhebber...

Moleculaire lichtschakelaar

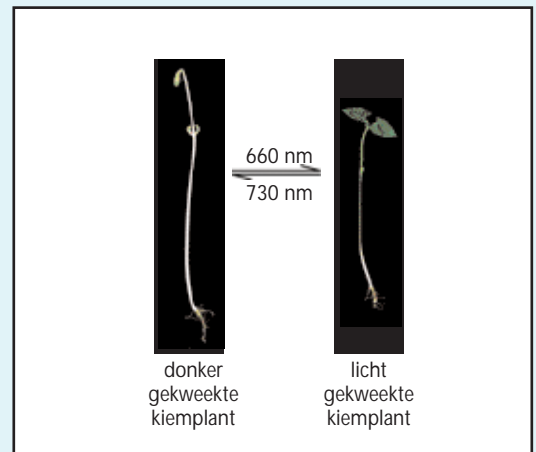
Planten gebruiken het eiwit fytochroom om te zien. Fytochroom komt in de plantencel onder twee vormen voor: de 'R'-vorm (van 'Red' licht) en de 'FR'-vorm (van Far-Red of ver-rood). Fytochroom-R wordt door licht met een golflengte van 660 nm omgeschakeld tot fytochroom-FR. Die vorm kan weer worden teruggeschakeld door donkerrood licht met een golflengte van 730 nm.

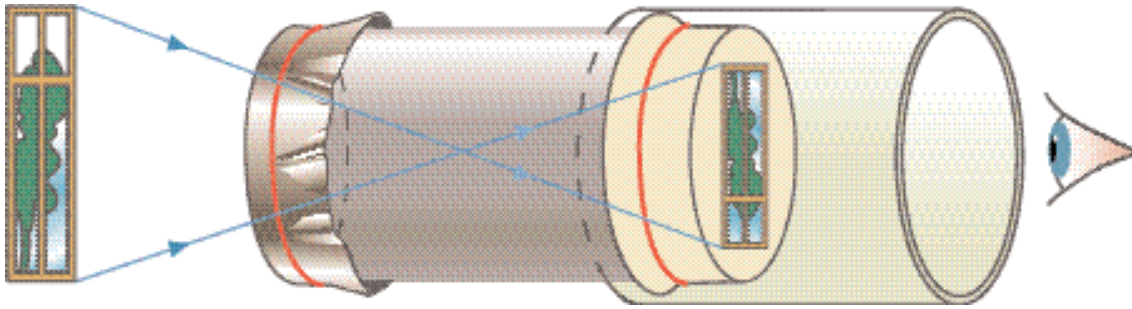
Het R / FR-conversie-mechanisme verklaart hoe een plant niet alleen de hoeveelheid licht kan waarnemen, maar tevens de golflengte kan meten. Het fytochroom werkt dus als een schakelaar die wordt aangezet bij licht met een golflengte van 660 nm en weer wordt afgezet bij 730 nm.

Een lichtgevoelig zaadje dat nog nooit licht heeft gezien, bezit alleen fytochroom-R. Na een streepje zonlicht zullen de fytochroommoleculen overschakelen naar de FR-vorm, meteen het signaal om de kieming op gang te brengen. Anderzijds wordt bij licht van 730 nm al het fytochroom in zijn R-vorm gedrongen en hebben planten het gevoel alsof het nacht is. Als ze heel regelmatig licht van 730 nm krijgen, zullen ze hetzelfde uitzicht hebben als planten die in het donker opgroeien.



Fytochroom in de R-vorm heeft een blauw-groene kleur, in zijn FR-vorm ziet het groen.





De speldenprikcamera: neem een rolletje karton (bijvoorbeeld van een toiletrol), bevestig aan één zijde een stukje aluminiumfolie met een klein gaatje en aan de andere kant een dun zakdoekje. Schuif over de kant van het zakdoekje een tweede rolletje. Houd de camera met de aluminiumfolie naar een lichtend voorwerp – bijvoorbeeld een raam of een lamp. Het omgekeerde beeld wordt geprojecteerd op het zakdoekpapiertje.

hadden de bezitters van een dergelijk primitief oog een voordeel in de strijd om het bestaan.

Bij ietwat complexere organismen, zoals zeesterren, liggen deze groepjes cellen in een kleine inzinking in de huid. Daardoor kunnen deze dieren niet alleen de intensiteit van het licht waarnemen, ze krijgen ook een gevoel van de richting waaruit het licht komt. Je kan zelf het experiment doen: neem een leeg koffiekopje en hou het onder een hoek naar het licht. Een deel van het kopje is belicht, een ander deel is beschaduwde. Uit het patroon van licht en schaduw kan je bepalen van waar het licht komt. Dergelijk oog noemt men ook wel een 'kopjesoog'.

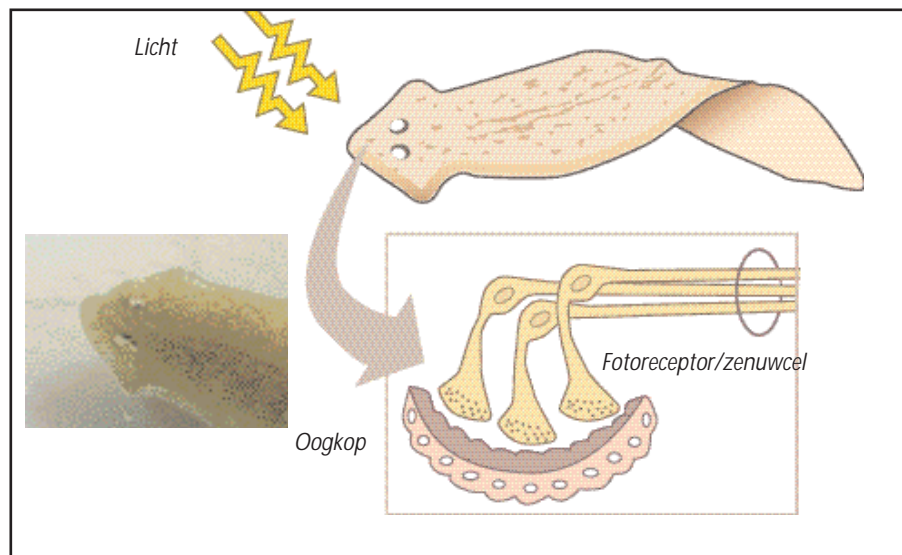
Sommige organismen, zoals de platwormen, kunnen zich met een dergelijk eenvoudig oogstelsel al heel goed oriënteren. Platwormen (*Planaria*) hebben twee kopjesogen met een aantal lichtgevoelige cellen. De opening van het ene oog is lichtjes naar rechts ge-

riënteerd, de andere naar links. Zijdelings invallend licht, wordt slechts door één van beide ogen opgevangen. De primitieve hersenen van de platworm vergelijken de zenuwimpulsen die van beide ogen toekomen en bepalen daaruit de richting van het licht. Het dier zal zich zodanig draaien totdat het licht van achter komt, waarna het zich ijlings uit de voeten maakt in voorwaartse richting. Platwormen houden niet van licht, want het maakt hen zichtbaar voor hun vijanden. Ze zoeken eerder de schaduw op. Hoe meer het kopje is ingestulpt, hoe scherper het de buitenwereld kan waarnemen. De speldenprikcamera is daarvan een zeer mooi voorbeeld en je kan die overigens zelf heel gemakkelijk in elkaar knutselen. Hoe kleiner de speldenprik in een dergelijke camera, hoe scherper de projectie zal zijn. Sommige dieren, zoals de nautilus, een inktvisachtige, gaan nog steeds door het leven met een speldenprik-oog.



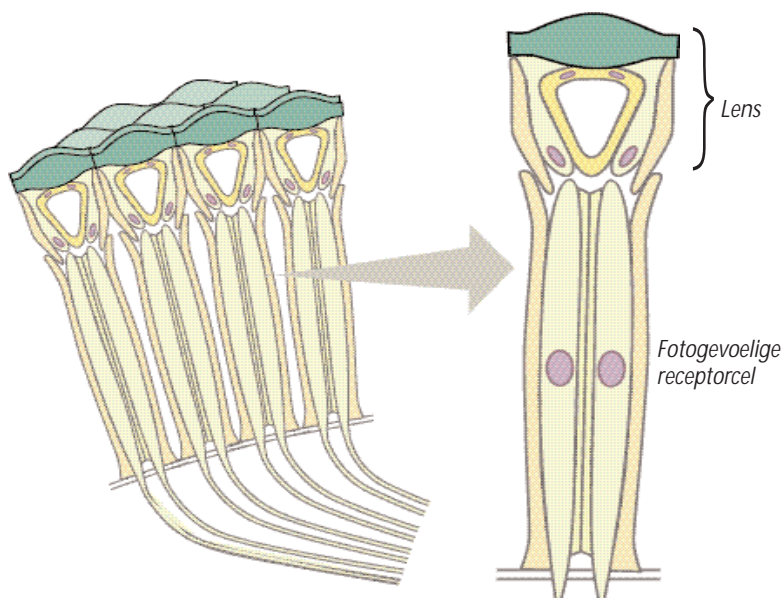
De nautilus heeft een speldenprik-oog. Het dier heeft nog niet zo'n heel scherp zicht, daartoe is zijn oogopening van 1 mm nog relatief groot. (Foto: JW Forsythe, National Resource Center for Cephalopods, Galveston, US)

De stap van een speldenprik-oog naar een complex oog als het onze, is relatief klein. Het volstaat in feite om een lens te plaatsen in de speldenprikopening. Die lens kwam er echter niet zomaar. Wellicht groeide eerst een dubbelwandig vlies over het gaatje waarna dat verder evolueerde naar het lens- en irissysteem.

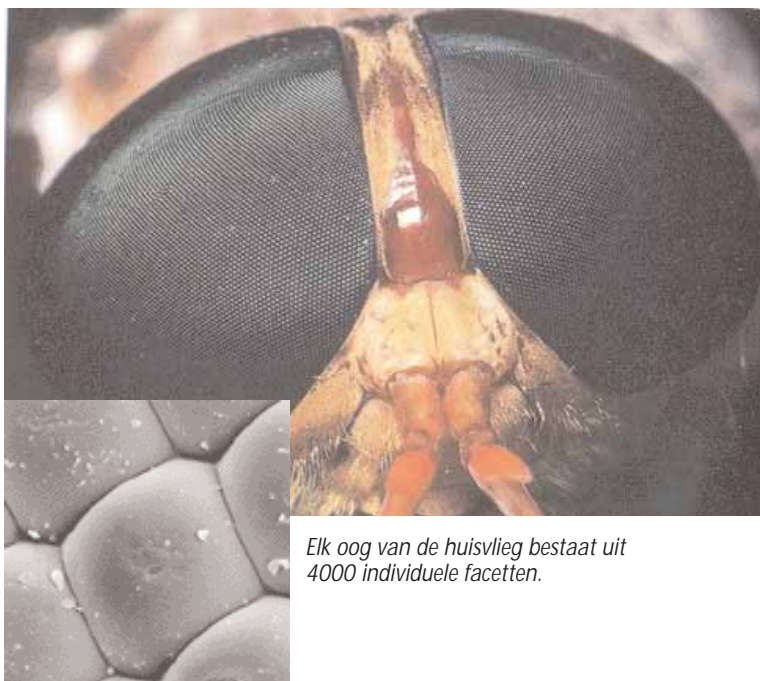


Platwormen kunnen met hun twee kopjesogen de richting bepalen waaruit het licht komt.

Toch ging de evolutie niet alleen in de richting van het lensoog zoals dat van de mens en andere gewervelde dieren. Er ontstonden ook heel andere types van ogen, denk maar aan het facetoog van de meeste geleedpotigen (insecten en schaaldieren) en van sommige wormen en weekdieren. Soms bevatten deze ogen tot duizenden individuele facetten die elk slechts een klein deel van het gezichtsveld registreren. Daardoor ontstaat een mozaïekbeeld. Om een echt volledig beeld van de omgeving te verkrijgen, moet het brein van het diertje de individuele informatie van elk facet samenbrengen.



Elke facet van een facetoog bevat een eigen lensje dat het licht projecteert op lichtgevoelige cellen. Die cellen hebben een sterk geplooid membraan met daarop de lichtgevoelige eiwitten.



Elk oog van de huisvlieg bestaat uit 4000 individuele facetten.

Wist u dat ...

... het facetoog extreem goed is in het detecteren van beweging? Dat is een noodzakelijke aanpassing voor vliegende insecten of voor diertjes die voortdurend worden belaagd door roofdieren.

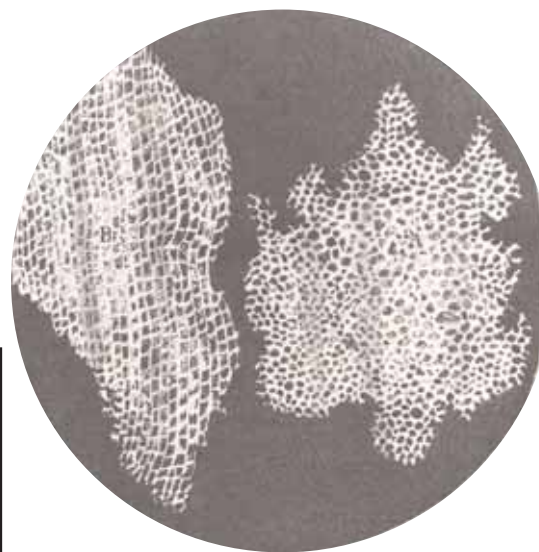
... in het facetoog de lichtgevoelige cellen zeer vlug terug in hun begintoestand worden gebracht, veel sneller dan bij het menselijk oog? De mens kan slechts 50 lichtflitsen per seconde onderscheiden. Precies daarom zien we de individuele beelden van een geprojecteerde film toch nog als een vloeiend geheel. Het facetoog van sommige insecten kan tot 330 flitsen per seconde onderscheiden, zij zouden onze bioscoopfilm als een statische opeenvolging van individuele fotootjes zien.

... insecten over het algemeen een zeer goed kleurenzicht hebben? Gelukkig maar, want precies daarom hebben sommige bloemen zo'n mooie en opvallende kleuren. Deze bloemen zijn immers met elkaar in competitie om insecten aan te trekken die hun stuifmeel verspreiden. Of dacht u misschien dat bloemen die kleurenpracht tentoonspreiden voor onze 'schone ogen'?

Meer zien met beperkte ogen

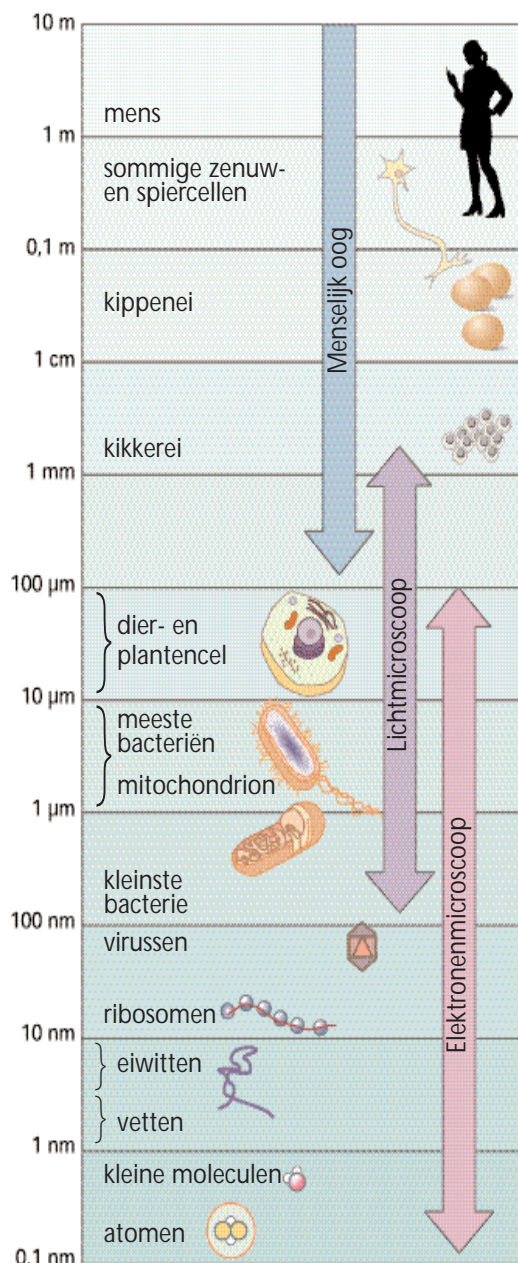
De fascinerende wereld van het kleine

Hoe complex ook, onze ogen kennen toch hun beperkingen. Zo is voor het blote oog de wereld van de atomen, de moleculen, zelfs die van de cel, het basiselement van het leven op aarde, onzichtbaar. De wereld van het kleine bleef dan ook volledig onbekend en onontdekt tot halverwege de zeventiende eeuw. Toen begon men lenzen te slijpen uit stukjes glas en microscopen te bouwen. Eén van die eerste microscopiebouwers was de Engelse wetenschapper Robert Hooke. Hij publiceerde in 1665 een schitterende verzameling microscopische tekeningen, *Micrographia* geheten, waarin hij zijn waarnemingen beschreef. Het stukje kurk dat door hem werd getekend, vertoonde een regelmatig netwerk van microscopisch kleine poriën. Hiervoor gebruikte Hooke de term 'cel', naar analogie met de kleine kamertjes van een gevangene of een monnik.

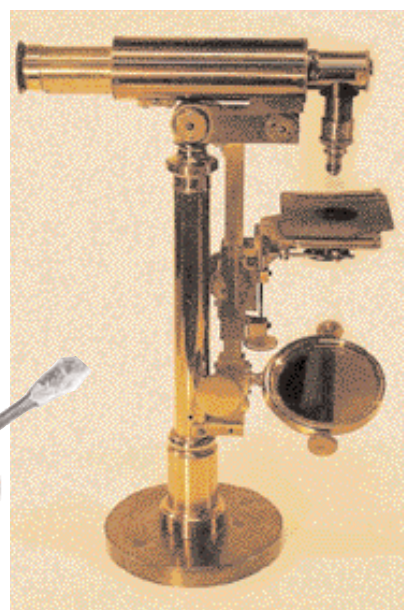
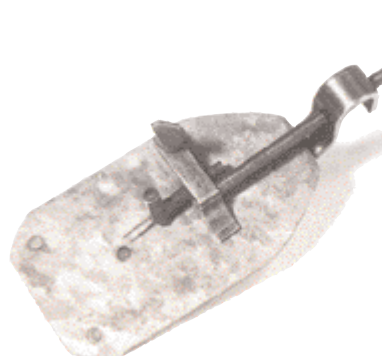


Robert Hooke zag met behulp van zijn microscoop dat gedroogde kurk een netwerk van gaatjes is. Deze gaatjes noemde hij cellen.

Eén van Hooke's meest begaafde tijdgenoten was de Nederlander Antoni van Leeuwenhoek. Die vervaardigde meer dan tweehonderd eenvoudige microscopen die bestonden uit een klein glazen bolletje, vastgemaakt in een gaatje in een koperen plaat. Men moest het instrument dicht bij het oog houden en door het glazen bolletje naar het voorwerp kijken dat was vastgeprikt op een naald.



Het menselijk oog kan details onderscheiden die groter zijn dan 150 μm (micrometer). Met een lichtmicroscop kan dat tot 0,2 μm (200 nm) en met sommige heel krachtige elektronenmicroscopen tot 0,1 nm.



Van Leeuwenhoek kon voorwerpen tot 270 maal vergroten en hij was een opmerkelijke waarnemer. Hij zag voor het eerst kleine eenheden in bloed, sperma en water en noemde die 'animalcules'. Helaas waren niet alle tijdgenoten van Hooke en Van Leeuwenhoek even zorgvuldige waarnemers. Ondermeer de Fransman Gautier d'Agoty meende een volledig ontwikkelde baby te zien in de kop van elke spermacel.

Met behulp van betere lenzen werden de microscopische beelden in de 19de eeuw veel scherper, maar op het einde van die eeuw raakten de onderzoekers steeds meer verstrikt in een nieuw onoplosbaar probleem. Zelfs met de beste microscopen konden ze geen details waarnemen die kleiner waren dan ongeveer 0,200 μm [micrometer], de halve golflengte van het gebruikte licht. In de praktijk komt dat overeen met de omvang van een pokkenvirus, één van de grootste virussen die we kennen. Die beperking geldt ook nu nog voor een lichtmicroscop. Twee punten die op een afstand van minder dan 200 nm van elkaar liggen, worden onder de lichtmicroscop als één enkel punt waargenomen. Zelfs indien het beeld nog sterker wordt uitvergroot, krijgt men toch geen gedetailleerder beeld. Het punt wordt hooguit opgeblazen tot een wazige vlek. Men noemt dit fenomeen het scheidend of oplossend vermogen. Elk optisch toestel, ook ons oog, heeft dus zijn beperkingen.

Naast het oplossend vermogen is er ook de vergroting. Die moet er voor zorgen dat de afmetingen van uiterst kleine structuren binnen de limieten van het oplossend vermogen van onze ogen komen. De vergroting die een optisch toestel haalt, is alleen van waarde als vergroting en oplossend vermogen gelijke tred houden.

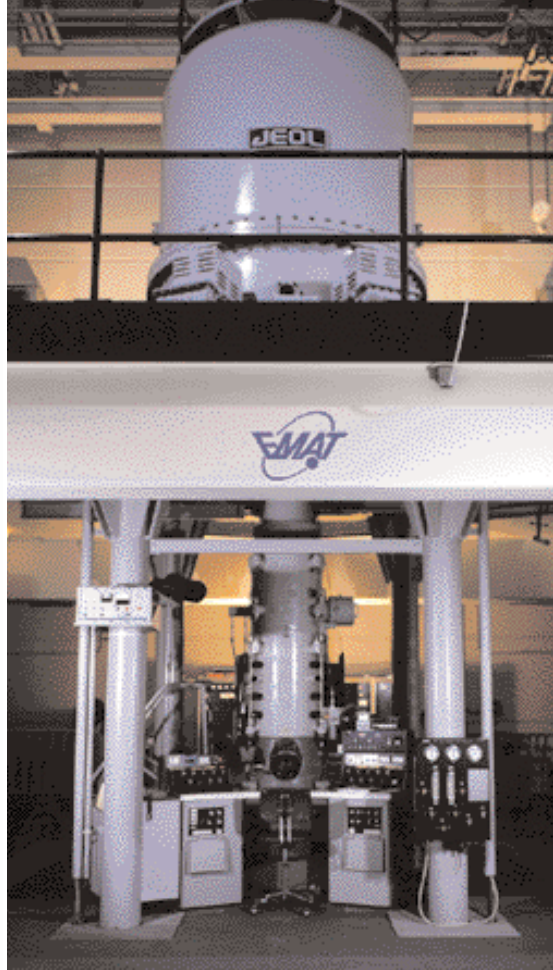
Vanwege de beperkingen die de grens van het scheidend vermogen oplegt, kan men in de praktijk met een goede lichtmicroscop tot 1000x vergroten. Nog meer vergroten kan in principe, maar is nutteloos, want men ziet toch geen verdere details.



De evolutie van de microscoop: van het jaar 1700 (van Leeuwenhoek) via 1835 (Chevalier) naar de 21ste eeuw.



Een opeenstapeling van lenzen leidt niet noodzakelijk tot een beter zicht van de details. Het beperkte oplossend vermogen van het optische instrument zit in de weg.



In de jaren zestig en zeventig trachtte men het oplossend vermogen van elektronenmicroscopen op te voeren tot 0,1 nanometer door ultrasnelle elektronen te produceren met behulp van spanningsvelden tot 1 000 000 Volt. Deze elektronenmicroscopen hadden echter ook enorme afmetingen en niet zelden moest een nieuw gebouw worden opgetrokken rondom de microscoop (links). Door allerlei technische verbeteringen halen veel compactere microscopen vandaag hetzelfde oplossend vermogen (rechts).



Een nieuwe stralingsbron

Om onder de microscoop meer details te kunnen zien, zochten fysici naar andere stralingsbronnen die golven met een kortere golflengte voortbrachten. Het oplossend vermogen is immers afhankelijk van de golflengte van de gebruikte stralen. In de eerste plaats kan men aan blauw of ultraviolet licht denken, maar die leveren nauwelijks een verbetering in het oplossend vermogen. Het verschil in golflengte ten opzichte van het gewone zichtbare licht is te verwaarlozen. Daarentegen hebben X-stralen wel een veel kortere golflengte, maar tot nu toe slaagde er niemand in om efficiënte lenzen te ontwikkelen voor X-stralen.

De grote doorbraak kwam er wel in de jaren '20. Wetenschappers ontdekten dat elektronen die in een vacuüm worden versneld, zich gedragen als golven met een golflengte tot 100 000 keer kleiner dan het zichtbare licht. Die ontdekking leidde snel tot de elektronenmicroscoop.

De baan die de elektronenbundel in een elektronenmicroscoop volgt, is analoog met de lichtbundel in een optische microscoop. Alleen is er geen lamp maar vertrekken de elektronen uit een elektronenkanon en worden ze onder een hoge spanning van 100 000 tot zelfs 1 250 000 Volt versneld. Met de krachtigste en nieuwste elektronenmicroscopen kan een oplossend vermogen tot zelfs 0,1 nm (1 Ångström) worden bereikt. Dat is 2000 keer beter dan met de beste lichtmicroscoop. Om dergelijke onvoorstelbaar kleine afstanden voor onze ogen zichtbaar te maken is een vergroting van meer dan 1 000 000 x nodig en daarmee wordt het zelfs mogelijk om individuele atomen te zien.

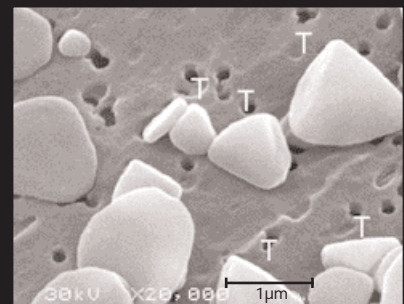
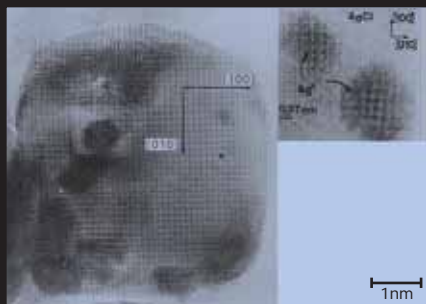
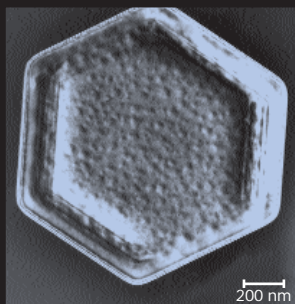
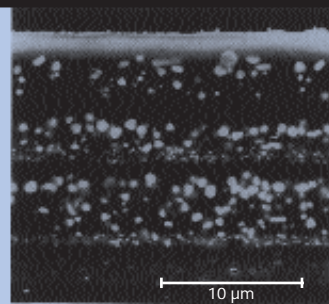
Er bestaan verschillende soorten elektronenmicroscopen. Er is de transmissie-elektronenmicroscoop of kortweg TEM. Die vangt de elektronen op die het preparaat heeft doorgelaten, vandaar de term 'transmissie'. De werking van deze elektronenmicroscoop lijkt op die van een gewone lichtmicroscoop. Daarnaast is er nog de scanning elektronenmicroscoop (SEM) soms ook rasterelektronenmicroscoop genoemd. De SEM tast het preparaat stukje voor stukje af met een

fijne elektronenbundel. De detector vangt alleen de weerkaatste elektronen op en stuurt die gegevens door naar een computer die een totaalbeeld herconstrueert. Met de SEM verkrijgt men beelden van het oppervlak van het preparaat die zeer goed de driedimensionale structuur weergeven (zie foto's).

De elektronenmicroscoop werd een zeer krachtig toestel voor velerlei toepassingen, niet in het minste voor materiaalonderzoek. Veel eigenschappen van een materiaal worden immers bepaald door de microscopische structuur en de eventuele defecten daarin. Daarenboven wordt elektronenmicroscopie meer en meer gebruikt voor de analyse van minuscule onderdelen. Denk maar aan ultracompacte chips voor de elektronica- en de computerindustrie of nieuwe materialen in de nanotechnologie. De elektronenmicroscopie verdient ook elke dag zijn sporen in het bio-logisch en het medisch onderzoek (zie kaderstukken).

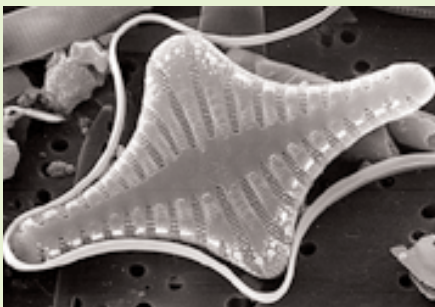
Elektronenmicroscopie

... in de materiaalkunde



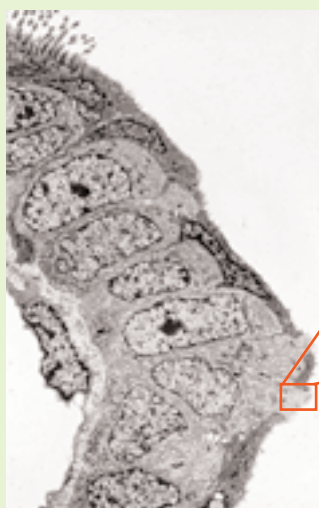
Een filmrolletje bevat een groot aantal zilverbromide- en zilverchloridekristallen die worden bijgehouden door gelatine. Licht zet de positief geladen zilverionen om tot zilver, waardoor de kristallen na ontwikkeling zwart worden. Foto 1. Opname met een lichtmicroscop van een dwarsdoorsnede van het filmrolletje met de zilverbromide- en zilverchloridekristallen. Foto 2 en 3: De kristallen gezien door een transmissie-elektronenmicroscop (TEM) telkens met een andere vergroting. In opname 3 zien we zelfs de individuele atomen in het kristalrooster. Foto 4: Driedimensionaal beeld van de kristallen, waargenomen met een scanning elektronenmicroscop (SEM). (Foto's EMAT, RUCA)

... in de biologie

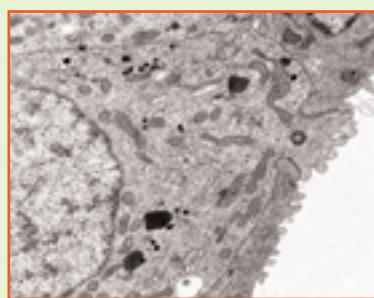


Met behulp van scanningelektronenmicroscopie kunnen biologen diatomeeën (kiezelwieren) uit het Zuidpoolgebied identificeren. (foto Bart Van de Vijver, RUCA)

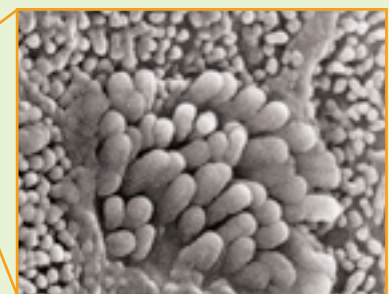
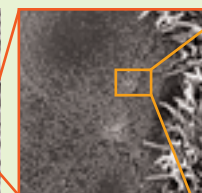
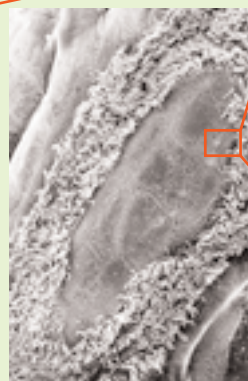
...in de geneeskunde



Opname met een transmissie-elektronenmicroscop.



Longweefsel met een uitvergroting van neuro-endocriene cellen. Deze cellen staan in verbinding met zenuwcellen en ze scheiden chemische signaalmoleculen uit wanneer er minder zuurstof beschikbaar is. Onder invloed van ondermeer sigarettenrook kunnen deze cellen zich omvormen tot kankercellen. Ze groeien dan uit tot zeer kwaadaardige 'kleincellige' longcarcinomen. (foto's labo Cel- en Weefselleer, RUCA)



Opname met een scanningelektronenmicroscop, waardoor de driedimensionale structuur goed zichtbaar wordt.

Kleur geeft inzicht

Niet alleen de vergroting en het beperkte oplossend vermogen zijn een kopzorg voor de microscopist. De kwaliteit van het beeld, de scherpte en de rijkdom aan details zijn ook afhankelijk van de helderheid en de contrasten in het preparaat. Helaas is het contrast van biologische preparaten op zich vaak bedroevend

laag. Daarom werden al vanaf het einde van de negentiende eeuw een groot aantal kleurstoffen ontwikkeld, die niet alleen meer contrasterende preparaten opleverden, maar die ook specifieke cellen of celonderdelen aankleurden. Verder namen onderzoekers ook hun toevlucht tot heel speciale microscopietechnieken zoals fasecontrast-, polarisatie- of interferentiemicroscopie. Het zou ons echter te ver leiden om hierop verder in te gaan.

Ondanks al deze technieken bleef het meestal onmogelijk om één specifiek biomolecule zichtbaar te maken in een cel. Als onderzoekers wilden nagaan waar zich precies een bepaald eiwit bevond, hoe het zich onder bepaalde omstandigheden gedroeg, wanneer het werd aangemaakt en weer werd afgebroken, dan was dat met de traditionele kleurtechnieken meestal onmogelijk. De grote doorbraak kwam er echter met de fluorescentiemicroscopie.

Wist u dat ...

... de elektronenmicroscopie de hele tijd onder vacuüm staat? Elektronen zijn immers heel licht en als ze botsen met luchtmoleculen, kaatsen ze alle kanten uit.

... de lenzen van een elektronenmicroscopie heel verschillend zijn in vergelijking met een lichtmicroscopie? Ze bestaan uit magnetische velden die worden opgewekt door elektromagnetische spoelen.

... men bij een elektronenmicroscopie de sterkte van het magneetveld kan aanpassen waardoor de vergroting verandert? Het is dus mogelijk om met dezelfde magneetspoelen verschillende vergrotingen in te stellen, terwijl men bij een lichtmicroscopie voor elke vergroting een andere lenzencombinatie moet gebruiken.



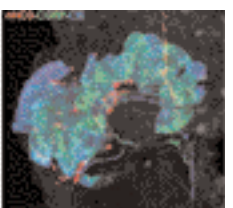
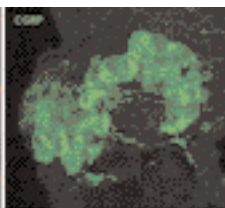
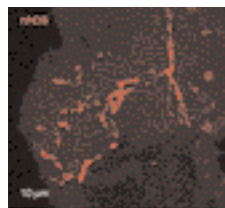
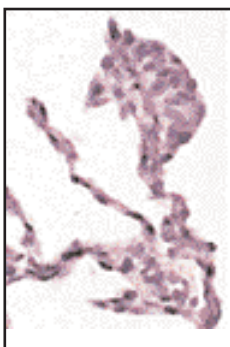
... de spectaculaire SEM-kleurenfoto's, die u vaak in semi-wetenschappelijke tijdschriften terugvindt, niets anders zijn dan kunstmatig ingekleurde namaakzels van de werkelijkheid. De kleuren zijn onecht en werden later toegevoegd. De kleurpatronen zijn meestal alleen gebaseerd op de inspiratie en de artistieke kwaliteiten van de tekenaar die de computermuis en het toetsenbord bediende. Op de linkerfoto de 'echte' SEM-opname van een mijt, rechts de 'artistieke' versie.

Onder het begrip fluorescentie verstaan we de eigenschap van bepaalde atomen en moleculen om licht van een bepaalde golflengte te absorberen en na een kort tijdsinterval terug uit te zenden, zij het dan met een langere golflengte dan het licht dat ze opnemen. Er zijn verschillende fluorescente kleurstoffen, sommige zenden licht uit in het groene, andere in het oranje of het rode deel van het spectrum.

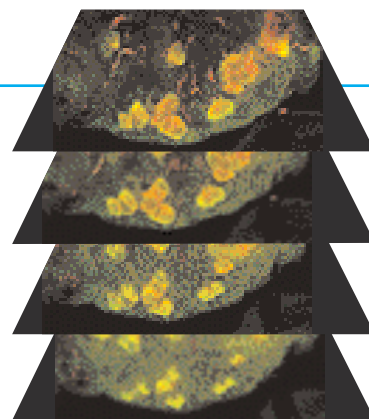
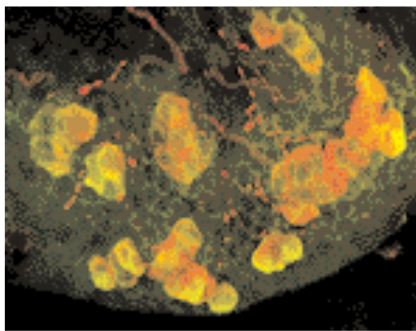
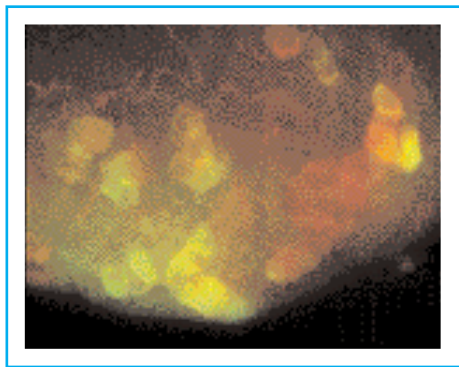
Koppelt men deze kleurstoffen aan bijvoorbeeld antilichamen die binden met een welbepaald eiwit, dan wordt dit eiwit fluorescerend. Antilichamen zijn de afweerstoffen die ons lichaam aanmaakt tegen vreemde indringers zoals bacteriën. Elk antilichaam is gericht tegen een klein stukje van die indringer. Vandaag is het mogelijk om antilichamen te produceren tegen gelijk welk biomolecule.

De laatste jaren kent de fluorescentiemicroscopie een nooit geziene bloei, vooral in het biologisch en het medisch onderzoek.

Fluorescentiemicroscopie groeide uit tot één van de standaardmethoden om celstructuren en dynamische levensprocessen binnen de cel en tussen cellen onderling te bestuderen. Doordat het aantal verschillende fluorescerende kleurstoffen sterk is uitgebreid, kunnen onderzoekers zelfs meerdere cellulaire componenten tegelijkertijd aankleuren en toch afzonderlijk bekijken.



Longweefsel met neuro-endocriene cellen, gekleurd via een 'klassieke' kleurmethode (1) en met antilichamen waaraan een 'klassieke' kleurstof (2) of fluorescente kleurstof hangt (3,4,5). Doordat de beelden worden opgeslagen in de computer kan men elk van de kleuringen apart bekijken of allemaal tegelijkertijd (6). (foto's labo Cel- en Weefselleer, RUCA).



Opname van een stukje weefsel met een gewone fluoresceentiemicroscop (links) en hetzelfde preparaat op verschillende 'dieptes' bekeken met een confocale microscop (rechts). De confocale microscop zorgt voor meer helderheid. De computer construeert vervolgens een 'driedimensionale' weergave van het gehele preparaat op basis van de opeenvolgende beelden (midden). (foto's labo Cel- en Weefselleer, RUCA)

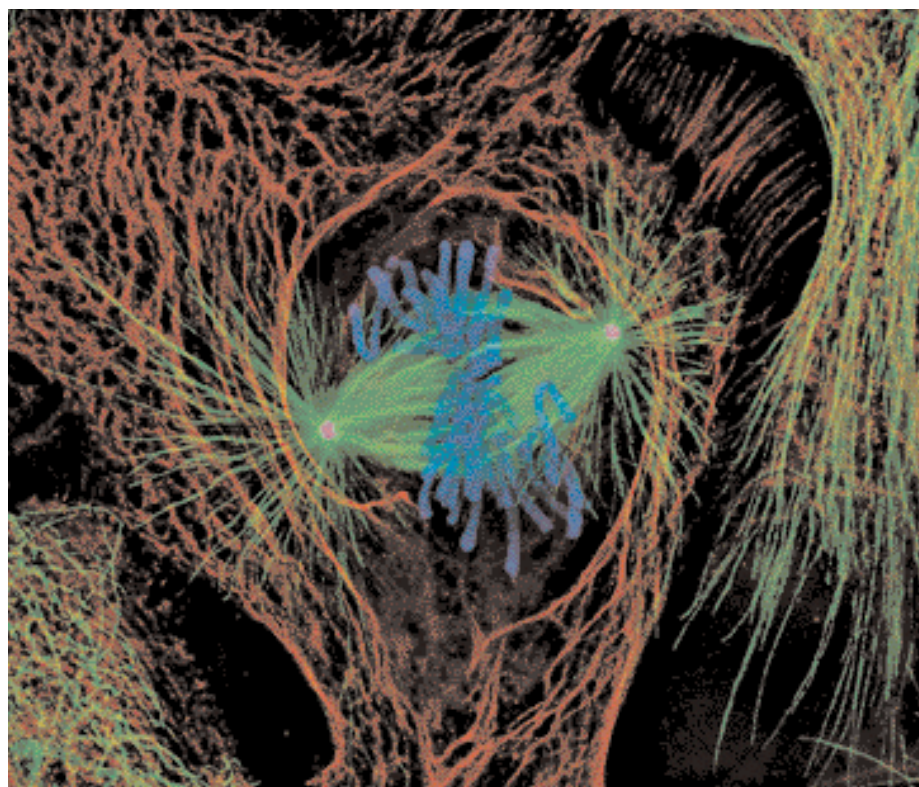
Artistieke wazigheid

De gewone fluoresceentiemicroscopie heeft ook zijn beperkingen. Het beeld bestaat in feite uit de opeenstapeling van fluorescerende stralen vanuit verschillende dieptes in het preparaat. Dat leidt vaak tot een wazig beeld. Deze 'flou artistique', die voor kunstenaars best leuk kan zijn, is uitermate storend voor de onderzoeker.

Kunst in de wetenschap

Longcel van een watersalamander tijdens de mitotische deling.

Opname met een confocale laser-scannermicroscop waarbij vier verschillende fluorescente kleurstoffen werden gebruikt: chromosomen (blauw), centrosomen (magenta), microtubuli (groen) en intermediaire filamenten (rood). (foto van Alexey Khodjakov, Albany NY, USA)



De confocale laser-scanningmicroscop zorgt voor de oplossing. Deze microscop snijdt als het ware virtueel een horizontaal beeld uit de coupe, waardoor een veel scherpere waarneming ontstaat. Meer nog, de computer kan de opnames op verschillende dieptes in het preparaat omzetten in een heus driedimensionaal beeld.

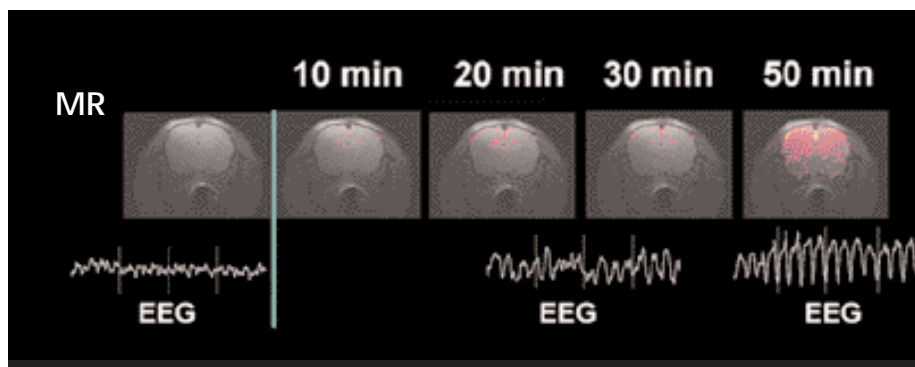
En er komen nog meer spectaculaire toepassingen aan. De nieuwe trend is om

het gedrag van levende cellen te filmen. Dat laat ons toe om naar dynamische levensprocessen te kijken zoals ze plaatsgrijpen in de cel. In het verleden moest de celbioloog zich tevreden stellen met statische momentopnames. Nu tekent zich de mogelijkheid af om heuse microscopische filmopnames te maken van de hele levenscyclus van de cel.

Binnenkijken in het levende

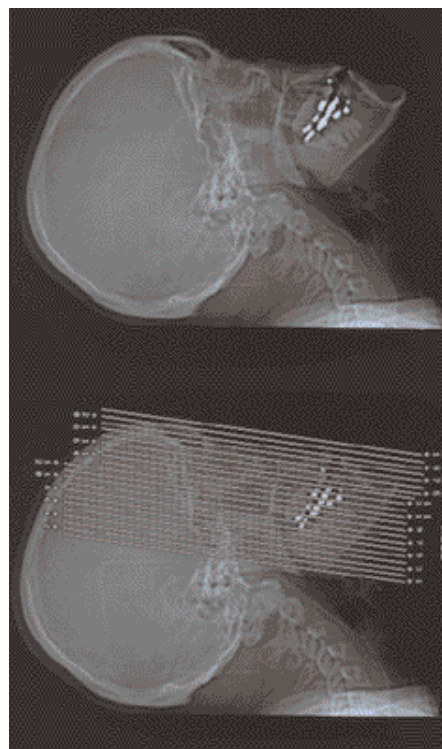
De mens vond niet alleen hulpmiddelen uit om naar het allerkleinste te kijken, hij wilde ook binnenin zichzelf en andere levende organismen kijken. De eerste aanzet daartoe waren Röntgen- of X-stralen. Hun ontdekking dateert al van het einde van de 19de eeuw, toen de natuurkundige Wilhelm Conrad Röntgen (1845 - 1923) opmerkte dat stralen met een bepaalde golflengte het beenderstelsel in het lichaam zichtbaar maakten. Deze techniek vindt nu nog uitgebreid toepassing in de klassieke X-stralenfoto waarmee men afwijkingen van het bot zichtbaar maakt.

Al gauw ervoeren artsen het als een nadeel dat op een gewone X-stralenfoto de weke delen van het lichaam, zoals spieren, zenuwen en bloedvaten, niet te zien waren. Er werden verschillende manieren bedacht om deze beperking te doorbreken. Zo ontwikkelde de Engelse ingenieur Hounsfield in de jaren '60 de computertomografie (CT). Hij wist met behulp van de computer de minieme verschillen in doorlaatbaarheid van X-stralen te versterken zodat ook de zachte weefsels zichtbaar werden.



MR-beelden van een kunstmatig opgewekte epileptische aanval in de hersenen van een rat. De beelden laten zien hoe onderzoekers met behulp van MR een opkomende epileptische aanval al veel vroeger kunnen detecteren dan met een elektro-encefalogram (EEG). Dat laatste is een traditionele opname van de elektrische activiteit in de hersenen met behulp van elektroden die op de schedel worden geplaatst. Daarenboven toont het MR-beeld de precieze hersenregio waar de aanval begint en hoe hij zich uitbreidt.

Terwijl een X-stralenfoto een soort statisch portret is, waarop men verschijnt in dezelfde houding als men is gefotografeerd, tekent de computer met een CT-scan eigenlijk een doorsnede van het lichaam. Een dunne X-straal tast vanuit verschillende richtingen een doorsnede van het te scannen lichaamsdeel af. Vervolgens schuift de straal enkele millimeter op om een volgende virtuele doorsnede te maken.



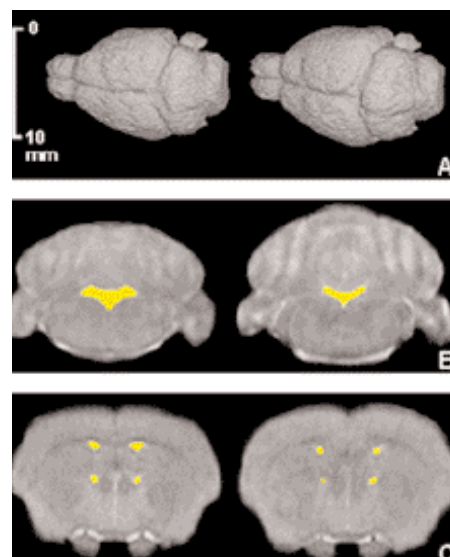
De X-stralenfoto van een hoofd (boven) laat alleen de beenderen zien. Een CT-scan snijdt op verschillende afstanden virtuele coupes uit het hoofd. Die leveren meer informatie op over de zachte weefsels.

Magnetisch water

Het neusje van de zalm in de inwendige beeldvorming van levende organismen is de MR-scanner (Magnetische Resonantie). Maar die is op een geheel ander principe gebaseerd dan het X-stralenbeeld of de CT-scan. Bij deze afbeeldingstechniek ligt het object, de patiënt of het proefdier, in een lange tunnel die het centrum is van een sterke magneet. Daarmee wordt het water in de weefsels gemagnetiseerd. Met het instralen van radiogolven, kan men deze magnetisatie nog verder manipuleren. De waterstofatomen in de watermoleculen zullen hun opgenomen magnetisme uiteindelijk terug uitzenden, aan de hand waarvan de computer een beeld kan herconstrueren van de gescande weefsels.

De MR-beeldvorming levert contrastrijke en zeer gedetailleerde beelden en er komt geen schadelijke radioactieve of ioniserende straling aan te pas. Met sommige scanners die men terugvindt in laboratoria, kan men zelfs details kleiner dan 50 micrometer herkennen. Dat is ongeveer de grootte van één enkele cel. De routine MR-scanner van het ziekenhuis, is echter nog niet in staat om dergelijke ultragedetailleerde beelden te maken.

MR-beeldvorming detecteert eveneens de beweging van waterstofatomen, daarom verschaft ze ook functionele informatie. Bovendien kan men het signaal beïnvloeden door contraststoffen toe te dienen. Op die manier beperkt MR-beeldvorming zich niet tot de anatomische detectie van bijvoorbeeld statische tumoren of letsels in het weefsel. Men kan bijvoorbeeld ook de dynamische doorbloeding van een orgaan bestuderen of zelfs de activiteit van de hersenen in beeld brengen.



MR-beelden van de hersenen van muizen met hydrocefalie (waterhoofd) (links) ten opzichte van gewone muizen (rechts). De levende muizen werden onderzocht in een experimentele MR-scanner. De hydrocefale muizen hebben duidelijk vergrote hersenventrikels.

... en nog veel meer.

We hebben in dit nummer slechts een heel beperkt overzicht gegeven van technieken die de mens gebruikt om 'beter' of althans 'anders' te kunnen zien. Er is natuurlijk nog veel meer. Onze zoektocht naar alternatieve manieren om te zien, is verre van volledig. Zo maken artsen gebruik van geluidsgolven om te zien (echografie), piloten en kapiteins zien met behulp van radargolven en soldaten kunnen in het duister kijken met nachtkijkers die gevoelig zijn voor warmtegolven. Verder zijn we ook nieuwsgierig naar de verre wereld om ons heen. We willen niet alleen de meest nabije planeten zien, maar ook sterren en hemellichamen in andere sterrenstelsels. Daarvoor werden reusachtige kijkers gebouwd of werden er zelfs allerlei kijktuistellen in de ruimte gebracht om beter naar de aarde en haar omgeving te kunnen zien.

We staan er misschien nauwelijks bij stil, maar 'zien' is een hoofdbezigheid van de mens.



VOEDSELVEILIGHEID & COMMUNICATIE

Tussen 'voedselveiligheid en -veiligheidsgevoel'

Vroeger was er vooral sprake van 'voedselzekerheid'. Vandaag staat 'voedselveiligheid' voorop. Naast de 'voedselveiligheid' is er ook het 'voedsel(on)veiligheidsgevoel'. Het onderscheid is mede een gevolg van communicatiestoornis. Bij de communicatie komen verschillende aspecten kijken: de wetenschappelijke resultaten (risico-evaluatie), de beleidsalternatieven van de overheid en de sector, waarden en ethiek.

Op dit symposium wordt 'voedselveiligheid' vanuit deze invalshoeken belicht.

9u00 Ontvangst en koffie

9u30 Probleemstelling en voorstelling VILT- project 'Voedselveiligheid'

Yvan Dossche, directeur Cera Foundation

9u45 Wetenschap en communicatie

Ann Van der Auweraert, lic.biol., projectleider WeCom

10u20 Landbouwsector en communicatie

Prof. dr Frank Thevissen, Toegepaste Communicatie, directeur MaCo (Marketingcommunicatie) - VUB

11u00 Ethiek en communicatie

Drs Dirk Lips, Centrum voor Agrarische Bio- en Milieu-Ethiek (CABME) - KULeuven

11u40 'Voedselveiligheid en -veiligheidsgevoel'

- Panelgesprek met Dr. Paul Janssen (Janssen Pharmaceutica)
Dirk Draulans (wetenschapsjournalist KNACK)
Roger Cornelissen (voorzitter VILT)
- moderator Ir. Jacques Van Outryve (landbouwjournalist)
- dispuut Dr. Piet Vanthemsche (lid Wetenschappelijk Comité VILT)

12u45 MENS, reeds één decennium jong

Prof. dr. Roland Valcke, voorzitter Vlaamse Vereniging voor Biologie (VVB)

13u00 Receptie en wandelbuffet met Vlaamse streekgerechten, met medewerking van VLAM - Vlaams Promotiecentrum voor Agro- en Visserijmarketing

Informatie: SciPress 03 322 74 69 of info@scipress.be



Wetenschap boeit en fascineert.

Het RUCA neemt jong en oud mee op een spannende ontdekkingsreis door de wetenschap ter gelegenheid van haar 150ste verjaardag.

Op zaterdag 23 maart is er de fameuze wetenschapshappening. Ontdekken is het motief. Jong of oud, wetenschapper of niet, voor iedereen valt er wat te beleven.



Horen, zien, ruiken, voelen, dat is het motto van de scholendag op dinsdag 26 maart. Leerlingen uit de derde graad kunnen voor één dag experimenteren in de laboratoria van de Universiteit Antwerpen, campus Groenenborgerlaan.



Dossier op komst:



Biodiversiteit



45

"MENS" in retrospectie

Reeds verschenen dossiers, nog verkrijgbaar zolang de voorraad strekt:

- MENS 1: "Wie is bang voor dioxinen?"
- MENS 2: "Leven en sterven met chloorfenolen"
- MENS 3: "Zware problemen met zware metalen?"
- MENS 4: "De aardbol op hol"
- MENS 5: "Over kruid en onkruid"
- MENS 6: "Verpakking of ballast?" (uitgeput)
- MENS 7: "Snijden in eigen vlees"
- MENS 8: "In de schaduw van AIDS"
- MENS 9: "Kat en hond in het leefmilieu"
- MENS 10: "Water, bron van leven... en dood"
- MENS 11: "Chloor: pro en contra"
- MENS 12: "Verpakking: een zegen voor het leefmilieu?"
- MENS 13: "Kanker & Milieu"
- MENS 14: "Plastiek: pro en contra"
- MENS 15: "Wees goed jegens dieren"
- MENS 16: "Hoe ontstaat een geneesmiddel?"
- MENS 17: "Moet er nog mest zijn?"
- MENS 18: "Bronnen van energie" (uitgeput)
- MENS 19: "Milieubalansen"
- MENS 20: "Mens en verslaving" (uitgeput)
- MENS 21: "Afval inzamelen: een kunst"
- MENS 22: "Wees goed jegens proefdieren"
- MENS 23: "Risico's van kankerverwekkende stoffen"
- MENS 24: "Duurzaam bouwen met kunststoffen"
- MENS 25: "Recycleren moet je leren"
- MENS 26: "Gentechnologie op ons bord" (uitgeput)
- MENS 27: "Chemie: basis van leven"
- MENS 28: "Vlees, een probleem?"
- MENS 29: "Beter voorkomen dan genezen"
- MENS 30: "Biocides, een vloek of een zegen?"
- MENS 31: "Het transgene tijdperk"
- MENS 32: "Jacht op ziektegenen"
- MENS 33: "Eet en beweeg je fit"
- MENS 34: "Genetisch volmaakt?"
- MENS 35: "Pseudo-hormonen: vruchtbaarheid in gevaar"
- MENS 36: "Duurzame Ontwikkeling"
- MENS 37: "Allergie in opmars!"
- MENS 38: "Vrouwen in de wetenschap"
- MENS 39: "Gelabeld vlees, veilig vlees?"
- MENS 40: "Een tweede leven voor kunststoffen"
- MENS 41: "Stresssss"
- MENS 42: "Voedselveiligheid, een complex verhaal"
- MENS 43: "Het klimaat in de knoei"