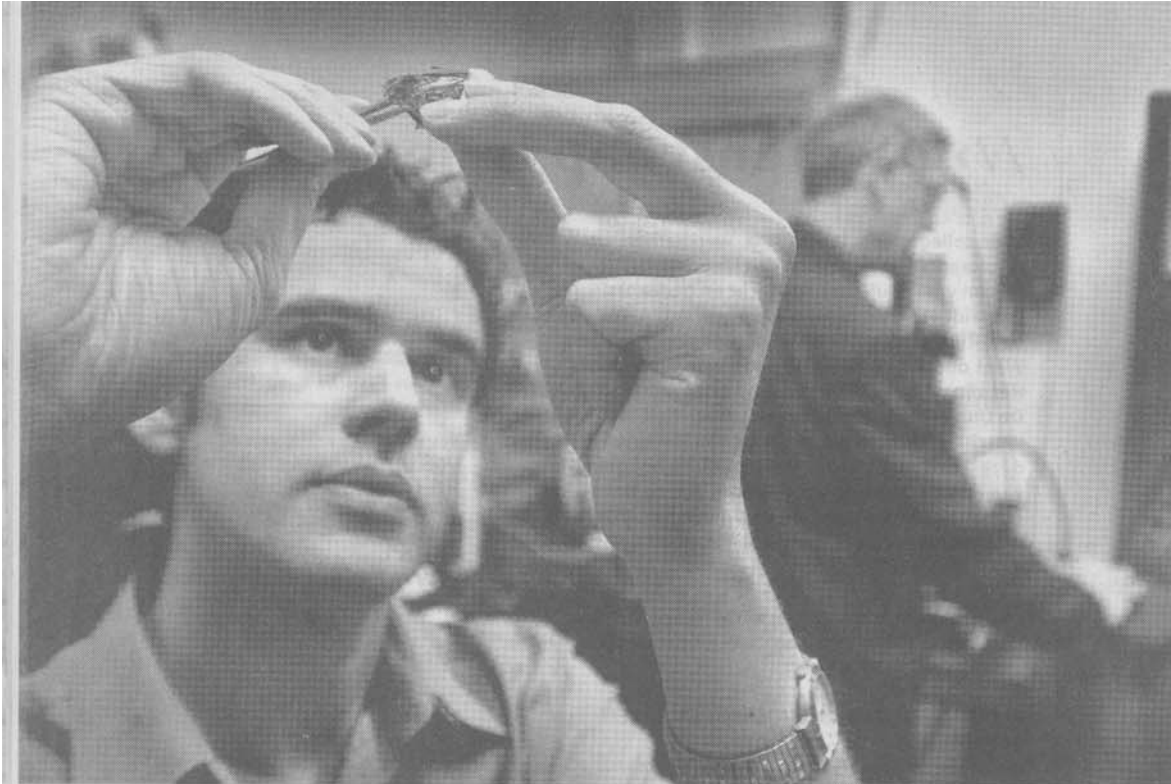
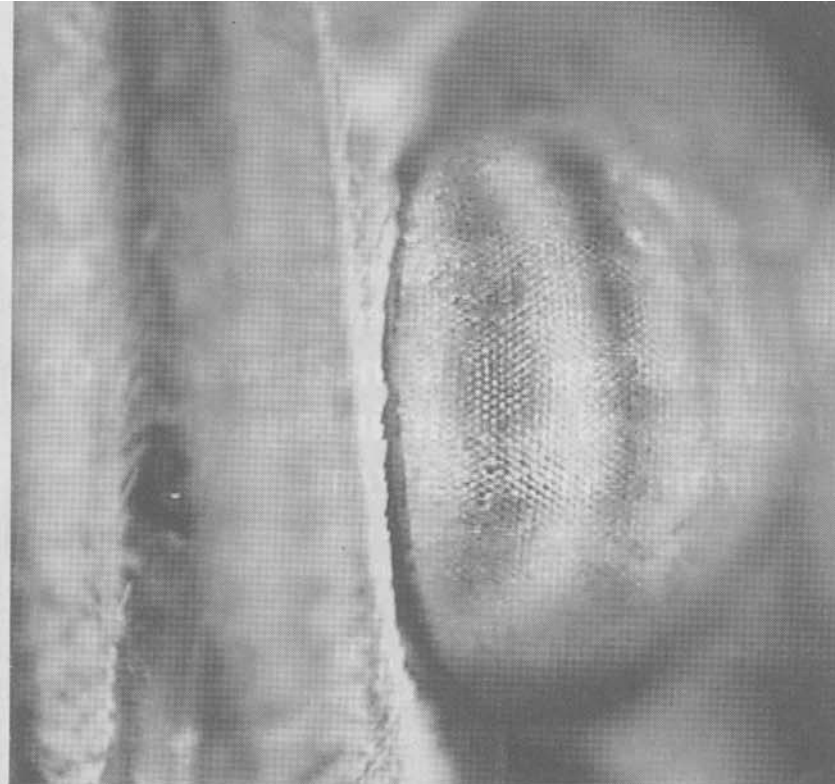




Kurt Vanhoutte prepareert een vlinder.



Microscop-opname van oog van de *Bicyclus* vlinder.

FOTO DOEKELA STAVENGA

FOTO RAYMOND RUTTING - DE VOLKSKRANT

Kleurenzien Promovendus achterhaalt hoe vlinders kijken

Spiegeltjes en staafjes voor de bloemen

Vlinders zijn specialisten in bloemen herkennen en kunnen dus goed kleuren zien. Een Groningse onderzoeker is een stap verder in het begrijpen van het mechanisme daarachter. Door **Marcus Werner**

Kurt Vanhoutte, aan de telefoon enkele dagen voor zijn promotie, wil best nog eens zijn methode demonstreren om de optische eigenschappen van vlindersogen te meten. Alleen, nu zijn onderzoek is afgerond, heeft hij geen vlinder meer in huis.

Vanhoutte grijnst, even later in zijn kamer in het Scheikunde/Natuurkunde-gebouw van de Rijksuniversiteit Groningen. Hij hoefde niet met een vlindernetje op jacht in het struikgewas

rondom de campus, want een collega-onderzoeker had nog een dagpauwoog in zijn meetopstelling zitten. Niet de door Vanhoutte onderzochte vlindersoort, maar zo krijgt de interviewer tenminste iets te zien.

Vlinders vliegen van bloem tot bloem en zijn daardoor specialisten geworden in het zien van kleuren. Vandaar dat ze vaak dienen voor onderzoek naar de werking van kleurenzien. Maar hoe dat 'zien' precies in zijn werk gaat, is nog altijd niet geheel achterhaald.

Vrijdag promoveerde Vanhoutte in Groningen op een onderzoek naar het mechanisme achter het zien bij vlinders. De van oorsprong Belgische Vanhoutte is opgeleid als biochemicus. Die achtergrond kwam hem goed van pas bij het werken met DNA uit vlindersogen, dat hij in zijn onderzoek combineerde met het meer natuurkundige meten van lichtabsorptie en -reflectie uit de ogen van levende vlinders.

Het insectenoog verschilt nogal van het oog van gewervelde dieren, doceert Vanhoutte. In plaats van een met vloeistof gevulde bol waarin licht binnendringt door een enkele lens en pupil, vormen in het insectenoog enkele duizenden zogeheten *ommatidia* een samengesteld oog. Ieder *ommatidium* is

voorzien van een kristalachtig lensje dat ontvangen licht naar het binnenste van de structuur dirigeert. Het zijn deze lensjes die het insectenoog het uit 'facetten' opgebouwde uiterlijk meegeven.

Onder het lensje bestaat elk *ommatidium* voornamelijk uit acht langwerpige *rhabdomeren*, die tezamen een cilinder vormen. De binnenwand van zo'n *rhabdomeren* reflecteert lichtstralen - 'net als in een glasvezel', aldus de promovendus. Licht kaatst zich hierdoor een weg naar de basis van het *ommatidium*, in plaats van via de doorzichtige zijwanden te ontsnappen.

Het resultaat is een vernuftige lichtgeleider. Vanhoutte: 'In de *rhabdomeren* zitten lichtgevoelige pigmenten opgepakt, die licht absorberen en hierdoor een biochemische verandering ondergaan. Die wekt elektrische signalen op. Zenuwen geleiden die naar de hersenen van het insect, dat vervolgens "ziet" dankzij de samengevoegde signalen van alle *ommatidia*'.

Voor zijn onderzoek identificeerde Vanhoutte eerst de lichtgevoelige pigmenten - de *rhodopsines* - van een in Leiden opgekweekte vlindersoort, een tropisch zandoogje. De theorie luidt dat de *ommatidia* van vlinders elk minimaal drie en maximaal zes *rhodopsines*

bevatten, die elk een bepaalde kleur licht absorberen. Het kleurenzien steunt, zo is de veronderstelling, op deze taakverdeling.

Voor het door Vanhoutte onderzochte zandoogje werd (op grond van lichtabsorptie-metingen) aangenomen dat het over groen-, blauw- en ultraviolet (uv)-gevoelige *rhodopsines* beschikt. Vanhoutte isoleerde genetisch materiaal uit de ogen van dode zandoogjes en gebruikte dat om het DNA van de visuele pigmenten te vermeerderen.

Analyse van het zo verkregen DNA bevestigde dat het tropische zandoogje zeker beschikt over groen- en uv-gevoelige *rhodopsines*. Een blauwgevoelig pigment kon, waarschijnlijk vanwege bepaalde eigenschappen van het DNA ervan, niet worden aangetoond.

'Met twee bekende pigmenten valt in een wiskundig model nog te compenseren voor dat gemis', verduidelijkt Vanhoutte. 'Maar dan ben je er nog niet, omdat een sluitende beschrijving van de lichtabsorptie in het insectenoog van méér afhankelijk is dan alleen van de visuele pigmenten.' Ook andere structuren in het vlinderroog spelen een rol.

Vandaar dat de promovendus lichtabsorptiemetingen uitvoerde aan de hand van levende vlinders. Hij maakte

daarbij dankbaar gebruik van het onder insecten unieke *tapetum* van vlinders. Deze reflecterende laag onder de *ommatidia* verhoogt waarschijnlijk de gevoeligheid van het oog, omdat ook gereflecteerd licht kan worden opgevangen door de visuele pigmenten. 'Uit de afreksom tussen in het vlinderroog geschenen en door het *tapetum* gereflecteerd licht vallen zowel de absorptie- en reflectie-eigenschappen van de visuele pigmenten als die van de verschillende structuren in het oog te achterhalen.'

In de Groningse meetopstelling schijnt een bundel licht in één oog van een onder een microscoopobjectief geplaatste vlinder, terwijl sensoren zowel het toegediende als het gereflecteerde licht registreren. Een spectrofotometer analyseert vervolgens de metingen.

Tallose *tapetum*-reflecties leverden Vanhoutte de gegevens op voor een natuurkundig model van de visuele processen in een lichtgeleider van het vlinderroog. Het model beslaat een compleet, 'rijkelijk van formules voorzien' hoofdstuk van zijn proefschrift.

Prof. dr. Doekele Stavenga, Vanhouttes begeleider en promotor, is duidelijk enthousiast over het onderzoek naar het kleurenzien van insecten dat hij al geruime tijd leidt. Hij plaatst Vanhout-

tes bevindingen in breder verband. Ze lijken aardig te kloppen met de theorieën, maar zij bekrachtigen ook een door Stavenga zelf ontdekt fenomeen.

'Niet alle *ommatidia* reflecteren in dezelfde kleuren. Door speciale filterpigmenten en ook aanpassingen in het *tapetum*, lijken verschillende *ommatidia* te zijn afgestemd op het absorberen van een bepaalde golflengteband licht. Dat verhoogt waarschijnlijk het waargenomen kleurcontrast. Maar daarnaast is heel interessant dat in sommige vlindersoorten de *ommatidia* duidelijk gegroepeerd liggen: boven en onder.'

'Het lijkt erop dat dit aanpassingen zijn die te maken hebben met de leefwijze van de vlindersoort: goed omhoog kunnen kijken naar de blauwe lucht, of juist beter omlaag naar kleurige bloemen en potentiële partners.'

Bijna terloops verklaart Stavenga een van de mogelijke toepassingen van het op het eerste gezicht nogal fundamentele onderzoek. 'Dat zo iets kleins als een vlinder zo'n gespecialiseerd kleurwaarnemingsysteem bezit, is absoluut een evolutionair hoogstandje. De principes daarachter achterhalen is echt fascinerend - ook voor ontwerpers van "slimme" beeldverwerkingssystemen, bijvoorbeeld in robots of vliegtuigen.'