

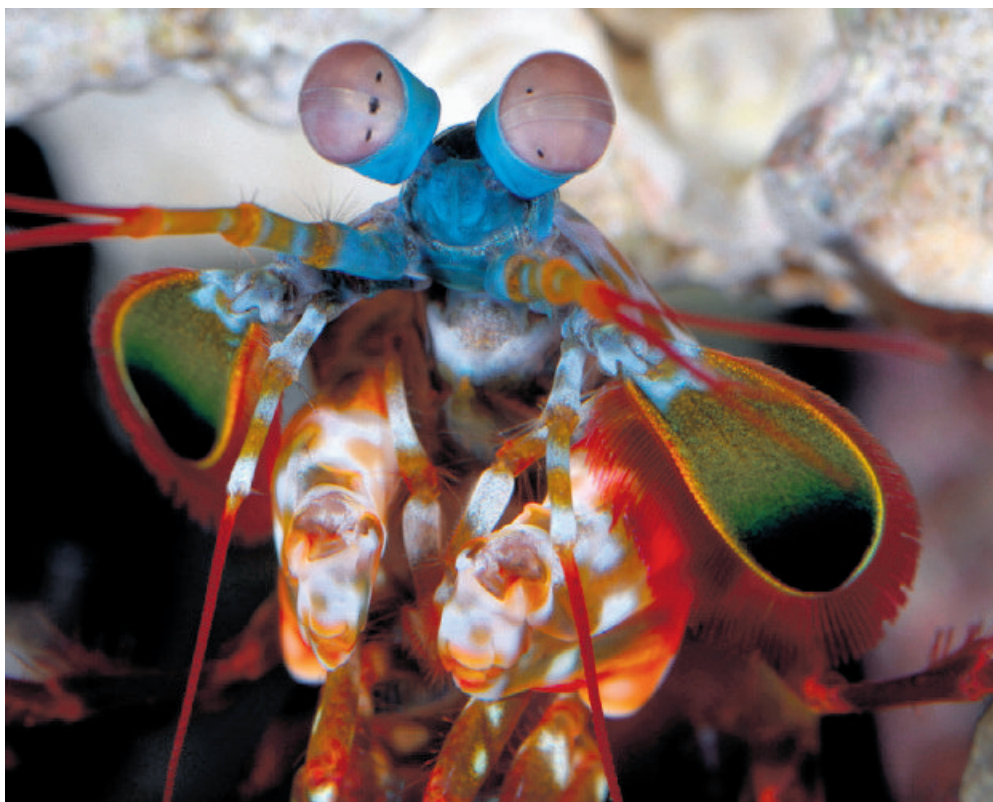
# Vizieren

De bidsprinkhaankreeft seint met circulair gepolariseerd

licht. Misschien kunnen zijn ogen fabrikanten van

dvd-spelers inspireren. Michiel van Nieuwstadt

# op steeltjes



## CIRCULAIRE POLARISATIE

Circulair gepolariseerd licht ontstaat als twee lineair gepolariseerde lichtgolven zich in dezelfde richting voortbewegen, onderling een kwart golflengte uit fase. De oriëntatie van de elektrische velden van deze twee golven valt elk te beschrijven als een vector, een pijl die de richting van het veld in de ruimte aangeeft. Bij elkaar opgeteld beschrijven de vectoren van de twee lichtgolven een cirkel in de ruimte. Een cirkel dus die een bidsprinkhaankreeft zou moeten herkennen als het licht recht op hem af kwam. De Franse Catalaan François Arago ontdekte circulair gepolariseerd licht in 1811 met een kwartskristalletje. In 1848 gebruikte Louis Pasteur dit effect

om wijnsteenzuurmoleculen die elkaars spiegelbeeld zijn van elkaar te onderscheiden. Het blijkt dat er ook van heel veel andere moleculen links- en rechtsdraaiende varianten bestaan die bijvoorbeeld in ons lichaam sterk verschillend werken. In 1955 ontdekte William Shurcliff dat ook mensen verschillen in circulaire polarisatie enigszins kunnen opmerken. 'Als mensen door een polarisatiefilter naar licht kijken, dan zien ze doorgaans een geel vlekje', zo verklaart fysicus en voormalig KNMI-medewerker Günther Können. 'Bij invalend lineair gepolariseerd licht draait het figuurtje mee met de positie van het filter. Bij circulair licht

niet: zijn positie is veranderd aan ons hoofd. Als je je hoofd draait, dan kun je dus zien dat het vlekje met je hoofd meedraait. Het vlekje ontstaat, omdat het gevoeligste punt van ons netvlies gevoelig is voor de polarisatie van licht.' Naast de bidsprinkhaankreeft bestaan er ook enkele andere dieren die gepolariseerd licht kunnen maken, zoals sommige metaalkleurige kevers van de familie Scarabaeidae dat doen met hun uit meerdere lagen opgebouwde pantsers. 'Maar bidsprinkhaankreeften zijn de enige dieren waarvan we weten dat ze circulair gepolariseerd licht produceren én zien', zegt Roberts.

**D** E bidsprinkhaankreeft ziet wat zijn vijanden missen. In een geheime code, versleuteld in het zichtbare licht, communiceert hij met zijn soortgenoten. "Het is natuurlijk geweldig als je elkaar onderwater signalen kunt sturen zonder dat andere dieren dat opmerken", zegt Nick Roberts, een fysicus aan de biologiefaculteit van de universiteit van Bristol. Bidsprinkhaankreeften gebruiken daarvoor naast hun gespecialiseerde ogen ook een patroon van vlekken – vooral op hun staart en hun poten – die licht circulair polariseren, terwijl ze het weerkaatsen. Gewoon licht bevat alle polarisatie-richtingen, dat wil zeggen elektrische velden die in willekeurig welke hoek op de voortplantingsrichting kunnen staan. Door weerkaatsing op het exoskelet van de bidsprinkhaankreeft, opgebouwd uit verscheidene dunne laagjes, raakt het licht *circulair* gepolariseerd: het vlak van het elektrisch veld roteert terwijl de lichtgolf zich voortbeweegt (zie kader). De geavanceerde ogen van de decimeterlange roofkreeften kunnen dat circulair gepolariseerde licht opvangen en daardoor het vlekkenpatroon zien. Mannetjes kunnen zo vrouwtjes lokken of rivalen afschrikken met een uitbundig uiterlijk, zonder dat vijanden het in de gaten hebben. Roberts heeft ontdekt waarom de ogen van de bidsprinkhaankreeft *Odontodactylus scyllarus* zulke superieure detectors zijn van circulair gepolariseerd licht. Hij denkt dat fabrikanten van dvd-spelers en fotocamera's de ogen van de bidsprinkhaankreeft kunnen gebruiken als inspi-

ratie voor betere producten (*Nature Photonics*, online 25 oktober). Roberts praat met eerbied over de bidsprinkhaankreeft en vooral zijn ogen op steeltjes. "Wij hebben in onze ogen kegelcellen die gevoelig zijn voor drie verschillende kleuren. De bidsprinkhaankreeft heeft receptoren voor twaalf verschillende kleuren." Zes donkere stippen op de paarse oogbollen zijn volgens Roberts vergelijkbaar met onze pupillen: "Die stippen zijn zwart, zodat al het licht dat er invalt geabsorbeerd wordt. Met het deels overlappende gezichtsveld van onze ogen kunnen wij dingen zien in drie dimensies, maar de bidsprinkhaankreeft bekijkt zijn prooi uit zes richtingen tegelijk. Je kunt natuurlijk niet zien in zes dimensies, maar ik denk dat zo'n blik vanuit zes hoeken bij de jacht van pas komt."

**HAMERSLAG** De bidsprinkhaankreeft bejaagt niet zelden prooien groter dan hijzelf. *Odontodactylus* kan een slakkenhuis kapotslaan met een onderhandse hamerslag van bolvormige uitsteeksels bij zijn kop. Andere bidsprinkhaankreeften spiesen hun prooi vast. Bidsprinkhaankreeften zijn toch al mooi gekleurd, vertelt Roberts, maar als je door een polarisatiefilter naar de dieren kijkt wordt een spectaculair vlekkenpatroon op hun exoskelet zichtbaar. De bolvormige ogen van de bidsprinkhaankreeft bestaan uit honderden licht geleidende buisjes met een lichtgevoelige cel aan het uiteinde. Elk buisje van zo'n facet oog is gericht op een ander deel van het waar te nemen object. Twee rijen buisjes bleken in het bijzonder gevoelig voor circulair gepolariseerd licht.

Een specifieke cel in deze buisjes blijkt het circulair gepolariseerde vlekkenpatroon van de bidsprinkhaankreeft weer om te zetten in lineair gepolariseerde straling die op de lichtreceptoren in de ogen valt. Op foto's die Roberts maakte met de elektronenmicroscopie ontdekte hij dat de cellen bestaan uit bundels van licht doorlatende buisjes – buisjes in de buizen van het facet oog dus – 150 micrometer lang en 26 tot 40 nanometer in diameter. De membranen van de buisjes worden gevormd door vetachtige moleculen die met de kop naar buiten en met hun waterafstotende staart naar binnen liggen. "Net als bijvoorbeeld calcietskristallen zijn die celmembranen dubbelbrekend", legt Roberts uit. "Dat betekent dat een lichtbundel die er binnenvalt wordt gesplitst in twee bundels met een verschillende richting en polarisatie. Maar ook de stapeling van de celmembranen ten opzichte van elkaar verandert de polarisatie-richting van het licht. Met onze berekeningen laten wij zien dat de intrinsieke lichtbreking van celmembranen in combinatie met hun stapeling ervoor zorgt dat licht dat er doorheen valt circulair gepolariseerd raakt. Daarmee kun je wel zeggen, denk ik, dat we daadwerkelijk begrijpen hoe polarisatiefilters in de ogen van een bidsprinkhaankreeft werken."

**DVD-SPELER** Het oog van de kreeft werkt ongeveer als een kwart-lambda-plaatje, dat in de techniek wordt gebruikt om circulair en lineair gepolariseerd licht in elkaar om te zetten. Maar de kreeft doet het veel beter dan de mens, want de omzetting gebeurt onafhankelijk van de golflengte. Roberts denkt dat bouwers van cd- en

dvd-spelers met de kreeftechnologie hun voordeel zouden kunnen doen: "In een cd-speler zit een lezer die enen en nullen afleest uit de weerkaatsing van licht vanaf het cd-schijfje. Voordat het licht wordt afgelezen passeert het tal van bundelsplitters en spiegels. Daardoor verandert de polarisatie van het licht, maar je wilt niet dat de meting van de lichtintensiteit daardoor in de war wordt gebracht. Daarom zitten er in zo'n cd-speler kwart-lambda-plaatjes die lineair gepolariseerd licht omzetten in circulair gepolariseerd licht. Bij splitsing of weerkaatsing op een spiegel verandert de intensiteit van circulair gepolariseerd licht dan niet."

**BLUE RAY** In de dvd en cd-speler gebeurt dus hetzelfde als in de ogen van de bidsprinkhaankreeft, omgekeerd en alleen met licht van één frequentie. De kwart-lambda-plaatjes in de ogen van de bidsprinkhaankreeft kunnen alle kleuren licht aan en dat is nuttig, denkt Roberts, als je een dvd-speler bouwt die moet kunnen werken met meerdere lichtfrequenties, bijvoorbeeld omdat hij naast Blue Ray-dvd's ook cd's of conventionele dvd's moet kunnen afspelen. Zelf is Roberts niet van plan om het polarisatiefilter in de ogen van de bidsprinkhaankreeft na te bouwen. "We hopen dat anderen door onze studie geïnspireerd zullen raken en dat zullen proberen te doen. Makkelijk zal dat niet zijn. Je zult de bouwblokken van zo'n filter in de juiste oplossing bij elkaar moeten brengen, zodat ze zelf de juiste configuratie vormen. Deze techniek van zelfassemblage wordt ook gebruikt in een levend organisme als de bidsprinkhaankreeft." ●