

# Het gebruik van foto's bij opticalessen

## *P. Doorschot*

Hogeschool van Arnhem en Nijmegen



### **Inleiding**

Zowel op mijn middelbare school als op de HAN heb ik (delen van) onderstaand fotoproject laten uitvoeren bij Optica. Het grappige is: het maakt weinig uit welke groep je de opdracht geeft: leerlingen klas 2 doen niet onder voor mijn studenten.

Alles over het fotoproject is te vinden op [www.greatnatuurkunde.wix.com/fotoproject](http://www.greatnatuurkunde.wix.com/fotoproject), waaronder een link naar heel veel foto's die bruikbaar zijn bij de hieronder gepresenteerde werkvorm.

Wachtwoord: fotophysics

### **Doelen**

- Vakinhoudelijk: de leerling leert in (context)rijkdom natuurkundige verschijnselen van licht kennen.
- Het vakdidactisch doel is gericht op attitude: dat leerlingen hun omgeving met andere ogen gaan bekijken, doordat zij zich meer bewust worden van wat er allemaal te zien valt.

### **Project**

Het foto-project bestaat uit drie onderdelen:

- Les 1 bestaat uit het gezamenlijk bestuderen en bediscussiëren van twee foto's.
- Iedere leerling (of groepje) adopteert één foto, die hij in een van de vervolglussen presenteert.
- Zelf fotograferen. Iedere leerling fotografeert zo mooi mogelijk één verschijnsel uit Mi-naert-1.

### **Les 1**

- Toon leerlingen de hierboven weergegeven stoelfoto. Zij bestuderen die zo'n 10 minuten grondig, liefst ieder op een eigen laptop. Daarna moeten ze zoveel mogelijk vertellen over alles wat in die foto met licht te maken heeft. Bijvoorbeeld: Waar staat de lichtbron? Welke aanwijzingen kun je gebruiken om te bepalen waar de lichtbron is? Omschrijf de lichtbron. Zijn er meerdere lichtbronnen? Enzovoort.
- Toon leerlingen een foto van de maanlanding met de vraag: Is deze foto trucage? Vooral

de foto's hoax1 en hoax4 zijn goed bruikbaar. Toon na discussie de video's waarin de Mythbusters onderzoeken of de maanlanding een hoax is. Deze foto's en video's staan op de eerder genoemde website, maar zijn ook in het conferentieverlag opgenomen: zie de link naar 'foto's en video's'.

- Leerlingen zoeken daarna zelf een foto uit, die ze gemaild krijgen, en houden daar (alleen of in groepjes) een voordracht over. Op de website vind je een aardige hoeveelheid voorbeeldfoto's. Er zitten foto's tussen genomen op zonnige dagen, op bewolkte dagen, binnen, onder water, enzovoort. Er zijn matte voorwerpen zichtbaar, spiegelende voorwerpen en voorwerpen die een combinatie zijn van die twee. Ook zit er een still bij uit een videogame, en een schilderij. Zitten daar fouten in?

Verschillende situaties zorgen voor verschillen tussen de foto's. Wat valt je op als je foto's vergelijkt?

Leerlingen oefenen zo in het beter naar foto's kijken, en dat ze beter om zich heen kijken naar wat er allemaal voor verschijnselen zijn die met licht te maken hebben.

Ik focus (in eerste instantie) op verschijnselen die niet met kleur te maken hebben zodat je niet wordt afgeleid door kleureffecten als je de foto's bestudeert. Er zijn meer dan genoeg verschijnselen zonder kleureffecten. Tussen de voorbeelden zitten overigens ook enkele beelden waarbij kleur juist wel zaken disambigueert. Waar komt dat door?

Tip: Laat leerlingen zoveel mogelijk zelf ontdekken. Geef niet te snel de 'goede' antwoorden.

### **Opdracht**

De bedoeling is dat je 'detectiefje' gaat spelen en ongeveer een kwartier lang de licht-donkerverdeling in de foto onderzoekt. Worden de licht-donkerverdelingen veroorzaakt door lichteffecten, en zo ja: door welke dan en hoe werkt dat? Of worden de licht-donkerverdelingen door heel andere oorzaken verklaard?

Zoek antwoord op de volgende (hulp)vragen:

- 1 Hoofdvraag: waar ergens staat de lichtbron?
- 2 Welke aanwijzingen heb je daarvoor?
- 3 Welke aanwijzingen stemmen met elkaar overeen?
- 4 Zijn er aanwijzingen met elkaar in tegenspraak (of lijkt dat zo)?
- 5 Beschrijf alles wat je weet over de lichtbron en wat uit de foto valt te halen.
- 6 Wederom: wat voor aanwijzingen heb je daarvoor?
- 7 Zijn er meerdere lichtbronnen?
- 8 Wat voor aanwijzingen zie je daarvoor?

Opmerking: Het kan de leerlingen helpen om te benadrukken dat het niet om 'het goede antwoord' gaat. Stel: het goede antwoord zou zijn dat de lichtbron een kaars is die net links buiten beeld staat. Een leerling die dat antwoord geeft, krijgt nul punten. Het gaat erom dat ze op zoek gaan naar zoveel mogelijk aanwijzingen en bewijzen.

### **(Mogelijke) antwoorden bij de stoelfoto**

- Antwoord op de hoofdvraag: er is sprake van een lichtbron die een parallelle bundel uitzendt. Die bron moet ergens rechtsboven buiten de foto staan, en iets voor de foto.
- Aanwijzingen voor dat die bron rechtsboven-voor staat:
  - Je ziet een groot spitslicht rechts bovenop de leuning.
  - De spijlen lichten op (algemeen geldt: hoe groter de kromming, hoe groter de kans dat zich daar een spitslicht bevindt).
  - De schaduw van de stoel valt links naar achteren.

- Achter de spijlen zijn ook nog kleinere schaduwen van iedere spijl zichtbaar.
- De informatie uit schaduwen en uit spitslichtjes stemt met elkaar overeen.
- Aanwijzingen dat de bron een parallelle bundel uitzendt:
  - De schaduwranden zijn scherp
- Aanwijzingen voor meerdere lichtbronnen:
  - Op het zitvlak zie je een aantal rechte lichte strepen schuin lopen: dat zijn reflecties van de oplichtende spijlen. Die spijlen zijn dus een secundaire lichtbron (algemeen geldt: als je iets ziet dan is het dus een (secundaire) lichtbron).
  - De stoelpoten lijken aan de achterkant op te lichten. Dat zou verklaard kunnen worden doordat de grond het licht diffuus terugkaatst (dus ook naar achteren, naar de stoelpoten toe).
  - Algemeen (maar niet goed zichtbaar op deze foto): op het moment dat schaduwen niet 100% zwart zijn, dan is er altijd sprake van een tweede lichtbron.

Wat de meeste leerlingen denken (en wat ik ook denk): het gaat om de zon, die een stoel die in een deuropening staat verlicht.

### **Opmerkingen bij enkele overige foto's**

Foto 2: Zee

Meerdere foto's over een lichtzuil in de zee. Vraag: waarom zie je een langgerekte zuil, terwijl de zon toch een bol is?

Hangt samen met: hoe groter kromming, hoe groter de kans op een spitslichtje, kijk maar eens om je heen. Je ziet spitslichtjes op deurklinken, op de scherpe randen van een bril, in de ogen van mensen, op tafelranden, enzovoort. Valt goed te koppelen aan Minnaert.

Foto 4: Buurt

De vraag die bij deze foto hoort is: waarom lopen de zonnestralen op de foto niet parallel? Volgens alle leerboeken zouden die toch parallel lopen?

Foto 5: Regenboog 1 en 2

Dit is een wat ander soort foto, in kleur (uiteraard). De leerling(en) die hun voordracht hierover houden, hebben een iets andere opdracht: zij moeten gewoon een presentatie geven over hoe een regenboog ontstaat. Dat is iets wat ze kunnen opzoeken.

Foto 6: Fontein

Deze foto heb ik zelf gemaakt en ik weet nog wat de lichtbron was. Tot nu toe hebben alle leerlingen en studenten die deze foto gepresenteerd hebben, geconcludeerd dat hij gemaakt zou zijn op een zonnige dag. Zo lijkt het ook: dat gouden beeld schittert in de zon, toch?

Toch is deze foto gemaakt op een bewolkte dag. Als hij in de volle zon zou zijn genomen, zouden de spitslichtjes veel kleiner zijn, en zou je ook spitslichtjes in het water moeten zien (om maar enkele aanwijzingen te noemen). Doordat goud zo enorm glimt, worden velen blijkbaar op het verkeerde been gezet.

Foto 7: Foyer

Deze foto heb ik zowel in zwart-wit als in kleur geleverd. Reden: jaren terug presenteerde een student deze foto, en van veel licht-donkerverdelingen was onduidelijk of het nu schaduwen of weerspiegelingen waren. Die student heeft toen zelf de foto op internet weten te achterhalen, en vond de kleurenfoto. In die kleurenfoto kon hij wel achterhalen wat nu een weerspiegeling was en wat nu een schaduw. Reden: weerspiegelingen hebben de kleur van de licht-

bron, schaduwen hebben de kleur van het voorwerp.

Ik vond dat goed gevonden van die student, en ik gebruik deze foto nu altijd als volgt. Eerst krijgt de presenterende leerling (of het groepje) alleen de zwart-wit foto. Een dag voor de presentatie krijgen ze ook de kleurenfoto. En dan hoop ik dat ze daarna uitleggen waarom een kleurenfoto hier zaken kan disambigueren.

#### Foto 8: Auto

Een 'foto' uit een game. Merk op hoe realistisch alles eruit ziet. Wellicht via raytracing hebben de gamemakers hierin flink geïnvesteerd. Leerlingen presenteren deze 'foto' als iedere andere foto, en zijn natuurlijk ook gefocust op of ze fouten erin kunnen ontdekken.

Na hun presentatie behandel ik altijd het volgende: ondanks de moeite (en liefde) van de makers, zie je toch dat het plaatje nep is. Hoe komt dat?

Dat komt doordat de mens heel gevoelig is voor de BRDF (voor achtergrond, zie bijvoorbeeld wikipedia). De BRDF hangt van vier variabelen af en is (blijkbaar) moeilijk te simuleren. De auto is bijvoorbeeld te glad, en hij reflecteert niet realistisch.

Algemeen: je merkt dat de manier waarop licht en lichtverschijnselen worden nagebootst in (animatie)films de laatste jaren beter en beter worden. In Ice Age zag je veel realistisch natte oppervlakken. In Toy Story zag hout er nog onrealistisch uit (als een soort plastic wat 'hout' geschilderd was). En ook in speelfilms zie je investeringen: in de jaren '90 het glimmende oppervlak van Terminator Robert Patrick in de film Terminator 2 ((perfect) glimmend metaal is blijkbaar relatief makkelijk te modelleren). De leeuw in Narnia, King Kong, Gollum (LotR).

Toch merk je hoe moeilijk het blijft om de BRDF van mensenhuid na te bootsen. Mensen zijn hier (blijkbaar) heel gevoelig voor: je ziet het als het net niet helemaal klopt. Een wezentje als Gollum of Dobby (Harry Potter) dat gaat nog want die mogen een afwijkende huid hebben, maar voor een realistische mens moet de BRDF beter kloppen dan de techniek op dit moment volgens mij kan.

Ik vind dit zelf een leuk onderwerp om met leerlingen te bespreken in de klas. Dan merken ze dat ze zelf ook waarderen als gamemakers of filmmakers de natuurkunde (optica) extreem goed beheersen. Met optica valt geld te verdienen in de gaming en filmindustrie!

#### Foto 9: Laan met bomen

Deze foto houd ik er elk jaar tussen, maar deze is spannender: ik weet namelijk zelf niet echt wat ik hier zie... Zoals hierboven al gemeld: het gaat bij deze opdracht minder (niet altijd) om 'het goede antwoord', het gaat om de speurtocht, het gaat om het ontdekken, het gaat om het nadenken over wat je ziet, het gaat over vragen stellen, over analyseren.

Daar leent deze foto zich zeker toe. Ik laat over het algemeen alleen een goede student deze foto presenteren. En die komen dan heus wel tot conclusies, maar een definitieve conclusie van wat en waar de lichtbronnen zijn, heb ik nog niet.

(Een hypothese die ik heb is dat deze foto in de schemering is genomen met een lange sluitertijd, waardoor een zwakke lamp toch evenveel schaduw kan veroorzaken als de (eveneens zwakke) zon (of maan).)

#### Foto 10: Wat zie je?

Deze fotopresentatie is leuk om te plannen voor de les over breking en volledige terugkaatsing. Het is een foto die onder water is genomen. Ook dit is een lastige foto waar je echt even goed voor moet gaan zitten om te ontdekken wat er allemaal gebeurt.

#### Foto 11: Snorkelaars

Nog een foto onder water. In deze foto zijn mooi de caustieken (in het Engels: caustic - optics, wikipedia) te zien (achtergronden vind je bijvoorbeeld op wikipedia). Ik laat de naam

'caustieken' altijd even vallen bij de student die deze foto uitkiest, zodat hij/zij achtergrondinformatie kan opzoeken.

(Zie ook foto 40a en 40b. In 40 zijn minder caustieken te zien, maar daar is dan wel weer leuk om te zien hoe in de kleurenversie veel duidelijker is wat weerspiegelingen zijn, bijvoorbeeld van de secundaire lichtbron zwemvlies.)

#### Foto 12: Schilderij

Ik wil altijd dat ofwel iemand foto 8 (auto) doet, of iemand doet foto 12. (Of beide worden gedaan, maar minimaal één van die twee). Ik vind foto 8 dan overigens leuker omdat die aansluit bij de gamers. Foto 12 sluit aan bij kunstliefhebbers. Ik ben geen kunstkenner, een student die dat wel was heeft ooit deze foto gekozen. Na een prima presentatie vertelde hij na afloop dat dit schilderij behoort tot de moderne stroming 'hyperrealisme'. Een stroming die zich afzet tegen abstracte kunst, en juist weer (meer dan) realistisch wil schilderen. In de ogen van de student speelden ze daarbij vals, bijvoorbeeld door gewoon een foto te nemen en die op de muur te projecteren en over te trekken.

Mij viel toen op dat voor dit schilderij wel echt gezocht (of 'gecomponeerd') is naar een zeer ingewikkelde setting.

#### Foto 17: Biljart

Veel foto's zijn van een zonnige dag. Wel goed om ook iets ertussen te doen wat niet van een zonnige dag komt. Deze bijvoorbeeld. Je kunt met detectiefje spelen bij deze foto wel achterhalen dat er meerdere lichtbronnen (lampen) moeten zijn, en ook waar die lampen zich ongeveer moeten bevinden.

#### Foto 19: Nat model

Deze foto is een beetje afkomstig uit een idee wat ik ooit had, maar wat ik nog niet goed heb uitgewerkt. Mijn idee was om meerdere modellen de revue te laten passeren, en dan liefst zowel oude 'vintage' foto's als ook moderne. En dan uitzoeken hoe modeverschijnselen in belichting over de loop der tijd veranderen. Fotografen investeren veel in mooie belichting.

Bij foto 19 is nog wel leuk: je ziet dat de mevrouw nat/vettig (van zonnebrand?) is. Maar *hoe* zie je dat? Hier kun je weer een link maken naar de BRDF. De BRDF van een natte huid is anders dan die van een droge huid. Mensen zien dat meteen.

#### Foto 20a/b: Bank in sneeuw / Wilg in de winter

Deze foto leent zich niet goed voor een presentatie. Heel veel valt er namelijk niet over te vertellen. De lichtbron is een groot lichtveld dat vanaf (bijna) alle kanten verlicht, ziet er wat spookachtig uit. Toch wil ik deze foto's altijd wel kort de revue laten passeren, omdat het lichtveld zo anders is dan op een zonnige dag (het is een halfveld of een ganzveld). Je ziet alleen dat wat zaken die 'dieper' liggen, donkerder zijn. Onder de bank (foto 20a) is het bijvoorbeeld donkerder. Daar komt namelijk minder licht, zonder dat er een 'schaduw' met scherpe randen is. In het Nederlands zou je daar wellicht het woord 'halfschaduw' aan kunnen koppelen, maar voor mijn gevoel dekt dat de lading niet goed.

**Algemeen:** Ergens kun je ook nog een keer verschillen behandelen tussen spitslichtjes en schaduwen:

- de plek waar je spitslichtjes waarneemt hangt af vanaf waar je kijkt,
- spitslichtjes hebben de kleur van datgeen ze verlicht,
- spitslichtjes zie je op spiegelende oppervlakken.
- schaduwen zitten wel vast aan een oppervlak, het maakt niet uit of je vanaf een andere locatie kijkt,

- schaduwen hebben de kleur van het voorwerp,
- schaduwen zie je op matte voorwerpen.

Is alles *ofwel* mat, *ofwel* spiegelend? Nee, vrijwel alles is een mengvorm.

Als een spiegel *perfect* zou spiegelen, zou je de spiegel zelf dan wel zien?

Een papiertje lijkt perfect mat, maar kijk maar eens schierend over een papiertje naar een lamp (de hoek van inval en de hoek van kijken moeten dan beide ongeveer 90 graden zijn). Dan gaat het papiertje opeens spiegelen. In foto's kun je laten zien dat de meeste voorwerpen zowel schaduwen als spitslichtjes tonen.