

# Bijzonpolarisatie en het simpel schatten van de dubbelbreking van ijs

“Wat betreft polarisatie valt er met halo's weinig te beleven”, aldus – vrij vertaald – de befaamde negentiende-eeuwse kristallograaf en halodeskundige Auguste Bravais in 1847 in zijn monumentale overzichtsartikel over halo's [1]. En inderdaad, als je uit bent op een spectaculaire uitdoving van het halolicht – zoals bij regenbogen – dan kom je bedrogen uit: bij het waarnemen door een po-

larisatiefilter gebeurt er bar weinig. Begrijpelijk, zo schrijven Bravais en in zijn kielzog tal van andere auteurs – waaronder Meyer, Pernter en Exner, Visser, O'Leary en ook Minnaert: de circulaire halo met straal  $22^\circ$  en zijn bijzonnen – vlekken ter weerszijde van de circulaire  $22^\circ$  halo – ontstaan door lichtbrekingen aan ijskristallen en die leveren een polarisatiegraad van slechts enkele procenten op. Dit is veel te laag om dat met het menselijk

oog te kunnen zien.

Uitdoven lukt dus niet, maar er gebeurt wel wat anders: je blijkt een halo heen en weer te kunnen schuiven als je hem door een polarisatiefilter bekijkt [2]. Groot is de verschuiving niet: circa zes boogminuten, maar het is makkelijk waarneembaar. Zes boogminuten komen overeen met een vijfde van de schijnbare maandiameter en zitten daarmee ruimschoots boven het scheidend vermogen van het men-

210



**Figuur 1** Rechterbijzon. Deze vlekvormige halo staat even hoog boven de horizon als de zon zelf, op een hoekafstand van  $22^\circ$  van de zon. De roodgekleurde begrenzing van de vlek is aan zijn zonzijde. Een bijzon kun je, bij het waarnemen door een polarisatiefilter, heen en weer laten schuiven. Dit is het beste te zien als men het oog richt op de rode binnenkant. Uit de grootte van de verschuiving laat zich de dubbelbreking van ijs berekenen.

selijk oog.

Het beste is het schuiven te zien bij de bijzonnen (figuur 1), die ontstaan in ijskristallen die een bepaalde stand hebben aangenomen (figuur 2) – dit in tegenstelling tot kristallen die verantwoordelijk zijn voor de vorming van de circulaire 22° halo. Als gevolg van deze ontstaanswijze kenmerken bijzonnen zich door een zeer scherp begrensde rode binnenkant (de kant het dichtste bij de zon): scherper dan de overige leden van de 22° halofamilie. Als je het eenmaal weet, kun je de bijzonverschuiving niet missen – vooral als je goed let op het gedrag van zijn rode binnenkant.

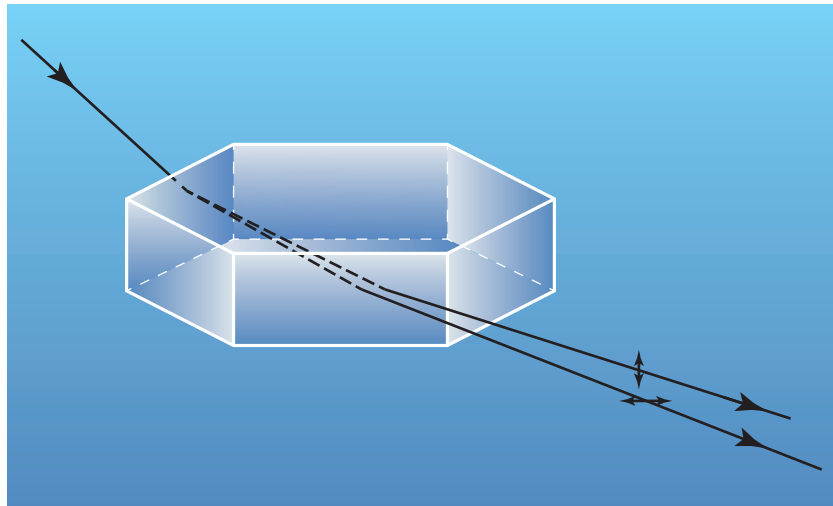
Het verschuivingseffect wordt veroorzaakt doordat ijs dubbelbrekend is. Daardoor wordt een binnenkomende lichtstraal gesplitst in twee orthogonaal gepolariseerde componenten die onderling iets in hoek verschoven zijn (figuur 2). De twee componenten genereren ieder hun eigen bijzon, die elkaar grotendeels overlappen. Vlak bij de rode binnengrens van de bijzon is een rand zichtbaar waar alleen de horizontaal gepolariseerde component overblijft. Blijkbaar hebben Bravais en zijn navolgers nooit aan dit effect gedacht.

De bijzonpolarisatie laat zich fraai demonstreren met een stuk kwarts, dat een dubbelbreking heeft die zeven keer sterker is dan die van ijs. Het recept is: laat zonlicht op een van de hexagonale zijden van het kwartskristal vallen en projecteer zo een spectrum op de muur. Het spectrum blijkt uit twee componenten te bestaan die elkaar een klein stukje overlappen. Een polarisatiefilter in de bundel kan één van de componenten uitdoven waarna een 'gewoon' spectrum overblijft.

Het bijzoneffect maakt het mogelijk om zonder verdere hulpmiddelen, dus 'op zijn Minnaerts', in 't vrije veld de dubbelbreking van ijs te schatten. Neem een staafje van ongeveer een millimeter dikte in de hand, strek de arm, draai een polarisatiefilter voor het oog terwijl je naar de rode binnengrens van een bijzon kijkt en schat met het staafje de grootte van de bijzonverschuiving. Uit de minimumdeviatieformule voor een ijsprisma met tophoek 60° volgt dan voor de dubbelbreking  $\Delta n$  dat

$$\Delta n = \cos(40,8^\circ) \Delta\theta \quad (1)$$

waarbij de verschuiving  $\Delta\theta$  wordt ge-



**Figuur 2** Een bijzon ontstaat door breking in preferentieel georiënteerde ijskristallen die zweven met de bovenvlakken horizontaal. Het licht treedt in via een van de zijvlakken en verlaat vervolgens het kristal via een tweede zijvlak. Deze twee vlakken werken als een prisma met tophoek 60° en creëren aldus een gekleurd beeld van de zon op 22° daarvandaan. Dubbelbreking zorgt ervoor dat een inkomende lichtstraal zich in twee gepolariseerde componenten splitst, die ieder hun eigen bijzon genereren.

meten in radialen en waarin de waarde 40,8° de halve som is van de strooihoek van de bijzon voor rood licht (21,6°) en de prismahoek (60°).

Een waarneming die bij mij nooit echt gelukt is – maar mogelijk zijn anderen meer succesvol – is de volgende. Kijk naar een bijzon, laten we zeggen eentje links van de zon. Zet voor het linkeroog een polarisatiefilter met transmissie-as horizontaal; voor het andere oog een filter met transmissie-as verticaal. De bijzonverschuiving vertaalt zich dan in een perspectieffeffect: je zou de indruk moeten krijgen dat de bijzon op zo'n veertig meter afstand in de lucht zweeft. Zoals gezegd heb ik dit perspectieffeffect niet goed gezien, al zag ik wel dat er 'iets vreemds' gebeurde als ik de twee filters gelijktijdig een kwartslag draaide. Wie doet het beter?

Rest nog de vraag hoe het mogelijk was dat dit toch zo opvallende bijzoneffect 130 jaar onopgemerkt is gebleven. Waarschijnlijk spelen een paar factoren een rol. Ten eerste, toen men in de negentiende eeuw de polarisatie onderzocht van alles wat los en vast zit, gebeurde dat vooral met Nicolprisma's. Deze kristalfilters hebben echter als eigenschap dat het beeld verschuift als je ze roteert, hetgeen het verschuivingseffect van de bijzon versluiert. De huidige polarisatiefilters kennen dit probleem niet. Ze zijn beschikbaar sinds de jaren veertig van de vorige eeuw, maar het lijkt er op dat er sindsdien nauwelijks naar de

polarisatie van bijzonnen is gekeken. Of misschien waren waarnemers van toen al zodanig vooringenomen dat als ze iets vreemds zagen, ze eerder dachten dat het aan hun ogen lag dan dat er echt iets aan de hand was. Daarnaast is de mens soms blind voor effecten die hij niet verwacht; wellicht heeft ook dát een rol gespeeld bij het zo laat herkennen van dit frappante polarisatie-effect.

Artikelen over diverse aspecten van halopolarisatie zijn te vinden op: [www.guntherkonnen.com](http://www.guntherkonnen.com).

G.P. Können

Werkte tot zijn pensionering als fysicus op het KNMI.

## Referenties

- 1 A. Bravais, *Mémoire sur les halos et les phénomènes optiques qui les accompagnent*, *Journal de l'école royale polytechnique* 31, 1-270 (1847).
- 2 G.P. Können, *Polarization of haloes and double refraction*, *Weather* 32, 467-468 (1977).