

# Halovlek bij ons schaduwspunt

Onlangs werd er vanuit een vliegtuig op de wolken eronder een geïsoleerde lichtvlek van ongeveer  $1^\circ$  diameter gezien. De vlek verscheen precies op het tegenpunt van de zon, dat wil zeggen op de plaats waar de schaduw van het vliegtuig valt. De vlek lijkt een nog niet eerder opgemerkte haloverschijnsel te zijn. Ik wil de lezers van Zenit oproepen om naar die vlek uit te kijken en hem – met of zonder polarisatiefilter – te fotograferen.

**O**p foto 1 zien we een lichtvlek die zich vertoonde op het schaduwspunt\* van het vliegtuig. De foto is genomen door Mónika Bodó op 27 maart 2008, halverwege een vlucht van Athene naar Boedapest. Als stewardess bij Malév Hungarian Airlines is zij vaker dan anderen in de gelegenheid om het wolkendek van bovenaf te bekijken. Zij grijpt dit sinds 2006 aan om foto's te maken van glories en van halo's die zich onder de horizon bevinden. Maar zo iets als op deze foto had zij nog niet eerder gezien. De vlek bleef ongeveer een minuut zichtbaar; zijn verschijningsvorm en diameter van

\* Het schaduwspunt wordt ook wel het tegenpunt van de zon genoemd, omdat het zich recht tegenover de zon bevindt. De betekenis van deze twee woorden is identiek.

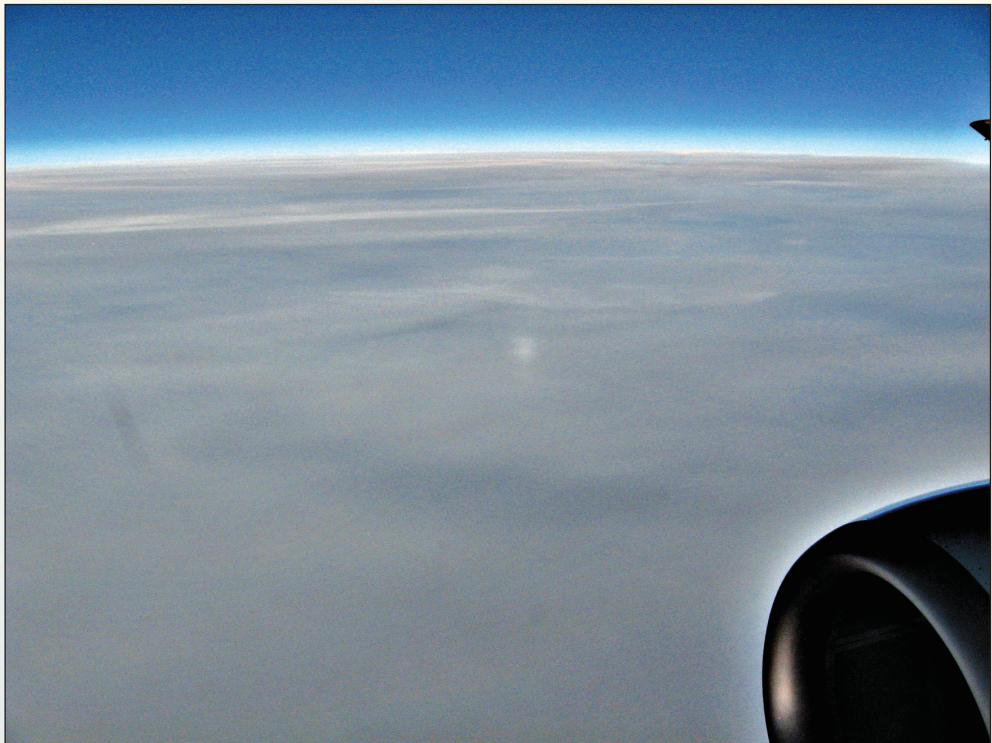


Foto 1: Heldere vlek bij het schaduwspunt van het vliegtuig. De diameter is  $1^\circ$ . Het contrast in de foto is enigszins verhoogd. De zonshoogte was  $12,5^\circ$ ; het horizontale gezichtsveld van de foto is  $52^\circ$ . De foto is gemaakt door Mónika Bodó op een vlucht van Athene naar Boedapest op 27 maart 2008, 15:45 UTC.

ongeveer  $1^\circ$  bleven gedurende die tijd onveranderd. Mónika nam twee foto's van de vlek, en na zeven minuten nog een foto van het gebied waar hij eerder verschenen was. Op die laatste foto was de schaduw van het vliegtuigspoor te zien, met inderdaad als beginpunt de plaats waar kort tevoren de vlek te

zien was geweest. Deze laatste foto toont meteen aan dat de vlek inderdaad precies op het schaduwspunt van het vliegtuig was verschenen. Op foto's die vlak voor en vlak na de vlek aan de zonzijde van het vliegtuig waren genomen, zijn het onderste segment van de  $22^\circ$  halo, een onderzon en een benedenbijzon te zien, alle in de wolken onder het vliegtuig. Verder werden er geen bijzondere verschijnselen opgemerkt.

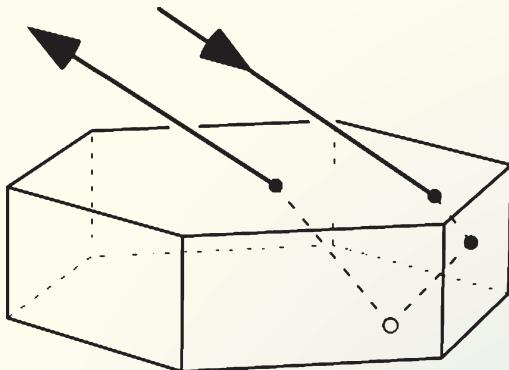
Meestal verschijnt er op het schaduwspunt van een vliegtuig een glorie (zie foto 2 en ref. 1), maar dit verschijnsel lijkt daar absoluut niet op. Het is niet waarschijnlijk dat wij hier met een rudimentaire vorm ervan te maken hebben, aangezien de vlek daarvoor veel te klein is en bovendien geen enkele kleuring vertoont. Ook lijkt de vlek niet op halovormen waarvan bekend is dat ze bij het schaduwspunt een maximum aan intensiteit ontwikkelen (ref. 2-4). Het lijkt er op dat deze vlek een ‘nieuwe’ – of, beter gezegd – een niet eerder opgemerkte halovorm is.



Foto 2: Dit is wat de vlek zeker NIET is: de glorie, die net als de vlek op foto 1 zijn centrum op het schaduwspunt heeft, maar door waterdruppeltjes in plaats van door ijskristalletjes veroorzaakt wordt. De foto is gemaakt door G.P. Können, tijdens een vlucht van Bergen naar Oslo, 17 september 2008, 16:33 MEZT.

## G.P. Können

G.P. Können houdt zich bezig met diverse theoretische en observationele aspecten van optische verschijnselen aan de hemel (zie de website [www.guntherkonnen.com](http://www.guntherkonnen.com))



**Figuur 1:** Als dit kristal georiënteerd blijft zoals hier afgebeeld, creëert de weergegeven lichtweg de beneden-parhelische ring. Dit is een ongekleurde cirkel die evenwijdig is met de horizon en door het schaduwspunt loopt. Als de kristallen willekeurig georiënteerd door de lucht buitelen, zorgt de lichtweg voor een lichtvlek op de plaats van het schaduwspunt.

### Vorming van een halovlek

Een proces dat zo'n vlek kan genereren is lichtstrooiling door willekeurig georiënteerde ijskristallen via een lichtweg zoals afgebeeld in figuur 1. Hier treedt het licht in en uit via het bovenvlak van het kristal en ondergaat in zijn weg door het kristal twee weerkaatsingen: één tegen het zijvlak en één tegen het ondervlak. Het is hierbij essentieel dat de twee weerkaatsende vlakken loodrecht op elkaar staan.

Het is eenvoudig in te zien waarom deze lichtweg resulteert in een verhoogde intensiteit bij het schaduwspunt. Hiervoor plaatsen wij eerst in gedachten het kristal in figuur 1 in de positie waar het is afgebeeld – dus met het bovenvlak horizontaal – en laten het draaien rond zijn verticale as. Aldus georiënteerd resulteert de weergegeven lichtweg in een horizontale witte ring, die evenwijdig loopt met de horizon en even ver onder de horizon staat als de zon er boven (ref. 2). Hij heeft dus zijn middelpunt in het zenit (het zenit is het punt recht boven de waarnemer). Deze halovorm wordt de beneden-parhelische ring genoemd en is dus slechts vanuit vliegtuigen of een ander hoog punt te zien. Deze ring heeft twee wezenlijke eigenschappen die voor ons van belang zijn: ten eerste gaat hij altijd door het schaduwspunt, ongeacht wat de zonhoogte is; ten tweede is zijn breedte (in dat gebied) vrijwel ongevoelig voor het feit dat de kristallen heen en weer kunnen schommelen. Dit betekent een breedte die overeenkomt met de diameter van de zon, dus van  $0,5^\circ$ .

Nu gaan we het kristal willekeurig oriënteren terwijl het blijft draaien om de eerder genoemde as. Als de draaias op een bepaald moment

naar een zeker (willekeurig gekozen) punt in de hemel wijst, dan creëert het een cirkel met als middelpunt dat hemelpunt. Die cirkel loopt dus niet meer evenwijdig aan de horizon, zoals de beneden-parhelische ring. Maar hij loopt wél door het schaduwspunt, in welke richting die draaias ook wijst. Dus als de kristallen willekeurig georiënteerd door de lucht buitelen bestaat het schaduwspunt uit een superpositie van allemaal cirkelsegmentjes die ieder hun middelpunt op een andere plek aan de hemel hebben, maar elkaar alle op het schaduwspunt snijden. Anders gezegd: bij het schaduwspunt komen de cirkelsegmenten vanuit alle richtingen samen als de takken in een takkenbos en zorgen aldus voor een verhoogde intensiteit aldaar.

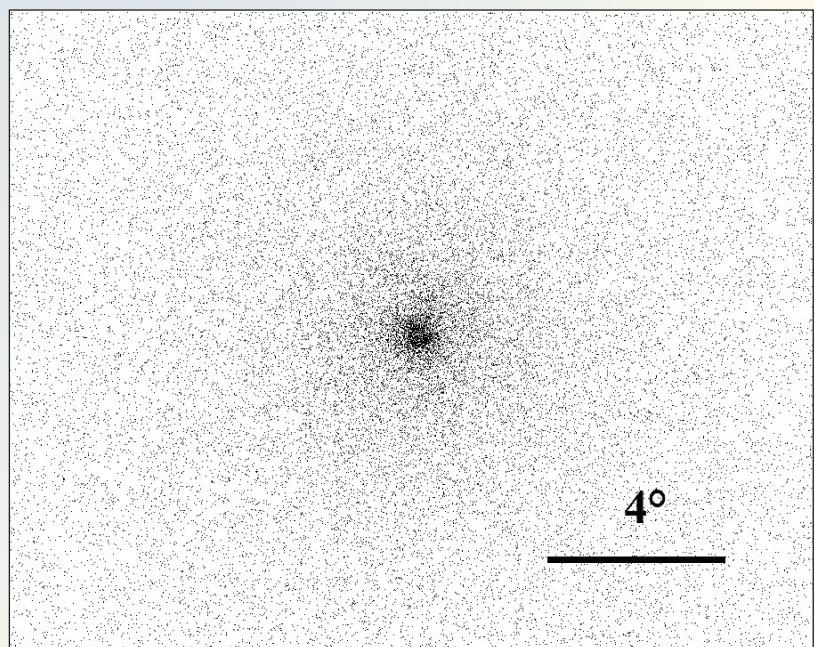
Computersimulaties van lichtstrooiling aan willekeurig georiënteerde kristallen laten zien dat bovengenoemd mechanisme een vlek van  $0,7^\circ$  diameter oplevert, precies gecentreerd op het schaduwspunt (figuur 2). Deze groote wijkt niet veel af van de waargenomen diameter van  $1^\circ$ . Het lijkt dus allemaal fraai met elkaar te kloppen.

### Lastig waarneembare halo

Je kunt je afvragen waarom de halovlek niet eerder is gerapporteerd. Hiervoor is een breed scala van redenen aan te dragen van praktische, fysische en zelfs psychologische

aard. Om met het eerste te beginnen: de halohemel onder ons is veel minder goed in kaart gebracht dan die boven ons, om de simpele reden dat de mens zich veel vaker ónder dan bóven de ijskristallen bevindt. Wij zijn dus flink in het nadeel ten opzichte van vogels. De kans dat een halovorm onopgemerkt is gebleven, is dus het grootst voor halo's die alleen beneden de horizon te zien zijn. Bergbewoners verkeren daarom in een relatief gunstiger positie om een 'nieuwe' halo te ontdekken. Maar de halovlek laat zich ook aan hen niet gauw zien, want de vlek is zó klein dat hij alleen zichtbaar is als je schaduwspunt zonbeschinen is. Dit lukt alleen als je zóver boven de wolken bent dat je eigen schaduw onzichtbaar is geworden – in de praktijk dus alleen vanuit een vliegtuig.

Een ander 'nadeel' van de vlek is zijn onaanzienlijkheid: als klein en kleurloos verschijnsel wordt hij makkelijker over het hoofd gezien dan bijvoorbeeld een glorie. Daarnaast is de vlek ook relatief lichtzwak, omdat er twee reflecties in het spel zijn. Er is dus – in tegenstelling tot bijvoorbeeld een  $22^\circ$  halo – een flinke deeltjesdichtheid nodig om hem waarneembaar te maken. En wat de vlek ook parten speelt is het feit dat veel wolken van het gemengde type zijn, dat wil zeggen zowel druppeltjes als ijskristallen bevatten. Dit impliceert een gelijktijdig optreden van glorie en halovlek, waar de laatste – ver-



**Figuur 2:** Computersimulatie van de lichtverdeling nabij het schaduwspunt bij verstrooiling van licht door willekeurig georiënteerde ijskristallen. De vlek in het centrum ligt precies op het schaduwspunt; de diameter is  $0,7^\circ$ . Het horizontale gezichtsveld van de figuur is  $18^\circ$ . De simulatie is gemaakt met het programma HaloSim van L. Cowley en M. Schroeder (ref. 5) waarbij de diameter van de zon van  $0,5^\circ$  in rekening is gebracht.

stopt in het gloriecentrum – niet meteen als een individueel verschijnsel wordt herkend.

### **Wat de boer niet kent...**

Maar de aardigste oorzaak van zijn onbekendheid is toch wel de psychologische factor: er blijkt een neiging te bestaan om verschijnselen die men niet kent over het hoofd te zien. Uit de geschiedenis zijn er talloze voorbeelden, waaronder de zogeheten ‘groene straal’ bij zonsondergang, de corona bij totale zonsverduisteringen, en zowel gewone als ‘uitzonderlijke’ halo’s. ‘Wat de boer niet kent, dat ziet hij niet’, om maar eens een oud spreekwoord te parafraseren. Omgekeerd, als je eenmaal weet dat iets bestaat, zie je het ook en kan je zelfs niet geloven dat je er ooit overheen hebt kunnen kijken. Dit effect duurt tot op de huidige dag voort: sinds kort wordt bijvoorbeeld het internet overspoeld met foto’s van halo’s (ref. 6) waarvan zelfs het bestaan tot voor kort ernstig in twijfel werd getrokken. Het zou mij niet verbazen dat dit effect de hoofdoorzaak is dat de halovlek nooit eerder is gezien. De vlek zou dus wel eens minder zeldzaam kunnen zijn dan we nu denken.

### **Op jacht naar de vlek**

Los van het feit of de vlek zeldzaam is of niet: het is nog niet gezegd dat de in dit artikel gegeven verklaring inderdaad de juiste is. De kleine afmeting, de afwezigheid van kleur, de afwezigheid van halo’s in zijn nabijheid en de aanwezigheid van een 22° halo aan de andere kant van het vliegtuig zijn ieder voor zich consistent met die verklaring, maar dat is natuurlijk nog geen bewijs. Wellicht bestaat er toch een alternatieve verklaring die eveneens klopt met de waarnemingen.

Er is echter een krachtige manier om de verklaring te toetsen, namelijk door de polarisatie van de vlek vast te leggen. Als onze verklaring juist is, moet de vlek, gezien door een polarisatiefilter (zoals een polaroidzonnenbril), een langgerekte vorm krijgen; deze structuur roteert met het filter mee als dat voor het oog wordt rondgedraaid.

Mochten er Zenilezers zijn die de vlek vanuit een vliegtuig zien: fotografeer hem dan en bekijk hem met één oog door zo’n polaroidzonnenbril die voor het oog heen en weer wordt gedraaid. En ook: als er een glorie wordt gezien, bekijk zijn centrum dan ook goed met zo’n filter,

want als daarin de halovlek zit verscholen valt hij door de mand omdat hij een langgerekte vorm krijgt. Hier valt nog wat te ontdekken!

Dit artikel is een samenvatting van een artikel dat december 2008 in het themanummer *Light and Color in the Open Air* van Applied Optics (ref. 7) is verscheen.

### **Referenties**

1. Hinz, C en Können, G.P. (2008), ‘Ongewone glories’, *Zenit* **35** blz. 347-349.
2. Tape, W. (1994), *Atmospheric halos* (Vol. 64 of the Antarctic Research Series, American Geophysical Union, Washington DC, 1994).
3. Cowley, L., <http://www.atoptics.co.uk/halo/antisol.htm>.
4. De Comité, F., <http://haloreports.blogspot.com/2006/08/subhorizon-diffuse-arcs-with.html>.
5. Cowley, L. en Schroeder M., *HaloSim simulation program*, <http://www.atoptics.co.uk/halo/halfeat.htm>
6. Zie bijvoorbeeld de websites *Atmospheric Optics*, *Ice crystal halos* en *Atmospheric Phenomena*, resp. <http://www.ursa.fi/blogit/haloreports/index.php>, <http://www.atoptics.co.uk/atmospherical.blogspot.com/>.
7. Können, G.P., Bodó, M. en Kiricsi, Á. (2008), ‘Antisolar halospot’, *Appl. Opt.* **47**, blz. H167-H170.