

Een derde regenboog?

Naast een gewone regenboog of hoofdregenboog is er aan de hemel onder geschikte omstandigheden geregeld nog een tweede regenboog zichtbaar: de bijregenboog. Zou er ook een derde regenboog bestaan? Verschillende verschijnselen kunnen hiervoor worden genomineerd. Ze zijn allemaal kleurrijk, hebben de vorm van een boog of een cirkel en zijn vrijwel altijd zichtbaar in bewolking aan de hemel.

Voor we deze nominaties langslopen, zetten we de gegevens van 'gewone' regenbogen (fig. 1) nog even op een rijtje. Ze zijn zichtbaar als er zonlicht op regendruppels valt, mits de waarnemer met zijn rug naar de zon staat. Een regenboog staat namelijk tegenover de zon en vormt een cirkel rond het tegenpunt van de zon. De kleurrijke boog toont alle kleuren van het spectrum. Het rood zit aan de buitenkant, blauw of violet aan de binnenzijde. Aan de binnenkant van de boog is de hemel doorgaans lichter dan daarbuiten. De bijregenboog of secundaire boog is groter en lichtzwakker dan de hoofdboog; hij is dan ook vooral te zien als de hoofdboog erg lichtsterk is. De volgorde van de kleuren van de bijregenboog is tegengesteld aan die van de hoofdboog. Tussen de beide bogen is de hemel meestal relatief donker: de donkere band van Alexander. (Genoemd naar de Griekse wijsgeer Alexander van Aphrodisias, die dit verschijnsel al in de 2^e eeuw beschreef.)

Regenbogen ontstaan door terugkaatsing en breking van licht in regendruppels. Wolkendruppeltjes – gemiddeld een factor honderd kleiner dan regendruppels – zijn te klein om het kleureffect te genereren. Wel kan in mist of bewolking soms een kleurloze zogeheten mistboog worden gezien (fig. 2). De mistboog staat op dezelfde plek als de regenboog, maar de straal is gewoonlijk net iets kleiner. Het verschijnsel komt niet in aanmerking om betiteld te worden als *derde regenboog*.

Een derde regenboog

Is zo'n derde regenboog er wel? Be-



1. Regenboog in de omgeving van Volcán Rincón de la Vieja, Guanacaste, Costa Rica. (Foto: Kees Floor)



2. Mistboog. (Foto: Edwin Parée)

staan er verschijnselen die kleurrijk zijn, een boogvorm bezitten en waarbij regendruppels bij de vorming ervan een cruciale rol spelen? Een zoektocht naar zo'n regenboog kun je op twee manieren aanpakken. Je kunt naar buiten gaan en 'veldwerk' verrichten of de theorie induiken. De foto's van de figuren 3 en 5-8 geven de resultaten van zulk veldwerk; op de theorie gaan we later in.

Alle opnamen tonen verschijnselen die – vaak ten onrechte – worden gerapporteerd of beschreven als afwijkende regenbogen, maar dat niet zijn of op z'n minst niet te duiden zijn als hoofdregenboog of bijregen-

boog. Ook bij het op internet zoeken naar regenboogafbeeldingen kom je dergelijke buitenbeentjes tegen. Ze voldoen meestal wel aan een aantal van de vereisten voor een regenboog. Het gaat doorgaans namelijk om kleurrijke verschijnselen in de vorm van een boog of cirkel met de zon als lichtbron. De positie aan de hemel klopt dan echter niet en in gevallen als die van de figuren 3, 5 en 6 is er ook nog eens geen regen te bekennen.

De circumzenitale boog, een halo

Het lichtverschijnsel aan de hemel dat in meldingen of op internet het

Kees Floor*

* Kees Floor is wetenschapsjournalist en weerpublicist. Veel van zijn bijdragen aan Zenit (en andere tijdschriften) zijn te vinden op: www.keesfloor.nl.



3. Circumzenitale boog: een kleurrijk verschijnsel, maar géén regenboog. Het haloverschijnsel ontstaat in ijskristallen van de bewolking van de melklucht (*cirrostratus*) en heeft de vorm van een boog rond het zenit. (Foto: Kees Floor)



4. Melklucht (*cirrostratus*) met kleine kring of halo van 22 graden, het bekendste haloverschijnsel. De binnenrand van de ring, aan de kant van de zon, vertoont vaak een rode of roodbruine tint. Verder is het verschijnsel weinig kleurrijk. Haloverschijnselen zijn te zien in bewolking die uit ijskristallen bestaat.

vaakst wordt genomineerd als derde regenboog, is te zien in figuur 3. De boogvorm en de kleurenrijkdom zijn beide aanwezig – in dat opzicht lijkt er sprake van een regenboog. Andere zaken kloppen echter niet. De zon of het tegenpunt van de zon bevindt zich niet in het middelpunt, het zenit staat namelijk centraal. Bovendien is er geen regen te bekennen – er is hooguit wat sluierbewolking. Conclusie: dit is geen derde regenboog.

De kleurrijke boog blijkt een van de vele haloverschijnselen. Halo's ontstaan door terugkaatsing en/of breking van licht in ijskristallen die in hoge sluierbewolking voorkomen. Net als de regendruppels fungeren de ijskristallen als prisma's waartegen het licht kan terugkaatsen, maar waardoor het ook gebroken en in kleuren uiteengerfeld kan worden. De bekendste halovorm is de kleine kring of halo van 22 graden (fig. 4), waarvan niemand zal beweren dat

het een regenboog is. De kleine kring vertoont weliswaar meestal een roodachtige binnenrand, maar roept qua kleurenrijkdom en positie gewoonlijk geen enkele associatie met de regenboog op. Bij de circumzenitale boog, zoals de halo van figuur 3 in de meteorologische optica bekend staat, is dat wel het geval: de kleuren zijn zelfs nog zuiverder dan die van de regenboog zelf. De boog is een gedeelte van een cirkel – meestal niet meer dan een kwart –



5. Regenboog boven de Deurvorster boer en weerspiegelde regenboog. Locatie: Engbergen (Gendringen). (Foto Jan Besselink)

rond het zenit. Een volledige cirkel is niet mogelijk; bij de regenboog is dat wel het geval.

De glorie

Een tweede verschijnsel dat gemakkelijk ten onrechte als regenboog wordt beschouwd, is de glorie. Figuur 6 laat zien dat de verwarring ook in dit geval goed te begrijpen is. De glorie bevat net als de regenboog gekleurde ringen, die zich voordoen rond de schaduw van een waarnemer op mist of bewolking, dus rond het tegenpunt van de zon. En net als bij de hoofdboog zit het rood aan de buitenkant en het blauw binnenin. De kleurenrijkdom van de glorie is echter duidelijk minder uitgesproken. Soms treden kleurherhalingen op, zoals in het geval van de afgebeelde foto.

Vóór de opkomst van de luchtvaart werd de glorie zelden waargenomen. Men was toen namelijk niet vaak in de (hoge) positie om het verschijnsel te kunnen zien. Tegenwoordig zijn de gekleurde ringen echter een vaak door vliegtuigpassagiers gezien en gefotografeerd effect rond de schaduw van een toestel op lager gelegen wolkenlagen (fig. 7). De glorie ontstaat in wolkendruppeltjes of mistdruppeltjes, dus niet in regendruppels. Bij de verklaring van het verschijnsel spelen niet alleen breking, weerkaatsing en buiging van licht een rol, maar ook lichtgolven die zich langs het oppervlak van de waterdruppeltjes voortplanten.

Veelbelovende nominaties

Figuur 5 toont een verschijnsel dat eerder aanspraak kan maken op het predicaat 'derde boog'. De foto toont behalve een regenboog en (heel zwak) bijregenboog de weerspiegeling van een (niet dé) hoofdboog. De twee stukken regenboog sluiten niet mooi op elkaar aan: bij het wateroppervlak zit een knik. Op zich hoeft dat niet te verbazen, want de weerspiegelde regenboog is het spiegelbeeld van een andere boog dan de regenboog die direct zichtbaar is. Daarom is de aanduiding 'derde boog' te verdedigen. De boog in het water is de weerspiegeling van een hoofdregenboog die een denkbeeldige waarnemer recht onder de fotograaf zou zien, even ver onder het wateroppervlak als de fotograaf erboven staat.

Nog meer recht op de titel 'derde boog' heeft mijns inziens de ongebruikelijke, rechtopstaande boog in figuur 8 (links van het midden) waarvan de voet samenvalt met de



6. Glorie op mist of bewolking in An Teallach, Schotland. (Foto: AndiW/Wikipedia Commons)



7. Glorie rond de schaduw van een vliegtuig. (Foto: Wikipedia Commons)

hoofdboog. De lichtbron van deze regenboog bij weerspiegelde zon is het spiegelbeeld van de zon in een glad wateroppervlak. De weerspiegelde zon bevindt zich even ver onder de horizon als de zon erboven staat. Als gevolg daarvan staat het tegenpunt van de weerspiegelde zon even ver boven de horizon als het tegenpunt van de 'echte' zon eronder staat. Een volledig ont-

wikkelde regenboog bij weerspiegelde zon heeft een vorm zoals weergegeven in figuur 9. Gewoonlijk ontbreekt echter het bovenste gedeelte, zodat men slechts één of twee stukken van de boog ziet oprijzen vanaf het punt waar de gewone regenboog en de horizon elkaar snijden. De zeldzame opname van figuur 8 toont zelfs een vierde boog: de bijregenboog waarvoor de



8. Regenbogen bij weerspiegelde zon. De weerspiegeling van de zon in rustig water treedt op als lichtbron voor de twee ongebruikelijke bogen. Locatie: Myvatn, IJsland. (Foto: Edwin Parée)

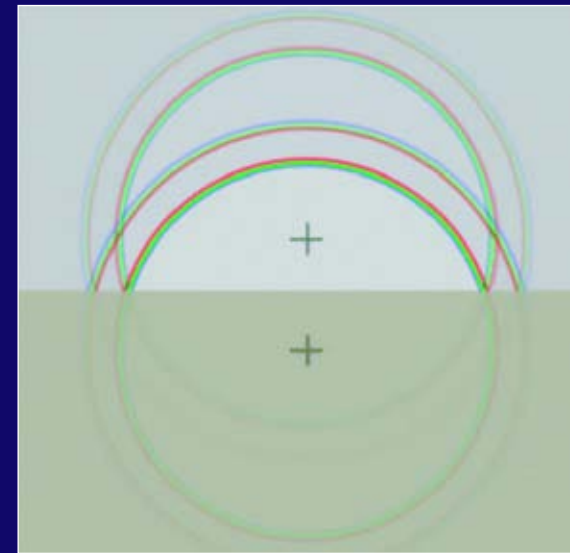
weerspiegelde zon als lichtbron optreedt.

De theoretische benadering

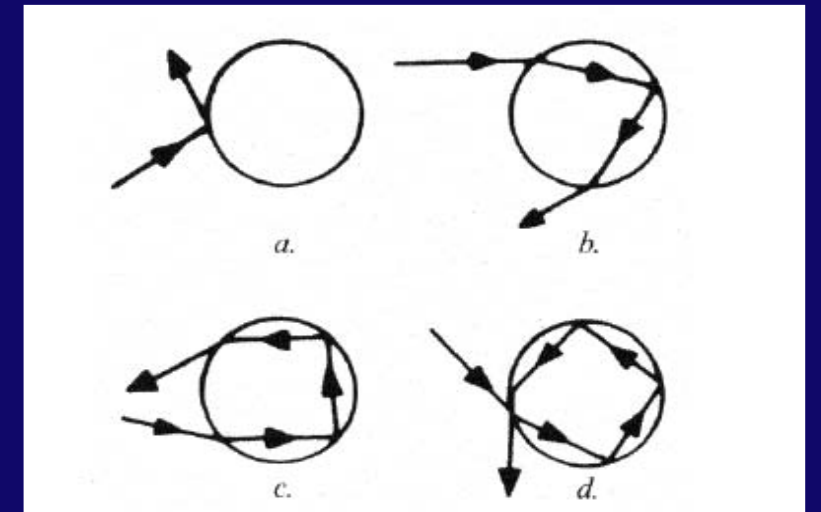
Bij de verklaring van regenbogen speelt de stralengang van het licht door regendruppels altijd een belangrijke rol. Bij de hoofdregenboog ondergaat het zonlicht één inwendige terugkaatsing (figuur 10b); bij de bijregenboog zijn dat er twee (fig. 10c). Als er dus regenbogen ontstaan met een of twee inwendige terugkaatsingen in regendruppels,

waarom zou er dan geen derde regenboog mogelijk zijn, waarbij drie van zulke terugkaatsingen hebben plaatsgevonden (fig. 10d)? Hoewel zo'n regenboog tot op heden nog nooit aan de hemel is waargenomen, is de plaats waar naar die derde boog gezocht moet worden wel te berekenen. Dat kan met de brekingswetten uit de natuurkunde, waarmee ook de stralengangen en posities van de hoofdboog en de nevenboog kunnen worden bepaald. (De Engelse astronoom

Halley voerde deze berekeningen al rond 1700 als eerste uit.) Door de derde terugkaatsing is de lichtsterkte echter nog geringer dan die van de niet altijd waarneembare bijregenboog. En omdat in de richting van de zon moet worden waargenomen, zal het lichtzwakke verschijnsel gewoonlijk tegen een heldere achtergrond bekeken moeten worden, wat het zien ervan erg moeilijk maakt. Desondanks zou men onder bijzonder gunstige omstandigheden (bijvoorbeeld door de hand voor de zon te houden en met een donkere wolkenlucht als achtergrond), in zeldzame gevallen op het zichtbaar worden van de derde boog kunnen



9. Diagram met hoofdregenboog (onder), regenboog bij weerspiegelde zon (snijdt de hoofdregenboog aan de horizon), bijregenboog (zelfde middelpunt als hoofdregenboog) en bijregenboog bij weerspiegelde zon (snijdt de bijregenboog aan de horizon). Van de bogen bij weerspiegelde zon is het bovenste gedeelte vrijwel nooit zichtbaar.



10. Stralengangen van licht dat invalt op een regendruppel: a. de buitenkant van de regendruppel weerkaatst het zonlicht; b. het zonlicht dringt de regendruppel binnen, wordt weerkaatst tegen de achterwand, verdwijnt vervolgens naar buiten en draagt zo mogelijk bij tot de vorming van een hoofdregenboog; c. het zonlicht dringt de regendruppel binnen, wordt tweemaal weerkaatst tegen de binnenwand, treedt vervolgens weer uit en draagt zo mogelijk bij tot de vorming van een bijregenboog; d. stralengang van licht met drie inwendige terugkaatsingen, die een derde regenboog zou kunnen opleveren. Zo'n derde regenboog is overigens nog nooit waargenomen doordat hij wordt 'overstraald' door het direct volgens stralengang a teruggekaatste licht.

hopen. Dat dit echter zeer onwaarschijnlijk is blijkt, behalve uit het feit dat de boog nooit werd waargenomen, uit berekeningen waarin de lichtsterkte van regenbogen (stralengang volgens fig. 10b, c, d) wordt vergeleken met die van door dezelfde druppels in dezelfde richting

teruggekaast licht (stralengang volgens fig. 10a). Bij de hoofdboog bedraagt de lichtsterkte van het weerkaatste licht minder dan die van het licht dat de boog vormt en bij de bijregenboog vinden we dezelfde orde van grootte. Een derde boog wordt echter volledig overstraald door het

weerkatste licht en zal daardoor niet zichtbaar zijn.

Literatuur

Floor, K., 'Regenboog of kleurenkegel', *Zenit* mei 2004, blz. 254 e.v.

Cadeau tip

Sterren- en Planetenkalender 2007
A3 formaat, 16 blz. is voor € 16 verkrijgbaar bij Stichting de Koepel, Urania, Artis
of te bestellen bij Kerckebosch in Zeist.
Info: www.liesbethbisterbosch.org. Voor bestellingen: sterrenkalender@kerckebosch.nl of bel 030-69 21 444.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
Januari 2007