

1.7. Extra informatie

Coen van der Kamp

Zon of maan, ijskristallen en een juiste positie

Halo's uitgelegd

Wie goed oplet, kan gemiddeld eens in de vier dagen een halo waarnemen, in het voorjaar zelfs eens in de twee dagen. Desondanks is de halo bij veel mensen onbekend. Halo's bestaan in soorten en maten en danken hun bestaan aan ijskristallen in de atmosfeer. Wie erg gespitst is op dit soort verschijnselen kan aanvoelen wanneer er een halo verschijnt. In veel gevallen kondigt een halo een weersverslechtering aan. Er hangt dan een ijle, troebele sfeer over de natuur. Veerwolken op zo'n tien tot vijftien kilometer hoogte gaan langzaam over in melkwitte cirrostratussluiers. In dit soort hoge en koude wolken zweven oneindig veel identieke regelmatige ijskristalletjes die het licht breken zoals in een prisma. Het resultaat is een wonderlijk gekleurd symmetrisch lichtpatroon om zon of maan. Dat de lagere ijswolken geen haloverschijnselen vertonen komt omdat die uit complexe sneeuw kristallen bestaan of uit bolvormige samengevoegde ijskristallen (hagel) waarin geen mooie prismabreking kan optreden. Ook te kleine ijskristalletjes zullen geen halo opleveren omdat buiging het halo-effect uitwist.

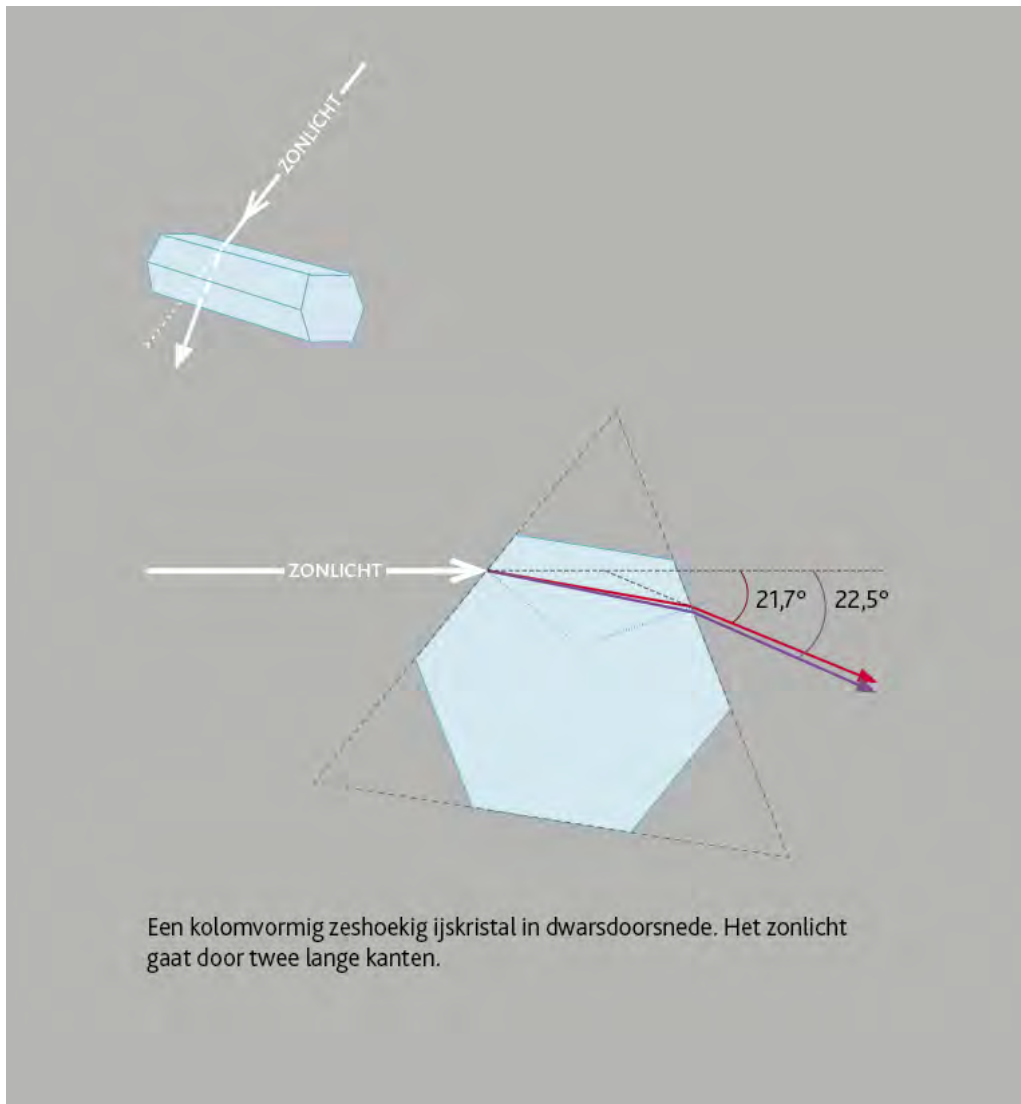
De kleine kring



De kleine kring of 22° halo

De meeste en belangrijkste halo's worden gevormd door ijskristallen die de vorm hebben van een regelmatig zeszijdig prisma. Deze kleine staafjes (naalden) met loodrecht afgeplatte uiteinden zweven of vallen in een ijskoude wolk. De lengte van zo'n staafje bedraagt niet meer dan een paar honderdste millimeter. Soms zijn de staafjes heel kort waardoor het eerder schijfjes zijn. Licht dat op één van de zijvlakken van een staafvormig ijskristal invalt, treedt na dubbele breking aan een ander zijvlak uit (zie afbeelding hieronder). De twee zijvlakken maken een hoek van 60° met elkaar. Met de wet van Snellius is voor elke hoek van inval te berekenen onder welke hoek de lichtstraal uittreedt en dus hoe groot de deviatie (afwijking) is. Laat je het licht onder alle hoeken invallen, dan

blijkt er een maximale deviatie te zijn die rond de 22° ligt: voor rood $21,7^\circ$ en voor violet $22,5^\circ$ en de andere kleuren uit het spectrum liggen daartussenin. Op deze 22° ligt een omkeerpunt zodat daar de dichtheid van lichtstralen het grootst is, waarmee ook de lichtsterkte in dit gebied relatief groot is. Een kristal dat op 22° van de zon af staat (de cirkel waar de halo te zien is) en precies zodanig georiënteerd is dat het licht dat onder de minimale hoek uittreedt in de richting van de waarnemer gaat, zal voor de waarnemer een kleur uit het spectrum te zien geven.

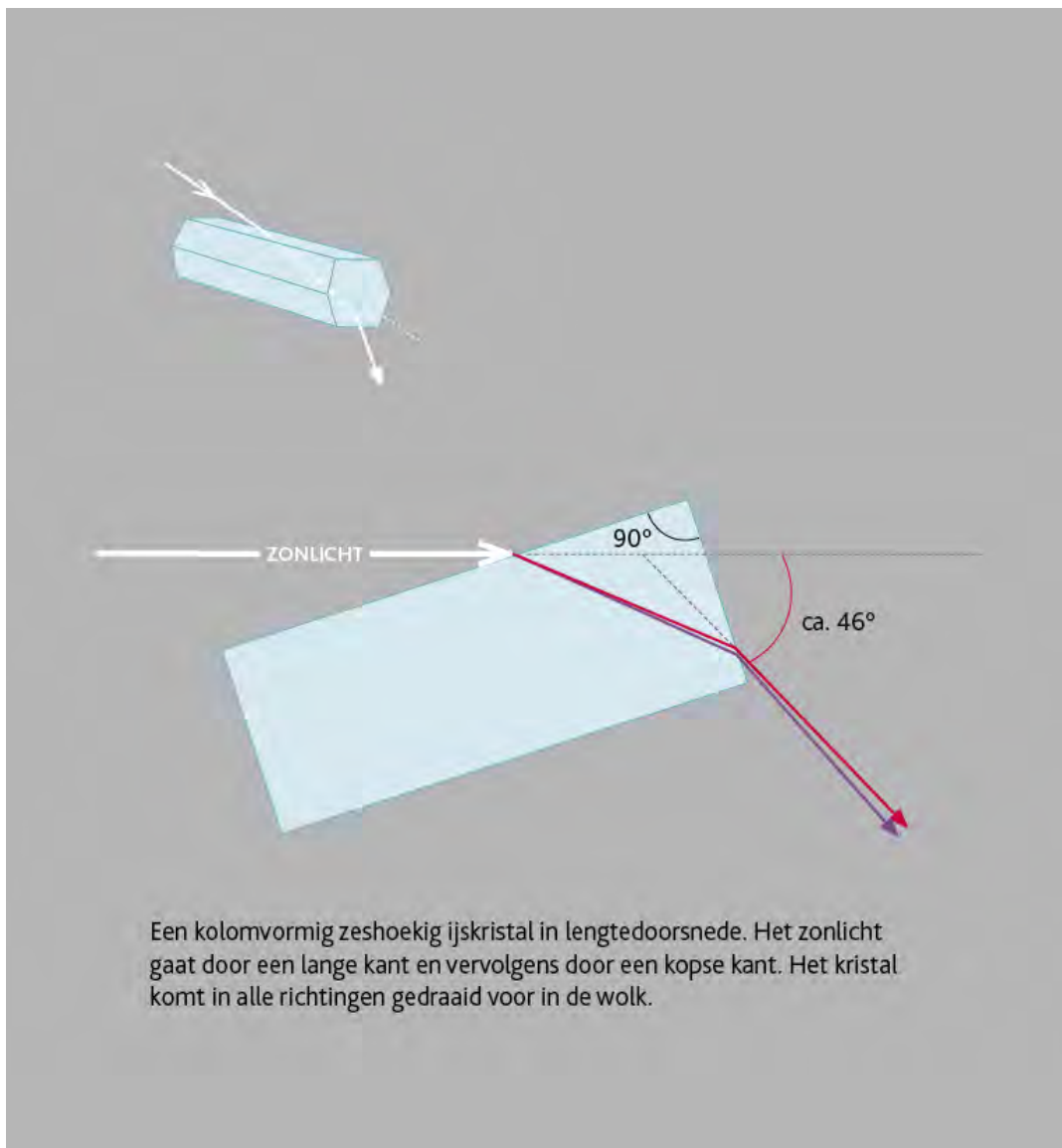


(Bron: Schenk Janneke, (2015) *Over de regenboog*, Hilversum: Fontaine Uitgevers)

De meeste kristallen zullen niet aan deze voorwaarden voldoen en nemen dus niet deel aan deze halo die ook wel de *kleine kring* of *22° halo* wordt genoemd. Alleen het relatief kleine deel van de kristallen dat de juiste oriëntatie heeft, draagt eraan bij.

De hoek van 22° is de minimale hoek, d.w.z. dat er onder kleinere hoeken geen licht uit het kristal komt. Dat houdt in dat het binnen de halo donker is. Op $21,7^\circ$ zien we een duidelijke rode ring die zich niet vermengt met andere kleuren omdat die de $21,7^\circ$ niet halen. Buiten deze rode ring gaan de kleuren over in oranje, misschien in wat geel en groen maar je zult heel gauw wit zien omdat de kleuren zich gaan vermengen. Die vermenging blijft zichtbaar tot wel zo'n 50° waardoor de buitenkant van een halo een duidelijk witte krans heeft.

De grote kring



(Bron: Schenk Janneke, (2015) *Over de regenboog*, Hilversum: Fontaine Uitgevers)

Veel zeldzamer dan de kleine kring is de *grote kring* of *46° halo*. Waar bij de kleine kring de lichtstralen het kristal intreden via een lang zijvlak en er aan een ander lang zijvlak uitgaan, gaan ze er bij de grote kring aan een lang zijvlak in maar komen eruit aan het kopse uiteinde. Natuurlijk kan dat ook andersom. De twee vlakken staan loodrecht op elkaar en ook nu is met de wet van Snellius te berekenen wat de deviatie is voor elke hoek van inval. Ook nu blijkt er een minimale deviatiehoek te bestaan die in dit geval 46° bedraagt. Vergelijkbaar met de kleine kring zien we dus weer een boog, maar nu op een afstand van 46° van de maan of zon: rood aan de binnenkant en naar buiten toe uitlopend naar wit. Omdat een veel kleiner deel van de kristallen de juiste oriëntatie heeft, is deze grote kring veel lichtzwakker dan de kleine en daardoor moeilijker waarneembaar.

Bijzonnen



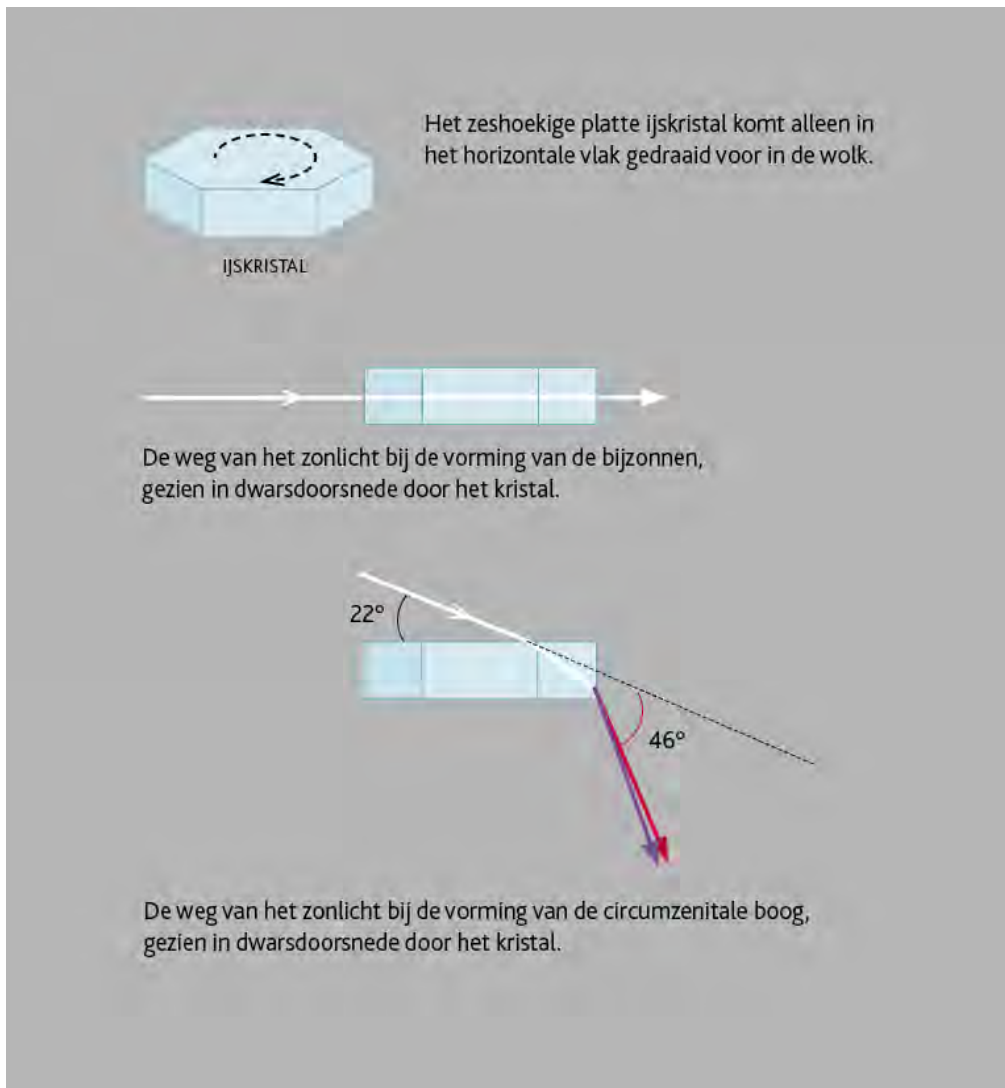
De zon met aan beide kanten een bijzon

Zeszijdige ijskristallen die meer de vorm hebben van een schijfje, zullen als een skydiver met zoveel mogelijk luchtwrijving vallen. Dat gebeurt als het schijfje in horizontale positie verkeert (de as verticaal). Van deze horizontale kristallen is alleen een halo-effect waar te nemen als ze zich op 22° links of rechts van de zon bevinden. Het verschijnsel dat we daar vaak zien, heet een *bijzon*. Bijzonnen zijn vaak heel lichtsterk omdat heel wat meer kristallen de juiste oriëntatie hebben (horizontaal), terwijl bij de halo de oriëntatie willekeurig is en slechts een klein deel z'n bijdrage aan dit lichtverschijnsel levert. In bijzonnen zijn heel goed de kleuren te onderscheiden; je ziet na oranje-geel al gauw een fel witte vlek die van de zon af gericht is.

Bijzonnen zijn het beste te zien als de zon laag staat. Omdat het prismaschijfje een horizontale positie heeft moet het zonlicht er horizontaal invallen. Dat kan alleen bij lage zonnestand. Staat de zon iets hoger, dan zal in het kristal inwendige reflectie optreden tegen onder- en bovenvlak waardoor de minimale deviatie iets groter dan 22° wordt zodat de bijzon iets verder van de zon afstaat. Zie je bij hogere zonnestand een bijzon en tegelijkertijd de kleine kring, dan staat de bijzon iets buiten de kleine kring.

De circumzenitale boog

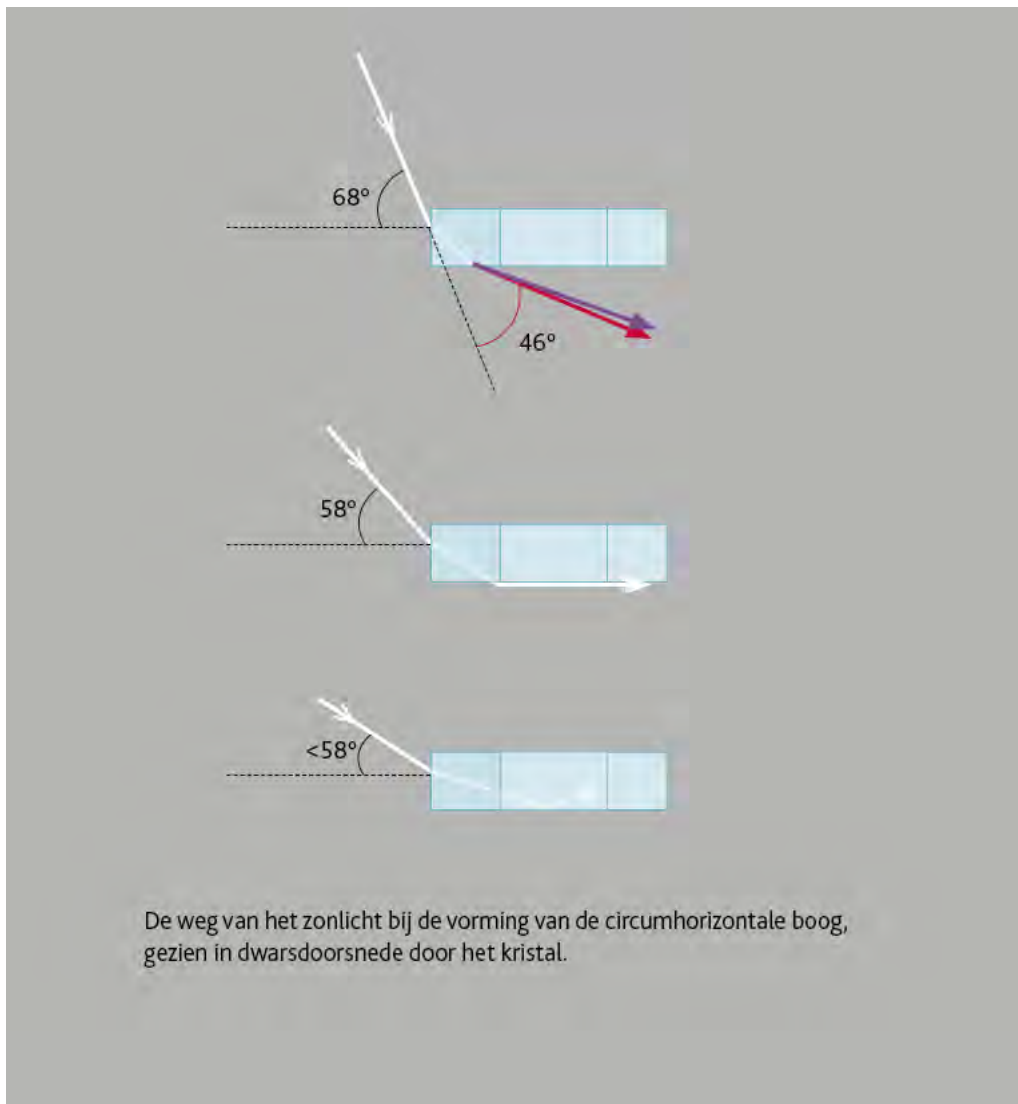
Als je bijzonnen ziet is het goed mogelijk dat er ook een *circumzenitale boog* waarneembaar is. Hij zal niet zo opvallen omdat hij nogal hoog aan de hemel staat (46° boven de zon) en al je aandacht gevangen wordt door de bijzonnen. Het is het onderste deel van een denkbeeldige grote boog die als middelpunt het zenit heeft (het punt dat zich recht boven je bevindt). Met een beetje geluk kun je er het gehele spectrum in herkennen: aan de onderkant rood en violet boven. Evenals de bijzonnen vindt de circumzenitale boog zijn oorsprong in dunne zeszijdige ijskristallen, schijfjes dus, die door hun val een horizontale positie hebben. Voor de vorming van bijzonnen zagen we dat het zonlicht via twee zijvlakken gaat. In dit geval echter valt het zonlicht aan het bovenvlak in en treedt het uit aan één van de zijvlakken. Als het invalt onder 22° , dan zal het uittreden onder de minimale deviatie van 46° . Onder die hoek is de grootste concentratie van licht waardoor we bij een zonnehoogte van 22° een heldere boog zien die zich 46° boven de zon bevindt en dus de grote kring (46° halo) aan de bovenkant raakt. De ideale zonnehoogte voor deze boog is 22° . Staat de zon enkele graden hoger of lager, dan zal er geen circumzenitale boog zijn.



(Bron: Schenk Janneke, (2015) *Over de regenboog*, Hilversum: Fontaine Uitgevers)

De circumhorizontale boog

Ook deze boog vindt zijn oorsprong in de horizontaal georiënteerde zeskantige kristalschijfjes die in een ijswolk zweven/vallen. De lichtstralen volgen hierin precies de tegenovergestelde richting als bij een circumzenitale boog: ze vallen in op een zijvlak en verlaten het kristal aan de onderzijde onder een minimale hoek van 46° t.o.v. de richting van het zonlicht. Voor rood is deze hoek weer net iets kleiner dan voor violet. De *circumhorizontale boog* is het beste te zien als de zon vrij hoog aan de hemel staat: minimaal op een hoogte van 58° . Je ziet deze boog dan op een hoogte van 22° boven de horizon: rood boven en violet onder.



(Bron: Schenk Janneke, (2015) *Over de regenboog*, Hilversum: Fontaine Uitgevers)

Meer verschijnselen

Bij laagstaande zon kun je soms vrij duidelijk een boog zien die aan de bovenkant de kleine kring raakt. Deze zogenaamde raakboog wordt gevormd door staafvormige zeskantige kristallen waarvan de as horizontaal georiënteerd is. Bij hogere zonnestand krijgt deze boog 'vleugels' waardoor er net buiten de kleine boog een *omhullende halo* zichtbaar wordt.

Soms kan het voorkomen dat je een halo te zien krijgt die niet op 22° of 46° van de zon afstaat. We spreken dan van *kringen met ongewone straal*. Waarschijnlijk heb je dan te maken met andere kristallen dan de zeszijdige prisma's. Zo zijn er halo's waargenomen met stralen die variëren van 9° tot 35°. Deze halo's vinden hun oorsprong in zeszijdige piramides die een uitbreiding vormen op de staafvormige prisma's.

Een bijzondere foto



In NVOX#5 van 2021 deed Harrie Jorna een oproep een verklaring te geven voor de haloverschijnselen die op een bijzondere foto te zien waren. De foto was gemaakt door Kevin Stout op 16 februari 2021 in Whiteland, vlak bij Indianapolis. Op deze foto zien we als eerste cirkel rond de zon de kleine kring op 22° . Verder zien we heel mooi twee bijzonnen. Opvallend is de raakboog die aan de bovenkant van de kleine kring te zien is. Iets minder helder maar toch goed zichtbaar is de grote kring op 46° . Die wordt aan de bovenkant geraakt door de circumzenitale boog. Op YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=uX49SyERlpE>) kun je onder de zoekterm 'atmospherical halos' een mooie animatie vinden waarin bij verschillende zonnehoogten alle mogelijke haloverschijnselen getoond worden.

Bronnen

Greenler R.G., (1980) *Rainbows, Haloes, and Glories*, Cambridge: Cambridge University Press.

Lewin Walter & Goldstein Warren S., (2013) *Gek op natuurkunde*, Amsterdam: Thomas Rap

Minnaert M., (1974) *De natuurkunde van 't vrije veld deel 1*, Zutphen: W.J. Thieme & Cie.

Schenk Janneke, (2015) *Over de regenboog*, Hilversum: Fontaine Uitgevers

<http://www.atoptics.co.uk/Atmospheric Optics>