

Regenbogen en halo's

G. P. KÖNNEN



Regenbogen en halo's

G. P. KÖNNEN

De regenboog is het bekendste, maar zeker niet het meest voorkomende kleurige verschijnsel dat zich aan de hemel kan vertonen. Een geoefend waarnemer zal bemerken dat er vaak andere bogen of vlekken verschijnen, die in fraaiheid zeker niet voor de regenboog onder hoeven te doen. In dit artikel zullen wat achtergronden van deze verschijnselen (ook wel de 'optische verschijnselen aan de hemel' genoemd) worden toege-licht.

1. KLEUREN IN DE LUCHT

Weinigen realiseren zich bewust hoe sterk de kleur van de hemel van dag tot dag of van uur tot uur kan veranderen. Er is een enorm verschil tussen een strak blauwe hemel, een loodgrijze bewolking en de rode schemeringskleuren bij zonsopkomst en zonsondergang. De oorzaak van al dit licht en al deze kleuren is gelegen in de aanwezigheid van kleine deeltjes in onze atmosfeer: het zonlicht wordt door gasmoleculen, stof, druppeltjes en ijskristallen op de een of andere manier doorgegeven.

Bij een zuivere, heldere lucht zijn het alleen de gasmoleculen in de dampkring die het zonlicht weerkaatsen (of strooien, zoals ook wel gezegd wordt). Dit strooiligheid is blauw en eigenlijk helemaal niet zo intens. Inderdaad kan men de maan, en zelfs de heldere planeet Venus op klaarlichte dag nog met het blote oog zien, omdat deze objecten zo lichtsterk zijn dat ze niet helemaal overstraald kunnen worden door het blauwe hemellicht. Op grote hoogten is dit nog duidelijker, omdat er minder lucht en dus minder blauw licht is. Hier kan men overdag zelfs de planeet Jupiter zien. Het meest extreme geval is dat van een ruimtevaarder, die zich helemaal in het luchtledige bevindt. Voor hem is de hemel overdag inktzwart en zijn de zwakste sterren zichtbaar.

Onder aardse omstandigheden bevinden wij ons in een vrij dikke atmosfeer en overdag bepaalt de samenstelling hiervan de kleur van de hemel. Stof, waterdruppeltjes en ijskristallen weerkaatsen het zonlicht veel beter dan de moleculen in de lucht. Er hoeven zich dus maar vrij weinig druppeltjes in de atmosfeer te vormen om het blauwe hemellicht volledig te overstralen: de waarnemer ervaart dit als het verschijnen van witte wolken,

die wel tien keer helderder kunnen zijn dan de blauwe lucht. Hoe hoger men zich in de atmosfeer bevindt, des te kouder wordt het: lage wolken bestaan dus uit waterdruppeltjes, hoge wolken uit ijskristallen.

Lucht-moleculen zijn klein, druppeltjes of ijskristalletjes veel groter. Het blijkt nu, dat de 'druppelhemel' of 'ijskristalhemel' totaal verschilt van een onbewolkte hemel. Niet alleen is nu de blauwe kleur verdwenen, maar op bepaalde plaatsen ten opzichte van de zon (of maan) ziet men karakteristieke, regenboogachtige kleuren optreden! Bij waterdruppels is dit vooral in het gebied tegenover de zon; bij ijskristallen juist aan de kant van de zon. Van deze verschijnselen, die zeker het meest opvallende deel van de 'ijskristal- of druppelhemel' vormen, zullen wij een korte beschrijving geven. Misschien dat hierbij de lezer zich verschijnselen herinnert die hij wel eens gezien, maar nooit bewust herkend heeft.

2. REGENBOGEN

Een gekleurde regenboog ontstaat als er tenminste aan twee voorwaarden voldaan is: er moeten waterdruppels van redelijke afmetingen in de atmosfeer aanwezig zijn, en ze moeten direct door de zon beschenen worden. Is aan één van deze voorwaarden voor een bepaald

gedeelte van de hemel niet voldaan, dan is de regenboog daar onderbroken. Om een regenboog te zien moet men met de rug naar de zon staan; hij vormt een cirkel met een straal van ongeveer 42° . Het middelpunt hiervan is de eigen schaduw, en wel de plaats waar men zich de ogen moet denken. Het rood bevindt zich aan de buitenkant, het violet aan de binnenkant. Aan de binnenzijde van de boog herhalen deze kleuren zich soms enkele malen. Als de zon stijgt wordt onze schaduw korter. Dit betekent dat de regenboog lager aan de horizon staat; bij een zonshoogte van 42° is de hele regenboog onder de horizon verdwenen. De derde voorwaarde om een regenboog aan de hemel te zien is dus een vrij lage zonnestand. Bij nadere beschouwing blijkt de regenboog er als volgt uit te zien. Aan de binnenzijde van de boog is de hemel licht, en aan de buitenkant donker. In feite is de regenboog niets anders dan een heldere *grens* van een gebied tegenover de zon, dat door speciale reflecties in druppels oplicht, en dus geen op zichzelf staand verschijnsel. Buiten deze (hoofd)regenboog ziet men soms een zwakkere, tweede regenboog verschijnen. Deze nevenregenboog heeft een omgekeerde kleurvolgorde, en buiten de boog is het weer wat lichter. Het gedeelte tussen de bogen is het donkerste deel van de hemel (figuur 1).

Figuur 1. Heldere regenboog. Deze ontstaat als regendruppels rechtstreeks door de zon beschenen worden.



Behalve in regendruppels kan een regenboog natuurlijk net zo goed in andere druppels verschijnen. In watervallen, tuinsproeiers en geysers is hij vaak te zien, evenals op een met dauw bedekt grasveld (de 'dauwboog'). Maar het wonderlijkste is misschien wel de regenboog die in opspattend zeewater verschijnt: zijn straal is iets kleiner dan die van de gewone regenboog. Wellicht zijn er lezers die wel eens het geluk zullen hebben *tegelijk* een regenboog in zee-waterdruppels en in een bui te zien: op de plaats waar het opspattend zeewater eindigt verschijnt dan een *knik* in de regenboog! Verzuim niet hiervan dia's te maken. Het K.N.M.I. stelt toezending van zo'n dia zeer op prijs: zulke foto's zijn zeldzaam.

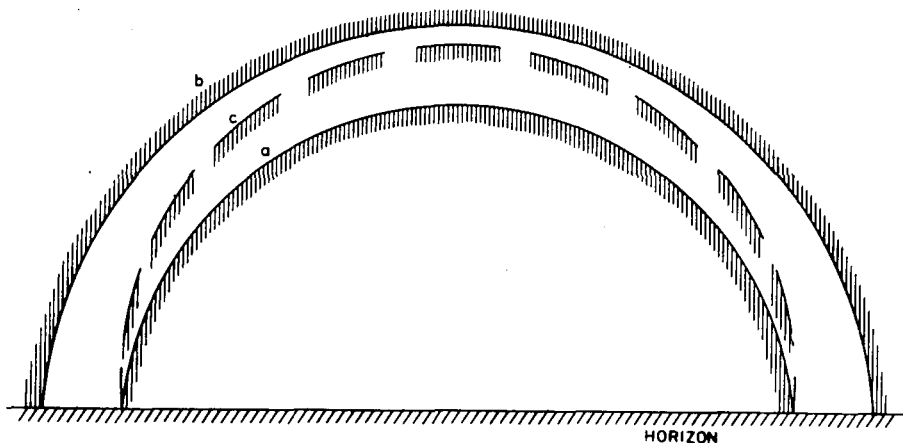
Een zeer uitzonderlijk regenboogverschijnsel wil nog wel eens optreden bij een gladde zee. Behalve de gewone regenbogen ziet men dan, vooral bij laagstaande zon, een enkele keer een *derde* regenboog verschijnen (zie fig. 2). Hier is de lichtbron niet de zon zelf, maar zijn spiegelbeeld op het water. Meestal verschijnen slechts delen van de 'spiegelboog'. Ook voor foto's hiervan bestaat belangstelling.

Tot slot nog dit. Een scherp waarnemer zal weten dat de regenboog niet altijd kleurig hoeft te zijn, maar ook wel eens spierwit is. Dit laatste gebeurt als de druppeltjes heel klein zijn (mist) of als de regenboog niet door de zon, maar door de maan wordt opgewekt. Het merkwaardige is nu dat de mistboog *echt* wit is, terwijl de maanregenboog dit slechts *schijnbaar* is: in het donker is het menselijk oog nauwelijks gevoelig voor kleuren. Als men dus een foto van een maanregenboog maakt, blijkt deze even kleurrijk te zijn als een gewone regenboog, terwijl de mistboog ook op de foto ongekleurd is.

3. KRANSEN EN GLORIES

's Nachts, bij een dunne laaghangende bewolking verschijnt er rond de maan vaak een gekleurd aureool, de 'krans'. Zijn middellijn is klein, enkele malen die van de maan, en de kleuren zijn helder. Vlak bij de maan is een helderwit aureool. Dit wordt afgesloten door een rode ring. Hierbuiten is de krans minder lichtsterk, met groen binnen en rood buiten. De afmeting van het verschijnsel wisselt van geval tot geval: hoe kleiner de wolkendruppels, des te groter is de krans. Schuift er dus een tweede wolk voor de maan, dan verandert de grootte van de krans, als tenminste de druppelgrootte in deze wolk flink verschilt van de eerste. Ook zien wij vaak dat de krans aan de rand van een wolk groter wordt, omdat hier de druppels verdampen en dus kleiner zijn.

Behalve bij de maan, kan de krans ook optreden rond verre schijnwerpers in de mist of overdag rond de zon. Hij is in dit laatste geval zelfs veel kleurrijker dan



Figuur 2. Schets van regenboogvormen (op schaal). De getrokken lijn geeft de kant van het rood aan. De hoofdregenboog is aangegeven met a, de nevenregenboog met b en de spiegelboog met c; deze laatste boog is vanwege zijn zeldzaamheid gestipeld. Bij een hogere zonnestand staan de hoofd- en nevenboog lager en de spiegelboog hoger.

bij de maan. Dit is echter niet zo gemakkelijk te zien, omdat de zon zo oogverblindend helder is. Met een flinke zonnebril lukt dit beter. Men zal opmerken dat de krans dan vaak zichtbaar is. Zijn kleuren kunnen zich tot vrij grote afstand van de zon voortzetten, vooral als de wolken lenticularisachtig zijn. Deze lichten dan op in parelmoerachtig groen en roze. Dit laatste noemt men wel het *iriseren* van wolken.

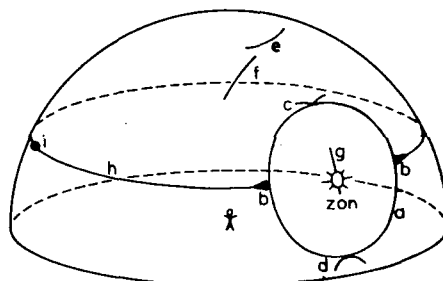
Veel minder bekend is, dat er zich ook een soort krans kan vormen *tegenover* de zon, dus rond de eigen schaduw. Voorwaarde is hierbij, dat de schaduw op mist valt. Deze moet dus dicht zijn en laaghangend. Dit optische verschijnsel noemt men de *glorie*. Het maakt de indruk alsof de schaduw is getooid met een soort heiligenkrans; dit aureool wandelt met de eigen schaduw mee. Iedereen ziet hierbij natuurlijk alleen zijn 'eigen' glorie en nooit die van zijn buurman. Het lijkt voor de hand te liggen dat het verschijnsel zich wel eens in laaghangende zeemist zal vertonen. Vanuit vliegtuigen is het in ieder geval vaak te zien.

4. HALO'S

In cirrusachtige wolken verschijnen vaak gekleurde kringen, bogen of vlekken, doorgaans aan de kant van de hemel waar ook de zon staat. De kringen hebben de zon als middelpunt en meestal een straal van 22° of 46° . De bogen en vlekken vertonen zich op dezelfde afstand van de zon, en raken dus meestal aan de kring. Al deze verschijnselen zijn rood aan de kant van de zon; buiten de halo's is de lucht helderder dan erbinen. Iets dergelijks zagen wij al bij regenbogen gebeuren. Er bestaan ook witte halo's; deze kunnen op verschillende plaatsen aan de hemel optreden. Ook hier geldt, dat een gekleurde halo (zoals die op 22°) wit kan lijken als hij zich rond de maan vormt; dit is echter alleen maar schijnbaar.

De oorzaak van deze verschijnselen is de aanwezigheid van doorzichtige ijskristallen in de lucht; deze hebben een zeshoekige vorm en breken het zonlicht op dezelfde wijze als een glazen prisma dat doet. De kleuren die hierbij ontstaan worden dan op een bepaald gedeelte van de hemel geprojecteerd. Bij halo's op 22° van de zon is het rood en geel duidelijk, maar het groen en blauw flets, terwijl de zeldzamer halo's op 46° van de zon zo kleurrijk kunnen zijn dat ze de regenboog hierin overtreffen. Witte halo-vormen ontstaan door lichtweerkaatsingen tegen de wanden van kristallen, die dan als een soort spiegel werken. Hierbij is kleurschifting afwezig.

De verscheidenheid in de halo-vormen is enorm groot. In figuur 3 zijn een aantal van de belangrijkste halo-vormen getekend. Zeldzaam zijn halo's helemaal niet: gemiddeld is er op twee van de drie dagen ergens in Nederland wel een halo te zien. Fraaie complexen zijn natuurlijk zeldzamer. Toch worden halo's niet zo vaak opgemerkt. De reden hiervan is, vreemd genoeg, hun grote helderheid:



Figuur 3. Schets van de belangrijkste halo-verschijnselen: kleine kring van 22° (a); bijzonnen van 22° (b); boven- (c) en benedenraakboog (d) aan de kleine kring; circumzenitale boog op 46° boven de zon (e); deel grote kring van 46° (f). De zuil (g), de parhelische ring (h) en de bijtegenzon op 120° van de zon (i) zijn ongekleurd.

22° is vrij dicht bij de zon, dat men moeite heeft de kleuren te zien. Dit lukt veel beter met een zonnebril. Bij halo's op 46° krijgt men, ook bij laagstaande zon, de indruk dat ze erg ver erboven staan; meestal kijkt men bij die situatie niet in die richting.

Welke halo er nu precies ontstaat hangt af van de oriëntatie van de ijskristalletjes. Dwarrelen deze als boembladeren door de atmosfeer, dan verschijnen er de ronde kringen (figuur 4). Oriënteren ze zich tijdens het vallen, dan gaat de kring over in zeer heldere, gekleurde vlekken ter weerszijden van de zon (de bijzonnen, figuur 5) of in gekromde boogjes van wisselende vorm recht boven of onder de zon (de raakbogen). Bij een geleidelijke oriëntatie ziet men inderdaad dat al het licht van de kring naar de bijzonnen of raakbogen vloeit: vooral de bijzonnen zijn dan ook vaak inderdaad van een zeer grote helderheid.

Van de halo's verdienen de bijzonnen op 22° van de zon (fig. 3, b en fig. 5) en de circumzenitale op 46° boven de zon (fig. 3, e) speciale aandacht. Deze zijn namelijk aan elkaar verwant, d.w.z. dat ze door dezelfde soort ijskristallen worden opgewekt. Als er bij een laagstaande zon (15-20°) heldere bijzonnen te zien zijn, kijk dan eens naar boven: er bestaat dan een goede kans dat er, hoog aan de hemel, delen van de prachtig gekleurde circumzenitale boog zijn verschenen. De kleuren van deze laatste kunnen zo levendig zijn, dat waarnemers in de 17e eeuw hem reeds beschreven als 'een regenboghe, verkeert staende'.

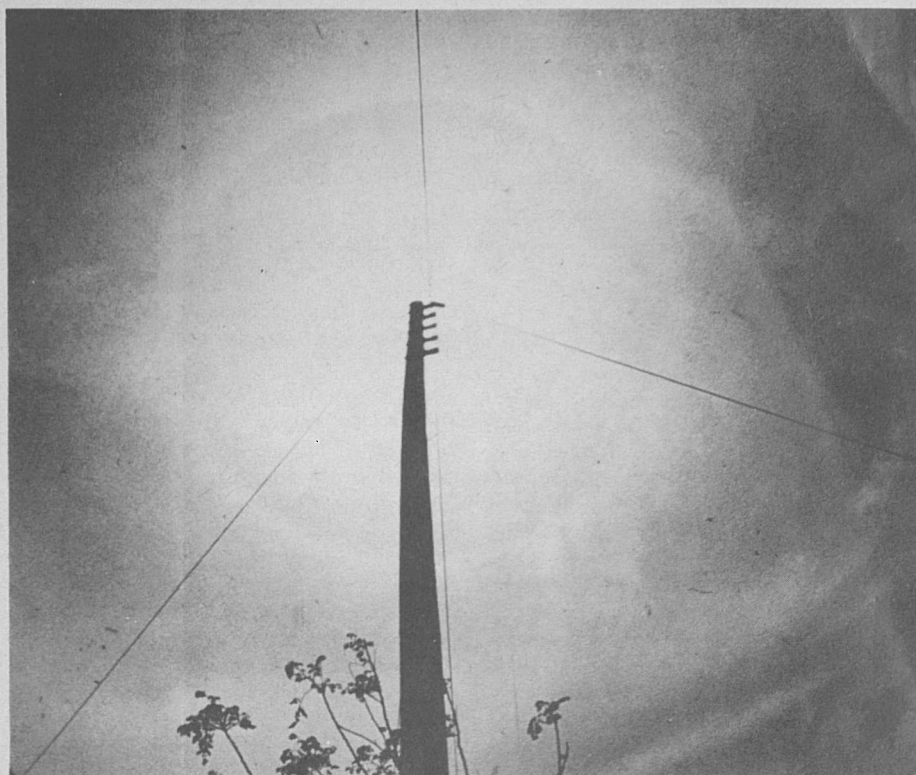
In dit artikel hebben wij niet uitputtend alle halo-vormen behandeld; daarvoor zijn er te veel. Men moet er dus altijd op bedacht zijn dat er zich plotseling een afwijkende boog of kring kan vormen. Zeker is dat de optische verschijnselen aan de hemel, en speciaal de halo's, tot de dankbaarste waarnemingsobjecten aan de hemel behoren, zowel door hun kleurrijkdom als door het hoge tempo waarin de vormen in elkaar over kunnen gaan.

LITERATUUR VOOR NADERE STUDIE

- G.P. Können: Gepolariseerd licht in de natuur, Thieme (verschijnt 1980).
M. Minnaert: De natuurkunde van het vrije veld I, Thieme 1968.
S.W. Visser: Optische verschijnselen aan de hemel, KNMI, verspreide opstellen 3, Staatsdrukkerij, 1957 (uitverkocht).
G.P. Können: Licht- en kleurverschijnselen in de atmosfeer, Zenit, jaargang 4, december 1977, p 436-441.
C. Floor: Lichtverschijnselen aan de he-

mel. Halo's. Natuur en Techniek, jaargang 45, juni 1977, p 364-383.
Regenbogen. Natuur en Techniek, jaargang 45, december 1977, p 815-833.

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut: Handleiding voor het verrichten van meteorologische waarnemingen op zee.



Figuur 4. De 'kleine kring' op 22° van de zon verschijnt in cirrusachtige bewolking. Hij heeft altijd de zon of maan als middelpunt en is frequent te zien.

Figuur 5. Bijzon op 22° links van de zon. Deze halo ontstaat bij een bepaalde oriëntatie van ijskristallen in de lucht. Hij is vaak oogverblindend helder.

