



Twee kleurrijke halo's

Er zijn twee halovormen die qua kleurenrijkdom de regenboog evenaren en daarom soms ten onrechte voor een regenboog worden aangezien. Ze staan bekend onder de onhandelbare namen circumzenitale boog en circumhorizontale boog. De eerste is in ons land regelmatig te zien; de laatstgenoemde behoort bij ons echter tot de zeldzame halovormen.

De circumzenitale boog is afgebeeld in fig. 1. De boog staat hoog aan de hemel en ligt op een cirkel met het zenit als middelpunt. De boog is zichtbaar in bewolking die bestaat uit platte zeshoekige ijskristallen, de zgn. plaatjes (fig. 3). Wanneer deze plaatjes niet al te klein zijn (groter dan ca. $60 \mu\text{m}$) vallen ze langzaam naar beneden in een voorkeursstand waarbij de zeshoekige vlakken horizontaal staan. Als de plaatjes deze stand hebben kan de circumzenitale boog

C. Floor

ontstaan volgens stralengang A. Het ijskristal fungeert daarbij als een prisma met een tophoek van 90° . Bij zeer lage zonnestanden valt het zonlicht scherend in op het bovenvlak, waardoor slechts weinig zonlicht het kristal kan binnendringen. Daardoor is de circumzenitale boog dan erg lichtzwak en moeilijk waarneembaar. Bij hogere zonnestanden kan meer zonlicht het kristal binnendringen. Nu kan echter totale terugkaatsing optreden aan het zijvlak waaruit het

licht volgens stralengang A weer zou moeten uittreden om de circumzenitale boog te kunnen vormen. Voor zonshoogten boven 32° wordt alle licht totaal teruggekaatsd en treedt de circumzenitale boog niet meer op. Deze halovorm kan dus alleen bij zonshoogten tot 32° worden waargenomen; de totale terugkaatsing blijft echter een rol spelen, en wel voor de omvang van de cirkelboog die de circumzenitale boog beslaat (vgl. fig. 4). De gunstigste zonnestand is 22° ; het zonlicht doorloopt het ijsprisma dan volgens de zgn. weg van de minimumdeviatie. Dit houdt onder meer in dat de boog dan het dichtst bij de zon staat, en wel op 46° afstand van de zon. De circumzenitale boog raakt in dat geval de grote kring, als deze gelijktijdig optreedt. Bij alle andere zonshoogten is de afstand circumzenitale boog tot de zon groter dan 46° en staat de circumzenitale boog los van de grote kring. Bij sommige waarnemingen is dat duidelijk te zien, zoals bijvoorbeeld tijdens de halo te De Bilt op 16 december 1981 (zie het artikel van P. P. Hattinga Verschure op pag. 510 van dit nummer).

Aan de kleurenrijkdom van de circumzeni-

Fig. 1. De circumzenitale boog is een kleurrijke halo die hoog aan de hemel staat. (Foto gemaakt te De Bilt, 4 september 1977.)

tale boog dragen verscheidene factoren bij. Ten eerste hebben we te maken met ijsprisma's waarvan de tophoek 90° bedraagt; de kleurschifting die deze prisma's veroorzaken is groter dan die bij ijsprisma's met een tophoek van 60° , die betrokken zijn bij een groot aantal halovormen, zoals de kring van 22° . Daarnaast zijn de ijskristallen waarin de circumzenitale boog zich vormt niet al te klein, omdat ze anders de vereiste voorkeursstand niet voldoende aannemen; daardoor zijn de effecten van buiging, die de kleuren uit zouden smeren en de kleurenrijkdom af zouden vlakken, te verwaarlozen. Verder is de breking alleen afhankelijk van de zonshoogte; we hebben hier namelijk niet te maken met verschillende standen van ijskristallen waarbij overlapping van kleuren op kan treden die de kleurenrijkdom teniet doet. Bij halovormen waarbij de con-

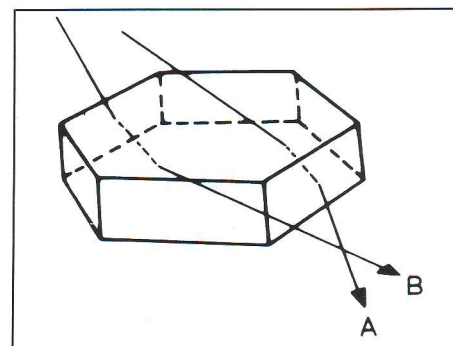
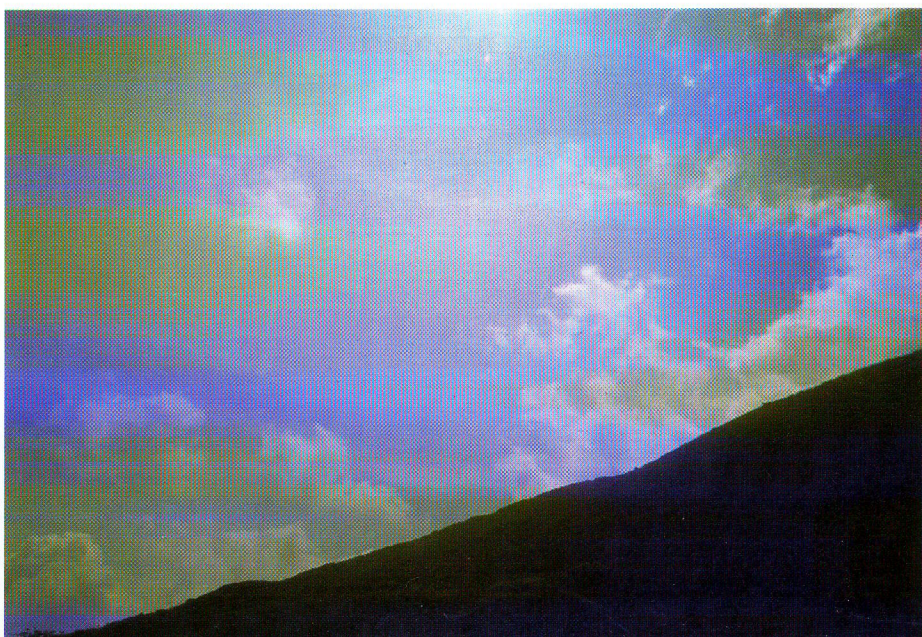


Fig. 2. De circumhorizontale boog, waargenomen te Rot Tritt/Arosa, Zwitserland op 20 juni 1981. Boven de circumhorizontale boog is een deel van de omhullende halo zichtbaar.



centratie van licht in de buurt van de minimumdeviatie de lichtsterkte verklaart (bijvoorbeeld de kring van 22° of de bijzonnen) treedt zo'n overlap wel op.

Het minimumdeviatie-effect, dat bij de meeste halovormen vervaging van de kleuren veroorzaakt, werkt bij de circumzenitale boog juist ten gunste van de kleurenrijkdom. De circumzenitale boog wordt namelijk het meest waargenomen bij zonnestanden die niet te sterk afwijken van de gunstigste zonnestand van 22° . We zagen dat dit de zonnestand is waarin het zonlicht 'toevallig' de minimumdeviatie ondergaat. De stralengang is daardoor minder gevoelig voor kleine schommelingen van de ijskristallen, zodat òn helderheid òn kleurenrijkdom er niet door worden aangetast. Dit verklaart dan tevens waarom de zonnestand van 22° zo gunstig is voor het waarnemen van de circumzenitale boog.

De circumhorizontale boog

Fig. 2. laat een circumhorizontale boog zien. Deze boog bevindt zich op betrekkelijk grote afstand (46° of meer) onder de zon. Evenals de circumzenitale boog ligt hij op een cirkel met het zenit als middelpunt; de naam circumhorizontale boog is dus wat vreemd, maar desondanks in zwang. De circumhorizontale boog vormt zich in de ijskristallen van fig. 3, als die de daarin getekende stand hebben aangenomen; de met B gemarkeerde stralengang is nu van toepassing. Bij zeer hoge zonnestanden valt het zonlicht scherend in op het zijvlak en kunnen we dus weer geen lichtsterkste circumhorizontale boog verwachten. Bij lagere zonnestanden kan meer zonlicht het kristal binnendringen; nu kan echter totale terugkaatsing optreden aan het zeshoekig ondervlak, zodat stralengang B niet gerealiseerd wordt. Bij zonshoogtes beneden 58° wordt alle licht inwendig teruggekaatst en kan de circumhorizontale boog dus niet worden waargenomen; daarboven beperkt het optreden van totale terugkaatsing de omvang van de circumhorizontale boog. De gunstigste zonnestand is nu 68° ; het zonlicht ondergaat dan de minimumdeviatie.

Uit de genoemde waarden van de zonshoog-

Fig. 3. Een van de meest voorkomende vormen van ijskristallen in de atmosfeer is het platte zeshoekige 'plaatje'. Het plaatje is afgebeeld in de voorkeursstand die een niet te klein kristal aanneemt bij een vrije val door een rustige atmosfeer. De zeshoekige vlakken van het kristal zijn in deze stand horizontaal. De circumzenitale boog wordt gevormd door licht dat stralengang A heeft doorlopen; de circumhorizontale boog door licht met stralengang B. Het plaatje fungeert als prisma met een tophoek van 90° .

Fig. 4. Omvang en lichtsterkte van de circumzenitale boog bij verschillende zonshoogten. Plekken met veel puntjes duiden op een grote lichtsterkte (volgens Greenler e.a., 1979).

te kan worden afgeleid waarom de circumhorizontale boog in ons land zo zeldzaam is. De ondergrens van 58° wordt niet zo vaak bereikt: voor Utrecht bedraagt de hoogst mogelijke zonnestand $61,5^\circ$. De gunstigste waarde van 68° komt in ons land nooit voor; deze hoogte kan de zon nèt bereiken in bijvoorbeeld Zuid-Zwitserland rond het middaguur in de zomer.

Literatuur

- R. G. Greenler e.a. (1979): 'The 46° Halo and its Arcs', *Science*, **206**, 643 - 649
RAR Tricher (1979): 'Ice crystal haloes', Washington DC

