

# LICHTVERSCHIJSSELS IN DEN DAMPKRING.

DOOR

Dr. H. EKAMA.

## II

### DE KRANSEN OM DE ZON EN OM DE MAAN.

Behalve de regenboog en de hiermede samenhangende verschijnselen, worden somtijds nog andere gekleurde kringen aan den hemel waargenomen, die zich evenwel, in tegenstelling met den regenboog, meer in de nabijheid bevinden van het hemellichaam, waarom zij zich vormen. Hiervan is reeds dadelijk het gevolg, dat deze verschijnselen talrijker om de maan dan om de zon zullen schijnen voor te komen, daar het zonlicht de kringen meestal onzichtbaar maakt. Beschouwt men echter de zon door een gekleurd glas of wel het teruggekaatste beeld van de zon in een watervlakte, dan kan men ook bij haar deze verschijnselen zeer dikwijls waarnemen.

Bij deze kringen kunnen wij twee soorten onderscheiden, namelijk die, welke de schijf van het hemellichaam schijnen aan te raken en die, welke zich op eenigen afstand er van bevinden. De laatsten worden aangeduid met den naam van *kringen* en behooren tot een groep van verschijnselen, die door de breking van het licht in ijsnaaldjes ontstaan en die tezamen de *halo* vormen, terwijl de eersten bij voorkeur *kransen* genoemd worden. Over de kransen nu wensch ik het een en ander mede te deelen.

Ieder heeft dit verschijnsel wel eens waargenomen; vooral vertoont het zich in den winter meermalen. Om de maan ziet men eerst een

violetten ring, dan een rooden, vervolgens een groenen, nu weer een rooden, dan soms nog een groenen, enz. De tinten zijn onderling verschillend en de duidelijkheid neemt zeer snel af.

Vroeger beschouwde men de kransen en kringen als overeenkomstige verschijnselen, en in 1728 verklaarde HUYGENS beide door waterbolletjes aan te nemen, welke vaste kernen hadden, die het licht niet doorlieten, terwijl dit in het omgevende water gebroken werd. De afwijking, die de lichtstralen ondergingen, zou dan afhankelijk zijn van de verhouding der middellijnen van de kernen en van de geheele waterdruppels. Noodzakelijk zou deze verhouding voor het grootste deel van de druppels dezelfde moeten zijn, en het is zeker niet aan te nemen, dat dit inderdaad het geval zou kunnen zijn. Al in 1738 kwam WEIDLER er tegen op.

Vóór HUYGENS heeft DESCARTES getracht deze verschijnselen te verklaren, door aan te nemen, dat zij hun ontstaan aan in de lucht zwevende ijsnaaldjes te danken hadden, terwijl de grootte der ringen van den bijzonderen toestand dier naaldjes zou afhangen.

Men kan de kransen ook kunstmatig en om aardse lichtbronnen, b. v. om een kaarsvlam, doen ontstaan. Zoo nam OTTO VAN GUERICKE waar, dat wanneer men bij de eerste slagen van de luchtpomp door de klok naar een kaarsvlam ziet, deze door een krans omgeven is. Bij de eerste slagen toch van den zuiger der luchtpomp ontstaat, zooals bekend is, een nevel van waterdamp.

MUSSCHENBROEK zag door het bevroren raam van zijn studeerkamer een krans om de maan, die evenwel verdween, toen hij het raam opende.

Zeer goed kan men het verschijnsel waarnemen, als men door een ruit, die bestrooid is met lycopodium, — de sporen van de wolfsklauw, — naar een kaarsvlam ziet. Neemt men evenwel b. v. fijn krijt om het glas mede te bestrooien, dan ziet men het verschijnsel niet; waarom zal later blijken.

Eveneens neemt men dergelijke kringen waar, als men door een beademde glasplaat naar de kaars ziet. Het binnenste van de krans is nu evenwel donker en niet verlicht, zooals bij de proef met het lycopodium.

Deze verschijnselen bieden ons een grondslag aan om de kransen om de maan te verklaren, daar deze geheel overeenkomen met de gekleurde ringen, die men waarneemt om het beeld van een kleine opening, waardoor lichtstralen vallen. De kransen behooren nu tot de verschijnselen, veroorzaakt door de buiging van het licht, welke het eerst door GRIMALDI waargenomen en door NEWTON nauwkeurig onder-

zocht is, terwijl later FRAUNHOFER en FRESNEL er in geslaagd zijn haar volkomen te verklaren. Dat de kransen tot de buigingsverschijnselen behooren, laat zich ook uit de volgorde der kleuren verwachten, namelijk 't violet binnen en het rood buiten.

FRAUNHOFER heeft nauwkeurig onderzocht, welke werking een scherm, dat uit ronde lichaampjes bestond, die op een willekeurige wijze verspreid waren, op het licht uitoefende. Hij gebruikte daartoe cirkelvormige schijfjes bladtin van bekende middellijn, die zonder regelmaat tusschen twee glazen platen gestrooid werden, en hij vond, dat de middellijnen der ringen evenredig waren met de golflengte van de gebruikte soort van licht en omgekeerd evenredig met de middellijnen der schijfjes, maar onafhankelijk van hun onderlingen afstand. Deze wetten zijn door latere metingen van BABINET bevestigd.<sup>1</sup>

Neemt men een enkele schijf, dan ziet men ook hierom een ringsysteem, ten minste, wanneer men zorgt het overtollige licht voldoende af te sluiten, en FRAUNHOFER nam nu aan, dat elk schijfje zijn eigen ringsysteem gaf en dat door samenvoeging dezer systemen het bedoelde verschijnsel ontstond. Het is evenwel zeker niet te verwachten, dat dit juist zou kunnen zijn. Ook BABINET<sup>2</sup> heeft een verklaring gegeven, die zeker veel vollediger is dan die van FRAUNHOFER, doch ongelukkigerwijze ook slechts doorgaat voor een enkel schijfje.

De volledigste verklaring hebben wij aan VERDET<sup>3</sup> te danken, die ik hier zooveel mogelijk en zonder de wiskunstige beschouwingen zal laten volgen.

Nemen wij een lichtend golfrond, waarop zich tal van ondoorzichtende lichaampjes bevinden, die op willekeurige wijze verspreid zijn. Alle stralen, die van het golfrond evenwijdig aan een gegeven richting komen, vallen op de pupil van het oog en convergeeren naar een zelfde punt van het netvlies. Zij vormen een schuinen cilinder, die tot grondvlak heeft de pupil van het oog en zij komen van een deel van het golfrond, dat men als vlak mag beschouwen en 't welk even groot is als de pupil. Het grondvlak is zeer groot ten opzichte van de golflengten van het licht en van de middellijnen der lichaampjes. De cilinders met verschillende richtingen komen niet van een zelfde punt van het golfrond, maar wel van even groote deelen.

<sup>1</sup> Deze wetten zijn evenwel niet volkomen juist.

<sup>2</sup> *Comptes rendus*, Vol. VI.

<sup>3</sup> *Annales de Chimie et de Physique*, III, Ser. 34, (1852), p. 129—140.

Het is gemakkelijk in te zien, dat de lichtsterkte op de verschillende punten veranderen moet op dezelfde wijze, alsof alle cilinders van een zelfde punt van het golfrond onder verschillende hoeken kwamen, en het is duidelijk, dat deze afwisselingen in lichtsterkte ons het verschijnsel der kransen geven.

Licht, dat van een plat golfrond op een zeer groote opening valt, plant zich slechts voort in een richting loodrecht op het golfrond. Zijn er nu lichaampjes op het golfrond geplaatst, dan heeft men hetzelfde als bij tal van kleine openingen, maar nu blijven juist die afwijkingen der trillende deeltjes over, welke tegengesteld zijn aan die, welke plaats vinden, wanneer men de schijfjes door openingen vervangt; omdat de resulterende afwijking van de trillende deeltjes als de opening zeer groot is, nul moet zijn. Daar de lichtsterkte evenredig is met de tweede macht van de amplitudines (trillingswijdten), heeft men geheel overeenkomstige verschijnselen. Men behoeft dus slechts de ringen te beschouwen, die door kleine openingen, welke alle even groot, doch willekeurig verspreid zijn, worden voortgebracht. Om evenwel deze omkeering in de oorzaak van het verschijnsel te mogen aanbrengen, moet het aantal deeltjes zeer groot zijn.

Ten einde nu het genoemde verschijnsel te verklaren, moeten wij weer gebruik maken van het beginsel van HUYGENS, het welk ik reeds bij den regenboog vermeld heb.<sup>1</sup> Men kan nu door een vrij eenvoudige beschouwing. aantonen, dat een punt alleen het licht ontvangt van dat deel van een golfrond, dat gelegen is in de loodlijn uit het gegeven punt op het golfrond neergelaten. Dit geldt evenwel slechts, wanneer wij een groot gedeelte van het golfrond beschouwen; hebben wij daarentegen een klein deel van het golfrond, — in ons geval door een kleine opening afgesloten, — dan is dit niet geheel juist meer. Elk punt van het ingesloten deel van het golfrond is weer een middelpunt, waarvan de trilling uitgaat, en nu zullen van elk punt ook lichtstralen zich voortplanten, die onderling evenwijdig loopen en ons oog bereiken. De wegen, door deze lichtstralen afgelegd, zijn alle verschillend, en wij zullen het resultaat van de afwijkingen, die zij veroorzaken, waarnemen. Hiervan is weer verschil in lichtsterkte het gevolg, dus heeft men maxima en minima van licht. Maxima zullen wij hebben, als het verschil der afgelegde wegen voor de lichtstralen, afkomstig van de punten het dichtst bij de randen der opening ge-

<sup>1</sup> *Album der Natur* 1889, p. 311.

legen, een oneven aantal halve golflengten bedraagt. Alle maxima zijn evenwel niet even groot en zij nemen snel in lichtsterkte af. Hoe meer openingen men heeft, hoe smaller de maxima worden, totdat zij bij een zeer groot aantal openingen in smalle lijnen overgaan.

Verder volgt hieruit, dat daar de golflengte van het violet kleiner is dan die van het roode licht, het eerste maximum van het violet dichter bij de lichtbron gevonden zal worden dan het eerste maximum van het rood.

Alle openingen, dus ook alle ondoorschijnende deeltjes moeten even groot zijn; vandaar dat men de ringen niet bij de glazen plaat, waarop krijt gestrooid was, kan waarnemen.

De stralen der ringen verhouden zich niet, zooals men somtijds ten onrechte aanneemt, als 3 : 5 : 7 enz., maar VERDET heeft theoretisch voor de verhouding der afstanden van de lichtbron afgeleid voor de maxima :

0, 1475, 2400, 3325, 4250, enz.

en voor de minima :

1098, 2009, 2914, 3816, 4668, enz.

Deze uitkomsten zijn door de metingen bevestigd.

Hoe grooter de waterdruppeltjes zijn, hoe kleiner de afstanden tusschen de verschillende maxima van lichtsterkte voor een zelfde soort van licht zullen wezen, waarop dan ook het duitsche spreekwoord: »kleiner Hof, grosser Regen" <sup>1</sup> gegrond is. Tevens ziet men hieruit, dat er eenige grond bestaat, om de kransen als voorspellers van regen te beschouwen.

Daar de maxima van het violette licht dichter bij elkander liggen dan die van het roode, zullen de opvolgende maxima der verschillende kleuren elkander bedekken; van daar de onderscheidene tinten, die men in de kransen waarneemt. Zijn de druppels zeer klein, dan kunnen de kransen, wegens de geringe lichtsterkte, niet om de zon of om de maan maar wel om de grootere sterren gezien worden.

Wij hebben ondersteld, dat de waterdruppels bijna alle even groot zijn; dit is meestal het geval, doch mocht hieraan niet voldaan zijn, dan zal men om het hemellichaam geen gekleurde ringen, maar een witten nevel waarnemen. De kransen zullen zich het meest in cumuli of hoopwolken vertoonen, daar deze uit waterdruppels bestaan, terwijl de kringen, zooals gezegd is, ontstaan door de lichtbreking in

<sup>1</sup> Kleine krans, dikke regendruppels.

ijsnaaldjes, die de cirri of schapenwolken vormen. Evenwel komen beide verschijnselen dikwijls te gelijkertijd aan den hemel voor, en KAEMTZ verklaarde dit, door aan te nemen, dat verschillende wolken zich boven elkander bevonden. In de poolstreken vergezellen deze verschijnselen elkander zeer dikwijls en het is niet te verwachten, dat in die streken in de hoogere lagen van den dampkring, zelfs bij de felste koude, waterbolletjes aanwezig zouden zijn, terwijl bovendien cumuli zich daar in wintertijd nimmer vertoonen. Maar even goed als aan de waterbolletjes kan de buiging der lichtstralen ook plaats grijpen aan de ijskristalletjes, zoodat men dus kransen en kringen zeer goed in dezelfde cirri-wolken kan zien.

Ook hangen met de kransen samen de gekleurde kringen, die bij de ringen van ULLOA, — waarvan bij den regenboog sprake was <sup>1</sup>, — de schaduw van het hoofd van den waarnemer omgeven. De buitenste witte ring, hebben wij toen gezien, was slechts de gewone regenboog, wiens straal zoo klein was, omdat de waterdruppels zoo klein waren. Rakende aan de schaduw, komen daarom heen nu nog gekleurde ringen voor en deze ontstaan doordat vele der lichtstralen, die gebogen zijn aan de waterdruppels, welke zich bij het hoofd van den waarnemer bevinden, loodrecht op andere waterdruppels vallen en dan teruggekaatst worden. BOUGUER vermeldt ook, dat toen bij het verschijnsel in de Cordilleras waarnam, hij door een fijnen nevel omgeven was. De middellijnen der door hem geziene kringen waren voor den regenboog  $67^\circ$  en voor de kransen  $5\frac{1}{2}$ , 11 en  $17^\circ$ . Door becijfering vindt men voor de middellijn der druppels 0,00025 Zoll of omstreeks 0,015 mM.

Het ontstaan van een helderen krans om de schaduw van iemands hoofd, wanneer die schaduw op den bedauwden grond valt, wordt op dezelfde wijze verklaard. Men ziet dit verschijnsel het best, als men het hoofd een weinig heen en weer beweegt. Soms neemt men ook kransen om de maan waar, zonder dat zich daar ter plaatse wolken bevinden. Ook dit kan men bij een kaarsvlam aanschouwen. Men ziet een dergelijken krans het best, als de maan in een der kwartieren is, doch deze kringen mogen niet aan den dampkring maar moeten aan het oog van den waarnemer toegeschreven worden. Men kan dit aantoonen, wanneer men een stuk karton op een afstand van  $\frac{1}{4}$  of  $\frac{1}{2}$  Meter van terzijde voor het oog brengt, totdat het de helft

<sup>1</sup> *Album der Natur* 1889, p. 315.

van de lichtbron bedekt; dan zal men de krans op het papier waarnemen. Deze kransen werden toegeschreven aan de buiging der lichtstralen, die plaats grijpt aan de vetbolletjes en de waterdruppeltjes, die het oog bedekken. Dergelijke verklaring echter is niet juist. Ook buiging door de pupil veroorzaakt kan het niet zijn; daar deze daartoe te groot is. Tegen de eerst gegevene verklaring pleit, dat het verschijnsel niet met den tijd verandert, doch er voor zou pleiten, wat reeds door DESCARTES is opgemerkt, dat men door het oog te openen en te sluiten, het verschijnsel duidelijker kan maken. Later is gebleken, dat de kringen ontstaan door buiging der lichtstralen aan de epitheel-cellen van het hoornvlies; zij nemen in lichtsterkte toe, wanneer het oog niet volkomen gezond is.

---