

De groene straal

<https://hdl.handle.net/1874/354443>

Cl. gpr. 192, 1926

DE GROENE STRAAL



P. FEENSTRA KUIPER

ju.
2

A. qu.
192

A. g. n. 192, 1926

DE GROENE STRAAL

PROEFSCHRIFT TER VERKRIJGING VAN
DEN GRAAD VAN DOCTOR IN DE WIS- EN
NATUURKUNDE AAN DE RIJKSUNIVERSI-
TEIT TE UTRECHT, OP GEZAG VAN DEN
RECTOR-MAGNIFICUS Dr. A. NOORDTZIJ,
HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT DER
GODGELEERDHEID, VOLGENS BESLUIT VAN
DEN SENAAT DER UNIVERSITEIT TEGEN
DE BEDENKINGEN VAN DE FACULTEIT DER
WIS- EN NATUURKUNDE TE VERDEDIGEN
OP MAANDAG 27 SEPTEMBER 1926, DES
NAMIDDAGS TE 4 UUR, DOOR

PIETER FEENSTRA KUIPER

GEBOREN TE MEPPEL



BIBLIOTHEEK DER
RIJKSUNIVERSITEIT
UTRECHT.

C. DE BOER JR. — HELDER

DE GROENE STRAAL

BIBLIOTHEEK DER
RIJKSUNIVERSITEIT
UTRECHT.

AAN MIJNE MOEDER,

Door verschillende omstandigheden verschijnt dit proefschrift geruimen tijd na het beëindigen mijner academische studieën.

Ik wil echter deze gelegenheid aangrijpen om alsnog U, hoogleeraren in de faculteit der wis- en natuurkunde aan de Leidsche Universiteit, mijn dank te betuigen voor het genoten onderwijs.

Specialen dank betuig ik U, hooggeleerde de Sitter; terwijl ik met weemoed gedenk de overleden hoogleeraren Zeeman, Kuenen en E. F. van de Sande Bakhuijzen, die allen mij hunne speciale belangstelling getoond hebben.

Bovenal echter dank ik U, hooggeleerde Nijland, hooggeachte promotor, voor Uwe bijzondere hulp en steun. Gij hebt mij, die toch niet Uw leerling was, toen ik in moeilijke omstandigheden tot U kwam, door het verschaffen van gegevens en door voortdurende vriendelijke raad en hulp tot een erkentelijkheid gestemd, die zich moeilijk in enkele woorden laat uitdrukken.

Moge ik in de gelegenheid zijn U nog later mijn dankbaarheid te toonen.

Ook U, hooggeleerde van Everdingen, breng ik mijn hartelijken dank voor de voortdurende hulp, die U mij verschaft heeft; zoowel voor het beschikbaar stellen van de gegevens op het Koninklijk Meteorologisch Instituut aanwezig, als ook voor het doorzien van mijn werk. Vele belangrijke aanwijzingen en wenken dank ik U.

Ook de directeuren en het personeel van het Koninklijk Meteorologisch Instituut dank ik voor hunne hulp.

De vriendelijke wijze waarop gij, geachte collega Klapmeijer, de teekeningen voor mij hebt uitgevoerd, stemt mij tot groote erkentelijkheid.

INHOUD.

Hoofdstuk 1. Inleidend Overzicht. De Waarnemingen . . .	1
§ 1. Inleiding	1
§ 2. Historisch overzicht	4
§ 3. Conclusies van Mulder	8
§ 4. Overzicht der gebruikte waarnemingen	9
Lijst 1. Gegevens van verschillende waarnemers met bijbehorende meteorologische gegevens	12
Lijst 2. Overige waarnemingen van waarnemers uit lijst 1	14
Lijst 3. Overige waarnemingen	15
Lijst 4. Waarnemingen van Havinga.	20
Lijst 5. Later bekend geworden waarnemingen enz. . .	26
Hoofdstuk 2. Atmosferische Straalbreking	26
§ 5. Inleiding. Theorie van Julius. Onderzoek van Danjon	26
§ 6. Theoretische Beschouwing. Berekening van Emden .	30
§ 7. De praktijk der refractie. Pijl van het segment . .	33
§ 8. Spiegelring. Beschouwingen van Wegener	35
§ 9. Toepassing op de waarnemingen	39
Hoofdstuk 3. Verstrooiing en Absorptie van Licht in de Atmosfeer	44
§ 10. Inleiding. Absorptie	44
§ 11. Diffuse verspreiding. Theorie van Rayleigh . . .	49
§ 12. Het „scherp begrensde” segment. Aanloopen van het segment	53
Lijst van absolute vochtigheden	56
Hoofdstuk 4. Het werk van Havinga. Slotoverzicht . . .	57
§ 13. Algemeene opmerkingen	57
§ 14. De afsnijdingen	59
§ 15. Slotoverzicht	61
Litteratuurlijst	67

HOOFDSTUK I.

Inleidend Overzicht. De Waarnemingen.

§ 1. *Inleiding.*

Met de woorden „de groene straal” wordt aangeduid het verschijnsel, dat de allerlaatste stralen, die de ondergaande zon uitzendt en ook de allereerste stralen, die wij ontvangen van de opgaande zon, groen gekleurd zijn.

Het verschijnsel is hoogstwaarschijnlijk al in oude tijden bekend geweest; William Groff [Bull. de l'Inst. Eg. 149 en 360 (1898)] meent verband te moeten leggen tusschen de groene kleur van de scheidende zon en de rol, die deze kleur speelt in de symbolische voorstellingen betreffende den dood bij de oude Egyptenaren. Hij zegt: „Donc en s'appuyant sur ces faits, nous croyons, qu'on doit reconnaître, que les représentations du soleil dans l'horizon sur la „stèle, gravée et peinte il y a cinq mille ans a été peinte en vert (et „bleu) d'après l'observation du phénomène, que le soleil à son „coucher ou à son lever sur le désert est de cette couleur (ou de „ces couleurs), ainsi croyons nous, on peut revendiquer en faveur „de l'Egypte la plus ancienne attestation de l'observation d'un „phénomène naturel ou astronomique, conservé sur un monument „astronomique, celle du soleil vert”. Ook J. Offord [N. 75 342 (1907) en E. M. 85 34 (1907)] deelt interessante feiten uit de oud-Egyptische kultuur mede. Hij schrijft: „Now, during the nocturnal „voyage, the solar orb was said to be a disc of Mafkait, which was „the title of a green coloured mineral and so the sun was considered „from sunset to sunrise to be coloured green. Sometimes just as „the last part of the sun's disc vanishes, its colour changes from „green to blue, and also after it has disappeared the sky near the „horizon is often green, whilst toward the zenith it is blue. This „was alluded to in ancient Egyptian writings, where sometimes it „is said that at sunrise or sunset the sun's rays were of Tahen, a „blue metal, the title of which is often used in reference to the blue „of the sky. The setting being green, therefore Osiris, the god of „the dead, was on the monuments and representations of him, when

„referred to in this quality, painted green, as were the other „funerary divinities, such as Sekar, the form of the dead Ptah, „which was that of a mummy with face and hands painted green „and dark blue. The splendid coffins of the high priests of Ammon „all the decorative tableaux of which are painted, frequently depict „the green sun, and deities such as Anubis, god of the funerary „journey, Isis, Nephtys, and Osiris are coloured green”.

Toch heeft men eeuwen lang weinig aandacht besteed aan het verschijnsel en eerst het verschijnen van den fantastischen roman van Jules Verne: „Le Rayon Vert”, (Paris 1882), heeft meer de algemeene aandacht er op gevestigd. Verne beschrijft de reis van een Schotsch meisje naar de westkust van Schotland, waar zij hoopt den groenen straal te zullen zien. Hij, die zoo gelukkig was, hem waar te nemen, zoo zeide een oude Schotsche legende, kon zich in gevoelskwesties nooit meer vergissen. Het verschijnsel zelf schildert Verne aldus: „Avez vous quelquefois observé le soleil, qui se „couche sur un horizon de mer? Oui, sans doute! L'avez-vous suivi „jusqu'au moment où, la partie supérieure de son disque effleurant „la ligne d'eau, il va disparaître? C'est très probable. Mais avez „vous remarqué le phénomène, qui se produit à l'instant précis ou „l'astre radieux lance son dernier rayon, si le ciel, dégagé de brumes „est alors d'une pureté parfaite? Non, peut-être. Eh bien, la pre- „mière fois, que vous trouverez l'occasion — elle se présente très „rarement — de faire cette observation, ce ne sera pas comme on „pourrait le croire, un rayon rouge, qui viendra frapper la rétine de „votre oeil, ce sera un rayon „vert”, mais d'un vert merveilleux, „d'un vert, qu'aucun peintre ne peut obtenir sur sa palette, d'un „vert, dont la nature ni dans la teinte si variée des végétaux, ni „dans la couleur des mers les plus limpides n'a jamais reproduit la „nuance! S'il y a du vert dans le Paradis, ce ne peut être que ce „vert là, qui est sans doute le vrai vert de l'espérance!”

Sindsdien zijn er talloze — meest zeer korte — publicaties en beschrijvingen van waarnemingen van het verschijnsel in allerlei periodieken en wetenschappelijke tijdschriften verschenen, terwijl het na 1902 een aangenaam tijdverdrijf werd bij de zeelieden om den groenen straal te bespieden. Het verschijnen van een artikel in „De Zee” (1902) van de hand van A. A. Nijland is, als een bijzonder belangrijk punt direct te vermelden. Dit artikel spoorde de zeevarenden aan, hun waarnemingen onder bijvoeging van zoo-veel mogelijk gegevens, schriftelijk vast te leggen en in te leveren. Ter voorlichting werd een aan het artikel gelijklopende handleiding

aan de scheepsjournalen toegevoegd. Talrijke zeevaarders gaven aan dezen oproep gehoor en onder de leiding van het Kon. Ned. Meteorologisch Instituut de Bilt, kwam een uitgebreide reeks waarnemingen bijeen, die gesorteerd en aan prof. Nijland toegezonden werd.

De aanwezigheid van dit materiaal maakte, dat ik direct over een groot aantal gegevens kon beschikken, zoodat daarmee de opzet van dit werk belangrijk vereenvoudigd werd. Ik kom dadelijk op dit materiaal nader terug.

Het geven van een historisch overzicht — dat dan bij het jaar 1870 ongeveer zou moeten aanvangen — is overbodig geworden door de uitgave van het werkje van Dr. M. E. Mulder, emeritus hoogleeraar in de oogheelkunde, getiteld: *The „green Ray” or „green Flash” (rayon vert) at rising and setting of the sun* (Den Haag, 1922). In dit geschrift is een vrij volledig overzicht gegeven van hetgeen er aan belangrijke kwesties uit de litteratuur te halen viel. Ik kan mij dus bepalen tot enkele aanvullingen, die in dit hoofdstuk gegeven zullen worden. Mulder geeft aan, dat hijzelf in Juli 1907 te Ilfracombe aan het kanaal van Bristol een waarneming deed van den groenen straal en trachtte een plausibele theorie voor het verschijnsel op te stellen. Toen hem dit niet gelukte, liet hij de zaak rusten tot 1913; een artikel in *Kosmos* (1913) van den werf-inspecteur Welznig bracht hem tot het besluit, de reeds gepubliceerde litteratuur zorgvuldig na te gaan. De zonderlinge verklaringen, die zelfs aanhang vonden bij astronomisch geschoolde geleerden, wilde hij trachten te weerleggen en zoo tevens een voor hemzelf bevredigend inzicht verkrijgen.

Hij schrijft: „In the hope of making an end to this and because „otherwise the trouble which I had taken to investigate as far as „possible the litterature would have been useless, I resolved to treat „this subject more historically and to quote such articles, as contain „anything new or interesting, either entirely or in part. By this „means the reader gets a better idea of the peculiar way in which „our knowledge, concerning the green ray, has developed and is „still developing and the task of those, who wish to further study „this subject, will be greatly facilitated”.

Inderdaad is het werk door Mulder verricht mij van groot nut geweest. Het tijdroovende doorzoeken van talloze periodieken is mij daardoor grootendeels bespaard gebleven, hoewel een aanvullend onderzoek niet overbodig bleek, zooals uit de bijgevoegde litteratuurlijst is te zien. Naast het boekje van Mulder verdient

verder de aandacht te vallen op een artikel van W. J. Fisher, verschenen in *Popular Astronomy* 29 (1921) en getiteld: „Low sun phenomena”. De bijzonder uitgebreide literatuurlijst, die Fisher bij zijn artikel geeft, is mij van groot nut geweest. Er is maar één bezwaar, ze wemelt van drukfouten. De achter dit werkje gegeven literatuuropgave is dus uit deze gegevens voortgevloeid en door mij gecompleteerd.

§ 2. *Historisch overzicht.*

Ter aanvulling van hetgeen Mulder in zijn werkje gegeven heeft, wil ik enkele belangrijke punten nader bespreken. Mulder schreef zijn boekje met het denkbeeld zelf nader inzicht te verkrijgen in de verklaring van het verschijnsel. Maar al gauw wordt zijn geschrift een bestrijding van enkele verklarende theorieën, die — hoewel telkens weersproken — voor en na weer in de literatuur opdoken. Het is wel merkwaardig, dat een verschijnsel als de groene straal, waarvan de hoofdzakelijke verklaring toch voor de hand moet liggen voor fysisch ontwikkelde waarnemers, tot zulke onnoozele verklaringen heeft gevoerd; ik moet echter toegeven dat de details van het verschijnsel moeilijkheden met zich brengen, die een nadere bestudeering overwaard waren.

Om te beginnen wil ik een artikel citeeren, dat klaarblijkelijk aan de aandacht van Mulder is ontsnapt en dat toch een vrij volledig en juist overzicht geeft over het te bespreken verschijnsel. W. J. Fisher haalt het aan, als een der meest juiste, hoewel het verder nergens in de omvangrijke en verspreide literatuur vermeld wordt. Het bedoelde artikel is van Winstanley [N. 9 20 (1873)]. Nadat Winstanley heeft meegedeeld, dat Joule met den groenen straal bekend is door eigen waarnemingen, gaat hij voort: „During the „past eighteen months the writer from his residence in Blackpool „has had frequent opportunities of observing the setting sun and „has noticed the phenomenon of the final coloured ray certainly „more than fifty times. To the naked eye its appearance has gener- „ally been that of a green spark of large size and great intensity, „very well similar to one of the effects seen when the sun shines „upon a well cut diamond. The colour however, is by no means „constant, being often, as in the case of Mr. Baxendell's observation, „bluish green, and at times, as mentioned by Dr. Joule, quite blue. „The period of its duration too is likewise variable. Sometimes it „lasts but half a second, ordinarily perhaps a second and a quarter „and occasionally as much as two seconds and a half. When

„examined with the aid of a telescope it becomes evident that the
 „green ray results at a certain stage of the solar obscuration, for it
 „begins at the points of the cusps of the visible segment of the sun,
 „and when the „setting” is nearly complete, extends from both
 „cusps to the central space between, where it produces the momen-
 „tary and intense spark of coloured light visible to the unaided eye.
 „From the facts of the green cusps being rounded, I apprehend
 „that irradiation contributes to the apparent magnitude of what is
 „seen. The range of colour too, as seen in the telescope is more
 „varied and the duration of the whole phenomenon is more extend-
 „ed, than when the observation is made only with the naked eye.
 „Respecting the increasing range of colours seen when the pheno-
 „menon is seen with telescopic aid, I may mention that on the 28th
 „of June the sea was calm and the sky quite cloudless at the setting
 „of the sun. Of the final coloured rays (a power of) fifteen diame-
 „ters showed the first to be a full and splendid yellow, which was
 „speedily followed by the usual green, and then for a second and a
 „half by a full and perfect blue. Respecting the increased duration
 „of colour, I have found that when the atmosphere is sufficiently
 „favourable to allow a power of sixty diameters being employed
 „with a three inch object glass, the green effect is seen at that part
 „of the sun’s limb in contact with the horizon even when one half
 „of the sun is still unset, and of course from then till final disap-
 „pearance. The different colours seen together with the order of
 „their appearance, are suggestive of the prismatic action of the
 „atmosphere as the cause of their production and the interception
 „of the horizon or the cloud as the cause of their separation. As-
 „suming the correctness of this view, it becomes evident that an
 „artificial horizon would prove equally efficacious in separating
 „the coloured bands, and also that if employed during an inspection
 „of the sun’s lower limb, the least refrangible end of the spectrum
 „would be disclosed. By projecting a large image of the sun into a
 „darkened room I was enabled to get the whole of the spectrum
 „produced by the prismatic action of the atmosphere in a very
 „satisfactory manner, in this case a semicircular diaphragm was
 „used, so placed that its straight edge divided the field of view in
 „equal parts, from one which it was obscured the light, diaphragm
 „was placed in the focus of the eyepiece and by rotating it every
 „portion of the sun’s limb could be in turn examined, and that too
 „in the center of the field, so as to be equally subjected to the
 „minimum of the peculiarities of the instrument. When the sun’s

„lower limb was allowed to descend into the field of view the first rays were intensely red. After a momentary duration they gave place in succession to orange, yellow and green which were then lost in the ordinary refulgence of the sun. The upper limb gave green, blue and finally purple which latter colour I have thus far never seen upon the natural horizon. I apprehend that the results here given sufficiently prove that atmospheric refraction is the cause of the coloured rays seen at the moment of the sun's departure below the horizon."

Wij kunnen dus hoogstwaarschijnlijk de prioriteit van deze juiste verklaring aan Winstanley toewijzen. Daarom is het temeer eigenaardig naast deze juiste redeneering de twee foutieve betoogen te plaatsen, die nog in den loop der tijden naar voren kwamen. De eerste luidt aldus: „Als de zon in zee verdwijnt zullen hare laatste stralen een zekere laag zeewater passeeren en daardoor groen gekleurd schijnen". Deze redeneering, door Jules Verne reeds aangegeven naast de andere, die ik hieronder noemen zal, wordt aangehaald door Welznig (zie boven).

Het is natuurlijk voldoende erop te wijzen, dat het verschijnsel boven land is waargenomen, om deze verklaring alle kracht te ontnemen.

Iets uitvoeriger zullen wij moeten zijn over de tweede veel verbreide meening, dat de groene straal een physiologisch verschijnsel zou zijn; een nabeeld op het netvlies gevormd door de fel roode stralen der dalende zon. De bewering is herhaaldelijk uitgesproken, zelfs door mannen van het vak, en Mulder richt zich dan ook in zijn boekje voornamelijk tegen deze uiting. Hij wijst er terecht op, dat ten eerste de groene straal herhaaldelijk is waargenomen bij zonsopgang, wanneer dus van voorafgaande vermoeiing van het netvlies geen sprake kan zijn en dat ten tweede het verschijnsel zich dan het best vertoont, als de zon niet rood maar geel, oranje of schitterend wit ondergaat. Het is waarschijnlijk voornamelijk te wijten aan oppervlakkig onderzoek en weinig kennis van de gepubliceerde litteratuur, dat deze stelling telkens opnieuw uitgesproken werd. Aanhangers er van waren: Trèves, Abbate Pacha, Guebhart, W. H. Pickering, Keatly Moore, Cann Lippincott, Kühl, Kritzinger, Porter, Guillaume (men zie de litteratuurlijst).

Eigenaardig allereerst is de hardnekkige houding van A. C. Cann Lippincott. Naar aanleiding van een vraag om opheldering door admiraal Maclear in Symons' Meteorological Magazine 227 (1905) gedaan, ontstond er in het 41e deel van dit tijdschrift een uitvoerige

gedachtenwisseling. Niettegenstaande toen A. A. Rambaut en C. F. Whitmell op overtuigende wijze den spectralen oorsprong van den groenen straal aantoonde, bleef Cann Lippincott zijn standpunt handhaven, zoodat op het laatst de uitgever zijn ergernis niet meer verbergen kon. Verder moeten wij nog even de artikelen van Kühl en Porter releveeren, die beiden met proeven de juistheid van hun meening trachten aan te toonen. Kühl schrijft [J.A.G. 345 (1910)]: „Zur Prüfung, ob ein genügend starke Nachbildererscheinung bei „einem Sonnenuntergange überhaupt in Erscheinung tritt, und wie „sie verläuft, stellte ich im Herbst 1909 eine kurze Reihe einfacher „Versuche an. Zwei Bogen Papier, der eine blaugrünlich, den Himmelsgrund darstellend, der andere dunkelgrau, die Meeresfläche, „wurden an einer Wand so befestigt, dass der „Himmelsgrund“ „beträchtlich über die „Meeresfläche“ hervorragte. Eine Reihe von „Modellsonnen (gelb, orange, zinnober und karmin) wurden auf „Pappleisten geklebt und durch einfaches hinunterziehen der Scheiben über den „Himmelsgrund“ unter die Meeresfläche wurde der „Sonnenuntergang nachgeahmt. Es ergab sich: Bei gleichförmig „langsamen Untergange zeigt sich ein Nachbildererscheinung sehr „schwer und nicht sonderling auffallend. Wird dagegen durch leise „Zitterbewegung der untergehende Modellsonne die wechselnde „Refraction nachgeahmt, so treten Nachbildererscheinungen von „überraschender Lichtstärke auf. Im einzeln ergibt ein gelbe Sonne „blaues Nachbild, eine orangefarbene ein blaugrünes, eine karmin- „rothe ein intensiv grünes Nachbild. Am weitaus besten gelangen „die Versuche im letzten Falle. Der Verlauf der Erscheinung war „folgender: Am oberen Sonnenrande zeigt sich plötzlich ein intensiv „grüner Streifen, bis das ganze (in Wirklichkeit verschwundene) „Segment intensiv grün leuchtet — in einigen Fällen (plötzliches „Verschwinden des letzten Segmentes) ist mit einem Schlage das „ganze Segment grün. Das Bild wächst einen Moment, wird langsam flacher und erweckt dadurch den Anschein, alsob das letzte „Sonnensegment in grüner Farbe untergehe — dabei verlängert es „sich längs des Horizontes und zerfließt schließlich als grüne Licht- „linie im Horizonte. Kurz es reproducierte sich die eingangs zitierte „Beobachtung in allen Einzelheiten. Auch Pickering's Beobachtung „eines Blauen Strahles lässt sich durch diese Versuche reprodu- „cieren (gelbe oder orangefarbene Sonne)“.

Hier is nog bij te voegen, dat Kühl, verbonden aan het observatorium te München, beweert, dat de groene rand van de zon bij lagen stand nog nooit door een kijker is waargenomen. Mulder

bestrijdt uitvoerig bovenvermeld betoog. In het kort zij hier gewezen op deze twee zeer belangrijke punten, die de stelling van Kühl wel definitief bestrijden: 1e. dat een planeet (Venus) of de maan ook den groenen straal bij het ondergaan vertoonen, terwijl hun licht veel te zwak is, om physiologische nawerking te veroorzaken; 2e. dat de groene straal zich ook vertoont bij zonsopkomst. Ik geloof, dat deze feiten een verder betoog overbodig overbodig maken. Het is misschien te veel eer bewezen aan deze zonderlinge verklaringen, maar waar velen, o. a. zeeofficieren nog aan hare juistheid gelooven, moest deze opmerking wel gemaakt worden. Het is inderdaad bedenkelijk hoe oppervlakkig deze evidente feiten genegeerd worden door de reeds genoemde waarnemers. En de zaak wordt nog erger, als men leest hoe Kritzinger (de redacteur van Sirius, die het geheel met Kühl eens is) tegen Riem optreedt, die een waarneming van den groenen straal op Gotland deed. Riem gebruikte daarbij een binocle van 6-malige vergrooting met een oculair van 5 mM. en wordt nu ernstig onderhouden over het gevaar van een dergelijke waarneming voor lieden, die niet geleerd hebben met zeer sterke lichtbronnen om te gaan. Galilei", zoo zegt Kritzinger, „is reeds blind geworden door ondoordachte zonnewaarneming!" De experimenten van Porter zijn in wezen dezelfde als die van Kühl en kunnen dus verder buiten beschouwing blijven.

§ 3. *Conclusies van Mulder.*

Mulder komt tot de conclusie, dat er drie verschijnselen zijn, die onder den naam „groene straal" worden aangeduid. 1e. De groene rand, die door de spectrale werking van de atmosfeer optreedt en die — gewoonlijk alleen met een telescoop — reeds eenigen tijd voor zonsondergang te zien is. 2e. Het opschietende groene of blauwe straaltje op het oogenblik, dat de zon ondergaat, gelijkend op het licht van een vuurtoren even beneden den horizon en die waarschijnlijk den naam van het verschijnsel heeft veroorzaakt. Dit neemt Mulder tenminste aan; Jules Verne spreekt van den laatsten lichtstraal, dien de zon ons toezendt. 3. Het groen gekleurde — met het bloote oog zichtbare — segment, dat zich een of meer seconden voor het verdwijnen van de zon vertoont.

Ad 1. De gekleurde rand is gewoonlijk maar heel kort goed zichtbaar en vertoont zich, als de zon bijna onder is in den vorm van een segment, waarvan de punten groen gekleurd zijn. Het middenstuk van den groenen rand is dan door het witte licht daaronder nog niet te zien. Naarmate het roode licht verdwijnt, wordt

het groen meer zichtbaar, zoodat het schijnt alsof het groen van de kanten af naar het midden schuift. De kleur van den rand kan zeer verschillend zijn en wisselen van geel, groen, blauwgroen, blauw tot violet. Dit is een kwestie van diffuse verspreiding in de atmosfeer en deze hangt weer samen met de refractie, die wij dus ook nader zullen moeten nagaan. Men zie fig. 8 in hoofdstuk III.

Ad 2. Meer moeilijkheden biedt het opschietende groene straaltje, dat met zonsondergang zich vertoont en dat gewoonlijk met het bloote oog kan worden waargenomen. Mulder zegt hiervan: „So long therefore, as a part of the sun's disc remains above the „horizon, or perhaps when the strong yellow rays can no longer „reach us, then the whole or part of the spectrum will become „suddenly visible, probably not all the colours at once, but first the „green, then the less strong blue and finally the weak violet part, „this rapid succession of visibility probably explains the strange „phenomenon, that the ray seems to shoot upwards”.

Ad 3. De derde vorm, een segment, dat een of meer seconden groen blijft, en met het bloote oog zichtbaar is, dient ook nader te worden verklaard. Het ontstaat uit den zichtbaar geworden groenen rand, zooals ik in het volgende hoop te kunnen aantonen.

§ 4. *Overzicht der gebruikte waarnemingen.*

Lang voor Mulder zijne beschouwingen publiceerde, was Nijland begonnen aandacht voor het verschijnsel te vragen. Zijn artikel in „De Zee” had een verhoogde activiteit tengevolge van onze zeevaarders en er was reeds veel materiaal bijeengebracht, grootendeels met behulp van het Kon. Ned. Meteorologisch Instituut, toen bovenstaande beschouwing verscheen. De collectie waarnemingen, die prof. Nijland zoo vriendelijk was mij af te staan voor dit geschrift, is uitgebreider dan de geheele reeks tot nu toe bekende waarnemingen en veelal ook nauwkeuriger in omschrijving en toelichting. Er werd bij alle scheepsjournalen een handleiding gevoegd tot het doen van astronomische waarnemingen, waarin een tiental vragen werden gesteld.

Deze vragen betroffen: 1e. Datum en tijd van waarneming. 2e. Of de kim geheel of gedeeltelijk vrij was. 3e. Of de zon achter land of achter zee verdween. 4e. Lengte en breedte van de waarnemingsplaats. 5e. Of en hoelang de groene straal werd gezien. 6e. Vorm en grootte. 7e. Kleur (waarvoor een kleurenschaal die van geel tot donkerblauw liep met de nummers 1—10 werd gebruikt). 8e. De bewolking in de nabijheid der zon. 9e. De kleur van het zee-

water. 10e. Bijzonderheden, speciaal of een uitschietende groene lichtbundel werd waargenomen¹⁾). Een aantal waarnemers voegden een opgave der atmosferische omstandigheden bij hunne waarneming, waardoor deze belangrijk in waarde steeg. Het totaal bedraagt ongeveer 500 waarnemingen, die natuurlijk in verschillend stadium van volledigheid verkeerden.

Behalve dit materiaal, waarvan men in de achter dit hoofdstuk toegevoegde lijst een overzicht vindt, is er een bijzonder mooie reeks van waarnemingen, gedaan door den heer E. Havinga, 1e officier bij den Rott. Lloyd. De heer Havinga heeft op 10 achtereenvolgende reizen naar Indië en terug alle zonsondergangen, die eenigszins in aanmerking kwamen, geobserveerd. In het tijdvak 12 Juli 1902 tot 21 October 1905 heeft hij 303 waarnemingen van het verschijnsel bijeengebracht. Zijn observaties munten uit door een uitvoerige beschrijving en een keurige teekening, alsmede door mededeeling van een groot aantal details, die of nooit, of slechts een enkele maal waren waargenomen. Ofschoon helaas opgaven omtrent den duur van het verschijnsel en de atmosferische omstandigheden meestal ontbreken, heeft dit materiaal rijke gelegenheid geboden, om den groenen straal in de details te onderzoeken.

Ik zal in een afzonderlijk hoofdstuk het onderzoek van Havinga nader behandelen, maar merk alvast op, dat het voortdurend waarnemen Havinga een routine verschaft heeft, die geen enkele waarnemer voor hem bezat en dat dit, met de groote uitgebreidheid aan waarnemingsmateriaal het geheel een waarde verschaft, veel grooter dan eenige reeks, die reeds bekend was, bezat. Voor het overzicht volgt achter dit hoofdstuk ook van laatstgenoemde waarnemingen een lijst, aangevuld door de opgaven der vochtigheid, die ik uit de journalen overnam.

Aan de hier toegevoegde lijsten moeten nog enkele opmerkingen voorafgaan. De vochtigheidstoestand van de lucht werd gewoonlijk bepaald met den psychrometer en de stand van drogen en natten thermometer werd gegeven. Hieruit werd de relatieve en de absolute vochtigheid bepaald, de eerste in procenten, de tweede in mM. In de lijsten konden natuurlijk geen teekeningen opgenomen worden en ik bepaalde mij daarom tot de omschrijving van de gegeven schets. Langere reeksen waarnemingen werden verricht door: Soomer, Holman, Loos, Fischer, Sorgdrager, Breijer en Jager. De waarde van de schattingen van den duur van het verschijnsel is

¹⁾ Klaarblijkelijk werd toen ter tijd niet vermoed, dat de vochtigheid een rol speelde, anders waren opgaven hieromtrent gevraagd.

natuurlijk niet zeer hoog. In 't algemeen zijn de waarnemers niet getraind in het schatten van korte tijdsverloopen. De gemaakte fouten zullen dus zeker groot zijn, aan één of enkele waarnemingen van die soort is toch eigenlijk geen waarde toe te kennen. Alleen wanneer men reeksen van eenige honderden waarnemingen beschouwt, begint de daaruit afgeleide conclusie wat ondergrond te krijgen; des te meer is het vreemd te noemen, dat vroegere schrijvers uit enkele gegevens reeds vergaande conclusies trokken. Waarschijnlijk zal de neiging om het tijdsverloop te lang te schatten, overheerschen; dit is waarschijnlijk een van de redenen, dat de praktijk niet geheel met de theorie overeenstemt, zooals wij nader zullen zien.

In de lijsten zijn de volgende afkortingen gebruikt: O = op- of ondergang, T = tijd, Vocht. = vochtigheidstoestand, Rel. = relatief, Abs. = absoluut, Tl. = temperatuur van de lucht, Tz. = temperatuur van de zee, K = kim, Kl. = kleur, m en a = morgen en avond, l, w, z = land, wolk, zee, g = groen, lg = lichtgroen, hg = heldergroen, bg = blauwgroen, b = blauw, v = violet. De geschatte tijd is in seconden, de vochtigheidstoestand in procenten en in mM. spanning, de temperatuur in graden Celsius. Zuiderbreedte en Westerlengte zijn cursief gedrukt.

De lijsten omvatten:

1. Gegevens van verschillende waarnemers, die meteorologische opgaven bijvoegden.
2. Aanvullende gegevens van dezelfde waarnemers zonder verdere gegevens.
3. Overige waarnemingen, gerangschikt naar de waarnemers.
4. Waarnemingen van Havinga.
5. Waarnemingen uit de litteratuur, mededeelingen en groene straal van Venus en de Maan.

In totaal 745 waarnemingen, waarbij de groene straal gezien werd; Havinga deed 254 waarnemingen met positieven uitslag.

1^E LIJST. Gegevens van verschillende waarnemers met bijbehorende meteorologische gegevens

Datum	Plaats (Bestek)		Waarnemer	O.	T.	Vocht		TI.	Tz.	K.	Kl.	Vorm	Opm.
	B.	L.				Rel.	Abs.						*
1902													
3 Maart	27° 3'	64° 30'	—	a	—	87	18.8	23.4	22.2	z	g	—	
29 Juni	45 44	37 5	Terkuhle	a	—	—	—	16.0	17.5	z	hg	vonk	3
1903													
29 Juli	41 6	12 27	—	a	—	88	17.8	22.4	—	z	lg	rechthoek	1
23 Jan	20 30	38 45	—	a	—	62	12.3	22.1	25.7	z	—	—	
19 Maart	21	38 15	—	a	—	82	20.5	25.9	25.1	z	—	—	
30 »	32 8	29 10	Soomer	a	1	87	12.7	17.2	17.2	z	g	segment	
1 April	27 7	34 20	»	a	$\frac{3}{4}$	85	18.7	23.7	22.4	l	g	puntje	
6 »	12 7	50 45	»	a	$\frac{3}{4}$	80	19.9	25.8	26.0	z	g	flikkering	
20 Mei	1 27	73 20	»	m	$2\frac{1}{2}$	85	25.0	28.6	29.1	z	g	cirkel	
27 »	12 22	44 80	»	m	2	82	26.4	30.2	30.5	z	dg	waaier	
27 »	12 58	42 50	»	a	—	92	30.3	30.6	30.8	l	lg	segment	
2 Juni	33 30	26 50	»	m	$2\frac{1}{4}$	93	16.0	19.7	20.4	z	lg	»	
21 Juli	Suezkanaal		—	a	—	87	27.5	29.9	—	l	hg	»	4
30 Aug	39 13	1 10	—	m	2	—	—	24.2	24.0	z	lg	straal	
7 »	34 7	25 12	—	a	4	—	—	25.4	—	—	lg	licht	
18 Juli	37 50	15 59	Soomer	m	3	81	18.9	25.5	24.5	z	g	segment	
22 »	28 46	32 57	»	m	2	85	21.7	26.2	24.6	l	lg	vlammetje	
23 »	24 13	36 13	»	m	—	82	23.3	28.9	28.6	l	lg	»	
17 Sept	12 13	47 41	»	a	3	74	24.9	31.0	31.6	z	lg	segment	
21 »	26 36	34 40	»	a	1	90	23.8	26.8	26.3	l	lg	vlammetje	
22 »	28 43	32 58	»	m	$1\frac{1}{2}$	79	17.7	24.0	23.8	l	lg	»	
22 »	Bittermeer		»	a	1	54	16.2	30.0	27.6	l	lg	puntje	
24 »	34 13	25 9	»	a	2	63	12.2	21.5	22.0	z	lg	segment	
25 »	36 32	19 20	»	a	1	64	12.7	22.0	24.0	w	lg	vlammetje	
2 Oct	38 0	9 18	»	m	2	77	12.3	18.5	18.9	l	dg	»	
10 Dec	15 34	41 39	Kempff	a	3	77	16.3	23.1	25.2	z	gb	segment	
15 »	33 52	26 25	»	a	2	74	11.8	18.5	17.2	z	lg	»	
16 »	36 13	20 7	»	a	$1\frac{3}{4}$	65	10.4	18.5	17.0	z	lg	»	2
21 »	36 35	2 20	»	a	$2\frac{3}{4}$	71	10.6	17.5	14.3	z	lg	ovaal	
22 »	bij st Vincent		»	a	2	90	13.0	17.0	14.6	z	hg	»	
1904													
14 Febr	35	22 5	Fischer	a	$1\frac{1}{2}$	70	8.5	14.3	13.9	z	lg	ovaal	1
15 »	33 30	28 20	»	a	$1\frac{1}{2}$	73	10.5	17.0	16.5	wz	bg	segment	6
16 »	31 47	31 25	»	m	$1\frac{1}{2}$	83	11.0	15.5	17.0	w	g	»	
17 »	Suezkanaal		»	m	—	85	9.3	12.6	—	l	lg	»	
18 »	26 23	34 44	»	m	$2\frac{3}{4}$	65	10.9	19.3	21.3	z	g	vlekje	1
11 April	10 10	60 25	»	a	1	66	18.1	27.5	28.8	z	lg	segment	
27 Mei	36 34	7 42	Sorgdrager	a	2	81	13.2	18.8	18.7	z	hg	»	
28 »	36 8	4 46	»	m	2	90	13.8	17.8	17.0	z	dg	»	
29 »	38 48	0 37	»	m	1	87	15.1	19.8	20.0	z	bg	stip	1
4 Juni	36 36	19 15	»	a	1	80	15.3	21.4	21.7	w	lg	segment	
5 »	35 32	22 2	»	m	$\frac{1}{2}$	74	13.3	20.4	21.8	w	lg	»	
5 »	34 22	25 20	»	a	2	81	14.7	20.6	20.0	z	g	»	
6 »	33 21	27 40	»	m	$2\frac{1}{3}$	87	15.4	20.2	19.5	z	g	»	
6 »	32 7	30 51	»	a	$2\frac{1}{2}$	77	15.2	22.0	21.3	z	g	»	
7 »	30 30	32 20	»	a	$\frac{1}{2}$	52	13.1	26.0	—	lw	g	puntje	
8 »	29 28	32 36	»	m	1	80	17.1	23.2	21.2	lw	lg	—	
8 »	26 45	34 30	»	a	$3 \times \frac{1}{2}$	87	21.4	25.6	24.5	lw	lg	—	3×
9 Sept	39 16	14 32	—	a	1	67	15.5	24.5	22.6	z	g	schittering	
15 »	42 9	9 30	Fischer	a	$1\frac{3}{4}$	92	13.6	17.3	17.4	z	g	segment	
26 »	33 13	27 45	»	m	1	84	18.9	24.1	—	z	g	»	
26 »	32 2	30 50	»	a	3	85	20.0	24.8	25.5	z	g	vlekje	1
29 »	25 20	35 33	»	m	$3\frac{1}{2}$	80	21.4	27.0	26.8	z	g	»	5
2 Oct	12 20	45 0	»	m	2	69	19.1	27.6	27.7	z	g	segment	
2 »	12 25	47 40	»	a	$\frac{3}{4}$	72	19.2	27.0	27.6	z	g	puntje	
3 »	12 14	50 25	»	m	2	83	20.6	25.7	27.2	z	g	plekje	1
4 »	11 5	55 40	»	m	$1\frac{1}{4}$	74	18.4	25.7	25.4	w	g	»	4
22 Nov	12 13	40 56	»	a	2	81	20.3	25.9	25.3	z	g	vlek	
24 »	14 8	42 45	»	m	2	83	21.3	26.3	26.2	w	g	streepje	
24 »	16 27	41 11	»	a	3	68	18.2	27.0	27.4	z	g	segment	
25 »	21 5	38 0	»	a	1	—	—	27.0	27.0	l	g	vlekje	
26 »	26 0	35 0	»	a	1	47	10.2	23.4	23.7	l	lg	gedeeltelijk segment	
28 »	31 57	31 22	»	a	2	58	9.1	18.2	19.8	z	g	segment	1

* 1 vrij van de kim. 2 geringe uitstraling. 3 Venus. 4 tegenzon. 5 uitstraling. 6 en ovaal

Datum	Plaats (Bestek)		Waar- nemer	O.	T.	Vocht		Tl.	Tz.	K.	Kl.	Vorm	Opm. *
	B.	L.				Rel.	Abs.						
1 Dec	37°40'	16° 0'	Fischer	m	1	—	—	—	—	w	g	randje	1
4 »	40 45	3 25	»	a	1 ^{1/4}	65	7.4	13.2	10.4	z	bg	segment	
5 »	38 17	0 6	»	m	2	72	8.6	13.8	16.1	z	g	vlekje	
27 »	Atl. Oceaan		—	m	—	68	—	—	—	z?	—	—	
25 »	S. Salvador		»	a	—	70	—	—	—	z?	—	vlammetje	
1905													
7 Jan	36 7	6 11	Fischer	a	2	69	10.3	17.4	15.0	z	g	ovaal	1
8 »	36 41	2 4	»	m	2 ^{1/2}	78	10.5	15.8	13.3	z	g	vlekje	
13 »	41 21	12 10	»	m	1 ^{1/4}	68	7.4	12.5	11.9	w	g	rand	
18 »	26 47	33 30	»	a	1	61	12.0	21.8	21.6	l	bg	segment	
23 »	11 50	51 58	»	m	2	55	12.0	23.6	24.0	w	g	linker gedeelte	
23 »	11 20	54 34	»	a	1	73	17.4	25.0	24.8	z	g	segment	1
25 »	9 55	62 40	»	m	1 ^{1/2}	76	18.1	25.0	25.2	z	bg	vlekje	
25 »	9 15	65 0	»	a	1 ^{1/4}	76	20.3	27.0	26.5	z	g	segment	
26 »	8 53	67 56	»	m	3	75	18.9	26.0	26.4	z	g	vlekje	
5 Maart	1 13	103 37	»	a	1	72	23.0	30.0	27.9	z	lg	streepje	
13 »	10 54	58 38	»	a	2	72	18.5	26.3	26.5	w	bg	linkerdeel	1
17 »	18 59	39 29	»	a	—	62	14.5	25.4	24.5	z	lg	streepje	
18 »	21 18	37 57	»	m	1 ^{1/2}	64	13.5	23.0	22.8	z	g	vlekje	
19 »	26 28	34 45	»	m	2	68	13.1	21.5	21.1	z	b	streepje	
31 »	48 50	4 45	»	m	3	95	9.3	11.0	9.5	z	g	vlekje	
10 Jan	11 9	55 56	Sorgdrager	a	2	70	16.2	24.6	25.0	z	bg	segment	1
14 »	6 36	77 27	»	a	4	71	17.5	25.7	25.8	z	g	»	
28 Febr	12 8	51 6	»	a	3	84	23.5	27.9	24.7	z	lg	rechthoek	
2 Maart	16 8	41 16	»	a	2 ^{1/2}	89	21.2	25.0	25.0	z	bg	—	
3 »	20 50	38 16	»	a	3	71	14.9	22.9	23.2	z	bg	ellips, rechthoek	
9 »	39 35	14 15	»	a	3	69	7.6	12.7	12.5	z	bg	ellips	1
10 »	44 5	9 13	»	a	2	75	7.4	11.1	11.6	w	g	»	
7 April	Tyrrheense z.		—	a	5	78	10.4	15.6	14.0	z	g	segment	
8 Dec	37 37	9 15	Loos	a	5	82	10.7	15.4	15.4	z	lg	ovaal	
14 »	44 18	9 2	»	a	4	78	8.4	12.4	13.4	z	bg	»	
15 »	40 9	13 35	»	a	4 ^{1/2}	61	8.2	11.8	14.8	z	g	linkerdeel	
1906													
13 April	20 35	38 32	»	a	2	72	17.2	24.9	25.7	z	lg	rechthoek	1
16 »	12 2	50 54	»	a	4	85	23.1	27.3	27.2	z	lg	ovaal	
17 »	11 1	56 2	»	a	1 ^{1/2}	88	23.1	26.8	29.5	z	lg	onregelmatig	
1 Juni	6 6	79 29	»	a	2	100	27.7	27.7	27.4	z	g	segment	
18 Juli	26 55	34 30	»	a	2 ^{1/2}	78	21.6	27.7	26.8	z	gb	»	
19 »	22 20	37 32	»	a	1 ^{1/2}	73	25.1	32.4	29.7	z	g	»	1
12 Sept	12 4	50 47	»	a	3 ^{1/2}	78	24.8	30.0	29.5	w	g	ovaal	
16 »	21 25	36 0	»	m	1 ^{1/2}	78	24.6	29.8	29.2	w	g	vlekje	
18 »	Reede Suez		»	m	2 ^{1/2}	74	13.6	20.8	22.8	l	bg	»	
18 »	Suezkanaal		»	a	1 ^{1/2}	91	23.7	26.5	—	l	bg	grillig	
19 »	32 37	29 26	»	a	4	83	19.0	24.3	24.1	z	bg	segment	1
20 »	33 41	26 38	»	m	1 ^{1/2}	76	17.6	24.5	23.6	z	bg	vlekje	
20 »	34 56	23 33	»	a	2 ^{1/2}	82	19.0	24.6	24.3	z	g	2 deelen	
24 April	19 50	39 1	Crietée	a	5	80	22.7	28.0	27.3	z	g	segment	
29 »	11 15	55 11	»	a	—	74	21.0	28.0	27.3	z	bg	»	
30 »	10 17	59 12	»	a	5	73	20.7	28.0	28.4	z	g	»	
1903													
13 Nov.	17 51	40 21	Turfboer	a	1	71	21.4	29.0	29.8	z	g	segment	1
14 »	13 6	43 12	»	a	1	71	19.5	27.5	26.5	z	lg	»	
15 »	12 23	45 42	»	m	1 ^{1/2}	62	16.7	27.2	26.5	z?	lg	»	
15 »	12 14	48 25	»	a	1	65	16.4	26.0	26.7	z	g	gedeeltelijk segment	
16 »	12 9	51 6	»	m	1 ^{1/2}	83	18.6	24.0	24.0	z	g	segment	
16 »	11 30	53 50	»	a	1 ^{1/2}	72	18.1	26.0	26.5	z	lg	uitschietende straal	1
17 »	10 36	53 53	»	a	1 ^{1/2}	75	20.0	27.0	26.5	z	bg	segment	
30 Dec	5 45	83 55	»	a	1	80	22.7	28.0	28.5	w	b	»	
1904													
2 Jan	8 57	67 30	»	a	1 ^{1/2}	76	20.8	27.5	27.8	w	b	segment	
3 »	9 44	61 35	»	a	1 ^{1/2}	75	17.3	24.5	24.5	z	b	»	2
4 »	10 42	55 45	»	a	1	70	15.7	24.0	23.5	w	lg	»	
8 »	21 5	38 18	»	a	1 ^{1/2}	66	15.1	24.3	24.5	z	lg	puntje	
9 »	23 45	36 31	»	m	1	54	11.8	23.5	23.7	w	g	segment	
18 Jan.	36 2	5 30	»	a	1 ^{1/2}	70	9.7	16.2	14.0	z	lg	»	
14 Dec	18 10	40 4	Hommes	a	—	77	20.6	27.0	28.3	wz	g	»	2

* 1 boven de kim. 2 3 × achter wolk en 1 × achter kim.

2^E LIJST. Overige waarnemingen van de waarnemers uit lijst 1
zonder meteorologische gegevens.

Datum	Plaats (Bestek)		Waarnemer	O.	T.	T.	Kl.	Vorm	Opm.
	B.	L.							*
1901									
27 Dec	golf v. Suez		Kempff	a	—	lw	lg	segment	
1902									
5 Jan	40°51'	14°35'	Kempff	a	—	w	bg	segment	
8 »	39 15	14 30	»	a	—	z	g	»	
15 Dec	11 32	52 21	Soomer	a	2	z	g	»	
1904									
17 Juli	35 52	15 10	»	a	3	z	bg	trapezium	
23 »	24 15	36 5	»	a	1 1/2	z	bg	onregelmatig	1
24 »	22 30	37 22	»	m	1	z	lg	vlammetje	
24 »	20 30	38 41	»	a	3	z	lg	trapezium	2
24 Sept	0 55	99 50	»	a	2	z	g	vlammetje	
15 Oct	19 25	39 33	»	a	2 1/2	z	lg	segment	
7 »	12 31	43 4	»	a	2	z	lg	vlammetje	
7 Maart	39 16	9 43	»	a	1 1/2	z	hg	»	
19 »	23 17	37 13	»	a	2	z	lg	streep	
25 »	12 20	46 3	»	a	2 1/2	z	hg	»	
26 »	12 20	48 11	»	m	1	z	hg	vlammetje	
27 »	11 27	54 18	»	a	2	z	lg	streep	
29 »	9 46	62 39	»	a	2 1/2	z	lg	»	
30 »	9 13	65 45	»	m	1 1/2	z	lg	vlammetje	
5 April	1 55	92 3	»	a	—	wz	—	—	3
10 Mei	6 6	104 23	»	a	3	z	hg	streep	
15 »	1 50	87 46	»	a	1 1/2	z	lg	vlammetje	
31 »	19 18	39 8	»	a	1	z	hg	»	
4 Juni	32 19	30 19	»	a	2	z	lg	streep	
5 »	32 57	28 26	»	m	1 1/2	z	lg	vlammetje	
5 »	34 6	25 29	»	a	2 1/2	z	lg	streep	
28 Nov	41 19	9 46	»	a	2	z	hg	segment	
2 Dec	37 13	5 53	»	a	1	z	lg	vlammetje	
16 »	12 15	50 30	»	a	2 1/2	z	lg	segment	
25 »	0 58	75 12	»	a	1 1/2	z	g	vlammetje	
5 Febr	6 35	77 15	»	a	2 1/2	z	lg	segment	
11 »	12 17	50 50	»	a	3/4	z	lg	streepje	4
15 »	20 44	38 21	»	a	1 1/2	z	hg	vlammetje	
1903									
9 Juli	20 36	38 36	Fischer	a	1	l	b	wigvormig	
4 Sept	24 0	36 5	»	a	—	l	dg	segment	
8 »	35 2	22 0	»	a	3/4	z	gb	vlammetje	
14 »	36 0	5 5	»	a	—	z	hg	segment	
15 »	37 30	9 0	»	m	3	z	hg	»	
1907									
2 Febr	32 14	29 16	Loos	a	10	z	g	segment	5
5 »	25 40	35 25	»	a	3 1/2	l	lg	»	
9 »	17 23	40 26	»	a	2 1/2	w	lg	vlekje	
11 »	12 14	45 26	»	a	2	z	lg	»	
12 »	12 16	49 12	»	a	3	z	g	ovaal	
13 »	11 46	53 5	»	a	1 1/2, 3 1/2	wz	g	onregelmatig	
16 »	9 33	65 24	»	a	3	z	lg	vlekje	
17 »	8 54	69 28	»	a	2 1/2	z	lg	»	
18 »	8 2	73 13	»	a	3	z	g	onregelmatig	
4 April	10 30	59 52	»	a	3 1/2	z	g	vlekje	
6 »	12 8	51 26	»	a	3 1/2	z	g	ovaal	
17 Juni	6 4	91 20	»	a	2 1/2	zw	lg	3 stukjes	
20 Aug	49 54	2 9	»	a	2	z	b	segment	

* 1 kim heilig. 2 groene rand 26 sec. 3 waarschijnlijk geen groene straal. 4 Venus. 5 met uitsteeksel.

3^E LIJST. Overige waarnemingen, gerangschikt naar de waarnemers.

Datum	Plaats (Bestek)		Waarnemer	O.	T.	K.	Kl.	Vorm	Opm. *
	B.	L.							
1903									
31 Mei	12°30	56°30'	Holman	a	—	z	lg	streep	
1 Juni	11 21	60 16	»	a	—	w	lg	klein plekje	
17 »	0 50	99 40	»	a	—	z	hg	vlam	
2 Juli	10 11	64 19	»	a	—	z	lg	strookje	
12 Aug.	13 40	43 1	»	a	—	l	lg	rand	
15 »	23 21	36 50	»	a	—	z	—	—	
22 Sept	36 26	7 14	»	a	—	z	lg	klein segment	
23 »	36 26	2 22	»	a	—	z	v	» »	
29 »	33 2	26 32	»	a	—	z	gb	» »	
30 »	32 2	30 14	»	a	—	zw	lg	» »	
18 Dec	12 30	48 0	»	a	—	z	g	» »	
21 »	21 53	37 47	»	a	—	z	g	» »	
1904									
25 Febr	34 20	20 28	»	a	4	z	lg	segment	
26 »	33 18	25 15	»	a	2	z	g	»	
7 Maart	11 53	53 11	»	a	3 ^{1/2}	z	g	»	
13 »	6 50	76 25	»	a	3	z	dg	»	
26 April	5 47	94 58	»	a	2	z	lg	»	
1 Mei	7 28	74 12	»	a	2	z	lg	klein segment	
6 »	11 53	53 0	»	a	4	z	lg	segment	
11 »	23 8	37 12	»	a	2 ^{1/2}	z	lg	»	
18 »	39 0	14 20	»	a	5	z	lg	ovaal	
13 Nov.	37 20	0 46	»	a	1	l	lg	langgerekt segment	
24 »	25 52	35 52	»	m	1/4	w	lg	klein segment	
25 »	21 26	37 52	»	m	3/4	z	lg	segment	
1905									
18 Jan	12 3	51 0	»	a	3	w	lg	klein segment	
19 »	12 23	45 37	»	a	1	z	lg	» »	
4 Maart	36 22	3 20	»	a	4	l	lg	segment	
11 »	38 50	15 5	»	a	3	z	g	»	
15 »	28 40	33 10	»	a	1 ^{1/2}	l	lg	gerekte ellips	
18 »	15 31	41 44	»	a	2	z	bg	segment	
27 Mei	41 1	9 17	»	a	—	wz	bg	—	
1904									
5 April	39 0	9 25	Labree	a	4 × 1 ^{1/2}	z	dg	ellips	1
7 »	36 26	3 15	»	a	1 ^{1/2}	l	g	»	
9 »	37 42	6 0	»	a	2	z	g	»	
10 »	37 20	10 30	»	a	1 ^{1/2}	z	dg	»	
11 »	36 0	14 55	»	a	2 × 1 ^{1/2}	l	g	»	1
12 »	35 0	19 0	»	a	2	z	dg	»	
20 »	17 30	40 20	»	a	2	z	dg	»	
21 »	14 25	42 30	»	a	—	z	dg	—	2
22 »	12 28	44 0	»	a	2	z	g	ellips	
30 »	7 25	75 0	»	a	1	z	dg	onregelmatig	
16 Sept	36 0	15 10	»	m	3	z	g	ellips	
18 »	32 47	27 0	»	a	4	z	g	»	
29 »	10 56	56 40	»	a	1	z	g	straal	3
30 »	10 0	60 10	»	a	1 ^{1/2}	z	dg	puntje	
2 Oct	8 40	68 0	»	a	1	z	g	ellips	
3 »	8 4	72 0	»	a	1	z	g	ellipsje	
1905									
13 Juli	3 43	9 22	»	a	1 ^{1/2}	w	g	ellipsje	
28 »	21 20	37 30	»	a	1 ^{1/2}	z	g	ellips	
4 Aug.	9 18	66 0	»	a	1	z	—	»	
5 »	8 27	71 0	»	a	2	z	lg	»	
11 »	0 40	98 0	»	a	1	z	g	»	
20 Sept	12 37	43 20	»	a	3/4	z	lg	vlammetje	
21 »	17 0	41 0	»	a	1	z	g	ellipsje	
22 »	21 0	38 26	»	a	1	w	g	ellips	
25 »	31 0	32 20	»	a	3	l	g	»	4
1906									
25 Mei	40 0	12 0	»	a	1	z	g	puntje	
11 Juni	17 0	76 0	»	a	1 ^{1/2}	z	g	ellips	
12 »	5 40	81 0	»	a	1	z	g	»	
3 Aug.	33 30	27 0	»	a	1	z	g	—	

* 1 telkens scheidde zich een ellipsje af. 2 reeks groene straaltes. 3 uitschietende straal. 4 tegenzon.

Datum	Plaats (Bestek)		Waarnemer	O.	T.	K.	Kl.	Vorm	Opm. *
	B.	L.							
8 Aug. 1908	42° 0'	4° 30'	Labree	a	1	wl	g	—	
24 Oct	36 0	4 0	»	a	2	z	g	ellips	
3 Nov	27 30	34 0	»	m	2	z	lg	»	
10 »	12 0	54 0	»	m	1	z	g	puntje	
7 »	13 30	43 0	»	m	1	l	g	ellips	
7 »	12 30	44 0	»	a	2 × 1	wz	lg	puntje	
5 »	21 0	38 30	»	m	1½	z	g	ellips	
6 »	15 30	41 0	»	m	2	z	g	»	
6 »	15 0	42 0	»	a	½	z	g	streepjes	1
3 »	26 0	35 0	»	a	2	z	g	ellips	
4 »	24 0	36 0	»	m	½	z	lg	cirkeltje	
4 »	22 0	37 0	»	a	3	z	g	ellips	
1904									
24 Jan	40 39	9 38	Vollewens	a	—	z	lg	vlek	
26 »	36 10	3 30	»	a	—	z	lg	»	
1 Febr	33 20	25 22	»	a	—	z	hg	segment	
2 »	32 12	30 3	»	a	—	z	hg	vlek	
6 »	23 6	37 10	»	a	—	z	hg	»	
14 »	9 18	63 38	»	a	—	z	hg	»	2
18 »	6 33	78 12	»	a	—	z	g	»	3
19 »	5 52	82 20	»	a	—	z	gb	»	
8 Sept	26 25	34 42	»	a	¼	l	g	vlekje	
12 »	35 37	20 26	»	a	2	z	lg	rechthoek	
13 »	38 23	15 30	»	a	½	l	lg	segment	
1906									
10 Maart	35 35	16 30	»	a	2	z	g	vlekje	
21 »	12 14	48 13	»	a	1	z	g	»	
30 Mei	12 5	50 25	»	a	1½	z	g	»	
10 Juni	35 0	18 28	»	a	2	z	hg	»	
29 Dec	18 32	39 50	»	a	1½	z	hg	vlek	
1907									
20 Febr	9 35	67 15	»	a	1	z	hg	streep	
25 »	12 24	44 39	»	a	2	z	hg	vlek	
27 »	19 14	39 14	»	a	1½	z	g	»	
28 »	23 0	37 6	»	a	2	z	g	»	
1 Maart	25 2	35 50	»	m	1	z	hg	vlek en streep	
13 »	41 50	9 41	»	a	2½	z	g	streep	
1905									
5 Febr	37 9	4 7	Hassels	a	30	z	g	segment	
22 »	—	—	»	a	3	z	v	ellips	
15 April	—	—	»	a	3	z	hg	»	
27 Febr	—	—	»	a	—	w	lg	segment	
26 »	—	—	»	a	1	z	lg	—	
18 »	—	—	»	a	3	z	dg	segment	
18 April	—	—	»	a	2	z	v	»	4
16 Aug	—	—	»	a	1	z	g	»	
17 »	—	—	»	a	3	z	lg	»	5
18 »	—	—	»	a	—	l	lg	»	
19 »	—	—	»	a	—	z	lg	»	
25 »	—	—	»	a	—	z	lg	ellips	
29 »	—	—	»	m	—	l	b	—	
29 Oct	—	—	»	a	—	z	g	schijfje	
24 Dec	—	—	»	a	2½	w	dg,b	segment	
27 »	—	—	»	a	2	z	b	—	
10 Febr	—	—	»	a	1	zw	g	—	
16 Oct	15 21	42 37	Breijer	a	1	l	lg	ovaal	
17 »	15 21	42 37	»	a	1	l	lg	»	
18 »	17 21	42 37	»	m	1	l	lg	streepje	
20 »	20 17	38 55	»	m	1	z	lg	ovaal	
20 »	21 28	39 9	»	a	12	z	lg	»	
21 »	21 8	39 9	»	m	2	l	lg	2 stukjes	
21 »	22 37	27 56	»	a	7	z	lg	ovaal	
22 »	24 12	36 35	»	m	7	z	lg	streep	
23 »	28 21	33 12	»	a	½	l	g	stukjes	
24 »	29 55	32 33	»	m	2	l	lg	segment	

* 1 eenige malen groen worden van streepjes. 2 wolken. 3 boven de kim. 4 groene straal. 5 ballonvorm.

Datum	Plaats (Bestek)		Waar- nemer	O.	T.	K.	Kl.	Vorm	Opm. *
	B.	L.							
25 Oct	32° 8'	30° 54'	Breijer	a	$\frac{1}{2}$	z	g	punt v/h. segment	
26 »	33 12	28 0	»	m	6	z	lg	vlekje	1
27 »	34 27	24 33	»	m	$\frac{1}{2}$	z	lg	»	1
27 »	35 26	22 18	»	a	1	z	lg	segment	
1906									
5 Febr	6 16	78 50	»	a	2	z	hg	ellips	
8 »	8 59	65 53	»	a	1	w	b	stipje	
12 »	12 11	48 57	»	a	1	z	lg	segment	
28 »	36 37	0 57	»	a	3	z	hg	»	
1903									
22 Mei	golf v. Suez		Wieringa	a	2	l	hg	kapje	
25 »	Rooode zee		»	a	—	z	g	»	
31 »	—	—	»	a	3	—	lg	segment	
8 Juni	—	—	»	a	—	z	lg	kapje	
23 Juli	—	—	»	a	—	z	lg	segment	
4 Aug.	—	—	»	a	4	z	bg	»	
8 »	—	—	»	a	2	z	lg	»	
9 »	—	—	»	a	3	z	hg	kapje	
20 »	—	—	»	a	3	z	hg	vlammetje	
21 »	—	—	»	a	—	z	lg	segment	
22 »	—	—	»	a	2	z	hg	»	
2 Sept	golf v. Biscaije		»	a	—	w	lg	randje	
1904									
2 Mei	13 0	57 5	Haentjens	a	$\frac{3}{4}$	z	hg	segment	2
3 »	13 15	53 20	v. d. Ven	a	$\frac{1}{2}$	z	hg	»	
4 »	bij Aden		»	a	1	z	hg	streepje	2
5 »	12 57	43 35	»	m	$\frac{1}{2}$	z	hg	segment	
5 »	—	—	»	a	1	z	hg	streepje	
6 »	Aden		»	a	—	l	g	—	
7 »	Aden		»	a	—	l	g	randje	
9 »	12 36	43 41	»	a	$1\frac{1}{4}$	z	g	driehoek en segment	
10 »	16 12	41 31	»	a	30	z	g	rand	3
11 »	20 8	38 46	»	a	—	z	g	segment	
12 »	24 8	36 21	»	a	$\frac{1}{2}$	z	lg	»	
13 »	27 58	33 34	»	a	$\frac{3}{4}$	z	v	»	
14 »	Suezkanaal		»	a	3	l	b	»	
15 »	32 22	29 24	»	a	3	z	g	»	
27 »	45 15	8 0	»	a	$\frac{1}{4}$	z	b	randje	
28 »	49 21	3 45	»	a	—	z	g	—	
17 Oct	28 3	33 30	Kieviet	a	$1\frac{1}{2}$	l	hg	vlekje	
18 »	26 16	34 58	»	m	1	z	hg	»	
18 »	24 32	36 8	»	a	$1\frac{1}{2}$	z	lg	»	
19 »	20 55	28 23	»	a	$\frac{1}{2}$	z	lg	»	
20 »	17 18	40 38	»	a	1	z	lg	streep	
22 »	12 23	44 31	»	a	2	z	lg	vlek	
23 »	12 15	48 29	»	a	$1\frac{1}{2}$	z	hg	»	
30 »	7 10	76 25	»	a	1	z	g	»	
31 »	6 4	79 53	»	a	$\frac{1}{2}$	z	hg	»	
20 Dec	7 4	73 20	»	a	2	z	hg	vlek en punt	
23 »	9 56	61 24	»	a	2	z	dg	vlekje	
25 »	11 44	52 51	»	a	2	z	hg	vlek	
26 »	12 24	48 47	»	a	$\frac{1}{2}$	z	lg	vlekje	
27 »	12 24	44 23	»	a	1	w	lg	streepje	
1905									
3 Jan	31 55	38 50	»	a	$1\frac{1}{2}$	z	g	vlekje	
1908									
25 Febr	—	—	Hoogendijk	a	$1\frac{1}{2}$	z	g	ovaal	
26 »	—	—	»	m	2	z	g	rechth. segment	
27 »	—	—	»	m	1	z	g	»	
27 »	—	—	»	a	1	z	g	»	
28 »	—	—	»	m	$1\frac{1}{2}$	z	lg	driehoek	
28 »	—	—	»	a	$\frac{1}{2}$	z	dg	segment	
29 »	—	—	»	m	$\frac{1}{2}$	z	hg	»	
2 Maart	—	—	»	m	—	—	—	—	
2 »	—	—	»	a	2	l	hg	ovaal	4
6 »	—	—	»	a	2	z	hg	segment	4

* 1 boven de kim. 2 tegenon. 3 groene rand. 4 werd blauw.

Datum	Plaats (Bestek) B. L.	Waar- nemer	O.	T.	K.	Kl.	Vorm	Opm. *
1908								
29 Jan	nabij Damiette	Jager	a	3	z	g	ellips	
30 »	Suezkanaal	»	a	1	l	g	klein	
1 Febr	Roode zee	»	m	$1\frac{1}{2}$	l	g	puntje	
2 »	» »	»	a	3	z	g	ellips	
8 »	golf Aden	»	a	3	z	g	»	
9 »	» »	»	a	2	l	g	»	
10 Maart	Zuidk. Java	»	a	2	z	g	»	
17 »	» »	»	a	3	z	g	»	
18 »	» »	»	a	3	z	g	»	
2 April	Ind. oceaan	»	a	2	z	lg	—	
3 »	» »	»	a	3	z	g	ellips	
4 »	» »	»	a	2	z	lg	—	
5 »	N. v. Soeotora	»	a	2	z	lg	--	
18 »	Middell.zee	»	a	4	z	g	ellips	
22 »	Zuidk. Spanje	»	a	1	l	g	klein	
23 »	Atl. oceaan	»	a	4	z	g	ellips	
6 Jan.	20°12' 38°56'	Zeilinga	a	2	z	g	kistvorm	
8 »	12 25 43 55	»	a	3	l	lg	ovaal	
25 Febr	11 52 52 53	»	a	4	z	g	»	
27 »	14 40 42 15	»	a	1	z	g	streep	
24 April	18 36 39 45	»	a	$1\frac{1}{2}$	z	lg	»	
22 Juni	25 36 35 4	»	a	2	z	g	»	
23 »	27 57 33 34	»	m	1	l	lg	segment	
1903								
26 Jan.	28 35 19 22	Bijl	a	$1\frac{1}{2}$	z	lg	spits segment	
29 »	32 48 20 34	»	m	$1\frac{1}{2}$	z	lg	» »	
30 »	33 15 20 46	»	a	1	z	g	segment	
17 April	22 3 37 45	Broekman	a	$1\frac{1}{2}$	z	g	»	
20 »	— — —	»	a	$1\frac{1}{2}$	z	g	»	
24 »	9 15 67 16	»	a	1	z	dg	—	
17 Maart	21 43 37 55	—	a	4	z	gb	segment	
21 Aug	66 1 10 44	Gallé	a	3	z	b	schijfje	
24 Juli	38 20 9 25	Moesman	a	$4\frac{1}{2}$	—	gb	segment	
6 Aug	28 30 32 40	»	a	$1\frac{1}{2}$	l	g	ovaal	
8 »	18 0 40 0	»	a	5	z	g	straal	3
2 Oct	12 5 50 30	»	a	1	—	g	segment	
27 Mei	25 17 6 46	»	a	—	z	g	»	
9 Juni	0 20 95 0	»	m	3	z	g	puntje	
17 Nov	13 17 51 34	Bultman	a	4	z	gb	segment	
18 »	12 47 46 13	»	a	4	z	g	»	
1904								
20 Jan	11 43 53 37	Brouwer	a	2	z	bg	segment	
21 »	12 12 49 28	»	a	3	z	bg	»	
23 »	14 35 42 25	»	a	$1\frac{1}{2}, 2$	z	gb	—	
22 »	12 25 45 25	»	a	2	z	bg	segment	
24 »	17 48 40 19	»	a	2	z	bg	»	
16 Nov	36 45 0 30	ten Broecke	a	1	z	g	»	1
22 »	Napels	Hoekstra	a	2	z	g	ovaal	1, 2
3 Dec	21 5 38 11	»	a	$1\frac{6}{2}$	z	g	segment	
8 »	12 50 48 37	»	a	$1\frac{1}{2}$	z	lg	»	
1905								
14 Febr	Ind. oceaan	Potjer	a	10	z	g	segment	
1911								
21 Juli	44 30 38 0	Lagaaij	a	—	z	g	straal	
22 »	46 12 32 0	»	a	3,1	z	g	segment, straal	
1905								
9 Aug.	34 0 25 0	Labots	a	2	z	lg	segment	
10 »	32 0 31 12	»	a	3	z	g	»	
11 »	31 30 32 0	»	m	2	z	lg	»	
10 Sept	31 0 32 0	»	a	1	l	b	»	
14 »	39 0 13 0	»	a	2	z	lg	»	
23 Juli	25 48 35 11	»	a	$1\frac{3}{4}$	z	hg	»	2
28 Aug	21 35 37 52	Harten	a	2	l	bg	streepje	

* 1 vrij van de kim. 2 tegenzon. 3 segment 2 sec.

Datum	Plaats (Bestek)		Waar- nemer	O.	T.	T.	Kl.	Vorm	Opm. *
	B.	L.							
10 Nov.	15°19'	41°54'	Harten	a	1	z	lg	segment	
11 »	18 38	39 42	»	a	2	z	b	»	
17 »	Midd. zee		»	m	2	z	bg	»	
19 »	36 48	18 45	»	a	2 $\frac{1}{2}$	z	lg	»	
5 Sept	37 50	11 50	—	a	2	z	hg	»	
8 »	30 25	25 23	—	a	1 $\frac{1}{2}$	z	lg	stip	1
21 Dec	12 25	45 45	—	a	1 $\frac{1}{2}$	z	hg	segment	
—	23 30	36 40	Harten	a	2	—	hg	»	
6 Juni 1906	22 11	37 14	Riedel	a	1	z	gb	trapezium	
23 Juni	31 40	31 56	van Wijk	a	2	z	g	segment	
24 »	Bittermeer		»	a	5	l	lg	»	2
25 Juli	6 23	110 47	»	a	2	z	g	»	
21 Sept	24 41	36 7	»	a	2	zl	g	rechthoek	
22 »	27 51	33 44	»	a	1	l	g	segment	
17 Juli	—	—	Versteeg	a	2	z	—	»	
22 »	—	—	»	a	1 $\frac{1}{2}$	z	hg	segment, ellips	
25 Aug.	—	—	»	a	4	z	g	schijfje	3
16 Sept	—	—	»	a	2	z	hg	cirkel	
16 »	—	—	»	a	2	z	g	schijfje	3
1907									
13 Mei	12 23	43 27	Groot	a	—	z	lg	vlekje	
25 Juli	23 49	36 30	»	a	2 $\frac{1}{2}$	z	hg	segment	
26 »	27 10	39 10	»	a	4	l	lg	vlekje	
15 Sept	12 14	48 13	—	a	2	z	lg	segment	
—	—	—	Teensma	a	6	z	dg	—	
—	—	—	»	a	3	z	dg	—	
—	—	—	»	a	3	z	g	—	
—	—	—	»	a	—	z	lg	segment	
—	—	—	»	a	5	z	lg	»	
1908									
8 Febr	41 50	9 40	Schröter	a	1 $\frac{1}{2}$	z	lg	segment	
11 Juli	18 49	39 46	Bakker	a	—	z	g	»	3×
1909									
13 Maart	13 5	1 59	Schoehuizen	a	2	z	g	vlammetjes	
22 »	34 15	24 58	»	a	1	z	g	klein segment	
26 »	28 29	40 22	»	a	1	z	g	ovaaltje	
28 »	24 40	47 58	»	a	2	z	lg	segment	
29 Juni	41 26	9 46	»	a	3	z	lg	»	
6 Nov.	23 52	36 57	—	a	3	—	g	—	
15 »	9 20	6 6	Klijn	m	3 $\frac{1}{4}$	z	g	segment	
15 »	9 45	63 11	»	a	—	w	lg	—	
18 »	12 20	54 7	»	m	—	z	g	plek	
18 »	—	—	»	a	—	z	b	segment	
20 »	—	—	»	m	1 $\frac{1}{4}$	z	g	»	
31 Juli	25 0	36 0	Rommel	a	1 $\frac{1}{2}$	z	dg	»	4
1 Aug.	21 30	38 0	»	a	1	z	g	»	
1906									
16 Mei	35 50	15 10	—	a	3	z	lg	bundel	
25 »	14 56	42 0	Rommel	a	2	z	dg	segment	
—	12 30	69 18	Monceau	a	2 $\frac{1}{2}$	z	g	»	
—	16 1	71 18	»	a	2	z	lg	»	
1905									
18 Juli	23 30	36 24	—	a	1 $\frac{1}{4}$	z	lg	segment	
19 »	16 42	40 42	Monceau	a	2	z	g	onregelmatig	
21 »	12 24	49 0	»	a	1 $\frac{1}{2}$	z	g	segment	
24 »	8 5	64 12	»	a	2	z	lg	»	
15 Sept	23 12	36 42	»	a	2 $\frac{1}{2}$	z	g	—	
1909									
31 Dec	17 42	40 18	Hoogendijk	a	—	—	g	segment	
1910									
2 Jan	12 24	44 36	»	a	—	—	bg	segment	
5 »	11 18	55 18	»	a	2 $\frac{1}{2}$	z	lg	»	
10 »	7 36	74 42	»	a	3 $\frac{1}{2}$	z	g	ovaal	
11 »	6 18	78 42	»	a	1 $\frac{1}{2}$	z	hg	ellips	

* 1 tegenzon. 2 tijd vanaf begin verkleuring. 3 Venus. 4 uitschietende bundel.

4^E LIJST.

Waarnemingen van Havinga.

(De kolom O. is hier weggelaten).

Datum	Plaats(Bestek)		K.	Kl.	V.		Vorm	Omschrijving.
	B.	L.			Rel.	Abs.		
1e reis	12 Juli—15		October 1902					
25 Juli	40°12'	11°56'	—	—	78	19.3	—	geen groene straal.
26 »	37 32	16 44	—	—	73	20.8	—	» » »
27 »	35 27	21 48	—	—	57	16.1	—	» » »
28 »	33 37	26 53	—	—	86	20.0	—	» » »
31 »	26 36	34 42	—	—	84	27.1	—	» » »
1 Aug	22 37	37 15	z	lg	73	26.0	segment	1 sec.
2 »	18 30	39 35	—	—	70	25.7	—	geen groene straal.
3 »	14 23	42 33	—	—	74	27.9	—	» » »
8 »	—	—	—	—	79	22.5	—	» » »
9 »	—	—	—	—	81	22.6	—	» » »
12 Sept	eil. Pandang		—	—	80	23.1	—	» » »
14 »	1 8	90 50	—	—	74	21.9	—	» » »
15 »	1 24	85 40	z	lg	78	22.6	—	2½ sec. 2 × waargen.
16 »	1 8	80 30	w	—	80	22.5	—	erg zwak.
19 »	1 1	65 56	—	—	70	21.5	—	geen groene straal.
20 »	3 22	61 39	—	—	73	21.6	—	» » »
21 »	5 31	57 40	—	—	75	21.7	—	» » »
22 »	8 19	53 33	—	—	90	22.0	—	» » »
23 »	12 0	51 0	—	—	75	21.4	—	» » »
24 »	12 23	46 0	z	—	80	26.0	—	vlammetje, erg zwak.
26 »	17 52	40 8	—	—	74	25.2	—	geen groene straal.
27 »	21 27	37 49	—	—	80	25.0	—	» » »
28 »	25 12	35 22	1 6'	—	77	22.3	—	—
29 »	28 29	32 52	—	—	72	19.1	—	geen groene straal.
30 »	Port Said.		l	g	—	—	segment	links eerst.
1 Oct	32 13	30 24	w	—	80	18.5	—	zeer flauw.
2 »	34 8	25 34	—	—	84	19.8	—	geen groene straal.
2e reis	29 November—12 Februari 1903.							
29 Nov	37 52	15 50	l	b	69	9.8	segment	2½ sec.
5 Dec	23 56	36 23	z, l	lg	74	17.6	—	schapewolkjes.
6 »	19 52	38 52	z	lg	74	22.3	segment	1 sec.
7 »	15 50	41 30	z	lg	68	19.7	»	1 sec.
8 »	Z.O. v. Perim.		1 25'	lg	68	17.5	»	klein
9 »	12 16	47 53	z	bg	66	17.1	»	—
10 »	11 25	52 19	w	lg	63	15.1	—	2 × achter wolk.
11 »	9 25	56 22	z	lg	76	18.8	—	2 × door slingeren.
12 »	7 27	60 31	w	b	85	22.7	segment	2 × achter wolk, segm. in de kim.
13 »	5 47	64 58	z	lg; b	77	21.3	segment	onder g, boven b.
16 »	1 50	78 25	zw	lb	80	24.4	—	rechtsch hoekje.
18 Jan	3 1	90 23	w	lb	86	22.8	segment	klein.
20 »	—	—	—	—	86	23.1	—	geen groene straal.
21 »	6 58	75 53	w 10'	g	77	21.3	—	zeer flauw.
22 »	8 27	70 50	z	lg	82	23.0	—	¼ sec zeer flauw.
27 »	12 20	46 21	—	—	79	18.9	—	geen groene straal.
28 »	13 48	42 53	w 1½°	lg	85	21.1	—	slechts even.
29 »	17 40	40 16	w 1½°	lb	74	17.2	—	» »
30 »	21 30	37 42	z	lg	58	11.4	—	lange duur.
31 »	25 15	35 37	w, l 5'	lb	47	8.5	—	2 ×.
1 Febr	28 58	32 49	l 1°50'	lg	62	9.5	rand	—
3 »	33 10	28 13	w 42'	b	80	11.9	—	boven wolken in opening
6 »	39 2	14 20	z, w 1°7'	lg	61	6.6	—	eenige malen achter wolk, dan in de kim.
7 »	str. Bonifacio		w	lg	85	9.0	—	boven wolk en in openingen.
8 »	42 45	4 40	z	lb	73	7.9	segment	grootte 3'.
9 »	39 2	0 50	1 30'	lb	78	8.4	»	—

Datum	Plaats (Bestek)		K.	Kl.	V.		Vorm	Omschrijving.
	B.	L.			Rel.	Abs.		
10 Febr	36°29'	4° 2'	w	lg	75	9.1	—	2 × flauw.
11 »	37 30	9 9	—	—	66	9.1	—	geen groene straal.
12 »	42 10	9 32	—	—	86	9.1	—	» » »
3e reis	30 Mei—29 Augustus 1903							
10 Juni	Marseille.		w	lg	—	—	—	flauw tintje.
11 »	42 20	6 52	—	—	87	13.4	—	geen groene straal.
15 »	32 32	30 18	—	—	84	16.6	—	» » »
17 »	27 35	33 50	130'	lg	68	17.8	segment	—
18 »	23 10	36 48	—	—	77	22.2	—	geen groene straal.
19 »	18 30	39 48	—	—	71	23.3	—	» » »
20 »	13 45	42 54	130'	lg	80	27.9	segment	—
21 »	12 23	46 45	—	—	76	25.3	—	geen groene straal.
22 »	—	—	—	—	84	20.6	—	» » »
2 Juli	3 0	101 15	z	v	71	20.0	streepje	een moment.
8 »	Tandj. Priok		l	lg	—	—	—	tintje.
13 »	0 40	110 30	w	lg	—	—	—	slechts eenmaal.
16 »	Soerabaija		l	lg	—	—	—	zon rood.
17 »	»		l	lg	—	—	—	» »
18 »	»		l	lg	—	—	—	» »
29 »	5 58	104 54	110'	lg	—	—	segment	—
10 Aug	11 20	51 20	—	—	73	19.1	—	geen groene straal.
12 »	14 35	42 20	—	—	70	24.9	—	» » »
14 »	23 50	36 37	—	—	74	22.2	—	» » »
15 »	29 0	32 45	132'	lg	63	18.7	segment	—
16 »	Suezkanaal		l	lg	—	—	»	—
17 »	32 56	29 5	z	lg	75	19.3	»	—
18 »	35 15	23 23	z	lg	80	19.0	streep	1'
19 »	37 20	17 30	z	lg	92	22.1	—	zon lichtrood.
20 »	40 16	11 50	w, z	lg	72	14.4	segment	2 × wolk, toen kim.
21 »	Toulon		—	—	91	15.9	—	geen groene straal.
22 »	Marseille		l	lg	—	—	—	opkomst.
27 »	44 20	8 25	z	lg	78	12.0	segment	—
4e reis	18 September—18 December 1903							
25 Sept	46 24	7 24	w, z	b, g	87	12.7	—	blauw achter wolk.
26 »	41 48	9 25	—	—	83	12.8	—	geen groene straal.
27 »	st. Vincent		w	b	89	14.3	plekje	—
28 »	kaap Gata		w	b	70	14.5	streep	2 ×
29 »	40 30	2 15	—	—	75	15.3	—	geen groene straal.
30 »	Marseille		w	b	—	—	streep	3 ×
1 Oct	42 45	6 15	—	—	90	16.1	—	geen groene straal.
3 »	37 7	18 0	z	lg	69	14.4	segment	tegenzon.
4 »	35 0	24 10	w	b; lg	64	13.2	—	2 × afsnijdingen.
5 »	32 40	30 0	z	lg	72	15.0	segment	afsn. tegenzon.
6 »	Suezkanaal		l	g	—	—	»	afsn.
7 »	golf v. Suez		l	db	73	17.4	»	—
8 »	23 10	36 50	z	lg	81	22.6	»	afsn. tegenzon.
9 »	18 24	40 0	w 30'	lg	78	23.9	»	» »
11 »	12 15	47 10	—	—	64	20.0	—	geen groene straal.
12 »	11 36	52 25	—	—	85	21.5	—	» » »
14 »	9 3	63 25	w	lb	73	18.7	—	2 ×
3 Nov	Djapara geb.		—	—	—	—	—	geen groene straal.
25 »	7 23	75 14	w	b	68	18.0	segment	3 ×, afsn.
26 »	9 5	69 50	—	—	70	18.5	—	geen groene straal.
27 »	10 30	64 30	w, z	lg	65	16.7	—	2 × achter wolk. Dank kim.
28 »	11 15	59 0	w, z	gb; lg	73	18.3	—	g. b. wolk; l. g. kim.
29 »	k. Guardafui		z	gb	63	14.3	segment	afsn. tegenzon.
30 »	12 26	47 20	z	g; b; v.	66	15.8	»	b. segm. g. afsn. tegenzon.
1 Dec	bij Mokka		l	b; g; lg	75	19.3	»	tegenzon. afsn.
2 »	17 46	40 20	—	—	58	16.4	—	geen groene straal.
3 »	22 15	37 28	150'	lb	48	12.3	—	stukjes; afsnijd.
4 »	26 44	34 33	126'	b; v; bg	56	11.6	segment	afsn. tegenzon.
6 »	32 12	30 38	z, w	lb	66	10.5	»	» »

Datum	Plaats (Bestek)		K.	Kl.	V.		Vorm	Omschrijving.
	B.	L.			Rel.	Abs.		
8 Dec	36°44'	19°19'	w	b; lg	61	8.0	—	b. boven wolk; g. in openingen.
5e reis	9 Januari—7 April 1904							
17 Jan	k. Gata		w, z	lb	50	5.6	—	afsn. tegenzon.
18 »	40 20 1 36		z	db	63	6.4	segment	—
23 »	37 15 17 42		w 82'	db	73	7.7	»	—
25 »	Midd. zee		w, z	lg	73	8.5	»	en ellips. tegenzon.
28 »	23 22 36 40		z	lg	77	16.3	ellips	tegenzon.
29 »	18 55 39 40		—	—	80	19.9	—	geen groene straal.
30 »	14 44 42 19		—	—	71	17.2	—	» » »
31 »	12 27 45 34		z	lg	73	15.9	ellips	afsn. tegenzon.
1 Febr	12 5 50 54		z	lb	73	15.2	—	afsn. tegenzon.
2 »	11 12 56 22		w, z	lb; g	69	15.7	»	b. wolk; g. afsn. en ellips. tegenzon.
4 »	9 12 66 51		w, z	lg	72	18.1	—	—
5 »	7 50 72 12		w, z	lg	68	17.6	—	—
6 »	4 1 81 42		w, z	lb; lg	61	14.9	segment	afsn. b; segm. g. tegenzon.
9 »	1 0 91 25		—	—	75	19.9	—	geen groene straal.
10 »	0 20 96 20		z	lg	65	17.2	stukje	tegenzon.
12 »	4 41 101 57		z	lb; g; b	—	—	segment	b. afsn. g. en b. segment.
9 Maart	str. Soenda		w	lg	—	—	—	klein.
10 »	2 20 100 40		z	lb	—	—	segment	afsn. tegenzon.
15 »	6 43 77 25		w	lb	73	20.8	stukjes	—
16 »	8 0 72 28		z	lg	72	19.7	ellips	tegenzon.
18 »	10 45 61 20		w	lg	72	18.6	—	3 ×
19 »	11 45 55 25		z	lg	75	18.2	ellips	afsn. tegenzon.
20 »	12 15 49 55		w	lg	80	18.9	stukjes	—
21 »	12 25 44 0		z	lg	71	20.0	ellips	afsn. tegenzon.
22 »	16 15 41 18		w	lg	67	20.4	—	alleen afsnijd.
24 »	25 19 35 38		z	g; b	54	9.4	ellips	afsn. tegenzon.
25 »	29 48 32 32		l	hg	—	—	—	—
26 »	Suezkanaal		l	lg	—	—	ellips	afsn. tegenzon.
31 »	42 25 7 50		z	lb	44	4.8	segment	—
2 April	k. Palos		180'	lg	82	9.8	—	—
4 »	40 43 9 22		w	lg	79	9.2	—	alleen afsn.
5 »	45 30 7 25		z	hg	74	7.3	segment	afsn.
6e reis	30 April—30 Juli 1904							
7 Mei	36 18 6 51		w	hg	63	9.7	—	alleen afsn. tegenzon.
12 »	42 29 6 42		w, z	lb	75	10.9	—	» » »
13 »	39 54 12 5		z	bg; dg	77	11.3	ellips	b.g. afsn.; d.g. ellips. tegenzon.
14 »	37 11 17 54		w	lg	74	11.3	—	2 ×
16 »	32 46 29 22		w	g	57	10.2	—	afsn. laatste stukje.
18 »	27 31 34 3		l	g; b; v	60	13.3	segment	afsn. g; b. segm. b; v.
19 »	23 6 37 2		z	lg; lb	67	17.1	»	afsn. l.g.; segment l.b.
20 »	18 35 39 40		w	hg; lg	87	24.2	—	afsn. steeds lichter.
21 »	bij Abu Ailo		w	hg; lg	76	23.0	—	afsn.
23 »	12 3 50 56		w, z	lg	76	21.0	segment	2 × wolk; kim.
24 »	10 58 56 2		z	lb; db	76	21.9	»	rood bij verschijnen achter wolk.
26 »	8 26 66 34		—	—	74	22.8	—	geen groene straal.
28 »	6 7 76 45		w	b	86	23.3	—	1 afsn.
3 Juni	bij Benkoelen		z	b; v	—	—	ellips	1 afsn. tegenzon.
11 »	Semarang		z	lb; lg	—	—	»	afsn. l.b.; ellips l.g. tegenzon.
12 »	bij Mandalika		z	lg	—	—	»	»
14 »	Soerabaija		w	gb	—	—	—	afsn.
15 »	»		131'	lg	—	—	—	opkomst. stukjes.
15 »	»		116'	lb; lg	—	—	segment	afsn. l.b.; segment l.g.
16 »	»		116'	lg	—	—	»	afsn.
17 »	»		w, l	lg	—	—	—	—

Datum	Plaats (Bestek)		K.	Kl.	V.		Vorm	Omschrijving.
	B.	L.			Rel.	Abs.		
18 Juni	Soerabaija		w 52'	lb; lg	—	—	—	afsn. l.b.; dan l.g.
20 »	»		w	lb; lg	—	—	segment	3 × l.b.; 1 × l.g. segm.
23 »	Semarang		z	hg; b	—	—	»	afsn. h.g.; segm. h.g. dan b. tegenzon.
2 Juli	1°10' 94°32'		w	bg; lg	71	20.2	—	afsn. 2 × b; 1 × g.
3 »	1 37 85 45		z	lb	71	19.3	ellips	afsn. tegenzon.
4 »	1 46 84 29		w	lg	74	20.0	—	afsn. in wolk.
5 »	1 39 78 35		w 35'	lg	73	19.8	—	op 4 plaatsen.
9 »	2 55 57 14		w 70'	lg	66	16.9	—	2 ×
11 »	bij Ras Hafun		—	—	78	15.4	—	geen groene straal.
12 »	golf v. Aden		—	—	68	22.2	—	» » »
13 »	bij Mokka		—	—	70	23.5	—	» » »
14 »	17 36 40 20		—	—	63	21.3	—	» » »
15 »	21 55 38 50		w	lg	65	20.2	—	2 ×
16 »	25 54 35 4		z	lg; lb	73	20.2	—	afsn.
18 »	31 46 32 5		w, z	lg	69	16.2	ellips	afsn. tegenzon.
19 »	34 0 26 10		z	lg	83	19.3	»	» »
20 »	36 15 20 30		—	—	80	20.1	—	geen groene straal.
21 »	Liparische eill.		—	—	75	20.2	—	» » »
22 »	Corsica		z	lg; hg	68	18.0	segment	afsn. l.g.; segm. h.g.
24 »	k. Antonio		w, l	lg	85	21.6	—	afsn.; achter berg.
25 »	26 26 4 42		1 128'	lg	69	12.3	segment	afsn.; segm. 2 ×
26 »	k. Espichel		—	—	80	13.7	—	geen groene straal.
27 »	43 41 8 55		w 105'	hg	78	13.5	—	afsn.
7e reis	20 Augustus—19 November	1904						
25 Aug	45 6 8 9		w, z	hg; b	61	8.7	segment	afsn. en segment. g. achter wolk; dan b. achter kim, tegenz.
29 »	40 8 1 35		—	—	80	18.6	—	geen groene straal.
31 »	Marseille		172'	lg	—	—	segment	afsn.
1 Sept	42 38 6 24		z	lg	68	11.9	—	»
2 »	40 0 12 15		—	—	63	12.6	—	geen groene straal.
3 »	37 13 17 42		w, z	lg	69	15.9	—	afsn.
4 »	eil. Gaodo		—	—	81	17.5	—	geen groene straal.
5 »	32 56 29 18		w, z	lg	75	17.3	—	2 × wolk; kim. tegenz.
6 »	Suezkanaal		l	lg	—	—	ellips	2 ×; afsn. tegenzon.
7 »	golf v. Suez		1 180'	hg	66	17.6	—	bij verdw. en versch. van den bovenrand.
8 »	23 28 36 39		w, z	b; lg	85	23.2	—	afsn. b; dan g.
9 »	18 50 39 27		—	—	80	23.6	—	geen groene straal.
11 »	12 27 45 41		w 65'	lg	87	26.8	streep	—
12 »	11 58 51 5		z	lg	84	18.0	segment	afsn.
19 »	3 18 87 32		—	—	76	19.7	—	geen groene straal.
20 »	1 24 92 35		z	bg; lg	77	20.9	segment	afsn. b.g; segm. l. g.
23 Oct.	2 55 88 40		w	lg	81	21.4	—	afsn.
25 »	6 22 78 54		—	—	75	19.9	—	geen groene straal.
30 »	11 55 53 6		z	lg	76	19.0	ellips	afsn. tegenzon.
31 »	12 32 47 32		z	gb	73	19.8	»	» »
1 Nov	bij Jebel Sukur		z	v, g	65	18.1	»	achter wolk v; afsn. en ellips g.
2 »	18 49 39 46		z	g	67	21.3	ellips	afsnijd. tegenzon.
3 »	23 18 36 47		w 10'	b; v; lg	78	20.1	—	laatste stukje g.
4 »	bij Stradwan		l	lg	47	11.0	—	—
6 »	32 30 30 17		w	lb; db	59	10.7	—	tegenzon.
7 »	34 45 24 36		w, z	g; b; lg	60	10.0	ellips	afsn. g; wolk b; kim l.g. tegenzon.
8 »	36 54 18 54		w 30'	db	72	12.2	—	2 plekjes.
9 »	39 22 13 27		w, z	b; g, b; lg	60	8.5	ellips	b. achter wolk; afsn. g.b.—l.g. tegenzon.
11 »	42 47 4 30		z	lg	75	10.6	segment	afsn. Onder segm. rood streepje.
13 »	Gibraltar		z	lg	84	13.4	»	afsn.

Datum	Plaats (Bestek)		K.	Kl.	V.		Vorm	Omschrijving.
	B.	L.			Rel.	Abs.		
8e reis	10 December		10 Maart	1904—'05				
26 Dec	33°22'	28°30'	w 16'	lg; b; v	54	7.0	segment	afsn. l.g.—g.b. segm. b.—v.
28 »	29 15	32 44	1 101'	lg; hg	41	6.4	»	—
29 »	24 30	36 0	1 16'	lg; gb	64	12.3	»	afsn. l.g.; segm. g.b.
31 »	15 53	41 38	w, z	hg; lg	81	19.5	—	afsn.
1 Jan	12 24	44 26	z	lb; db	73	16.6	segment	afsn. l.b. segm. d.b. tegenzon.
2 »	12 10	49 30	z	lg; b; db	69	15.4	»	afsn. l.g.—l.b. segm. d. b. tegenzon.
10 »	1 59	87 37	w	hg	75	20.1	—	stukjes.
12 »	0 23	97 22	w 60'	bg	80	20.6	—	»
14 »	3 8	101 24	w	db; v	—	—	—	»
15 »	str. Soenda		w 10'	g; gb; lb	—	—	segment	afsn. g.—g. b. segm. b.
14 Febr	6 30	78 25	w 8'	hg; lb	77	19.7	—	afsn.
15 »	7 46	73 3	w 16'	lg	77	20.4	—	»
16 »	8 56	67 28	w, z	lb; lg	73	18.0	segment	wolk. l.b.—l.g. segment l.g. tegenzon.
17 »	10 19	62 44	w	lb	64	14.6	—	—
18 »	11 23	57 32	w, z	hg; dg	61	14.2	ellips	wolk h.g; ell. d.g; tegenzon.
19 »	12 4	52 8	w, z	g; gb	63	14.5	»	wolk. h.g. ell. g.b. tegenzon.
20 »	12 32	46 23	z	b; gb; g	70	16.2	segment	afsnijd. b.—g. segm. g. tegenzon.
21 »	bij Jebel Zuhur		z	lb; g; lg	83	19.8	»	afsnijd. 2 segm.
22 »	18 38	39 42	w	hg	74	15.9	—	—
23 »	22 50	37 3	z	g; gb	59	11.3	ellips	afsn. g.—g. b. segment. b. tegenzon.
24 »	bij Straduan		1 35'	lb	51	7.9	—	stukjes.
25 »	Suezkanaal		1	gb	—	—	segment	afsnijd.
26 »	Port Said		1	hg	68	9.1	»	opkomst.
27 »	bij Gadoo		w, z	lb; db; v	64	7.8	»	tegenzon.
28 »	37 0	18 40	w, z	lg	66	7.1	ellips	»
1 Maart	39 45	13 56	w, z	lb; lg	71	8.2	—	wolk. l.b. afsn. l.g.
2 »	43 0	8 25	w	lb	71	6.5	—	afsn.
4 »	37 55	0 8	w, 1 21'	lb	47	5.0	—	»
6 »	k. Carvaciera		w	lg	80	8.7	—	»
9e reis	1 April—30 Juni		1905					
7 April	41 0	9 55	w 45'	hg; gb	85	11.4	—	afsn.
12 »	Marseille		1 32'	b	—	—	—	»
13 »	42 35	6 33	z	gb; lg	92	11.2	—	»
15 »	37 10	17 54	w, z	lb; lg	85	11.4	ellips	afsn. l.b.—l.g. ell. l.g. tegenzon.
16 »	bij Gaodo		z	hg	81	11.1	»	afsn. tegenzon.
19 »	27 58	33 35	1 65'	lg	65	16.6	streep	—
26 »	10 6	61 45	w, z	db; v	65	16.9	ellips	afsn. d.b.—v. ell. v. tegenzon.
29 »	6 7	77 0	w, z	b; v	78	22.5	ellips	tegenzon.
30 »	4 36	82 2	w	hg; lb	79	22.1	—	—
3 Juni	0 55	93 47	z	lg; v	72	20.3	ellips	afsn. l.g. ell. l.g. en v. tegenzon.
4 »	1 33	88 30	w	lg	74	20.4	—	afsn.
5 »	1 52	83 8	w, z	lb; gb	75	20.1	ellips	wolk. l.b. ell. g.b. tegenzon.
9 »	0 18	62 40	w	lg	76	20.4	—	laatste stukje.
11 »	5 10	54 0	z	lg	85	23.2	streep	—
12 »	k. Guardafui		1	g	86	21.0	—	onderg. v. de maan.
13 »	12 16	47 37	z	gb; lg	74	24.8	segment	afsn. g.b. segm. l.g.
15 »	17 12	40 47	w 30'	hg; lg	82	26.1	—	afsn.
16 »	21 33	37 52	w 30'	hg; lg	81	24.3	—	»
17 »	26 3	35 3	z	hg; lg	75	20.1	—	»

Datum	Plaats (Bestek)		K.	Kl.	V.		Vorm	Omschrijving.
	B.	L.			Rel.	Abs.		
18 Juni	Suezkanaal		l	lg; lb	—	—	segment	eerst l.g. dan l.b.
19 »	31 55	31 17	z	gb; g	84	17.3	ellips	afsn. g.b.—l.g. ell. l.g. tegenzon.
20 »	34 20	25 32	z	g	90	18.1	»	afsn. tegenzon.
21 »	36 38	19 20	w	b; v	81	14.8	—	laatste stukjes.
22 »	39 14	13 46	w, z	b; hg	76	15.9	segment	afsn. en wolk b. dan afsn. en ell. g. rood onder de kim.
23 »	42 8	7 30	w 30'	lg	94	17.8	—	afsn.
24 »	41 45	3 36	1 45'	hg	80	14.6	—	afsn. stukjes.
25 »	k. Palos		l	lb	90	17.5	—	4 X.
27 »	40 30	9 30	z	hg; b; v	87	13.6	ellips	afsn. l.g.—l.b. ell l.b.— —v. tegenz.
10e reis 22 Juli—21 October 1905								
24 Juli	Southampton		1 27'	b	—	—	segment	afsn.
28 »	40 22	9 58	z	hg; lg	91	16.0	—	afsn. h.g.—l.g.
3 Aug	42 25	6 46	z	lb	73	16.5	ellips	afsn. tegenzon.
4 »	39 50	12 20	z	lg	73	18.2	»	»
5 »	37 20	17 22	—	—	75	20.1	—	geen groene straal.
6 »	35 20	23 2	z	lg	89	22.7	—	afsn.
7 »	33 3	28 22	z	lg	78	21.9	—	»
9 »	28 50	32 53	1 46'	lb; db; v	65	20.0	segment	afsn. segm. d.b.—v.
10 »	24 6	36 14	z	lg	80	26.7	—	afsn.
14 »	k. Guardafui		z	lg	80	18.5	—	1 afsn.
15 »	10 25	57 10	w	lg	79	19.5	—	achter wolk.
16 »	9 18	62 20	w 15'	lg	79	20.4	—	2 stukjes.
31 »	Tandj. Priok		z	lg	—	—	ellips	afsn. tegenzon.
2 Sept	Pekalongan		w, z	lg	—	—	—	stukje.
14 »	—		—	—	—	—	—	—
20 »	VlakkenHoek		w	lg	—	—	—	2 X achter wolk.
23 »	1 8	93 7	w	lb	77	20.9	hoekje	afsn.
25 »	3 46	82 58	z	lb	80	21.9	segment	»
28 »	8 20	68 28	w	lb; hg	72	19.7	—	bij verdwijnen.
29 »	9 40	63 5	w, z	lg	74	20.0	ellips	tegenzon.
30 »	10 15	57 57	w, z	lb; lg; v	72	19.2	»	wolk l.b.—v. ell. l.g. tegenzon.
1 Oct	11 48	53 3	w	hg	87	21.9	segment	afsn.
2 »	12 29	47 50	z	gb; b; v	74	20.9	ellips	afsn. g.b. ell. b. en v. tegenzon.
3 »	Jebel Zuhur		1 48'	lg	65	22.0	—	stukje.
4 »	16 40	41 2	z	lb; lg; bg	76	25.0	ellips	afsn. l.b. ell. g. tegenzon.
5 »	22 55	37 10	z	lb; db	80	25.0	segment	afsn. l.b. segm. b. tegenz.
6 »	Stradwan		1 48'	b	68	20.2	—	stukjes.
7 »	Suez		1 174'	lg	—	—	streepje	—
9 »	»		1 67'	hg	—	—	segment	opkomst.
10 »	Damiette		z	lb; db; v	80	19.0	ellips	afsnijd. b. ell. b; v. tegenzon.
15 »	Marseille		z	lb; lg	64	8.1	ellips	afsn. l.b. ell. l.g. tegenzon.
16 »	k. Antonio		1 52'	db; v	62	11.3	—	stukje.
18 »	k. Roca		w	hg; lg	81	12.7	—	—
20 »	Ouessant		w	gb; lg	58	5.9	—	afsn.

5^E LIJST. Later bekend geworden waarnemingen, enz.
Groene straal van Venus en Maan.

Datum.	Plaats (Bestek) B. L.	K.	T.	Waarnemer	Kl.	Opmerkingen.
23 Febr '21	Colombo	z	1 $\frac{1}{2}$	Voûte	bg	—
24 »	»	z	1 $\frac{1}{2}$, 2	»	b; v	—
25 »	—	z	2, 1 $\frac{1}{2}$	»	b; gb	—
26 »	—	w	1, 1	»	b; gb	—
27 »	—	z	1 $\frac{1}{2}$	»	v; b	—
1 Maart	—	z	—	»	bg	opkomst
1 »	—	z	2 $\frac{1}{2}$, 1	»	b; g	—
2 »	—	z	—	»	b; bg	—
3 »	—	w	—	»	b; bg	opkomst
3 »	Perim.	z	2 $\frac{1}{2}$, 1	»	b; bg	—
4 »	Abu eil.	w, l	—	»	bg	opkomst
5 »	—	z	7, 1 $\frac{1}{2}$	»	g; bg	—
7 »	golf v. Suez	l	1 $\frac{1}{2}$	»	v	—
12 »	Midd. zee	—	—	»	bg	opkomst
13 »	—	z	—	»	bg	—
14 »	—	z	—	»	gb	—
15 »	Z. v. Spanje	z	1 $\frac{1}{2}$	»	gb	opkomst
15 »	str. Gibraltar	z	5, 2, 1	»	gb; b	—
6 April '08	Cuba	z	—	v. Asbeck	g	—
3 Aug '10	Helder	z	—	»	g	—
29 Juni '02	45°44' 37° 5'	—	—	Terkuhle	g	vonk Venus
11 Febr '04	12 17 50 50	z	$\frac{3}{4}$	Soomer	lg	streep »
25 Aug '06	— —	z	4	Versteeg	g	schijfje »
16 Sept '06	— —	z	2	»	g	» »
26 Nov. '04	golf v. Suez	z	—	Wessels	lg	» »
16 April '05	» » »	z	—	»	lg	» »
4 Oct '06	— —	—	1	—	g	schijfje »
4 Jan '16	26 24 34 36	—	5	Tjalsma	g	» »
20 Nov '15	20 12 47 6	—	$\frac{1}{4}$	v. Dijck	g	» »
9 Mei '16	37 0 3 30	—	—	»	g	» »
1 Juni '16	26 48 86 48	—	—	Koorn	g	» »
22 Nov. '04	12 17 43 48	—	—	Wessels	g	segm. Maan
25 » '04	— —	—	—	»	g	puntje »
12 Juni '05	k. Guardafui	z	—	Havinga	g	streep »
3 Mei '04	1 30 100 20	—	—	Kösting	—	» »

HOOFDSTUK II.

Atmosferische Straalbreking.

§ 5. Inleiding. Theorie van Julius. Onderzoek van Danjon.

Beschouw ik in het volgende den groenen straal als een verschijnsel, dat berust op dispersie door atmosferische breking, dan is het gewenscht deze breking in en bij de kim nader te onderzoeken. Daarnaast zullen twee factoren, de absorptie en de diffuse

verspreiding van licht in de atmosfeer een rol spelen. Dit verschijnsel wil ik in een volgend hoofdstuk behandelen.

In het tijdperk 1870 tot heden, hetwelk in het vorig hoofdstuk werd overzien, treffen we een aantal berekeningen aan over den duur van het verschijnsel, in de veronderstelling, dat het zonder bijzondere vervorming verloopt.

De meeste ervan worden door Mulder geciteerd. Als eerste en voor de geschiedenis zeker meest belangrijke beschouwing wordt genoemd het artikel van W. H. Julius [Arch. Neerl. 2 6 385 (1901)]. Na een inleiding, die het verschijnsel beschrijft, zegt Julius: „La première explication, qui s'offre à l'esprit, c'est que le „rayon vert résulte de la dispersion qui accompagne nécessairement „la réfraction astronomique. C'est l'explication donnée par Sohncke, „Schülke, Ekama et par d'autres encore. Elle présente pourtant „quelques difficultés. D'après les tables de Bessel la déviation, „produite par la réfraction dans l'atmosphère terrestre, atteint la „valeur:

$$34'54''.1 = 2094''$$

„tout près de l'horizon et

$$5'16''.5 = 316''.5$$

„à une hauteur de 10'.

„L'indice de réfraction de l'air est:

$$n_D = 1.00029289.$$

„la dispersion:

$$n_F - n_C = 0.00000295.$$

„d'ou une dispersion relative moyenne:

$$\frac{n_F - n_C}{n_D - 1} = \frac{1}{99}$$

„Les rayons violets et bleus sont fortement absorbés par l'atmosphère. Si nous évaluons la longueur de la partie verte du spectre, „augmentée de ce qu'il reste du bleu, à la moitié de la distance entre „les lignes F et C, cette region verte-bleue ne comprendra que 0.005 „de la déviation totale, subie par les rayons moyens. Ainsi, près de „l'horizon on pourra s'attendre à voir le soleil limité par un bord „vert bleuâtre de $\frac{2094''}{200} = 10''$ de largeur; à une hauteur de 10° au „dessus de l'horizon la largeur de la bande colorée ne serait „que 1''.6.

„Cette évaluation s'accorde avec le fait connu, qu'il faut une „lunette assez forte pour reconnaître la coloration des bords d'un „astre près de l'horizon. Or, sous les tropiques le soleil couchant

„descend 15" d'arc par seconde de temps, de sorte que la lumière „verte ne pourrait dominer que pendant $\frac{2}{3}$ sec. tout au plus; et „quand le soleil disparaît derrière des montagnes élevées de 10° „au dessus de l'horizon, la durée du rayon vert n'excéderait pas le „ $\frac{1}{10}$ sec. Les observations du phénomène ont donné, au contraire, „une durée non seulement beaucoup plus longue en maints cas, „mais encore très variable et déterminée d'une manière inconnue „par les conditions de l'atmosphère. Ainsi me semble-t-il, que la „réfraction ordinaire ne suffit pas pour rendre compte des faits."

Julius stelt dan voor, de verklaring van den langeren duur van het verschijnsel te zoeken in anormale dispersie van het zonlicht in de atmosfeer. Hij veronderstelt, dat de groene kleur, die de zuurstof in een Geisslersche buis uitstraalt en de blauwe, in zoo'n buis door stikstof gegeven, overeenstemt met een emissie spectrum, door het licht, dat anormale dispersie ondergaan heeft, uitgestraald.

Wij lezen: „Pour fixer les idées, considérons le moment, où du „soleil levant un segment de 20° , par exemple, se trouve au dessus „de l'horizon. La bande suivante du disque, encore cachée par „l'horizon et qui, évidemment, déborde le segment de part et d'autre „nous enverra une lueur, composée de rayons anormalement dispersés. Cette lueur couvrira le segment en l'enveloppant d'une „auréole. Son spectre sera discontinu et intimement lié au spectre „d'absorption de l'air: en effet elle en sera à peu près le renversement, de même que le spectre de la chromosphère ressemble au „renversement du spectre de Fraunhofer."

Dan tracht Julius een verklaring te geven voor het afwisselende van het verschijnsel, door de absorptie, de „aardsche lijnen" in het zonnespectrum toe te schrijven aan de vrije ionen in de atmosfeer, die in zeer afwisselende hoeveelheid voorkomen.

Het is duidelijk, dat de juistheid van deze hypothese alleen getoetst kan worden door spectraal onderzoek van het verschijnsel. In de litteratuur van de laatste jaren vinden wij een artikel van Danjon en Rougier, dat mededeelingen over dit onderwerp bevat. (C.R. 171 814 1920). Danjon en Rougier hebben op een der torens van de Straatsburgsche kathedraal een spectroscop opgesteld en het spectrum van den groenen rand, die zich tijdens het dalen van de zon in den kijker vertoont, gefotografeerd, met een belichting van 2 minuten. Het spectrum was normaal, behalve dat het rood ontbrak en de kant van de kortste golflengte door absorptie was ingekort. Op grond hiervan bestrijden zij de theorie van Julius, en beweren dat de groene straal alleen bestaat uit het zichtbaar wor-

den, even vóór de verdwijning achter de kim, van den groenen rand.

Naar mijn meening is het onderzoek van Danjon en Rougier geen afdoende weerlegging van de theorie van Julius. Immers Julius spreekt uitdrukkelijk van het licht, dat het onder de kim zijnde deel van de zon uitzendt en dat door anomale dispersie een emissie spectrum moet geven. Indien Julius gelijk heeft zal echter dit spectrum eerst zichtbaar zijn, als het gewone zonlicht weinig of geen invloed meer uitoefent, dus tijdens het zichtbaar zijn van den groenen straal, d. w. z. ± 2 seconden. Dat de laatste groene rand meewerkt tot het vormen van den groenen straal zal Julius wel stilzwijgend verondersteld hebben, maar deze alleen zou immers den duur van het verschijnsel tot $\frac{2}{3}$ seconde terugbrengen, terwijl de practische waarneming leert, dat gemiddeld 2 seconden gesteld kan worden. Nu fotografeeren Danjon en Rougier het spectrum van den groenen rand ver boven de kim (immers zij belichten 2 min.). Ik zou zeggen, dat niemand andere resultaten verwacht kon hebben, dan Danjon en Rougier verkregen. Zij hadden het spectrum van den groenen straal visueel moeten onderzoeken en — indien Julius gelijk had — een omkeering van het spectrum op het laatste moment moeten bespeuren. Zoolang een zoodanig onderzoek niet is geschied en negatief is uitgevallen, kan de hypothese van Julius niet als weerlegd beschouwd worden. Van meer waarde zijn de argumenten, die Mulder tegen de theorie van Julius aanvoert. In vele gevallen n.l. wordt als duur van het verschijnsel aangegeven die tijd, die van de eerste verkleuring der hoeken of tot het verdwijnen van het laatste segment verloopt. Ook zou de theorie van Julius moeilijk het optreden van een blauwen straal kunnen verklaren, daar uit het groenblauwe licht het blauw het sterkst wordt weggenomen. Ook is het niet te begrijpen, hoe bij anomale dispersie zich een normaal gevormd groen segment kan vertoonen, zooals toch herhaaldelijk voorkomt. Hoewel het dus mogelijk blijft, dat anomale dispersie een rol speelt bij den groenen straal, is het toch gewenscht te zien, of men het verschijnsel niet met normale dispersie verklaren kan. Hierbij moet dan nog opgemerkt worden, dat Julius zijn berekening maakt voor ondergang bij den equator. Naarmate de zon langzamer onder den horizon verdwijnt, moet het verschijnsel langer duren, de duur van de waarneming hangt dus af van de breedte en van het jaargetijde. Zoo zal bij ons in den winter de tijdsduur langer zijn.

Uit $\cos. \zeta = \sin. \delta \sin. \varphi + \cos. \delta \cos. \varphi \cos. t$ volgt:

$$\sin \zeta \frac{d\zeta}{dt} = \cos. \delta \cos. \varphi \sin. t.$$

Voor $\zeta = 90^\circ$ geeft dit: $\frac{d\zeta}{dt} = \cos. 23^\circ 30' \cos. 52^\circ \sin. 57^\circ .30' = 0.4.$

Dus is de uitkomst van Julius met $10/4$ te vermenigvuldigen en vinden wij $10/4 \times 2/3 = 12/3$ sec. Zooals wij in het volgende zien zullen, is bovendien de refractie waarschijnlijk tal van keeren grooter.

§ 6. *Theoretische beschouwing. Onderzoek van Emden.*

Wanneer ik dus begin het probleem der refractie in de atmosfeer nader te beschouwen, kan deze bespreking in twee deelen gescheiden worden.

Allereerst wil ik behandelen — natuurlijk zeer in 't kort — wat uit theoretisch oogpunt hierover in de laatste jaren gezegd is. Maar daarna moet zeker een beschouwing gewijd worden aan hetgeen de practijk heeft geleerd. Er zijn juist bij de refractie in de kim zoovele afwijkingen van het gewone verloop van dit verschijnsel, dat hierover uitvoerig gesproken moet worden, hetgeen wij dan ook in § 7 en 8 zullen doen. Ik stel mij voor tenslotte in § 9 te groepeeren de toepassingen van het voorgaande op den groenen straal met opmerkingen, die uit de gegevens, in hoofdstuk 1 vermeld, voortkomen.

De lichtstraal beschrijft een gebogen lijn door de atmosfeer. Voor elk punt van deze lijn geldt de wet van Snellius: $r n \sin. i = c$. (Hierin is r de voerstraal, n de brekingsindex, i de zenithsafstand van de raaklijn; een astronoom zou deze hoek ζ noemen, doch met het oog op het volgende betoog van Emden is i gebruikt).

Integreerend van de grens der atmosfeer af tot het aardoppervlak, waar $n = n_1$ en de astronomische refractie Δz noemend, vinden wij:

$$\Delta z = \int_1^{n_1} \operatorname{tg} i \frac{dn}{n} = c \int_1^{n_1} \frac{dn}{n \sqrt{n^2 r^2 - c^2}}.$$

Deze integraal moet ons de refractie leeren kennen; gewoonlijk wordt dan een veronderstelling gemaakt over de wijze waarop n van r zou kunnen afhangen en de integraal daarna door middel van reeksontwikkelingen benaderd. Er zijn een aantal min of meer

waarschijnlijke functies voor r opgesteld en de resultaten der berekeningen stemmen tot op $\pm 85^\circ$ zenithsafstand vrij goed overeen. Daar beneden krijgt men echter verschillen, die bij 90° tot bijna $4'$ stijgen.

In de practische astronomie gebruikt men de tafels van Bessel en die van de Ball, om de refractie te leeren kennen. Deze tafels geven tot 80° zenithsafstand voldoende nauwkeurige waarden voor de refractie (de tafel van de Ball gaat ook niet verder). Echter zijn de waarden voor de horizontale refractie onzeker en waarschijnlijk te klein. Hierop is o. a. gewezen door R. Emden, die op de grondslagen van zijn werk „Gaskugeln, Anwendungen über mechanische Wärmetheorie” een theorie der refractie ontwikkelt. Onder invoering van: $n_1 r_1 \sin i_1 = c$, (waarbij n_1 , r_1 en i_1 bodemwaarden zijn) schrijft hij:

$$\Delta z = \sin i_1 \int_1^{n_1} \left[\frac{n^2}{n_1^2} - \frac{r_1^2}{r^2} \sin^2 i \right]^{-\frac{1}{2}} \cdot \frac{r_1}{r} \cdot \frac{dn}{n}.$$

Voor gassen met kleinen brekingsindex stelt hij, de dichtheid ϱ noemend:

$$n = 1 + v \frac{\varrho}{\varrho_0}$$

waarin v het brekingsvermogen en ϱ_0 de dichtheid bij 0° C. en 760 mM. is.

In een ideaal gas kunnen een aantal toestandsveranderingen voorkomen, die aan verschillende voorwaarden voldoen. Is de warmtecapaciteit $\frac{dQ}{dT} = \gamma$ constant, dan doorloopt het gas een „polytroop proces”. Uit een beschouwing over een omkeerbaar kringproces met twee isothermen en twee polytropen, dat dus op een kringproces van Carnot gelijk, volgt dan, op dergelijke wijze als de wet van Poisson gevonden wordt voor adiabatistische toestandsveranderingen:

$$T \cdot v^{k-1} = \text{constant}; \quad T^k \cdot p^{1-k} = \text{constant}; \quad p \cdot v^k = \text{constant}.$$

$$\text{Waarin } k = \frac{c_p - \gamma}{c_v - \gamma}.$$

Stellen wij hierin:

$$N = \frac{1}{k-1}$$

(de „klasse” van het polytrope proces).

Dan is het duidelijk dat men heeft:

Temperatuur constant;

$k = 1$ De polytroop wordt een isotherm. $N = \infty$.

Entropie constant;

$k = c_p/c_v$ De polytroop wordt een adiabaat. $N = \frac{c_v}{c_p - c_v}$.

Druk constant;

$k = 0$ De polytroop wordt een weg van constante druk $N = 1$.

Volume constant;

$k = \infty$ De polytroop wordt een weg van constant volume $N = 0$.

De klasse N blijkt in Emden's beschouwingen een functie te zijn van den temperatuurgradient.

Na een reeksontwikkeling en integratie bereikt Emden de volgende resultaten, die tevens met Bessel en de Ball vergeleken zijn:

$N=0$	1	2	3	4	5	10	∞	de B.	Bessel
$\Delta z = 21'22''$	$30'8''$	$33'33''$	$35'17''$	$36'19''$	$37'2''$	$38'37''$	$40'34''$	$36'36''$	$34'54''$

De Ball gebruikte een temperatuurgradient van 0,57 per 100 M., wat ongeveer met $N = 5$ overeenstemt. Emden constateert echter, dat de waarde $36'36''$ van de Ball te klein is en die van Bessel veel te klein. De wijze, waarop N afhangt van den temperatuurgradient, blijkt uit een tafel van Neuhoff (Adiabatische Zustandsänderung feuchter Luft. Abh. des Kgl. Preuss. Met. Inst. 1 no. 6), waarin Emden de polytroopklasse heeft toegevoegd:

(h in M; T bodemtemperatuur in graden C;

$\frac{\Delta T}{\Delta h}$ gradient per 100 M.)

h	$T = 30^\circ$		$T = 20^\circ$		$T = 10^\circ$		$T = 0^\circ$	
	$-\frac{\Delta T}{\Delta h}$	N	$-\frac{\Delta T}{\Delta h}$	N	$-\frac{\Delta T}{\Delta h}$	N	$-\frac{\Delta T}{\Delta h}$	N
0	0.37	8.23	0.44	6.76	0.54	5.35	0.62	4.51
1000	0.37	8.23	0.46	6.43	0.56	5.10	0.68	4.02
2000	0.38	7.99	0.49	5.97	0.56	5.10	0.75	3.55
3000	0.40	7.54	0.51	5.70	0.65	4.26	0.82	3.17
4000	0.42	7.14	0.57	4.97	0.73	3.68	0.88	3.88

Aangezien de bodemwaarden den grootsten invloed zullen hebben, is Emden's opmerking wel gegrond. Het zal intusschen zoo aanstonds duidelijk worden, dat in dit probleem nog heel wat grootere refracties in den horizon optreden.

Stellen wij nu nog eens de berekening van Julius op met $37'30''$

als refractie, dan vinden wij $\frac{2250''}{200} = 11''.25$. De opmerkingen herziende, die wij boven reeds maakten, kunnen wij zeker al hieruit tot een gemiddelden theoretischen duur van $1\frac{3}{4}$ seconde besluiten.

§ 7. *De praktijk der refractie. Pijl van het segment.*

De groote vraag is echter of men de refractie in de kim zonder meer als zuiver theoretisch probleem behandelen mag. En dan blijkt wel, dat de practijk ons tallooze malen leert, dat deze theoretische beschouwingen in 't geheel niet met de werkelijkheid kloppen. Er zijn twee feiten waarop hier de aandacht moet vallen: de abnormale vergrooting der refractie en het optreden van totale reflexie en spiegelingen.

Zeër vele malen komt in de kim een sterke vergrooting van de refractie voor, soms zoo sterk, dat zeer zonderlinge verschijnselen zich voordoen. Men vindt hier en daar in de litteratuur daarvan melding gemaakt. Zoo vindt men een verhaal van W. Latham [London Phil. Transact. 357 (1859)], dat in Hastings een groot deel van de Fransche kust te zien kwam. De afstand van Hastings tot de Fransche kust bedraagt 74 K.M., de straalbreking moet ongeveer 1° bedragen. Er zijn nog vele andere dergelijke berichten, die men kan vinden in het Lehrbuch der Meteorologischen Optik van Pernter-Exner. In de A.N. 51 49 (1859) vindt men een mededeeling van G. K. Bouris, directeur van de sterrewacht te Athene, dat daar somtijds ξ Lupi, Capella en Canopus, die tot 4° onder de kim culmineerden, bij die culminatie zichtbaar waren. Herinneren wij ook aan het bekende Nova Zembla verschijnsel, genoemd naar het door de Veer medegedeelde feit, dat de zon, die 7 of 8 Februari weer zichtbaar moest worden, reeds gezien werd op 27 Januari 1597, toen zij feitelijk nog 4° onder de kim stond. Ook Shackleton geeft in zijn beschrijving van de zuidpoolexpeditie aan, dat de zon, die 1 Mei 1915 verdwenen was, op 8 Mei weer opkwam, ofschoon zij toen reeds $2^\circ.37'$ onder den horizon stond. Een bespreking van dit laatste verschijnsel vinden wij in „De Zee” van Maart 1924 door W. Cornelis, die tracht een verklaring te geven door ongelijke dichtheid in rekening te brengen. Ofschoon deze ongelijke dichtheidsverdeeling mede kan werken, lijkt het mij waarschijnlijk, dat ook hier een sterke vergrooting der gewone refractie een rol speelt.

Tenslotte zij nog vermeld het artikel van P. A. Bonnelance (Bull. de l'Obs. de Lyon. 8 no. 2), waarin deze zegt: „et il ne se passe pas „de semaines où je n'observe un ou plusieurs phénomènes de refraction anormale”.

In elk geval blijkt deze abnormale fractie veel vaker voor te komen, dan men zou verwachten.

Gaan wij den invloed van vergroote refractie op de hoogte van het verkleurde segment na. Volgens Kayser en Runge [Abh. Berl. Ac. 13 (1893)], is voor lucht:

$$n = 1.00028787 + \frac{0.000135}{\lambda^2} + \frac{0.000316}{\lambda^4}$$

terwijl volgens een opmerking van Lorenz (Wied. Ann. 11 91) een correctie moet worden aangebracht in de eerste constante; deze wordt dan: 1.00028817; λ is in 0.0001 mM. Hieruit volgt:

λ	n	λ	n
4	1.00029762	6.5	1.00029146
4.5	29543	7	29098
5	29394	7.5	29061
5.5	29287	8	29031
6	29206		

Stellen wij nu, in overeenstemming met hetgeen in § 11 gevonden zal worden, het beschouwde deel van het spectrum liggende tusschen de golflengten 5.8 en 5, dan is de dispersie:

$$\frac{140}{29324} = \frac{1}{209} \quad (n \text{ voor } 5.8 \text{ is: } 0.00029324)$$

Hieruit volgt deze tabel:

Refractie	Dispersie	Tijd	Refractie	Dispersie	Tijd
30'	8".6	0s.57	1°	17".2	1s.15
35'	10".0	0s.66	2°	34".4	2s.29
40'	11".4	0s.76	3°	51".7	3s.44
45'	12".9	0s.86	4°	68".9	4s.59
50'	14".3	0s.95			
55'	15".8	1s.05			
60'	17".2	1s.15			

De tijden, die hier worden genoemd, worden aanmerkelijk grooter als men het spectraal gebied grooter dan 0.08μ kiest en als men omrekent voor hoogere breedte, zooals wij boven al deden met den door Julius genoemden tijd. Deze beide factoren in aanmerking nemend, kunnen wij wel een ongeveer $2 \times$ zoo grooten tijd verwachten, zoodat bij abnormale refractie een duur van 7—9 sec. zeer goed mogelijk is. In 't algemeen worden wij dan gevoerd tot deze conclusie: De verschillende tijdsduur, die voor den groenen straal wordt aangegeven en dien Mulder en anderen als zonderling en onverklaarbaar aanzagen, wordt veel begrijpelijker, als men weet,

dat onze tafels voor groote zenithsafstanden waarschijnlijk correcties in positieven zin behoeven en tevens, dat er herhaaldelijk afwijkingen in refractie optreden, die een verlenging in duur ten goede komen. Het geheele probleem van de refractie in de kim is zoo ingewikkeld en vertoont zooveel variatie, dat men niet kan zeggen: uit mijn berekening volgt een zichtbaarheid van $\frac{2}{3}$ seconde; deze wordt vaak overschreden, dus moet er iets abnormaals zijn.

§ 8. *Spiegelings. Beschouwingen van Wegener.*

Een enkel woord over andere bijzondere verschijnselen, die de refractie begeleiden kunnen, moet hier nog gezegd worden. In de *Mémoires de la classe des sciences mathématiques et physiques de l'Institut de France* 1809 vinden wij een verhandeling van Biot over de straalbreking in de kim, bij verschillende temperatuur en druk. Hij onderzocht het verschijnsel, dat bij sommige omstandigheden een totale reflexie der lichtstralen kan optreden, zoodat de kim schijnbaar wordt opgeheven. Men kende dit reeds lang, de *fata morgana* in de woestijn ontstaan aldus.

Ook Tait (*On Mirage*. *Transact. Royal Soc.* 30 575) bespreekt de theorie van deze reflexie. In de laatste jaren is het verschijnsel behandeld door A. Wegener [*Elementaire Theorie der atmosphärischen Spiegelungen*; *Ann. der Physik*, 4te Folge 57 203 (1918)]. Speciale aandacht wordt daaraan gewijd aan de grillige vervormingen, die de ondergaande zon door totale reflexie der lichtstralen vertoont.

Wegener neemt aan, dat bij het ontstaan van reflexiebeelden een plotselinge dichtheidsverandering in de atmosfeer bestaat, dat men op zekere hoogte boven den bodem een temperatuursprong van zekere grootte zal aantreffen. Hij onderscheidt twee gevallen; de bedoelde overgangslaag kan beneden of boven den waarnemer gelegen zijn. In het eerste geval zal het spiegelbeeld zich beneden het gespiegelde voorwerp bevinden, in het tweede geval komt het daarboven. In beide gevallen bevindt zich de waarnemer natuurlijk in de dichtere laag, daar slechts daarin totale reflexie kan optreden. Het spiegelbeeld is in beide gevallen omgekeerd.

Geval 1. Boven den bodem neemt Wegener een dunne laag warme lucht met kleinen brekingsindex, daarboven een dichtere laag. Op de grenslaag heeft nu totale reflexie plaats van bijna horizontaal invallende stralen, het beeld komt beneden het voorwerp te liggen. In fig. 1 is de grenslaag samenvallend gedacht met het aardoppervlak, B is de waarnemer, BPA de uiterste gereflecteerde

straal, BCD de straal naar de kim. Alles tusschen A en D wordt gespiegeld. D schijnt dus boven de kim te zijn, daar men onder D een spiegeling van den hemel zal zien.

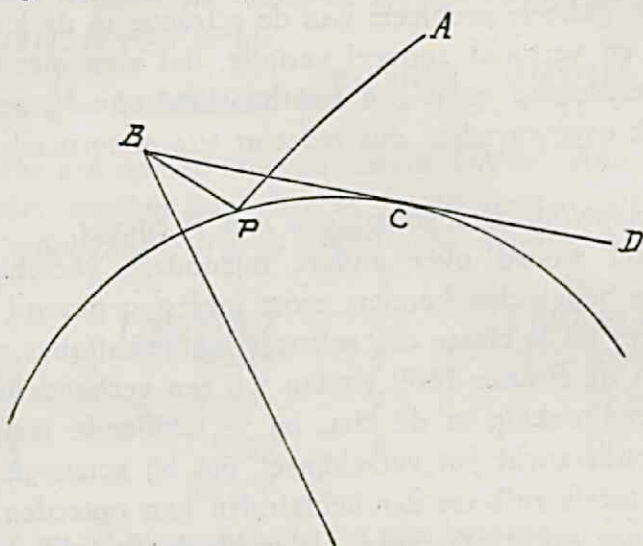


Fig. 1.

Geval 2. Boven den waarnemer bevindt zich een laag waar de dichtheid sprongsgewijze minder wordt. Hierop zullen de stralen, die van insgelijks beneden de laag gelegen voorwerpen naar boven

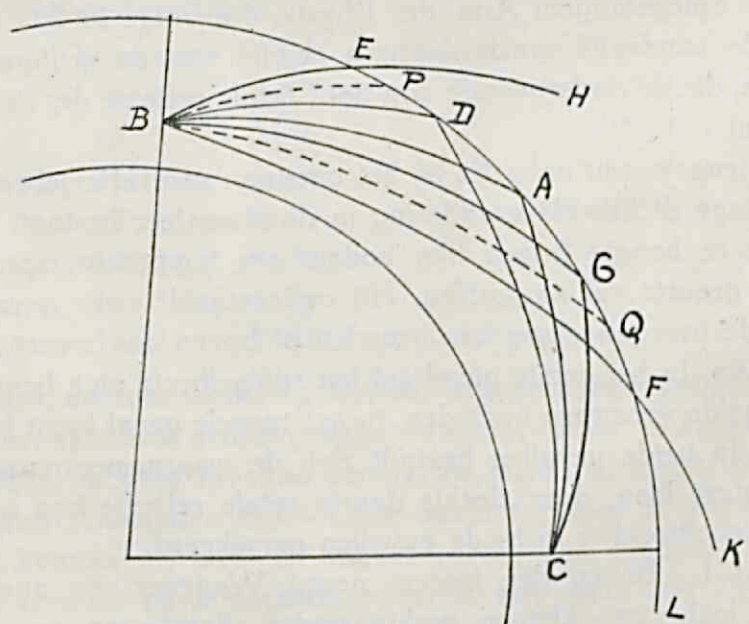


Fig. 2.

gaan, reflecteeren. Aangezien voor totale reflexie een zekere maximum invalshoek en dus een zekere grootste uitvalshoek wordt vereischt, zal de straal, die op den waarnemer horizontaal invalt, het

eerst deze reflexie vertoonen, zooals Wegener bewijst. Heeft de spiegelende laag eenige breedte, dan ligt het midden van deze spiegeling dus in de astronomische kim, bijv. in A. Fig. 2 geeft een denkbeeld van deze spiegeling, waarbij B weer den waarnemer voorstelt en CGB en CDB twee stralen, die gereflecteerd worden, aangeven. Het voorwerp C, dat gespiegeld wordt, bevindt zich beneden zijn beeld. Het is tevens duidelijk, dat DG een ondoorzichtige laag is; men kan de voorwerpen achter DG gelegen, niet waarnemen.

De zeer interessante mathematische ontwikkeling, die Wegener geeft, moeten wij hier achterwege laten. Biot en Tait bespreken alleen het geval 1.

Bij geval 2 valt verder nog het volgende op te merken. Aangezien het punt A in de kim ligt, hangt het van de kimduiking en van de breedte van DG af, of de „spiegelende streep” geheel of gedeeltelijk zichtbaar zal zijn. G kan beneden of boven de werkelijke kim liggen. Stellen wij, dat P de bovengrens vormt van de streep, dan zal de straal, die langs GP loopt, zichvoortzetten langs PB. Aangezien de hoek, die PG en EH maken, grooter is, dan de hoek tusschen PB en EB is het beeld samengedrukt. Boven de streep ziet men dus ineengedrukte beelden. De stralen KF en LQ aan de benedenzijde van de streep gaan voort langs FB en QB, terwijl de hoek tusschen KF en LQ kleiner is, dan die tusschen FB en QB. De beelden aan de benedenkant zijn dus uiteengerekte.

Past men nu het voorgaande toe op de ondergaande zon.

Geval 1. Zoodra de spiegeling aanvangt, komt er uit de schijnbare kim een tegenzon op, die rijst naarmate de zon zelve daalt. Zij vereenigt zich met de werkelijke zon op de plaats, waar deze zal verdwijnen (D, fig. 1). Dan schuiven de beide zonnescijven steeds meer in elkaar en er ontstaan allerlei grillige vormen, die men bij een ballon of een omgekeerde goudvischkom vergelijkt; Jules Verne spreekt bij de desbetreffende beschrijving van een omgekeerde Etruscische vaas. Van het spiegelbeeld is natuurlijk slechts een segment zichtbaar. Wanneer de zon grootendeels verdwenen is, en dus een klein segment met zijn spiegelbeeld nog is te zien, vormt zich een ellipsvormige vlek, die boven de schijnbare kim verdwijnt. Men zie: Contributions from the Lick Obs. no. 5, meteors and sunsets 73; Mem. degli Spett. Ital. 30 96 (1901) en 31 36 (1902); Bull. Soc. Belge d'Astr. 72 (1902). Ook in het artikel van Fisher, in hoofdstuk 1 aangehaald, wordt bijzondere aandacht aan dit type van zonsondergang gewijd. Fisher wijst er op, dat de vorming

van een elliptische vlek, waardoor de groene straal een dubbele breedte verkrijgt, de zichtbaarheid zal bevorderen. Wij komen daarop straks terug.

Geval 2. Zoodra de zon de spiegelende streep bereikt heeft (P, fig. 2), zal zij daarachter wegzinken. De streep immers is niet doorzichtig (Wegener spreekt van een „blinde streep”); ook vormt zich aan den bovenkant geen spiegelbeeld. Bovendien wordt nu het zonsbeeld ineengedrukt, zooals boven is aangegeven. Komt de onderrand van de zon achter de streep te voorschijn, dan wordt hij naar boven gespiegeld. Is de streep smal, dan kan dit spiegelbeeld haar geheel opvullen en dan maakt het den indruk of de zon plotseling een eind is doorgeschoten. Is de streep breed, dan ziet men de zon in twee stukken verdeeld. Is dan de geheele zonneschijf

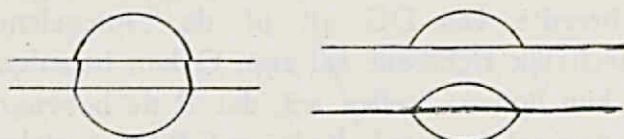


Fig. 3.

zoover gedaald, dat haar bovenrand zich van de streep losmaakt dan zien wij het spiegelbeeld van het laatste segment daarboven; het schijnt dan of een stukje van de zon zich van deze losmaakt en blijft hangen. Nu treedt een verticale uitrekking op. De beide stukjes, zon en spiegelbeeld, verdwijnen afzonderlijk, het eene achter de kim, het andere in de lucht. Is de spiegelende streep zoo breed, dat haar onderrand onder de kim valt, dan zien wij de zon ondergaan boven deze, zonder verdere spiegelingenverschijnselen.

Hier hebben wij zeer waarschijnlijk de oplossing te zoeken van het opschietende groene straaltje. Als de onderrand van de spiegelende streep dicht op de werkelijke kim ligt, zal de verticale uitrekking van het laatste puntje, waarvan het spiegelbeeld zich naar boven beweegt, terwijl de zon ondergaat, op ons oog den indruk maken van een opschietenden groenen straal.

Het is wel merkwaardig, dat geval 1 algemeen bekend en begrepen is, terwijl men geval 2 wel herhaaldelijk heeft waargenomen, maar vóór Wegener nooit heeft weten te verklaren. Havinga, die wel een der beste waarnemers op dit gebied mag heeten, kent evenals Fischer den „ballonvorm”, maar onderscheidt de spiegeling naar boven niet als afzonderlijk type. Achter dit werkje geef ik enkele teekeningen van zonsondergangen, door Havinga en anderen gemaakt.

§ 9. Toepassing op de waarnemingen.

In deze paragraaf wil ik nu het verband leggen tusschen de theorie in § 7 en 8 besproken en de waarnemingen. Beginnen wij met de tijden, door de waarnemers opgegeven. Bepalen wij zonder meer het gemiddelde van de lijsten uit hoofdstuk 1, dan vinden wij voor lijst 1 1.9 sec.; voor lijst 2 2.3 sec.; voor lijst 3 2.0 sec. Toch zou een gemiddelde van 2 sec. waarschijnlijk te groot moeten genoemd worden en wel om de volgende reden. Een enkele maal treedt een abnormaal langdurige waarneming op, maar deze verhoogt telkens het gemiddelde vrij sterk. Daar het echter van belang is, het gemiddelde bij normale omstandigheden te weten (omdat men daarmee in de theorie ook alleen rekening houdt; men zie b.v. Julius), zouden wij die waarnemingen, waarbij vrij waarschijnlijk sterk vergroote refractie of iets anders een rol heeft gespeeld, moeten uitsluiten. Neem ik de waarnemingen tot en met $4\frac{1}{2}$ sec., dan volgt een gemiddelde van 1.85 sec., terwijl het gemiddelde van alle waarnemingen 2.1 sec. is. In het volgende vindt men een overzicht over het aantal malen, dat een bepaalde tijdsduur genoemd wordt in de lijsten, met een daaruit volgende kromme.

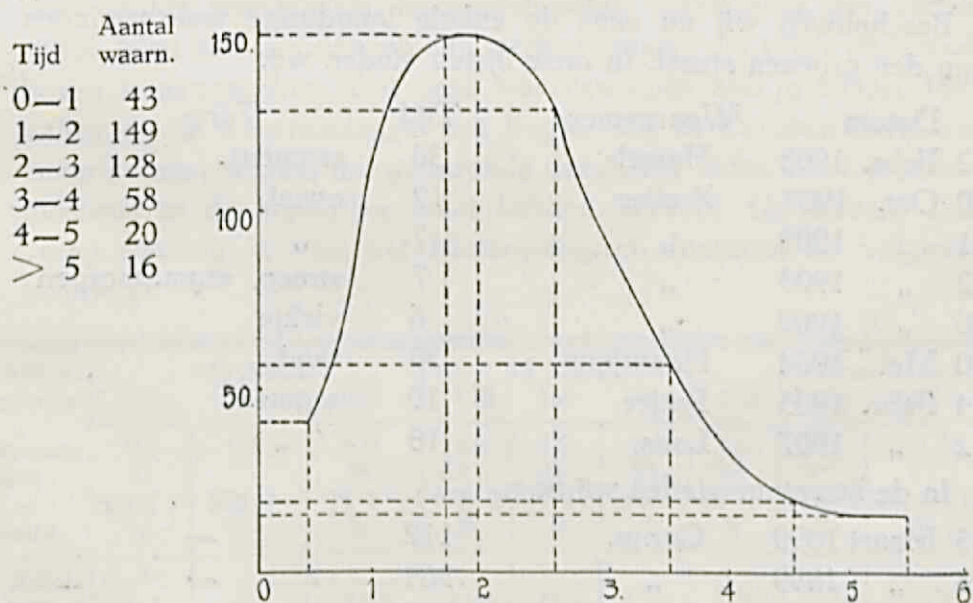


Fig. 4.

Verder volgt hier van enkele waarnemers een afzonderlijk overzicht:

Waarnemer	Aantal waarn.	Gemidd. T.	Opmerkingen
Soomer	45	1.87	
Fischer	37	1.75	
Sorgdrager	21	1.74	

Waarnemer	Aantal waarn.	Gemidd. T.	Opmerkingen
Loos	33	2.82	1 van 10 sec.
Holman	18	2.47	
Labrée	45	1.47	
Breijer	14	3.03	1 van 12, 2 van 7, 1 van 6 sec.
Jager	16	2.40	

Uit al deze waarnemingen volgt een gemiddelde van 2.05. Ook hier is echter de invloed van enkele groote waarnemingen op te merken. Laat men de reeksen van Loos en Breijer weg, dan vindt men 1.84 sec. in goede overeenstemming met boven.

De verklaring, die men zou kunnen geven voor den langen duur van sommige waarnemingen, is dus het aanwezig zijn van ongewoon groote refractie. Men kan echter ook het volgende veronderstellen. Wanneer tijdens den zonsondergang de refractie steeds toeneemt, kan het zich voordoen, dat de ondergang door deze toename als 't ware wordt opgeheven en de zon op de kim blijft hangen. De duur van den groenen straal kan daardoor natuurlijk zeer verlengd worden.

Beschouwen wij nu eens de enkele langdurige waarnemingen van den groenen straal. In onze lijsten vinden wij.

Datum	Waarnemer	Tijd	Vorm
2 Febr. 1905	Hassels	30	segment
20 Oct. 1903	Breijer	12	ovaal
21 „ 1903	„	7	„
22 „ 1903	„	7	streep, segm. morgen
26 „ 1903	„	6	vlekje
10 Mei 1904	Haentjens	30	rand
14 Febr. 1905	Potjer	10	segment
2 „ 1907	Loos	10	„

In de literatuur vinden wij nog:

13 Maart 1899	Cornu.	112	—
14 „ 1899	„	364	—
23 „ 1899	„	107	—
26 Juli 1914	Melzi d'Evril	10	rand 30 sec. zichtbaar

Allereerst vallen de waarnemingen van Cornu door hunnen bijzonder langen duur op. Men treft ze aan in een mededeeling in 1899 gezonden aan de Académie des Sciences, dewelke luidt: „De „mon lieu d'observation, situé sur le revers de la colline de Saint „Adresse, je découvre la mer au sud et à l'ouest et l'embouchure

„de la Seine à l'est. Bien souvent j'aperçois le soleil disparaissant dans la mer et bien des fois je constate que le dernier rayon qu'il lance est du plus beau vert. — En outre le spectacle est souvent accompagné de déformations les plus curieuses, depuis la forme d'un ballon, jusqu'à celle d'une ligne brisée. L'observation de ces déformations est assez rare, car, le plus souvent, le soleil se perd dans les brumes avant de disparaître à l'horizon et c'est au moment où le soleil semble toucher la cime des flots, que les déformations sont les plus curieuses. Je ne peux guère faire de ce phénomène qu'une douzaine d'observations par an. Quant au rayon vert, je l'ai observé à plusieurs reprises. Le 13 Mars 1899 il a duré 112 secondes et le 14 Mars 1899 364 secondes. A cette date beaucoup de personnes ont été frappées de la coloration verte, si prolongée. Le 23 Mars de cette année j'ai encore revu le phénomène pendant 107 secondes.”

Met Mulder durf ik het betwijfelen of wij in deze gevallen wel met een waarneming van den groenen straal te doen hebben, vooral waar het verschijnsel klaarblijkelijk met het bloote oog zichtbaar was. Eerder zou men hier denken aan de z.g.n. „groene zon”, een door dichte nevelsluiers teweeggebrachte verkleuring der zonneschijf. Men kan ook denken aan sterke toename der refractie, zooals boven is aangegeven. Dat deze waarnemingen alle in Maart 1899 vallen en de waarnemingen van Breijer alle in October 1903, zou er op kunnen wijzen, dat gedurende deze twee tijden een bijzondere toestand in de atmosfeer moet hebben bestaan. Op nadere aanvraag ontving ik van het Meteorologisch Instituut de volgende gegevens:

1899 st. Honorine	13 Mars			14 Mars			23 Mars			
	13h	16h	19h	13h	16h	19h	13h	16h	19h	
Température	9.9	9.8	5.9	13.0	9.8	6.1	3.1	2.0	— 1.0	Beaufort
Humidité	81	75	86	62	79	88	64	75	77	
Vent	NNE 1	NE 2	N 1	NE 2	N 1	calme	N 2	NW 1	WNW 1	
Nebulosité	10	0	0	0	0	0	9	8	10	
Tour Eiffel										
Température	9.3	11.5	11.3	11.3	14.3	13.0	0.1	— 0.3	— 1.2	
Humidité	72	62	67	55	37	42	47	47	60	
Vent	NE 9	NNE 10	NNE 12	NE 6	NE 9	NE 12	NW 4	NW 7	N 3	
Parc st. Maur										
Nébulosité	0	0	0	0	0	0	7	10	5	
La Hève										
Température			9.0			10.0			— 0.5	Beaufort
Vent			NE 5			NE 4			N 4	
Ciel			p. nuage			brum			neige	

Uit bovengenoemde waarnemingen blijkt echter niets bijzonders, behalve een vrij hooge vochtigheidstoestand en ongunstige weersomstandigheden op 23 Maart. Haentjens vermeldt, dat zijn waarneming geschiedde met een langen kijker, waarin hij gedurende 30 sec. een groenen rand zag. Bedoelt deze waarnemer den groenen refractierand van de zon? Dan is zijn waarneming niet bijzonder meer; in grootere kijkers ziet men dezen rand reeds lang voor zons-
ondergang. In mijn kijker van 10 cM. opening en 1.50 M. focus zie ik zeker 5 min. voor de zon ondergaat al een groenen rand.

Het is natuurlijk moeilijk uit te maken, welke invloed aan vergroote refractie moet worden toegekend en welke rol de spiegeling kan spelen. Verder is de waarnemer vaak niet uitvoerig genoeg in zijne beschrijving, zoodat men in het duister tast omtrent de waarneming zelve (men zie de boven gemaakte opmerking). Alles bijeen lijkt het mij, dat deze enkele uitzonderingsgevallen niets verontrustends behoeven te hebben en aan een redelijke opheldering, bij nauwkeurige waarneming van alle factoren, die een rol spelen, niet behoeft getwijfeld te worden.

Onverklaarbaar blijven alleen de waarnemingen van Hassels en die van Cornu.

Het verschijnsel, dat met totale reflexie naar boven samenhangt, is, zooals wij in § 8 zagen, het opschietende groene straaltje, dat zich direct na het verdwijnen van de zonneschijf vertoont. Mulder onderscheidt dit als een der drie soorten van den groenen straal (zie hoofdstuk 1 §3). Het lijkt mij beter, dit geval als uitzonderingsgeval te beschouwen en onder de woorden „groene straal” te verstaan het groen aanloopen en groen zijn van het laatste (eventueel eerste) segment, daaronder begrepen de vervormingen door refractie en spiegeling veroorzaakt. Wij merken toch op, dat het uitschietende straaltje slechts sporadisch vermeld wordt. Een nauwkeurig waarnemer als Havinga heeft het nooit gezien. Hij vermeldt alleen (3 Juni 1905) een ellips met violetten stralenkrans, klaarblijkelijk een geval, waarbij het violet van den rand weinig uitdooving onderging.

Mulder schrijft: „So long therefore, as a part of the sun's disc „remains above the horizon, will the light be generally too strong „to observe the coloured border, but when at last it sinks below „the horizon, or perhaps when the strong yellow rays can no longer „reach us, then the whole part of the spectrum will become suddenly „visible, probably not all the colours at once but first the green, „then the less strong blue and finally the weak violet part. This

„rapid succession of visibility probably explains the strange phenomenon, that the ray seems to shoot upwards”. Dit lijkt mij niet de juiste verklaring. Immers de straal zou dan niet zuiver groen meer zijn, maar òf een reeks van kleuren (groen, blauw, violet) boven elkaar vertoonen, òf een mengsel van deze kleuren. Bovendien zou dan niet een dunne streep te verwachten zijn, maar een min of meer rond uitlopende vlek. In de lijsten vinden wij in de waarnemingen uitdrukkelijk van een opschietenden straal gesproken:

16 Nov.	1903	Turfboer	$\frac{1}{2}$	sec.	
29 Sept.	1904	Labree	1	„	
18 April	1905	Hassels	2	„	
21 Juli	1911	Lagaaij	—	„	zie teekening achterin.
22 „	1911	„	1	„	
31 „	1909	Rommel	$1\frac{1}{2}$	„	met segment.
1 Aug.	1909	„	1	„	„ „
16 Mei	1906	—	3	„	divergeerende bundel.

Ik denk mij het verloop van het verschijnsel aldus. Wanneer zich door een plotseling dichtheidsverschil een „blinde streep” heeft gevormd (geval 2) en de onderste rand van deze streep bevindt zich bijna in den horizon, dan zal het laatste stukje van de zon, dat tusschen horizon en streepgrens zich bevindt, naar boven gespiegeld worden. Is nu de zon tot op een laatste puntje na ondergegaan, dan zal het verdwijnen van dit — op de bekende wijze groen gekleurde — stipje naar beneden, het spiegelbeeld naar boven doen bewegen en aldus den indruk geven van een opschietenden straal. Het zou zeer gewenscht zijn na te gaan, of de opschietende straal inderdaad verbonden is met het type zonsondergang, dat in § 8 beschreven is. Voorloopig lijkt mij echter deze verklaring daarom meer aannemelijk, omdat de opschietende beweging er werkelijk door verklaard wordt, wat tot nog toe nog niet gelukte.

Zooals reeds in § 8 werd uiteengezet, zijn er twee typen van zonsondergang te onderscheiden. De spiegeling naar boven was zeer weinig duidelijk als spiegeling te herkennen, alleen Wegener gaf een juiste verklaring. Duidelijker was de spiegeling naar beneden te begrijpen, deze is dan ook door tal van waarnemers als zoodanig genoemd.

In het artikel van Fisher in P.A. 29 251 vinden wij het geval 1 uit § 8 als type A vermeld, terwijl een normale zonsondergang zonder spiegeling als type B wordt aangeduid.

Fisher merkt dan op, dat de kans van zichtbaarheid van den

groenen straal bij type A grooter zal zijn, dan bij type B. Het segment wordt gespiegeld en verkrijgt dus de dubbele breedte, daardoor is het beter en ook waarschijnlijk iets langer zichtbaar.

Uit waarnemingen van Fisher zelf blijkt, dat bij het zien van den groenen straal 29 $\times$ type A werd waargenomen, 3 $\times$ type B en 12 $\times$ onzekerheid bestond (waarbij in 3 gevallen geen groene straal werd gezien). Bezien wij de waarnemingen van Havinga, die van de 4e reis af het type zonsondergang vermeldt, dan vinden wij voor de ondergangen bij wolkelooze kim (bij de anderen is het type van ondergang natuurlijk moeilijk of niet te onderscheiden) 54 $\times$ type A tegen 18 $\times$ type B, waarbij de groene straal zichtbaar was. Het is dus wel duidelijk, dat type A bij het optreden van den groenen straal op den voorgrond treedt.

Wat betreft een verlenging van den duur van zichtbaarheid, hiervan is niets zekers te zeggen. Echter vinden wij in lijst 1 aangegeven de temperatuur van lucht en zeewater. Bereken ik nu de gemiddelden van de opgegeven waarnemingstijden voor de volgende drie gevallen, dan krijgen wij dezen uitslag:

lucht 1° C. of meer hooger dan het zeewater gemidd.	tijd 2.0 sec.
„ 1° „ „ „ „ lager „ „ „ „ „ „	„ „ 2.2 „
overige waarnemingen	„ „ 1.9 „

Uit deze gegevens schijnt een langere duur te volgen bij type A (geval 1) en ook een iets langeren duur bij de spiegeling naar boven. De beweringen van Fisher worden dus door ons waarnemingsmateriaal ondersteund.

HOOFDSTUK III.

Verstrooiing en absorptie van licht in de atmosfeer.

§ 10. *Inleiding. Absorptie.*

In den aanhef van het 2e hoofdstuk werd er reeds op gewezen, dat naast de refractie ook de absorptie en de diffuse verspreiding van het licht in de atmosfeer besproken moeten worden. Immers wil de groene straal werkelijk scherp zijn, wil men een scherp geteekend segment van groene kleur waarnemen, dan moet de waargenomen kleur slechts een smal gedeelte van het spectraal gebied vormen. Is dit n.l. niet het geval, dan zou de refractie het segment

min of meer vervormen en dit zou den rand van het segment doen vervagen.

Om de gedachten te bepalen, stellen wij ons voor, dat de zonneschijf bestaat uit een roode, een gele, een groene, een blauwe en een violette schijf. Deze schijven worden door de refractie ten opzichte van elkaar verschoven zóó dat de roode schijf het laagst en de violette schijf het hoogst is. Zij overdekken elkaar grootendeels, de kleuren mengen zich tot wit licht en de bovenste schijven vormen een blauw-violetten rand aan deze schijf. Denken wij ons nu het oogenblik dat de roode schijf juist onder de kim verdwenen is. Wij zien dan een segment, bestaande uit de bovenste gedeelten van de gele, groene, blauwe en violette schijven. Wil dit segment nu groen gekleurd zijn, dan moet door de een of andere oorzaak het geel eenerzijds en het blauw en violet anderzijds verdwenen zijn. Wij zullen trachten aan te toonen, dat het geel door absorptie en het blauw en violet door diffuse verspreiding verdwenen kunnen zijn. In deze paragraaf zullen wij de absorptie behandelen, in de volgende de diffuse verstrooiing, om in § 12 de verkregen resultaten nog eens te overzien.

Van algemeene bekendheid is het optreden van absorptiebanden in het zonnespectrum, die aan de atmosfeer der aarde moeten worden toegeschreven. Naar hun ontdekker heeten zij banden van Brewster; deze vond, dat zij in intensiteit toenamen, als de zon lager stond en dus de doorloopen luchtlaag dikker werd. Verschillende ontdekkingen wezen er later op, dat een aantal van deze banden door waterdamp worden veroorzaakt. Vooral Piazzi Smyth (*Zeitschr. d. österr. Ges. für Met.* 10 332, 14 151, 16 22) heeft opgemerkt, dat deze z.g.n. regenbanden een aanzienlijke breedte kunnen aannemen bij zeer vochtige atmosfeer. Men treft ze vooral aan tusschen de C en D lijn en soms zijn ze zoo breed, dat ze gemakkelijk in een zakspectroscopje kunnen gezien worden.

In het reeds vroeger genoemde onderzoek van Danjon en Rougier (§ 5) wordt nu dit verschijnsel genoemd en gebruikt ter verklaring van het verdwijnen van het oranje en het geel. Waar de twee feiten: lage zonnestand en groote vochtigheid samenwerken, kunnen deze banden een groot deel van het geel en het geheele oranje uit het spectrum wegnemen. Danjon en Rougier verzekeren, dat zij dit herhaaldelijk hebben waargenomen. Practisch wordt dus het zonnespectrum teruggebracht tot een rood en een groenblauw en violet gedeelte, waarvan dan het blauw en violet door nader te bepalen oorzaken ook nog kan verdwenen zijn. Het zou zeer de moeite

waard zijn dit onderzoek van Danjon en Rougier systematisch voort te zetten, opdat men op de hoogte kwam van de samenstelling van het licht, dat de ondergaande zon ons toezendt.

Er blijft echter nog na te gaan, dat de groene straal werkelijk bij zeer vochtige atmosfeer het meest gezien wordt. Dit toch is door Danjon en Rougier niet aangetoond; zij onderzochten alleen het spectrum van den groenen refractierand. De bij hoofdstuk I gegeven lijst 1 geeft nu een vrij grooten vochtigheidstoestand bij alle waarnemingen.

In het Lehrbuch der kosmischen Physik 2 van Arrhenius vindt men, dat de vochtigheidstoestand op zee op 80—85 % geschat kan worden. Waarschijnlijk is echter deze schatting niet geheel juist. Het gaat moeilijk aan om voor het geheele aardoppervlak éézelfde waarde te gebruiken. In de Maritime Meteorologie und Ozeanographie van J. Krauss vinden wij: „Ueber den Ozeanen ist die „relative Feuchtigkeit das ganze Jahr hindurch im Mittel immer „etwa 80 %. Im Passatgebiet kann sie im Mittel auf 75—60 % „herabsinken und über den Meeren höheren Breiten auf 92—93 % „ansteigen“. Dit is ook de meening van prof. Van Everdingen, die mij mededeelde, dat dit getal voor gematigde luchtstreken sterk afwisselde en binnen de standvastige hooge drukgebieden bij de keerkringen zeker lager was dan 80 %.

Het is gewenscht, den vochtigheidstoestand in absolute maat in te voeren, daar de relatieve afhangt van de temperatuur en dus geen juist beeld van de spanning van den waterdamp geeft. Met behulp van gegevens voor de jaarlijksche gemiddelde temperatuur vinden wij:

	Temp.	Rel.	Abs.
keerkringen	$\pm 20^\circ$	70 %	12.3 mM.
Midd. Zee	$\pm 12^\circ$	80 %	8.4 „
Noordzee	$\pm 8^\circ$	92 %	7.4 „

In Börnstein, Leitfaden der Wetterkunde vindt men voor den Atlantischen Oceaan 16.7 mM. aangegeven; Hann geeft voor de tropische zeeën in den zomer 18.8 en in den winter 10.5 mM.

Vergelijken wij nu hiermede de opgaven uit lijst 1 en lijst 4, dan verkrijgt men de volgende gemiddelden:

Breedte	Aantal waarn.		Vochtigh.	
	lijst 1	Havinga	lijst 1	Havinga
0°—20°	46	104	20.7	20.3 mM.
20°—40°	62	82	15.1	15.5 „
40°—60°	9	37	9.8	10.8 „

Hieruit volgt, dat de vochtigheidstoestand bij de groene straalwaarnemingen grooter is dan de gemiddelde en dat de frequentie der waarnemingen toeneemt met afnemende breedte, zooals ook de vochtigheid doet.

De vochtigheid vertoont op zee een dagelijkschen gang, des morgens om 4 uur heeft zij haar minimum bereikt, des middags om 2 uur haar maximum. De waarden voor den Atlantischen Oceaan (naar Börnstein) en voor den Indischen Oceaan (naar Hann) zijn als volgt:

	Atl. Oceaan	Ind. Oceaan
midd.nacht	16.5 mM.	18.6 mM.
3 u.	16.3 „	18.4 „
6 u.	16.3 „	18.4 „
9 u.	16.6 „	18.9 „
middag	17.1 „	19.3 „
3 u.	17.1 „	19.2 „
6 u.	16.9 „	19.0 „
9 u.	16.7 „	18.7 „

Ik heb voor een aantal waarnemingen uit de lijsten de vochtigheidstoestanden over den geheelen dag uit de journalen opgenomen. Een lijst daarvan vindt men achter dit hoofdstuk. Nemen wij nu de gemiddelden van de kolommen van deze lijst; dan vinden wij:

Avondwaarn.		Ochtendwaarn.	
8 u. (morgen)	15.1 mM.	8 u. (avond)	16.1 mM.
12 „	15.4 „	12 „	16.2 „
4 „	15.6 „	4 „	16.3 „
gr. straal	16.3 „	gr. straal	16.8 „
8 u. (avond)	15.6 „	8 u. (morgen)	16.5 „
12 „	16.2 „	12 „	17.0 „
4 „	15.8 „	4 „	16.7 „

Stellen wij deze getallenreeksen grafisch voor, dan vallen direct in het oog de maxima, die bij groene straalwaarnemingen het verloop van de kromme doen afwijken. Zie fig. 5.

Het was dus op het moment der groene straal waarneming vochtiger dan gewoonlijk.

Gaan wij nu nog het verband tusschen vochtigheid en kleur na. Lijst 1 en de waarnemingen van Havinga geven de volgende gemiddelden:

	Vochtigheid en kleur.						
	l.g.	h.g.	d.g.	l.b.	b.	d.b.	v.
Lijst 1	16.6	16.9	16.1		20.3		mM.
Havinga	17.2	14.8	14.4	15.9	14.1	16.6	15.2 „

(alleen waarnemingen van 1 kleur).

Het geval 20.3 uit den eersten regel voor blauw berust slechts op 3 waarnemingen en heeft dus practisch geen waarde. Uit de tabel volgt wel, dat de vochtigheid waarschijnlijk geen invloed op

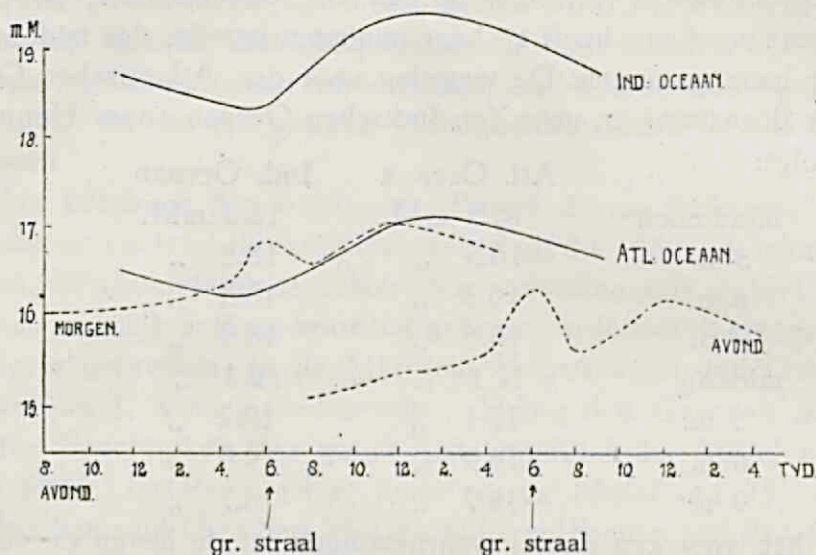


Fig. 5.

de kleur heeft. Het verloop is tenminste gering. Wel schijnt bij een lichtgroen segment een groote vochtigheidstoestand te behooren, zooals uit het getal 17.2 bij Havinga blijkt.

In de waarnemingslijst van Havinga vinden wij een aantal malen vermeld, dat er geen groene straal gezien werd. Wanneer wij voor deze gevallen den vochtigheidstoestand nagaan, komen wij tot het eenigszins onverwachte resultaat, dat deze voor de bedoelde gevallen grooter is, dan bij de waarnemingen met positief resultaat. Wij vinden toch:

Breedte	Aantal waarn.	Vochtigh.
0°—20°	28	21.4 m.M.
20°—40°	20	19.9 ..
40°—60°	10	14.7 ..

Hoe zou men dit moeten verklaren? Voorloopig tasten wij hieromtrent in het duister. Alleen is hierbij op te merken, dat vergroote refractie hier misschien afwezig was.

Ik wil tenslotte nog een nadere beschouwing geven voor het waarnemingsgebied bij uitstek van den groenen straal, de Roode zee.

Shaw geeft de volgende gegevens (mij verstrekt door het Kon. Met. Inst.):

Januari.		Tem-		Vochtigheid	
Breedte	Dauwpunt	peratuur	Relat.	Abs.	
30°—29° N.B.	7°—12°	16°—18°	22—49	7.5—10.5	mM.
29 —23 „	12 —17	18 —20	49—74	10.5—14.5	„
23 —13 „	17	20	74	14.5	„
Juli.					
30°—29° N.B.	17°—22°	28°	32—59	14.5—19.8	„
29 —13 „	22	28	59	19.8	„

Gaan wij nu de daarvoor in aanmerking komende waarnemingen uit lijst 1 en van Havinga rangschikken naar de breedte en naar het jaargetijde, dan verkrijgen wij het volgende staatje:

Winterhalfjaar. (Nov., Dec., Jan., Febr., Mrt., April).			
Breedte	Aantal waarn.	Gemidd. vocht (Abs.)	
29°—23° N.B.	10	13.6	m.M.
23 —13 „	18	18.1	„
Zomerhalfjaar. (Mei, Juni, Juli, Aug. Sept., Oct.)			
29°—13°	26	22.3	

Vergelijkt men deze tabel met de vorige, dan blijkt ook hier de groote vochtigheid bij de groene straalwaarnemingen.

Wanneer wij de resultaten, die hier gegeven zijn, overzien, dan komen wij tot de conclusie, dat een groote vochtigheidstoestand voor het verschijnsel in het algemeen bevorderlijk is. Speciaal noodig is een groot vochtigheidsgehalte bij het scherp geteekende groene segment. Aan den anderen kant doet zich de groene straal ook wel eens voor bij een geringe spanning, bijv. van 4.8 mM. H. voegt hierbij, dat hij een klein blauw segment waarnam. Het is ook natuurlijk niet absoluut noodzakelijk, dat het geel geheel uit het zonlicht verdwenen is, om dit te zien; de zon zal bij het ondergaan een blauwe refractierand vertoonen en deze kan zeer goed als een klein blauw segment verdwijnen, zonder dat er verdere bijzondere omstandigheden zijn. Dat dit echter uitzonderingsgevallen blijven, blijkt wel uit de tabel, waarin het aantal waarnemingen en de vochtigheid naar de breedte gerangschikt zijn.

§ 11. *Diffuse verspreiding.*

Wat nu het blauw en violet betreft, het is algemeen bekend, dat deze deelen met korte golflengte van het spectrum voor het grootste deel door de atmosfeer worden verstrooid. Het is een werking, veroorzaakt door de moleculen der lucht en kleine stofdeeltjes, die soms zoo sterk kan zijn, dat het geheele violet en blauw verdwenen

zijn. Ook het groen kan zelfs verdwijnen, in welk geval de groene straal natuurlijk niet gezien wordt.

Ik vond bij Danjon en Rougier vermeld, dat zij eenige malen het verdwijnen van violet, blauw en groen constateerden bij een troebele atmosfeer.

Een volgende overzichtstabel van verschillende metingen en berekeningen moge eenig denkbeeld geven van de afname in helderheid van de verschillende golflengten van het licht door verstrooiing en absorptie teweeggebracht. Natuurlijk zal het verschijnsel in sterke mate afhangen van den graad der troebelheid der atmosfeer, zoodat men in de laatste jaren in meteorologische inrichtingen is begonnen dezen „Trübungsgrad” van den dampkring nader te onderzoeken.

Transmissie coëfficiënten voor verschillende golflengten.

λ in $\mu\mu$	Müller	Abney	Abbot	Langley	Washington		M. Wilson		Cabannes
					met.	ber.	met.	ber.	ber.
400	—	0.522	0.540	0.565	0.540	—	0.756	—	0.770
450	0.723	0.661	0.641	0.651	—	—	—	—	—
500	0.781	0.765	0.704	0.708	0.704	0.734	0.884	0.870	0.900
550	0.814	0.832	0.740	0.744	0.735	—	0.901	—	0.930
600	0.840	0.878	0.760	0.772	0.760	0.871	0.913	0.940	0.950
650	0.866	0.898	0.806	0.796	—	—	—	—	—
700	—	0.932	0.838	0.817	0.838	—	0.964	—	0.975
750	—	0.951	0.856	0.856	—	—	—	—	—
800	—	—	—	—	0.870	0.957	0.980	0.981	0.985

Deze getallen zijn ontleend aan Müller's Photometrie der Gestirne voor de eerste vier kolommen; voor Washington en M. Wilson aan: Ann. of the astrophys. Observ. Smiths. Inst. 2; voor Cabannes aan: C.R. 179 191. De laatste kolom geldt voor een stof en waterdampvrije atmosfeer. De berekeningen zijn op Rayleigh's theorie gebaseerd en houden dus geen rekening met selectieve absorptie, welker invloed trouwens niet zoo groot is.

Aangezien de waarnemingen van Havinga waarschijnlijk een nieuw licht werpen op deze kwestie, wil ik hier ook nog het een en ander omtrent de theorie van de lichtverspreiding in de atmosfeer zeggen. Reeds in oude tijden vinden wij daarover mededeelingen; Leonardo da Vinci gebruikte al dit verschijnsel om de blauwe kleur van den hemel te verklaren (Trattato della pittura 113 en 151). Ook Goethe heeft in navolging van Aristoteles een geheele theorie op deze kleurenvorming opgebouwd. Lord Raleigh heeft in verschillende verhandelingen de diffuse verspreiding van het licht door

kleine deeltjes in de atmosfeer behandeld. Men kan een uitvoerige uiteenzetting vinden in Pernter-Exner: Meteorologische Optik 4. Daar wordt uitgegaan van de theorie van Maxwell en afgeleid, dat de energie van een straal wordt weergegeven door den vorm:

$$I = I_0 e^{-sx} \quad \text{waarin: } s = \frac{32 \pi^3}{3 q \lambda^4} (\mu - 1)^2.$$

q is het aantal deeltjes, dat per afstand dx ontmoet wordt; λ de golflengte; μ de brekingsindex van lucht; x de doorloopen afstand. De kleuren van kleinere golflengte worden dus het sterkst verspreid, immers is deze verspreiding omgekeerd evenredig met λ^4 . In het diffuse daglicht komt dus het blauwe licht het sterkst voor; vandaar de blauwe kleur van den hemel. Als werkende deeltjes wijst Rayleigh luchtmoleculen aan. Het zonlicht, dat ons oog bereikt, zal dus vooral bij zonsondergang (of opgang) door deze werking die stralen verliezen, die aan den blauwen kant van het spectrum liggen. De werking is natuurlijk continu, violet en blauw zullen aanmerkelijk ingekort en bovendien verzwakt worden. Zoo dadelijk zal deze zaak nader worden beschouwd.

Bovendien kan diffuse verspreiding van licht in de atmosfeer bewerkt worden door grotere deeltjes, welker afmeting niet meer — zooals bij Raleigh's theorie een vereischte is — vergelijkbaar is met de golflengte van het licht. Wij treffen toch in de lagere luchtlagen stof en kleine waterdruppeltjes aan, soms in dichte massa's. Hier is dan sprake van gewone diffuse verspreiding door terugkaatsing en de leer van het licht geeft aan, dat de intensiteit van het aldus verspreide licht afhangt van $1/\lambda^2$, zoodat de sterkte van het licht, dat ons direct bereikt, is afgenomen met een bedrag, dat afhangt van $1/\lambda^2$. Men zie Bosscha-Sissingh 2 § 235, 236 en 293. Ook doet zich bij het doorgaan van het licht door de een of andere middenstof absorptie voor onafhankelijk van de golflengte, waarbij lichtstralen in warmtestralen van grotere golflengte worden omgezet. En hoewel voor de lucht zelve deze werking gering is, zal toch een troebele atmosfeer (met stofdeeltjes dus) wel een absorptie in dezen zin uitoefenen.

Waarschijnlijk zullen wij dus de rol, die de verstrooiing en absorptie spelen in het bijzonder bij de waarnemingen van Havinga, het best kunnen toetsen aan een formule van den vorm:

$$I_m = I_0 e^{-\left(a + \frac{b}{\lambda^2} + \frac{c}{\lambda^4}\right)}$$

welke dan alleen in de kim gebruikt wordt, zoodat de doorloopen luchtlaag steeds dezelfde afmeting heeft. De coëfficiënten a en b

hangen af van de meerdere of mindere verontreiniging van de lucht. c is constant en te bepalen. Uit de formule van Rayleigh volgt, dat c wordt:

$$c = \frac{32 \pi^3 x}{3 q} (\mu - 1)^2.$$

Stellen wij hierin:

$$q = 28 \times 10^{18} \text{ (Kohlrausch, King Met. Z. 25 (1915).)}$$

$$\lambda = 6 \times 10^{-5}.$$

$$\mu = 1.00029 \text{ (Kayser en Runge).}$$

$$x = 340 \times 10^5 \text{ (naar Abney).}$$

$$\text{Dan vinden wij: } \varepsilon x = 2.6. \text{ Dus } c = 2.6 \times 6^4 \times 10^{-20} = 3369.5 \times 10^{-20} \text{ in de kim.}$$

$$\text{In het zenith is } \varepsilon = 0.064 \text{ en } c = 81.8 \times 10^{-20}.$$

Abney [Phil. Trans. 184 A 1 (1893)] vond uit proeven met gevoelig platinapapier voor c 170×10^{-20} tot 130×10^{-20} . King [(Met. Z. 25 (1915))] vond hiervoor gemiddeld 67.4×10^{-20} en voor a 0.0445.

Uit deze gegevens volgt dan bijgaande tabel:

Horizon			Zenith				
λ	$\frac{c}{\lambda^4}$	$T_{\substack{a=0 \\ b=0}}$	$\frac{c}{\lambda^4}$	$T_{\substack{a=0 \\ b=0}}$	$e^{-(a + \frac{b}{\lambda^2})}$	$a + \frac{b}{\lambda^2}$	
400	13.2	0.000	0.32	0.726	0.806	0.216	T is de trans- commissie coefficient als a en b nul zijn.
450	8.3	0.000	0.20	0.819	0.817	0.202	
500	5.4	0.004	0.13	0.878	0.863	0.147	
550	3.7	0.025	0.09	0.914	0.869	0.140	
600	2.6	0.074	0.06	0.942	0.871	0.138	
650	1.9	0.150	0.05	0.951	0.885	0.122	
700	1.4	0.247	0.03	0.970	0.905	0.100	
750	1.1	0.333	0.03	0.970	0.908	0.097	
800	0.8	0.449	0.02	0.980	0.944	0.058	

Hieruit volgt $a = 0.022$, met een middelbare fout van 0.0005, en $b = 3.5 \times 10^{-10}$, met een middelbare fout van 0.016.

Om $e^{-(a + \frac{b}{\lambda^2})}$ te vinden is gebruik gemaakt van de metingen uit de vorige tabel; de „berekeningen”, die voor stofvrije lucht gelden, zijn niet gebruikt.

King vond, dat b te verwaarlozen was ten opzichte van a , hetgeen begrijpelijk is, als men bedenkt, dat hij de waarnemingen van M. Wilson bewerkte.

Ook Hurion (C.R. 112 1431) vond bij zijne metingen over de lichtabsorptie in water, dat met chloorzilver was troebel gemaakt een vorm van de gedaante:

$$I_m = I e^{-\left(a + \frac{c}{\lambda^4}\right)}.$$

Er blijkt in de atmosfeer echter een geringe diffusie door grootere deeltjes wel aanwezig te zijn.

Uit de waarnemingen van Abbot, Fowle en Aldrich (Ann. of the Smith. Inst. 3) heeft Exner een kromme geconstrueerd voor de de intensiteit van het zonlicht buiten de atmosfeer; zie fig. 6. Verkorten wij de ordinaten van deze kromme volgens kolom 3 van de tabel, dan verkrijgen wij fig. 7. Het gestippelde gedeelte van deze kromme betreft het geel en oranje, dat door absorptie is verdwenen. Is nu het rood ondergegaan, dan blijft te beschouwen het deel van de figuur, dat links van $580 \mu\mu$ ligt; daarbij blijkt dan, dat practisch alleen het groen tusschen $500 \mu\mu$ en $580 \mu\mu$ zichtbaar blijft.

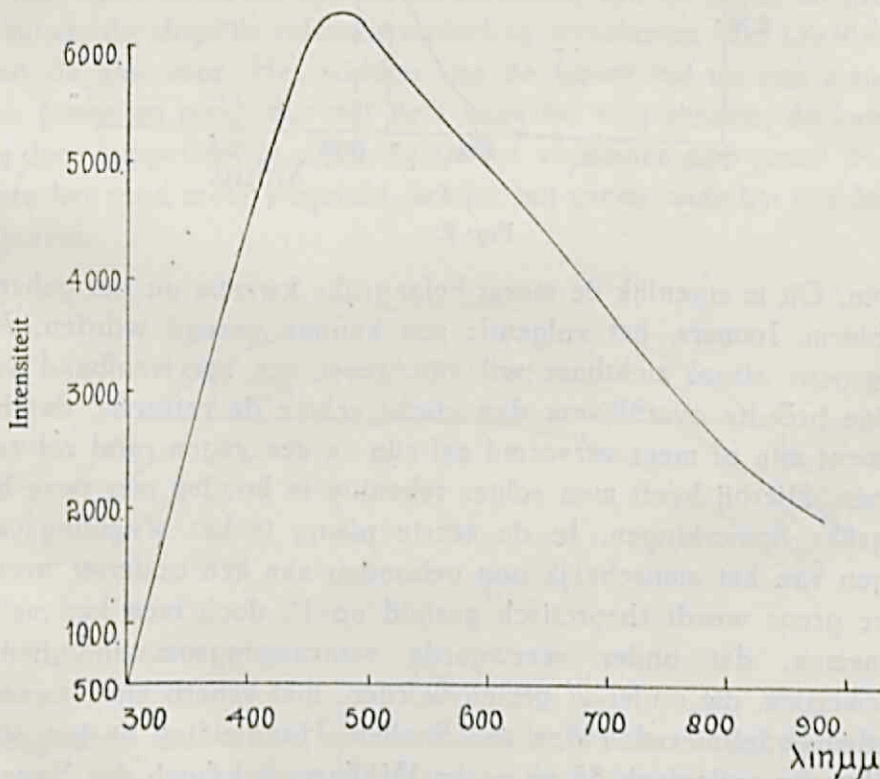


Fig. 6.

§ 12. Het „scherp begrensde” segment. Aanloopen van het segment.

De normale vorm, waaronder de groene straal zich vertoont, is een van de hoeken groen aanlopend segment, dat tenslotte geheel

groen gekleurd verdwijnt. Het is dus nu zaak na te gaan, hoe men zich een scherp begrensd, normaal gevormd segment moet ver-

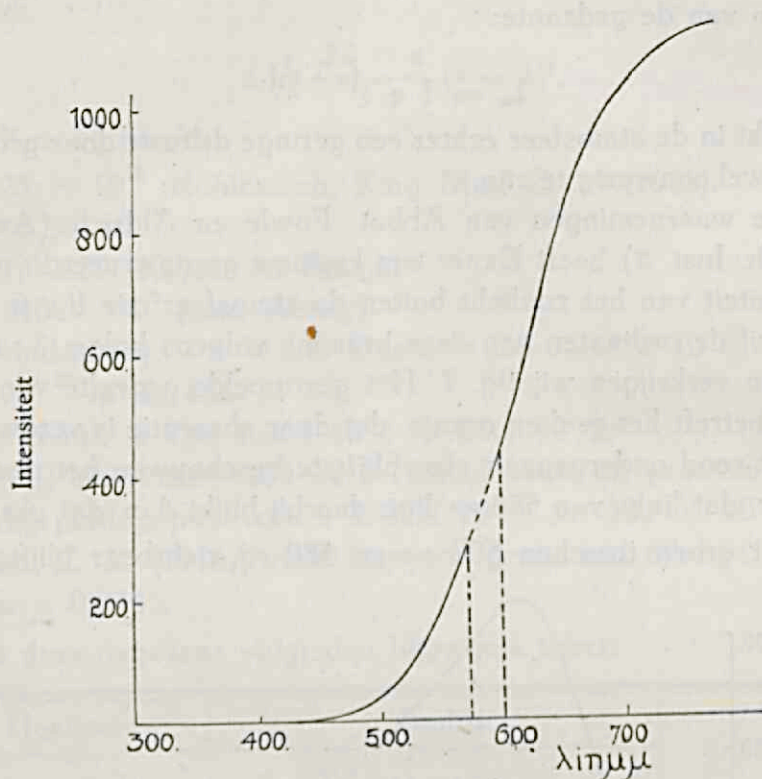


Fig. 7.

klaren. Dit is eigenlijk de meest belangrijke kwestie uit het geheele probleem. Immers, het volgende zou kunnen gezegd worden. Als de groene straal zichtbaar wil zijn, moet een spectraalband van eenige breedte overblijven; dan eischt echter de refractie, dat het segment min of meer vervormd zal zijn en een vagen rand zal vertoonen. Hierbij heeft men echter rekening te houden met twee belangrijke opmerkingen. In de eerste plaats is het scheidingsvermogen van het menschelijk oog gebonden aan een onderste grens. Deze grens wordt theoretisch gesteld op 1', doch men kan veilig aannemen, dat onder verzwaarde waarnemingsomstandigheden voorwerpen, die onder 2' gezien worden, niet scherp meer kunnen worden gedefinieerd. (Men zie: Snellen, Handleiding bij het oogheelkundig onderzoek 85 en v., en Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik 4 497). Zoodat wij ondanks de refractie het groene beeld, afkomstig van een spectraal gebied van zekere breedte, scherp meenen te zien. In de tweede plaats bezit juist het groene gedeelte van het spectrum een bijzondere energie, zooals uit fig. 6 en 7 blijkt. [Men zie ook: Minnaert dissertatie 77 en Milne Ph.

Trans. 223 201 (1922)]. Zoodat men slechts een smallen band groen behoeft over te houden, om het verschijnsel al zichtbaar te maken en een vage rand op het oog een veel minder sterken indruk zal maken.

Stellen wij, dat het segment ons vertoont het groen van 0.58μ — 0.5μ en dat een vaag uitlopende rand blauw van 0.5μ — 0.45μ dit segment omgeeft. Dan hebben wij bij een refractie van 2° een segment van $34''$ en een rand van $26''$ (§ 7) tezamen $1'$, wat voor ons oog een scherp gevormd segment zal zijn, dat in ± 2 sec. zal verdwijnen. Stellen wij de refractie 3° , dan wordt het segment $51''$ en de rand $39''$, samen $1'30''$, welk segment in ± 3 sec. verdwijnt. Daar het blauw van den bovenrand veel minder sterk zal zijn dan het groen, schijnt het segment groen van kleur en scherp gevormd.

Een tweede vraag, die men zich kan stellen, is, hoe men zich het groen aanloopen aan weerszijden van het segment moet verklaren. Fig. 7 geeft eenige cirkels met gelijken straal, telkens iets naar boven verschoven; dit zijn de bovenranden van de roode en groene schijven, die door de refractie onderling verschoven zijn. De lijn AB stelt de kim voor. Het midden van de figuur zal nu een mengsel van groen en rood, dus wit licht naar het oog zenden, de kanten, die door stippellijntjes zijn aangegeven, vertoonen zich groen. Naarmate het rood meer wegzinkt, schijnt het groen naar het midden te schuiven.

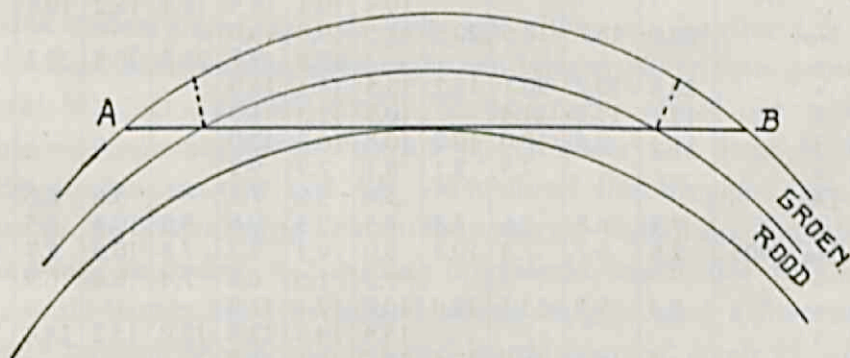


Fig. 8.

Eigenlijk zou alleen spectroscopisch onderzoek in deze twee vragen nieuw licht kunnen ontsteken. Het zou hierbij ook blijken of het „groen” soms een mengsel van blauw, groen en geel is.

Absolute Vochtigheden.

Datum. Waarn.	8m	12	4	×	8a	12	4	×	8m	12	4
				*				*			
Soomer. 1903											
30 Maart	9.5	11.1	12.1	12.7	11.9	12.0	11.7				
1 April	12.4	14.2	15.0	18.7	14.8	17.1	17.4				
6 »	16.5	17.6	19.0	19.9	18.7	19.5	20.0				
20 Mei					23.2	22.3	22.6	25.0	22.7	23.4	22.9
27 »					24.1	24.4	25.5	26.4	27.0	—	26.9
27 »	27.0	—	26.9	30.3	27.6	27.0	27.7				
2 Juni					15.1	15.9	16.0	16.0	16.6	16.4	16.1
18 Juli					19.2	19.4	16.4	18.9	18.9	18.7	19.1
22 »					—	—	21.7	21.7	21.2	23.0	22.1
23 »					22.5	23.7	24.3	23.3	23.4	24.0	23.2
17 Sept	24.5	25.4	23.2	24.9	24.0	24.1	24.5				
21/22 »	21.5	20.5	19.2	23.8	18.7	17.7	16.9	17.7	16.7	—	—
22 »	—	—	—	16.2	—	—	—				
24 »	11.9	11.5	12.2	10.6	10.4	10.8	11.3				
25 »	10.9	10.7	9.7	12.7	9.7	11.4	11.6				
2 Oct					12.3	12.0	11.6	12.3	11.0	13.0	13.0
Fischer. 1904											
14 Febr	8.2	7.7	7.5	8.5	7.7	8.4	8.9				
15/16 »	9.4	10.7	10.3	10.5	10.6	10.8	10.2	11.0	11.6	—	—
17 »					—	—	—	9.3	—	—	10.3
18 »					10.3	10.9	11.2	10.9	10.5	13.5	15.1
11 April	18.0	18.4	17.6	18.1	17.7	16.9	17.0				
15 Sept	13.9	13.6	14.3	13.6	13.9	13.8	13.2				
26 »					20.9	18.7	18.4	18.9	19.4	19.2	19.4
26 »	19.4	19.2	19.4	20.0	20.0						
29 »					19.1	19.3	20.9	21.4	20.0	21.3	20.7
2 Oct					22.0	20.4	19.5	19.1	19.7	19.3	18.8
2/3 »	19.7	19.3	18.8	19.2	19.2	18.7	20.2	20.6	20.8	19.2	18.5
4 »					19.4	19.4	18.5	18.4	18.2	19.6	19.6
22 Nov	20.0	18.7	18.5	20.3	18.5	19.0	19.0				
24 »					—	19.8	19.7	21.3	20.8	20.7	20.1
24 »	20.8	20.7	20.1	18.2	18.5	18.3	15.9				
25 »	15.1	13.2	11.4	—	10.5	12.3	11.3				
26 »	11.4	9.6	10.0	10.2	10.8	10.8	12.0				
28 »	—	—	7.5	9.1	8.1	7.9	9.2				
1 Dec					5.8	5.9	7.3	—	5.6	6.6	8.0
4/5 »	7.5	6.8	7.6	7.4	8.5	9.3	9.6	8.6	10.4	8.5	9.7
7/8 Jan 1905	7.6	6.7	7.3	10.3	9.0	9.4	9.2	7.8	10.5	8.7	11.1
13 »					7.2	7.0	6.2	7.4	5.8	6.9	6.6
18 »	9.3	9.9	13.1	12.0	10.7	12.1	11.9				
23 »					15.4	14.5	12.8	12.0	13.2	14.4	16.2
23 »	13.2	14.4	16.2	17.4	16.7	17.1	18.2				
25 »					19.0	18.2	17.8	18.1	17.7	18.4	18.3
25/26 »	17.7	18.4	18.3	20.3	17.4	17.2	19.2	18.9	17.2	16.6	16.4
5 Maart	18.1	23.8	22.9	23.0	22.6	22.0	21.8				
13 »	18.5	18.3	17.7	18.5	17.4	16.9	16.9				
17/18 »	14.6	13.7	13.4	14.5	12.7	12.7	11.9	13.5	11.4	12.3	12.3
19 »					12.9	13.7	14.1	13.1	13.9	16.5	12.5
31 »	10.3	9.0	—	9.3	—	—	—				
Loos. 1906											
13 April	16.1	17.0	17.8	17.2	17.2	19.0	18.9				
18 Juli	17.9	19.8	23.0	21.6	22.1	22.5	21.6				
16 Sept					23.2	23.6	23.2	24.6	23.0	22.3	22.4

* × Groene straat.

HOOFDSTUK IV.

Het werk van Havinga. Slot-overzicht.

§ 13. *Algemeene opmerkingen.*

Reeds in het 1e hoofdstuk vermeldde ik, dat op de sterrewacht te Utrecht aanwezig was een keurige, zeer uitgebreide collectie waarnemingen van den heer Havinga, destijds 1e officier bij den Rott. Lloyd. Alle voorkomende vormen en talloze detailkwesties van den groenen straal zijn door hem opgemerkt, terwijl hij waarschijnlijk gemaakt heeft, dat wij hier met een brekings- en dispersie-verschijnsel te doen hebben.

Achter het 1e hoofdstuk is een lijst (4) toegevoegd, die een overzicht geeft van H.'s waarnemingen, terwijl men achter dit werkje een paar van zijn teekeningen gereproduceerd vindt. Het publiceeren van het geheel zou te veel plaatsruimte vergen; terwijl ook de keurige collectie schetsen, in potlood gemaakt, den lezer grootendeels onthouden moeten worden om dezelfde reden. Zooals reeds gezegd, heeft Havinga op een tiental reizen heen en weer naar Indië 303 waarnemingen gedaan.

Ik wil beginnen met enkele algemeene opmerkingen over Havinga's werk te maken. Nadat H. een poging gedaan heeft in het begin, om den groenen straal spectroscopisch te onderzoeken, heeft hij dit niet herhaald. De kwestie zal waarschijnlijk ook nog vele moeilijkheden met zich brengen, die Danjon en Rougier beter konden ondervangen door de vaste opstelling van hun toestel.

Havinga heeft verder steeds met een langen kijker waargenomen, zoodat het niet duidelijk wordt, of de groene straal ook met het bloote oog waarneembaar was, als hij een observatie deed. H. heeft in details het verloop van het verschijnsel beschreven, doch den duur van de waarneming zelden aangegeven. Reis 2 no. 1 geeft een duur van 3 seconden, waarbij dan opgemerkt wordt, dat dit lang is, daar in de tropen het verschijnsel zelden langer dan 1 à 2 seconden duurt. Omtrent de pijl van het verkleurde segment geeft H. enkele schattingen van 2', 3' en 4'. Het lijkt mij, dat deze schattingen wel wat groot zijn, misschien is hier abnormaal groote refractie in het spel. Men zie de tabel in § 7. Ook Whitmell zegt (J.B.A.A. 14 23): „When the width of the coloured border is 3—4 minutes of arc, then „this would correspond with $1/10$ — $1/8$ of the sun's diameter and the „dispersion would in that case be much greater, than is generally „accepted". Wij hebben ook reeds in het tweede hoofdstuk op dit feit gewezen.

Verder merkt H. op, dat de kans van waarneming van den groenen straal als 't ware samenhangt met de kleur van de ondergaande zon. Gaat de zon schitterend onder, langzamerhand overgaande in lichtgeel, dan wordt een vrij groot segment groen gekleurd. Hoe meer de tint van de ondergaande zon naar het roode neigt, hoe bleeker het laatste groen is; terwijl bij een vuurroode zon gewoonlijk geen waarneming van den groenen straal volgt. Dan is door diffuse verstrooiing ook het groen verdwenen, zooals in het hoofdstuk III werd aangegeven.

Bij ondergang achter wolken of land is de duur van het verschijnsel afhankelijk van de hoogte waarop de zon verdwijnt. Volgens Havinga is het verschijnsel nog waarneembaar, wanneer de zon op 3° hoogte achter land of wolken verdwijnt.

Na de 4e reis onderscheidt H. onafhankelijk van Fisher de zons- ondergangstypen A en B. (Type A stemt overeen met ons type 1 uit hoofdstuk II, terwijl type B een normalen zons- ondergang zonder spiegeling beduidt).

Havinga constateert verder (8e reis), dat het zeewater minstens 1° in temperatuur hooger moet zijn, dan de lucht, om een zons- ondergang met spiegeling te kunnen verwachten.

Een natelling levert, dat bij heldere lucht 54 waarnemingen met spiegeling werden gedaan en 18 waarnemingen zonder spiegeling. Aangezien men bij bewolkte lucht en bewolkte kim de spiegeling niet of moeilijk kan nagaan, heb ik alle waarnemingen met bewolking overgeslagen.

Havinga constateert uitdrukkelijk (6e reis), dat er een zekere hoeveelheid waterdamp in de lucht moet zijn, om den groenen straal mogelijk te maken. Ook dit sluit aan bij onze opmerkingen.

H. heeft nimmer een opschietende straal gezien, waaruit wel blijkt, dat deze vorm van het verschijnsel tot de hooge zeldzaamheden behoort. Wel zag hij eenmaal een groen ellipsje, door een violette stralenkrans omgeven (grootte $\pm 30'$). En tweemaal merkte hij op, dat een groen segmentje rustte op een rood streepje, dat zich feitelijk onder de kim bevond. In dit laatste geval is waarschijnlijk een abnormale breking van roode stralen aanwezig, die deze nog zichtbaar maken. Het geval blijft raadselachtig.

Een door Havinga op reis 4 no. 14 voor het eerst vermeld verschijnsel, dat sindsdien door hem systematisch is bestudeerd, is de waarneming van zeer kleine groene afsnijdingen aan den bovenrand der zon, tijdens het ondergaan. Waarschijnlijk wordt dit door kleine wolkjes veroorzaakt. Behalve bij Havinga vond ik deze waar-

neming alleen vermeld bij Haentjens en v. d. Ven (zie lijst 3) en bij Gibbs (J.B.A.A. 28 257). Havinga heeft echter het verschijnsel systematisch bestudeerd.

§ 14. *De afsnijdingen.*

H. maakt de opmerking, dat de bovengenoemde afsnijdingen van kleur konden veranderen tijdens de daling van de zon. En dat zij ook een andere kleur konden hebben dan het laatste segment. Deze kwestie geeft ons een aardigen kijk op de constitutie van de atmosfeer en ik wil hierop wat nader ingaan. Ik citeer allereerst eenige der beschrijvingen van Havinga:

„De groene straal op 20 Febr. '05 in de golf van Aden op $12^{\circ}32'$ N.B. en $46^{\circ}23'$ O.L.

„De lucht was geheel helder en het licht der zon tot het laatst „schitterend: zij werd op 't laatst noch geel noch oranje gekleurd. „Toen zij met hare onderrand nog $\pm 30'$ boven de kim stond, gelukte „het mij er in op te zien en was hare rand vol kartels of uitsteeksels „en een oogenblik later nam ik reeds een prachtig „helder blauwe” „afsnijding waar. Deze afsnijdingen werden later „groen blauw” en „daarna prachtig „smaragd groen”. 't Waren tusschenbeide groote „schijfjes, welke afgesneden werden, juist groene straaltjes in het „klein. Men ziet twee puntjes verkleuren en er gaat weer een stukje „af. Deze afsnijdingen vertoonden zich bijna zonder tusschenruimte: „de een was nog niet weg of de andere begon alweer; zij heeft het „dezen avond waarschijnlijk wel meer dan 20 malen gedaan. 't Was „een prachtig gezicht. Op $\pm 3'$ kwam de tegenzon op, deze smolten „vervolgens samen, zij nam den ballonvorm aan en het verschijnsel „vertoonde zich als gewoonlijk: de zonnevlekken werden weer paaltjes, de hoeken begonnen af te ronden en reeds vroeg te verkleuren „en eindelijk verdween het laatste segmentje als een flink ellipsje, „even boven de kim. Toen de hoeken begonnen te verkleuren, waren „deze „smaragdgroen”, doch toen de kleur zich verspreidde, waren „eerst de punten smaragdgroen, maar naar het midden werd zij donkerder en de kleur van het laatste stukje, dat verdween, is haast „niet te beschrijven; er zat donkergroen en ook blauw in.”

De groene straal op 26 Dec. '05 in de Middell. Zee op $33^{\circ}22'$ N.B. en $28^{\circ}30'$ O.L.

„Het was voor het eerst sinds ons vertrek uit Rotterdam, dat ik „weder een mooie zonsondergang zag. Iederen avond was de lucht „nog al zwaar bewolkt geweest en verdween zij reeds vrij vroeg „achter deze wolken. Thans was de lucht bijna helder, alleen dreven

„er eenige cumuluswolkjes en daar, waar de zon onderging, hing een „wolk op de kim van $\pm 16'$ hoogte; de zon verdween achter deze „wolk, waarvan de bovenkant zeer scherp afstak tegen den helderen „achtergrond en kwam niet weder te voorschijn. Het licht der zon „was en bleef tot het laatste schitterend en toen zij met haar onder- „rand deze wolk aanraakte, was het pas mogelijk er in op te zien. „Eerst nam ik wel afsnijdingen waar, doch geen verkleuringen, doch „langzamerhand werden de afgesneden stukjes eerst „licht groen” „en daarna „groen-blauw”. Zij daalde voortdurend en er werden „steeds meer en meer stukjes afgesneden; nog steeds de groen- „blauwe kleur. En ook werd het laatste segmentje fraai verkleurd „toen het voorgoed verdween, doch de kleur was niet groen-blauw „meer; er was zelfs geen spoor van groen meer in te bekennen: 't was „blauw en violet”.

„Toen dus de bovenrand nog $\pm 50'$ boven de kim stond, viel er „nog niets waar te nemen; daarna werden de stukjes achtereenvol- „gens „lichtgroen” en „groen-blauw”, doch de kleur van het laatste „segment was „blauw” en „violet”.

Een natelling levert op, dat $35 \times$ een verkleuring begon met blauw en terugliep tot groen (zie eerste beschrijving) en $19 \times$ een verkleuring begon met groen en langzamerhand overging in blauw. Het eerste schijnt dus wat meer voor te komen, dan het tweede. De eerste soort doet zich voor, wanneer een nevelbank in de kim zit en de zon dus zelf licht en donkergeel, oranje en daarna rood wordt. Als de zon donkerrood wordt, vertoont zich geen groene straal. De tweede soort vertoont zich, als er nevel op eenigen afstand boven de kim hangt en deze zelf helder is.

De blauwe kleur schijnt wel samen te hangen met het aanwezig zijn van wolken.

Een natelling levert, dat $48 \times$ wolken de blauw gekleurde segmenten vormden, of aanwezig waren bij het optreden van een blauw segment in de kim, terwijl $13 \times$ boven land en $13 \times$ boven zee een blauwe kleur werd waargenomen, zonder dat direct van wolken sprake is. In vele dier laatste gevallen zijn dan echter nog blauwe afsnijdingen gezien, die toch hoogst waarschijnlijk door kleine wolkjes gevormd werden.

In § 11 vonden wij de formule:

$$I_m = I_o e^{-\left(a + \frac{b}{\lambda^2} + \frac{c}{\lambda^4}\right)}$$

Hierin is c een constante 3369×10^{-20} , doch a en b hangen af van den toestand van de atmosfeer. Zijn er vele deeltjes van veel

grooter afmetingen dan de luchtmoleculen in de atmosfeer aanwezig, dan kunnen a en b een grootte verkrijgen, zoodanig, dat zij den invloed van c in den exponent belangrijk vergrooten. Dit doet zich voor, als er nevel aanwezig is, waardoor het zonlicht ons moet bereiken. Het is duidelijk, dat dan de kleur van de afsnijdingen steeds meer van blauw naar lichtgroen verschuift, naarmate de nevel dichter wordt. Omgekeerd kan de kleur der afsnijdingen steeds meer naar het blauw gaan, als de nevel naar beneden toe ijler wordt. Zoo kan men zich het veranderen van de kleur der afsnijdingen verklaren.

Voor het blauwe segment is een bijzonder heldere lucht noodig. Dan wordt de invloed van a en b zeer gering; King vond zelfs, dat b op Mount Wilson te verwaarloozen was. Het schijnt, dat boven wolken met een scherp bovenrand de gewenschte doorzichtigheid aanwezig is; hier komt bij, dat boven wolken van eenige hoogte de voorwaarden voor diffuse verspreiding al geheel andere zijn, dan in de kim. Het blauw ondergaat daar veel minder uitdooving.

Het is niet wel mogelijk, van bovenstaande formule een nadere toepassing te geven; daar zijn de gegeven kleuraanwijzingen niet scherp genoeg voor. Maar wel ligt in de kleurveranderingen der afsnijdingen een duidelijke aanwijzing, dat de diffuse verspreiding een rol speelt bij deze kleuren.

§ 15. Slotoverzicht.

Wanneer wij nu de verkregen resultaten nog eens overzien, vinden wij, dat tot het vormen van den groenen straal medewerken:

1 refractie. a normaal. (§ 6)

b abnormaal. (§ 7)

2 spiegeling. a naar beneden. (§ 8)

b naar boven.

3 absorptie. (§ 10)

4 diffuse verspreiding. (§ 11)

5 onvolkomenheid van het zien. (§ 12)

1a. De dispersie van den dampkring levert een spectrum, dat van onder naar boven de kleuren rood, geel, groen, blauw, violet vertoont. Hierdoor vormt zich, met name aan den bovenrand der zon, een zoom, welker breedte afhangt van de grootte van de refractie; heeft deze dus in de kim de waarde, die Bessel opgeeft of ook de wat grootere waarde, door Emden gevonden, dan is het groene gedeelte van dezen zoom, waaruit de groene straal moet voortkomen, slechts smal en verdwijnt sneller achter de kim, dan met den gemid-

delden tijdsduur van den groenen straal is overeen te brengen. Julius wil hier dus abnormale dispersie ter verklaring gebruiken.

1b. Wanneer wij echter de refractie in de horizon nader onderzoeken, treffen wij vele feiten aan, die het waarschijnlijk maken, dat vergrootte refractie aldaar een in 't geheel niet ongewoon verschijnsel is. En daardoor wordt dan natuurlijk de breedte van den groenen rand grooter, terwijl wij voor den tijdsduur een theoretisch gemiddelde van 1.75 sec. konden geven, die van de practisch gevonden waarde 1.87 sec. al weinig meer verschilt. Sommige langdurige waarnemingen moesten echter onverklaard blijven.

2. Het feit, dat zich ook spiegelbeelden van het ondergaande segment konden vormen bij daarvoor gunstige omstandigheden, vergrootte de kans op zichtbaarheid van het verschijnsel en verlengt den duur. Het ontstaan dier spiegelbeelden is kort toegelicht door een overzicht van de beschouwingen van Wegener. Waarschijnlijk kan ook het opschietende groene straaltje opgevat worden als spiegelbeeld van het verdwijnende laatste puntje.

3. Nu moest nog aangetoond worden, dat men alleen het groen uit den refractierand over kan houden. Wij vonden, dat dit mogelijk was, als het rood onder de kim was verdwenen. Dan konden toch, zooals Danjon en Rougier hebben aangetoond, het geel en oranje grootendeels door absorptie van den waterdamp in de atmosfeer zijn weggenomen. De bij de waarnemingen opgegeven vochtigheidstoestanden wezen ook uit, dat een grootere vochtigheid meestal aanwezig was. Speciaal werden de in de Roode Zee gedane waarnemingen onderzocht.

4. Voor het verdwijnen van violet en blauw konden wij ons beroepen op de theorie van Rayleigh, die heeft aangetoond, dat de luchtmoleculen een diffuus verspreidende werking op de lichtgolven uitoefenen. Aangezien de verspreidende werking afhangt van $e^{-\frac{1}{\lambda^4}}$, is zij het sterkst voor de kleinste golflengten uit het spectrum. Een poging, om practische gevolgtrekkingen te maken uit de opgegeven kleuren kon echter — wegens de onnauwkeurigheid der opgaven — niet doorgezet worden.

5. Wat tenslotte de vorm van het overblijvende groene segment betreft, moest worden opgemerkt, dat het menschelijk oog waarschijnlijk niet in staat was, afwijkingen van den segmentvorm nog te onderkennen, als deze kleiner dan 2' waren. Zoodat men een segment met kleine afwijkingen wel steeds als „scherp gevormd” zal zien.

Conclusie: Voor de zichtbaarheid van het verschijnsel is dus allereerst noodig vergroote refractie. Het is dan mogelijk een gekleurd laatste segment waar te nemen, hetzij blauw, hetzij groen, al naarmate de diffuse verspreiding meer of minder sterk werkt. Dit laatste stukje kan echter vervormd worden door de groote refractie en ook door spiegeling. Bij de spiegeling van het laatste gedeelte zou dit een opschietend straaltje kunnen vormen.

Wil men echter een scherp geteekend segment zien, dan moet naast vergroote refractie ook een groote vochtigheidstoestand aanwezig zijn, terwijl de diffuse verspreiding voor verwijdering van violet en blauw moet zorgen. Eventueele kleine afwijkingen zullen, zoolang ze beneden de $2'$ blijven, niet opgemerkt worden.

Voor verder onderzoek van het verschijnsel zijn spectroscopische waarnemingen een dringende eisch.



Fig. I.

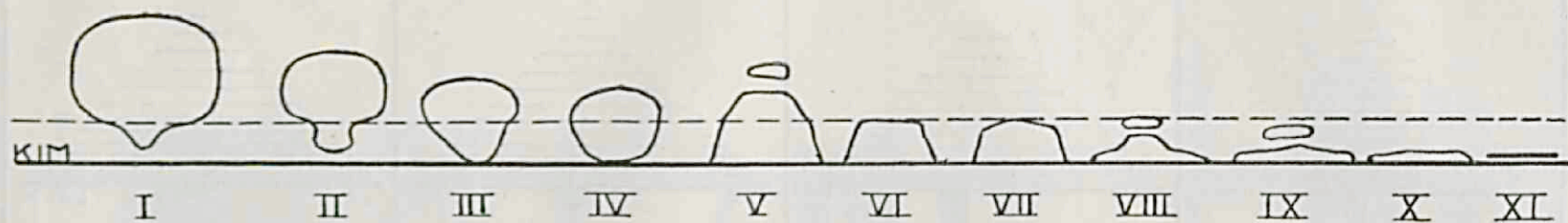
Observatie 2 Mei 1904.

F. F. v. d. Ven, ^{a/b} Hr. Ms. „Friesland”, golf v. Aden.

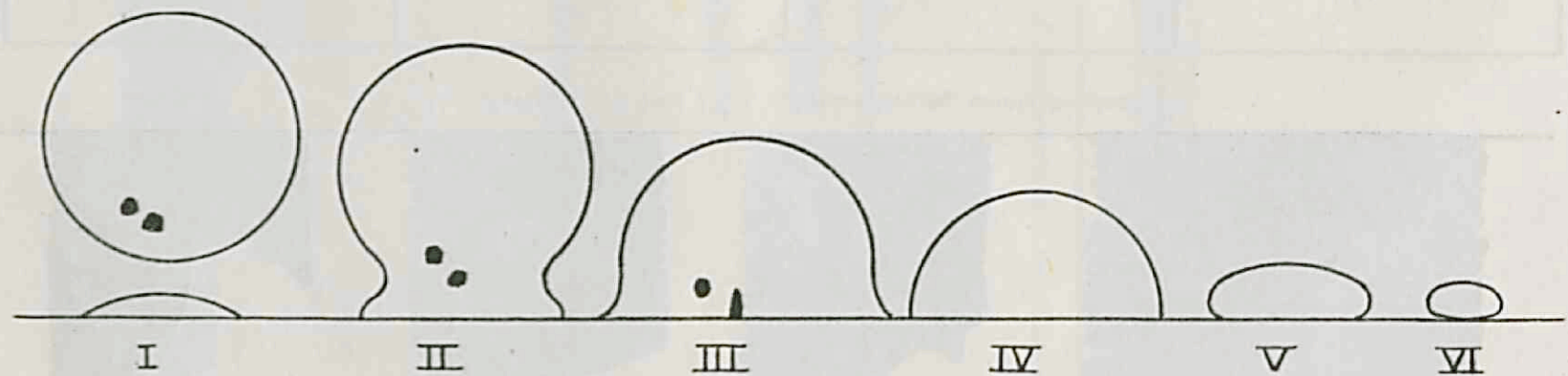
Fig. II.

Observatie 4 Mei 1904.

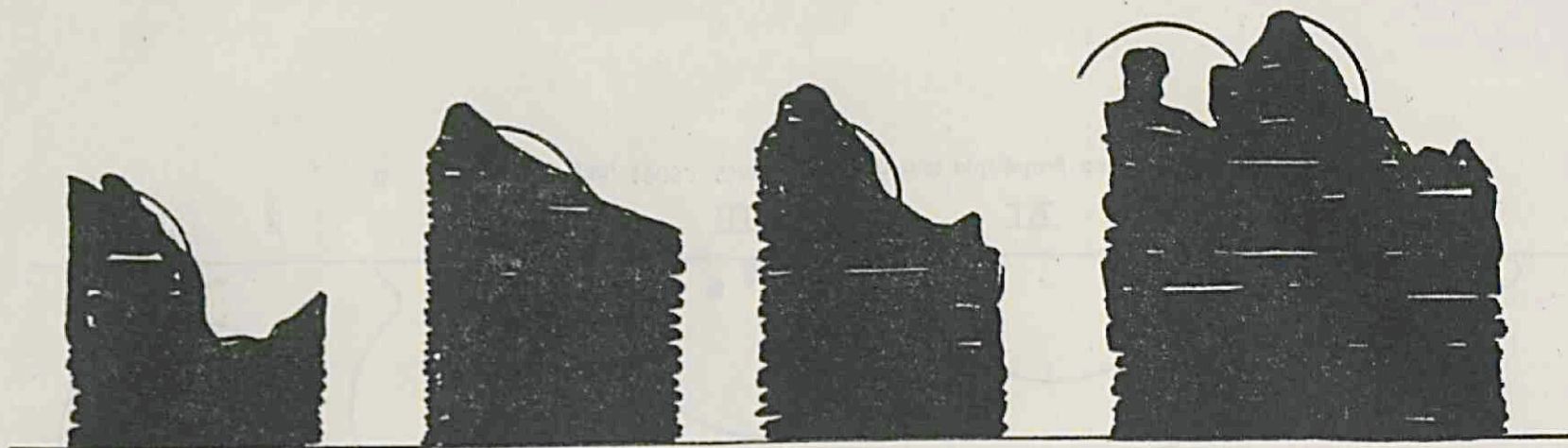
F. F. v. d. Ven, ^{a/b} Hr. Ms. „Friesland”, golf v. Aden.



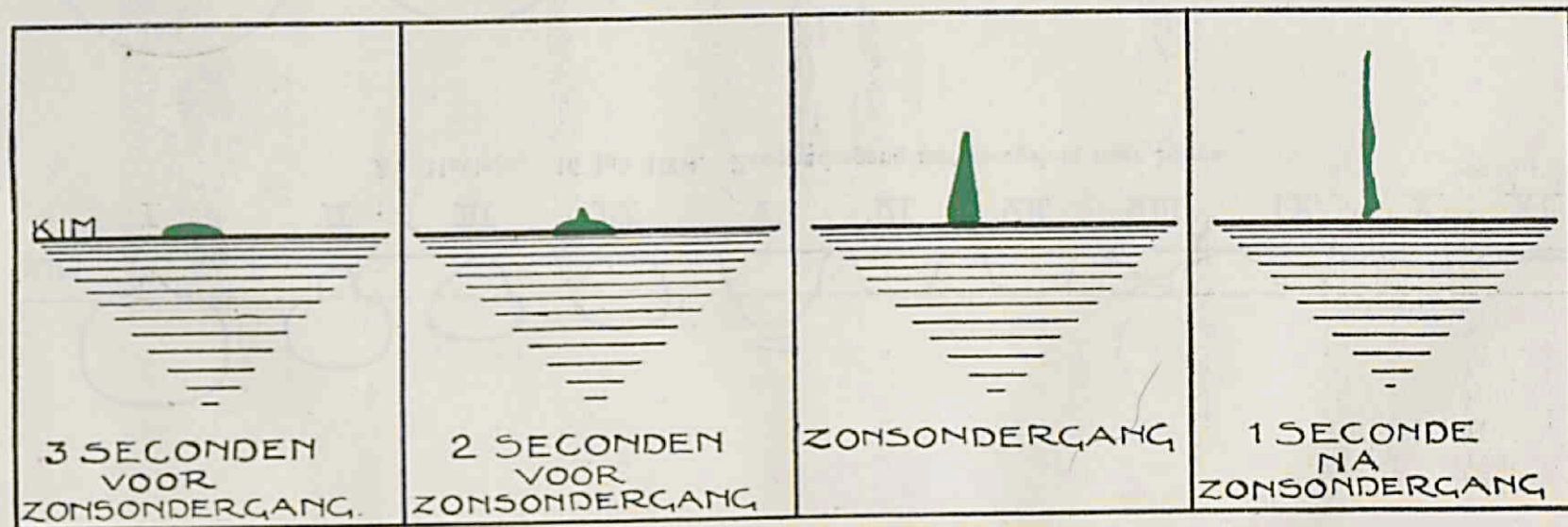
A. Havinga. 16 Juli 1904. Zonsondergang met spiegeling naar boven.



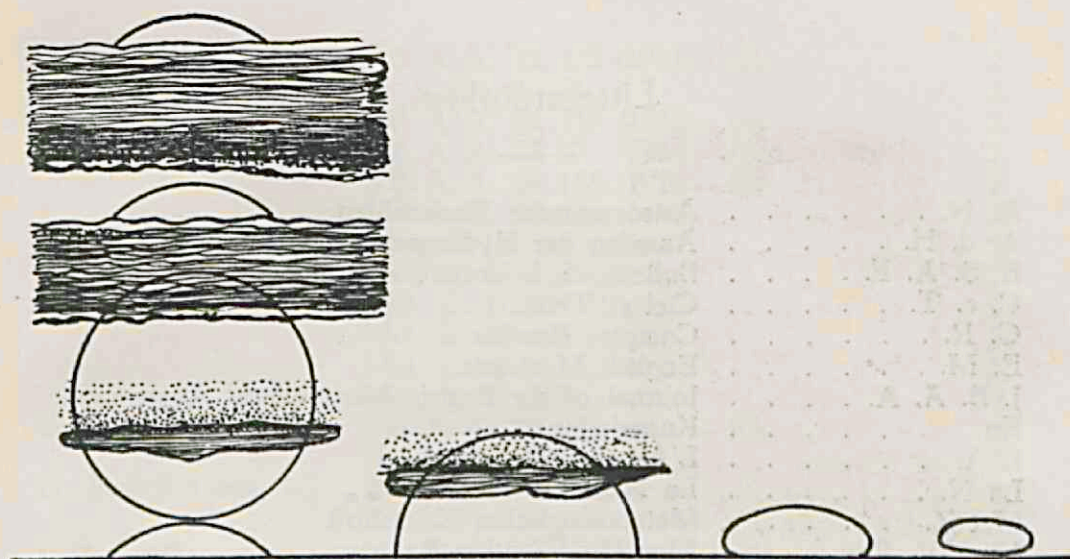
B. Havinga. 2 Jan. 1905. Zonsondergang met spiegeling naar beneden.



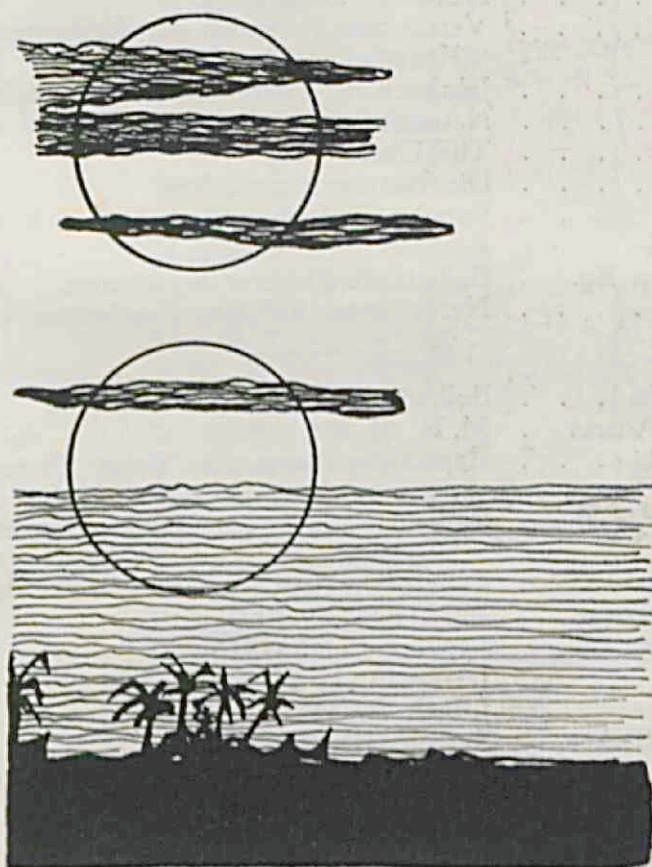
C. Havinga. 25 Juni 1905. Zonsondergang achter bergland.



D. P. Lagaaij. 22 Juli 1911. Zonsondergang met opschietenden straal.



E. Havinga. 19 Februari 1905. Zonsondergang met spiegeling naar beneden.



F. Havinga. 20 Juni 1904. Zonsondergang reede Soerabaya.

Litteratuurlijst.

A. N.	Astronomische Nachrichten.	
A. d. H.	Annalen der Hydrographie.	
B. S. A. F.	Bulletin de la société Astronomique.	
C. e. T.	Ciel et Terre.	
C. R.	Comptes Rendus.	
E. M.	English Mechanic.	
J. B. A. A.	Journal of the British Astronomical Association.	
Kn.	Knowledge.	
L' A.	L'Astronomie.	
La N.	La Nature.	
Met Z.	Meteorologisches Zeitschrift.	
Mo. W. Rev.	Monthly Weather Review.	
Q. J.	Quarterly Journal.	
M. N.	Monthly Notices.	
Rev. Sci.	Revue Scientifique.	
Symons	Symons' Monthly Meteorological Magazine.	
H. en D.	Hemel en Dampkring.	
V. A. P.	Verein von Freunden der Astronomie und Kosmischen Physik.	
J. A. G.	Jahrbuch der Astronomie und Geophysik.	
N.	Nature.	
O.	The Observatory.	
Nw.	Die Naturwissenschaften.	
P. A.	Popular Astronomy.	
Arch. Neerl.	Archives Neerlandaises.	
Bull. de l'Inst Eg.	Bulletin de l'Institut Egyptienne.	
N. R.	Naturwissenschaftliche Rundschau.	
Abbate Pacha	Bull. de l'Institut Eg. 326 (1893).	M. F. 1.
J. Franklin Adams	M. N. 61 484 (1901).	1. 2.
H. Arctowski	Expedition Antarctique Belge: Phénomènes optiques de l'Atmosphère 26 § 6.	2.
	Bulletin de la Société Belge d'Astronomie. 72 (1902).	2.
A. Mac Adie	Publ. of the Astr. Soc. of the Pacific. 36 (1924).	2.
F. W. Backhouse	M. N. 62 430 (1902).	1. 2.
G. H. Baines	Symons 45 52 (1910).	2.
S. Barker	J. B. A. A. 12 32 (1901—'02).	2.
	J. B. A. A. 34 111 (1924).	
D. Wilson Barker. . . .	Symons' 41 67 (1906).	2.
L. Biart	L' A. 10 116 (1891).	2
F. B. Blathwayt	E. M. 94 278 (1911).	2
	N. 95 204 (1915).	2.
C. Braak	H en D. 52 (1905).	1.
	H en D. (1915).	1.
B. Brandt.	Die Naturw. (1920).	1.
P. C. Campariolo	E. M. 103 210 (1916).	2.
M. Camuset	La N. (1921).	

		M.	F.
A. Carpenter . . .	J. B. A. A. 22 372 (1911—'12).		2.
	Q. J. 236 (1912).		2.
	J. B. A. A. 24 216 (1913—'14).		2.
	J. B. A. A. 25 47 (1914—'15).		2.
	J. B. A. A. 26 168 (1915—'16).		2.
	J. B. A. A. 28 226 (1918).		2.
J. J. Taudin Chabot .	Met. Z. 16 425 (1899).		2.
	Met. Z. 16 523 (1899).		2.
	Met. Z. 17 335 (1900).		2.
	Met. Z. 17 426 (1900).		2.
	Met. Z. 18 181 (1901).		2.
	Met. Z. 19 337 (1902).		2.
E. A. Childe . . .	J. B. A. A. 20 231 (1909—'10).		2.
	E. M. 80 299 (1904).		2.
G. Napier Clark . .	E. M. 82 182 (1905).		2.
	E. M. 83 529 (1906).		2.
J. E. Clark . . .	J. B. A. A. 26 47 (1914—'15).		2.
E. J. Cope . . .	E. M. 80 14 (1904).		2.
A. Cornu . . .	B. S. A. F. 427 (1897).		2.
G. H. Courtenay . .	Symons' 41 11 (1906).		2.
	Symons' 41 91 (1906).		2.
G. Coutinho . . .	O. 80 (1919).	1.	
H. Crew . . .	N. 46 391 (1892).		2.
G. E. Danes . . .	Symons's 52 115 (1918).		2.
A. Danjon et			
G. Rougier	C. R. 171 814 (1920).		2.
	B. S. A. F. 34 513 (1920).		
E. Dorn . . .	Met. Z. 21 197 (1904).	1.	2.
W. G. Duffield. . .	O. 37 452 (1914).		2.
	N. 95 66 (1915).		2.
T. A. Dukes . . .	N. 42 127 (1890).	1.	2.
The Editor of Kosmos	Kosmos (1913).	1.	
H. Ekama . . .	Met. Z. 13 427 (1896).	1.	2.
W. F. A. Ellison . .	E. M. 81 155 (1905).		2.
	E. M. 96 439 (1912).		2.
R. C. T. Evans . .	N. 93 664 (1914).	1.	2.
J. Evershed . . .	N. 95 286 (1915).		2.
C. Melzi d'Evril . .	L'A. 33 425 (1914).	1.	
F. Exner . . .	Met. Z. 20 42 (1903).	1.	2.
Pernter-Exner . . .	Meteorologische Optik.		
Flöckher . . .	V. A. P. (1909).	1.	
W. J. Fisher . . .	P. A. 29 251, 382 (1922).		
	Publ. of the Astr. Soc. of the Pacific. 36 (1924).		
W. L. Fox . . .	Symons' 41 234 (1906).	1.	2.
G. J. Gibbs . . .	J. B. A. A. 28 255 (1917—'18).		2.
P. P. Giève . . .	E. M. 104 48 (1916).		2.
W. Goodacre . . .	J. B. A. A. 15 382 (1940—'05).	1.	2.
	J. B. A. A. 33 57 (1923).		
W. Groff. . .	Bull. de l'Inst. Eg. 3.4 149 (1898).	1.	2.
	Bull. de l'Inst. Eg. 3.4 360 (1898).	1.	2.
M. Guebhart . . .	C. R. (1899). (séance).	1.	
Ch. E. Guillaume . .	L'A. 38 514 (1919).	1.	
M. Hall . . .	Symons 42 235 (1907—'08).		2.
J. A. Hardcastle . .	J. B. A. A. 15 265 (1904—'05).	1.	2.

E. Hawkes	E. M. 90 67 (1909).	M. F.
P. Henry	C. R. 112 380 (1891).	2.
A. S. Herschel	N. 66 294 (1902).	2.
E. H. Hills	M. N. 62 431 (1902).	1. 2.
G. H. Hopkins	N. 29 7 (1883).	2.
W. J. Humphreys	Journ. Frankl. Inst. 188 452 (1919).	2.
J. P. Joule	Manchester Lit. and Phil. society Meeting (1869).	2.
W. H. Julius	Arch. Neerl. 6 385 (1901).	1. 2.
	Phys. Ztschr. 6 24 (1901).	2.
	C. e. T. 23 209 (1902—'03).	2.
Lord Kelvin	N. 60 411 (1899).	1. 2.
	(Life of William Thomson. bij S. P. Thompson 2 1147).	2.
G. Mc. Knight	E. M. 79 205 (1903).	2.
A. Kühl	J. A. G. 435 (1910).	1.
H. H. Kritzingen	Naturw. Wochenschr. 13 799 (1914).	1. 2.
	Met. Z. 32 281 (1915).	2.
	Sirius 47 209 (1914).	1. 2.
R. P. R. Lange	Rev. des Quest. Scientifiques. (1921).	
F. C. Lees	J. B. A. A. 19 354 (1908—'09).	2.
L. Libert	La N. 30 332 (1902).	1. 2.
	C. R. 127 792 (1898).	2.
R. C. Cann Lippingcott	Q. J. 32 159 (1906).	2.
	Q. J. 32 287 (1906).	2.
	Symons' 41 11 (1906).	1. 2.
	Symons' 41 92 (1906).	1. 2.
	Symons' 41 190 (1906).	1.
	Symons' 41 234 (1906).	1. 2.
	Q. J. 35 50 (1909).	2.
	E. M. 90 188 (1909).	2.
J. Mc. Kendrick	Symons' 41 209 (1906).	1. 2.
J. P. Maclear	Q. J. 32 67 (1906).	2.
	Symons' 40 227 (1905—'06).	1. 2.
R. T. Mallet	J. B. A. A. 8 94 (1897—'98).	1. 2.
E. E. Marckwick	J. B. A. A. 10 364 (1899—'00).	1. 2.
	E. M. 83 36 (1906).	2.
	E. M. 94 186 (1911).	2.
H. de Maubeuge	C. R. 103 1147 (1886).	1. 2.
	La N. 46 (1887).	2.
	C. R. 127 453 (1898).	1. 2.
	La N. 287 (1898).	2.
	Rev. Sci. 10 471 (1898).	2.
	Rev. Sci. 12 406 (1900).	
H. Metcalfe	E. M. 103 470 (1916).	2.
	E. M. 104 12 (1916).	2.
	E. M. 104 49 (1916).	2.
	J. B. A. A. 28 157 (1917—'18).	2.
„Meteor"	E. M. 76 317 (1902).	2.
A. Miethe	Prometheus 1035 (1909).	1.
H. R. Mill	Symons' 41 68 (1906).	2.
	Symons' 41 70 (1906).	2.
	Symons' 45 102 (1910).	2.
J. Möller	A. d. H. 33 55 (1905).	2.
T. Molyneux	J. B. A. A. 16 31 (1905—'06).	1. 2.

H. Keatly Moore	J. B. A. A. 12 218 (1902—'03).	M. F. 1. 2.
C. Mostyn	N. 44 532 (1891).	2.
M. E. Mulder	The Green Ray or Green Flash. v. Stockum. (1922).	
„Treadle”	E. M. 73 450 (1901).	2.
	E. M. 80 183 (1904).	2.
	E. M. 80 340 (1904).	2.
A. A. Nijland	A. N. 158 93 (1902).	1. 2.
	Met. Z. 19 335 (1902).	1. 2.
	De Zee 60 (1902).	
J. Offord	N. 75 342 (1907).	2.
	E. M. 85 34 (1907).	2.
R. T. Omond	N. 35 391 (1886—'87).	2.
C. D. Perrine	Publ. of the Astr. Soc. of the Pacific. 36 214 (1924).	
W. M. Flinders Petrie	N. 94 88 (1914).	1. 2.
W. H. Pickering	M. N. 61 629 (1901).	1. 2.
	Met. Z. 19 282 (1902).	2.
	Naturw. Rundschau. 16 648 (1901).	2.
	M. N. 62 85 (1901—'02).	1. 2.
J. C. Piot Bey	C. R. 127 893 (1898).	1. 2.
	Rev. Sci. 10 755 (1915).	2.
J. Plasmann	N. R. 672 (1898).	1. 2.
A. W. Porter	Mo. W. Rev. 43 283 (1915).	1.
	N. 94 672 (1915).	2.
A. W. Porter en E. Talbot Paris.	N. 95 194 (1915).	2.
A. Pütter	Die Naturw. (1920).	1.
A. Rambaut	Symons' 41 21 (1906).	1. 2.
	Symons' 41 41 (1906).	2.
A. Cowper. Ranyard.	Kn. 12 126 (1889).	2.
	E. M. 50 116 (1889).	2.
A. Ricco	N. 35 584 (1887).	2.
	Mem. d. Soc. d. Spettr. Ital. 30 96 (1901) en 31 36 (1902).	
Riem	Naturw. Wochenschr. (13 Dec. 1914).	1.
L. Rudaux	La N. 294 (1904).	2.
H. Schering	Phys. Zeitschr. (1914).	2.
	Mo. W. Rev. 33 408 (1905).	2.
A. Schmidt	Deutsche Revue. 27 108 (1902).	2.
	Met Z. 19 337 (1902).	2.
J. W. Scholes	N. 89 351 (1912).	2.
Schülke	Naturw. Rundsch. (1899).	1. 2.
A. Schuster	N. 95 8 (1915).	2.
C. Michie Smith	No. 41 538 (1890).	2.
	Symons' 41 91 (1906).	1. 2.
L. Soncke	Met Z. 6 477 (1889).	1. 2.
	N. 41 495 (1890).	2.
Mrs. F. A. Steel	„Red Rowans”.	2.
W. Swan	N. 29 76 (1883).	2.
A. Thunburn	Symons' 41 150 (1906).	1.
Trèves	C. R. 101 845 (1885).	1. 2.
V. Turquan	B. S. A. F. 13 444 (1899).	2.
J. Verne	Le Rayon Vert. (1882).	1. 2.

J. Voûte	Met. Z. 281 (1922).	M. F.
R. de C. Ward . . .	Mo. W. Rev. 36 333 (1908).	2.
C. T. Whitmell . . .	J. B. A. A. 7 514 (1897).	1. 2.
	J. B. A. A. 8 95 (1898).	1.
	J. B. A. A. 11 75 (1900—'01).	1. 2.
	J. B. A. A. 12 248 en 289 (1901—'02).	1. 2.
	J. B. A. A. 16 23 (1905—'06).	1. 2.
	Symons' 41 91, 189, 209 (1906).	1.
	N. 94 61 (1914).	1. 2.
	N. 95 35 (1915).	1. 2.
	E. M. 74 86 (1902).	2.
	E. M. 79 556 (1904).	2.
	J. B. A. A. 16 23 (1905—'06).	1. 2.
	Journ. Leeds. Astr. Ass. 15 67 (1907).	2.
	E. M. 93 432 (1911).	2.
	N. 96 672 (1916).	
	E. M. 103 490 (1916).	2.
	E. M. 104 30 (1916).	2.
	J. B. A. A. 28 228 (1917—'18).	1.
Welznig	Kosmos. (1912).	1.
	Kosmos. (1913).	1.
D. Winstanley . . .	N. 9 20 (1873).	1.
E. Wölffing	Met. Z. 14 199 (1897).	2.
J. F. Young	J. B. A. A. 136 (1897—'98).	2.
E. L. G.	E. M. 50 33 (1889).	2.
	E. M. 50 77 (1889).	2.
F. C. R. S. Eng. . .	E. M. 50 77 (1889).	2.
H. B. F.	E. M. 50 11 (1889).	2.
	E. M. 50 58 (1889).	2.
	E. M. 50 97 (1889).	2.
	E. M. 54 40 (1891).	2.
H. L. H.	E. M. 104 112 (1916).	2.
A Fellow of the R.A.S.	E. M. 50 31 (1889).	2.
	E. M. 50 77 (1889).	2.
	E. M. 50 156 (1889).	2.
Passengers s.s. S. Laurant	Rev. Sci. 13 406 (1900).	1. 2.
	Met. Z. 17 426 (1900).	2.
_____	J. B. A. A. 23 17 (1912—'13).	2.
_____	Sci. Am. Suppl. 139 (1912).	1.

1 komt voor in de lijst van Mulder.

2 " " " " " " Fisher.

STELLINGEN.

1.

De verklaring, die W. Cornelis geeft voor het Nova-Zembla verschijnsel, is weinig aannemelijk. (De Zee, Mrt. 1925.)

2.

De grootere absorptie voor golven van $6000 \text{ \AA}$ in de atmosfeer kan meer waarschijnlijk aan waterdamp worden toegeschreven dan aan ozon, zooals Cabannes doet. (C. R. 179 191 (1924).)

3.

De verklaring, die R. P. R. Lange s.j. geeft voor den groenen straal, waarbij totale reflexie van het rood wordt aangenomen, is niet aannemelijk. (Revue des Questions Scientifiques Oct. 1921).

4.

De verklaring, die W. Anderson geeft voor de snelheid der zonsprotuberansen door stoot der gasmassa's is weinig aannemelijk. (Zeitschr. für Physik 22 322 (1924).)

5.

De theorie van Vegard over het ontstaan van de komeetstaart is eerder te aanvaarden, dan die van Mache. (Ann. der Physik 41 (1913) en Phil. Mag. April (1924).)

6.

De bestrijding, die Dr. W. de Sitter geeft voor la Rosa's ballistische lichttheorie, is niet afdoende. (Bull. Astr. Inst. 2 no. 57).

7.

Het lijkt niet gewenscht Goethe's lichttheorie in het klassikaal onderricht op te nemen, zooals M. Gebhardt aanbeveelt. (Zeitschr. für Physikalischen und Chemischen Unterricht 38 1^e Heft (1925).)

8.

Het afleiden van het begrip „kegelsnede" uit doorsneden van een eenbladige hyperboloïde, zooals Dr. F. Schuh doet in „Grepn uit de moderne Meetkunde 1 220" is minder logisch en minder systematisch, dan het laten volgen van dit begrip uit den kegel.

2

9.

De beschouwing, die tot bewijs moet dienen voor de betrekking:
$$dz = (\partial x)_y \text{ const.} + (\partial y)_x \text{ const.}$$
in Heijdeman's Differentiaalrekening, is onjuist.

10.

In het leerboek der Diff. en Int. rekening van Dr. Hk. de Vries lezen wij op blz. 48 van deel 3: De basiskromme van den cylinder is dus de singuliere integraal. Dit is onjuist.

11.

De vereenvoudiging der eindexamens H. B. S., speciaal het afschaffen van de vakken mechanica en kosmografie als eind-examenvak, heeft slechten invloed op de resultaten van het middelbaar onderwijs.

12.

Het is niet aanbevelenswaardig, de differentiaal en integraal-rekening op de middelbare scholen in te voeren.

13.

Het invoeren van Middeleuropeeschen of van Greenwich tijd voor Nederland is dringend gewenscht.
