

# GELUID VERZWAKT GELUID

EN

## LICHT GEVOEGD BIJ LICHT GEEFT DUISTERNIS.

DOOR

V. S. M. VAN DER WILLIGEN.

(*Vervolg en slot van bladz. 219*)

### II.

Om eene gezonde verklaring te geven van de plaatselijke uitdoo-  
ving van licht door licht, die reeds voor meer dan twee eeuwen  
werd waargenomen, heeft men zich hoe langer zoo meer gedrongen  
gezien, om de onderstelling van HUYGENS, waarvan boven reeds ge-  
sproken is, voor de ware te houden; andere verschijnselen, wier  
beschouwing nu niet op mijnen weg ligt, werkten niet weinig mede  
om aan die theorie de zegepraal te verzekeren. Diensvolgens moet dan  
de gewaarwording van licht op het tegenwoordig standpunt der weten-  
schap beschouwd worden, als voortgebracht door trillingen in eene ze-  
kere middenstof, en, als ware het om zich geheel te houden buiten  
eene nadere beschouwing omtrent het wezen dier middenstof, geeft  
men haar den naam van licht-aether. De lichtgevende lichamen  
brengen alzoo snelle trillingen in dezen aether te weeg, welke zich  
dan in hem voortplanten, even als het geluid in de lucht.

Het is bekend, hoe men langs een lang en tamelijk dik touw  
slangetjes kan laten voortloopen; men strekt het daartoe regt uit  
op den grond en beweegt dan het eene uiteinde met de hand

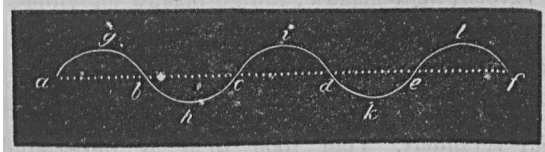


Fig. 3.

snel op en neder. Deze slangetjes kunnen eene voorstelling geven van hetgeen wij een lichtstraal noemen; konden wij de eigenlijke aether-deeltjes op eenen lichtstraal waarnemen, wij zouden dan zien, hoe zij te zamen even zulk eene slang-lijn vormen, die met de verbazende snelheid van 280 millioen ellen in eene seconde voortloopt. In de vorenstaande fig. 3, is zulk eene slang-lijn, of wil men liever zulk een lichtstraal, voorgesteld; de aether-deeltjes, die in den toestand van rust, dat is toen er nog geen licht door hen werd voortgeplant, in de gestippelde regte lijn  $af$  lagen uitgestrekt, vormen nu de golflijn  $agbhc$  enz; die deeltjes gaan in hunne trilling dwars door de lijn  $af$  heen en weder en zij beginnen natuurlijk hunnen heen- en wedergang het een na het ander, even als de deelen van het touw, omdat de trilling altijd eenigen tijd noodig heeft om van  $a$  tot  $f$  te komen; deed men ze nu in eens allen stilstaan, dat is, ving men hen op in den stand (phase), waarin zij op dit oogenblik verkeerden, dan zouden zij juist door hunne verschillende stellingen de vertooning maken van fig. 3. Men spreekt nu ook van licht-golven, even als bij het water;  $agb$  is een berg,  $bhc$  een dal en zoo verder; bergen en dalen overspannen allen eene gelijke lengte; deze lengte tweemaal genomen of, zoo men liever wil, den afstand van den voet van den eenen berg tot dien van den opvolgenden, of de lengte van berg en dal te zamen genomen, dat is de lijn  $ac$ ; noemt men de golflengte van het licht.

Een allerbelangrijkst punt voor onze volgende beschouwingen is de afhankelijkheid tusschen de bijzondere kleur van het licht en zijne golflengte. Men weet zeker wel, dat het gewone dag- en kunstlicht, dat wij wit noemen, wjl het geheel kleurloos is, eigenlijk in zeven hoofdkleuren kan worden ontbonden; NEWTON verkreeg deze ontbinding met een glazen prisma, en de natuur levert ze ons reeds van zelve in den regenboog en toont de opvolging van rood, oranje, geel, groen, licht-blaauw, indigo-blaauw en violet. Zoodra nu de golflengte maar een weinig verandert, dat is zoodra de afstand tusschen twee opvolgende bergjes, of het lijntje  $ac$  in fig. 3, slechts een weinig korter of langer is, kan men er zeker van zijn, dat ook de kleur verandert. Voor rood licht is deze golflengte het

langste en voor violet het kortste; voor het rood bedraagt zij één zestienhonderdste eener Ned. streep, voor het oranje  $\frac{1}{1730}$ , voor het geel  $\frac{1}{1810}$ , voor het groen  $\frac{1}{1900}$ , voor het licht-blaauw  $\frac{1}{2100}$ , voor het indigo-blaauw  $\frac{1}{2220}$  en eindelijk voor het violet slechts  $\frac{1}{2400}$ . De snelheid, waarmede al die golfjes zich voortplanten, bedraagt, zoo als ik reeds aangaf, 280 millioen ellen in ééne seconde; met behulp van deze grootheden laat zich nu zeer eenvoudig het aantal trillingen berekenen, dat een aether-deeltje in ééne seconde maakt. Wanneer wij bijv. rood licht waarnemen, dan gaat elk aether-deeltje 448 duizend malen heen en weder in het millioenste gedeelte eener seconde; dan wordt het oog dus door 448 duizend golfjes in het millioenste gedeelte eener seconde aangedaan. Bij zulke uitkomsten treden die, welke voor het geluid zijn verkregen, geheel op den achtergrond; wat zegt b. v. eene snelheid van voortplanting van 332 ellen tegen eene van 280 millioen!

Ik ga u thans, lezer, weder eenige oogenblikken terug brengen tot het zeer alledaagsche. *BC* in ommestaande fig. 4 stelt eenen muur voor, welke slechts ééne poort of opening *ab* heeft, en *DE* is een tweede wand op eenigen afstand daarvan verwijderd; regt tegenover de poort *ab* ligt een punt *A* en uit dit punt komen achtereenvolgend eene menigte paren wandelaars voor den dag, die allen op de poort *ab* los gaan en dan verder naar eenig punt van den tweeden wand bijv. *r* voortgaan. Van elk paar gaat altijd de een aan de linkerzijde *a* door de poort, en de ander aan de rechterzijde *b*; hierom gaat reeds terstond de een uit *A* regt toe regt aan naar *a*, terwijl zijn nevenman op *b* aanloopt en, wanneer zij dan bijv. naar het punt *r* moeten, zal de een langs *ar* en de ander langs *br* verder gaan. Ik moet de opvolgende paren nog van elkander kunnen onderscheiden en stel daarom, dat, regelmatig om den anderen, eerst een paar heeren, dan een paar knechts, dan weder een paar heeren, dan weder een paar knechts, en zoo al verder, voor den dag komen. Mijne paren hebben verder nog dit bijzondere, dat zij elkander allen op gelijke afstanden van bijv. ééne el volgen; zoodra een paar heeren ééne el van *A* is voortgegaan volgen hunne knechts, en ééne el achter deze knechts komt reeds weder een paar. nieuwe heeren, en zoo al verder; alle wandelaars loopen

overigens even snel. De figuur leert ons al spoedig, dat voor eenig

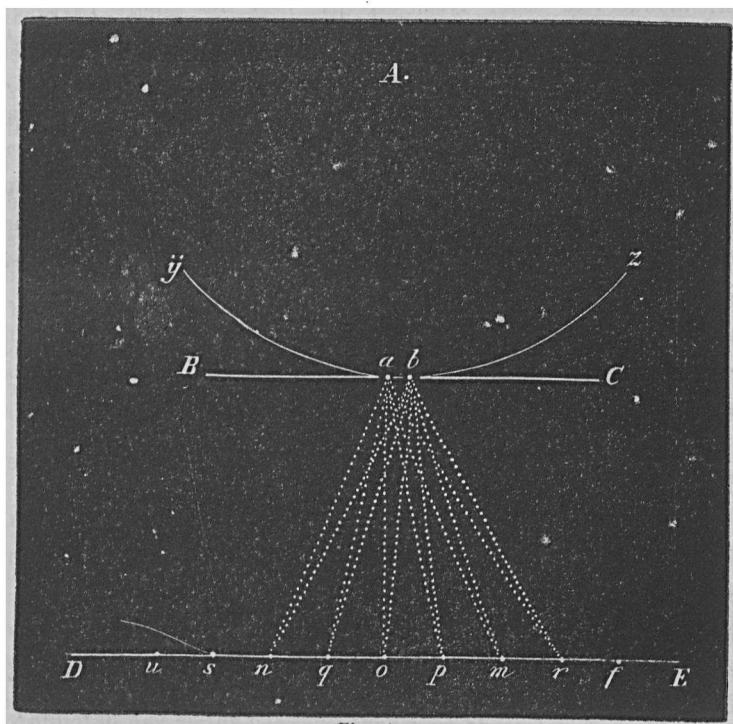


Fig. 4.

punt  $r$ , dat ter rechterzijde gelegen is, de weg  $ar$  altijd iets grooter is dan  $br$ , (men kan het wel op het oog zien) terwijl voor eenig punt  $n$  ter linker zijde de weg  $bn$  altijd iets langer zal zijn dan  $an$ ; dit verschil neemt aan beide zijden toe, naarmate het punt  $r$  of  $n$  verder is verwijderd van het punt  $o$ , dat regt tegen over de poort ligt; doch voor dit punt  $o$  verdwijnt het geheel, zoodat  $ao$  en  $bo$  volkomen aan elkander gelijk zijn. Ook de wegen  $Aa$  en  $Ab$  zijn onderling even lang, omdat ook  $A$  juist tegenover de poort ligt.

Wanneer nu een paar heeren te gelijker tijd uit  $A$  op weg gaan, komen zij te gelijk in  $a$  en  $b$  aan, doch wanneer zij dan verder naar  $r$  stappen, moet de een, die den weg  $ar$  maakt, blijkbaar eene langere reis hebben dan hij, die langs den weg  $br$  verkoos te gaan, en het gevolg hiervan is, dat de eerste te laat in  $r$  komt;

sneller gaan is namelijk naar de veronderstelling onzen wandelaar, die langs  $ar$  ging, niet geoorloofd; hij mag zijn verlies niet inhalen. Ik wil u nu opmerkzaam maken op hetgeen daardoor in  $r$  plaats heeft; men herinnere zich, dat elke heer zijn knecht op één el achter zich heeft en dat elke knecht ook weér op één el door een later afge-reisden heer wordt gevolgd; is nu de weg  $ar$  juist één el langer dan  $br$ , dan geraakt onze reiziger uit  $a$  ook juist één el op zijn medge-zel ten achter, en hij zal daarom eerst met diens knecht in  $r$  aan-komen. Geraakte die wandelaar uit  $a$  twee el ten achter op dien uit  $b$ , dat wil zeggen, was  $ar$  twee el langer dan  $br$ , zoo trof hij ook dien knecht niet meer, maar in plaats van dezen ontnoette hij in  $r$  den nieuwen heer, welke dien knecht op ééne el volgt. Geraakte hij zoo drie el ten achter, dan treft hij in  $r$  den knecht van dezen tweeden heer; vier el, dan vindt hij weder een heer, maar nu een die al weder later komt; voor vijf el den knecht van dezen derden heer, enz.; voor eenig punt ter linkerzijde van  $o$  geldt volkom-en dezelfde redenering, alleen is hier de weg  $bn$  de langste. In het algemeen dus, wanneer het verschil der beide wegen  $ar$  en  $br$  of  $bn$  en  $an$ , 2, 4, 6, dat is een even aantal ellen, bedraagt, zal de oorspronkelijke orde bij aankomst aan den wand  $DE$  bewaard zijn gebleven, dat is de twee aankomenden zullen van dezelfde soort zijn; heeren zullen met heeren en knechts zullen met knechts zamen treffen. Doch wanneer het aantal ellen, dat het verschil uitdrukt, 1, 3, 5 of in het algemeen oneven is, dan zal de orde verbroken worden en altijd zal dan een der beide aankomenden een heer en de ander een knecht zijn.

Ik vrees bijna te veel gezegd te hebben over zulk eene eenvoudige zaak; maar laat ons zien, waartoe het ons kan dienen;  $A$  zij eene lichtbron, die naar alle rigtingen licht uitzendt, en die dus voortdurend om den anderen, eerst bergjes en dan dalen en dan weder bergen en dan weder dalen en zoo al verder in alle rigtingen afzendt;  $BC$  is een donker schermpje met eene zeer nauwe sleuf  $ab$ , waardoor de golfjes moeten passeren om tot  $DE$  te komen. Langs de lijnen  $Aa$  en  $Ab$  gaan dan steeds bergjes en dalen voort, die achtereenvolgend twee aan twee te gelijk van  $A$  afreizen; en

zoodra deze paren de sleuf  $a b$  gepasseerd zijn, gaan zij b. v. naar het punt  $r$  van het uitgespannen papier  $DE$ . De afstand tusschen een paar bergen en een volgend paar dalen bedraagt onveranderlijk eene halve golflengte; indien nu ook het verschil der wegen  $ar$  en  $br$  eens juist de waarde van eene halve golflengte heeft, dan zal immers een dal, dat langs den eenen weg  $ar$  aankomt, in  $r$  steeds zamenvallen met een berg, die langs den anderen weg  $br$  liep, of wel een berg, die langs  $ar$  komt, ontmoet een dal, dat over  $br$  reisde; kortom de orde is in  $r$  verbroken, en dit zal steeds plaats hebben, wanneer het verschil dezer wegen 3, 5, 7, in het algemeen een oneven aantal, halve golflengten bedraagt; men denke slechts aan onze heeren en knechts van zoo even. Bedraagt echter het verschil dezer wegen twee halve golflengten, dan vallen bergen zamen met bergen en dalen met dalen, en de orde blijft bewaard; en in het algemeen, zoolang dit verschil 4, 6, 8, of kort uitgedrukt een even aantal, halve golflengten is, behoeft men geene stoornis te vreezen. Zamenkomst van een berg en een dal beteekent echter evenveel als uitdooving van beiden; wij hebben het bij het water gezien; voor alle punten dus van het scherm  $DE$ , die zoodanig zijn gelegen dat het verschil der afstanden  $ap$  en  $bp$  of  $ar$  en  $br$  of  $bq$  en  $aq$  een oneven aantal halve golflengten bedraagt, zullen bergen zamenkomen met dalen en zal dus de eene lichtstraal de andere uitdooven; voor alle punten  $m$ ,  $n$  enz. daarentegen, waar dit verschil een even aantal halve golflengten bedraagt, zullen bergen zamenkomen met bergen en dalen met dalen, en hier zullen dan de beide lichtstralen elkander versterken.

Nog ééne opmerking:  $ijz$  stelt een kringetje voor, dat van  $A$  uitging en juist aan de poort  $a b$  komt en daar golven wekt; de wijze van voortplanting van het licht, zoo als die door HUYGENS werd begrepen, wil nu, dat elke berg die aan de poort, dat is in  $a$  of  $b$ , aankomt terstond in alle rigtingen nieuwe bergjes uitzendt; dat is, zoodra de berg de punten  $a$  en  $b$  bereikt, wordt elk dezer punten een nieuw middenpunt van trilling, dat naar alle rigtingen nieuwe bergjes afzendt; en evenzoo zal elk dal, dat in  $a$  of  $b$  aankomt, uit deze punten in alle rigtingen nieuwe dalen uitzenden. Op een en hetzelfde oogenblik zullen uit  $a$  en  $b$  als duizende bergen

uitgaan en een oogenblik later duizende dalen, welke paarsgewijze naar alle punten van het scherm  $DE$  worden uitgezonden. Alle lijnen als  $br$  en  $ar$ , welke men ook nemen mogt, zullen voortdurend met onderling regelmatig afwisselende bergen en dalen zijn bezet. Alle punten  $p, r$  enz., waarvoor het nadeelig verschil van een oneven aantal halve golflengten bestaat, moeten nu naar het zoo even ontwikkelde voortdurend donker blijven; alle punten daarentegen, als  $n, m, u, f$  enz., waarop het verschil der afstanden  $an$  en  $bu$  enz. een even aantal golflengten bedraagt, worden in het eerste oogenblik niet alleen, maar bij voortduring sterker verlicht bevonden. Het verschil der wegen als  $ap$  en  $bp$  neemt geregeld toe, naarmate men zich links of regts al verder en verder van  $o$  verwijderd, doch voor het punt  $o$  is het juist nul. Er behoort dan niet veel nadenken toe om in te zien, dat het punt  $o$  voortdurend verlicht zal zijn en dat men links en regts, regelmatig om den anderen, nu een licht en dan een donker punt zal vinden. Deze lichte en donkere punten eindelijk zullen onderling des te verder uit elkander liggen naarmate de opening naauwer is, omdat dan het verschil der wegen langzamer toeneemt.

Men snijde nu met een scherp pennemes eene fijne doch zuivere sleuf, eenvoudig eene regte snede, in een stukje papier, klatergoud of bladtin, welk laatste men bij iederen orgelmaker verkrijgt. Op eenigen afstand, bijv. twee el, plaatst men eene kleine vlam; men houde het sleufje regt overeind digt voor het oog en zie dan naar de vlam; deze vlam vormt nu ons lichtend punt  $A$  uit fig. 4 en het sleufje is de naauwe opening  $ab$ , terwijl ons oog het scherm  $DE$  vervangt. Men zal dan regt voor zich de eigenlijke vlam waarnemen; doch links en regts zal men nog eenige nevenvlammetjes zien, die onderling en van de hoofdvlam door donkere tusschenruimten zijn gescheiden; de vlam is het verlichte punt  $o$ , de nevenvlammetjes zijn de verlichte punten  $m, n, f, u$ , enz. uit fig. 4 en de donkere tusschenruimten de punten  $p, q, r, s$  enz. Mij dunkt, mijne afleiding was juist en wordt door de proef bewezen; ik voor-spelde, dat links en regts punten moesten voorkomen, waar het licht werd uitgebluscht en daar tusschen andere, waar het werd versterkt,

en de proef heeft mijn gezegde bevestigd en bewees het tweede gedeelte mijner stelling, dat namelijk *licht gevoegd bij licht duisternis geeft*. Men zal bevinden, dat de duidelijkheid der nevenvlammetjes afhangt van de wijdte en zuiverheid der sleuf; naarmate de sleuf wijder wordt zal men overeenkomstig onze opmerking van boven die nevenbeeldjes meer en meer tot zeer fijne verlichte streepjes links en regts van de hoofdvlam zien inkrimpen, die al digter en digter bij elkander komen.

Ik begrijp lezer! dat ik uw geduld daar op eene zware proef heb gesteld; want de gang der afleiding was wel wat moeilijk en afgetrokken; maar de verklaring van het verschijnsel, voor zoo ver ik ze gaf, meest toch zoodanig zijn, dat zij bij eene tweede lezing nog eenigermate kon bevredigen en voldoen. Naar mijne overtuiging geeft populair schrijven nog geen verlot tot oppervlakkigheid of bepaald valsche beschouwingen; men moet de eigenlijke theorie steeds

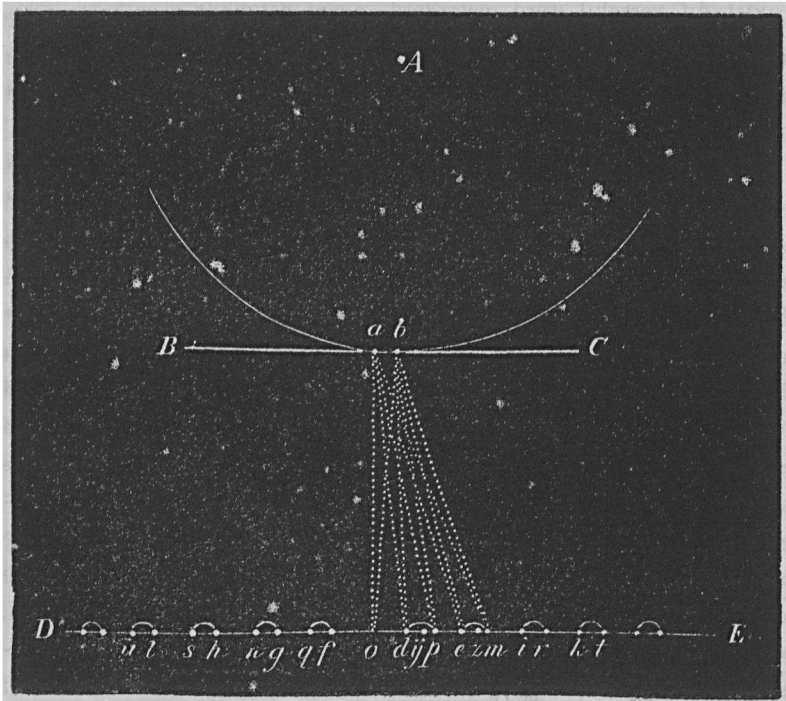


Fig. 5.



voor oogen houden en mag dan wegnippen en omsmelten tot men iets verkrijgt dat, met behulp van meer alledaagsche voorstellingen, aan het publiek kan worden aangeboden. De wetenschap eischt zuiverheid in de wijze van voorstellen; ik heb mij daarom wel gewacht om onwaarheden te verkondigen of valsche begrippen te planten; maar ik vreesde aan de andere zijde toch op de geduchte klip van dorheid en onverstaanbaarheid te vervallen en koos daarom een populair voorbeeld tot punt van uitgang voor een moeilijk onderwerp.

Maar dit daargelaten — want de langste narede zou toch een verkeerde greep van mijne zijde niet kunnen vergoelijken — gij hebt, lezer! die nevenvlammetjes gekleurd gezien. Ook hiervan wil ik nog eene eenigzins bevredigende verklaring geven. Wij hebben gezien, dat het punt  $p$ , fig. 4 of 5, ter regterzijde zoodanig gelegen was, dat de afstand  $ap$  juist eene halve golflengte grooter was dan  $bp$ ; immers juist dit verschil werd gevorderd, opdat het punt  $p$  volkomen donker zou zijn; wij hebben ook gezien, dat het verschil der wegen  $ap$  en  $bp$  steeds vermeerdert naarmate  $r$  al verder en verder van het punt  $o$  wordt verwijderd; nu dan, wanneer de halve golflengte van het licht korter wordt, dan zal immers het eerste donkere punt voor kortere golflengte digter bij  $o$  moeten vallen? Wanneer dan  $p$  het eerste donkere punt van het rood (met zijne langste golflengte) voorstelt, dan zal immers het punt  $ij$  b. v., dat digter bij  $o$  ligt, het eerste donkere punt voor oranje voorstellen, (welks golflengte iets korter is) en dan zal het punt  $d$ , dat nog veel digter bij  $o$  valt, het eerste donkere punt aanwijzen voor het violette licht, welks golflengte de kortste van allen is. Wanneer verder het eerste verlichte punt voor rood valt in  $m$ , dan zal het eerste verlichte punt voor oranje vallen in  $z$  en dat voor violet in  $e$ , die beiden veel digter bij  $o$  liggen. Zoo gaat het nu voor alle andere punten; terwijl  $p, m, r, t$  enz. en  $q, n, s, u$  enz. de afwisselende donkere en verlichte punten voorstellen voor het rood, met zijne langere golflengte, zullen  $d, e, i, k, f, g, h, l$  enz., die achtereenvolgens allen digter bij  $o$  vallen, de overeenstemmende punten zijn voor het violet. Denken wij ons oog nu in de eerste licht-streep regts eerst in  $e$ , dan is daar het

violette licht het krachtigst en wij zien violet; maar gaan wij een weinig verder regts, dan neemt dit violet weldra af en al gaande weg zullen eerst blaauw, dan groen, dan geel en eindelijk in  $z$  oranje de overhand nemen en achtereenvolgens zullen wij dus op het scherm die kleuren vinden; komen wij ten laatste in  $m$ , daar heeft het rood geheel de overhand en wij zullen dus dit punt  $m$  rood zien; de beschouwing der figuur acht ik voldoende om het gezegde toe te lichten; eene verdere behandeling van dit punt zou te moeilijk worden en te lang ophouden. Ziet! op deze wijze heb ik reeds bewezen, dat elk nevenvlammetje niet slechts gekleurde randen moet hebben, den eenen rand violet en den anderen rood, maar ik heb zelfs aangetoond, dat het tusschen violet en rood achtereenvolgens alle kleuren van den regenboog moet vertoonen; en toch zoo sterk was de kleuring niet; de reden hiervan is, dat de sleuf betrekkelijk nog te wijd is, waardoor tusschen  $e$  en  $m$  nog allerlei kleuren door en op elkander komen te liggen en te zamen weder wit licht vormen; maar aan de randen van ons nevenvlammetje, dat is op de uiterste grenzen waar geene andere kleuren meer volgen, daar blijven de beide uitersten, rood en violet, alleen en zuiver over. Ik zal straks eenen toestel beschrijven met nog veel nauwer openingen, waarmede de onderscheidene kleuren, zoo al niet geheel, dan toch veel beter van elkander zullen gescheiden worden gezien.

De slotsom van ons onderzoek, voorgelicht door YOUNG'S interferentie-beginsel, is dan deze: *elk klein lichtend punt, gelegen achter eene kleine opening, vormt op ons scherm in de eerste plaats regt tegenover die opening een kleurloos hoofdbeeld en verder links en regts daarneven eene menigte gekleurde nevenbeeldjes, die door donkere tusschenruimten van elkander zijn gescheiden en allen hunne violette zijde naar het hoofdbeeld toe en hunne roode zijde daarvan afwenden.* De vorm der opening heeft invloed op den vorm en de ligging der nevenbeeldjes en eigenlijk behoort bij deze soort van proeven de vorm van de lichtbron overeen te komen met die van de opening; is bijv. de lichtbron lang en smal, zoo als eene kaarsvlam of eene lichte streep, dan moet ook de opening eene lange nauwe sleuf zijn, en

is de lichtbron een scherp lichtend punt, dan moet de opening een klein gaatje zijn; een en ander zal ik nader toelichten door eenige eenvoudige proeven. Doch vooraf nog eene enkele geschiedkundige opmerking; de soort van interferentie-verschijnselen van het licht hier door mij behandeld vormen sedert lang de rubriek der zoogenaamde diffractie-verschijnselen. Voor ongeveer 40 jaren werden zij op echt wetenschappelijke wijze vrij wat moeilijker, maar ook vrij wat juister behandeld door den Franschen geleerde FRESNEL, in eene door de Fransche Academie uitgegevene verhandeling, welke onder de meest klassieke stukken van den nieuweren tijd moet worden gerangschikt. Genoemde geleerde ontwikkelde daarin eene meer volledige theorie aangaande de golvingen van het licht, en die verhandeling was de aanvang eener korte doch roemruchtige-loopbaan, die nog veel schoons voor de leer van het licht heeft opgeleverd. Waar wij HUYGENS noemen als den eersten ontwerper, daar mogen wij FRESNEL niet verzwijgen als den waren hervormer van de undulatie-leer van het licht, die haar in den nieuweren tijd boven allen twijfel verhief.

Maar ik keer terug tot de proeven, die de gegevene verklaring nog nader moeten aanbevelen. Men make eene zuivere snede in papier of blattin en zie door haar naar het vlammetje; dan heeft men het in zijne magt, het schermpje met beide handen vasthoudende dit sleufje al wijder en wijder te maken, door het eenvoudig in de breedte uit te rekken. Verlangt men eenvoudig donkere en lichte strepen te zien zonder kleur-ontwikkeling, dan houde men een donker gekleurd stukje glas tusschen de vlam en het oog, zoo zullen de nevenvlammetjes geene gekleurde randen meer vertoonen, maar steeds slechts de kleur van het glas hebben. Wil men spoedig sleufjes van allerlei wijdte maken, dan legge men eene dikke laag van zwartsel en gomwater op een stukje glas en trekke daarin, wanneer zij goed droog geworden is, met eene speld onderscheidene regte lijttjes, die men allerlei dikte kan geven door eenvoudig de punt van de speld gaande weg al meer en meer af te knippen. Verlangt men eene smalle scherpe lichtende streep, die als licht-bron nog wel zoo goed is als eene kaarsvlam, dan giete men

een weinig zwarte vuurlak in een glazen buisje; dit buisje werkt dan als spiegel en geeft wanneer het door de zon beschenen wordt een klein zeer gerekt zonnebeeldje, dat is eene heldere lichtende streep.

Men make evenzoo een klein bol horologieglas van binnen met lak-vernis zwart, dan verkrijgt men een klein bol spiegeltje, dat in de zon gelogd een klein zeer helder zonnebeeldje geeft. Nu prikt men een zeer klein gaatje in een stukje bladtin of des noods in eene gewone speelkaart en houde dit dicht voor het oog; ziet men dan door het gaatje naar het zonnebeeldje, zoo neemt men een lichtend punt waar, dat door eenige, twee, drie of meer, afwisselende donkere en lichte ringen omgeven wordt; de donkere en lichte punten namelijk, die zich naar onze theorie in alle rigtingen om het lichtende punt moeten vertoonen, hebben zich hier tot regelmatige ringetjes vereenigd.

Reeds wanneer men langs den zuiveren kant van een stukje papier of metaal ziet, kan men aan de eene zijde nevens de vlam nog

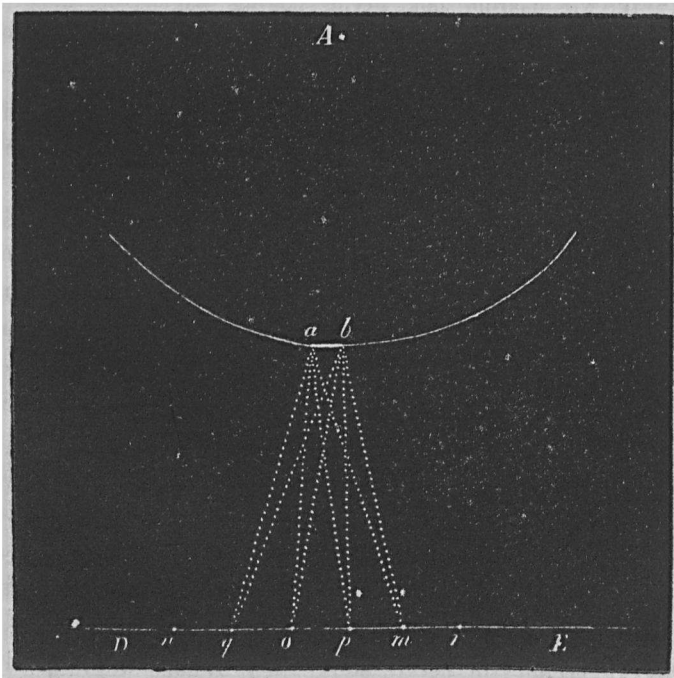


Fig. 6.

eenige gekleurde lichtstrepen of vlammetjes waarnemen, voorondersteld namelijk dat men ziet langs den opstaanden rand van het schermpje en dien zeer dicht voor het oog houdt.

Men denke zich nu nog in *A* fig. 6 een lichtend punt, in *ab* een klein donker voorwerp en in *DE* een uitgespannen papier; dan zullen ook op dit scherm wederom donkere en lichte punten ontstaan; alle punten als *p, q, r* en *s*, waarvoor het verschil der afstanden *ap* en *bp* of *aq* en *bq* en zoo verder een oneven aantal halve golflengten bedraagt, zullen donker zijn en alle punten als *m, n* enz., waarvoor dit verschil der afstanden tot de randen *a* en *b* een even aantal halve golflengten bedraagt, zullen verlicht zijn; ja zelfs zal het midden *o* der schaduw, dat naar de gewone beschouwing volkomen donker moest zijn, hier voor dit kleine voorwerp verlicht kunnen zijn en zelfs zoo licht als of *ab* er in het geheel niet was, mits men het scherm *DE* maar op den behoorlijken afstand van *ab* plaatse. De theorie van deze verschijnselen is al weder zeer moeilijk; ik wil daarom ook geene poging wagen, om deze laatste schijnstrijdigheid nader toe te lichten; zij moet echter plaats hebben zoodra het scherm ver genoeg van *ab* verwijderd is, anders zou de theorie niet deugen. Juist met dit onderwerp zijn de namen van twee der grootste Fransche geleerden verbonden: de naam van POISSON, welke dit zonderlinge verschijnsel door berekening regtstreeks uit de theorie van FRESNEL afleidde en, juist omdat een helder verlicht punt in het midden der schaduw hem toch wat al te zonderling scheen, de deugdelijkheid der theorie in twijfel trok, en de naam van ARAGO, die het door waarneming zocht en werkelijk vond en zodoende aan de verklaring van FRESNEL eene schoone en geheel nieuwe bevestiging schonk.

Wanneer men een haartje regt op en strak uitgespannen zeer dicht midden voor het oog brengt, zal men inderdaad links en regts van een eenigzins verwijderd vlammetje, wel is waar zwakke maar toch nog zichtbare, gekleurde nevenbeeldjes waarnemen, geheel in overeenstemming met onze figuur; alleen drage men zorg, dat de vlam voor een donkeren achtergrond zij geplaatst, dewijl anders de zwakke beeldjes in het te sterke licht zouden wegvallen.

Wij willen nu met de beschouwing van iets meer zamengestelde verschijnselen aanvangen; zoo straks beschouwden wij het zonnebeeldje door een rond gaatje; men zou ook een zeer klein driehoekig gaatje kunnen nemen, hetwelk drie reeksen van afwisselende donkere en lichte beeldjes zou geven, namelijk ééne reeks voor ieder der zijden, en wel loodregt op die zijde; indien men bij toeval zulk een uiterst klein driehoekig gaatje mogt daarstellen, zal men daarmede waarschijnlijk drie lichte strepen zien, die dan ontstaan uit de zamenvloeiing van de gezegde beeldjes, welke in de rigtingen dier strepen zichtbaar moesten zijn; doch dan moet men vooral niet te dicht op het lichtende punt gaan staan; hoe verder men zich verwijdert, des te beter gaan ook de nevenbeeldjes uit elkander. Een klein vierkantje of ruitje zal een verlicht kruis geven, waarvan de takken loodregt op de zijden staan.

Eenige nauwe sleufjes, zeer dicht bij elkander en onderling op gelijke afstanden, geven zeer schoone verschijnselen; bij den een of anderen instrumentmaker zal men zeer gemakkelijk een klein glazen plaatje kunnen bekomen, waarop eenige strepen met een diamant of staaltift zijn getrokken, die allen even ver uit elkander staan; de tusschenruimten vormen hier de doorzichtige sleufjes en de eigenlijke trekken, waar het glas gekrast werd en dus mat is geworden, stellen de middenschotjes daar, die ondoorschijnend zijn; zulk een samenstel geeft links en regts van de vlam of lichtstreep zeer zuivere en hoog gekleurde nevenbeelden; zelf kan men zulke stelsels van sleufjes moeilijk zuiver genoeg maken.

Wij denken ons nu eene verzameling van eenige kleine en onderling even gróote openingen; in het algemeen zal eene verzameling van gelijksoortige kleine openingen in de eerste plaats dezelfde werking doen als eene enkele en die veel beter doen uitkomen, en in de tweede plaats nog nieuwe verschijnselen daaraan toevoegen, welker grondige afleiding mij te verre zoude voeren; de lezer vergenoege zich dus verder met proeven. Een lapje fijne zijde geeft in zijne mazen een samenstel van zoo tamelijk regelmatige vierkantjes; wanneer men nu door een sterk uitgespannen foulard, welke al weder dicht voor het oog wordt gehouden, naar eene tamelijk ver verwijderde kleine

vlam ziet, zal men meer of min gekleurde beeldjes zien, die hoofdzakelijk in twee rigtingen gelegen zijn, welke loodregt staan op de draden der zijde; vertrekt men de draden in eene bepaalde rigting, dan ziet men ook die beide stelsels mede draaijen. Ons zonnebeeldje op het horologieglass doet om zijne kleinheid natuurlijk ook hier veel betere diensten dan eene vlam. Zeker heeft men wel reeds iets van dit verschijnsel waargenomen, wanneer men toevallig des avonds over straat ging en door eene uitgespannen zijden parapluie naar eene eenigzins verwijderde lantaarn zag.

Eene slagpen van een kanarievogel, van eene musch of dergelijke ligt ook nog wel onder het bereik van een ieder; eene veder bestaat uit schaft en baard en die baard wordt gevormd door haren, welke links en regts op de schaft zijn ingeplant; het is misschien minder bekend, dat elk dezer haren weêr met kleine dwarshaartjes bezet is, die in dezelfde stelling tot die eerste haren staan als deze laatste tot de schaft; deze kleine nevenhaartjes eindelijk zijn te zamen verbonden door een dun doorschijnend vliesje, dat men gemakkelijk aan eene ganzenpen kan waarnemen. Op de slagpen van zulk een kleinen vogel staan die hoofdharen ongeveer eene halve streep van elkander, terwijl de nevenhaartjes niet meer dan  $\frac{1}{5}$  eener streep van elkander zijn verwijderd. Wanneer die hoofdharen in hunnen natuurlijken toestand nevens elkander liggen aan de ongeschon-dene veder, blijven er tusschen deze kleine nevenhaartjes uiterst kleine ruitjes open, waarover alleen het dunne doorzigtige vliesje is uitgespannen. Deze ruitjes doen nu dezelfde werking als de mazen der zijde; van daar het schoone verschijnsel, dat men waarneemt, wanneer men door zulk eene dicht voor het oog gehouden veder naar een eenigzins verwijderd vlammetje of ander lichtend punt ziet.

Wij behandelden tot nog toe slechts de uitwerking van eene vereeniging van openingen; wij willen nu in overeenstemming met fig. 6 nog de werking behandelen van eene verzameling van gelijke, regelmatigige en even groote ondoorschijnende voorwerpjes. Vooraf echter zij vermeld, dat een klein doorschijnend bolvormig ligchaampje, bijv. een glasbolletje, dat op eenigen afstand van het oog ligt, ook nog wel onder de ondoorschijnende mag gerekend worden, omdat het licht

dat er op valt, zoo sterk wordt gebroken en zoo zeer in alle rigtingen verspreid, dat er al zeer weinig van in het oog, dat er achter gelegen is, te regt komt. — In eene apotheek zal men zeer ligt een fijn poeder bekomen (lycopodium) bekend onder den naam van heksenmeel; de uiterst kleine korreltjes van dit poeder zijn allen zoo ongeveer even groot; dit poeder wordt nu, door zifting met een linnen lapje bijv., zeer fijn en gelijkmatig uitgestrooid op een stukje glas, dat men even beademt om het te laten kleven; zoodoende verkrijgt men een eenvoudig schermpje, waarover eene menigte ondoorschijnende en gelijke ligchaampjes zijn verdeeld. Wanneer men dan door dit stukje glas naar eene kaarsvlam ziet, werkt ieder deeltje van het poeder op zich zelf als een klein ondoorschijnend ligchaampje, en uit de samenwerking van allen ontstaan de levendigst gekleurde ringen rondom de vlam, waarin men violet, rood en groen wel zal opmerken. FRAUENHOFER bragt dit verschijnsel op eene andere wijze voort, door eene menigte kleine glasbolletjes, die allen bijna dezelfde grootte hadden, en welke hij evenzoo gelijkmatig uitstrooide over een stuk glas; hij zag, met behulp van een bijzonderen toestel, door dat glas naar de zon en bespeurde even zulke kringen als met heksenmeel.

Reeds eene beslagene vensterruit kan zulke kringen geven rondom een lichtend voorwerp; want de uiterst kleine waterdrupjes, die hier het beslag vormen, doen dezelfde werking als onze heksenmeelkorreltjes. De natuur toont ons van zelve zeer dikwijls zulke kringen; want de onzichtbare waterdamp, die van de oppervlakte der aarde opstijgt, wordt vaak eensklaps en in groote massa in de hoogere streken van onzen dampkring weder afgekoeld; de damp gaat dan over tot nevel, dat is tot eenen toestand, waarin de waterdeeltjes zeer kleine blaasjes vormen, die nog met lucht en damp zijn gevuld, en deze blaasjes verhouden zich dan even zoo als waterdrupjes of kleine ondoorschijnende lichamen, en vormen de kleinere gekleurde kringen, die men zoo vaak vooral rondom de maan waarneemt. De natuurkunde voldoet hier op het schoonst aan den eisch, welke haar door den Franschen geleerde MOIGNO wordt gedaan: dat zij namelijk in de eerste plaats de van zelf in de natuur voorkomende verschijnselen moet verklaren; want niet alleen dat zij



eene verklaring geeft van die kringen om de maan, maar zij leert ons zelfs op zeer eenvoudige wijze dit verschijnsel door heksenmeel of een dunnen aanslag volkomen nabootsen.

De dunne draadjes van gewone boomwol — of, laat ik mij eenvoudiger uitdrukken, van watten — geven ook al soortgelijke verschijnselen; een uitgeplozen vlokje watten geeft, wanneer men er doorziet, duidelijk eene gekleurde gloriekroon rondom eene eenigzins verwijderde vlam. Bij mistig weder zien wij al onze lantaarns ook met zulk eene kroon omgeven; wanneer er veel rook in de kamer is, zien wij iets soortgelijks rondom alle lichtvlammen; de bloedligchaampjes, waarvan de lezer wel eens heeft gehoord, geven, in eene dunne laag op een stukje glas uitgespreid, ook al soortgelijke verschijnselen. Er bestaat een naauw verband tusschen de grootte der kringen, die wij bij een bepaalden onderlingen afstand van de lichtbron, het werkende schermje en het oog van den waarnemer zien voor den dag komen, en tusschen de grootte van de ondoorschijnende ligchaampjes; YOUNG bepaalde dit verband wiskundig en stelde een werktuig voor om, met behulp van de grootte der kringen, de grootte van kleine ondoorschijnende ligchaampjes te bepalen.

Nog enkele gevallen van diffractie van het licht wil ik aanstippen. Wanneer men met bijna gesloten oogen, dus tusschen de ooghaartjes door, of langs den rand van een wolligen pet in de zon ziet, neemt men kleuren waar, die hier te huis behooren; in beide gevallen werken de haartjes als ondoorschijnende tusschenschotjes en de opengelaten ruimten als naauwe sleufjes; reeds wanneer men de oogen half toe doet en dan naar eene vlam ziet, zal men die kleuren en zelfs meer of min volkomene nevenbeeldjes bespeuren. Verder laten zich nog onderscheidene voorkomende verschijnselen zamenvatten in deze stelling: dat elk klein ondoorschijnend ligchaampje, hetwelk op grooten afstand van den waarnemer en tevens in of nabij de lijn ligt, die het oog met de lichtbron verbindt, even zooveel licht geeft als het eigenlijk moest wegnemen en dus, in plaats van licht op te houden, nog eens zoo sterk verlicht schijnt als de omgeving; deze waarheid moet op soortgelijke wijze worden aangetoond als de stelling van POISSON, die boven werd vermeld; genoeg, men verklaart hieruit bijv. het zonderlinge lichten van kleine ondoorschijnende voorwerpen, die

in dezelfde rigting met de zon zijn gelegen, en die dus vóór of in de nabijheid van dat hemelligchaam worden gezien en zich als werkelijk stralende voorwerpjes voordoen (1).

Al de genoemde diffractie-verschijnselen, welke ik met het bloote oog leerde waarnemen, kunnen nog veel schooner worden te voorschijn geroepen met behulp van een eenvoudigen kijker; ik mag een gewonen kijker van MOLTENI daartoe toch wel in veler handen vooronderstellen. Men denke zich ons spiegeland horologieglaasje of het van binnen verlakte glazen buisje in de zon gelegd, en in het midden van den dop of deksel van onzen kijker eene kleine regelmatige opening; de kijker wordt nu eerst, op eenen afstand van 6 tot 10 el van het spiegelande glaasje, scherp op het zonnebeeldje gesteld, en dan de dop met kleine opening weér voor het groote glas gezet; bij zulk een schijnbaar aan de zijde van het groote glas nog zoo goed als ongeopenden kijker zou dan toch die kleine opening nog licht genoeg hinnen laten om het zonnebeeldje te laten waarnemen, dat met schoone interferentie-verschijnselen omgeven zal zijn. Doch wij willen onzen dop niet beschadigen; wij nemen hem af en plakken met een weinig was op den objectief-rand van den kijker eene gewone speelkaart, die in het midden een zuiver klein gaatje heeft, dat rond, driehoekig, vierhoekig of ruitvormig enz. mag zijn, en liefst niet grooter dan eene Ned. streep moet worden genomen. Ook kunnen wij onze proeven nog wat netter inrigten: wij laten ons een houten band of ring even als een servetband draaijen, die voor op den kijker past en verschaffen ons eenige platte koperen ringen, bijv. iets grooter dan een rijksdaalder, waaruit juist in het midden eene ronde opening zoo groot als ongeveer een gulden is uitgesneden; die ringen moeten zoo groot zijn als de kijker aan de voorzijde wijd is, daar zij straks met was voor op den houten band moeten worden vastgeplakt. Nu verschaffen wij ons bladtin en snijden daaruit eenige ronde schijfjes, een weinig grooter dan een gulden; deze schijfjes worden vlak uitgestreken en op een stukje spiegelglas gelegd; dan wordt met een scherp pennemes het verlangde kleine regelmatige gaatje uitgesneden, en des verkiezende maakt men in zulk een schijfje niet één maar

(1) Zie KAISER, de Sterrenhemel I, 2de druk.

met geduld en overleg onderscheidene gaatjes van dezelfde soort en grootte, welke op eene bijzonder gelijkmatige wijze over het schijfje moeten worden verdeeld. Tot het maken van ronde gaatjes van allerlei grootte bedient men zich eenvoudig van eene gewone speld. Een zeer schoon schermpje leveren bijv. eenige speldenprikken van gelijke grootte en op eene regelmatige wijze verdeeld; zij geven even zulke ringen rondom het zonnebeeldje als ons heksenmeel van vroeger, die echter door vele andere schoone en regelmatig verdeelde gekleurde beelden worden overdekt. De verbeelding heeft overigens bij het maken dezer schermpjes vrij spel, mits men slechts de vereischte regelmatigheid en gelijkmatige verdeling der openingen in acht neme; men make vooral ook eenige schijfjes met een sleufje en neme de wijdte van dit sleufje voor elk schijfje verschillend; bij de proef met deze sleufjes moet men dan het glazen buisje in plaats van het horologieglas als spiegel nemen. Elk dezer schijfjes wordt nu met vernis over de opening van een eigenen koperen ring bevestigd, en deze ring wordt dan voor de proef met een weinig was op den houten band vastgemaakt. Heeft men mijne beschrijving gevolgd en zich eene verzameling van zulke schijfjes voor zijnen kijker gemaakt, dan, geloof ik, zal men zich niet beklagen over de daaraan besteede moeite; want de verschijnselen, die men zal waarnemen, zullen ruimschoots opwegen tegen de inspanning en het geduld, die de juiste uitvoering eischte. Wilde men eindelijk een meer volkomen toestel bezitten en met minder moeite doch vrij wat meer kosten zich deze schermpjes ten getale van wel honderd aanschaffen, dan kan men van een instrumentmaker eene doos met de zoogenaamde diffractie-schermpjes van SCHWERD ontbieden, die echter ook meer dan *f* 100 kost. Enkele hiervan liggen nog onder ons bereik, namelijk een lapje (liefst zwarte) tulle, neteldoek of kamerdoek, en een stukje koper- of een stukje zijdengaas, welke allen eenvoudig strak voor het voorwerpglas van den kijker worden uitgespannen.

En hiermede lezer! ga ik vooreerst afscheid van u nemen; ik hoop dat de beschreven proeven zelfs den ongewijden eenig wezenlijk genoegen zullen verschaffen, wanneer hij, verdiept in de beschouwing van verschijnselen, die hij begrijpt, zich nader voelt gebragt

tot de Natuur en eenig duidelijk inzicht erlangt in het wezen van het Licht, dat zich zoo zeer aan alle nader onderzoek scheen te zullen onttrekken. Ik gaf de voorkeur aan een onderwerp uit de leer der golvingen en bijzonder aan het hier behandelde, boven elektriciteit, galvanisme en meer anderen, om de beknoptere wijze, waarop de proeven kunnen worden in het werk gesteld en om de hoogere ontwikkeling van de leer van het licht, die mij veroorloofde het hoe en waarom van vele zaken te geven en eene stelliger wetenschap te verbreiden. Ik werd verlokkt door de schoonheid van het geheel en door de hoop op belangstelling, die ik voor dezen tak der wetenschap wilde opwekken, en bij de uitvoering heb ik getracht, zooveel in mij was, voor allen te schrijven.

Mogt men meer omtrent deze diffractie-verschijnselen willen weten, men ruste zich dan toe met eene belangrijke mate van wiskundige kennis; dan zal men tot de voornaamste bron kunnen opklimmen. Prof. SCHWERD te Spiers gaf namelijk in 1835 eene beroemd geworden verhandeling in het licht, waarin zoowel theoretisch als proefondervindelijk eene menigte scherpjes worden behandeld; zijne geheele theorie is eene schoone toepassing der beginselen van FRESNEL; op het proefondervindelijk terrein was vóór SCHWERD alleen nog door HERSCHEL iets van dezen aard gedaan, toen hij eene driehoekige opening voor zijnen kijker plaatste. SCHWERD verwierf zich teregt door dit werk eene algemeene beroemdheid; want de eenvoudigheid der toestellen en de betrekkelijk eenvoudige alles omvattende wijze van behandeling, beiden maken evenzeer aanspraak op de meest onbepaalde bewondering; hij leverde als het ware een afgewerkt geheel, waar FRESNEL de eerste en ware grondslagen had gelegd.

Behalve deze diffractie-verschijnselen behoort nog eene onafzienbare reeks van verschijnselen te huis in het groote hoofdstuk der interferentie van het licht: de gekleurde ringen van NEWTON, de kleuren der zeepbellen, de kleuren van dunne vliesjes, het kleurenspeel van het paarlmoer, de kleur der lucht, het avondrood, het zoogenaamde iriseren van verschillende oppervlakten, ten deele ook de kleuren van vlinders; dit alles zouden wij hier nog nader kunnen beschouwen, dit alles zou nog kunnen pleiten voor de stelling: *licht gevoegd bij licht geeft duisternis.*