

HET ZODIAKAAL- OF DIERENRIEMSLICHT,

NAAR DE NIEUWSTE ONDERZOEKINGEN,

DOOR

H. J. H. GRONEMAN.

Omstreeks het jaar 1660 kwam in Engeland een natuurlijke geschiedenis uit, getiteld "Britannia Baconica" en geschreven door CHILDREY, waarin voor het eerst op ondubbelzinnige wijze melding werd gemaakt van een verschijnsel, dat in vele opzichten den vriend der natuur belangstelling kan inboezemen en dat wij in het volgend opstel tot ons onderwerp gekozen hebben. Het bedoelde verschijnsel behoort, van den eenen kant, tot de minst bekende en verklaarde van den sterrenhemel en, van den anderen kant, tot diegene, welke het meest onder het bereik vallen van hen, die, hoewel niet tot de sterrenkundigen van beroep behoorende, echter tot de "vrienden" dier wetenschap kunnen geteld worden. Het verschijnsel is daarom voor de lezers van dit Album niet van belang ontbloomt. CHILDREY beschrijft het met de volgende bewoordingen, die wij aan HUMBOLDT's *Kosmos* (I. pag. 409) ontleenen.

"Iets anders, dat ik aan de aandacht der mathematici aanbeveel is, dat in Februari, en een weinig voor en na deze maand — en ik heb het vele jaren na elkander waargenomen — ongeveer ten 6 ure des avonds, als het daglicht den horizon heeft verlaten, een zeer goed zichtbare streep van schemerlicht zich naar het zevengesternte uitstrekt en dit zelfs schijnt te bereiken... Men ziet zulk een streep niet in een ander deel des jaars (voor zoover ik kon bemerken), noch een

andere op den genoemden tijd. Ook geloof ik dat deze in dien tijd steeds zichtbaar geweest is en zal blijven. Maar welke de oorzaak er van in de natuur zij, kan ik nog niet vatten, doch laat dit aan later onderzoek over."

Het schijnt dat op de waarneming van CHILDREY door de "mathematici" weinig acht is geslagen, want, voor zoover bekend, werd het verschijnsel eerst ongeveer twintig jaren later door EIMMART te Neuremberg en ruim 30 jaren later door GIOVANNI DOMÉNICO CASSINI te Parijs op nieuw ontdekt. De laatste, dikwijls de eigenlijke ontdekker genoemd, heeft zich zeer verdienstelijk gemaakt door gezette waarneming van het door hem met den naam van *Zodiakaallicht* bestempelde verschijnsel, welken naam wij beneden zullen verklaren. Nog in onzen tijd worden zijne observaties aangehaald.

Na CASSINI is het zodiakaallicht door verscheidene onderzoekers tot punt van studie gemaakt, en in onze dagen wordt er meer dan vroeger aan die studie gearbeid. Een in 1875 verschenen uitgebreid werk van den door zoo velen hooggeschatten, in 't vorig jaar te midden van zijne, tot in zijn hoogen ouderdom met jeugdig vuur volgehouden werkzaamheden, plotseling weggerukten hoogleeraar EDUARD HEIS te Munster en een geschrift van den italiaanschen geleerde, prof. SERPIERI, kan ik hier, als bewijzen van de verhoogde opmerkzaamheid, door de geleerden aan dit belangrijke natuurverschijnsel betoond, aanvoeren.

Beide werken zijn mij door prof. HEIS, op wiens verzoek ik eenige waarnemingen op zodiakaallicht en aanverwante verschijnselen volbracht, toegezonden, kort voor dat de dood hem wegnam. Zij zijn mij een dierbaar aandenken aan een eerbiedwaardigen raadsman, die door woord en voorbeeld zijne vurige liefde voor de wetenschap der natuur aan anderen wist mede te deelen en daardoor jongere krachten wist op te wekken om zijne voetstappen te drukken. De titel van het werk van prof. HEIS is: *Zodiakallicht-Beobachtungen in den letzten 29 Jahren, 1874—75*, en die van het geschrift van prof. SERPIERI luidt in onze taal: *Het zodiakaallicht, zijne wetten en zijne cosmisch-atmospherische theorie, afgeleid uit de waarnemingen van G. JONES, door P. A. SERPIERI, directeur van het meteorologisch observatorium te Urbino.*

Inderdaad bevatten beide werken het hoofdzakelijkste, waarmede in de laatste jaren onze kennis van het natuurverschijnsel werd verrijkt. Bestaat de inhoud van het eerste grootendeels uit cijfers, het tweede is meer betoogend van aard. Uit beide is voornamelijk ontleend; wat ik hieronder zal trachten duidelijk te maken.

Ik zal daartoe beginnen met mijne lezers eene beschrijving te geven van het zodiakaallicht, zooals het door hen zelve zou kunnen worden waargenomen, wanneer de omstandigheden daartoe medewerkten. Te dien einde zou men zich het gevoegelijkst in een der maanden Februari, Maart of April, des avonds als het donker genoeg geworden is om de sterren der derde en vierde grootte te onderscheiden, moeten begeven buiten de door gas verlichte atmosfeer der stad, zoo mogelijk op een boven de lagere nevels verheven plaats, met het gezicht naar het westen. Men zal dan, vooral nadat het oog door de donkerheid eenigermate gevoelig geworden is, weldra eene schoone lichtpiramide ontwaren, die ongeveer daar, waar de zon is ondergegaan met een breeden voet op den horizon rust en zich noordelijk, of aan de rechterzijde, in het nog altijd aanwezige schemerlicht verliest, terwijl ze zich naar het zuiden of aan de linkerhand onder zekere helling op den horizon opwaarts uitstrekt en, in een meer of minder duidelijke spits, hooger aan den hemel uitloopt.¹

Volgt men het verschijnen langer, dan ziet men het verdwijnen of, zooals bijv. prof. KAISER het uitdrukte, men bemerkt (of meent althans te bemerken) dat het de dagelijksche wenteling van den hemelbol volgt. We zullen echter later zien of hierop niet wat valt af te dingen. De helderheid van het licht is niet groot, de kleur meestal wit, soms naar het gele of roode trekkende. De verlichte deelen kunnen helderder zijn dan de helderste plekken van den melkweg. De sterren zijn door het zodiakaallicht heen bemerkbaar, echter flauwer dan gewoonlijk. Men kan dit bespeuren door sterren in en buiten de piramide met elkander te vergelijken, indien zij op dezelfde hoogte boven den horizon staan en haar licht dus evenzeer door de aardatmosfeer wordt verzwakt. Het gebeurt dan meermalen dat eene ster *in* het zodiaklicht geplaatst flauwer is dan een andere er buiten, terwijl zij in gewone gevallen juist de helderste van beide blijkt te zijn. De sterren, die zich in en om de lichtpiramide vertoonen, geven het gemakkelijkste middel aan de hand om den loop der grenzen en de ligging der spits op een sterrenkaart over te brengen. Bij eene poging daartoe bemerkt

¹ Een schoone, hoewel niet alle bijzonderheden van het dierenriemslight vertoonende afbeelding bevat MÜLLERS *Cosmische Physik*. Een teekening van mij zelf, naar mijne waarneming van 22 Febr. 1875 (*Wochenschrift f. Astr.* 1875, No. 11), die bijna alle onderdeelen der piramide in een landschappelijke voorstelling weergeeft, kon tot mijn spijt, wegens de groote kosten, niet bij deze verhandeling in plaat worden gebracht.

men gewoonlijk dat de zuidelijke, dus *linker-grens*, veel scherper is dan de noordelijke of rechter en met grooter zekerheid kan worden bepaald. Is dit laatste bij een deel der grens niet wel mogelijk, dan bepaalt men op die hoogte de sterren, die zich zonder twijfel *in* en *buiten* het zodiakaallicht bevinden. Bij een geringe kennis van de sterrenbeelden zijn dergelijke waarnemingen door iederen belangstellende in de wetenschap te volbrengen, en zijn ze dan ook vroeger door wijlen prof. ARGELANDER en KAISER zeer aanbevolen, door den laatste o. a. in zijn: *Handleiding voor de vrienden der Sterrekunde*. Vooral zij die buiten wonen hebben tot dergelijke, de daaraan besteede moeite ruim beloonende waarnemingen, uitmuntende gelegenheid.

Indien men zich de moeite getroost, in den herfst voor het morgenkrieken op te staan, zal men een dergelijke lichtpiramide in het oosten kunnen zien, die zich ongeveer even ver boven den horizon verheft; ja, er zijn in onze breedten dagen, waarop men 's morgens het oostelijke en 's avonds het westelijke zodiakaallicht kan waarnemen. Zoo

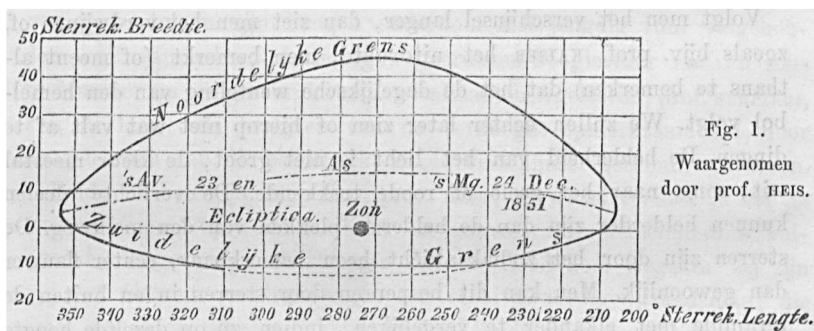


Fig. 1.
Waargenomen
door prof. HEIS.

zag prof. HEIS, 's avonds van den 23sten Dec. 1851, ten 7 ure, het zodiakaallicht aan den westerhorizon en den volgenden morgen om 5 uur dat aan den oosterhorizon. ¹ JONES zag eveneens, in den nacht van 4 op 5 Juli en van 5 op 6 Juli 1854, 's avonds en 's morgens de beide lichtpiramiden.

Van de tijden van CASSINI af tot ongeveer den aanvang onzer eeuw was de kennis omtrent het onderhavige verschijnsel niet grooter dan met het nu meegedeelde overeenkomt. Natuurlijk begon men al spoedig hypothesen op te bouwen omtrent zijn wezen. De op sterrenkaarten

¹ Fig. 1. geeft een schets van de op dezelfde kaart overgebrachte grenzen, uit deze waarnemingen afgeleid.

of hemelgloben overgebrachte grenzen hadden aangetoond dat de lijn, die men zich midden tusschen die grenzen kan denken, de *as* der piramide, vrij wel langs de ecliptica of den schijnbaren zonsweg valt, ofschoon zij soms daarvan eenigermate afwijkt (zie fig. 1). Aangezien deze ecliptica midden door den zodiak of dierenriem loopt, begrijpt men nu gemakkelijk waar CASSINI den naam van afleidde, dien hij aan het verschijnsel gaf. Het aanwezig zijn eener avondpiramide in 't voorjaar en eener morgenpiramide in 't najaar werd gemakkelijk uit den stand der ecliptica ten opzichte van den horizon verklaard. Deze ecliptica, d. i. de groote cirkel dien de zon, in haren schijnbaren jaarlijkschen loop, tusschen de sterren aan het hemelgewelf beschrijft, loopt, op een herfstavond, van den westerhorizon onder zulk een flauwe helling met dien horizon opwaarts, dat de langs haar uitgestrekte lichtpiramide door de dampen, die zich bijna altijd aan den gezichteinder ophoopen, aan het oog wordt onttrokken. Daarentegen maakt die zelfde ecliptica op een herfstmorgen, vóór het opkomen der zon aan den oosterhorizon, den grootst mogelijken hoek daarmede en heeft de lichtpiramide alsdan den gunstigsten stand voor de waarneming. Het omgekeerde heeft in het voorjaar plaats. Wie zich een denkbeeld wil vormen van de uitdoovende kracht dezer dampen aan den horizon denke slechts aan de verzwakking van het licht der zonneschijf bij het ondergaan van dit hemellicht, die voldoende is om het oog te veroorloven den alsdan afgeplatten vorm der schijf te bespeuren.

Dat men dus in het voorjaar alleen 's avonds een piramide waarnam, die schijnbaar na de zon onderging en die dus, naar 't scheen, de zon in haar dagelijksche beweging *volgde*, bewees niet dat er ook geene voor de zon opgaande, haar in de dagelijksche beweging *voorafgaande* piramide aanwezig was, maar alleen dat de laatste alsdan in te ongunstigen stand was om gezien te worden. Met eenig recht nam men dus het bestaan van een met flauw licht bedeelde lensvormige figuur aan, welke zich ter weerszijden van de zonneschijf, ongeveer langs de ecliptica uitstreckte en die overdag, door de sterke verlichting der luchtdeeltjes, onzichtbaar was, even als de sterren dit alsdan zijn. De pogingen om bij totale zoneclipsen iets van deze lensvormige figuur te zien waren onvruchtbaar, doch dit negatieve resultaat strekte zich ook uit tot de sterren der 3de en 4de grootte, die, gelijk wij gezien hebben, zich te gelijk met het zodiakaallicht beginnen te vertoonen, en het zal toch wel niemand in de gedachte komen, uit die onzichtbaarheid af te leiden, dat genoemde sterren alsdan werkelijk niet aanwezig

zijn. Bovendien is de oorzaak der onzichtbaarheid dezer sterren bij een totale eklips, (de te sterke verlichting onzer atmosfeer door den niet verduisterden buitensten dampkring der zon, meer dan voldoende om eene niet-verschijning van het zodiakaallicht aan weerszijden der verduisterde zonneschijf te verklaren. Men meende aldus, tot vóór de verschijning van het werk van SERPIERI, de aanwezigheid dezer lensvormige lichtende figuur om de zonneschijf, langs den zodiak uitgestrekt, te mogen aannemen, en men beproefde alras een hypothese op te stellen omtrent haren eigenlijken aard. CASSINI zelf zag in het zodiakaallicht een door de omwenteling met het zonnelichaam sterk afgeplatten dampkring der zon, waarvan de deeltjes het zonnelicht terugkaatsen. Hij meende hiertoe te moeten besluiten uit eene overeenstemming in ligging, die hij aan het zodiakaallicht met den aequator der zon toeschreef. Viel deze aequator met de ecliptica, dus met het vlak samen, waarin wij ons met de aarde om de zon bewegen en dus de zon schijnbaar in een jaar tijds om ons wentelt, dan zouden wij dien door de beweging der zonnevlekken aangeduiden aequator steeds als een rechte lijn in de richting der ecliptica op de zonneschijf zien geprojecteerd. Daar echter de zonsaequator met het eclipticavlak een hoek maakt, ziet men de eerste slechts tweemaal in 't jaar als een rechte lijn, namelijk dan als de aarde zich in de lijn bevindt, volgens welke de vlakke des zonsaequators die der ecliptica snijdt (10 Juni en 10 Dec.), en anders altijd als een ellips, ovaal of langrond, waarvan de lengte of groote as verschillende afwijkingen van de ecliptica hebben kan. CASSINI nu meende uit zijne waarnemingen te mogen besluiten tot het bestaan van gelijktijdige, even groote afwijkingen van de ecliptica bij het zodiakaallicht en bij den zonsaequator. Naar hij meende, viel dus de platte uitbreiding van het lensvormige lichaam met den aequator der zon te zamen, gelijk zou moeten geschieden als deze uitbreiding het gevolg was van een rotatie of aswenteling om dezelfde as, waarom de zon zelve draait. Geen wonder dat de hypothese van CASSINI goed werd ontvangen en later, in de eerste helft der vorige eeuw, door DE MAIRAN werd gebruikt bij zijne verklaring van het noorderlicht. DE MAIRAN nam hierbij aan, dat de atmosfeer der zon zich soms tot voorbij de aarde uitstreckte en dat hare deeltjes zich met de atmosfeer onzer planeet konden vermengen. Er was eenige grond voor de eerste onderstelling, wanneer men de hypothese van CASSINI als waar beschouwt. Het is toch duidelijk dat de uiterste rand der afgeplatte zonsatmosfeer zich alsdan des te verder van de zon moet verwijderen, naar-

mate het zodiakaallicht zich met zijn spits verder van de zonneschijf aan den hemel vertoont, en uit den laatsten afstand, in booggraden uitgedrukt, kon men gemakkelijk nagaan, hoe groot de eerste is in deelen van den afstand der aarde tot de zon. Is de spits van het zodiakaallicht bijv. 27° van de zonschijf verwijderd, dan moet, naar de hypothese van CASSINI, de uiterste rand der afgeplatte zonsatmosfeer tot de loopbaan van Mercurius, bij 45° tot die van Venus, bij 90° tot die der aarde reiken, en daar die spits nu zelfs tot 100° afstand van de zon gezien was, gaf dit aan DE MAIRAN het recht om te beweren, dat de zonsatmosfeer zich soms met die der aarde kan vermengen, waaruit hij dan weer het noorderlicht meende te kunnen afleiden.

Zoodra echter een hypothese in strijd blijkt te zijn met een bekende natuurwet of met een goed geconstateerd feit, moet zij vallen; en zoo viel ook de hypothese van CASSINI en tevens die van DE MAIRAN voor de opmerking, door LAPLACE gemaakt, dat, ten gevolge van de wetten der mechanica, de atmosfeer der zon zich nimmer zoover kan uitstrekken, zelfs als de loopbaan van Mercurius.

Het is toch uit de waarneming der zonnevlekken gebleken dat dit lichaam in ongeveer $25\frac{1}{4}$ dag om zijne as wentelt. In dezen tijd zouden ook alle deeltjes zijner atmosfeer om die as moeten draaien. Hoe verder zij zich daarbij van die as bevinden, des te grooter cirkelomtrekken zouden zij moeten beschrijven, waarvan het noodzakelijk gevolg is, dat de 't verst van de omwentelingsas gelegen deeltjes de grootste lineaire snelheden zouden bezitten. Nu heeft ieder deeltje, dat in een cirkel om een as draait, de neiging om zich in de richting der raaklijn aan den cirkel te verwijderen, en deze neiging wordt grooter, als zijne snelheid bij die draaiing grooter wordt. Inderdaad zou zulk een deeltje onmiddellijk aan deze neiging voldoen, als er niet eene naar 't middelpunt trekkende kracht aanwezig was (de aantrekkingskracht van het zonnelichaam), waardoor het deeltje naar de as wordt getrokken. Deze laatste echter wordt *zwakker* naarmate het deeltje verder van het middelpunt, dus van de omwentelingsas komt te liggen, en deze verzwakking geschiedt in veel sterker verhouding dan die, waarin de afstand tot de omwentelingsas toeneemt. Daar nu de neiging van het deeltje om zich van de omwentelingsas te verwijderen *toeneemt*, en de, deze neiging bestrijdende, aantrekkingskracht *afneemt* met de vergrooting van den afstand tot de genoemde as, zoo moet er eindelijk zulk een afstand gevonden worden, waar beide oorzaken juist in evenwicht zijn,

en *dáár voorbij* komende, zullen de deeltjes der zonsatmosfeer met wiskundige zekerheid zich in de wereldruimte verspreiden en niet meer tot de zon blijven behooren. Hoe sneller de zon om hare as gedacht wordt te draaien, des te dichter komt deze evenwichtsgrens bij haar te liggen. Bij iederen omwentelingstijd, dien men aannam, zou een andere grootst mogelijke uitbreiding der zonsatmosfeer behooren. Wat voor één deeltje geldt, zou ook voor een verzameling van deeltjes gelden. De afstanden, waarop de verschillende planeten van de zon om deze wentelen, hangen door dezelfde wet samen met den tijd, waarin ze die wentelingen volbrengen, want bij haar bestaat ook dat evenwicht tusschen de twee genoemde werkingen. Nu is de dichtst bij de zon geplaatste planeet: Mercurius. Zij volbrengt haren omloop in 88 dagen. Liep zij sneller, zoo zoude zij zich verder van de zon verwijderen. Een deeltje van de atmosfeer der zon zoude op den afstand van Mercurius in dat geval verkeerem, het zoude in $25\frac{1}{4}$ dag, dus te snel omloopen. Daarom kan de uiterste rand der afgeplatte zonsatmosfeer zich onmogelijk tot de Mercurius-baan uitstrekken. Het zodiakaallicht strekt zich verder uit en kan dus niet als uiterste zonsatmosfeer worden opgevat.

Was hiermede de hypothese van CASSINI gevallen, weldra kwam een andere haar vervangen, en deze heeft zich tot in onze dagen gehandhaafd. Ik zal trachten haar uiteen te zetten. Vooraf echter dienen wij een blik te slaan op de na den val der hypothese van CASSINI, dat is na het einde der voorgaande eeuw, gedane nieuwe waarnemingen van het zodiakaallicht. Vooral die in de heete luchtstreek volbracht, vermeerderden de kennis aangaande zijne eigenschappen. ALEXANDER VON HUMBOLDT merkte bij zijne reizen op, dat het in die gewesten een regelmatig, iederen avond en morgen terugkeerend verschijnsel was. Hij beschrijft in zijn beroemden *Kosmos* het voorkomen, dat dit aah den waarnemer biedt, die in den heeten aardgordel zijne opmerkzaamheid schenkt aan de lichten van den nachtelijken hemel. "De veel sterkere lichtkracht," zegt deze groote geleerde, "die het zodiakaallicht in Spanje, aan de kusten van Valencia en in de vlakten van Nieuw-Castilië vertoont, had mij er reeds toe doen overgaan, het geregeld waar te nemen. De helderheid van dit licht, ik zou kunnen zeggen: van deze verlichting, nam nog op verrassende wijze toe, naarmate ik den aequator naderde, hetzij over het vaste land van Amerika, hetzij in de Zuidzee. Door de altijd droge en doorschijnende lucht van Cumana, in de prairieën of Llanos van Caracas, op

de hoogvlakten van Quito en op de meren van Mexico, in 't bijzonder op hoogten van 2500 tot 4000 meters, waar ik langen tijd kon verblijven, zag ik het zodiakaallicht somtijds de schoonste gedeelten van den melkweg, namelijk die tusschen het schip Argo en den Schutter, of, om ons tot deelen van den hemel te bepalen die in het N. halfroond zichtbaar zijn, die tusschen den Arend en de Zwaan, in helderheid overtreffen."

Het is niet te verwonderen dat de zichtbaarheid van het zodiakaallicht in de tropische luchtstreek *het geheele jaar door*, behalve aan de grootere doorschijnendheid der lucht, hoofdzakelijk werd toegeschreven aan den grooteren hoek, dien de ecliptica in die streken voortdurend met den horizon maakt. Terwijl voor de gemiddelde geographische breedte van ons land deze hoek tot 14° kan afnemen en hoogstens 61° kan zijn, wisselt hij onder de linie van $66\frac{1}{2}^{\circ}$ tot 90° af. IJverige waarnemers, die geen moeite schuwden om onze kennis van een raadselachtig natuurverschijnsel te vermeerderen, gelijk wijlen prof. HEIS en de heer WEBER te Peckeloh, hebben bewezen dat ook in onze breedten het zodiakaal-licht veel menigvuldiger zichtbaar is dan in de handboeken te lezen staat. In het straks genoemde werk van den eerste lees ik:

"Pag. 59 en 60 bevatten een verzamelstaat zoowel van de door mij te Aken en Munster als van de door WEBER te Peckeloh waargenomen verschijnselen, gerangschikt naar groepen van 5 dagen, van maanden en van jaren... Hieruit blijkt dat te Munster het zodiakaallicht, met uitzondering van drie vijfdaagsche groepen, zelfs omstreeks den tijd der kortste dagen, het gansche jaar door waargenomen werd."

Dat niet alleen in de tropische luchtstreek het zodiakaallicht wel eens helderder dan de melkweg gezien wordt, bewijst o. a. de waarneming van WEBER op 3 Mrt. 1869 en 26 Febr. 1867 's avonds, die van SCHMIDT te Athene in April 1862, waarbij staat opgeteekend dat het sterker schitterde dan de even hoog staande deelen des Melkwegs in het schip Argo en in Cepheus. Hetzelfde werd door mijn broeder en mij op 26 en 31 Mrt. 1867 hier te Groningen waargenomen. Bij de eerste dezer waarnemingen teekende ik nog op: "nadat een gaslantaarn op een tiental meters afstands zich op het licht projecteerde, was het zodiakaallicht nog zonder twijfel te zien." Ook den 22 Febr. 1875 zag ik het helderder dan de schoone deelen van den Melkweg tusschen de Zwaan en Cassiopeia, ofschoon deze hooger aan den hemel stonden. (*Wochenschrift f. Astr.* onder red. van Prof. HEIS enz. 1875, blz. 87.)

In het begin onzer eeuw, nadat LAPLACE de onmogelijkheid der verklaring van CASSINI had aangetoond, kwam men tot een ander denkbeeld, dat reeds in het begin, vóór CASSINI, door FATIO DE DUILLIER te Genève was uitgesproken, volgens 't welk het zodiakaallicht zou veroorzaakt worden door een groote menigte kleine, om de zon in allerlei banen wentelende lichaampjes, te klein om ieder op zich zelf zichtbaar te zijn, maar op dezelfde wijze als de niet afzonderlijk zichtbare sterretjes, waaruit de Melkweg is samengesteld, voor het oog van den waarnemer een wolkachtig aanzien verkrijgende. Ieder dier uiterst kleine planeetjes zou dus den omlooptijd bezitten, die met zijn gemiddelden afstand tot de zon overeenkwam. De gezamenlijke lichaampjes konden aldus een geheel van lensvormige, maar veranderlijke gedaante vormen, dat uit de naar den tijd des jaars verschillende standplaatsen der aarde onder verschillende vormen gezien moest worden. Tot ondersteuning van dit eenvoudige denkbeeld kwamen de waarnemingen van LIAIS, in 1872 aan de *Acad. des Sciences* te Parijs medegedeeld. Deze astronoom, die met zijne talentvolle vrouw eenigen tijd in Brazilië verblijf hield en zijne observaties in een "*l'Espace Celeste*" getiteld werk publiceerde, dat door hare hand met vele fraaie figuren werd versierd, heeft de spectraalanalyse op het zodiakaallicht toegepast. Volgens hem is het spectrum der lichtpiramide onafgebroken (*Comptes Rendus*, 1872, p. 262) van rood tot violet, en om het geheel op het zonnenspectrum te doen gelijken, welk laatste het geval moest zijn, als het licht slechts teruggekaatst zonlicht was, ontbrak er slechts aan, dat men er de bekende donkere Fraunhofersche lijnen in zien kon, die voor het zonnelicht karakteristiek zijn. Het ontbreken dezer lijnen schrijft LIAIS echter aan de zwakke lichtkracht der piramide toe. Ook ARTHUR W. WRIGHT, in Amerika, nam het zodiakaallicht spectroscopisch waar en beschrijft het spectrum als in zoover op dat der zon gelijkende, dat zelfs eenige Fraunhofersche strepen daarin door hem gezien zijn (*Naturf.* VII N^o 40. Zie ook *Naturf.* V 107, 288, 307.) Ook proeven over polarisatie van het zodiakaallicht, door WRIGHT genomen, gaven uitkomsten die met de planetarische hypothese in overeenstemming waren. (*Naturf.* 1874, N^o 29.) Hoe belangrijk deze proeven ook zijn, verbiedt ons het bestek dezer verhandeling er dieper in door te dringen. Alleen vermelden we, dat volgens WRIGHT het zodiakaallicht lichtstralen uitzendt, die gepolariseerd waren in een vlak gaande door de zon, een feit dat een terugkaatsing van zonlicht door de deeltjes van het

zodiakaallicht bewijzen zou, als het boven alle bedenking verheven ware. Geen wonder dat dus de tweede onderstelling omtrent het wezen van dit verschijnsel meer en meer aan vastheid scheen te winnen. Zij werd alleen in zooverre door sommigen gewijzigd, dat het zodiakaallicht veroorzaakt zou worden niet door een lensvormig de zon omgevende massa van ontelbare kleine planeetjes, maar door een min of meer platten ring, die, binnen de baan der planeet Mars, door dergelijke planeetjes om de zon zou worden gevormd. Het is deze ring waarop HUMBOLDT in het eerste deel van zijn *Kosmos* (I. p. 88) doelt op de volgende plaats, die ik niet kan nalaten te vertalen.

“De prachtige gordels van den zuidelijken sterrenhemel tusschen de parallelen van 50° en 80° zijn bijzonder rijk aan nevelsterren en saamgehoopte, niet oplosbare nevelvlekken. Van de twee Magellaansche wolken, die om de aan sterren arme, verlaten zuidpool wentelen, vertoont zich vooral de grootste, naar de nieuwste onderzoekingen, als een verwonderlijke ophooping van sterrengroepen, van deels bolvormige hoopen van nevelsterren in allerlei grootte, en van onoplosbare nevelvlekken, die, terwijl zij eene algemeene verlichting van het gezichtsveld teweeg brengen, den achtergrond van het tafereel vormen. De aanblik dezer wolken, van het stralende sterrenbeeld 't schip Argo, van den melkweg en van de sterrenbeelden Centaurus en het Zuider Kruis, ja de landschappelijke bevalligheid van den geheelen zuidelijken hemel, hebben bij mij een onvergetelijken indruk achtergelaten. Het zodiakaallicht, dat piramidaal opstijgt (eveneens in zijnen zachten glans het eeuwige sieraad der tropische nachten) is òf een groote, tusschen Venus¹ en Mars wentelende nevelring òf, doch met minder waarschijnlijkheid, de uiterste laag der zonsatmosfeer.”

Het laatste denkbeeld is spoedig ook door HUMBOLDT geheel verlaten.

Inmiddels kwamen nieuwe feiten den gezichtskring, ook met betrekking tot dit natuurverschijnsel, op nieuw uitbreiden. HUMBOLDT maakte in 1845, in zijn *Kosmos* (I pag. 144) melding van een verschijnsel dat zich, tegelijk met het avond-zodiakaallicht des westelijken hemels, aan den oostelijken horizon vertoonde, toen hij in 't begin dezer eeuw van Lima, over zee, naar de westkust van Mexico voer, en dat hij als een weerspiegeling van het westelijke zodiakaallicht beschrijft met de volgende woorden, die

¹ Er staat hier eigenlijk Aarde, maar dit is blijkbaar een schrijffout. Op pag. 95 spreekt H. zelf van Venus en Mars.

ik in SCHIAPARELLI's werk over de vallende sterren vermeld vind, en die ontleend zijn aan een opstel van HUMBOLDT in de *Astron. Nachr.* N° 989.

“Terwijl het licht in het W. zeer helder was, namen wij steeds een witachtigen, eveneens piramidalen schijn in 't O. waar. Deze was zoo sterk, dat hij tot zekeren graad de helderheid des hemels op de duidelijke wijze verhoogde. Zelfs de matrozen waren verwonderd over dezen dubbelen lichtschijn in het W. en het O., en ik hel er toe over om te gelooven, dat deze witachtige glans in 't O. de weerschijn was van het werkelijke zodiakaallicht in 't W. Ook verdwenen beiden te gelijker tijd.”

HUMBOLDT noemde dezen weerschijn den *Gegenschein*; maar dezen naam gaf men later aan een ander verschijnsel, waarom wij ons aan het woord “weerschijn” zullen houden, zonder daarom de verklaring van HUMBOLDT aan te nemen, die toch eigenlijk slechts een naam is, even als de door hem uitgevonden naam van *magnetisch onweder* voor het noorderlicht.

In 1854 ontdekte BROSEN, op de sterrewacht te Senftenberg in Bohemen, den eigenlijken *Gegenschein* of *tegenschijn*, zijnde een flauwe lichtschemering met vervloeiende grenzen, die in of bij de ecliptica, bijna juist tegenover de zon schijnt te staan, en dus even als deze, maar altijd tegenover haar, de beelden van den zodiak of dierenriem doorloopt. Hij nam dit licht in de maanden Februari, Maart, April of September, October, November waar. Deze tegenschijn is veel moeilijker te zien dan de gewone zodiakaallicht-piramide. Prof. HEIS zocht er te Munster lang te vergeefs naar, tot hij eindelijk de moeite nam, tegen middernacht zich buiten de sfeer der gasverlichting te begeven. Zijne eerste waarneming is van Februari 1869, de laatste van Februari 1875, in welk jaar zijne rheumatische aandoeningen hem ook de gewone, van 1847 af volgehouden waarnemingen van het zodiakaallicht deden staken. Hierom deed hij een beroep op zijn jongere vrienden en ontving ook ik van hem een uitnoodiging, om mij aan zodiakaallicht en tegenschijn gelegen te laten liggen. Het gevolg waren eenige waarnemingen, door mij in het toenmaals nog door HEIS geredigeerde *Wochenschrift* gepubliceerd, op beide verschijnselen, in de jaren 1874, '75 en '76. Mijne op p. 295, in de noot, besproken teekening der zodiakaallicht-piramide heeft op een dier waarnemingen betrekking. Wil men den tegenschijn zien, zoo begeve men zich, tegen middernacht, als het tegenover de zon gelegen punt des sterrenhemels het hoogst boven den horizon staat, buiten de gasverlichting der stad, waar het oog eerst gedurende ongeveer een kwartieruurs door de afwezigheid van alle kunstlicht gevoelig genoeg moet gemaakt worden, om flauwe

lichtindrukken te kunnen ontvangen. Men wordt dan in de eerste plaats, als men een helderen nacht heeft uitgekozen, beloond door den ongekenden glans, waarmede de hemellichten rondom den waarnemer schitteren en waarvan zij, die den sterrenhemel zelden anders zagen dan als bewoners eener stad, geen denkbeeld hebben. Richt men nu zijne blikken naar de plaats, waar de ecliptica door de bekende sterrenbeelden wordt aangewezen en tevens naar het zuiden, zoo zal men soms een flauwen lichtschijn ontwaren tusschen sterren die men kan opgeven, zonder, zooals ik het ten minste ondervond, in staat te zijn een bepaalde gedaante aan het verschijnsel te bemerken. Prof. HEIS en anderen zagen het echter in elliptischen vorm, met de groote as langs de ecliptica, en het is mogelijk dat de minder heldere lucht mijner dicht bij de zee gelegen woonplaats oorzaak is, dat het daar minder duidelijk te zien is. De beste tijd des jaars is, voor onze breedte, die der maanden November en December, daar het tegenpunt der zon dan het hoogst in het zuiden komt te staan. Men bespeurt den tegenschijn niet meer, als deze zich met de vertakkingen van den melkweg vereenigt, en soms was de glans der planeet Jupiter waarschijnlijk oorzaak dat hij niet zichtbaar was. BRORSEN zag het verschijnsel ook in Februari, Maart en April met toenemenden glans, en noemt den voorjaars-tegenschijn veel sterker dan den herfst-tegenschijn. Ik heb vergeefs getracht dit licht in Februari 1875 te zien, ofschoon de lucht er tusschenbeiden zeer gunstig voor scheen, en ik het in November en December 1874 zonder twijfel had bespeurd en zijne plaats tusschen de sterren had bepaald. Den 10den Maart 1875 nam ik het weder waar, maar in April was het mij onmogelijk er iets van te zien. De planeet Jupiter en de lagere stand van het tegenpunt der zon meende ik hierbij als oorzaken te moeten in rekening brengen. Ook was prof. HEIS dit met mij eens. Hij zelf had in 1869, 1870 en 1874 den tegenschijn, bij Munster, in de maanden Januari, Februari, Maart, April en December, op elf avonden gezien. In Italië, dat door zijn zuidelijker ligging en doorschijnenden dampkring voor dergelijke waarnemingen, mits buiten de steden, zeer gunstig is, werd het verschijnsel door den, wegens zijne ontdekkingen nopens de vallende sterren, zoo beroemden prof. SCHIAPARELLI en door zijnen vriend prof. SERPIERI gezien. De eerste zegt in zijn *Astronomische Theorie der Vallende Sterren* (Duitsche vertaling, pag. 192): "De waarneming is dan vooral gemakkelijk, wanneer het centrum er van in den Leeuw en de Maagd staat; men ziet het zeld-

zamer wanneer het in den Waterman en de Visschen is." Het eerste nu heeft plaats in Februari, Maart en April, het laatste in het najaar, en dit strookt dus met BROSEN's bevinding.

Nog een derde lichtverschijnsel kwam zich bij de zodiakaallicht-piramide en den tegenschijn voegen, en ofschoon door sommigen, b. v. door SCHIAPARELLI, tot dezen laatsten gerekend, schijnt het mij om eene waarneming van EYLERT voorzigtiger, dit voorshands niet te doen. Ik bedoel een bandvormige verlichting der geheele of gedeeltelijke ecliptica, door de Duitschers eene "Ueberbrückung der Ekliptik" genoemd, en door sommigen voor een uitvloesiel des tegenschijns aangezien. Dit verschijnsel is zeldzamer. Ik mocht het eenmaal, in den helderen nacht van 2 December 1874, ten 10 $\frac{1}{4}$ uur 's avonds, zeer duidelijk aanschouwen, van den toren onzer R. H. B. school, als een flauw lichtenden band, uit een, op dat uur vreemd genoeg, op den westelijken horizon rustende, vrij regelmatige, doch flauw lichtende piramide oprijzende en zich door de sterren van den Waterman, ter breedte van ongeveer 5°, tot aan den in het sterrenbeeld den Ram zichtbaren tegenschijn voortzettende. Deze zodiakaallichtboog, zooals men haar zou kunnen noemen, had toen geen verlengsel aan de andere zijde van den melkweg en duurde slechts eenige minuten. Ook den 10den November 1874 had ik een minder duidelijken lichtboog langs de ecliptica waargenomen, van het Zevengesternte, door den Ram, tot aan de ster α van de Visschen, des avonds tusschen 11 en 12 ure. Later las ik dat de heer FERROTIN te Toulouse, des morgens van denzelfden dag, de ecliptica verlicht had gezien van den top van het morgen-zodiakaallicht tot aan de Plejaden of het Zevengesternte. Hieruit blijkt dat dien dag 180° der ecliptica aan ééne zijde der zon verlicht geweest zijn; of als men aan de andere zijde er 90° bij telt van de gewone zodiakaallicht-piramide, zoo bedroeg het geheele verlichte of lichtgevende deel der ecliptica alstoen 270° of $\frac{3}{4}$ deel van den geheelen cirkel-omtrek. (*Wochenschr.* 1875, S. 88.)

Dergelijke zodiakaal-lichtbogen werden ook nog waargenomen door SCHIAPARELLI, den 3den Mei 1862, ter breedte van 15°, door de sterrebeelden Tweelingen, Kreeft, Leeuw, Maagd, Weegschaal en Schorpioen, door SERPIERI 12 December 1873 (*HEIS, Z. L. Beob.*, S. 51), door HEIS reeds in 1831, zonder dat hij er echter verder bijzonder over nagedacht had. Hij had het verschijnsel toen als een smalle streep, op een band van cirruswolken gelijkende, beschreven, die den ganschen avond haren stand tusschen de sterren langs de ecliptica behield. Ook HUMBOLDT zag in

zijn "weerschijn" waarschijnlijk slechts een deel van den zodiakaallichtboog. G. JONES schreef uit Quito, een voor dergelijke waarnemingen zoo bijzonder gunstig gelegen stad (zie GOULD, *American Journal*, N^o 100): "Ik zie hier iederen nacht en den geheelen nacht door, een lichtenden boog van 't O. naar 't W., dwars door den geheelen hemel. Deze boog, 20° breed, is alle uren zichtbaar als de lucht helder is, maar is het helderst en treffendst als de ecliptica loodrecht op den horizon is, als wanneer hij bijna op een tweeden melkweg gelijk. Het is zonder twijfel 't zodiakaallicht." Merkwaardig is de waarneming van EYLERT, een leerling van prof. HEIS, op zijne zeereis van Hamburg naar Buenos-Ayres, Kaapstad en Leith, den 8sten en 9den December 1873, op 20° N. Br. en 30° W. L. gedaan en in de volgende bewoordingen medegedeeld (*Zod. Licht-Beob.* door HEIS, blz. 49).

8 Dec. "Heden werd zeer duidelijk door mij, als ook door den kapitein van ons schip, het zodiakaallicht als halve cirkel van den W. horizon tot aan het sterrenbeeld Orion gezien."

9 Dec. "Ook heden werd door mij en den kapitein het zodiakaallicht als halve cirkel gezien. Tot 340° sterrek. lengte is het zodiakaallicht zeer helder en ook in zijn verdere uitgestrektheid zonder twijfel zichtbaar. Om 9 u. 35 m. zag ik een helderen lichtschijn in het sterrenbeeld den Stier, dien ik geneigd ben in verband te brengen met den vroeger meermaalen door mij te Munster gezienen tegenschijn van het zodiakaallicht. Tot nu toe is het mij niet gelukt dezen tegenschijn op lage breedten waar te nemen, niettegenstaande den sterkeren glans, dien het zodiakaallicht daar ontwikkelt. Heden ligt de lichtschijn, dien ik in den Stier waarnam, niet in den zoowel door den kapitein als door mij duidelijk gezienen halven cirkel van het zodiakaallicht, maar noordelijker. De tegenschijn heeft bij benadering den vorm eener ellips..."

Ik bedoelde zoeven deze waarneming, toen ik zeide dat het voorloopig voorzigtiger was om het verschijnsel van den tegenschijn niet met dat van den zodiakaallichtboog te vereenzelvigen. Ook BRORSEN zag (*Wochenschr.* 1875, N^o 1.) den tegenschijn, in December 1874, verscheiden graden noordelijk van de ecliptica.

Uit alle waarnemingen blijkt dat de tegenschijn meestal niet juist tegenover de zon staat, maar tot eenige graden van het juiste tegenpunt der zon kan afwijken. Bij de onzekerheid zijner grenzen is hier echter nog niet veel peil op te trekken.

(Slot volgt.)