

S A T U R N U S

DOOR

Dr E. VAN DER VEN.

»Wie zal vinden wat diep verborgen en ver verwijderd is.»

Deze, ik zou haast zeggen mistroostige uitroep is, de meesten mijner lezers zullen het weten, van den Prediker der oudheid, van den wijzen SALOMO. Hij, de evenknie der koningen van Aegypte, van Tyrus en Sidon, de man, die mag geacht worden op de hoogte te zijn geweest van de sterrenkunde van zijn tijd, werd er toe gedreven; zijn wetenschap inspireerde haar hem.

Inderdaad dan ook moest de gansche oudheid, ja zelfs de middel-eeuwen en de 16^{de} en 17^{de} eeuw door, de kennis van het heelal binnen zeer engen kring beperkt blijven. Zoolang het oog ongewapend het hemelruim had te doorvorschen, was het tot het waarnemen van afstand en beweging alleen beperkt; en dan nog wel van de zoodanige, die of door hare snelheid zeer in het oogvallend waren, zooals de loop der planeten, of die, schoon langzaam op zich zelve, eeuw in, eeuw uit in dezelfde richting plaats hadden, zooals de achteruitgang der nachteveningen.

In dien toestand bracht eerst in den aanvang van de 17^{de} eeuw de uitvinding van den verrekijker verandering: eene uitvinding, die in den loop van nog geen drie eeuwen den menschelijken gezichtskring, in eigenlijken en overdrachtelijken zin, heeft uitgebreid als slechts eene andere, die van den mikroskoop. Eene uitvinding trouwens, wier hooge belangrijkheid in den nieuweren tijd vooral daaruit is gebleken, dat dit instrument zich zoo gemakkelijk laat verbinden met andere. Want daardoor doet het ons niet alleen voorwerpen en

afstanden vergroot, bewegingen versneld zien; het stelt in staat een streek des hemels te photographeeren, zoo getrouw als men dat een landschap doet, en het licht der sterren te ontleden met hetzelfde gemak als dat van een gasvlam.

Tot die hoogte had men het echter nog op lange na niet gebracht in den tijd, waarin de ontdekking valt van de ware gedaante van het hemellichaam, waarvan de naam aan het hoofd van dit opstel geschreven staat.

Men schreef toen 1659; een halve eeuw was sedert de ontdekking van den verrekijker door GALILEI nauw verstreken. Onschatbare diensten had deze in dat korte tijdperk aan de wetenschap reeds bewezen; het was alsof deze daarop gewacht had.

Men had door dien kijker gezien dat de planeet Venus schijngestalten vertoonde, zooals de maan, dat de planeet Jupiter, bij haren loop om de zon, vier manen met zich voert door de ruimte. En deze ontdekkingen, schoon kinderspel bij wat men thans vermag, waren, in den lijst van haren tijd beschouwd, van het grootste gewicht.

Immers dat Venus, naar COPERNICUS leeraarde, een donker lichaam zijn zou, dat, als de aarde, van de zon zijn licht ontving, achtte men juist daarom onwaar, omdat die planeet dan zich in wisselende schijngestalten zou moeten vertoonen. En ongerijmd vond men het de aarde om de zon te laten loopen; hoe toch zou zij bij dien loop de maan met zich voeren, die op geenerlei wijze aan haar was verbonden! Objecties tegen zijn stelsel, waartegen COPERNICUS niets had weten in te brengen dan zijn vertrouwelijk: »Ik erken dat ik voor het tegenwoordige daarop niets heb te antwoorden; maar als mijn stelsel waar is, wees dan verzekerd, dat God niet in gebreke zal blijven er vroeg of laat het bewijs van te leveren." Dat bewijs nu leverde 67 jaar later GALILEI, nadat hij voor het eerst den kijker op Venus en Jupiter gericht had.

Niet zoo gelukkig was GALILEI bij zijne waarneming van Saturnus. Aan weerszijde van deze planeet zag hij vreemde aanhangsels, als de ooren of handvatten van een pot, die, met den wisselenden stand van de planeet ten opzichte van de zon, van gedaante schenen te veranderen, ja soms geheel verdwenen; aanhangsels kortom, die hem ten eenenmale onverklaarbaar schenen. Eene in alle opzichten volledige verklaring van dit verschijnsel gaf eerst 48 jaren later onze landgenoot CHRISTIAAN HUYGENS, een man, die, door alle tijden heen,

onder de heroën der wis- en natuurkundige wetenschap een eerste plaats zal innemen.

In den zomer dan van het jaar 1659 kwam bij ADRIANUS VLAECQ, boekdrukker te 's Gravenhage, een in de taal der geleerden geschreven boekje uit, met een Fransche voorrede, een boekje waarvan de titel in onze taal luidt: *Het Saturnisch sterrenstelsel of over de oorzaken van de verwonderlijke verschijnselen van Saturnus, en over den nieuwen medgezel van die planeet.*

Daarin werd door HUYGENS op duidelijke wijze aangetoond, dat Saturnus zelve een bolronde gedaante heeft, evenals de andere planeten, maar dat zij is omgeven door een platten, zeer breedten, dunnen ring, wiens middelpunt met dat van de planeet zelve samenvalt en die ligt in het vlak van haren evenaar.

Tot dit resultaat was de groote natuurkundige gekomen door eigen waarneming en dat wel met behulp van een voor dien tijd uitstekenden kijker, waarvan hij zelf de glazen had geslepen. Die glazen en het dagboek zijner waarnemingen, waarin men, uit de grillige vormen, waaronder zich de planeet kan voordoen, langzamerhand het beeld van den ring ziet oprijzen, worden thans nog aan de Universiteits-bibliotheek te Leiden als onschatbare reliquiën bewaard.

De stand van dien ring in de ruimte is zoodanig, dat zijn vlak met dat van de loopbaan der aarde een hoek maakt van ongeveer 30° . Het gevolg daarvan is, dat wij hem altijd zien in de gedaante van een ellips. Is echter de onderlinge stand van de planeet en de aarde zoodanig, dat het vlak van den ring door ons oog gaat, dan gaat die ellips over in een rechte lijn; wij zien dan den ring op den kant en, daar die zeer dun is, bespeurt men op aarde van hem niets. En dit zelfde is ook het geval, als het verlengde vlak van den ring door de zon gaat; dan is hij alleen op zijn kant verlicht en ook deze verlichte lijn is alleen door kijkers van zeer groot vermogen en onder bijzonder gunstige atmosferische omstandigheden zichtbaar.

Wil men zich de zeer veranderlijke vormen, waaronder zich de met haren ring omgeven Saturnus aan ons kan voordoen, voor oogen stellen, dan kan men nog steeds niet beter doen dan den raad van prof. KAISER opvolgen.

Men neemt een schermpje van wit doek, dat in omtrek iets grooter is dan een halve cirkel en in het middelpunt van den cirkel plaatst men een helder brandende lamp. Op de hoogte van de vlam dezer lamp plaatst men nabij dit schermpje een bol, omgeven van een ring,

wiens inwendige middellijn anderhalf, wiens uitwendige twee en een derde maal zoo groot is als die van den bol zelf, daarbij zorg dragend, dat de ring, die in de werkelijkheid gansch los is van de planeet, in de nagebootste figuur door spijltjes, die zoo dun mogelijk zijn, aan den bol is verbonden. De afmetingen van bol en ring verhouden zich nu al vast bij dezen nagebootsten Saturnus als bij den werkelijken. Geeft men dan aan het vlak van den ring zoodanigen stand, dat het met het vlak van de tafel een hoek van 30° maakt, dan zal de schaduw op het scherm het beeld van de planeet vertoonen in een van de standen, die zij bij haren loop om de zon kan innemen. Dit beeld zal dan wel een beeld zijn, uit de zon genomen; maar daar Saturnus tienmaal zoover van de zon is verwijderd als de aarde en deze laatste dus, uit Saturnus gezien, bijna met de aarde samenvalt, zal er tusschen beelden van de planeet uit de zon genomen en beelden uit de aarde genomen weinig verschil zijn.

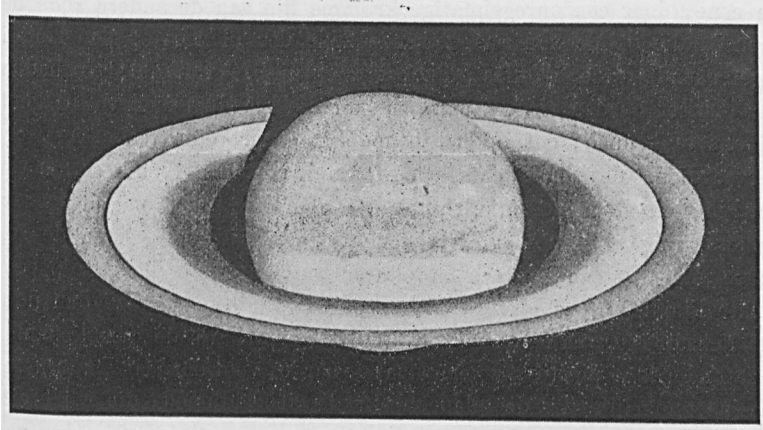
Wil men daarenboven kennis nemen van de opeenvolging der verschillende gedaanten, waaronder de planeet zich gedurende dien loop achtereenvolgens aan ons kan vertoonen, dan moet men den ganschen toestel langs het scherm verplaatsen, daarbij zorg dragende, dat het vlak van den ring zooveel mogelijk evenwijdig blijft aan zich zelf. In de werkelijkheid toch beweegt zich de ring niet anders.

Gelukt deze nabootsing goed, dan ziet men niet alleen den ring langzamerhand smaller worden, naarmate hij den stand nadert, waarin zijn schaduw in een rechte lijn overgaat, maar dan merkt men tevens op, dat, zelfs in den daarvoor meest gunstigen stand, de ring den bol van de planeet niet omgeeft, maar dat altijd een deel van den ring door de planeet en een deel van de planeet door den ring bedekt wordt.

Daar de planeet dertig van onze jaren noodig heeft om hare baan om de zon te doorloopen, m. a. w., daar zij aan haren loop om de zon dertig maal zoooveel tijd besteedt als de aarde, zal het maar eenmaal in de vijftien jaar gebeuren, dat de ring juist op den rand wordt verlicht en dus van de aarde uit gezien een lichtstreep schijnt; bij onze nabootsing, die slechts een halven omloop omvat, zien wij dan ook slechts eenmaal de schaduw in een lijn overgaan.

Wil men zich een voorstelling maken van Saturnus zooals die zich in een der voor de waarneming meest gunstige standen voordoet in een kijker van groot vermogen, dan geeft de afbeelding, door prof. KAISER geleverd op plaat IV, fig. 1, van het eerste deel van zijn

Sterrenhemel, daartoe gereede aanleiding. Deze is de lithographische reproductie van een teekening, door den grooten sterrekundige direct volgens de waarneming geteekend en vertoont de planeet, zooals die zich, terwijl de ring van de zuidzijde werd beschenen, den 6den September 1852 voordeed in het aequatoriaal van de sterrewacht te Leiden.



In deze afbeelding merken wij in de eerste plaats op een scherp-begrensde gitzwarte streep, die evenwijdig aan den omtrek over den ganschen ring loopt. Deze streep, die in 1675 het eerst door J. D. CASSINI werd gezien, verdeelt den ring in twee concentrische ringen, waarvan de buitenste in het oog loopend donkerder is dan de binnenste. Van sommige zijden is beweerd, dat men beide ringen, de heldere zoowel als de donkere, steeds in een groot aantal smallere verdeeld ziet; maar prof. OUDEMANS verzekert, dat zelfs de splitsing in tweeën van den buitensten ring, waarvan sommige sterrenkundigen verklaren dat zij die met de hun ten dienste staande hulpmiddelen steeds zien, met de hem ten dienste staande, zelfs bij gunstige omstandigheden, moeilijk is te onderscheiden.

Wat betreft het donkere deel, waarin naar de zijde van de planeet zelve het licht van den helderen ring schijnt uit te loopen, in afbeeldingen van ouderen datum dan de onze komt deze niet voor. Schoon dan ook eerst in 1850 zijn ware wezen ontdekt is blijkt het toch van achteren, dat reeds in 1675 HUYGENS een deel van dezen donkeren ring heeft gezien en wel dat gedeelte, hetwelk aan de naar ons toegekeerde zijde de planeet omgeeft. Daar doet die zich voor als een donkere, maar niet geheel zwarte streep, waardoor heen men

het verlichte deel van de planeet, dat hij bedekt, kan zien schemeren; en deze streep wordt niet alleen door HUYGENS vermeld, maar in zijne aantekeningen bestrijdt hij ook het vermoeden, dat zij de slagschaduw van den ring op de planeet zou zijn.

De gitzwarte figuur eindelijk, door den omtrek van den bol aan de eene, door een onregelmatige kromme lijn aan de andere zijde begrensd, die op de van ons gewende zijde der planeet op den ring is afgeteekend, deze is klaarblijkelijk de projectie van de slagschaduw der planeet op den ring. Zooals wij hier die schaduw zien vallen geeft zij ons te kennen, dat op het oogenblik, waarop de teekening werd vervaardigd, de zon slechts eenige weinige graden rechts stond van de lijn, die door het middelpunt der planeet en het oog des waarnemers ging. Alleen dan, wanneer wij zelve juist tusschen de zon en de planeet staan, m. a. w., wanneer zon, aarde en planeet op eene rechte lijn liggen, zien wij van deze schaduw niets, daar zij dan door het lichaam der planeet voor ons oog is bedekt. Als de drie lichamen deze onderlinge positie innemen staat de aarde, voor dat jaar ten minste, zoo na mogelijk bij de planeet. In de afbeeldingen, die wij bezitten, valt dan ook steeds de schaduw maar even links of rechts van de planeet. Zij zijn allen in die meest gunstige omstandigheid vervaardigd.

Hebben wij tot nog toe ons alleen beziggehouden met den ring, zooals die, van de aarde uit gezien, zich voordoet, thans willen wij nagaan, hoe zulk een slechts aan eene zijde door de zon verlichte band van de planeet zelve uit moet worden gezien.

Om de gedachten te bepalen willen wij daarbij onderstellen dat onze aarde zulk een aanhangsel had, waarvan de afmetingen zich tot die der aarde verhielden als de afmetingen van den ring tot die van *Saturnus*. Het is daartoe noodig, dat wij al zijne afmetingen ruim negenmaal (9.3) zoo klein nemen als zij in de werkelijkheid zijn.

Daar het vlak van den ring samenvalt met den evenaar, zou die loopen over Midden-Afrika, het noorden van Zuid-Amerika en in Insulinde over Padang, Pontianak en Macassar. Hij zou daar vlak boven de hoofden der bewoners liggen en wel over een streek, die ongeveer 43 kilometers of 8 uur gaans breed was, een streek dus in breedte gelijk aan den afstand van hier naar 's Gravenhage; want een ring als die van *Saturnus* zou hier op aarde $\frac{200}{9.3} = 43$ kilometer dik zijn.

Daar zou men des nachts door de sterren een donkeren band zien loopen, een sterreloozen band, die als een geweldige boog uit het Westen en Oosten oprijzend en door het toppunt gaande, het hemelruim in twee gelijke helften zou verdeelen.

Des daags zou men daarentegen gedurende het grootste gedeelte van het jaar van dien boog niets bespeuren; want, de binnenkant van den ring moge dan flauw zijn verlicht door zonlicht dat de aarde zelve daartegen terugkaatst, het diffuse licht van onzen dampkring zou dat flauwe licht zeker overschijnen. Alleen op den 22^{sten} Maart en den 22^{sten} September en de daar omheen liggende dagen zou hij degelijk zichtbaar worden, omdat op die dagen het pad van de zon langs den aequator loopt en dus door den ring zou worden bedekt. Van hare opkomst tot haren ondergang zou de zon eerst eenige dagen gedeeltelijk, daarna, op den 22^{sten} Maart en 22^{sten} September, geheel en dan weer eenige dagen gedeeltelijk achter den ring verscholen, dus verduisterd blijven. Want de 3742 kilometer boven den aardbodem liggende binnenrand van den 43 kilometer dikken ring zou van de aarde uit worden gezien onder een hoek, die den hoek, waaronder van daar de middellijn der zon wordt gezien, ongeveer 7' overtrof.¹

Wil men nagaan hoe znk een ring hier op aarde elders dan aan den evenaar zou worden gezien, dan rijst in de eerste plaats de vraag, of die wel overal op aarde zichtbaar zou zijn, bijv. overal in het noordelijk halfrond. Want heeft men die eenmaal beantwoord voor een der twee halfronden, dan volgt, *mutatis mutandis*, voor het andere het antwoord van zelf.

Lost men nu deze vraag op door de middelen, die daartoe de wiskunde aan de hand doet,² dan blijkt dat van zoodanigen aan den evenaar zich 8900 kilometer boven den bodem verheffenden ring, de bovenrand aan den zuidelijken horizon eerst zichtbaar zal worden op een breedte van $65^{\circ} 21'$, in plaatsen dus, die met het noorden van de Bothnische golf op denzelfden parallelcirkel liggen. Ging men van daar zuidwaarts, dan zou een steeds breedere strook van den ring zich boven die kim vertoonen, tot eindelijk, op een breedte van $50^{\circ} 58'$, — dus in de plaatsen die met Brussel op denzelfden parallelcirkel liggen — ook de zich 3742 kilometer boven den bodem

¹ Zie Bijlage (1) op bladz. 114.

² Zie Bijlage (2) op bladz. 114.

verheffende benedenrand in het zuiden zou opdoemen. Daar wij op een breedte van ruim 52° wonen zou de benedenrand voor ons steeds onder den horizon blijven; wij zouden, om dit schouwspel te zien, een reisje naar het zuiden moeten maken, liefst, indien wij het ten volle wilden genieten, naar Spanje of Italië.

Wat men daar zien zou?

Over dag in den regel niet veel. Daar de zon van 22 Maart tot 22 September den ring aan de noordzijde en in het overige des jaars aan de zuidzijde zou beschijnen, zou in den zomer de heldere, in den winter de donkere zijde naar ons zijn toegekeerd, die dan nog vrij sterk zou verlicht worden door het teruggekaatste zonlicht dat de aarde op haar wierp. Maar in beide gevallen zou wederom het diffuse licht van den direct door de zon verlichten dampkring een sluier van licht zijn, die den ring geheel aan het oog onttrok.

In den regel; want er zouden in den loop des jaars kwade dagen komen, waarop men van zonlicht gansch verstoken bleef.

Nemen wij, bij voorbeeld, een plaats die op 40° breedte ligt, één graad meer zuidelijk dus dan Napels. Daar zou de ring een boog vormen, die aan den hemel begrensd werd door de parallelcirkels, welke $28^{\circ} 30'$ en $11^{\circ} 58'$ boven den horizon liggen¹, zoodat zijn breedte vandaar onder een hoek van ongeveer 16.5 zou worden gezien. Nu ligt de parallelcirkel, die de zon daar op den 22^{sten} December aan den hemel beschrijft, op een hoogte van ongeveer 26.5 , dus twee graden lager dan de bovenrand van den ring, wat zou ten gevolge hebben, dat op 22 December, en eenige dagen te voren en daarna, de gansche dagboog van de zon door den ring zou bedekt zijn, dat zij dus op die dagen eerst gedeeltelijk, daarna geheel, dan weder gedeeltelijk gedurende den ganschen dag verduisterd zou zijn.

Hoe meer men zuidwaarts opgaat, des te hooger verheft zich de ring boven de zuiderkim en des te smaller schijnt hij tevens te worden. Op een breedte van 20° , midden in de Roode Zee, bij voorbeeld, zou zijn bovenrand samenvallen met den parallelcirkel, die $56^{\circ} 48'$, zijn benedenrand met dien, die $42^{\circ} 10'$ hoog ligt; op een breedte van 10° , bijv. te Fashoda, zouden deze hoogten respectievelijk 73° en $63^{\circ} 56'$ zijn. In het eerste geval wordt dus de ring $14^{\circ} 38'$, in het laatste geval nog slechts $9^{\circ} 4'$ breed gezien.

Daar nu in het midden van de Roode Zee de laagst gelegen dag-

¹ Zie Bijlage (8) op bladz. 115.

boog, die de zon in een jaar (22 Dec.) beschrijft, $46^{\circ} 5'$ hoog ligt, zou het aantal dagen, gedurende welke zij voor en na den kortsten dag geheel of gedeeltelijk verduisterd bleef, reeds veel aanzienlijker zijn dan in het zuiden van Italië. In plaatsen als Fashoda en nog meer zuidelijk gelegene, eindelijk, waar die laagste dagboog zich $56^{\circ} 5'$ of meer boven de zuiderkim verheft, en dus zoowel de bovenrand (73°) als de benedenrand ($63^{\circ} 56'$) van den ring hooger dan die dagboog liggen, zou de zon, na op zekeren dag achter den ring te zijn verdwenen, zich eenige dagen vóór den 22^{en} December ten zuiden daarvan weder vertoonen, om kort daarna nogmaals te verdwijnen, dan, wederom na eenige dagen, aan den noordkant te voorschijn te komen en verder het gansche jaar door hare kostelijke gaven over het noordelijk halfrond onzer aarde uit te storten, zonder daarin door den ring te worden verhinderd.

Merken wij nu nog op dat voor ons, Nederlanders, die gemiddeld op een breedte van 52° wonen, de bovenrand van den ring ongeveer 14° boven de zuiderkim zou liggen en dat voor ons op den kortsten dag de dagboog van de zon zich $14^{\circ} 5'$ boven die kim verheft, dan zien wij dat op ons klimaat en op alle hoogere breedten wonende medemenschen de ring van geen directen invloed zijn zou. De zon toch zou in het noorden van ons land in het geheel niet, in het zuiden een paar dagen en dan nog slechts voor een zeer klein deel zijn verduisterd.

Over de streken echter, die thans de lustoorden en de voorraadschuren van ons halfrond zijn: in Europa over de Riviera, Italië, Spanje, Griekenland, Turkije, de Donauvorstendommen en Zuid-Rusland; in Azië over Klein-Azië, Perzië, Voor- en Achter-Indië, in Afrika over Algiers, Tunis en Egypte, kortom over een minstens dertig graden breedte, van hier tot diep in de tropische gewesten rondom den ganschen aardbol zich uitstrekkenden gordel, zou van het zuiden naar het noorden een stikdonkere nacht langzaam voortkruipen. Tegen het einde van October zijn somberen tocht in het zuiden aanvangend en op den 22^{en} December ons land bereikend, om dan zich terugtrekkend, tegen het einde van Februari die in het zuiden te eindigen, zou hij op dien tocht dood en verderf verspreiden.

En wat er op den smallen, zich niet veel meer dan tien graden van den evenaar uitstrekkenden gordel zou worden van den tropischen plantengroei, als die door twee of meer dagen van stikdonkeren nacht werd afgebroken, onze phantasie waagt zich niet aan een gissing.

daaromtrent. Zooveel is zeker, dat de aarde, indien zij door een ring werd omgeven als die van Saturnus, ophouden zou de geschikte woonplaats te wezen van schepselen, wier eerste levensbehoeften licht en warmte zijn.

Het zal ons, na deze beschouwing, niet moeilijk vallen na te gaan, welk schouwspel de hemel ons des nachts zou te zien geven, indien onze levensvoorwaarden ons toelieten op eene met een ring omgevene planeet daarvan te genieten.

Gedurende de zomermaanden, van 22 Maart tot 22 September, als de zon ten noorden van den evenaar staat, zou de ring worden verlicht aan de naar ons toegekeerde zijde. Wij zouden dus hier te lande des nachts zich in het zuiden, ongeveer zoo hoog als de zon des winters komt, een lichtboog zien welven, die, met hare voeten in het zuidoosten en het zuidwesten, schuins op den horizon stond. Die boog zou in den nacht van den 22^{en} Maart zelf, wanneer de zon juist den rand van den ring beschijnt, flauw opdoemen, om daarna, tot den 22^{en} Juni, elken opvolgenden nacht zich in helderder licht te vertoonen dan den voorafgaanden. Want naarmate de zon zich meer noordelijk van den evenaar verwijderd, vallen hare stralen minder schuins op het vlak van den ring en neemt dus de intensiteit der verlichting van dat vlak met den dag toe. Van den 22^{en} Juni echter, als de boog zijn maximum van lichtsterkte heeft bereikt, tot den 22^{en} September zou, ten gevolge van het nu weder meer en meer schuins invallen der zonnestralen de lichtsterkte van den boog met iederen dag minder worden, terwijl op laatstgenoemden datum hij voor goed, dat wil zeggen voor een half jaar, zou verdwijnen. Hij zou dan overgaan in een donkeren band, die zich in zijne volle breedte aan den hemel zou vertoonen, waarachter ettelijke sterren, van haren opgang tot haren ondergang, zouden verborgen blijven. Een stikdonkere band; van verlichting door zoogenaamd aardlicht toch zou geen sprake zijn. Want als het op de naar den ring gekeerde zijde van de aarde nacht is, m. a. w., als de aarde hare donkere helft naar den ring toekeert, zal deze niet worden beschenen door licht, dat de aarde op hem terugkaatst.

Al deze verschijnselen nu zouden zich meer en meer in al hunne pracht vertoonen, naarmate men die uit meer zuidelijk gelegen plaatsen waarnam; naar die mate toch zou in de zomermaanden de verlichte boog hooger aan den hemel worden gezien, zouden hare voeten meer naar het oosten en westen zich verplaatsen. Wat daarbij meest opmerkelijk zou zijn: men zou de donkere slagschaduw, die de van

achter ons verlichte aarde des nachts op den voor ons liggenden verlichten ring wierp, op den helderen boog zien vallen. Die schaduw zou men, van den 22^{en} Maart tot den 22^{en} September, daarbij gelijken tred houdend met de beweging van de aarde om de zon, van het oosten naar het westen zich langs den boog zien voortbewegen; een reusachtige wijzer, die, op een even reusachtige wijzerplaat, het geoefend oog de maanden, ja de dagen des jaars zou doen aflezen.

Hebben wij tot dusverre, zooals ik boven zeide »om de gedachten te bepalen” er ons in verdiept hoe het op aarde zou gesteld zijn, wanneer die een aanhangsel had, als waarmede *Saturnus* is getooid, thans willen wij tot die planeet zelve terugkeeren. Alles dan wat wij omtrent verschijnselen op aarde hebben gezegd, geldt evenzeer van *Saturnus*, omdat wij de afmetingen van den onderstelden aardsehen ring ten opzichte van die der aarde zelve hebben genomen in dezelfde verhouding, als waarin de afmetingen van den ring van *Saturnus* tot die van deze planeet staan. In een opzicht zou er echter een groot verschil zijn, namelijk in den duur der verschijnselen. Want *Saturnus*, die tienmaal zoover van de zon staat dan wij, loopt in dertig jaren om de zon. Wat wij hier de zes zomer- en de zes wintermaanden noemen, zijn daar vijftien zomer- en vijftien winterjaren.

Zagen wij dus, dat op aarde zulk een ring de thans meest gezegende streken in den winter maanden achtereen in diepe duisternis zou dompelen, op *Saturnus* zou dit jaren achtereen het geval zijn. En zagen wij in den zomer de schaduw van de planeet des nachts met een snelheid van 30° in de maand zich langs den verlichten ring bewegen, op *Saturnus* zelve zou die snelheid dertig maal zoo klein zijn, dus 1° in de maand bedragen.

Er zijn twee omstandigheden, die het nachtelijk schouwspel, dat de sterrenhemel van *Saturnus* uit gezien zou aanbieden, sterk doet verschillen van dat wat die ons te zien geeft. Bewegen zich hier, ten gevolge van de wenteling der aarde om hare as, de sterren zoo langzaam en statig van het oosten naar het westen, dat men bepaaldelijk op die beweging moet letten, wil men haar waarnemen, aan den hemel van *Saturnus* zal die beweging dadelijk in het oog vallen. Zij is daar toch ruim dubbel zoo snel, doordien de planeet een wenteling om haar as in tien en een half uur volbrengt. Dag en nacht duren dan ook op die planeet te samen slechts $10\frac{1}{2}$ uur; men ziet er des daags de zon, met even haastigen tred van het oosten naar het westen gaan, als des nachts de sterren.

De tweede omstandigheid is deze, dat *Saturnus* acht manen heeft, wier loopbanen bijkans in het vlak van den ring liggen. Deze manen dragen, naar de opvolging harer afstanden van de planeet, de namen, die in de mythologie zijn gegeven aan acht familieleden van den god *Saturnus*, te weten: *Mimas*, *Enceladus*, *Thetis*, *Dione*, *Rhea*, *Titan*, *Hyperion* en *Japetus*. *Titan*, de vijfde dus in afstand en tevens de grootste — haar volume is ongeveer zevenmaal zoo groot als dat der maan — werd den 25sten Maart 1655, vier jaren dus vóór de ontdekking van den ring, het eerst gezien door CHRISTIAAN HUYGENS.

Eenige jaren daarna, in 1671 en 1672, ontdekte JOHANNES DOMINICUS CASSINI nog twee wachters. Daarmede was het aantal lichamen, dat deel uitmaakte van het zonnestelsel, op veertien gebracht, te weten zes hoofdplaneten: Mercurius, Venus, de Aarde, Mars, Jupiter en Saturnus en acht bijplaneten: de Maan, vier wachters van Jupiter en drie van Saturnus. Deze omstandigheid noopte CASSINI zijne ontdekking op te dragen aan zijnen begunstiger LODEWIJK XIV, en wel in zóó bombastische bewoordingen, dat zij in ons oor eerder klinken als een toast, *entre la poire et le fromage* uitgesproken, dan als een welgemeende opdracht aan een koning, die bij zinnen is.

»Hoe zeer zou Uwe Majesteit niet benijd worden door den grooten Alexander, die tweemaal tranen stortte, ééns toen hij zijne veroveringen door den Oceaan zag beperkt en andermaal toen een wijsgeer hem inlichtte aangaande het bestaan van een tallooze menigte werelden, waarvan hij er nog slechts één had veroverd! De oudheid had niet meer dan zeven planeten gekend, (hier rekent CASSINI er de zon en de maan bij) deze eeuw had nog vijf andere er bij ontdekt, en zie, daar verschijnen thans nog twee nieuwe om het getal *veertien* vol te maken, dat nu de eer heeft met den doorluchtigen naam van LODEWIJK te zijn verbonden. Hoedanig ook de natuur dezer werelden zijn moge, het ontdekkingsrecht geeft er reeds twee aan Uwe Majesteit, wiens veroveringen, \daar zij binnen de grenzen der aarde niet kunnen besloten worden, zich uitstrekken in de hoog verheven gewesten des hemels.”

Hoe CASSINI het goed gemaakt heeft, toen hij later nog twee wachters ontdekte en zodoende LODEWIJK den krans weer van het hoofd nam, dat verhaalt de geschiedenis niet.

Al de zoo even genoemde satellieten volbrengen hunnen loop om de planeet in korteren tijd dan de maan den haren om de aarde;

Japetus, de verst verwijderde, in 27, Titan in 5 dagen, Mimas, de minst verwijderde, in $22\frac{1}{2}$ uur. Deze laatste legt dus in één uur een boog van 16° aan den hemel af, daarbij, even als onze maan, van het westen naar het oosten gaande. Met de vaste sterren deel nemende aan de schijnbare beweging des hemels, jaagt zij met die snelheid van 16° in het uur door deze heen; met een snelheid dus gelijk aan die, waarmede wij hier, bij kalm weder, de wolken over en langs de maan zien drijven. Waarlijk, voor een waarnemer van sterbedekkingen moet Saturnus een *dorado* zijn.

Of er zoodanigen op Saturnus aanwezig zijn? Zoo ja, dan zeker niet waarnemers van vleesch en bloed.

Wij staan hier voor een kwestie, die wij boven reeds aanraakten, een kwestie die velen belang schijnt in te boezemen, getuige de buitengewone gunst, waarin geschriften als die van CAMILLE FLAMMARION over de bewoonbaarheid der planeten, bij het populaire sterrenkundige beschouwingen lezend publiek schijnt te staan; getuigen ook de prijzen, in 't vooruitzicht gesteld aan hen, die nieuwe gegevens omtrent deze bewoonbaarheid zouden weten bij te brengen. Klaarblijkelijk wordt daarbij bedoeld, bewoonbaar door menschen als wij, of minstens door dierlijke en plantaardige organismen, zooals de aarde die voortbrengt, organismen wier eerste levensbehoefte is, dat zij hetzij door in- en uitademing aderlijk bloed in slagaderlijk omzetten, hetzij uit koolzuur en water zetmeel opbouwen. Onderstellingen toch omtrent het al of niet aanwezig zijn van een dampkring en van water spelen bij al die beschouwingen een hoofdrol.

Om na te gaan, wat hieromtrent de waarneming van *Saturnus* gissen laat, is het noodig, dat wij even onze aandacht vestigen op den bol van die planeet zelf, zooals zij zich aan het goed gewapend oog voordoet. In de eerste plaats treft ons dan hare afgeplatte gedaante; inderdaad is deze planeet, die 804 maal onze aarde kan bevatten en toch maar 100 maal zoo zwaar is, die dus een zoo gering specifiek gewicht heeft, dat zij op water zou kunnen drijven, aan de polen zoodanig afgeplat, dat de as, waarom zij wentelt, slechts $\frac{9}{10}$ van de lengte heeft van de middellijn des evenaars.

In de tweede plaats merken wij op, dat het hier zichtbare halfronde der planeet met een lichtgrauwe tint is overdekt, die, als een gordel, iets donkerder dan het overige gedeelte van dat halfronde, in de richting van den ring over hare oppervlakte loopt en waarvan de rand samenvalt met den aequator der planeet. Gaat men na dat deze figuur in

1852 door prof. KAISER is geteekend en dat prof. OUDEMANS, in zijne in 1884 uitgekomen bewerking van KAISER's *Sterrenhemel* mededeelt, dat aan de sterrewacht te Utrecht dit halfroond zich nog steeds nagenoeg op dezelfde wijze voordoet, dan kunnen wij moeilijk denken aan wolken, als die de aarde bedekken, noch aan een dampkring, waarin die drijven. Inderdaad zijn er merkbare teekenen in deze gordels, die zoo standvastig dezelfde plaats op de planeet innemen, dat WILLIAM HERSCHEL uit hare deelneming aan de wentelende beweging kon afleiden, dat *Saturnus* in $10\frac{1}{2}$ uur om hare as wentelt, eene snelheid die aan de planeet hare bijzonder groote afplatting heeft gegeven. Ook meenen vele waarnemers opgemerkt te hebben, dat er in de poolstreken strepen zijn op de oppervlakte, die zich witter vertoonen als die polen winter, dan wanneer zij zomer hebben en die dus op opeenhooping van sneeuw zouden wijzen, wier uitgestrektheid van de temperatuur afhankelijk zou zijn. Ware dit zoo, dan zou er op die planeet ook vloeibaar water zijn, wat voor organismen als de op aarde voorkomende eene even groote levenskwestie is als dat van een dampkring, waarvan zuurstof een hoofdbestanddeel uitmaakt.

Omtrent deze beide hoofdvoorwaarden eener bewoonbaarheid in bovenbedoelden zin, kunnen wij dus slechts gissingen maken. Maar hoe dit zij, wat wij zeker weten is dit, dat de totale afwezigheid van licht en warmte, die jaren achtereen de streken zou treffen, voor de ontwikkeling van plantaardig en dierlijk leven het meest geschikt, dat die afwezigheid de bewoonbaarheid eener planeet tot een zeer klein gedeelte van hare oppervlakte beperkt. En zou dit reeds het geval zijn op iedere planeet, onder wat gunstige omstandigheden die met het oog op haren afstand van de zon mocht verkeeren, op aarde, bij voorbeeld, hoeveel te meer dan bij een planeet, die niet slechts door een ring is omgeven, maar daarenboven tienmaal zoo ver van de zon is verwijderd als de aarde, waar dus de oppervlakte van de zonneschijf honderd maal zoo klein wordt gezien als die van de zon, die ons beschijnt. Eeuwig sneeuw en ijs moet daar het grootste gedeelte van de oppervlakte bedekken... tenzij die oppervlakte zelve nog niet, als die der aarde, volkomen is afgekoeld. Maar ook op eene zoodanigen bodem zouden vleesch en bloed slecht gedijen. Wie de ver van de zon verwijderde en ook de *zeer* nabij haar gelegene streken van het zonnestelsel in zijne verbeelding met denkende wezens wil bevolken, diens phantasie moet hooger stijgen. Zij moet, abstraheerend van alle anthropomorphische voorstellingen, denken en vleeschelijk

zijn van elkander weten te scheiden, het eerste kunnen verbinden aan een andere stoffelijke, door de zintuigen waarneembare verschijning, dan waaraan het op deze aarde verbonden is.

De groote belangstelling, waarop dit noch voor de wetenschap belangrijk, noch eenig aardsch belang rakend vraagstuk, omtrent de bewoonbaarheid der planeten kan bogen, is niet uit ijdele weetgierigheid alleen te verklaren. Menigeen toch, die hoegenaamd geen belang stelt in de beantwoording der duizend en één, voor hem onopgeloste vragen, waarop de wetenschap het antwoord niet behoeft schuldig te blijven, dorst op dit punt vurig naar kennis.

Die belangstelling is, mijns inziens, deels eene uiting van dat materialistisch dualisme, dat men in de wandeling het geloof aan zielsverhuizing noemt; een dualisme dat, schoon overtuigd van het onafhankelijk bestaan der ziel en van haar voortbestaan buiten het lichaam, zich van dit voortbestaan een voorstelling willende scheppen, daartoe de ziel aan een stoffelijk substraat blijft verbinden en daarvoor een woonplaats zoekt.

Maar keeren wij terug tot het domein, waar onze wetenschap recht van spreken heeft, tot dat der stoffelijke wereld. Daar rest ons nu niets anders meer dan de vraag te beantwoorden, hoe een niet minder dan 45000 kilometers breede ring, die met groote snelheid om een as draait en daarenboven een zoo grooten bol als de planeet *Saturnus* omringt, in stand kan blijven. Omringde hij zoodanigen bol niet, stond hij dus gelijk met een vliegwiel, dan zou men zich tusschen zijne deeltjes een cohaesie kunnen denken, groot genoeg om op te wegen tegen het verschil in middelpuntvliedingskracht, waarmede de aan den buitensten en den binnensten omtrek gelegen deelen worden gedreven in de richting tegenovergesteld aan die, waarin het middelpunt ligt. Zulk een reusachtig, betrekkelijk dun vliegwiel zou daartoe echter zeker moeten bestaan uit een stof veel meer samenhangend dan die, welke over het algemeen de oppervlakte van den aardbol uitmaakt. Maar de ring verkeert in voor zijn behoud veel ongunstiger omstandigheden, dan zulk een vliegwiel. De bol, dien hij omringt, trekt al zijne deeltjes naar het middelpunt, wier intensiteit op grooten afstand veel zwakker is dan van nabij. Was dus de snelheid, waarmede de ring om zijn as draait, zoodanig, dat in de naastbij den bol gelegen strook de middelpuntvliedingskracht tegen die aantrekkende kracht juist opwoog, dan zou zij in de verst afgelegen strook deze

kracht zeker zoozeer overtreffen, dat de daar gelegen deelen van den ring in de ruimte zouden worden weggeslingerd. Was daarentegen de snelheid zóó geregeld, dat die beide elkander tegenwerkende krachten in evenwicht waren aan den buitensten omtrek van den ring, dan zou aan den binnensten omtrek de aantrekkingskracht de middelpuntvliedingskracht in die mate overtreffen, dat de meest nabij gelegen deelen van den ring op den bol nedervielen. Met andere woorden, indien de ring ooit al een geheel had gevormd dat uit vaste stof bestond, dan zou hij na zijn vast worden zeker niet zoo lang hebben bestaan, dat wij thans nog zijn samenstelling behoeften te bespreken; hij zou dan lang reeds verdwenen zijn.

Dit bezwaar nu wordt opgelost, indien men zich de ring verdeeld denkt in een zeer groot aantal smalle ringen, die allen om hetzelfde middelpunt zich bewegen, maar met verschillende snelheden. Zijn die snelheden dan zoo geregeld, dat zij afnemen met den afstand van de planeet, dan zou elke smalle ring op zich zelf, en dus ook het geheel, in stand kunnen blijven. Merkwaardig is het dat, zooals wij reeds in den aanvang opmerkten, de waarnemingen van den laatsten tijd inderdaad op eene meervoudige verdeeling van den ring wijzen en dus eene feitelijke oplossing van het bezwaar aan de hand doen.

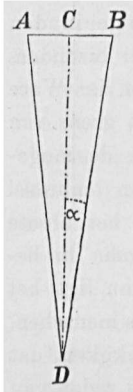
Een ander bezwaar echter is dit, dat, naar wiskundige berekening, de omwentelingssnelheid van den ring niet groot genoeg is om te beletten, dat dit lichaam, bij de minste stoornis van het wankelbaar evenwicht, waarin hij verkeert, naar de eene of de andere zijde op de planeet neerploft. Vele verklaringen zijn aan de hand gedaan om duidelijk te maken waarom dit niet het geval is; tot in 1856 de later zoo beroemd geworden wiskundige CLERK MAXWELL bewees, dat van den ring — of liever de ringen — van *Saturnus* alleen dan het voortdurend bestaan verzekerd is, indien zij zijn samengesteld uit los zwevende lichaampjes, die, onafhankelijk van elkander, elk voor zich, hunne banen om en met de planeet afleggen.

Of dit nu werkelijk zoo het geval is? Hoe geneigd wij ook zijn, waar op wiskundige gronden een man als MAXWELL uitspraak deed, in die uitspraak te berusten, wij gevoelen toch dat ook hier aanschouwing alleen den laatsten twijfel wegvaagt. En het is meer dan waarschijnlijk, dat wij in dit opzicht, als in zoovele, nooit tot aanschouwing zullen geraken. Inderdaad achten wij, waar het het »vinden" van het »ver verwijderde" betreft, de grenzen van het mogelijke ongeveer bereikt. Of men dan niet kijkers zou kunnen vervaardigen van nog grooter

vermogen, dan de thans bestaande? Wel zeker; te Parijs is er voor de groote tentoonstelling van het jaar 1900 een zoodanige in den maak; maar men zal er, te Parijs zelf althans, niet veel bizonders door zien, meer ten minste niet dan elders reeds gezien is. Ware onze aarde niet door een dampkring omgeven, dan zou de grens van ons gezichtsvermogen daar liggen, waar door de techniek de mogelijkheid ophield het te versterken. Nu wij echter door een omhulsel zijn omgeven van lucht en waterdamp, waarvan de voor het bloote oog onzichtbare trillingen, door den kijker gezien, overgaan in bewegingen, die het scherp zien ten eenenmale beletten, nu ligt het naar willekeur verleggen van die grens buiten de macht des menschen. Reeds nu moet men, om van de laatst vervaardigde reuzenkijkers dat gebruik te kunnen maken, dat, eigenlijk gezegd, de eenige reden van hun bestaan is, hoogvlakten opzoeken, die ver van de zee zijn gelegen; en ook daar kan men alleen dan, wanneer de atmosferische omstandigheden zich daartoe bijzonder leenen, betere resultaten verwachten, dan elders met geringere hulpmiddelen worden verkregen. En dat zelfde geldt in de in beide richtingen oneindige schepping voor het oneindig kleine. Ook aan het microscopisch onderzoek is een natuurlijke grens gesteld; zij ligt daar, waar de sterkste verlichting van het te onderzoeken voorwerp te zwak zal worden bevonden, om de onderdeelen van het tienduizende malen vergroot, maar dan ook even zoovele malen licht-zwakker beeld een indruk te doen maken op het netvlies, die tot het bewustzijn komt.

Van het oog, het orgaan bij uitnemenheid, het orgaan onder wiens waarnemings-sfeer de wetenschap de werking brengt van alle natuurkrachten, heeft men in den loop van nog geen drie eeuwen die sfeer weten uit te breiden tot in het ongeloofelijke. Maar ook die uitbreiding heeft hare natuurlijke grens, en dankbaar, maar niet voldaan, zal, aan die grens geplaatst, de man der moderne wetenschap het den Prediker der oudheid nazeggen: »Wie zal vinden wat ver verwijderd en diep verborgen is.»

Bijlage (1)



Dikte van den ring = $AB = 43$ K.M.

CD = hoogte van den benedenrand = 3742 K.M.

Noem. $\angle CDB = \alpha$,

dan is $CB = CD \operatorname{tg} \alpha$,

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{CB}{CD} = \frac{21,5}{3742}$$

$$\log. 21,5 = 1,33244$$

$$\log. 3742 = 3,57310$$

$$\alpha = 0^\circ 19' 35''$$

De hoek ADB , waaronder men onder den evenaar de dikte van den ring ziet, is dus

$$\angle ADB = 2 \times 0^\circ 19' 35'' = 39' 10'';$$

en de hoek waaronder men van de aarde gemiddeld den diameter van de zon ziet, bedraagt $32' 16''$.

Bijlage (2)

Afmetingen van den ring van Saturnus.

Straal van den buitensten omtrek = 142000 K.M.

" " " binnensten " = 94000 "

Dikte = 400 "

Afmetingen van den onderstelden aardischen ring.

Straal van den buitensten omtrek = 15267 K.M.

" " " binnensten " = 10109 "

Dikte = 43 "

Daar de straal der aarde 6367 K.M. bedraagt zou dus de buitenste omtrek van haren ring zich $15267 - 6367 = 8900$ K.M., de binnenste $10109 - 6367 = 3741$ K.M., boven de oppervlakte der aarde verheffen, zoodat wij in fig. 1, hebben:

$$DM = EM = AM = 6367 \text{ K.M.}$$

$$AB = 8900 \text{ "}$$

$$AE = 3742 \text{ "}$$

Is dan $\angle DMB = \alpha$ de breedte van de plaats op aarde, waar de bovenrand, $\angle EMB = \beta$ die, waar de benedenrand zichtbaar wordt, dan is

$$(1) DM = MB \cos \alpha = (MA + AB) \cos \alpha.$$

$$(2) EM = CM \cos \beta = (MA + AC) \cos \beta.$$

Uit (1) volgt:

$$6367 \text{ K.M.} = (6367 + 8900) \text{ K.M.} \cos \alpha.$$

$$\cos \alpha = \frac{6367}{15267}.$$

$$\log. \cos \alpha = \log. 6367 - \log. 15267 =$$

$$3.80393 - 4.18375 = 9.62018,$$

$$\alpha = 65^\circ 21';$$

en uit (2):

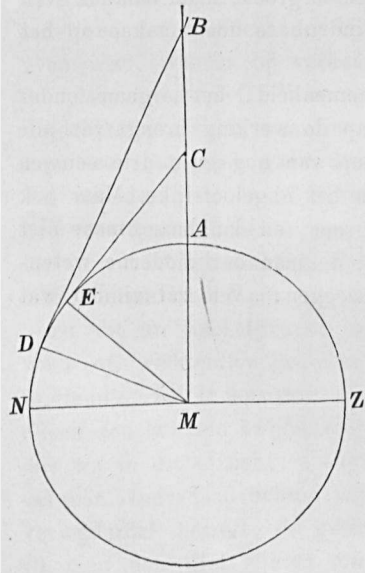
$$6367 \text{ K.M.} = (6367 + 3742) \text{ K.M.} \cos \beta.$$

$$\cos \beta = \frac{6367}{10109}.$$

$$\log. \cos \beta = \log. 6367 - \log. 10109 =$$

$$3.80393 - 4.00475 = 9.79918.$$

$$\beta = 50^\circ 58'.$$



Bijlage (3)

Zij $\angle$ BPD de hoogte, waarop men den bovenrand, $\angle$ CPD die, waarop men den benedenrand ziet, dan is $\angle$ BPD = $\angle$ BPM — 90°
 en $\angle$ CPD = $\angle$ CPM — 90° .

Zij verder de breedte der plaats $\angle$ PMB = 40° , dan is

$$\begin{aligned} \angle \text{BPM} + \angle \text{PBM} &= 180^\circ - \\ \angle \text{PMB} &= 140^\circ \text{ en } tg \frac{1}{2} (\text{BPM} \\ + \text{PBM}) &: tg. \frac{1}{2} (\text{BPM} - \text{PBM}) \\ &= \text{MB} + \text{MP} : \text{MB} - \text{MP}. \end{aligned}$$

$$\text{of: } tg. 70^\circ : tg. \frac{1}{2} (\text{BPM} - \text{PBM}) \\ = 15267 : 6367 : 15267 - 6367,$$

$$tg. \frac{1}{2} (\text{BPM} - \text{PBM}) = \frac{8900}{21634} \quad tg. 70^\circ$$

$$\log. 8900 = 8.94939$$

$$\log. 21634 = 4.33512$$

$$\log. 8900 - \log. 21634 = 4.61427 \text{ af}$$

$$\log. tg. 70^\circ = 0.43893$$

$$\log. tg. 70^\circ - 4.61427 = 0.05320 \text{ op}$$

$$\log. tg. \frac{1}{2} (\text{BPM} - \text{PBM}) = 0.05320$$

$$\frac{1}{2} (\text{BPM} - \text{PBM}) = 48^\circ 30'$$

$$\text{BPM} - \text{PBM} = 97^\circ$$

$$\text{BPM} + \text{PBM} = 140^\circ$$

$$2 \text{ BPM} = 237^\circ$$

$$\text{BPM} = 118^\circ 30'$$

Dus is

$$\angle \text{BPD} = 118^\circ 30' - 90^\circ = 28^\circ 30'$$

Op volkomen dezelfde wijze vindt men:

$$\angle \text{CPD} = 101^\circ 57' 50'' - 90^\circ = 11^\circ 57' 50''$$

De hoek BPC, waaronder men in P de breedte van den ring ziet, is dus:

$$28^\circ 30' - 11^\circ 57' 50'' = 16^\circ 32' 10''$$

Maakt men dezelfde berekening voor een breedte van 20° , dan vindt men

$$\angle \text{BPC} = 56^\circ 48' - 42^\circ 10' 30'' = 14^\circ 37' 30''$$

en voor een breedte van 10° :

$$\angle \text{BPC} = 75^\circ 59' 40'' - 63^\circ 56' = 9^\circ 3' 40''$$

