

DE ZON IN EEN NIEUW LICHT.

DOOR

Dr. G. DOIJER VAN CLEEFF.

Het licht, dat elken ochtend de schepping doet prijken in een nieuwen glans, wordt ons door de zon geschonken. Wanneer zij haar stralen zendt, trekt de vale nacht zich terug en reeds voordat de levenwekkende en levenbrengende hemelbol boven den horizon zichtbaar is, kondigt het morgenrood de heerlijkheid aan van de dagvorstin, die haar zegetocht langs het hemelgewelf volbrengen zal. Elken morgen is haar heerlijkheid nieuw over ons; het azuur des hemels, de rijke kleurenpracht der bloemenwereld, het verkwikkende groen van bosch en veld, de als diamanten flonkerende, telkens verdwijnende en terugkomende glans van de golven, de schittering van het sneeuwkleed, het avondrood, dat haren aftocht verlicht, de zachte glans der maan, het is alles haar werk, waarmede God het hart des menschen verheugt.

En waar nu de dankbare mensch zich gedrongen voelt tot eene eeredienst, waarvan de zon zelve het voorwerp was of is, of in haar erkent eene openbaring der grootheid en macht van den Schepper van alle leven, daar laat bovendien de vraag hem geen rust, wie zij is, die geheel zijn leven mogelijk maakt hier op aarde, daar toch al het arbeidsvermogen afkomstig is van de zon.

In het licht, dat de wetenschap der aardse dingen hem verstrekt, ziet hij ook haar, streeft hij er althans naar iets van haar te mogen vermoeden. Met dat licht van die wetenschap echter gaat het als met dat van de zon zelve. De schemering gaat aan het volle licht vooraf; en wie zegt ons hier, dat de dag reeds aangebroken is? In de schemering, die de wetenschap geeft, staat zij ons gissingen toe, dikwijls slechts zeer vage gissingen, vooral van hetgeen zich op grooten afstand

van ons bevindt. Breekt dan later een helderder licht door, dan gaat het zooals in de natuur, wanneer de morgennevel optrekt of de wolken sluier scheurt; gedeelten, die zich in het donker op den achtergrond hielden, komen duidelijker uit en vertoonen een gansch ander voorkomen, dan zij vroeger deden vermoeden. Vormen en kleuren worden duidelijker, sommige deelen treden naar voren en andere wijken achteruit en wanneer een lichtstraal, al is het misschien in het voorbijgaan, het tafereel doet uitkomen zooals het is, blijkt het, hoe gebrekkig onze vroegere voorstelling was.

Het komt ons voor, dat aldus Dr. BRESTER in zijne nieuwe theorie van de zon een nieuw licht doet opgaan over onze voorstelling omtrent dat groote licht des daags; en al werd ook bijna vier jaren geleden door ons reeds de aandacht op die theorie gevestigd, toch meenen wij nog eens op haar te mogen terugkomen. Dr. BRESTER ging voort haar te ontwikkelen en haar stellingen en uitkomsten aan de ervaring der sterrekundigen te toetsen; de Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam gaf haar onlangs in haar *Verhandelingen* (eerste sectie, deel I n^o. 3) in het licht. Wij mogen zeggen, dat hij de zon stelde in een nieuw licht, zij het dan ook, dat ook nu meer dan een punt nog door eene wolk is bedekt. Laat ons thans hooren, wat zij volgens zijne voorstelling kan zijn.

I

Ook bij deze nieuwe theorie worden voor bepaalde gedeelten der zon de woorden *photospheer*, *fakkels*, *chromospheer*, *corona*, *protuberansen* en *zonnevlekken* gebruikt.

Met de *photospheer* wordt bedoeld het gedeelte der zon, dat helder wit licht uitstraalt, zoodat, wanneer dit onmiddellijk op een prisma kon vallen en daardoor worden ontleed, op een scherm achter dat prisma een volkomen spectrum zou worden waargenomen. Evenmin als in een spectrum van eene tot witgloeihitte gebrachte vaste of of vloeibare stof, waarvan het licht door een prisma wordt ontleed, zou daar éene van de zeven hoofdkleuren (rood, oranje, geel, groen, blauw, indigo en violet) ontbreken of zou de langzame overgang van de eene kleur in de andere door eene donkere baan of streep worden afgebroken. Bij eene zorgvuldige waarneming van het zonnespectrum vertoonen zich daar eene menigte van donkere strepen; de vergelijking met hetgeen proefneming en waarneming met aardsche stoffen laten

zien wettigt het vermoeden, dat het door de *photospheer* uitgestraalde licht niet onmiddellijk op een prisma kan vallen, maar dat het onder weg hindernissen ontmoet, waardoor een gedeelte der stralen wordt onderschept. Stelt men zich een oogenblik voor, dat die donkere gedeelten in het zonnenspectrum niet aanwezig waren, dan zou men voor zich hebben het door het prisma ontlede licht van de *photospheer* alleen. BRESTER houdt, in aansluiting met de astronomen van den tegenwoordigen tijd, deze *photospheer* voor eene laag van wolken, het bekleedsel van de bolvormige gloeiende massa gas, die de kern der zon uitmaakt. De afkoeling zou hier zóóver voortgeschreden zijn, dat een gedeelte der gasmassa zich tot wolken heeft verdicht.

Dit vermoeden steunt op het feit, dat op aarde allen witgloeiende vaste en vloeibare lichamen een volkomen spectrum geven, terwijl het spectrum van gloeiende gassen slechts eenige gedeelten van het volkomen spectrum bevat; bepaalde kleuren kunnen geheel ontbreken of slechts op smalle strooken of strepen aanwezig zijn. Wanneer men echter bedenkt, dat ook gasvormige stoffen, bij sterke verhitting aan groote drukkingen blootgesteld zijnde, een volkomen spectrum verschaffen, dan mag o. i. de mogelijkheid niet worden ontkend, dat ook de *photospheer* uit gasvormige stoffen kan bestaan, die, onder eene groote drukking verkeerend en tot witgloeihitte gebracht, licht uitstralen, waarvan het spectrum gedeelten van alle kleuren vertoont.

Zonnevlekken zijn donkere plekken in de *photospheer*, holten of gaten daarin; hier ontbreken volgens de algemeene voorstelling de wolken, die elders in de *photospheer* voorkomen. De plaats van deze is ingenomen door massa's gas, die zelf geen licht uitstralen en die bovendien geacht worden een groot opslorplingsvermogen voor licht te bezitten, zoodat de gloed van het inwendige der zon, die door deze omgeving naar buiten zich voortplanten zou, daardoor aanmerkelijk wordt verzwakt.

Fakkels zijn in sommige opzichten het tegenovergestelde van zonnevlekken. Zijn de laatsten donkere holten of gaten in de *photospheer*, de *fakkels* doen zich voor als lichtende uitsteeksels boven die *photospheer*. Bevindt een *fakkel* zich aan den rand der zonneschijf, dan gelijkt zij wel wat op een tand, zooals men aan den rand vangetan de bladeren vinden kan. Dat het licht der *fakkels* krachtiger is dan dat der *photospheer* zelve, zou men kunnen verklaren door de stelling, dat de laatste door eene diepere laag van de atmosfeer der zon is bedekt en dus haar licht, bij het dringen door die atmosfeer heen, in sterkere mate wordt opgeslorpt dan het licht der *fakkels*.

Het gasvormig omhulsel der zon, waardoor de photosfeer wordt omgeven, draagt wat de onderste gedeelten betreft den naam van *chromosfeer*, en, wat de hoogere gedeelten aangaat, den naam *corona*. Beiden, *chromosfeer* en *corona*, zijn grootendeels uit gloeiende gassen samengesteld; wordt bij eene zonsverduistering het licht, dat van het gasvormig omhulsel der zon uitgaat, door een prisma ontleed en het spectrum van dat licht bestudeerd, dan blijkt het, dat de achtergrond van het volkomen spectrum geheel ontbreekt. In plaats van de donkere strepen, die bij het onderzoek van het geheele zonlicht het volkomen spectrum telkens afbreken, ziet men dan enkele lichtgevende strepen; past men hierop toe hetgeen de waarneming van aardse zaken leert, dan mag men die lichtgevende strepen beschouwen als de spectra van gloeiende gassen in de atmosfeer der zon.

Op grond van dezelfde ervaring meent men de donkere strepen in het veelkleurig spectrum der photosfeer aan die gloeiende gassen te mogen toeschrijven. Immers wanneer licht, dat tot een volkomen spectrum kan worden ontleed, voor het prisma, dat die kleurenschifting te weeg brengt, een gas ontmoet, dan wordt dit tot een gordijn, dat een gedeelte van het licht, hier iets en daar iets, wegneemt. Lichte gedeelten, die overblijven, worden door donkere strepen van elkander gescheiden. Ook in het zonnenspectrum is zulks het geval en van daar dat men in de gloeiende gassen, waardoor de photosfeer is omsloten, de oorzaak der donkere strepen ziet. Deze strepen bevinden zich op dezelfde plaats, waar het gloeiend gas, alleen waargenomen, een lichte streep teweeg brengen zou.

De *corona* bestaat, behalve uit deze gloeiende massa gas, ook uit produkten van de afkoeling daarvan.

Protuberansen eindelijk zijn plotseling opflikkerende gedeelten in het gasvormig omhulsel der zon, even uiteenlopend in haar gedaante als in den duur van haar bestaan.

II

Gassen en in bepaalde gedeelten stoffen, die door verdichting van die gassen ontstaan, neemt men dus in de zon aan. Is de vraag misschien vermetel, die den aard der gassen tot haar onderwerp heeft? Mag hier naar het bestaan van ons bekende dampen en gassen worden gevraagd? Inderdaad, de wetenschap geeft reeds uitzicht op beantwoording van deze vraag.

Het volkomen spectrum is gelijk, door welke witgloeiende stof het moge geleverd zijn. Daarentegen geeft een gloeiend gas, waarvan het spectrum door een grooten drukking niet tot een volkomen spectrum geworden is, een strepenspectrum, dat zich duidelijk van een spectrum van een ander gas onderscheidt. Het spectrum van ijzerdamp vertoont andere strepen dan dat van eenig ander gas en is aan het geheel van strepen, dat het bevat, voor een geoefend waarnemer duidelijk te herkennen. Schuift men ijzerdamp tusschen een prisma en de lichtbron, waarvan men het volkomen spectrum waarnam, dan beantwoorden de plaatsen van de schaduwen, die het daarop werpt, of van de donkere strepen aan die der lichtende strepen, die het zelf geven kan. Zoo kunnen ook de plaatsen van de donkere strepen, verspreid over een overigens volkomen spectrum, de herkenningmiddelen zijn van de aanwezigheid van bepaalde gloeiende dampen vóór eene witgloeiende vaste of vloeibare stof.

Omdat nu een aantal donkere strepen in het spectrum der zon juist die kleur van licht daaruit wegnemen, waaruit het spectrum van eenige grondstoffen op aarde zou bestaan, mag men het als waarschijnlijk beschouwen, dat die grondstoffen in gasvorm in de atmosfeer der zon voorhanden zijn. Er komen echter veel meer donkere strepen in het zonnenspectrum voor, waarvoor men de daaraan beantwoordende strepen in spectra van aardsche stoffen niet kan aanwijzen dan zulke, waarvoor dit wel het geval is. Een tweede afwijking is deze, dat dikwijls lang niet alle strepen, die het spectrum van een gas bevat, bijv. dat van ijzerdamp, door donkere strepen in het zonnenspectrum vertegenwoordigd zijn. Daaruit moet worden afgeleid, en dat op de zon andere dan ons bekende stoffen voorkomen, en dat ook de stoffen, die wij hier als grondstoffen beschouwen, daar niet overal als zoodanig aanwezig zijn.

Dr. BRESTER sluit zich dan ook weder aan bij de algemeen aangenomen opvatting, dat onze grondstoffen in de verschillende deelen der zon in een toestand van ontleding voorkomen, waarvan wij de verklaring in de buitengewoon hooge temperatuur moeten zoeken. In de corona b. v., waar de temperatuur het minst hoogst is, is de kans het grootst, dat grondstoffen voorkomen zooals wij ze kennen; in de chromosfeer, in de zonnevlekken, onder de photosfeer daarentegen zal men, meer dan in de corona, stoffen vinden, die bij afkoeling zich tot dergelijke grondstoffen zouden kunnen verbinden.

Op de verspreiding der grondstoffen of als zoodanig, of nog in een-

voudiger stoffen gesplitst heeft in de zon nog een tweede omstandigheid invloed. De molekulen der gassen bevinden zich hier alleen aan de algemeene aantrekking onderworpen, daar geen wand haar in haar beweging belemmert. Het gevolg daarvan is, dat molekulen met een kleiner soortelijk gewicht zich tot op grooteren afstand van het middelpunt der zon zullen verwijderen dan molekulen, die een grooter soortelijk gewicht hebben. In geval op de zon de grondstoffen voorkwamen geheel zooals zij zich op aarde aan ons voordoen en niet voornamelijk, zooals hoogst waarschijnlijk is, in een toestand van ontleding, dan zouden wij de waterstof, waarvan de molekulen de de lichtsten van allen zijn, mogen verwachten overal door de zon en haar atmosfeer verdeeld; aan den uitersten grens van de laatste zouden de waterstofmolekulen het rijk alleen hebben. Op eenigen afstand van den uitersten grens zouden zich deeltjes natrium en magnesium vertoonen, en van daar tot aan het middelpunt toe zouden dezen voorhanden zijn; het gebied, waarover de ijzermolekulen verdeeld zijn, zou weder een bol zijn met het middelpunt der zon tot middelpunt maar met een straal kleiner dan die van het bolvormig gebied, dat aan molekulen met een kleiner soortelijk gewicht toegeedeeld was.

Hetgeen hier gezegd is aangaande de verdeeling der grondstoffen naar gelang van haar soortelijke gewichten, geldt voor alle bestanddeelen der zon en haar dampkring, hetzij dit stoffen zijn, die zich bij afkoeling tot onze grondstoffen zouden kunnen vereenigen, hetzij de op de zon aanwezige stoffen aan onze grondstoffen volstrekt niet verwant zijn. Zijn er b. v. stoffen, waaruit ijzer kan worden gevormd, dan zullen deze bestanddeelen van ijzer weder over een grooter of kleiner gedeelte van de zon en haar dampkring zijn verspreid, naarmate zij een kleiner of grooter soortelijk gewicht bezitten. Zoo zou het kunnen gebeuren, dat sommige en lang niet alle strepen uit het zeer samengestelde spectrum van ijzerdamp, zooals de spectroscop het op aarde vertoont, door donkere strepen vertegenwoordigd zijn in het spectrum der zon, of dat het licht van bepaalde lagen der chromosfeer eenige van die zoogenaamde ijzerstrepen vertoont, die men in het spectrum van het licht van hoogere lagen uit de chromosfeer te vergeefs zoekt.

De hier gegeven voorstelling, dat de scheikundige samenstelling van den dampkring der zon voor bepaalde lagen verschilt, is met het onderscheid van verschillende lagen in overeenstemming. LOCKYER

noemt die lagen even duidelijk van elkander onderscheiden als de verschillende vliezen, waaruit een ui bestaat. Maar hij verzet zich tegen de meening, dat eenig bestanddeel, dat in eene dier lagen gevonden wordt, in al de dieper gelegen lagen voorhanden zou zijn. Elke laag bestaat volgens hem uit haar eigen bestanddeelen, die elders ontbreken; haar samenstelling zou volgens hem alleen afhankelijk zijn van de temperatuur, die er heerscht, en niet tevens van de werking der zwaartekracht. De verschillende stoffen, die bij afkoeling zich tot onze aardische grondstoffen zouden kunnen vereenigen, (als wij denken aan het omgekeerde van hetgeen bij de vorming van die grondstoffen gebeuren moet, zouden wij over de ontledingsproducten hiervan kunnen spreken), zijn telkens andere, naar gelang haar bestaan door de in eene bepaalde laag heerschende temperatuur wordt mogelijk gemaakt. In de buitenste lagen der corona b.v. zullen de »kiemen" van ijzer het meest gelijken op ijzermoleculen, zooals wij ze op aarde kennen; in meer naar binnen gelegen lagen en vooral in de chromosfeer is de temperatuur hooger en zullen telkens andere ijzerbestanddeelen gevonden worden; in meer afgekoelde lagen zullen deze laatsten stoffen opleveren, die steeds grooter gelijkenis met ons ijzer bezitten.

Hoeveel waars en bruikbaars deze beschouwing van LOCKYER bevat, eenzijdig is het den invloed der zwaartekracht op de plaats der deeltjes in de atmosfeer der zon over het hoofd te zien. BRESTER wijst op verscheidene feiten, waarmede de opvatting van LOCKYER aangaande de samenstelling van de verschillende lagen der atmosfeer van de zon in strijd is. Zij verlangt, dat in de buitenste lagen der corona, ten gevolge van de verst voortgeschreden afkoeling, de stoffen het meest naderen tot den toestand, waarin wij ze kennen, en ziet, die corona bestaat aan haar uitersten grens uit *coronium* en waterstof; iets lager bevindt zich *helium*; *coronium* en *helium* bestaan op de aarde niet. Zij verlangt, omdat de hitte grooter is naarmate de lagen dieper liggen, in die diepere lagen steeds verdergaande ontleding of *dissociatie* en dus moleculen met steeds kleiner soortelijk gewicht, naarmate zij zich dichter bij het middelpunt der zon bevinden; de ervaring leert, dat over het algemeen het soortelijk gewicht met de diepte toeneemt. Zij verlangt de aanwezigheid van den damp van minder ontleed ijzer in de hogere lagen van de chromosfeer en in de corona, daar toch in de diepere lagen van de chromosfeer de aanwezigheid van dampen van ontleed ijzer onbetwistbaar wordt aangetoond; de dampen van

ijzer (in welken graad van dissociatie ook) in die hoogere lagen houden zich tot nog toe hardnekkig schuil, geen spektroskoop, die ze liet zien. Tot zulke fouten komt LOCKYER, waar hij meent, dat de samenstelling van de zon en haar gasvormig omhulsel van laag tot laag verschilt, alleen omdat de temperatuur niet dezelfde is. Anders is het bij de meeste sterrekundigen. Zij geven ook aan de zwaartekracht wat haar toekomt. In het voornaamste punt zijn dan toch allen het eens, namelijk in dit punt, dat de samenstelling van de atmosfeer der zon van laag tot laag verschilt. Wij zullen nu hooren, dat dit punt voor de nieuwe theorie der zon van BRESTER de grootste betekenis heeft.

III

Immers nieuw is in deze theorie de uitspraak, dat de massa der zon eene rustige massa is, dat krachtige storingen en hevige bewegingen in haar atmosfeer niet kunnen plaats hebben. Was dit wel het geval, de laagsgewijze bouw zou weldra verdwenen zijn.

Waar BRESTER zich op grond van den steeds voorkomenden laagsgewijzen bouw verzet tegen de mogelijkheid van geweldige uitbarstingen, die in de atmosfeer der zon zouden plaats grijpen, heeft hij gewonnen spel. Toch is zijn verzet alles behalve een strijd tegen windmolens. Immers, zoowel de tot nog toe gegeven verklaring van de protuberansen als die van verplaatsing van bepaalde strepen in het spectrum der zon staat of valt, al naarmate geweldige beroeringen in het gasvormig omhulsel der zon mogelijk of onmogelijk worden geacht.

Protuberansen, die zich het snelst verplaatsen, ontstaan in de nabijheid van de photosfeer. Van te voren niet aangekondigd, vertoonen zij zich daar en worden zij van daar met ontzaglijke snelheid in de chromosfeer en verder geslingerd. Zij bestaan behalve uit gloeiende waterstof ook uit den gloeienden damp van metalen; de laatsten vertoonen zich het meest nabij de basis van de protuberansen.

LOCKYER zegt er het volgende van: »zij zijn de meest grootsche uiting van arbeidsvermogen, die het den mensch gegeven is te aanschouwen. Soms schieten zij in één oogenblik tot ontzachelijke hoogte op. Deze opwaartsche beweging, zich onderscheidend door eene zeer groote snelheid en door de hevigste beroeringen, is bovendien van geweldige zijwaartsche bewegingen vergezeld. Wij zijn in staat om te

berekenen, hoe snel deze geweldige protuberansen door de winden op de zon (*by solar winds*) worden voortgedreven.

Er zijn protuberansen gezien, die opwaarts 250 mijlen in de sekonde aflegden, dat is ongeveer 1.000.000 mijlen in een uur; konden deze gassen hun vaart behouden, dan zouden zij ongeveer in een uur den rand van de atmosfeer der zon bereiken."

De hoogte van sommige van deze protuberansen is zeer groot. Professor YOUNG vermeldt, dat hij er in 1878 ééne gezien heeft, ongeveer 400.000 mijlen hoog, bijna half zoo hoog als de middellijn der zonneschijf."

De snelheid van 250 mijlen, waarmede in de door LOCKYER bedoelde protuberansen de beweging zich *schijnt* voort te planten, is nog maar matig in vergelijking met hetgeen andere waarnemers hebben gezien. Snelheden worden genoemd van 300, 370, 800, 1000 en zelfs van 3000 kilometers in de sekonde!

Den voorstanders van deze beschouwing der alles behalve zeldzame protuberansen houdt BRESTER de rustige rust voor, die de laagsgewijze bouw van de atmosfeer der zon vertoont. Stonden zij reeds voor het raadsel van de kracht, »die aan eene massa waterstof, of hetgeen dan kortweg waterstof wordt genoemd, de aanvangssnelheid mededeelt, zoodat zij zich later in de sekonde over een afstand van 250 mijlen in de hoogte beweegt'', hij herinnert hun de groote moeielijkheid, die het hun kosten zal die krachten zóódanig aan banden te leggen, dat daardoor geen duurzame storingen in de laagsgewijze opvolging ontstaan.

En terwijl dus de moeielijkheden zich opstapelen, wanneer de protuberansen als bewegingen van stof worden beschouwd, geeft BRESTER eene meer aannemelijke oplossing in de stelling, dat de plotseling zich vertoonende en bewegelijke gloed niet het gevolg van de verplaatsing van massa's gloeiende dampen is, maar wel van de voortplanting van vuurverschijnselen in eene massa, die zelf in den toestand van betrekkelijke rust verkeert. Zoo zou het kunnen zijn, dat protuberansen, die soms binnen het verloop van twee minuten opkomen en verdwijnen en ondertusschen de grilligste veranderingen in haar gedaante vertoonden, plaats maken voor een volmaakte kalmte op dezelfde plaats, waar even te voren de geduchte uitbarsting zou hebben gewoed.

LOCKYER koestert ongeveer hetzelfde denkbeeld aangaande protuberansen van eene andere soort, die zich niet verheffen boven een afstand van 40.000 mijlen boven den rand der photosfeer, soms zeer

langen tijd blijven en geheel bestaan uit waterstof (of liever uit de stoffen, wier spectrum eenige van de strepen uit het spectrum van waterstof vertoont). Hij noemt ze *quiet prominences*. Hiervan zegt hij met zooveel woorden: »er zijn verscheiden feiten, die er op wijzen, dat, wanneer zulk eene protuberans verdwijnt, dit niet beteekent, dat de stof verdwijnt, maar wel, dat zij van toestand en voornamelijk van temperatuur verandert”.

Hetgeen LOCKYER voor waarschijnlijk houdt met betrekking tot de *quiet prominences*, BRESTER acht dit de eenvoudigste oplossing voor alle protuberansen. Hij noemt ook sterrekundigen van den eersten rang, die tot die meening overhellen; zoo worden door hem de volgende woorden van SECCHI aangehaald: »de nevelmassa's (protuberansen) worden zóó snel lichtgevend, verdwijnen daarop binnen zóó korten tijd, dat men er toe gebracht wordt eerder aan eene oogenblikkelijke verandering van vorm dan aan een werkelijke verplaatsing van weegbare stof te denken”.¹

Wat het tweede argument betreft voor het voorkomen van storingen in de atmosfeer der zon: de verplaatsing van strepen in het spectrum der chromosfeer, deze kan even goed door eene snelle verplaatsing van lichtverschijnselen in eene rustige massa als door die van de lichtgevende massa zelf worden verklaard. Voor de nieuwe zienswijze levert dit feit dus geen bezwaar op, al kon daarvan ook op het vroegere standpunt eene voldoende verklaring gegeven worden.

Daarentegen pleit tegen die onderstelde hevige bewegingen de omstandigheid, dat de zon altijd, alsof zij een vast lichaam ware, dezelfde zonen vertoont, waarbinnen deze regelmatige opeenvolging van bepaalde verschijnselen kan worden waargenomen.

IV

Aan de omstandigheid, dat in de atmosfeer der zon het onderscheid tusschen bepaalde lagen voortdurend blijft bestaan, dat het

¹ In *De physische toestand der zon*, 1876, vindt men woorden van Dr. E. VAN DER VEN die dezelfde beteekenis hebben: »Toch moet men bij het beoordeelen dezer snelheden (van stukken, waarin YOUNG eene protuberans uiteengescheurd zag) voorzichtig zijn. Want het kan zijn dat hetgeen ons toeschijnt eene plaatsverandering te zijn met groote snelheid, niets anders is dan de snelheid, waarmede zich in de gasmassa eene ontbranding voortplant; en wij weten, dat deze zeker niet minder is dan de zoo even genoemde, bij het uit elkander barsten van de protuberans waargenomen.”

daarom ongerijmd is aldaar krachtige stroomingen naar boven en naar beneden aan te nemen, ontleent BRESTER nog eene bijzonderheid in zijne theorie, die hem in strijd brengt met de gewone opvatting.

Rust zou er niet kunnen zijn in eene laag, die zich overal op gelijken afstand van het middelpunt der zon bevindt, wanneer in die laag hier eene hoogere temperatuur heerschte dan elders. De hoogere temperatuur zou eene uitzetting van de gasmassa medebrengen en even als ongelijke verwarming in den dampkring der aarde luchtstroomingen te weegbrengt, zou ook de atmosfeer der zon in beweging worden gebracht, wanneer op dezelfde hoogte de verwarming op de eene plaats sterker was dan elders. Nu blijkt er rust te zijn, *ergo*: op een zelfde niveau is de temperatuur in aangrenzende deelen altijd dezelfde, afwisselend wel natuurlijk, maar binnen betrekkelijk enge grenzen.

Een gevolg van de aanvaarding van deze stelling is, dat men de zonnevlekken en de haar omgevende deelen 'der vloeibare photosfeer voor ongeveer even warm moet houden. Dat leert de algemeene opinie niet, die aan de zonnevlekken een lagere temperatuur toekent dan aan haar naaste omgeving. Op welke gronden deed zij dat? Kan de nieuwe theorie misschien ook op ongedwongen wijze rekenschap geven van de feiten, waarin die algemeene opinie haar kracht vond?

De zonnevlekken zouden eene lagere temperatuur moeten hebben dan de photosfeer, waartegen zij zich donker afteekenen, omdat zij minder warmte uitstralen. Dit feit kan niet worden ontkend, maar zou dit ook het gevolg kunnen zijn hiervan, dat de gassen, waaruit de zonnevlekken bestaan, een kleiner uitstralingsvermogen bezitten dan de vloeibare deelen der photosfeer. Ook dit is mogelijk. BRESTER herinnert hier zeer ter snede aan het feit, dat eene lichtgevend-brandende vlam van een Bunsenschen gasbrander meer warmte uitstraalt dan de vlam van denzelfden brander, wanneer men deze door grooteren toevoer van lucht donker laat branden en dus meer hitte laat geven. Houdt men de hand op een kleinen afstand van de vlam, dan ontvangt deze hand de meeste stralende warmte van de vlam, wanneer zij in de werkelijkheid de minste warmte voortbrengt. Het uitstralend vermogen van de gassen, die de donkere vlam vormen, is kleiner dan dat van de gloeiende vaste koolstofdeeltjes, die in de lichtgevende vlam aanwezig zijn.

Het onderscheid tusschen het spectrum der zonnevlekken en haar

omgeving dwingt evenmin als de kleinere hoeveelheid warmte, die zij uitstralen, tot de gevolgtrekking, dat vlekken eene lagere temperatuur bezitten.

Dr. BRESTER laat ons nu weder haast ongemerkt eene schrede verder doen door uit de stelling, dat de temperatuur in de rustige massa der zon op hetzelfde niveau overal dezelfde moet zijn, af te leiden, dat die temperatuur dan nooit hier of daar eene plotselinge verandering ondergaat.

Inderdaad hebben wij in dit denkbeeld, dat het logisch gevolg van het eerste is, eene belangrijke schrede vooruit gedaan om tot het voornaamste van de nieuwe theorie der zon te komen.

Immers de vraag doet zich nu voor, in welke omgeving kunnen nooit plotselinge veranderingen van temperatuur plaats hebben? Kent men de voorwaarde, waaraan zulk eene omgeving moet voldoen? Het antwoord is, dat men deze inderdaad kent. Stelt u voor een zeer groot vat, waarin stoom op het punt staat zich te verdichten, omdat aan de zijwanden warmte door uitstraling verloren gaat. Een oogenblik later en het verlies van warmte door uitstraling zal een klein gedeelte van den stoom van 100° tot water van 100° hebben verdicht; dit water is in den vorm van fijne droppeltjes door den nog niet verdichten stoom verdeeld. In het vat moet nu voortaan de temperatuur overal gelijk blijven. Immers wanneer ergens overmatig veel stoom- of waterdampmolekulen tot watermolekulen werden verdicht, zal de hierbij vrij geworden warmte geen temperatuurverhooging kunnen teweeg brengen, maar een gedeelte van de fijne droppels water, die ook nog de temperatuur van 100° bezitten, in waterdamp van 100° veranderen. De temperatuur binnen zulk eene massa van damp en vloeistof, die dezelfde temperatuur hebben, zou dus voortdurend gelijk blijven, wanneer de uitstraling naar buiten verhinderd kon worden. Uit zulk een mengsel van gassen en daaruit door verdichting gevormde vloeistoffen bestaat de zon, zoowel in lagen van de chromosfeer als van de photosfeer; de temperatuur der zon zal dus alleen veranderen ten gevolge van de uitstraling en in het inwendige zal de temperatuur constant moeten zijn, totdat eene uit gassen bestaande laag zich geheel tot vloeistoffen heeft verdicht.

Bij deze natuurkundige verklaring, die in de gelijkmatigheid der temperatuur op een bepaald niveau de oorzaak van het ontbreken van geweldige bewegingen en van den standvastigen laagsgewijzen bouw van het gasvormig omhulsel der zon aanwijst, voegt BRESTER,

en hierin is hij weder geheel oorspronkelijk, eene scheikundige verklaring. Voor zijne beschouwing van de zon in het algemeen heeft dit aan de scheikunde ontleend bestanddeel zóó groote waarde, dat zijne theorie der zon, in tegenstelling met vroegere theorieën, eene scheikundige verklaring van den toestand der zon heeten mag.

Vooreerst wordt hier aan de scheikunde een argument ontleend, waarmede de gelijkmatigheid der temperatuur in bepaalde gedeelten der zon wordt verklaard. Gelijkmatic moet ook de temperatuur zijn in eene ruimte, waarbinnen zich een mengsel van stoffen bevinden bij die temperatuur, waarbij eene der stoffen zich splitsen kan en waarbij ook de ontledingsprodukten zich weder tot de oorspronkelijke stof kunnen verbinden. Er wordt hier gedacht aan die soort van scheikundige ontledingen, die den naam van dissociatieverschijnselen dragen, aan de splitsing b.v. van de koolzure kalk (het calciumcarbonaat) van de schelpen in ongebluschte kalk en in koolzuur, een kleurloos gas. Wordt deze koolzure kalk verwarmd, dan begint bij een bepaalden warmtegraad haar ontleding; laat men het gasvormig koolzuur niet ontsnappen, dan wordt ten gevolge van den steeds toenemenden spanning van het koolzuur de ontleding der koolzure kalk geringer, totdat zij eindelijk geheel stil staat. Geschiedt de ontleding der koolzure kalk ten gevolge van verwarming tot 860° , dan houdt zij op, zoodra de spanning van het vrij geworden koolzuur $8\frac{1}{2}$ m.M. bedraagt. Aan eenen anderen warmtegraad beantwoordt ook een andere spanning, die verdere ontleding der koolzure kalk verhindert.

Bedenkt men nu nog, dat voor de ontleding der koolzure kalk warmte noodig is, terwijl bij de vereeniging van koolzuur en ongebluschte kalk tot koolzure kalk warmte wordt voortgebracht, dan is het duidelijk, dat eene omgeving, waarin ongebluschte kalk, koolzuur en koolzure kalk aanwezig zijn bij eene bepaalde temperatuur en een bepaalden spanning van het koolzuur (b. v. bij een spanning van 85 m.M. en eene temperatuur van 860°), op scheikundig gebied volkomen beantwoordt aan het aan de natuurkunde ontleend geval van eene omgeving, bestaande uit damp- en vloeistofmolekulen van dezelfde temperatuur. Immers ook hier zijn plotselinge temperatuurverschillen onmogelijk. Onderstelt men, dat de temperatuur van een gedeelte plotseling daalt tot 840° , dan zouden daardoor een aantal molekulen ongebluschte kalk en koolzuur zich vereenigen tot koolzure kalk; bij de vereeniging zou dan zooveel warmte worden voortgebracht, dat de temperatuur weldra weder tot 860° zou rijzen. Eene rijzing van de

temperatuur boven 860° in een bepaald gedeelte is evenmin mogelijk, daar de hiervoor noodige warmte afkomstig zou moeten zijn van de verbinding van ongebluschte kalk en koolzuur, welke verbinding in de gegeven omstandigheden niet plaats hebben kan.

Den toestand van een mengsel van vloeistof- en gasmolekulen vond BRESTER, en vindt iedereen met hem, in de zon terug. Is dit ook het geval met het gedachte mengsel van de voor dissociatievatbare stof en van hare dissociatie-producten? Inderdaad valt het hem niet moeilijk om ook de vermoedelijke aanwezigheid van dit mengsel in de zon aannemelijk te maken.

Met LOCKYER en vele anderen neemt ook BRESTER aan, dat in de zon stoffen aanwezig zijn, waaruit bij afkoeling onze grondstoffen kunnen ontstaan. Laten de letters A, B enz. de molekulen van dergelijke stoffen voorstellen; laat ons, om in een bepaald voorbeeld de denkbeelden te scherper te kunnen uitdrukken, in de stoffen A, B enz. de urbestanddeelen van ijzer zien. Boven werd reeds gezegd, dat die urbestanddeelen in alle deelen der zon niet dezelfde behoeven te zijn; A en B kunnen zich bij afkoeling met elkander tot C, D en E met elkander tot F vereenigen, terwijl eindelijk C en F bij haar vereeniging ijzermolekulen geven. Van de hoogere of lagere temperatuur van bepaalde gedeelten der zonne-atmosfeer zal het dan afhangen, of daar een mengsel van A en B en van de molekulen C, die zij voortbrengen, of een mengsel van D en E en van molekulen F, die uit D en E kunnen ontstaan, of een mengsel van C, F en ijzermolekulen aanwezig zijn. Geheel onmogelijk is het ook niet, dat men in nog afgekoelde gedeelten molekulen van twee of meer van onze grondstoffen vinden zou, vermengd met molekulen van verbindingen, welke uit die grondstoffen worden gevormd.

De hoofdzaak van dit alles is, dat in eene bepaalde laag de stoffen, die voor de vorming van eene verbinding nodig zijn, vermengd zijn met de verbinding zelf. In dit geval moet de temperatuur van die laag gelijk blijven, totdat de verbinding in haar geheel afgeloopen is. De vereeniging van molekulen A en B tot C brengt warmte voort, maar deze warmte kan nooit grooter zijn dan dat zij het door uitstraling te weeg gebracht verlies vergoedt; immers dan zou zij de temperatuur van het mengsel verhoogen en bij dien hooger warmte-grad zouden de molekulen C in hare oorspronkelijke bestanddeelen A en B worden ontleed, welke ontleding met een verlies van warmte gepaard gaat. De temperatuur is dus ook hier constant.

Natuurkunde en scheikunde geven dus voldoende steun aan de stelling, dat verandering van de temperatuur anders dan ten gevolge van de uitstraling onmogelijk is en dat ook ongelijkmatigheden in die temperatuur niet kunnen bestaan. Daarin kan men dus de oplossing zien van het raadsel der steeds bestaande lagen, die op haar beurt getuigen van de rust, die in het gasvormig omhulsel der zon heerscht.

V

Hetgeen in de voorafgaande bladzijden gezegd is, kan tevens dienen om eene voorstelling te geven van BRESTER's meening, waaraan de zon de warmte ontleent, die zij voortdurend naar alle kanten uitstraalt.

MAYER zocht de bron van de zonnewarmte in scheikundige verbindingen, die op dat hemellichaam zouden plaats grijpen. Anderen cijferden dit na, vonden de hoeveelheid warmte, die eene hoeveelheid koolstof van de grootte der zon bij haar verbranding voortbrengen kon, voldoende om het verlies te dekken, dat eene uitstraling gedurende uiterlijk 5000 jaar te weeg brengen zou. Het betrekkelijk gering bedrag van deze hoeveelheid warmte stemde de sterrekundigen weinig gunstig voor de hypothese, die in scheikundig arbeidsvermogen den oorsprong der zonnewarmte zag.

Volgens BRESTER is het vooralsnog een onbegonnen werk voor de zon de rekening van ontvangst en uitgaaf op te maken. De scheikundige verbindingen, waaraan ook volgens hem de warmte der zon gedeeltelijk moet worden toegeschreven, brengen stoffen voort, die niet aan de ons bekende grondstoffen en nog minder aan onze verbindingen gelijk zijn. Veel warmte kunnen zij verschaffen, voordat onze grondstoffen ontstaan zijn; waren deze gevormd, eerst dan zou men de rekening kunnen beginnen.

Maar niet alleen in deze scheikundige verdichting, ook in de natuurkundige verdichting van gassen tot vloeistoffen zou de warmte der zon haren oorsprong vinden, en behalve in deze twee omstandigheden ook nog in de langzame verdichting der ijle stof, waardoor het volumen der zon langzamerhand kleiner wordt. De verdichting van de nevelmassa, waaruit de zon en ons zonnestelsel ontstonden, zou op de zon nog altijd voortgaan, en daarvan zou dan eene aanhoudende warmte-ontwikkeling het gevolg zijn.

Dat aldus de voorstelling van HELMHOLTZ in de nieuwe theorie der zon opgenomen wordt en dat het beginsel, waarop die berust, nu

ook ten grondslag wordt gelegd aan de voorstelling van scheikundige en natuurkundige werkingen, die op de zon worden ondersteld, achten wij van groot belang. Mogen wij niet hopen, dat hier de eenheid van beginsel is een bewijs van eenvoud, het zegel der waarheid? Mogen wij in die eenheid niet het langzamerhand doorbreken van eene hoogere eenheid zien?

VI

Noemden wij boven de nieuwe theorie der zon eene scheikundige theorie, de aanleiding daartoe levert de bijzonderheid, dat haar gedeelte, dat op scheikundige gegevens berust, van nog grooter draagkracht is dan tot nog toe reeds bleek.

Hoe kolossaal het bedrag moge zijn van de door uitstraling voor de zon verloren gaande warmte, in vergelijking met de warmte, die wij op aarde zien voortgebracht, op de totale hoeveelheid warmte der zon heeft het betrekkelijk weinig invloed. Toch gaat de voorraad van warmte langzamerhand achteruit; in eene bepaalde laag van den dampkring der zon wordt het aantal vloeistofmolekulen grooter ten koste van gasmolekulen, die zich verdichten, en wordt ook het aantal molekulen A en B grooter, die zich tot C verbinden.

Het punt, dat hier nog bepaald ter sprake komt, is de vraag, of zulke molekulen A en B zich *onder alle omstandigheden* tot C zullen verbinden, zoodra de temperatuur daarvoor gunstig is?

De ervaring heeft geleerd, dat men deze vraag ontkennend moet beantwoorden. Zijn molekulen zuurstof en waterstof in eene omgeving, die overigens gunstig is voor haar verbranding tot molekulen waterdamp, dan heeft deze verbranding niet plaats, wanneer zich in dezelfde ruimte een groot aantal molekulen van een gas bevindt, dat aan die scheikundige werking geen deel neemt (waterdamp, koolzuur, stikstof b. v.) De oorzaak hiervan vindt men gedeeltelijk in de afkoeling, die zij bij de verbranding teweeg brengen, maar toch kunnen zij ook alleen door haar aantal het tot stand komen van de verbinding tegenhouden.

Wij hebben dus recht tot de onderstelling, dat ook op de zon molekulen A en B door molekulen van andere soort verhinderd kunnen worden zich te vereenigen, te meer omdat in alle deelen der zon bestanddeelen van zeer verschillende soort aanwezig zullen zijn. Aan den toestand van dissociatie zou een einde komen, wat de mole-

kulen A en B betreft, wanneer er niet zooveel andere molekulen waren, die hen van elkander op een afstand hielden. Dr. BRESTER zegt, dat zij in een toestand van *overdissociatie* geraken.

Hoe lang zal deze toestand bestaan? Zoolang, totdat de hinderpalen uit den weg zijn geruimd en het aantal molekulen A en B, die zelf misschien weder uit eenvoudiger beginselen ontstaan, zóó groot geworden is, dat zij, niettegenstaande de aanwezigheid van de belemmerende molekulen, zich toch verbinden.

Het aantal der bijgemengde stoffen kan op velerlei wijzen vermindern. Er kunnen gasmolekulen zijn, die zich verdichten, of er zijn misschien molekulen D en E, waarvan het aantal vermindert, omdat zij zich tot F vereenigen. De molekulen A en B, die alleen hierop wachten, gaan nu plotseling in verbinding over en brengen de aan die scheikundige werking verbonden hoeveelheid warmte voort. Volgens het op bladz. 109 gezegde kan deze uitbarsting van warmte geen belangrijke temperatuursverhooging ten gevolge hebben. Hoe zij zich dan naar buiten wel openbaren kan, zullen wij dadelijk vernemen. Vooraf zij hier nog opgemerkt, dat, wanneer alle omstandigheden overigens gelijk gebleven zijn, na deze tijdelijke scheikundige verbinding nieuwe molekulen A en B weder in *overgedissocieerden toestand* zullen geraken, totdat de hinderpalen opnieuw weggeruimd worden. De verschijnselen, waarmede deze *toestand van overdissociatie* een einde neemt, zullen dus eene zekere periodiciteit kunnen vertoonen.

Kan de warmte, die op het oogenblik der verbinding van A en B tot C vrij wordt, niet de aanleiding tot eene belangrijke verhooging van temperatuur zijn, zij kan de oorzaak van andere verschijnselen worden en daardoor hare aanwezigheid duidelijk maken.

Stel het geval, dat de verbinding van *in overgedissocieerden toestand* verkeerende molekulen A en B tot stand komt in eene laag, waar gasvormige stoffen zich reeds tot nevels hadden verdicht en waar dus wolken ronddreven. Bij de zoo uiteenlopende bestanddeelen, die in de zon voorkomen, is er toch niets ongerijmds in de onderstelling, dat wolken van verdichte stoffen voorkomen op elke plaats, hoezeer de temperatuur op verschillende plaatsen uiteenloopen mag. De warmte, die van de vereeniging van A en B het gevolg is, kan deze wolken doen optrekken, omdat zij de vloeistoffen weder doet verdampen. In geval deze wolk zich bevond in de hoogere deelen van den dampkring van een hemellichaam (de theorie van BRESTER omvat ook eene verklaring van de verschijnselen, die veranderlijke sterren vertoonen),

dan was zij als een gordijn, waarachter een gedeelte van het licht der kern verborgen bleef; nu verdwijnt de wolk, het licht breekt door en de ster gaat een tijdperk in, waarin zij een helderder glans verspreidt dan te voren.

Maar de wolk kan ook behooren tot dat gedeelte van het hemellichaam, dat licht uitstraalt; bepalen wij ons tot de zon dan kan zij tot de photosfeer van deze behooren. Heeft hier eene uitbarsting van warmte plaats, mogelijk omdat hier weder andere stoffen in toestand van overdissociatie voorhanden zijn, ook dan verdampt een gedeelte der hier lichtgevende wolk. Zij wordt gasvormig en straalt nu geen licht meer uit; de donkere *zonnevlek* steekt af bij de lichtende vloeibare omgeving; omdat de zonnevlekken ook minder warmte geven, moet men aannemen, dat zoowel het uitstralingsvermogen voor warmte als dat voor licht bij de gasvormige massa van de zonnevlekken kleiner is dan bij de vloeibare massa van het lichtgevende gedeelte der zonneschijf.

Nog andere lichtverschijnsels op de zon, de protuberansen en de fakkels in de corona, worden door BRESTER toegeschreven aan plaatselijke uitbarstingen van warmte, die geen temperatuursverhooging te weeg brengen. Dat niet altijd sterke verwarming noodig is, zal eenig voorwerp licht in het rond verspreiden, leeren lichtgevende kevers en glimwormen, rottende visch; ook de gassen, die in GEISSLER's buizen lichtend gemaakt zijn, worden niet belangrijk verwarmd. Dergelijke lichtverschijnselen worden door trillingen van atomen binnen de molekulen verklaard, terwijl het gloeien bij verwarming het gevolg zou zijn door de trillingen der geheele molekulen aan de omgevende aetherdeeltjes medegedeeld. Op eene dergelijke wijze zou de verbinding van A en B aan de aanwezige molekulen dien eigenaardigen trillings-toestand mededeelen, die hen of hetgeen zij voortbrengen lichten doet, en aldus de oorzaak van protuberansen enz. kunnen zijn.

Zeer geringe verschillen in de samenstelling van eene laag in de atmosfeer der zon kunnen maken, dat de molekulen A en B niet door de geheele laag heen overal op een oogenblik uit haar toestand van overdissociatie geraken. Waar dit gebeurt, vertoont zich het licht en van deze eerste verlichte plek uit zal de protuberans zich in de eene of in de andere richting voortplanten, naarmate hier of daar de omstandigheden gunstig zijn voor de verbinding van A en B. Is deze door de geheele laag heen tot stand gekomen, dan verdwijnt de protuberans voor goed; de snelheid, die men vroeger aan de beweging

der heete gassen toeschreef, wordt hier als de snelheid beschouwd, waarmede de lichtglans, het gevolg van eene scheikundige verbinding, zich door de rustige massa voortplant.

De voornaamste werking van de uitbarsting van warmte vindt BRESTER echter hierin, dat zij de zaken weder brengt in denzelfden (of ongeveer denzelfden) toestand, waarin zij te voren verkeerden. Door de vrijgeworden warmte verdampen de stoffen, waarvan de verdichting de vereeniging van A en B mogelijk maakte. Ontstaan, op welke wijze dan ook, dus langzamerhand in de laag weder molekulen A en B, wordt haar aantal groot genoeg, dat de scheikundige verbinding van eenig belang kan zijn, dan levert de aanwezigheid der vreemde molekulen in den aanvang weder bezwaren tegen die verbinding op. De verschijnselen herhalen zich dus op denzelfden voet als vroeger; men zal er eene periodiciteit in waarnemen.

(Slot volgt.)
