

# OVER DEN INVLOED VAN DE GETIJWERKING OP DE WORDING VAN ONS ZONNESTELSEL.

DOOR

C. J. E. BRUTEL DE LA RIVIÈRE.

---

Het onderwerp, waarvoor ik voor eenige oogenblikken de aandacht van de lezers van dit tijdschrift kom vragen, namelijk de wordings-geschiedenis van ons zonnestelsel, kan zeer zeker niet op nieuwhed aanspraak maken. Reeds in den 4den jaargang van het *Album der Natuur* wordt van de hand van den hoogleeraar HARTING een uitvoerige beschouwing over het ontstaan van ons zonnestelsel aangetroffen,<sup>1</sup> en wanneer ik het onderneem om thans op datzelfde onderwerp terug te komen, dan geschiedt zulks alleen omdat, naar mijne bescheiden meening, in den laatsten tijd de oplossing van dit groote probleem een nieuwe phase is ingetreden.

Den 24sten October 1881 hield ROBERT BALL, hoogleeraar in de Sterrekunde aan de Universiteit te Dublin, een openingsrede in het Midland Instituut te Birmingham. Deze redevoering, welke tot titel heeft: *A glimpse through the Corridors of age*, geeft in populairen vorm een overzicht van eene grootendeels op wiskundigen grondslag berustende

---

<sup>1</sup> Zie *Album der Natuur* 1855, bladz. 225. Het verst verledene en de verste toekomst. — Een blik in de schepping des heelals door P. HARTING.

bespiegeling van G. H. DARWIN, zoon van den beroemden natuuronderzoeker CHARLES DARWIN, over den invloed van de wrijving, welke door de getijden wordt in het leven geroepen. Het kwam mij voor, dat èn in de ontwikkeling van DARWIN's denkbeelden èn in de voorstelling, welke BALL daarvan geeft, het een en ander werd aangetroffen, dat nieuw is en niet als algemeen bekend mag worden aangenomen, en dat derhalve een korte uiteenzetting daarvan den lezer van het *Album* niet onwelkom zoude zijn.

Voor ik echter tot de behandeling van mijn onderwerp overga, acht ik mij verplicht te doen uitkomen, dat ik niemand dan mijzelf aansprakelijk stel voor hetgeen ik zal mededeelen. De verhandeling van BALL heeft mij tot leiddraad gestrekt; de korte uittreksels, die DARWIN van zijne uitgebreide mededeelingen aan de Royal Society heeft geleverd, zijn door mij ijverig geraadpleegd; zelfs zoude men bij vergelijking van hun gedachtengang en de mijne vaak een sprekenden familietrek kunnen opmerken, maar daarmede houdt dan ook het verband tusschen beide op.

---

Ongeveer 130 jaar geleden gaf IMMANUEL KANT een geschrift in het licht, waarin hij zijne denkbeelden ontwikkelde over den Mechanischen Oorsprong van het Heelal. Deze denkbeelden vinden wij ongeveer een halve eeuw later op nieuw uiteengezet in LA PLACE's *Exposition du Système du monde*, en in hoofdzaak wordt nog heden ten dage de zienswijze van KANT en LA PLACE algemeen gehuldigd.

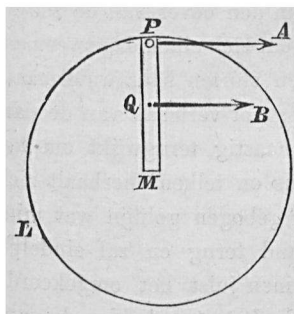
Hoewel nu de beschouwingswijze van deze beroemde mannen als algemeen bekend mag worden aangenomen, zoo is het toch noodig dat daaruit nog even datgene, wat op ons zonnestelsel betrekking heeft, wordt in herinnering gebracht, omdat juist daarin door DARWIN eenige wijzigingen zijn aangenomen, die niet van beteekenis ontbloot zijn.

Volgens de beschouwingswijze van KANT was de ruimte, welke ons zonnestelsel inneemt, gevuld met een uitermate ijle gasvormige stof; een stof zoo ijl dat, naar de berekening van den hoogleeraar HARTING, een kubieke meter van die stof niet meer dan  $\frac{1}{195}$  milligram woog. Om zich van een dusdanigen graad van verdunning eenig denkbeeld te kunnen vormen, hebbe men zich slechts voor te stellen, dat de hoeveelheid stof, bevat in een stukje koper ter grootte van een halve cent, gelijkmatig verdeeld is over een ruimte van 360,000 kubieke

meters, dan zal die ruimte gevuld zijn met een stof even ijl als de stofmassa, waaruit ons zonnestelsel is voortgekomen.

Door de eene of andere oorzaak nu ontstond in die gasmassa een kern, een grootere opeenhooping van stof, een middelpunt van aantrekking en, gehoorgevend aan de aantrekkingskracht, welke de deeltjes onderling op elkander uitoefenden, stortten deze zich van alle zijden naar dat middelpunt van aantrekking. Bij die beweging der gasdeeltjes naar eenzelfde punt moest de geringste onregelmatigheid een draaiende beweging van de gasmassa ten gevolge hebben. Aanvankelijk zal deze uiterst langzaam zijn geweest, maar bij de steeds voortschrijdende verdichting, zal de omdraaiingssnelheid gaandeweg zijn toenomen en dientengevolge de draaiende gasmassa een afgeplatte gedaante hebben aangenomen.

Dat het samentrekken van den nevelbol een versnelling van de draaiende beweging moest ten gevolge hebben, vereischt wellicht eenige toelichting. — Stel dat een lichaam  $L$  draait om



een as, welke loodrecht is op het vlak van het papier en die zich dus als een enkel punt moet voordoen. — Zij  $M$  dit punt en nemen wij aan, dat een punt  $P$  van dat lichaam een snelheid van 1 meter heeft in de richting  $PA$ , dan zal een punt  $Q$ , gelegen op een afstand van  $M$ , gelijk aan de helft van den afstand van  $P$  tot  $M$ , een snelheid van  $\frac{1}{2}$  meter hebben. Bij  $P$  bevindt zich een kogel, die in het kanaal  $PM$  kan verplaatst worden. Wordt nu deze kogel, zonder dat zijn snelheid wordt gewijzigd, naar  $Q$  overgebracht, dan zal hij, daar het punt  $Q$  zich slechts met een snelheid van  $\frac{1}{2}$  meter beweegt, noodwendig tegen den wand van het kanaal een drukking uitoefenen in de richting  $QB$  en dientengevolge klaarblijkelijk de snelheid van omdraaiing doen toenemen.

Zonder ophouden nu wordt de wentelende beweging van den nevelbol al sneller en sneller; eindelijk kan de aantrekking van de nevelmassa op die deelen, welke aan den buitenomtrek zijn gelegen, geen evenwicht meer maken met de middelpuntvliedingskracht en er scheidt zich een nevelring af, die met de eenmaal verkregen snelheid blijft rondraaien. — De geringste ongelijkheid in dien ring heeft ten gevolge, dat op eenig punt de samenhang wordt verbroken en onder de

werking, die de deeltjes wederzijds op elkander uitoefenen, rolt de ring zich samen tot een bolvormige massa. De eerste planeet heeft het aanzijn ontvangen.

Maar de nevelbol blijft zich steeds samentrekken; zijn snelheid van omwenteling wordt onafgebroken grooter; de omstandigheden voor de afscheiding van een tweeden nevelring worden steeds gunstiger — daar scheurt zich een tweede gordel van de hoofdmassa los en de tweede planeet is geboren.

Op zoodanige wijze zijn de planeten ontstaan; op zoodanige wijze, zij het ook op kleiner schaal, hebben de wachters of manen, welke de meeste planeten vergezellen, hun intrede in het zonnestelsel gedaan.

Bij dit alles is nu naar de meening van DARWIN geen rekening gehouden van een voornamen factor, die in sommige gevallen een overwegenden invloed moet hebben gehad.

Wie onzer heeft niet wel eens verwijld aan den oever van de zee en het geheimzinnig schouwspel gadeslagen, dat zich elken dag tweemaal herhaalt. De golven breken op het strand en storten haar watermassa uit over de zacht glooiende zandvlakte, tot groot vermaak van de dartele jeugd, die onder luid gejoel en gelach haastig terugwijkt om aan het oplopende water te ontsnappen. Telkens en telkens herhaalt zich dat tafereel, maar telkens loopt de grillig gebogen golflijn wat minder hoog op. De zee trekt zich langzamerhand terug en zal eindelijk haar laagsten stand bereiken. Dan neemt men juist het omgekeerde waar. Gaandeweg wordt een grooter deel van het strand door de aankomende golven overstroomd, totdat de zee haar hoogste peil heeft bereikt. Een korte tijd rust, en het eerst beschreven tooneel neemt weer een aanvang. — Dit verschijnsel van het regelmatig rijzen en vallen van het water, dat wij gewoon zijn aan te duiden door de benaming van eb en vloed, is, zooals wij weten, een gevolg van de ongelijke aantrekking, die door de zon en de maan, maar hoofdzakelijk door de maan, wordt uitgeoefend op de verschillende deelen der aarde, en wel met name op het vaste gedeelte van onze planeet en haar vloeibaar omhulsel, den oceaan. Dientengevolge wordt de afstand van den waterspiegel tot den bodem, zoowel in de richting van het aantrekkende lichaam, als in juist tegengestelde richting grooter, en in een richting loodrecht daarop kleiner. Deze rijzing en daling van de oppervlakte der zee heeft ten gevolge, dat de oceaan een vormverandering ondorgaat

en de gedaante krijgt van een ei. Het ligt echter niet in mijne bedoeling een verhandeling te schrijven over het verschijnsel van eb en vloed en ik zal dan ook niet verder over dit onderwerp uitweiden. — DARWIN nu maakt de opmerking, dat de boven beschreven vormverandering, die de oceaan ondervindt onder den invloed van zon en maan, zich niet alleen bepaalt tot den oceaan, maar ook kan worden uitgestrekt tot elk lichaam, waarvan de deeltjes ten opzichte van elkander gemakkelijk verplaatsbaar zijn en dat derhalve het centrale lichaam van ons zonnestelsel, de zon, aan de planeten een dergelijke vormverandering moet hebben medegedeeld op het tijdstip toen zij, hetzij in gasvormigen, hetzij in vloeibaren toestand verkeerden. Deze opmerking nu van DARWIN is niet geheel nieuw, want reeds onderscheidene mannen van naam, waaronder ik slechts enkele zal noemen, zooals HELMHOLTZ, THOMSON en DELAUNAY, hebben zich bezig gehouden met de beschouwing van de gevolgen, die daaraan kunnen worden vastgeknoopt; maar het is DARWIN geweest, die haar dienstbaar heeft gemaakt aan eene in vele opzichten geheel nieuwe beschouwingswijze betreffende de wording van ons zonnestelsel. — Daar nu in het vervolg meermalen sprake zal zijn van die eigenaardige werking van het eene hemellichaam op het andere, die zich openbaart in een vormverandering, welke overeenkomt met die, welke de getijden in den oceaan te weeg brengen, zoo is het wellicht niet ondoelmatig deze door een algemeene benaming, en wel door die van *getijwerking*, aan te duiden.

De getijwerking nu is, zooals wij zullen zien, onder de handen van DARWIN een tooverstaf geworden, waarmede hij over vele zaken een nieuw licht heeft doen opgaan.

---

De theorie van DARWIN leidt tot twee gevolgtrekkingen: 1<sup>o</sup> dat de wordingsgeschiedenis van de wachters der planeten niet voor allen dezelfde is; 2<sup>o</sup> dat, wat meer bepaaldelijk het ontstaan van onze maan betreft, deze zich eerst van de aarde heeft afgescheiden, toen de aarde tot een vloeibare massa was verdicht. Over het eerste punt spreken wij eerst later en, wat het tweede punt betreft, men ziet dat de theorie van DARWIN in dít opzicht ten eenemale van de algemeen aangenomen beschouwingswijze afwijkt en het kan dan ook niet van belang ontbloot zijn, om terug te gaan tot het tijdstip, waarop onze maan het levenslicht aanschouwde.

Er is een tijd geweest, dat de aarde eenzaam haren kringloop om de zon volbracht. Naar de berekening van DARWIN ligt dat tijdstip meer dan vijftig millioen jaren achter ons. Vijftig millioen jaren, welk een tijdsruimte! Mijns inziens schiet ons voorstellingsvermogen daarbij te kort en dat wel, omdat ons een behoorlijke maatstaf tot vergelijking ontbreekt. Het gaat hiermede als met zoovele andere gevallen, waarvan ik, ter opheldering van mijne meening, slechts één wil noemen. Zooals men weet, ondervindt de beweging van de elektrische vloeistof, of, zooals men ook wel zegt, de elektrische stroom, in elk lichaam een zekeren weerstand. Zonder ons nu in te laten met een nadere beschouwing van de eigenlijke beteekenis van de uitdrukkingen "elektrische stroom en elektrische weerstand", daar dit met ons eigenlijk onderwerp niets te maken heeft, herinner ik slechts, dat deze weerstand bij de verschillende lichamen zeer uiteenloopt. Nu heeft voor eenige jaren een duitsch geleerde zich bezig gehouden met de bepaling van den weerstand van zuiver water en daarbij bevonden dat een waterzuil van 1 meter lengte een even grooten weerstand heeft als een koperdraad van even groote doorsnede en van zoodanige lengte, dat men daarmede den afstand van de maan tot de aarde tweemaal zoude kunnen overspannen. Wordt nu daardoor de voorstelling van de grootte van dien weerstand eenigszins duidelijker? Ik moet eerlijk bekennen, wat mij betreft niet. Ik word er niet veel wijzer door, dan wanneer men mij had medegedeeld dat hij zeer groot, verbazend groot is. Men versta mij echter wel. Ik ontken het nut niet van die weerstandsbepaling en zal, wanneer de gelegenheid zich mocht voordoen, een nuttig gebruik maken van de getalwaarde van dien weerstand, welke, in metermaat uitgedrukt, ook in de millioenen loopt, maar mijne voorstelling van dien weerstand is, door den afstand van de maan te hulp te roepen, er niet beter op geworden. Waarom? al weder omdat ik geen behoorlijk punt van vergelijking heb. De afstand van de maan tot de aarde is geen geschikte maatstaf ter beoordeeling van een lengte, en zoo is het, ofschoon in een anderen zin, ook gelegen met onze vijftig millioen jaren. Het schijnt ons groot en het is ook werkelijk groot, wanneer wij b.v. den levensduur van een mensch als maatstaf kiezen, maar wat beteekent van een anderen kant een tijdvak van vijftig millioen jaren, vergeleken bij de oneindigheid van tijd? Zouden wij niet gevoegelijk, zij het ook eenigszins overdrachtelijk, kunnen zeggen, dat het minder is dan een enkele polsslag in het leven van het Heelal? Wij zullen dan

ook, wanneer voortaan zulke voor ons onmetelijke tijdsruimten in onze beschouwingen te pas komen, daarvoor meer algemeene uitdrukkingen kiezen en zoo -- om op ons onderwerp terug te komen --, zeggen dat de aarde lang, zeer lang geleden eenzaam haar weg door de ruimte aflegde. Zij vertoont zich op dat zeer verwijderd tijdstip voor het oog van onzen geest als een gloeiende gesmolten lavamassa van nagenoeg bolvormige gedaante, welke in ongeveer drie uren om hare as wentelde en die juist, ten gevolge van dien korten tijd van om-draaiing, een aanzienlijke uitzetting aan den aequator heeft verkregen. Terwijl nu die gloeiende bol door uitstraling een aanzienlijk warmte-verlies lijdt, dientengevolge inkrimpt en daardoor zijn snelheid van omdraaiing toeneemt, is hij terzelfder tijd aan een anderen invloed onderworpen, namelijk de getijwerking der zon, en deze openbaart zich in de eerste plaats daardoor, dat de aarde nagenoeg in de richting van de zon en juist daartegenover een uitstulping heeft, terwijl zij loodrecht op die richting is samengedrukt. Deze uitstulping, een berg van gloeiende lava, verplaatst zich met ontzettende snelheid langs den omtrek van de aarde, want in drie uur legt zij dien afstand af. Bij de gevolgen, die daaruit zijn voortgevloeid, zullen wij voor het oogenblik niet stilstaan. Voor het tegenwoordige komt de getijwerking van de zon slechts zoover in aanmerking, dat daardoor het tijdstip, waarop onze aarde de moederweelde zoude smaken, is verhaast geworden. Dat zulks het geval moet geweest zijn, zal terstond worden ingezien wanneer men bedenkt, dat door die uitstulping een gedeelte van de aardmassa verder van de omwentelingsas werd verwijderd en dientengevolge de middelpuntvliedingskracht eerder de overhand kon krijgen. Eindelijk zien wij in onze verbeelding een deel van de aarde zich afzonderen; het gewichtig oogenblik is daar; de aarde heeft haar eerst- maar tevens haar eeniggeboren kind het aanzijn gegeven. En wel is het een gewichtig oogenblik, want van stonde af aan zal het kind een onberekenbaren invloed gaan uitoefenen op het lot, op de toekomst harer moeder.

Aanvankelijk zal de losgescheurde massa ongetwijfeld een uiterst onregelmatige gedaante hebben gehad, maar onder den invloed van de wederzijdsche aantrekking harer deelen, moet zij al reeds spoedig een nagenoeg kogelvormig aanzien hebben verkregen; en, wat de aarde betreft, door diezelfde werking moet de diepe wonde haar geslagen, want het was een zwaar kind, dat zij had voortgebracht, het

woog ongeveer  $\frac{1}{80}$  van haar eigen gewicht, weldra geheeld zijn en ook zij een ongeveer bolvormige gedaante hebben aangenomen.

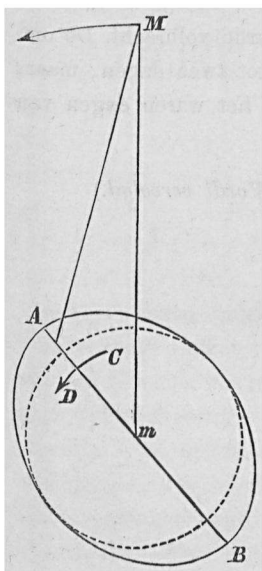
Wij zeiden zooeven dat de maan een grooten invloed heeft uitgeoefend, nog uitoefent en in de toekomst zal uitoefenen op het lot van de aarde; wij kunnen er thans bijvoegen, dat men met evenveel recht het tegengestelde kan beweren. Hoewel van elkander gescheiden, zijn de aarde en de maan door den band der aantrekkingskracht met elkander vereenigd gebleven, en wat deze heeft gewrocht, dat zullen onze verdere beschouwingen leeren.

---

Voor het oog onzer verbeelding verrijst thans een ander schouwspel. Door de inwerking van de zon heeft de vurige aardbol nu in zijne nabijheid een kleineren evenzeer vurigen en vloeibaren bol, waardige telg van zulke ouders; een kind hare moeder thans zoo gelijk en dat in later tijd zoozeer van haar zal verschillen! Welk een onderscheid toch in beider toekomst! Uit de eene zal na vele millioenen jaren de vruchtbare aarde, getooid met een weelderigen plantengroei en vol leven en beweging voortkomen; uit de andere onze zilverwitte maan, een groote uitgebrande vulkaan, waar de stilte van het graf heerscht!

Wij hebben vroeger vermeld, dat de aarde zich op het tijdstip, dat de maan werd geboren, in ongeveer drie uren om hare as wentelde. In dienzelfden tijd nu volbracht de maan toenmaals haren omloop om de aarde; zij zette eenvoudig de beweging voort, die zij op het oogenblik harer geboorte had. Lang heeft die toestand echter niet geduurd, want onmiddellijk na haar ontstaan heeft zij op de vloeibare aarde hare getijwerking uitgeoefend en deze was, wegens hare grootere nabijheid, veel sterker dan die van de zon. Wat daarvan het gevolg moet zijn geweest kan gemakkelijk worden nagegaan. Op hetzelfde punt van de aarde, waar op een gegeven oogenblik zich een berg van de gesmolten aardmassa vertoont, is drie kwartier later geen spoor meer daarvan te ontdekken. Dat nu bij de snelle op en neergaande beweging van de min of meer taaie vloeistof een geduchte wrijvingsweerstand wordt geboren en dat derhalve de opheffing van den lava-berg wordt tegengewerkt, en deze laatste dus bij de maan zal achterblijven, dat wil zeggen, dat de kruin van den berg niet naar de maan

zal zijn gericht, zal gereedelijk worden toegegeven. De aantrekking van de maan op dat uitstekende deel van de aarde moet hare wentelende beweging hebben tegengewerkt, of, gelijk THOMSON het uitdrukt, als een rem hebben gewerkt. Dit denkbeeld, dat het eerst door DELAUNAY is uitgesproken en dat, volgens de meening van THOMSON reeds in de geschriften van KANT wordt aangetroffen, wensch ik koenigszins nader toe te lichten.



Zij  $AB$  de vlocibare aardmassa en  $M$  de maan. De aarde wentelt in den zin door  $CD$  aangewezen om hare as; de maan loopt in denzelfden zin om de aarde. Door de getijwerking der maan heeft de aarde een eenigszins eivormige gedaante verkregen en, zooals wij hebben doen uitkomen, is de lijn  $AB$  niet naar de maan gericht. Zonderen wij nu een bolvormige massa af, dan kan de aantrekking, door de maan op de aarde uitgeoefend, beschouwd worden als voort te vloeien uit de aantrekking op de bolvormige massa en op de uitsteeksels  $A$  en  $B$ . De aantrekking op de bolvormige massa is van  $m$  naar  $M$  gericht, maar de aantrekking op  $A$  zal, daar zij niet door het middelpunt  $m$  is gericht, een kracht opleveren, die de aarde in den zin van  $D$  naar  $C$  tracht te bewegen, en die dus de wentelende beweging van de aarde tegenwerkt. De aantrekking op  $B$  zoude een tegengestelden invloed hebben, maar de opheffing bij  $B$  is minder groot dan bij  $A$  en bovendien verder van  $M$  verwijderd, zoodat de werking op  $A$  de overhand heeft.

De getijwerking van de maan werkt dus de wentelende beweging van de aarde tegen, m. a. w. zij doet de *daglengte toenemen*.

Doch ook op de maan heeft deze getijwerking haar invloed doen gevoelen; daardoor toch is haar kringvormige loopbaan verwijd geworden. Ook dit vereischt wellicht eenige toelichting. De aantrekking, die het uitstekende deel bij  $A$  op de maan uitoefent, kan worden teruggebracht tot een kracht werkende volgens de lijn  $Mm$  en een kracht, werkende in de richting, waarin de maan zich beweegt; deze laatste kracht doet de snelheid harer beweging toenemen en daar de aantrekking van de

maan door de aarde nagenoeg dezelfde blijft, moet de vermeerdering in snelheid de maan verder van de aarde verwijderen.

Met het grooter worden van den afstand neemt, volgens een der wetten van den onsterfelijken KEPLER, de omlooptijd toe, zoodat èn de lengte van den dag èn de tijd, waarin de maan zich om de aarde beweegt, te gelijktijd grooter worden; intusschen niet in gelijke mate. Bij de maan was de toeneming grooter, zoodat er een tijd moest komen, waarin de aarde tweemaal om hare as wentelde, terwijl de maan in dienzelfden tijd eenmaal haar loopbaan om de aarde volbracht. De omlooptijd van de maan was dus aangegroeid tot twee dagen, maar, hetgeen niet uit het oog mag verloren worden, het waren dagen van wellicht vier uren.

*(Wordt vervolgd.)*

---