



NATUUR- EN
STERRENKUNDE
RU UTRECHT

4A20

162

HET HEELAL

naar 's mensen voorstellingen.

Naar 't Russisch van A. WEDENSKY,
door J. BRANDT.

AMSTERDAM. — J. F. SIKKEN.

Verzucht Zonnenburg

LETTER

TO THE

HISTORICAL SOCIETY OF THE STATE OF NEW YORK

BY

J. B. HARRIS

NEW YORK

1884

NEW YORK

1884

NEW YORK

1884

Het Heelal naar 's menschen voorstellingen.

I.

DE ASTRONOMIE DER VOLKEN IN HET OOSTEN.

In een helderen, door geen maanlicht gestoorden nacht en te midden eener open vlakte, waar niets ons verhindert naar wijd en zijd het oog te wenden, vertoont zich het hemelgewelf voor 's menschen blik als met schitterende lichtpunten overdekt — in zoo overstelpende menigte, dat het ons eene onmogelijke, ondenkbare zaak toeschijnt die te tellen. In werkelijkheid is dit eene dwaling, alleen getuigende van onvolkomenheid in 's menschen begripsvermogen, die onmachtig blijkt om zich een groot aantal voorwerpen duidelijk voor te stellen, of met zijn verbeelding te omvatten, en slechts een flauw begrip heeft van zijn beteekenis.

De met het bloote, ongewapend oog zichtbare

sterren zijn sedert lang geteld; aan het gansche hemelgewelf, dat de aarde aan alle zijden omringt, zijn er slechts 6000; maar op een gegeven oogenblik zal een gewoon oog, hoe zuiver en doorschijnend de lucht ook zij, er niet veel meer of minder dan 3000 ontdekken. De geleerden mogen ons dit verzekeren, zooveel hun goeddunkt — bij een blik op den sterrenhemel zullen wij altijd den indruk krijgen een ontelbare menigte van die schitterende lichten te aanschouwen. Dichter, romanschrijver en de alledaagsche mensch spreken tot nu toe eeuwig en onveranderlijk van „myriaden sterren”, welke hun oog treffen. Vruchteloos zullen kennis en wetenschap u zeggen, dat uw oog zich vergist en schromelijk faalt — de indruk van den sterrenhemel blijft machtig, aangrijpend, overweldigend — — —

Maakt reeds deze eigenschap het hemelgewelf tot iets van majestueuse, betooverende schoonheid — de meest oppervlakkige waarneming, zonder eenige hulpmiddelen der kunst zal die bekoring nog oneindig verhoogen. Wendt gij het gelaat naar het oostelijk deel des hemels, dan ontwaart ge, hoe uit den diepen nevel, die den horizon omsluit, als 't ware plotseling verschillende schitterende punten opduiken. In plechtige stilte, maar rusteloos stra-

lend en spelend in alle kleuren van den regenboog, rijzen zij langzaam al hooger en hooger, waarbij hunne helderheid gestadig toeneemt, om eindelijk in vollen glans, maar nu rustig flikkerend hun plaats in de sterrenkoren in te nemen.

Ginds, aan tegenovergestelde zijde, ziet men echter de sterren al dalende haar licht verzwakken, uitdooven, om onder te gaan en weg te zinken in een onbekenden, verren oceaan van duisternis en vernietiging — een wereldzee zonder grenzen.

Richt nu den blik omhoog: ver boven u, aan dat grootsche gewelf spreidt zich een donkere, als met sterren bezaaide sluier uit, waarop een gordel van tintelend, zilverachtig licht — de Melkweg — zich als een bewegelijk, onregelmatig lint van het eene einde van den horizon naar het andere slingert. Soms ziet men, oplichtend in het duister, flonkerende en glinsterende schaduwen met groote snelheid aan dit gewelf verschijnen en verdwijnen... Wat geschiedt daar ginds toch in dien oceaan van sterren? Wie heeft die flikkerende lichten ontstoken?

Maar zie: de eene zijde van den horizon verbleekt, en uit die zee van duisternis rijst statig, eerst bloedrood-, dan goudgeel getint, de reusachtige maanschijf omhoog; al hooger en hooger zien wij haar

klimmen — en het nachtelijk tafereel verandert. Een donkerblauwe lichtschijn verspreidt zich over het gansche gewelf, de duisternis voor zich uitdrijvend; de zwakkere sterren verschuilen zich, en slechts de groote blijven in bijna denzelfden glans en helderheid zich scherp op den omringenden achtergrond des hemels afteekenen.

Wij, bewoners van groote steden, met onze stofelijke belangen zoo ver verwijderd van alle natuur-aanschouwing, en met onze door gas of electriciteit verlichte nachten — hebben in werkelijkheid geenerlei voorstelling van den machtigen invloed, dien het verheven schouwspel van den sterrenhemel op onze ziel uitoefent. Het klimaat en de levensomstandigheden van Noordelijke landen werken zoodanige onverschilligheid in de hand. Onze heldere zomernachten, in lente en herfst vervangen door nachten van storm en regen, des winters weer — door koude, mist of jachtsneeuw, welke de menschelijke gedachten van alle aanschouwing afleiden, om eene veilige schuilplaats op te zoeken — dat alles laat mogelijk niet toe, langer dan een minuut den blik te laten rusten op het grootsche tafereel, dat de nacht voor ons ontsluit; men zal zich verbazen... en dat is alles! Onze hemel is laag, en niet

zelden worden de sterren verduisterd achter den nevelsluier, welke den geheelen horizon omvat en, hoe licht ook, in hooge mate de doorschijnendheid der lucht vermindert.

Hoe geheel anders, hoe veel zuiverder en machtiger zijn de indrukken, die de hemel van het gezegende Zuiden ons achterlaat; waar het geheele jaar door, de bijna gelijke dagen en nachten elkan- der afwisselen: het hemelgewelf zich als een reus- achtige, azure koepel boven de aarde verheft, den indruk makend van een onmetelijk wijd verschiets— en waar de sterren fonkelen in helderen, betoove- renden glans!

Voorheen leefde de mensch dicht bij de natuur, te midden harer grootsche verschijningen. De no- madenvolken in de eertijds zoo vruchtbare vlakten van Azië — nu het tafereel van dood en verlaten- heid voor den reiziger in die gewesten — zagen altijd dien hemel met zijn „myriaden sterren” bo- ven zich schitteren; en de eenzame herder op de Himalaya-hoogten volgde met nieuwsgierigen blik het opgaan en verdwijnen der hemellichten. Voor de naieve verbeelding van den primitieven mensch bleef het schitterend sterrenkoor verborgen als een onverklaarbaar geheim: als een raadsel, dat niet

was op te lossen, maar niettemin tot waarneming en weetgierigheid opwekte.

Met dit meer of minder ideale streven om de geheimen van het Heelal te ontraadselen paarden zich ook zuiver praktische doeleinden. Reeds vroegtijdig had de mensch het verband moeten opmerken tusschen het aanbreken van den dag en den stand der nachtelijke gesternten in den een of anderen tijd des jaars; uit de sterren kon hij zich vergewissen van de richting, die hij te volgen had, als hij bij nacht moest reizen — zij toch wezen hem de hemelstreken aan. Wellicht ook werd de mensch vooral door hemelverschijningen er toe geleid zijn eerste schreden te doen in het strijdperk der gedachten en van de kennis der Natuur.

De studie van het uiterlijk voorkomen des hemels dagteekent al van onheugelijke, zelfs vóórhistorische tijden. Reeds in de grijze oudheid kende de mensch het onderscheid tusschen vaste sterren en dwaalsterren of planeten, waarvan hij er, buiten de Zon en Maan, vijf telde — juist zooveel, als men met het bloote oog kan onderscheiden, te weten: Mercurius, Venus, Mars, Jupiter en Saturnus. Hierin lag alleszins niets bijzonder merkwaardigs. Al die hemellichten laten zich door hunne helder-

heid scherp te midden der sterren onderkennen, verschijnen in verschillende streken des hemels — nu eens aan de eene, dan aan de andere zijde der Zon, en trokken dus onwillekeurig de aandacht tot zich. Venus, bij voorbeeld, zich nu als Avondster — dan weer als Morgenster vertoonende, kon bovenal eene voorstelling geven, dat de hemel zulke bewegelijke of dwaalsterren bevat.

Doch er zijn historische getuigenissen, dat lang vóór het begin der authentieke Geschiedenis, de menschheid al een begrip had van de bewegingswetten dier sterren, en daarmede de hemelverschijningen kon voorspellen. Een en dertig eeuwen vóór de geboorte van J. C. konden de Hindoes reeds eene conjunctie van alle planeten in één punt des Hemels aankondigen. Ofschoon het nauwelijks valt te betwijfelen, dat zij deze conjunctie niet voorspelden op grond van theoretische beschouwingen, maar van vroegere, voor hun tijd nauwkeurige waarnemingen — volgens welke zulke samenkomsten van planeten zich moeten herhalen — getuigt echter dit feit op welsprekende wijze, dat talrijke geslachten van dit of eenig ander volk zich al met het waarnemen van hemellichten hebben beziggehouden, en ook de verkregen resultaten beschreven.

Geen verschijnsel, zooals men weet, levert meer wisselvalligheden op, dan eene zonsverduistering. Al laten zich ook met betrekkelijk geringe moeite de tijden berekenen, waarop de maan haren stand tusschen Zon en Aarde inneemt, en de eerste voor onzen blik verbergt — stuit men echter bij het bepalen der plaatsen op aarde, waarlangs de smalle schaduwkegel der maan, eene breedte van hoogstens 265 kilometer bereikende, voorttrekt, op vrij wat grooter bezwaren. Niettemin worden in de Chineesche kronieken onwederlegbare bewijzen gevonden, dat de beweging der Zon en de wetten der eclipsen sinds onheugelijke tijden in dat land werden bestudeerd.

Men verhaalt, bij voorbeeld, de volgende tragische geschiedenis, die plaats vond in het eerste regeeringsjaar van Tschong-kang. op een tijdstip tusschen de jaren 2159 en 2128 vóór Christus gelegen. Destijds waren de astronomen Hi en Ho aan het Paleis des Keizers verbonden, en tot hunne onveranderlijke plichten behoorde ook het vroegtijdig aankondigen van het oogenblik, waarop de naaste Zonsverduistering moest plaats hebben; eene gebeurtenis, die van plechtige godsdienstige ceremonieën vergezeld moest gaan. Het noodlot wilde ech-

ter, dat de verduistering onverwachts intrad, zonder dat men gelijktijdig met de ceremonieën gereed was — China werd nu met den toorn der goden bedreigd. Een onderzoek werd gelast, hetgeen aan het licht bracht, dat Hi en Ho nalatig in hunne plichten waren geweest door zich aan dronkenschap over te geven; op last van den godenverzoener werden daarop de onwaardige sterrekundigen ter dood veroordeeld. —

Minder vertrouwbare overleveringen melden, dat meer dan 1000 jaren vóór dit feit, onder de regeering van Schün-Hoang, het waarnemen der sterrekundigen in het Hemelsche Rijk in geregelde orde plaats had, en verschillende berichten schrijven aan dit weleer zoo ontwikkelde volk eene reeks van waarnemingen aan den Hemel toe, die daarvan het gevolg waren. De thans in China gebezigde kalender werd, volgens de traditie, in de 26ste eeuw vóór Christus ingesteld onder Keizer Hoang-ti, aan wien, onder meer, de ontdekking der 19-jarige maansperiode wordt toegeschreven, welke 2000 jaar later in Westersche landen opnieuw door Meton werd gevonden, en den grondslag vormt voor onze bewegelijke feesten.

Niet minder draagt het astronomisch onderzoek

van het aloude Egypte den stempel van een grijs verleden. De grondslag van den Egyptischen Kalender verwijst naar de 28ste eeuw vóór Christus. Diodorus van Sicilië verhaalt, dat de Egyptische koning Osmidias, die vóór Sesostris (Ramses II) leefde op den top der door hem opgerichte pyramide een observatorium stichtte en hierin een gouden cirkel van 365 voet omtrek plaatste, waarop de open ondergangen der sterren voor iederen dag van het jaar aangeteekend stonden.

In Babylon zijn sterrekundige tafelen gevonden, die gewijd waren aan waarnemingen van de bewegingen van Venus en de Zon. In al deze landstreken was de Hemel in sterrenbeelden verdeeld en droeg het meerendeel der heldere sterren namen.

Zoodanige feiten bewijzen ons, dat de aloude volken reeds met goed succès de opeenvolging en causale gelijkvormigheid van enkele hemelverschijnselen hadden bestudeerd. Maar hoe zij zich de ruimte daarbuiten voorstelden, welk begrip zij hadden van den bouw des Hemels — ziedaar vragen, die voor ons onopgeloste raadsels zijn gebleven!

Niettemin weten wij, dat bij voorbeeld de Egyptenaren de aarde kenden als een bol, aan alle zijden door den Hemel omringd; en het bewijs daarvan

legden zij neder in hunne voorstellingen. Ook kenden zij den zonsweg te midden der sterren, en verklaarden de eclipsen zeer juist door den schaduw der Maan, wanneer deze tusschen aarde en zon staat, of door den schaduw der aarde, als deze het zonlicht voor de maan onderschept. Wij mogen aannemen, dat de ouden veel meer wisten dan wij ons voorstellen, en waarschijnlijk laat zich door hun invloed alleen de scherpzinnige studie verklaren, die Pythagoras en zijn volgelingen van het wereldsysteem hebben gemaakt, en waarvan straks nader zal worden gesproken. Wat hiervan zij: het staat vast, dat alle astronomische arbeid der oude volken en hunne kennis verloren zijn gegaan in den woesten, barbaarschen strijd, die het tijdperk van verval der Oostersche beschaving heeft gekenmerkt, en daardoor een zeer onbeduidenden invloed hebben gehad op de ontwikkeling der sterrekunde in Europa.

Al zijn hier en daar in het Oosten van Azië enkele sporen der oude astronomie nog lang bewaard gebleven, toch ontmoeten wij bij de Grieken in het begin hunner geschiedkundige loopbaan, voorstellingen en begrippen omtrent het wereldstelsel, die nog volkomen primitief, op den laagsten trap van

ruwe en oppervlakkige waarneming berusten. Bij het overzicht van de denkwijzen der Grieken over het Heelal betreden wij andermaal de paden, waarlands de menschelijke geest bij zijne allereerste pogingen tot de kennis van het Wereldruim moest geraken.

II.

DE ONTWIKKELING DER KOSMOGENIE BIJ DE GRIEKEN.

Bij oppervlakkige waarneming vertoont de aarde zich aan ons als een reusachtige, onmetelijke vlakte, hier en ginds doortrokken van meer of mindere hooge bergreeksen, groenende heuvels, bloeiende dalen of diepe ravijnen, waar rivieren hare wateren voortspoeden, zeeën en meren de grenzen schijnen te vormen. Deze vlakte komt ons onbewegelijk voor, als rustte zij op eeuwige, onvergankelijke pijlers in het Heelal; en vruchteloos poogde het menschelijk vernuft in de oudheid, vele eeuwen lang, die samenstelling en bouw te verklaren en zich daarvan een begrip te maken. In onveranderlijke orde wisselen dagen en nachten af; rijzen zon, maan en sterren boven den zoom dier vlakte omhoog — on-

bekend van waar zij komen, noch waar zij gaan, nadat zij haren loop boven het oppervlak der aarde hebben volbracht.

Naar deze ruwe en oppervlakkige indrukken waren ook de eerste, ons bekende, begrippen gevormd, welke de Grieken omtrent den bouw van het Wereldruim hadden. In fabeldichten, beschreven door Hesiodus — een tijdgenoot van Homerus — die in de tiende eeuw vóór Christus leefde, dus in een betrekkelijk niet ver verleden — wordt de aarde voorgesteld als een schijf, die op gelijke afstanden tusschen het Hemelgewelf en het rijk der Hel bevestigd was. Waarop dan die schijf gelegen was?— Ziedaar een zonderling en onverklaarbaar probleem. Te vergeefs trachtte de mensch daarin door te dringen. Eenigen stelden onze aardsche verblijfplaats voor als bevestigd op twaalf kolommen, in ruil voor de drie beroemde walvissen uit het brein van nog oudere geslachten; anderen dachten zich de aarde als rustende op vier geweldige koperen olifanten enz. Dit alles nam intusschen de bezwaren van vroeger niet weg; want kolommen, olifanten, bergen en wat meer zij, hadden op hunne beurt een steunpunt nodig. — Wat de sterren betrof: deze vormden een nog geheimzinniger verschijnsel, en

nog lang daarna waren in Griekenland astronomen, die haar aanzagen voor vuren, ontstoken door „dampen, welke uit de aarde opstegen.”

Op dezen achtergrond van eeuwigdurende dwalingen verschenen theorieën, die voor zich wel eenigen grond van waarheid hadden. Door de bloote ervaring geleid, is het niet moeilijk tot de gedachte te komen, dat de wereld eene bolvormige gedaante bezit. Elk vloeistofdeeltje, aan zich zelf overgelaten — bij voorbeeld uit een vat vallende — neemt onmiddellijk den drup- of bolvorm aan; en dergelijke feiten — bij al hare afwisseling, toch welsprekend getuigende van de duurzame werking eener kracht, die in de Europeesche Wetenschap den naam van „Algemeene Aantrekkingskracht” ontving — leidden onfeilbaar tot het besluit, dat de aarde eene spherische gedaante heeft.

Reeds ten tijde van Homerus dacht men, dat de Aarde — van boven afgeplat, en door den „Oceaanstroom” omgeven — voor zich de benedenhelft van den Wereldspheer vulde, terwijl de andere helft zich daarboven uitstreckte; en dat de zon elken avond haar licht doofde, om echter — na een bad in de diepe kolken van dien Oceaan, des morgens op nieuw te ontgloeien. Maar deze zienswijze was,

evenals die van Hesiodus, niet bestand tegen de gevolgtrekkingen, die uit de waarnemingen waren afgeleid, en reeds in het Oosten (voor een deel ook in Egypte) ingang hadden gevonden.

Ook was het niet moeielijk te gelooven, dat de sterren zoo bij dag als bij nacht het hemelgewelf bedekken, en alleen des daags in het schitterend zonlicht verbleeken. — In den vroegen morgen immers, wanneer het schemerend licht der nog verwijderde zon zich aan den hemel verspreidt, kon men duidelijk waarnemen, hoe alleen de sterren verbleeken, welke haar nachtboog boven de aarde nog niet halverwege hadden afgelegd, en het zonlicht vertoonde zich reeds, als het daggesternte zelf nog niet boven den horizon van den waarnemer was opgegaan, hetgeen te kennen gaf, dat zij niet in den „Oceaan” was weggezonden, zoomin haar vuur had gedoofd.

De schaduw verder, welke de maan bij hare verduisteringen bedekte — hetzij die te middernacht plaats hadden, als onze satelliet in het zuiden stond of wel des avonds en 's morgens, als bij het op- en ondergaan der maan onze aarde om zoo te zeggen naast haren wachter stond, en dezen rechtstreeks aan het zonlicht onttrok — was altijd rond. Niet

lang duurde het, of de vooruitstrevende mannen van Griekenland, in aanraking gekomen met het Oosten in het algemeen, en Egypte in het bijzonder, moesten de juistheid der inzichten bij de Egyptenaren erkennen.

Reeds in de zesde eeuw vóór Christus leerde Pythagoras — die eene reis naar Egypte had volbracht — dat de aarde een bolvormig lichaam was, aan alle zijden door den sterrenhemel omgeven. Om de onafhankelijke beweging der planeten te verklaren, nam hij aan, dat de hemel in een bepaald aantal kristallijnen, volkomen doorschijnende sferen was verdeeld, waarvan elk de drager eener overeenkomstige bekende planeet was. De Maan bevond zich in de eerste, het dichtst bij de aarde gelegen sfeer; Mercurius, Venus, de Zon, Mars, Jupiter en Saturnus — in de volgende kristallen sferen; en eindelijk verhief zich, boven die allen, de sfeer der duizende vaste sterren, waarachter het rijk der onsterfelijke goden een aanvang nam. — Dit geheele stelsel sferen was aan eene algemeene as bevestigd, wentelde volgens deze in den tijd van 24 uur rondom de aarde en vormde eene soort „Harmonie” — de zoogenaamde „Muziek der Hemelsferen,” welke echter voor de ooren van een sterveling onverstaan-

baar was. — Aan Pythagoras wordt ook de leer toegeschreven, dat de Zon het middelpunt van het Heelal vormde, waarom tegelijk met de overige planeten ook de aarde hare wenteling volbracht. Mocht hij al inderdaad dergelijke geniale leer — zóo nabij de hedendaagsche — omtrent het Zonnestelsel hebben uitgedacht: dan toch voorzeker in onbepaalde en onbewezen vormen, en die slechts het kenmerk eener hypothese droeg.

Het laatste woord in de sterrenkundige wetenschap der oude volken was het zoogenaamde „Stelsel van Ptolemaeus, die in de tweede eeuw na Christus leefde, doch waarvan Hipparchus, en mogelijk ook diens voorgangers, als de eigenlijke grondlegger moet worden beschouwd. Dit stelsel verkreeg eene machtige, ja overweldigende beteekenis in de geschiedenis van het menschelijk weten: was vijftien eeuwen lang onaantastbaar, of gelijk een Evangelie in de wetenschap. Ofschoon dus aan Hipparchus, die in de tweede eeuw vóór onze tijdrekening leefde, de eer van ontdekker toekomt, heeft Ptolemaeus de verdienste gehad, al de verspreide denkbeelden en waarnemingen zijner voorgangers tot één geheel te vereenigen en aan het stelsel eene groote uitbreiding te geven.

In dit stelsel wordt aangenomen, dat de aardbol onbewegelijk in het midden der wereldruimte staat, en dat het geheele zichtbare heelal cirkelvormige banen rondom de aarde beschrijft. De eigenlijke sterrenhemel vormde de vaste sfeer, het onwrikbare gewelf, waarop duizende lichtpunten hunne onveranderlijke plaatsen hadden. — Deze voorstelling was alleszins eenvoudig en natuurlijk. Immers, overal waar de mensch zijn blikken wendt, schijnt de hemel onze aarde op gelijken afstand te omringen, en eene lange reeks van geslachten hebben geleefd, zonder de minste verandering aan dien hemel te bespeuren. Door zijne wenteling in 24 uren om de aarde, deed hij in het menschelijk brein onwillekeurig de overtuiging ontstaan, dat de duizende daarop zichtbare sterren onderling in een vast verband werden bijeen gehouden. Indien zij niet stonden op eene vaste sfeer, die alle sterren ondersteunde, dan ware het volkomen onverklaarbaar, hoe zij zich allen tegelijk om éene en dezelfde as konden bewegen — want het menschelijk vernuft had het bestaan dezer as vermoed, welke met hare uiteinden aan den hemel zou zijn bevestigd.

De planeten met hare zichtbare verplaatsingen te midden der sterren konden stellig niet tot de

klasse van verschijningen worden gerekend, waartoe deze laatste behoorden; het was niet mogelijk ze onbewegelijk op de sterrensfeer te bevestigen, en in het voorstellingsvermogen van den mensch moesten zij onvermijdelijk lager dan de sterren worden geplaatst — dus in die ledige ruimte, welke zich tusschen de aarde en de kristallijnen sfeer der sterren uitstrekt. De oude sterrenkundigen kenden noch de vormen, noch de grootten der planeten; maar afgaande op de snelheid harer bewegingen onder de sterren, plaatsten zij haar, naar gissing en van de aarde uit gerekend, in die volgorde, waarin zij zich inderdaad, van uit de zon gezien, door het wereldruim bewegen. De maan — evenzeer als planeet beschouwd, werd het eerste hemellicht, dat het dichtst bij de aarde stond; dan volgden Mercurius, Venus, de Zon, Mars, Jupiter en Saturnus, die als de grenspost der planeten werd beschouwd — en eindelijk welfde zich ver daarboven het gebied der vaste sterren. Wat eigenlijk de sterren waren: daarvan wordt in het stelsel van Ptolemaeus geen duidelijke verklaring gegeven.

Het meest kenmerkende in de aloude voorstellingen aangaande het Heelal, was dat de mensch dier dagen geheel onduidelijke en valsche begrippen had

van zijne afmetingen. Ofschoon een onbestemd voor-
gevoel hem zeide, dat de uitgestrektheid der he-
melruimte zeer groot moest zijn, kwam hij echter
op verre na niet nabij de waarheid. Ten tijde van
Hesiodas had het aanbeeld van God Vulkaan, bij
zijn val uit het verblijf der goden naar de onderwe-
reld, negen dagen en nachten noodig om naar de
aarde te vliegen, en even zooveel tijd om van hier-
uit de hel te bereiken.

Achttien etmalen — een geruime tijd voorzeker!
Gelet op de snelheid, waarmede zich een steen
voortbeweegt, die van eene hoogte valt, zal het u
begrijpelijk worden, dat het aanbeeld van Vulkaan
een verbazenden weg aflegde, waarvan men zich de
grootte moeielijk kan voorstellen.

Met dit zinnebeeldig hulpmiddel heeft Hesiodas
zijne gedachten omtrent de uitgestrektheid van het
heelal scherp en duidelijk uitgedrukt. Bedenken
wij echter, dat de sterren, ofschoon zich met kos-
mische snelheid door de ruimte bewegende, in den
loop van achttien dagen geen, door onze tegenwoor-
dige instrumenten waarneembare, verplaatsing on-
dergaan — dan valt de voorstelling der Ouden aan-
gaande den afstand des hemels geheel in het niet.
Blijkbaar beschouwde Hesiodas de aarde als het

universeele zwaartepunt der ruimte; als het symbool, om zoo te zeggen, van onmeetbare grootheid; zij kwam hem en zijne tijdgenooten voor als het meest belangrijke gedeelte der schepping, en de hemelruimte daar rondom was van ondergeschikte beteekenis, en iets dat voor ons alleen bestond.

In deze zienswijze ligt duidelijk eene tegenstrijdigheid opgesloten; de aarde toch, werd beschouwd als een platte schijf, waarboven zich de hemel als een glazen stulp welfde; de bewering nu, dat de hemel slechts een deel van de aarde was, stond gelijk met de stelling, dat het oppervlak van een bolvormig segment minder inhoud heeft dan de basis van dat segment; hetgeen wiskunstige onzin is. Maar de Grieken dier oude tijden schenen daarvan niets te begrijpen, en het geheele vraagstuk is vreemd gebleven aan hun naief verstand. De voorstellingen van Hesiodas' tijdgenooten blijken dus nog zeer ruw te zijn geweest, toen de invloed der Oostersche wijsheid en kennis zich op het Grieksche volk deed gevoelen.

In de derde eeuw vóór Christus poogde Aristarchus, die eene vrij groote wiskunstige kennis bezat, met behulp daarvan de afmetingen van het Heelal samen te vatten en den afstand der Zon tot de aarde

te bepalen. Den afstand der maan tot onze planeet als eenheid aannemende, berekende hij naar de voorschriften der driehoeksmeting, dat de zon bijna 19 maal verder stond dan de maan — een resultaat, dat ondanks zijne onnauwkeurigheid, de grenzen van het Heelal uitlegde, ver buiten de perken, welke men daaraan tot nog toe had gesteld. Wij zullen later zien, dat de zonafstand in werkelijkheid veel grooter is.

Ook hieruit blijkt wederom, dat de Ouden het zichtbare heelal beschouwden als eene ruimte met beperkte afmetingen. In hun oogen was dit eene uitgestrekte, door het gebied der sterren begrensde sfeer, waarachter eene voor menschenoogen geheel ontoegankelijke ruimte — het godenrijk een aanvang nam. Wat achter dit laatste volgde: of het evenzoo begrensd was — ziedaar vragen, die zelfs geen onderwerp van gedachten, geen punt van quaestie uitmaakten. In de tijden, toen het stelsel van Ptolemaeus zijn gezag handhaafde, werd nog in zekere mate vastgehouden aan de meening van Pythagoras omtrent het bestaan van enkele sferen, gerekend naar het aantal hemellichten, die hunne wentelingen om de aarde volbrengen. Men sprak van het „aantal hemelen”: van den „vijfden,” „zes-

den," „zevenden hemel," enz.; nog in de legendarische verhalen der Christenvolken wordt het kenmerk aangetroffen, bij voorbeeld in de uitdrukking: „verrukt zijn tot in den zevenden hemel."

Bij uitzondering trof men geesten aan, wien de bestaande begrippen aangaande het heelal niet voldeden. De in de vijfde eeuw vóór Christus levende wijsgeer Democritus, dien de geschiedenis ons voorstelt als altijd den spot drijvende met de domheid der menschen, beschouwde het heelal als eene onbegrensde wereld van atomen, welke door de ruimte vielen. Niet zonder grond heette ook zijne leer onder den invloed der Oosterlingen te hebben bestaan; men weet ten minste, dat hij een groot deel der Aziatische landen bereisde, en de overlevering zegt beslist, dat Chaldeeusche priesters hem in de geheimen hunner wijsbegeerte hadden ingewijd. In ieder geval zijn zijne begrippen duister en onbepaald; op de meeningen der volgende astronomen hadden zij geen merkbaaren invloed, en zij werden zelfs rechtstreeks door Aristoteles en Ptolemaeus verworpen.

De begrippen, die de Ouden van het Wereldruim koesterden, hebben duidelijk hun zegel gedrukt op het geheele geestesleven dier volken, op hun geloof,

ceremoniën, overleveringen en zelfs op de voorwaarden van hun dagelijksch leven. Nog gezwegen van de zon, die zulk een heilzamen en machtigen invloed op het aardsche leven openbaart; of van de maan, waaraan evenzeer verschillende invloeden werden toegeschreven, zijn de voorstellingen van alle overige planeten ten nauwste met die hunner godheden verbonden. De namen der planeten zelve — Mercurius, Venus, enz. zijn namen van Grieksch-Romeinsche godheden. De ook in de fransche taal overgenomen oude benamingen der wekdagen, zijn zuiver aan goden en planeten ontleend. Lundi wil zeggen: dies Lunae; Mardi — dies Martis, wat vertaald respectievelijk luidt: dag der Maan — dag van Mars, enz. Aan sterren en planeten werden zekere invloeden toegeschreven op de aarde en de menschen, die haar bewoonden.

Het bleef door de Oostersche volken niet onopgemerkt, dat er nu en dan zoogenaamde „nieuwe” of „tijdelijke” sterren aan het hemelgewelf verscheenen, en vooral werd hun aandacht getrokken door zoodanigen, welke zich kenmerkten door een sterken glans, en onverwachts in een deel des hemels schitterden, waar te voren niets gezien werd. Ook konden zij bij herhaling het verschijnsel der zoo-

genaamde „vallende sterren” waarnemen, en die beide feiten vereenigd moesten tot de gedachte leiden, hoe vergankelijk het bestaan — hoe gering de beteekenis dier hemellichten was in verhouding tot de planeten en dergelijke groote lichamen als Zon en Maan.

Zoolang de mensch onze aarde voor het middelpunt der wereldruimte aanzag, moest hij natuurlijk ook verband gaan zien tusschen zich en de sterren. Met zekerheid kan men zeggen, dat niet alleen het minder ontwikkelde deel der Oostersche volken, maar ook schrandere mannen onder hen geneigd waren in vele sterren, om zoo te zeggen, getuigen te zien van het menschelijk leven. Waarschijnlijk is hieruit ook het geloof ontstaan, dat iedere vallende ster den dood van een mensch aankondigt. In het Oosten moet de meening geboren zijn, dat bij de geboorte van den mensch ook zijn ster aan den hemel opgaat, en dat het ter wereld komen van personen, die een groote rol in de samenleving zouden vervullen, ook gepaard ging met het verschijnen van schitterende sterren.

Hebben wij niet een duidelijk bewijs van zoodanig mystiek geloof in de aanbidding der wijzen kort vóór de geboorte van Christus, toen zij zeiden, dat

hun de groote gebeurtenis reeds bekend was gemaakt door eene schitterende ster, die in het Oosten verschenen was?

III.

DE DAGERAAD DER NIEUWERE STERREKUNDE.

In de middeleeuwen — dat tijdperk van kindsheid der Europeesche volken — konden de zienswijzen omtrent den bouw van het heelal wel geen verandering ondergaan. Het stelsel van Ptolemaeus regeerde onvoorwaardelijk op zijne voornaamste grondslagen; maar gelijktijdig ontstond en vestigde zich de Astrologie, welke zich ten doel stelde aan bijgeloovige voorstellingen van den invloed der hemellichten op het menschelijk leven eene breedvoerige ontwikkeling te geven.

Geboren zijn onder bepaalde sterrenbeelden en toevallig daarin voorkomende planeten: m. a. w. op het oogenblik dat deze, hoog boven den horizon staande, den meridiaan der plaats van geboorte passeeren — wees op een bepaald lot, waartoe de jonggeborene bestemd was. Zij, die met den sterrenhemel en de planetarische bewegingen bekend waren,

konden dan voor ieder mensch — indien zij het oogenblik zijner geboorte kenden — een zoogenaamden horoscoop daarstellen: d. w. z. berekenen, onder welke hemel-invloeden hij geboren was; en het menschedom — altijd begeerig de toekomst te kennen, hield zich bijgeloovig aan deze voorspellingen vast.

Gelukkig nochtans, dat tegelijk met de Astrologie — die waanzinnige zuster der Astronomie — ook de studie der hemelverschijningen, de plaatsbepaling der verschillende gesternten, met langzame schreden voorwaarts gingen. Het waren de Arabieren, die nu ten tooneele verschenen, en mogelijk reeds in hun vaderland — het vruchtbare Arabië — den loop der gesternten hadden gevolgd. Hunne aanraking met vele oude, beschaafde volken had ten gevolge, dat de wetenschappen — vooral de wiskunde en mathematische sterrekunde, ijverige beoefenaars in hen vonden. Het is bekend, dat Europa hun de algebra verschuldigd is, maar vooral op het gebied van astronomische kennis is hun invloed groot geweest. Voortreffelijke observatoria, van uitstekende instrumenten voorzien, waren vrij gewone verschijnselen in den bloeitijd der Arabische beschaving. Zelfs nog lang daarna, toen de

Tartaarsche volksstammen — die barbaren uit het Oosten — de welvarende gewesten van Arabië overstroomden, had de studie en zucht voor die wetenschap bij het energieke Arabische volk nog geenszins opgehouden.

Tamerlan (eigenlijk Timoer-Chan) die in Rusland's historie zulk eene bloedige bladzijde heeft achtergelaten, deed zich aan ons, Europeanen, kennen als een geduchte geesel van wreedheid en barbaarsheid, maar zijn kleinzoon, Ulughbegh, stichtte in Samarkand, dat nu aan de Russische heerschappij is onderworpen, een voor dien tijd prachtig observatorium, dat een der eersten ter wereld was. Spanje, waar de Europeesche wereld met de Arabieren in aanraking kwam, heeft onder meer ook de kennis der astronomie aan hen ontleend en over Europa verspreid, alwaar haar in de toekomst eene ontwikkeling wachtte zóo reusachtig, als het menschdom nooit had durven voorspellen.

Wel hield nog het stelsel van Ptolomaeus onwrikbaar stand, maar gaandeweg brachten de waarnemingen door de Arabieren aangevangen en in Europa voortgezet, een aantal feiten bijeen, welke door dat stelsel geen verklaring vonden en onvermijdelijk tot zijn val moesten leiden.

Tot juist begrip van den aard der feiten en verschijnselen, die strekten tot omverwerping van eene zoo vastgewortelde meening, gehandhaafd bovendien door eene katholieke geestelijkheid, welke haar plichten verkeerd opvatte — is het noodig de schijnbare bewegingen der planeten meer van nabij te beschouwen. — Zon en maan zich tusschen de sterren door bewegende, volbrengen inderdaad — de eerste in een jaar tijds, de tweede binnen een maand — regelmatig haren loop rondom de aarde; maar de planetarische bewegingen dragen een daarvan geheel verschillend kenmerk.

Aanvangende met Mercurius en Venus — zien wij ook deze in een bepaalden tijdkring haren loop om de aarde volbrengen, maar niet als zon en maan regelmatig in dezelfde richting, terwijl zij zich — nu eens rechts, dan links van de zon staande, nooit verder dan op betrekkelijk geringen afstand van deze verwijderen. Beide planeten in haren oostelijken stand met betrekking tot de zon vertoonen zich als avondster; in haren westelijken stand echter — als morgenster; maar nooit zal men haar, om de zoo even genoemde reden, kort vóór of na middernacht hoog boven den horizon kunnen zien.

De overige drie planeten — in tegenstelling van

Mercurius en Venus, buitenplaneten genoemd — vervolgen daarentegen haar weg tusschen de sterren, volbrengen onafhankelijk van de zon haar omloop rond de aarde, en staan op verschillende tijden in alle hemelteekens, zoodat men haar zoowel 's avonds, 's morgens, als te middernacht kan zien. Maar evenals de beide eersten, loopen zij niet bestendig in dezelfde richting van rechts naar links — of van het westen naar het oosten. Soms blijven zij eenigen tijd stilstaan; gaan daarop langzaam naar rechts, leggen in deze richting een kleinen weg aan den hemel af, staan andermaal stil en bewegen zich daarop snel naar het oosten, in welke richting zij een vrij aanzienlijke ruimte doorloopen. Merkwaardig hierbij is, dat gedurende hare bewegingen van links naar rechts — dus naar eene zijde tegengesteld aan den weg, dien de aarde gedacht wordt te doorloopen — alle planeten in steeds toenemende helderheid beginnen te schitteren, die echter gestadig weder afneemt, zoodra zij hare gewone bewegingen van west naar oost hervatten.

Die feiten zijn op zich zelve reeds voldoende om de onhoudbaarheid van het stelsel van Ptolomaeus aan te toonen. Zooals boven is gezegd, hadden Aristoteles en Ptolomaeus — de vertegenwoordigers

van het naar kunst en wetenschap zoo hoog be-
 gaafde Grieksche volk, aan een waterdruppel het
 beginsel ontleend, waarop hunne meening omtrent
 de bolvormige structuur van het heelal was ge-
 grond; aan dit eerste beginsel voegden zij nog een
 tweede toe, en wel: dat de cirkel de meest volko-
 men geometrische lijn was, en dat de goddelijke en
 onvergankelijke hemellichten zich niet anders dan
 langs cirkels konden bewegen rondom de aarde,
 als middelpunt van het wereldruim. Maar de zicht-
 bare bewegingen der planeten waren reeds met die
 bewering in tegenspraak. Om nu hare teruggangen
 en wisselende helderheid te verklaren, nam men
 zijne toevlucht tot verschillende hypothesen en be-
 weerde, dat de planeet bij hare beweging langs een
 zuiveren cirkel — epicykel geheeten — tegelijk
 den loop van het middelpunt van den epicykel
 volgde, dat een tweeden cirkel — deferens genoemd
 — beschreef, welks middelpunt door de aarde werd
 ingenomen.

Aanschouwelijk voorgesteld, kunnen zoodanige
 planetarische of samengestelde cirkelbewegingen
 worden vergeleken bij die van een vast punt op
 den omtrek van een wiel gelegen, dat ondersteld
 wordt met regelmatige snelheid over den weg te

rollen. Denken wij ons het oog op eenigen afstand boven den omtrek van dit wiel — ongeveer in het vlak hiervan geplaatst, dan zal men het punt zien voortbewegen, maar tegelijk zal het — als een gevolg van zijne omwenteling om de as van het wiel — nu eens tot den waarnemer naderen, dan eens zich van hem verwijderen; nu eens rechts, dan weer links loopen.

De Arabieren en daarop de Europeanen — tegelijk met het stelsel van Ptolomaeus ook zijne be-roemde epicykeltheorie overnemende, moesten echter door hunne metingen op den langen duur resultaten verkrijgen, welke niet met de theorie overeenstemden: niet alleen ten opzichte van de bewegingen, maar ook van de helderheidsverandering der planeten. Zonderling onder anderen was het volgend feit. Jupiter en Saturnus doorliepen hunne epicykels respect. in 399 en 378 dagen; eerstgenoemde beschreef hem 11 maal, terwijl de geheele omloopstijd aan den hemel 11,8 jaar bedroeg; Saturnus doorliep den zijnen 28 maal, in een tijdruimte van 29,5 jaar, welke hij noodig had om tot eene zelfde ster terug te keeren. Bij de andere planeten werd deze bijzonderheid niet opgemerkt.

Om alle afwijkingen der planeten bewegingen te

verklaren, moesten de Arabieren steeds nieuwe supplementaire bewegingen uitdenken; en de bouw van het zichtbaar heelal werd volgens dit stelsel van Ptolomaeus zóo ingewikkeld, dat Koning Alfonsus X van Kastilië — die in de dertiende eeuw leefde en zelf een goed sterrekundige was — in eene vergadering van bisschoppen niet kon nalaten spottend op te merken, dat zoo God bij de schepping der wereld hem om raad had gevraagd — hij eene minder omslachtige inrichting van het Wereldstelsel zou hebben voorgeslagen. — Het spreekt van zelf dat geesten, die een ruimere studie van de astronomie hadden gemaakt, neigden tot een nieuwe, meer waarschijnlijke theorie, waardoor vele hemelverschijnselen zouden worden verklaard, die thans onopgehelderd bleven, ondanks alle kunstgrepen van nieuw uitgedachte hulpcirkels.

In deze periode trad Copernicus met zijne beroemde theorie op het tooneel der geschiedenis. Pool van afkomst, werd Nicolaas Copernicus in 1473 te Thorn in Oost-Pruissen geboren, dat toenmaals onder Poolsche heerschappij stond, en waar zijn vader koopman was. Ofschoon hij zich op verlangen van zijn oom met theologische en later met medische studiën heeft bezig gehouden, in welk laatste

vak hij in 1499 den doctorstitel behaalde, had Copernicus steeds ijverig de sterrekunde beoefend. Tot voortzetting zijner studie naar Bologna in Italië gegaan, waar hij de leer van Pythagoras betreffende den centralen stand der zon in het planetenstelsel nader leerde kennen, kwam hij mogelijk hier door spoedig tot de overtuiging van de juistheid der inzichten van dezen wijsgeer.

Het was aanvankelijk maar een bloot vermoeden, daar Copernicus nog geen overtuigende bewijzen bezat in de waarnemingen zijner talrijke voorgangers. Toen ving echter het onderzoek aan, waaraan hij een groot gedeelte van zijn leven heeft gewijd. Van 1507 tot 1530 — zijnde 23 achtereenvolgende jaren, werkte hij aan de voltooiing van zijn stelsel; meer dan tien jaren daarna lag het manuscript der waarheid op zijne schrijftafel, en eerst op zijn sterfbed werden hem de eerste vellen druks van zijn onsterfelijke werk: „De revolutionibus” vertoond.

De juiste bewijzen voor de waarheid zijner leer kon Copernicus in zijn tijd nog wel niet leveren; maar voor dit stelsel pleitten: de groote waarschijnlijkheid, de eenvoudige en natuurlijke wijze, waarop de hemelverschijnselen werden verklaard, zoodat de overeenstemming van de daaruit afgeleide

gevolgen met de waarnemingen. In dit werk — een leer verkondigende, die lijnrecht in tegenspraak was met de algemeene overtuiging en door de katholieke Kerk niet werd erkend — heeft hij aangetoond, hoe gemakkelijk zich de verschijnselen in de planetenbewegingen lieten verklaren, wanneer niet de aarde, maar de zon het middelpunt der wereldruimte vormde, en eerstgenoemde, tegelijk met de overige planeten, haren jaarlijkschen loop om dit centraallichaam volbracht — behalve eene tweede beweging in 24 uur tijds om haar eigen as.—

Werkelijk worden alle samengestelde bewegingen, de planeten betreffende, terstond in het Copernicaansche stelsel eenvoudig en verstaanbaar. De maan verwisselde van rol en werd een wachter der aarde, waarom zij haar wenteling volbracht. Wat Mercurius en Venus betrof: deze planeten volgden kleinere banen om de zon, en dichter dan de aarde bij deze gelegen. Het was nu duidelijk, waarom zij zich voor een waarnemer op onze planeet nooit ver van het centraal-lichaam verwijderden; verklaarbaar evenzoo hare rechtlopende en teruggaande bewegingen, en de ongewone toename in glans bij eerstgenoemde richting. In dit geval toch moesten zij zich aan deze zijde van de zon, dus

betrekkelijk dicht bij de aarde bevinden.

Niet minder gemakkelijk lieten zich ook de bewegingen der overige planeten verklaren, welke verder dan de aarde van de zon verwijderd staan. Stel u voor, dat gij in een spoortrein gezeten, van verre een bosch ziet, en dichter bij een wagen, die over den weg rijdt. Indien gij dezelfde richting als die wagen, maar veel sneller dan deze volgt, zal hij toch ondanks die gelijke richting, op het bosch als achtergrond achteruit schijnen te gaan. De verwijderde boomen zullen schijnbaar met u den wagen vooruitsnellen. Beweegt gij u echter in tegengestelde richting van den wagen, dan zal oogen-schijnlijk het voertuig met nog grootere snelheid dan uw trein de boomen van het bosch achter zich laten.

Juist hetzelfde verschijnsel doet zich bij de waarneming der „boven“- of buitenplaneten voor; zich langzamer dan de aarde bewegende, zullen zij zich evenals in het genoemde voorbeeld op den verwijderden achtergrond der sterren projecteeren. Als de aarde bij haar loop rondom de zon tot eene buitenplaneet nadert, zal zij zich met deze in gelijke richting, doch sneller bewegen, en het gevolg zal zijn, dat die planeet schijnbaar achteruitgaat. Be-

weegt zich echter de aarde, haar weg vervolgende, naar eene zijde tegengesteld aan de bewegingsrichting der planeet, dan zal de laatste snel onder de sterren vooruitgaan; immers bij hare eigen snelheid voegt zich die der aarde, welke zich thans van haar verwijderd. Ook is het duidelijk, dat, als beide planeten zich aan dezelfde zijde der zon bewegen, de buitenplaneet wegens hare grootere nabijheid ook veel helderder zal schijnen. Alle epicykels en samengestelde bewegingen worden in deze theorie onnoodig en alle verschijnselen vinden eene volkomen natuurlijke verklaring.

De dagelijksche aswenteling onzer aarde maakte het evenzeer onnoodig zijne toevlucht te nemen tot de onwaarschijnlijke hypothese, dat een menigte sterren op verre en ongelijke afstanden in de ruimte verspreid, juist in 24 uur haren cirkelloop om de aarde zouden volbrengen. De Copernicaansche theorie was eene groote schrede voorwaarts; tot beter begrip van den bouw der wereldruimte: de grootste overwinning van den menschelijken geest. Zij vormde ook den eersten en belangrijkste schakel in eene lange reeks ontdekkingen, welke in 's menschen voorstelling van het heelal eene volkomen verandering teweegbrachten.

Wij moeten hier opmerken en bedenken, dat de groote daad van Copernicus slechts het begin was eener nieuwe richting in de astronomie; eigenlijk maar het bewijs van een feit of waarheid in de structuur van het zichtbare heelal. In de verbeelding van nakomelingen, die in het wezen der zaak niet zijn doorgedrongen, vertoont zich Copernicus als de volstrekte, zoo niet de eenige grondlegger der wereldbegrippen, welke thans gemeengoed zijn geworden. Maar in werkelijkheid heeft hij slechts de eerste voren getrokken in het onontgonnen terrein der nieuwere astronomische wetenschap, en een reusachtig veld voor verdere onderzoekingen aan zijne opvolgers gelaten. Copernicus heeft alleen de zon, in plaats van de aarde, in het middelpunt der ruimte gesteld en de aarde de plaats der zon doen innemen; maar al het overige bleef naar zijne zienswijze onveranderd. Nog steeds bewogen zich de planeten langs cirkelbanen; achter Saturnus lag dezelfde begrenzing tusschen het zichtbare heelal en de sfeer der sterren, en de schepping bleef besloten binnen dezelfde enge grenzen als in het stelsel van Ptolomaeus.

In het algemeen wordt de verloochening van het Copernicaansche stelsel aan onwetendheid en fana-

tisme toegeschreven, welke den tijd zijner verschijning hebben gekenmerkt; maar dit is een grove dwaling, voortgesproten uit sentimenteele neigingen, waarvan de ontwikkeling van 's menschen geest vergezeld gaat. Het is waar, dat zijn stelsel op de meest eenvoudige en verstaanbare wijs de samenstelling der planetarische wereld verklaarde; maar ook niet meer. Daarentegen heeft het eene hechte overtuiging, die veel goeds bevat en haar wortels door vele eeuwen heen slingerde, omvergeworpen en vernietigd.

Volgens die meening steunende op voorstellingen, waaraan de Heilige Schrift — ofschoon verkeerd begrepen — haar zegel van waarheid had gehecht, was het gansche heelal voor den mensch geschapen; en uit de bewering, dat het stelsel van Copernicus eene betere en duidelijker verklaring der verschijnselen gaf, volgde op verre na nog niet de noodzakelijkheid om die oude meeningen en begrippen vaarwel te zeggen. Immers, waartoe was het noodig een meer eenvoudig wereldstelsel beter te achten dan een verkeerd stelsel? Had de Scheppende Oorzaak van alle dingen het niet in haar macht aan het wereldruim deze of gene samenstelling te geven, afwijkende van alle menschelijke hy-

pothesen en voorstellingen?

Met deze of dergelijke bespiegelingen moesten de tijdgenooten van den grooten Slavischen denker en navorscher op zijne leer nederzien; en onder hen ontmoeten wij aanstonds mannen, die, ofschoon den stempel van het genie dragende, toch niet konden besluiten om het nieuwe stelsel te erkennen.

Nog moeten wij opmerken, dat vooral in de verloochening van Copernicus' leer de bron school voor hare verdere, krachtige ontwikkeling en bevestiging, zooals hieronder blijken zal. Zonder die verzaking en bestrijding, welke krachtig tot onderzoek en waarneming aanspoorden, zou zijne leer op verre na niet zulke nuttige en wijsche gevolgen hebben gehad.

IV.

ONTDEKKINGEN, DIE DE JUISTHEID DER LEER

VAN COPERNICUS AANTOONDEN.

Drie jaren na den dood van den grondlegger der nieuwe astronomie, in 1546 — werd een man geboren, aan wien de menschheid te danken heeft, dat

een reusachtig materiaal werd bijeengebracht, waardoor de juistheid der inzichten van onzen grooten Poolschen sterrekundige zou worden bewezen. Wij bedoelen Tycho Brahe.

Deen van geboorte en op verlangen zijns vaders en bloedverwanten tot rechtsgeleerde opgeleid, had hij echter eene wezenlijke roeping voor de astronomie. In zijne jeugd bracht hij eenigen tijd in Duitschland door, reisde naar Zweden en maakte kennis met de voornaamste sterrekundigen van zijn tijd. Zijn hartstocht om den hemel te bestudeeren, wel verre van te bekoelen, nam toe — nog geprikkeld door een zonsverduistering in Augustus van het jaar 1560, welke door hem met aandacht was gadeslagen.

Bij den dood zijns vaders in 1570 naar Denemarken teruggekeerd en geen verdere hinderpalen voor zijn streven ontmoetende, gaf hij zich geheel aan zijne langgewenschte bezigheden over. Een nieuwe ster, welke in het jaar 1572 verscheen, zeer merkwaardig was om haar verbazenden glans, maar kort daarop verdween — alsmede het boek, dat naar aanleiding daarvan door Tycho werd geschreven, gaven hem weldra meer of mindere vermaardheid.

Gelukkig vond hij nu ook kort daarna een door-

luchtigen beschermer in de persoon van Frederik II van Denemarken, die een klein eiland in De Sont — Hueen geheeten — te zijner beschikking stelde.

Daar bouwde Tycho Brahe zijn beroemd astronomisch observatorium „De Uranienburg” (afgeleid van „ouranos”, dat „hemel” beteekent); voorzag het van groote en voor dien tijd bijzonder nauwkeurige instrumenten, en leverde aan de sterrekunde zijner dagen eene onschatbare en uitgebreide reeks van metingen en waarnemingen. — De dood van zijn beschermer verstoorde op eenmaal zijne rust, wjl hij hiermede van zijne onmisbare hulpmiddelen werd beroofd; en op uitnoodiging van Rudolf II, vertrok hij in 1597 naar Praag met den titel van „astronoom en mathematicus des Keizers.” — Niet lang genoot hij de voorrechten van zijn verblijf alhier, daar de dood reeds in 1601 een einde maakte aan zijn werkzaam leven.

De meening van Tycho Brahe ten opzichte van Copernicus getuigde zoowel van eerbied als van bewondering; maar zijn stelsel heeft hij niet aangenomen en zijn eigen hypothese daarvoor in de plaats gesteld. Dit laatste bestond hierin, dat hij Mercurius en Venus satellieten der zon noemde, welke hun loop om dit daggesternte volbrachten; doch hij

kon er niet toe besluiten de aarde eene planeet te noemen, die evenals de eersten rondom de zon wendelde. In de wijze, waarop hij aldus het stelsel van Copernicus loochende of verwierp, ligt intusschen al de kracht van zijn grooten geest uitgedrukt. Hij beweerde dat, wanneer de aarde in een jaar tijds om de zon ging, wij hare plaatsverandering zouden moeten bespeuren in den vorm eener poolsverandering met betrekking tot de sterren. Onze aardas zou van dag tot dag naar andere sterren zijn gericht; m. a. w. de pool des hemels zou bewegelijk zijn en in een jaar tijds een kringloop volbrengen, om daarop tot dezelfde ster terug te keeren.

Bespeurde men geenerlei beweging — dus vervolgde Tycho zijne redeneering — dan moest: òf de leer van Copernicus valsch zijn: òf men moest aannemen, dat de sfeer der sterren op zóo reusachtigen afstand was gelegen, dat de jaarlijksche loopbaan der aarde om de zon, ondanks haar enorme afmetingen, uiterst nietig en onbeteekenend was in vergelijking met dien afstand. Men zou dus genoodzaakt zijn, den laatsten als oneindig groot te beschouwen.

In die dagen durfde niemand zoo iets vermoeden, ofschoon het later bleek waarheid te bevatten. Al-

dus openbaarde Tycho Brahe in den vorm van een bewijs tegen het Copernicaansche stelsel, een nieuw feit, dat tot grondslag moest dienen voor de sterrekunde dier dagen en een nieuwen weg voor onderzoek opende. Later werden onder het reusachtig materieel zijner waarnemingen niet minder belangrijke gegevens gevonden voor het afleiden der resultaten, waardoor Keppler — Tycho's groote tijdgenoot — zijn naam onsterfelijk heeft gemaakt.

Als de zoon van arme Protestantsche ouders te „Weil der Stadt” in Württemberg geboren, kon Keppler een vrijer standpunt innemen tegenover de leer van Copernicus, welke reeds lang door de Katholieke Kerk verboden en vervolgd werd. Hoe gebrekkig ook, had Keppler toch het geluk eene opvoeding te krijgen, en toonde hij zich een aanhanger van het nieuwe stelsel. De vervolging waaraan de Protestanten in het zuiden van Oostenrijk blootstonden, noodzaakte hem zich naar elders te begeven, als wanneer in den herfst van het jaar 1598 hem eene plaats als adsistent van Tycho Brahe in Praag werd aangeboden.

Bij den dood van dezen grooten meester nam Keppler diens plaats als „mathematicus des Keizers” in, en kwam zodoende in het bezit van dien

schat van waarnemingen, die zijn voorganger had verricht. Ondanks treurige levensomstandigheden, tegenspoed en gebrek, wijdde hij zich geheel aan de becijferingen, welke op gegevens berustten door Tycho bijeen gebracht; en de resultaten van dezen moeievollen arbeid waren de beroemde „bewegings wetten van Keppler.” Hij toonde aan, dat de planeten niet loopen in cirkels, maar in ellipsen (dat zijn min of meer afgeplatte cirkelbolvormige lijnen, van gelijke orde als die der cirkels); waarbij zij nu eens de zon naderen, dan weer zich van deze verwijderen, terwijl hare snelheid van beweging des te grooter is, naarmate zij dichter bij de zon staan. Keppler wees die feiten aan, doch waarom dit alles zóo geschiedde, bleef onopgelost en onverklaard. Het was der beroemden Isaac Newton voorbehouden, die groote oorzaak aan te wijzen.

Gelijktijdig met Keppler, gedurende de jaren 1564 tot 1642, leefde in Italië een ander groot man; dit was de niet minder vermaarde Galileo Galilei. Algemeen bekend is het verhaal, dat hij door de Inquisitie werd gedwongen afstand te doen van de leer aangaande de beweging der aarde. Andere verhalen voegen hieraan toe, dat hij, na de vereischte afzwering te hebben gedaan, zich niet langer kon

weehouden, maar met bevende hand uitriep: „E pure si muove” — (En toch beweegt zij zich). Dit op zich zelf onwaarschijnlijk verhaal wijst echter op een geloofwaardig feit, en wel: dat Galilei meer dan eens in botsing is gekomen met de katholieke geestelijkheid, die het stelsel van Ptolemaeus als haar kerkelijk dogma had aangenomen. Evenals Keppler was Galilei een aanhanger der leer van Copernicus en heeft, schoon langs andere wegen, diens triomf in de toekomst krachtig voorbereid. Een zijner voornaamste verdiensten was, dat hij — in het algemeen de natuurkundige stellingen van Aristoteles bestrijdende — vele physische verschijnselen heeft bestudeerd, onder andere de wet van den vrijen val der lichamen, welke Newton tot grondslag zijner ontdekkingen diende.

Juist in het tijdperk der ontwikkeling van Galilei's intellectuëele krachten, had eene uitvinding plaats, die voor de sterrekunde van het hoogste belang, tevens een der merkwaardigste uit alle eeuwen is geweest; — wij bedoelen die der verrekijkers in 1608. De naam van den man, aan wien die eer toekomt, is niet volkomen bekend; men noemt Jakob Metius te Alkmaar, Zacharias Jansen en Johannes

Laprey of Lippershey *) te Middelburg. Zelfs wordt verhaald, dat de eigenlijke uitvinders kinderen waren, die met brillenglazen spelende, toevallig opmerkten dat twee glazen van bepaalde soort, op zekeren afstand van elkaar geplaatst, een verwijderd voorwerp dichterbij brachten; welk feit hen verbaasde en in verrukking bracht. Een feit is zeker: dat de uitvinding der verrekijzers in Holland plaats vond.

Zooals te begrijpen is, waren de eerste kijkers uiterst gebrekkig; maar Galilei, die toevallig van de uitvinding had kennis gekregen, slaagde er in hem eenigermate te verbeteren, en voor astronomische doeleinden geschikt te maken. Hetzij dat hij alleen van zoodanig instrument had gehoord, of wel tevens de inrichting kende — genoeg te zeggen, dat hij zelf in het jaar 1609 een kleinen kijker vervaardigde, die een driemaalige vergrooting toeliet; daarna voerde hij de vergrooting op tot 30 maal.

Met deze instrumenten werden hemelverschijn-

*) Het staat vast, dat Lippershey den 2den October 1608, na toezending van een met kristallen lenzen voorzien verrekijker, van de Generale Staten van Holland een patent voor de vervaardiging van den verrekijker verkreeg. De zoogenaamde Hollandsche verrekijker was dus in ieder geval in den herfst van 1608 uitgevonden en samengesteld.

weershouden, maar met bevende hand uitriep: „E pure si muove” — (En toch beweegt zij zich). Dit op zich zelf onwaarschijnlijk verhaal wijst echter op een geloofwaardig feit, en wel: dat Galilei meer dan eens in botsing is gekomen met de katholieke geestelijkheid, die het stelsel van Ptolemaeus als haar kerkelijk dogma had aangenomen. Evenals Keppler was Galilei een aanhanger der leer van Copernicus en heeft, schoon langs andere wegen, diens triomf in de toekomst krachtig voorbereid. Een zijner voornaamste verdiensten was, dat hij — in het algemeen de natuurkundige stellingen van Aristoteles bestrijdende — vele physische verschijnselen heeft bestudeerd, onder andere de wet van den vrijen val der lichamen, welke Newton tot grondslag zijner ontdekkingen diende.

Juist in het tijdperk der ontwikkeling van Galilei's intellectueele krachten, had eene uitvinding plaats, die voor de sterrekunde van het hoogste belang, tevens een der merkwaardigste uit alle eeuwen is geweest; — wij bedoelen die der verrekijkers in 1608. De naam van den man, aan wien die eer toekomt, is niet volkomen bekend; men noemt Jakob Metius te Alkmaar, Zacharias Jansen en Johannes

Laprey of Lippershey *) te Middelburg. Zelfs wordt verhaald, dat de eigenlijke uitvinders kinderen waren, die met brillenglazen spelende, toevallig opmerkten dat twee glazen van bepaalde soort, op zekeren afstand van elkaar geplaatst, een verwijderd voorwerp dichterbij brachten; welk feit hen verbaasde en in verrukking bracht. Een feit is zeker: dat de uitvinding der verrekijzers in Holland plaats vond.

Zooals te begrijpen is, waren de eerste kijkers uiterst gebrekkig; maar Galilei, die toevallig van de uitvinding had kennis gekregen, slaagde er in hem eenigermate te verbeteren, en voor astronomische doeleinden geschikt te maken. Hetzij dat hij alleen van zoodanig instrument had gehoord, of wel tevens de inrichting kende — genoeg te zeggen, dat hij zelf in het jaar 1609 een kleinen kijker vervaardigde, die een driemaalige vergrooting toeliet; daarna voerde hij de vergrooting op tot 30 maal.

Met deze instrumenten werden hemelverschijn-

*) Het staat vast, dat Lippershey den 2den October 1608, na toezending van een met kristallen lenzen voorzien verrekijker, van de Generale Staten van Holland een patent voor de vervaardiging van den verrekijker verkreeg. De zoogenaamde Hollandsche verrekijker was dus in ieder geval in den herfst van 1608 uitgevonden en samengesteld.

selen van verrassende schoonheid en groote betekenis ontdekt. Men zegt, dat hij geheele nachten door met waarnemingen van Jupiter bezig was. Daar — vóór hem in het veld van den kijker lag een volledig stelsel gelijkvormig met het Zonnestelsel, waarin Copernicus zijne planeten had samengevat — een reusachtige bol, waarom vier *) wachters zich met snelheid heen bewogen. Reeds na enkele nachten kon hij duidelijk bespeuren, hoe de kleine satellieten nu eens tot den centralen bol naderden, dan weer zich van dezen verwijderden; soms achter de hoofdplaneet verdwenen, om daarna weer te voorschijn te treden.

Venus vertoonde zich aan hem in verschillende schijngestalten — phasen geheeten, evenals de maan: nu eens een smalle sikkkel, dan als een halve maan van kleineren omtrek, of eindelijk als een vol verlicht schijfje op zeer verren afstand. In dit feit lag eene volledige bevestiging van het Copernicaansche stelsel. Venus toch wentelde blijkbaar om de zon, achter deze dagster rondlopende, vertoonde zij de aarde hare verlichte zijde; maar kwam zij al meer en meer naderende eindelijk tus-

*) Door Barnard aan de Lick-Sterrewacht in Californië, werd 9 September 1892 een vijfde wachter ontdekt. J. B.

schen zon en aarde te staan, dan was natuurlijk hare donkere zijde naar den waarnemer gekeerd, of vertoonde zij slechts een deel harer verlichte oppervlakte. Daarentegen gaven de buitenplaneten — welke verder dan onze planeet van de zon staan, zulke schijngestalten niet te zien, daar zij bij haren omloop steeds de door de zon verlichte zijde naar de aarde hielden.

Het liet zich gemakkelijk voorstellen, dat als Venus op kleineren afstand van de Zon om de aarde liep, zij haar grootsten glans zou moeten vertoonen ten tijde harer totale verlichting — gelijk eene buitenplaneet; nochtans was die helderheid juist het grootst omstreeks 36 dagen vóór en na het tijdstip van haren doorgang tusschen zon en aarde, als wanneer de verlichte planetenschijf meer dan halverwege van ons afgekeerd, maar de schijnbare middellijn van den helder verlichten sikkel vrij aanzienlijk is. Keert de planeet ons hare geheel verlichte oppervlakte toe, dan is hare middellijn zeer klein en daardoor het oppervlak van het schijffje zevenmaal kleiner dan de zoo even genoemde sikkel; in dat geval bevindt Venus zich blijkbaar aan gere zijde der zon, en is haar afstand tot de aarde het grootst. Door dergelijke niet te loochenen fei-

ten kreeg het stelsel van Ptolemaeus een onvermijdelijken slag.

Op de zon ontdekte Galilei vlekken *), die nu eens ontstonden, dan weer verdwenen, terwijl de maan hem grillig gevormde bergen te zien gaf. Ondanks de groote onvolkomenheid der kijkers, bespeurde Galilei ter zijde van Saturnus zekere aanhangseis, die later uit een drievoudigen ring bleken te bestaan, welke de planeet omgaf. De kijker openbaarde hem ook nieuwe groepen sterren, wier aantal — gelijk thans bekend is — inderdaad moeilijk te schatten is. Het zichtbare heelal verruimde en bevolkte zich op wonderbare wijs. — Toen eenmaal het stelsel van Copernicus zich had gerechtvaardigd, moest ook het vermoeden worden bevestigd aangaande den enormen afstand, welke de

*) De zonnevlekken zijn het eerst door den Oost-Fries Johannes Fabricius gezien. Toen hij, op een Decembermorgen van het jaar 1610, den kort te voren uitgevonden verrekijker wilde bezigen, om naar oneffenheden op den Zonsrand te zoeken, ontdekte hij tot zijne groote verbazing een zwarte vlek, die echter klein in vergelijking met de zonneschijf was.

Terwijl Fabricius reeds met het samenstellen van een werkje over deze ontdekking bezig was, namelijk in Maart 1611, zag ook Prof. Christoffel Scheiner te Ingolstadt, in het bijzijn van zijn leerling Cysat, vlekken op de zon. Eerst later moet Galilei die vlekken hebben opgemerkt; waarbij het zoo goed als zeker is, dat hij de ontdekking van Fabricius kende, ofschoon hij het in eenige strijdschriften tusschen hem en Scheiner wil doen voorkomen, dat hij de zonnevlekken heeft ontdekt.

sterren van ons planetenstelsel scheidde; dat de zon als overwegende massa geheel beheerscht. Zoo niet, dan zou de plaatsverandering onzer aarde zich moeten afspiegelen in eene standverandering van de polen des hemels met betrekking tot de sterren. Met het volste recht had Galilei thans in alle omstandigheden mogen uitroepen: „En toch beweegt zij zich!”

De uitvinding der verrekijkers leidde de astronomie tot de mogelijkheid, met grootere juistheid de plaats der hemellichten te meten. Het is duidelijk, dat als dezelfde hemelruimte dertig-, honderd-, tweehonderdmaal (in onze hedendaagsche instrumenten meer dan duizendmaal) werd vergroot, zeer kleine plaatsveranderingen der hemellichten, welke voorheen onmerkbaar waren, thans waarneembaar konden worden, alsmede gevolgtrekkingen en berekeningen werden afgeleid zóo streng en nauwkeurig als te voren onbereikbaar was.

Men moest natuurlijk de verbeteringen van dit instrument afwachten, welke echter niet lang uitbleven. Reeds had Keppler het oculair uitgevonden (een glaslens, die naar het oog van den waarnemer is gekeerd, als deze in den kijker ziet), dat veel sterker vergrootingen toelaat, dan de Gali-

lei'sche kijkers, welke in constructie geheel overeenkwamen met onze hedendaagsche tooneelkijkers. Het is hier de plaats niet om over de verbeteringen en verdere ontwikkelingsgeschiedenis der kijkers te spreken; het zij voldoende te zeggen, dat die verbetering gestadig toenam, en dit instrument een hoogen trap van volkomenheid heeft bereikt.

Wel waren nu de bewegingsvormen der hemellichten bekend en bestudeerd: ook was men in staat dat onderzoek met grooter nauwkeurigheid te vervolgen — maar de oorzaken dier bewegingen waren onbekend. Waarom bewogen zich de lichamen van ons zonnestelsel langs elliptische banen? Welk oorzakelijk beginsel, welke kracht dreef hen voort? Zoolang geen theorie daar was, welke die bewegingen waar maakte, hare wetten aantoonde, kon het wereldruim zijn geheime raadselen niet ontsluiëren. Was men bezig het eene hemellichaam in zijn loop te volgen, dan lag de mogelijkheid na, dat tezelfder tijd een ander lichaam werd gevonden, welks beweging niet in het minst met die van het eerste overeenstemde, en geheel bijzondere wetten volgde. Ieder verschijnsel eischte aldus noodzakelijk een afzonderlijk onderzoek. Er moest een man van groote beteekenis opstaan, een kolossus in de we-

tenschap, in staat zich een rechten weg te banen door dit doolhof van problemen — en zulk een genie rees voor het oog der menschheid op in den Engelschman Isaac Newton.

Het jaar 1642 stond bij zijn aanvang aan het sterfbed van een zwaar beproefden, levensmoeden, blinden grijsaard, die in zijn strijd voor de ware wetenschap de folteringen der inquisitie niet had gevreesd, en objecten des hemels had ontsloten, welke het menschelijk oog nooit te voren had aanschouwd — het sterfbed van Galilei.

Bij zijn scheiden stond datzelfde jaar aan de wieg van een te vroeg geboren kind, welks moeder zwakke hoop koesterde het in 't leven te houden, maar dat bestemd was het hoogste doel te bereiken, waarnaar de man der wetenschap kan streven — dat kind was Isaac Newton! —

Reeds bij zijne geboorte een wees — want zijn vader was bijna een half jaar vroeger gestorven — zag Newton op Kerstdag van dit jaar te Wools-thorpe — een dorpje in het Graafschap Lincoln in het noorden van Engeland — het levenslicht. Het landgoedje, dat zijne moeder had geërfd, was nauw voldoende om beiden te onderhouden, en weinig scheelde het, of de eerst vrij achterlijke en zwakke

knaap had zijn geheele leven met landbouwarbeid moeten slijten.

Gelukkig had zijn oom echter opgemerkt, dat de jongen veel weetgierigheid en zucht tot nadenken aan den dag legde, en dat hij voor praktische bezigheden totaal ongeschikt was; waarom hij besloot hem eene wetenschappelijke opvoeding te geven.

Zoo zien wij Newton als jongeling van 17 jaren en bijna zonder voorafgaande kennis naar Cambridge gaan. Deels zelfstandig en deels met hulp van leermeesters (waaronder vooral Barrow) maakte hij weldra reusachtige vorderingen in de wetenschappen, en reeds negen jaar later — in 1669, zien wij hem als professor in de wiskunde te Cambridge de plaats van zijn leermeester Barrow innemen.

Hier werd hij spoedig door zijn diepzinnige mathematische studiën bekend. Maar nog kort te voren, in het jaar 1666, toen Newton nog student was, kwam de ernstige jonge man — naar men verhaalt — op eene gedachte, welke zijn naam door alle eeuwen heen onvergetelijk heeft gemaakt. Eens zat hij in den tuin der ouderlijke woning in zijn beschouwingen verdiept, toen plotseling een appel vóór hem van den boom viel. Dit zeer alledaagsche

verschijnsel, waaraan een gewoon sterveling geen verdere waarde zou hechten, trok evenwel de aandacht van den genialen denker. Die gedachte, waarvan Newton alle eer toekomt, was de wet der algemeene aantrekkingskracht — eene der schranderste ontdekkingen van den menschelijken geest.

In het algemeen zijn personen, weinig met den aard van het vraagstuk en de methode bekend, die Newton diende voor het ontdekken van zijne wet dienden eensdeels geneigd die daad te overdrijven, anderdeels voelden zij zich — niet ten onrechte — een weinig teleurgesteld, zoodra zij begripen waarin die bestond. Gezien van het verwijderd standpunt, dat ons thans van Newton en zijn tijd scheidt, is alléén zijn naam met alle voorstellingen en begrippen over aantrekkingskracht verbonden, als ware hij alléén de man, die deze kracht had ontdekt en bewezen. In werkelijkheid was die daad eenvoudiger en de ontdekking eenigszins voorbereid.

Reeds van de oudste tijden af kende men op grond van dagelijksche ervaring, de eigenschap der aarde om alle voorwerpen, welke van hun steunpunt werden beroofd, aan te trekken; gewichten, vallende steenen en dergelijke verschijnselen hadden elk van die waarheid overtuigd.

De oude wijsgeeren Democritus en Epicurus reeds namen de onderstelling aan, dat alle lichamen naar een centrum of middelpunt streven, zoo op de aarde zelf, als op de andere hemellichten. Keppler, wiens onderzoekende geest in zooveel problemen is doorgedrongen, geloofde aan eene onderlinge aantrekkings tusschen zon, aarde en de overige planeten. — Gelijk boven is gezegd, had Galilei de juiste wet gevonden van den vrijen val der lichamen op de aarde; ook hij, benevens Bacon en de sterrekundige Hooke (1635—1703) hadden het bestaan eener kracht erkend, die alle hemellichamen tot elkander trekt. (Zie Appendix).

Onder de mannen, die Newton's groote ontdekking hebben voorbereid, dient vooral de Nederlander Christiaan Huijgens te worden genoemd: een dier zeldzame mannen, welke destijds als het ware elkander opvolgden, of als tijdgenooten wedijverden, om de wetenschap met rassche schreden vooruit te doen gaan. Den 14den April 1629 te 's Gravenhage geboren, ontving Christiaan Huijgens van zijn vader Constantijn, die Heer van Zuñlichem en een zeer ontwikkeld man was, het eerste onderricht in wis- en werktuigkunde; studeerde van af 1645 te Leiden en Breda in de rechten, en deed vervolgens

groote reizen naar Frankrijk, Engeland en Duitschland. — In den Haag teruggekeerd, deed hij spoedig zijne eerste geschriften over de quadratuur van cirkels, ellipsen en hyperbolen het licht zien en verrijkte destijds de wiskunde met een nieuwen tak — de Waarschijnlijkheidsrekening — die later zulke uitgebreide toepassingen heeft gevonden. Zijne werken volgen die van Keppler en Galilei op den voet; maar nog meer dan deze mannen, heeft Huijgens de wetenschap gediend door de groote beteekenis zijner onderzoekingen. De toepassing van den slinger op de uurwerken is een der fraaiste geschenken, waarmede de Astronomie en Geographie werden verrijkt, die hare snelle vorderingen danken aan die vinding, alsmede aan die der verrekijkers, welke Huijgens langs praktischen en theoretischen weg aanmerkelijk verbeterde. Met behulp van uitstekende, door hemzelve vervaardigde objectieven ontdekte hij, dat de zonderlinge vormveranderingen van Saturnus werden voortgebracht door een zeer dunnen ring waardoor die planeet omgeven is. IJverig met deze waarnemingen bezig, ontdekte hij ook een der wachters van genoemde planeet, en heeft daarop een en ander in een werk: *Systema Saturnium* bekend gemaakt. — Wis- en Werktuigkunde, alsmede de

Leer van het Licht zijn aan Huygens een groot aantal ontdekkingen verschuldigd, en zoo deze zeldzame man op de gedachte ware gekomen, om zijne stellingen over de middelpuntvliedende kracht oordeelkundig te verbinden met de wetten van Kepler en zijne eigen schoone onderzoekingen over de ontwondenen (kromme lijnen, in zijn beroemd en klassiek werk „*Horologium oscillatorium*” nader beschreven) — dan zou hij Newton, die aan Huygens werken veel verplicht was, vóór zijn geweest, en hem de theorie der Algemeene Aantrekkingskracht en die der kromlijnige bewegingen hebben ontworpen. — Newton zelf, ofschoon op het gebied der leer van het licht een geheel ander standpunt innemende, dan Huygens, gaf dezen den bijnaam van: de groote en voortreffelijkste navolger der oude wiskundigen, zoowel wat den vorm, als de juistheid en logische kracht zijner vertoogen betrof; en Leibnitz — de groote denker en wijsgeer — die in zijne werken bij herhaling zijn gevoelen over Huygens uitspreekt, noemde hem: „de tweede wiskundige zijner eeuw.”

Dus had men zich al vóór Newton die vraag gesteld, en ook theoretisch eene voorstelling van de gezochte kracht gemaakt. Zijn groote verdienste be-

stond hierin, dat hij aantoonde, hoe zich de hemellichamen juist ingevolge van die kracht bewegen, en dat hij haar strenge wetten heeft gevonden. De methode door hem gebezigd, bestond in het volgende.

Hij stelde zich de vraag, of niet dezelfde kracht, welke den steen naar de aarde doet vallen, ook de maan in hare baan rond de aarde houdt, zonder welke zij zich rechtlijnig van deze in de ruimte zou moeten verwijderen — volgens een wet, welke thans algemeen is bekend, doch waarvan destijds niemand geheel onkundig was?

Tot het oplossen van deze vraag was het noodig te weten, welke kracht er vereischt werd om de maan in haar loopbaan te houden, en daartoe moest Newton in de eerste plaats haar afstand tot het middelpunt der aarde kennen. Reeds lang wist men, dat die afstand onmstreks 60 aardstralen bedroeg (metingen van Hipparchus, Ptolemaeus, maar vooral van Tycho Brahe), doch de grootte dezer eenheid, die uit de lengte van meridiaanbogen der aarde op verschillende breedten moest worden afgeleid, was niet nauwkeurig bekend. Op grond van vroegere metingen, volgens welke één graad van den aardequator eene lengte bezat van 297,250 Pa-

rijsche voeten, voerde Newton zijne berekeningen uit en vond dat de vallende beweging der maan naar de aarde — dat is: hare afwijking van de rechtebaanbeweging, niet overeenstemde met de waarde, welke zij hebben moest volgens de wet der vallende lichamen, als deze door de aarde worden aangetrokken.

— De afwijking was een gevolg van de omstandigheid, dat zoowel de maansafstand als de lengte van den equatorgraad niet juist bekend waren.

Teleurgesteld door dit eerste resultaat, legde Newton het werk ter zijde en hield zich met andere onderzoekingen bezig. Twintig jaar bleef die arbeid onaangeroerd liggen, en wachtte Newton op betere gegevens. Plotseling hoort hij van een nieuwe graadmeting door den Franschman Picard verricht; hij neemt de verbeterde waarde voor den aardstraal over, en zet zich andermaal aan den arbeid. Het nu verkregen resultaat beantwoordde geheel aan zijne verwachtingen, en de maan bleek elke seconde evenveel naar de aarde te „vallen”, als een steen zou doen, welke op een maansafstand van de aarde werd geplaatst.

Hieruit volgde dus dat de kracht, welke onzen satelliet in zijne loopbaan houdt, dezelfde is als die

een steen naar de aarde doet vallen. Maar waarom valt dan de maan ten laatste niet op de aarde neder? Het antwoord op deze vraag is duidelijk. Hoe grooter de kracht is, waarmee wij een projectiel uit den mond van het geschut slingeren, des te verder zal dit voortvliegen en te minder aan de kracht onderworpen zijn, waarmee de aarde het aantrekt. Door die snelheid steeds te vergrooten zou men het zóo ver kunnen brengen, dat de kracht, welke het projectiel belet te vallen, gelijk werd aan de aantrekkingskracht der aarde, of wel deze overtrof. Dan zou de kogel voortdurend in een cirkelvormige baan om de aarde heen loopen, die hem wèl bleef aantrekken, maar nooit kon doen vallen: òf wel eene onbepaalde beweging in de oneindige ruimte volgen, waarop niet meer de aarde, maar de zon haren invloed zou doen gelden. — In zoodanig geval verkeert ook de maan, welke eene altijddurende eigen beweging bezit: eene neiging om zich van de aarde te verwijderen, en die geheel in evenwicht is met de aantrekkende werking van laatstgenoemde.

Het resultaat van zijn onderzoek met betrekking tot de maan ook op de planetenwereld toepassende, vond Newton, dat overal diezelfde kracht werkt; dat alle lichamen van ons stelsel elkander aantrek-

ken met eene kracht des te grooter, naar gelang hunne massa grooter is, en des te kleiner, naarmate hun onderlinge afstand toeneemt; Juister geformuleerd luidt die wet: „*Alle lichamen trekken elkander aan met eene kracht, die rechtstreeks evenredig is aan hunne massa's, en omgekeerd evenredig aan de vierkanten hunner onderlinge afstanden.*” — Daaruit blijkt, dat de hemellichamen zich niet volgens cirkels, maar in het algemeen volgens ellipsen moeten bewegen en werd tevens de juistheid bevestigd der bewegingswetten, die door Keppler waren berekend.

Het verdient intusschen opmerking, dat deze geheimzinnige aantrekkingskracht evenmin verklaard als begrepen wordt; ook zij moet eene oorzaak hebben, die echter tot op heden, niettegenstaande de beschouwingen der scherpzinnigste denkers en wiskundigen (waaronder vooral Laplace) volkomen onbekend is. Na Newton beschouwde men haar als eene „eigenschap der materie,” maar deze woorden zeggen of verklaren niets.

Deze geniale wiskundige kon er zelf niet toe besluiten dergelijke kracht onvoorwaardelijk te erkennen, en heeft alleen gezegd, dat de beweging der planeten juist zóó geschiedt, alsof „de lichamen el-

kander volgens de omschreven wetten aantrekken.”
Of die kracht stoffelijk dan wel onstoffelijk is —
deze vraag heeft hij aan latere geleerden ter beant-
woording gelaten.

V.

HET ZONNESTELSEL IN DE NIEUWERE
STERREKUNDE.

Na Copernicus, Keppler, Galilei en Newton
volgde eene geheele reeks merkwaardige mannen,
die hunne krachten hebben gewijd aan de oplossing
van het groote probleem der samenstelling van het
wereldruim.

De dankbare nakomelingschap zal, onder andere
mannen, met veel bewondering en sympathie ook
de namen der volgende sterrekundigen gedenken:

Uit de 17e eeuw: Gassendi, René Descartes (even
groot wijsgeer als wiskundige), Domenico Cassini,
Christiaan Huygens, Gregory, Flamsteed, Halley.—

Uit de 18de eeuw: Bradley, Dollond, Ramsden,
Clairaut, Leonhard Euler (een man die, ofschoon
blind, in alle vakken der wis- en sterrekundige we-
tenschappen buitengewone diensten heeft bewezen),

D'Alembert, Immanuel Kant (de groote wijsgeer), Bode, Messier, Lalande, Lacaille, William Herschel, Delambre, Lagrange, Laplace —

Uit de 19de eeuw: Gauss (de groote wiskundige, die nieuwe, betere methoden gaf voor het berekenen van planetenbanen); Fraunhofer, Littrow, Bessel, Olbers, Arago, John Herschel, lord Rosse, Bond, Encke, Hansen, Struve (vader en zoon); Mädler, Argelander, Heis, Peters, Kaiser, Leverrier, Airy, Delaunay, De Pontécoulant, Plana, Secchi, Schiaparelli, Foucault en vele andere meer.

Door hunne vereende krachten ging onze kennis van het heelal met reuzenschreden vooruit. Anderdeels hadden de bestendige verbeteringen, welke de instrumenten voor het waarnemen der hemelverschijnselen ondergingen, de mogelijkheid voorbereid tot deze snelle ontwikkeling der astronomische wetenschap.

Voor alles dienen wij te zeggen, dat de afstanden van zon, maan en planeten tot de aarde — vroeger twijfelachtig en gebrekkig bepaald — thans met groote nauwkeurigheid werden gevonden. Voor ongewijden in de geheimen der wiskunde schijnt het onbegrijpelijk, hoe men in staat is de afstanden dier onbereikbare en zoo onmetelijk ver verwijderde he-

mellichamen te berekenen. Intusschen is dit vraagstuk vrij eenvoudig. De eerste de beste landmeter zal u op aarde den afstand uitmeten van een bepaald punt tot een ongenaakbaar voorwerp, dat zich bij voorbeeld aan gene zijde van een uitgestrekt meer of breede rivier bevindt, welke naar wij veronderstellen op het gegeven oogenblik niet kan worden bevaren. Drie lijnen van gelijke lengte, zóó geplaatst, dat elk met hare uiteinden een der uiteinden van de beide andere raakt, vormen eene gesloten figuur — een zoogenaamden gelijkzijdigen driehoek, en het zal geen verdere verklaring behoeven, dat in zulk een figuur ook de hoeken gelijk zijn, waaronder men de helling verstaat van elke zijde op de beide anderen. Het verdient opmerking, dat zoo wij een hoek samenstellen, gelijk aan de som dezer drie hoeken, de zijden van dezen laatsten een volkomen rechte lijn zullen vormen. Zulk een hoek, zegt men, is gelijk aan twee rechte hoeken, en elk van de drie, waaruit hij werd gevormd, bevat aldus het $\frac{2}{3}$ deel van een rechten hoek.

Wilt ge nu den afstand tot het ontoegankelijk voorwerp meten, dan is het niet noodig er heen te gaan. Van het punt, waar gij u bevindt, neemt gij eenvoudig de richting tot het bedoelde voorwerp,

meet op deze richting met een graadboog het tweede gedeelte van een rechten hoek (een zoogenaamden hoek van 60 graden), en volgt die tweede richting — de tweede zijde dus van den door u gevormden hoek — tot gij een punt bereikt, van waar de richting tot het voorwerp andermaal een hoek van 60 graden met den door u gevolgden weg maakt. Meet thans dezen laatsten, en gij hebt den gezochten afstand tot het voorwerp.

Intusschen behoeft gij zoover niet te gaan. In elken driehoek is de som der hoeken gelijk aan twee rechte. Als gij nu eene rechte lijn van bepaalde lengte als basis aanneemt en de hoeken meet, welke deze lijn vormt met de richtingen van af haar uiteinden naar het voorwerp getrokken, dan geeft een eenvoudige berekening u de lengten der beide andere zijden (of richtingen) van den zoo gevormden driehoek — derhalve de gezochte afstanden. De ongenaakbaarheid van een punt levert dus in 't minst geen bezwaar voor de afstandsbeplating. Deze eigenschappen van den driehoek, ons door de wiskunde verklaard, liggen ook ten grondslag aan alle wiskunstige berekeningen. Altijd kiest men eene bepaalde lijn als basis, meet in de eindpunten de hoeken, welke zij vormt met de richtingen naar het

voorwerp, en — hetzij die hoeken groot of klein zijn — het zal niet moeilijk vallen alle lijnen en grootheden van den zoo gevormden driehoek te bepalen.

Laat ons opmerken, dat metingen naar deze methode uitgevoerd meer betrouwbaar zijn dan die, welke door de eene of andere praktische methode van directe meting op het terrein worden verricht. Gesteld, gij moet met behulp van een ketting langs den weg den afstand van Petersburg tot eene andere stad bepalen. Hoe juist ook, kan die ketting toch in enkele millimeters onnauwkeurig zijn, wat over kleine afstanden niet schaadt; doch over groote afstanden zullen zich die kleine grootheden tot fouten van tien- en honderdtallen van meters ophoo- pen. Maar de lijn rechtstreeks bepaald, zal u grooter zekerheid verschaffen en derhalve, hoe vreemd het ook schijne, leiden de sterrekundige metingen tot veel nauwkeuriger cijfers dan de gewone metingen op den aardbol. Bijzondere storende invloeden buiten rekening gelaten, is bij voorbeeld de afstand der zon tot de aarde met grooter juistheid bekend, dan de wegafstand van Moskou tot Petersburg.

Eenmaal den afstand van het voorwerp kennende, is het niet moeilijk daaruit tot zijn grootte te be-

sluiten; men behoeft slechts den hoek te meten, dien een zijner middellijnen onderspant, of zooals men zegt zijn „angulaire grootte” te bepalen; andermaal vormt zich dan een driehoek met de vereischte gegevens voor zijne oplossing. Het is wel duidelijk, dat de door ons aangehaalde voorbeelden tot het gebied der grove metingsmethoden behooren; bij de verbetering harer instrumenten vond de astronomie meer doeltreffende, bijzonder nauwkeurige hulpmiddelen voor het verrichten van hare metingen, waarover wij hier natuurlijk niet verder kunnen spreken.

De onderzoekingen, welke op die wijs gedurende de laatste twee eeuwen zijn verricht, hebben aan ons zonnestelsel enorme afmetingen gegeven, waarvan de oude volken, en daarna de Europeanen tot in de 17de eeuw geenerlei voorstelling hadden. Zie hier in het kort eene schets van het gebied, waarin onze aarde zulk een bescheiden plaats inneemt.

De zon, welke het middelpunt van het stelsel inneemt, vertoont zich als een kolossale vuurbol, op een afstand van omstreeks $148\frac{1}{2}$ millioen kilometers. Haar afmetingen zijn zóó groot, dat ongeveer 1,280,000 aardgloben noodig zouden zijn, om een bol gelijk de zon te vormen. De lijn, uit haar mid-

delpunt naar de oppervlakte getrokken — of halve diameter — heeft een lengte van $108\frac{1}{2}$ aardstraal, of wel 692,000 kilometers. Ofschoon de zon, gelijk gezegd, onze aarde bijna 1,300,000 maal in grootte overtreft, heeft zij — een gevolg harer mindere dichtheid — slechts het gewicht van 310,000 aardgloben.

Aan haar oppervlakte worden menigvuldige en geweldige storingen, of atmosferische stormen waargenomen, en vormen zich zoogenaamde vlekken en fakkels, waarvan de beteekenis, zoomin als het ontstaan tot heden niet voldoende is opgehelderd. Alle stoffen op de zon blijken in een gloeienden, of liever, gloeiend-vloeibaren staat te verkeerren; het ijzer, bij voorbeeld, is daar, onder hooge temperatuur, even vloeibaar als water. Bij zonsverduisteringen, als de donkere maanschijf de zon bijna geheel bedekt, worden aan den zonsrand geweldige, vlamme uitbarstingen waargenomen (protuberanten genaamd), die voornamelijk uit waterstofgas bestaan, met groote snelheid verschijnen, van vorm veranderen en soms een hoogte van 300,000 kilometer of meer bereiken, zoodat onze geheele aarde als een kleine bol in zulk een vlamme gasmassa zou verdwijnen.

Deze ontzagwekkende vuurbol — welks temperatuur ongetwijfeld zeer hoog moet zijn, maar thans nog verre van bekend is (men heeft die geschat op 2500^0 — $10,000^0$ Celsius) — wentelt, evenals de aarde om zijn as en volbrengt die asomwenteling in den tijd van 25 tot 27 dagen. Tijdens eene verduistering wordt rondom het oppervlak der zon een krans van zilverachtig licht waargenomen, welks zacht stralingsen, eerst helder, dan zwakker, zich ten laatste onmerkbaar in de ruimte verliezen. Deze grillig gevormde lichtkrans — corona geheeten — treft door zijne buitengewone schoonheid, maar is tot nu toe volstrekt onverklaard gebleven.

Men heeft reden om te onderstellen, dat de aarde niet geheel vrij is van de verschijnselen, welke op de zon plaats hebben, maar zekere invloeden daarvan ondervindt. Zoo is onder anderen opgemerkt, dat het voorkomen van vlekken en protuberanzen op de zon, samengaat met het meer of minder herhaald voorkomen van ons Pool- of Noorderlicht. De zonnevlekken zijn aan eene zekere periode onderworpen; in den loop van circa 11 jaar verschijnen zij gaandeweg menigvuldiger, terwijl ook haar aantal groter wordt; daarop beginnen zij in omgekeerde orde te verminderen en worden steeds zeld-

zamer, om echter bij het intreden eener nieuwe elfjarige periode andermaal toe te nemen. Eene dergelijke toe- en afname, samenvallende met het grooter of kleiner getal zonnevlekken, is ook ten opzichte van ons Noorderlicht geconstateerd.

Moeielijk kan men zich eene duidelijke voorstelling maken van de beteekenis der reusachtige getallen, waarvan boven melding was. Doch een enkel voorbeeld van het toepassen der afstanden en snelheden, ons op aarde bekend, op den afstand der zon, kan eenigszins een denkbeeld van de zaak geven. Stellen wij ons een weg voor, die de aarde met de zon verbindt, en daarbij een spoortrein, welke met eene snelheid van 60 kilometer in het uur de aarde verlaat, en zóó onafgebroken blijft doorrijden; dan zou die trein eerst na 284 jaren de zon kunnen bereiken. Hoe onbeduidend steekt hierbij de voorstelling der oude volken af, als zou de valruimte, welke het aanbeeld van Vulkaan in 18 dagen doorliep, de uitgestrektheid van het heelal uitdrukken.

Ons van de zon verwijderende, ontmoeten wij eerst de kleinere der groote planeten, welke aan de machtige aantrekking van het centraallichaam zijn onderworpen. De naastbijzijnde — van de zon ge-

rekend, heet Mercurius, die zijn omloop in 88 van onze dagen volbrengt. Zijn afstand tot de zon meet omsreeks 57,500.000 kilometers, of $\frac{39}{100}$ deel van den afstand onzer aarde tot de zon. Deze planeet, de kleinste der acht groote planeten, heeft eene middellijn van 4750 kilometer, terwijl hare massa $\frac{1}{5,310,000}$ van de zonsmassa, of $\frac{6}{100}$ van die der aarde bedraagt. Omtrent Mercurius weet de sterrekunde weinig met zekerheid mee te deelen. Men heeft vermoed, dat hij zich in 24 uur om eene as wentelt, zooals de aarde, maar dit is nog twijfelachtig. Het is ook zeer moeielijk zijne massa te bepalen, daar hij geen satelliet heeft, en de waarden, door verschillende geleerden (Laplace, Encke, Leverrier en anderen) verkregen, wisselen af van $\frac{1}{9}$ tot $\frac{1}{15}$ deel der aardmassa. Eene der laatste bepalingen (en mogelijk de beste, ofschoon zij de grootste waarde aangeeft), is die van Backlund, door middel van de stortingen der komeet van Encke. Deze stelt de massa van Mercurius = $\frac{1}{8}$ deel der aardmassa.

Na Mercurius, op een zonafstand van circa 107.000.000 kilometers, beweegt zich Venus — onze schoone morgen- en avondster. In hare afmetingen komt zij onze aarde zeer nabij, maar is minder dicht en daarom lichter dan deze laatste. Die massa be-

draagt $\frac{7}{10}$, uitgedrukt in deelen der aardmassa. Ook hier heeft men langen tijd gemeend eene aswenteling in 24 uur te mogen constateeren, wat nog nadere bevestiging vereischt.

Onze aardbol, zooals boven is gezegd, bevindt zich op een gemiddelden afstand, gelijk 148.500.000 kilometers van de zon, en is de vijfde in rang onder de acht groote planeten. Haar middellijn heeft eene lengte van 12.700 kilometer. Van onze planeet alleen kunen wij met zekerheid zeggen, dat zij in 23 uur, 56 minuten om eene as wentelt. De gewone dag telt 24 uur — dus circa 4 minuten langer. Dit verschil verklaart zich aldus:

In het dagelijksch leven zijn wij genoodzaakt onzen tijd of dag te regelen naar den stand der zon. Onder „dag van 24 uur” verstaan wij den tijd, dien de zon gemiddeld noodig heeft, om tot den meridiaan onzer woonplaats terug te keeren; of juister gezegd — den tijd, dien deze meridiaan, de aswenteling onzer aarde volgende, behoeft, om weer door het middelpunt der zonneshijf te gaan. Zulk een „gewone of middelbare” dag zou juist gelijk zijn aan den duur eener aswenteling onzer aarde — ook sterredag geheeten — als onze zon onbewegelijk aan den hemel stond. Immers, dan zou zij tegelijk met

de ster, waarmede zij heden op onzen meridiaan staat, na de aswenteling der aarde tot dien meridiaan terugkeeren. Wij weten echter, dat de zon zich gedurende die aswenteling schijnbaar (als een gevolg van de beweging der aarde in hare baan) verplaatst: en wel omstreeks één graad ten oosten van het punt staat, waar zij 23 uur, 56 min. vroeger stond; de aarde moet dan nog circa 4 minuten doorwentelen, alvorens de meridiaan dit hoekverschil van één graad heeft doorloopen en de zon bereikt.

Die geweldige baan rondom de zon doorloopt onze planeet in een jaar tijds of 365 dagen, 6 uren, 9 minuten, 11 seconden — met eene snelheid van circa $29\frac{1}{2}$ kilometer per seconde, 1770 per minuut. en ruim 106.000 kilometers in het uur. Ziedaar de onbewegelijkheid der aarde, zooals de oude volken wilden beweren. De kleinere planeten Mercurius en Venus echter, doorloopen hare banen met nog grootere snelheden.

De eerste „buitenplaneet” — dus eene, die verder dan de aarde van de zon staat — heet Mars. Wellicht rijst bij u het vermoeden, dat deze onze aarde in grootte overtreft; maar volgens een zonderling spel van het toeval, is zij aanmerkelijk kleiner dan de aarde. Har middellijn is $\frac{53}{100}$ van die der aarde,

of circa 67.200 kilometers. Onder alle planeten, is deze ons het best bekend. Haar afstand tot de zon bedraagt 1.52 maal den afstand onzer eigen planeet, overeenkomende met circa 225.500.000 kilometers, en als zij met de aarde aan dezelfde zijde der zon staat, kan zij ons zeer nabij komen — op afstanden, die wisselen tusschen 56.8 en 97.6 millioen kilometer. Voor ons begrip zijn deze laatsten nog enorm groot; doch met behulp onzer krachtige astronomische kijkers, zijn wij er in geslaagd donkere en lichte plekken, die min of meer bestendig zijn, op de planeet waar te nemen, alsmede aan de polen, heldere lichte kringen, welke nu eens toe-, dan weer afnemen, naar gelang zij aan de werking der zonnestralen zijn blootgesteld; met andere woorden, naar gelang de zomer of winter voor die poolstreken van Mars is aangebroken.

Er zijn onwederlegbare bewijzen, dat de planeet door een dampkring of luchthulsel is omgeven, ofschoon het moeielijk is uit te maken, dat deze aan den onzen gelijk is. Al die omstandigheden hebben tot de onderstelling geleid, dat Mars in zijne ontwikkelingsgeschiedenis als planeet, met de aarde overeenstemt. De opvolgend kleinere of grooter wordende heldere, witte vlekken aan de Marspolen,

vinden haar onmiddellijke verklaring in het bestaan van ijs- en sneeuwvelden, welke 's winters aangroeien, en 's zomers gedeeltelijk wegsmelten. Is dit het geval, dan moet zich op Mars water, of een dergelijke vloeistof in bevroren toestand bevinden. Ook lag het vermoeden voor de hand, dat de donkere vlekken, welke deze planeet vertoont, zeeën waren; de lichte daarentegen — vastland, waarschijnlijk zandsteppen, en op grond van dergelijke voorstellingen heeft men zelfs zeer bruikbare Marskaarten daargesteld. Doch men deed meer. De wijsche verbeelding van enkele sterrenkundigen heeft deze planeet ook met denkende wezens bevolkt, veel hooger ontwikkeld, dan de schuldige kinderen onzer moederaarde, die oorlog voeren of het bloed huns naasten storten, en alléén het stof-felijk eigenbelang tot levensdoel kiezen.

Eenmaal op dien weg, zijn zelfs plannen be-raamd om zich door lichtseinen met de Marsbewo-ners in betrekking te stellen, en te nauwnood had iemand den moed om te zeggen, dat dit alles maar ijdele droombeelden waren. In ieder geval, als onze naaste verwante in het uitgestrekte zonnestelsel, boezemt deze planeet den sterrenkundigen veel be-lang in, en wanneer haar bloedroode schijf aan

onzen oostelijken hemel verschijnt, is men op vele sterrenwachten ijverig bezig zoowel hare oppervlakte als haar stand ten opzichte van de naburige sterren waar te nemen. Die gunstige standen van Mars ten opzichte van onze aarde — opposities geheeten — herhalen zich ongeveer om de 780 dagen, omdat de planeet in deze periode — de Synodische genoemd — tot een zelfden stand met betrekking tot de zon wederkeert.

Zeer nauwkeurige metingen van onzen landgenoot Prof. F. Kaiser, alsmede van den verdienstelijken astronoom R. A. Proctor hebben den omlooptijd dezer planeet om haar eigen as in circa 24 uur 37 min. vastgesteld.

Nog niet lang geleden (Aug. 1877), heeft Prof. Hall twee zeer kleine satellieten van Mars ontdekt, welke de namen Phobos (Vrees), en Deimos (Schrik) voeren, en zich met groote snelheid om de hoofdplaneet bewegen. Eerstgenoemde volbrengt dien omloop in 7 uur 39 min., en daar deze beweging aanzienlijk sneller is dan de aswenteling van Mars, schijnt deze satelliet voor den Marsbewoner in het westen op-, en in het oosten onder te gaan. De tweede satelliet heeft iets langer voor zijn omloop noodig — ongeveer 1 dag en 6 uren.

Wij zijn met opzet den wachter onzer aarde — de maan met haar phantastisch licht, voorbijgegaan, om dezen eerst na de planeet Mars te bespreken. Terwijl deze laatste velerlei teekens van leven geeft, en het denkbeeld doet ontstaan van eene „menschenwereld op Mars”, biedt ons de maan een tafereel van dood en onbezieldheid. Hare nabijheid tot onze aarde is zóo groot, dat de oppervlakten der beide lichamen elkander soms tot een afstand van 345.000 kilometer naderen; de maan zou ons dus haar geheimen niet kunnen verbergen, indien wij de geheele oppervlakte te zien kregen; doch door een merkwaardig verband tusschen haar omlooptijd rond de aarde en dien van haar aswenteling, zien wij weinig meer dan de helft harer oppervlakte.

Hare bergen zijn niet alleen beschreven, maar ook reeds lang gemeten; nochtans zoeken wij op onzen satelliet vruchteloos naar eenig bewijs van leven, zooals wij dit op onze aarde kennen. Geen spoor van lucht, noch van water biedt hij ons aan; overal naakte en dorre gesteenten of vormingen, welke daarmede overeenkomen. Wegens het gemis aan een dampkring, die de warmte afweert, wordt de maan, gedurende haar langen dag — die circa twee weken duurt — zeer sterk aan hare opper-

vlakke door de zon verwarmd; en in den daaropvolgenden veertiendaagschen nacht door de uitstraling buitengewoon afgekoeld. De aldaar heerschende nachtelijke koude wordt op weinig minder dan 200° geschat.

Die wereld, zóo nabij de onze en door het lot aan deze verbonden biedt het oog niets dan troosteloze stilte en verlatenheid aan. De afmetingen der maan, welke ons door hare nabijheid even groot als de zon toeschijnt, zijn in werkelijkheid niet groot. Er zijn 49 manen noodig, om één aardbol samen te stellen; haar middellijn heeft eene lengte van 3450 kilometer, terwijl hare massa $\frac{1}{80}$ der aardmassa bedraagt.

De afstanden der planeten tot de zon wijzen op eene meer of min regelmatige volgorde; zelfs hebben de sterrenkundigen daarin eene wet meenen te ontdekken, (de Wet van Bode of Titius genoemd). Volgens die wet lag, circa 100 jaar geleden, tusschen de banen van Mars en Jupiter een reusachtige, ledige ruimte, waarin zich eigenlijk eene planeet moest bevinden. Hoe groot was nu de algemeene verbazing, toen op 1 Januari 1801, de Italiaansche sterrenkundige Piazzi daar ter plaatse eene, ofschoon betrekkelijk kleine planeet ontdekte.

Het volgend jaar ontdekte Dr. Olbers een tweede, welke zich in dezelfde ruimte bewoog; de derde werd gevonden in het jaar 1804 door Harding in Lilienthal, terwijl eindelijk in 1807 dezelfde Olbers de vierde dezer kleine planeten opspoorde. Zij kregen naar volgorde de namen van Ceres, Pallas, Juno en Vesta.

Olbers uitte daarop de zoo vermaarde meening, dat binnen deze ruimte eene groote planeet had bestaan, die ingevolge de eene of andere botsing of hevige werking van inwendige vulkanische krachten, was vergaan en tot kleine stukken uiteengeslagen, en daarom waarschijnlijk meerdere van die kleine lichamen zouden gevonden worden.

De eerste hypothese — hoe aannemelijk ook — werd niet bewaarheid, en is thans geheel verlaten; maar het bestaan van eene menigte andere kleine planeten — of gelijk zij ook genoemd worden „asteroïden” werd later ten volle bevestigd. In het jaar 1845 — dus na eene tusschenruimte van 38 jaren — ontdekte Hencke, die de astronomie uit liefhebberij beoefende — Astraea; en sinds dien tijd werden bijna jaarlijks (soms twintig) van die lichamen ontdekt. Nu telt men reeds 433 telescopische planeten, welke allen verspreid zijn over de enorme ruimte

tusschen Mars en Jupiter, en daar met wisselende snelheden hare banen doorloopen.

Eene merkwaardige bijzonderheid levert hare grootte op. Naar alle waarschijnlijkheid, zijn vele harer zóó nietig, dat de geheele oppervlakte van zulk een asteroïde nog niet de ruimte evenaart, welke op aarde door een onzer groote steden — als Londen of Parijs, wordt ingenomen. Hoe klein moeten de levende wezens — als die er wonen — wel zijn! Maar ijdel zou het overigens wezen, als de mensch zich op zijn grootte verhoovaardigde; fysiek en lichamelijk een onbeduidende verschijning op onze eigen planeet, vormen wij met deze, ja zelfs het geheele zonnestelsel een groep, die in de wereld van sterren om ons heen, als verloren is!

Op de kleine planeten volgt Jupiter — de reus onder alle trawanten der zon, waarom hij op een afstand van circa 772.000.000 kilometers, in 11 jaar en 10 maanden zijne loopbaan beschrijft. Deze pla-bezat tot vóór korten tijd vier wachters: Io, Europa, neet, met eene massa gelijk $\frac{1}{1017}$ deel der zonsmassa, Ganymedes en Callisto geheeten. Deze satellieten hebben eene snelle beweging om de hoofdplaneet.

Jupiter overtreft de aarde 1279 maal in grootte, en 309 maal in gewicht. Zelfs zijne satellieten zijn

zoo groot, dat de kleinste — Europa genaamd — onze maan evenaart, terwijl de grootste — Gany-medes — de planeet Mercurius in grootte overtreft.

De waarnemingen op deze planeet verricht, hebben niet veel aanwijzing verschaft omtrent het bestaan van levensvormen aldaar. Eenige donkere banden of gordels, welke het equatoriale gedeelte van Jupiter bedekken, benevens eenige vlekken, waarin kleursveranderingen zijn waargenomen, is al wat het uitwendig voorkomen der planeet ons biedt. Bij sterke vergrooting vertoont haar schijf veelkleurige tinten. Er is eenige grond voor het vermoeden, dat Jupiter in zijn tegenwoordig bestaan een toestand doorloopt, welke eene verre overeenkomst heeft met dien der zon; dat hij nog geenszins is afgekoeld en eene halfvloeibare massa vormt.

Op 9 September 1892, ontdekte de sterrenkundige Barnard met den reuzenkijker aan de Lick-sterrenwacht, welke op den berg Hamilton in Californië is opgericht — nabij Jupiter een vijfden wachter, die zeer klein is en zich op vrij korten afstand van de planeet met snelheid voortbeweegt. Deze schijnlijke beweging is een gevolg der groote aantrekkingskracht van Jupiter; zelfs de grootere satellie-

ten doorloopen hunne banen met verbazende snelheden. Van dezen nieuw ontdeekten wachter bedraagt de omloopstijd 11 uur, 57 min.; van Io 42 uur, 27 min., terwijl de laatste wachter Callisto, op een afstand van 1.870.000 kilom., daartoe 16 dagen en 16 uren noodig heeft. Jupiter zelf wentelt om zijn eigen as in den korten tijd van 10 uren.

Saturnus — de grenspost van ons zonnestelsel niet alleen naar de begrippen der ouden, maar zelfs nog tot op het einde der vorige eeuw — doorloopt zijn baan op den geweldigen afstand van circa 1417.500.000 kilometers. Indien een trein van de aarde naar de zon — gelijk boven is gezegd — in 284 jaar die reis volbrengt, zou hij omtrent 2700 jaar noodig hebben, om van Saturnus uit de zon te bereiken.

Rondom deze planeet strekt zich een merkwaardige, breede en vlakke ring uit, welke in groote instrumenten gezien, uit drie anderen ringen blijkt te bestaan; maar behalve dezen wordt de planeet op hare betrekkelijk langzame reis rond de zon in circa $29\frac{1}{2}$ jaar, nog door acht manen of wachters vergezeld. Saturnus is niet zoo groot als Jupiter, maar ook zonder den ring, overtreft zijn middellijn nog $9\frac{1}{3}$ maal die der aarde; gelijkstaande met circa

117.0000 kilometers ; terwijl zijn gewicht of massa gelijk is aan 95 maal de massa onzer eigen planeet. Omstreeks 718 aardgloben zijn noodig om één bol gelijk Saturnus daar te stellen.

Maar behalve deze overstelpende getallen weet de sterrenkunde bijna niets omtrent Saturnus en het planeetleven zijner oppervlakte. Zelfs is het onbekend, wat eigenlijk die ring is ; alleen weet men, dat zoo deze een vast lichaam vormde, hij reeds lang onder den invloed der aantrekkende en storende krachten van Saturnus en de acht satellieten zou zijn verbroken en op de planeet neergestort. In de oudheid en gedurende de middeleeuwen, beschouwde men Saturnus als een boosaardige planeet, welke het menschedom met rampen en onheilen bedreigde ; zij is echter ver genoeg van ons verwijderd, om zelfs in den zin eener storende werking niet dan een zeer onbeteekenenden invloed op de planeet onzer inwoning uit te oefenen.

Saturnus kon zich aan de grenzen van ons stelsel niet handhaven. Den 13den Maart 1781 ontdekte William Herschel — aanvankelijk hobist bij de kapel van een Hannoversch regiment, maar die zich na zijn vestiging in Engeland als organist en muziekonderwijzer, later geheel aan de sterrenkunde

wijdde en als zoodanig een wereldberoemden naam heeft verworven — bij het waarnemen van den hemel eene kleine ster in het sterrenbeeld „De Tweelingen”, welke daar te voren niet stond. Nog denzelfden avond kon hij zich overtuigen, dat haar schijnbare middellijn bij sterker vergrooiting toenam en tevens haar plaats met betrekking tot de aangrenzende sterren veranderde. Het was dus geen vaste ster, maar een dwaalster of vermoedelijk eene komeet.

Aanvankelijk hield men het ontdekte hemellicht voor eene komeet, omdat het menschedom zich niet kon voorstellen, dat ons zonnestelsel méer planeten dan de vijf oude bekende bevatte. Maar spoedig werd men overtuigd, dat Herschel inderdaad een nieuwe planeet had ontdekt. Zij beweegt zich op enormen afstand van de zon en wel omstreeks 2860.000.000 kilometers. In grootte staat Uranus aanzienlijk bij Jupiter en Saturnus ten achter, daar zijn middellijn 51.000 kilometers bedraagt en zijne massa met slechts $14\frac{1}{2}$ maal die der aarde overtreft. Uranus bezit vier satellieten en volbrengt met deze in 84 jaar zijn omloop rond de zon.

Doch hiermede ontbreken nadere gegevens omtrent deze planeet. Wel kan men onder gunstige

omstandigheden, als Uranus ons tot op 2560.000.000 kilometers is genaderd, een blauwgroene tint alsmede een reeks zeer zwakke strepen op zijn schijf ontdekken; toch zal het zeer moeielijk vallen daaruit zijn fysieke gesteldheid te leeren kennen en zodoende over de levensvoorwaarden op deze planeet te oordeelen.

Ruim een halve eeuw was voorbijgegaan, toen Uranus op zijn beurt had opgehouden de laatste dwaalster van ons zonnestelsel te vormen, want de beroemde fransche wiskundige Leverrier wees de plaats aan, waar zich nog buiten Uranus, andermaal eene planeet moest bevinden. Merkwaardig mag het heeten, dat Leverrier de plaats van dit hemellicht niet vond door waarneming met zijn instrumenten, maar uitsluitend met behulp van strenge mathematische onderzoekingen en uitvoerige berekeningen. Hoe groot de invloed der zon op het geheele stelsel ook zij, trekken nochtans ook de planeten elkander aan, zoodat wederkeerig afwijkingen van de regelmatige loopbanen of planetaische storingen ontstaan — gelijk men zich in de sterrenkunde uitdrukt.

Van zoodanige storingen heeft ook Leverrier zich bediend. In de bewegingen van Uranus waren on-

regelmatigheden ontdekt, welke met de berekeningen in strijd waren; anders gezegd: de plaatsen, die Uranus werkelijk aan den hemel innam, weken af van die, welke zij volgens de berekende planeet-tafels moest innemen. Leverrier vermoedde, dat die ongelijkheden het gevolg waren van invloeden eener nog onbekende, verwijderde planeet, en hij stelde zich de vraag, wáar zich de laatste moest bevinden, om zulke storingen te weeg te brengen. Dit zeer moeilijke vraagstuk, waartoe groote wiskundige kennis wordt vereischt, heeft hij opgelost. De plaats gevonden hebbende, deed hij zelf aan den hemel geen onderzoek naar het onbekende hemellicht, maar schreef aan den sterrekundige Galle te Berlijn, hem uitnoodigende met zijn kijker dat gedeelte van den hemel te onderzoeken, waar de planeet zich volgens de theorie moest bevinden.

Op 23 September 1846 ontving Galle dit schrijven, vergeleek nog denzelfden avond zijn sterrekaarten met het door Leverrier aangeduide deel des hemels — en vond inderdaad de bewuste planeet in de nabijheid eener ster, welke den naam: „van den Steenbok draagt, en door deze gebeurtenis een zekere beteekenis verwierf.

Ofschoon aan Leverrier alle eer toekomt van deze

ontdekking, welk een treffend bewijs leverde van de macht der hoogere wiskunde, moeten wij opmerken, dat diezelfde berekening — zelfs eenigen tijd te voren en geheel onafhankelijk van de eerstgenoemde — door den Engelschman John Adams was verricht. Deze stelde reeds in September 1845 het resultaat zijner berekeningen aan Challis in Cambridge ter hand, die zooals later bleek, de planeet reeds op 4 en 12 Augustus 1846 moet hebben waargenomen, maar bij gebrek aan goede sterrenkaarten van dit gedeelte des hemels niet terstond als dwaalster heeft herkend.

Neptunus bevindt zich op circa 4450.000.000 kilometers van de zon — een afstand, welke het bijna onmogelijk maakt andere waarnemingen op de planeet te doen, dan die onmiddellijk op plaats en beweging betrekking hebben. Hij volbrengt zijn omloop in ruim 164 jaar. Bij eene middellijn van circa 55000 kilometers overtreft hij de aarde 85—90 maal in grootte, en ongeveer 18 maal in massa. Men heeft ook een wachter bij Neptunus gezien; of er nog meerdere, maar dan kleinere bestaan, kon tot heden wegens den grooten afstand niet worden bevestigd. Met het bloote oog is het volstrekt onmogelijk de

planeet te zien, en vertoont zij zich in den kijker als eene ster van de 9de grootte.

Na deze korte schets over de planeten, willen wij met een enkel woord vermelden, dat ons zonnestelsel nog een aantal staartsterren of kometen bevat — eigenaardige lichamen, die bij hunne nadering tot de zon soms zeer lange, waaivormige staarten ontwikkelen, maar op verre afstanden van dit centraallichaam het voorkomen hebben van zwak lichtende wolkjes, wier helderheid naar het middelpunt toeneemt. Haar gewicht moet uiterst gering zijn en ook in dichtheid staan zij bij de ons op aarde bekende dampen ten achter.

Wat zij eigenlijk zijn is nog niet voldoende bekend; waarschijnlijk verdichtingen van die fijne, bijna onweegbare zelfstandigheid, welke onder den naam van „wereldether” het gansche heelal vervult en als middenstof dient voor het overbrengen van zulke trillingen, welke wij „licht” noemen. Wellicht moeten alle kometen als tijdelijke bewoners van ons stelsel worden aangezien en vormen zij die kosmische wolken, welke van elders uit het heelal gekomen, binnen het aantrekkingsgebied onzer zon geraken — om, na eenige malen haar loop om deze

laatste te hebben volbracht, onder den invloed van onvermijdelijke planetarische aantrekkingen of storingen hare banen te veranderen en in de oneindige ruimte terug te keeren.

De waarnemingen hebben geleerd dat zij op haren weg eene gedeeltelijke oplossing ondergaan, stofdeeltjes achterlatend, welke, als de aarde hunne banen kruist, in onzen dampkring vallen. De weerstand, dien zulke overigens donkere lichamen bij hun snelle beweging door onze luchtlagen ontmoeten, is zóo groot, dat zij beginnen te gloeien — en aldus zichtbaar geworden het verschijnsel der zoo-genaamde „vallende sterren” teweegbrengen. Deze laatsten hebben dus blijkbaar niets gemeens met de eigenlijke vaste sterren, waarvan wij thans het een en ander zullen meedeelen.

VI.

HET ONBEGRENSDE GEBIED DER STERREN.

Toen eenmaal de menschelijke geest de afmetingen van het zonnestelsel had leeren kennen, overschreed hij alras deze grenzen en wendde ook zijn krachten aan op het meten van de afstanden der

vaste sterren. Tot een der zijden van den driehoek, welke ook hier onmisbaar was, koos hij de lange lijn, die de aarde met de zon verbindt en waarvan de grootte als vrij goed bekend kon geacht worden. Voor enkele sterren is die poging gelukt; voor andere bleek de genoemde zijde — ondanks de enorme lengte van circa 148.500.000 kilometers — veel te nietig om een driehoek te vormen, waarvan de andere zijden (de gezochte afstanden) zelfs bij benadering konden bepaald worden.

In het zuidelijk halfrond des hemels bespeurt men in het sterrenbeeld „Centaurus” een heldere ster, die tot de eersten behoort, waarop zulke metingen zijn verricht. De ondervinding heeft geleerd, dat deze ster — Centauri geheeten — zich dichter dan anderen bij ons zonnestelsel bevindt; maar ook deze afstand wordt in eene lange rij van cijfers uitgedrukt, die als nietszeggend ver buiten het bereik van ons voorstellingsvermogen liggen. Andere sterren bleken nog veel verder van ons te staan. Indien onze zon op den gemiddelden astand der heldere sterren — bij voorbeeld op dien van „Vega” in het sterrenbeeld „De Lier” — zich bevond, zou zij zich aan ons voordoen als een zwakke en onaanzienlijke ster, die nog wel met het bloote oog zou kunnen

worden waargenomen, maar zich overigens door niets van de andere sterren zou onderscheiden.

Om zich eenigszins een begrip te vormen van de betrekkelijke afmetingen der lichamen van ons zonnestelsel, van hun afstanden onderling en tot de naaste vaste sterren, zullen wij trachten daarvan op zeer kleine schaal eene schets te geven. Denken wij ons een uitgestrekt veld, waarop een zeer kleine bol van 5 millim. middellijn (dus ter grootte van een erwt) is geplaatst; laat deze erwt onze aarde voorstellen. Naar dien maatstaf wordt het schema voor het zonnestelsel aldus:

(Schaal: Middellijn der Aarde = 5 millim.)

	Middel. Bol m.m	Middellijn d. Loopbanen meters.	mM.
Zon als een bol van 543 mm. middellijn..	543 00		
Mercurius, als een zaadkorrel.....	1.86	45	06
Venus, als een erwt.....	4.99	84	16
Aarde, als een erwt.....	5.00	116	40
Mars, als een groote speldekop.....	2 64	177	30
Asteroiden, als zandkorrels.....	{	247	90
Jupiter, als een oranjeappel.....		458	60
Saturnus, als een dito (kleine).....	55 30	605	30
Uranus, als een pruim.....	46.50	1110	40
Neptunus, als een groote kers.....	21.17	2232	60
	18.99	3498	00

Naar denzelfden maatstaf vinden wij voor de navolgende sterren, wier afstanden vrij nauwkeurig

bekend zijn, de nevenstaande getallen in kilometers uitgedrukt:

	Grootte.	A.	B.	C.
α Centauri.....	1	16875	43	4.5
β Zwaan.....	5.5	27355	70	7.4
α Groote Hond (Sirius).....	1	33754	83	8.8
α Kleine Hond (Procyon).....	1	44232	113	12.1
α Voerman, (Capella).....	1	57037	146	15.5
α Arend, (Altaïr).....	1	59947	153	16.3
α Stier, (Aldebaran).....	1	80317	204	21.7
α Lier, (Vega).....	1	80317	204	21.7
α Berenhoeder (Areturus).....	1	91955	230	24.5
α Tweelingen (Castor).....	1	61120	156	16.5
α Kleine Beer (Poolster).....	2	171690	438	46.5

Lichtjaar = de afstand door het licht in één jaar tijds doorloopen.

Kolom A. geeft de betrekkelijke afstanden der sterren, naar den maatstaf: middellijn Aarde = 5 mm., in kilometers.

Kolom B. geeft de werkelijke afstanden dezer sterren in biljoenen kilometers, en

Kolom C. denzelfden afstand in lichtjaren, waarop wij straks terugkomen.

Behalve deze heeft men nog van eenige anderen den afstand trachten te bepalen; allen sterren, die tot de meest nabij ons zonnestelsel gelegene moeten gerekend worden. Op verre na de groote meerderheid bevindt zich op afstanden zóo groot, dat hier-

mee vergeleken de zooeven genoemde als klein aan te merken zijn. Alle metingen hebben tot heden bewezen, dat de sterrenwereld is als eene onmetelijke ruimte, waarin elk begrip van maat, getal of tijd volkomen onmachtig blijkt om ons voorstellingsvermogen te hulp komen.

Werpen wij een blik op bovenstaand schema van ons zonnestelsel; hoe nietig zijn deze bollen, vergeleken met de afstanden der uiterste planeten Uranus en Neptunus tot de zon — met haar middellijn van 543 mm.; en wat zijn deze laatsten op haar beurt, als wij daarmee de getallen uit de tweede tabel, welke de betrekkelijke afstanden van eenige vaste sterren bevat, vergelijken. Terwijl volgens ons schema de aarde op circa 58 meter van de zon staat, vindt men Neptunus eerst op 1750 meter; Centauri op 16875, Vega op ruim 80300 kilometers! Wij moeten echter niet vergeten, dat al deze maten ruim $2\frac{1}{2}$ milliarden malen moeten vergroot worden, om de werkelijke grootten der lichamen en hunne onderlinge afstanden te verkrijgen. Zoo vinden wij dan uit onze tabel voor de werkelijke afstanden der beide genoemde sterren respect. 43 en 204 biljoenen kilometers!

Blijkbaar zijn de sterren, die met haar eigen licht

schitteren, ook zonnen gelijk de onze en van enkele kan op vrij zekere grondslagen*) worden gezegd, dat zij onze dagster zoowel in helderheid als grootte overtreffen. Dit is onder anderen het geval met Sirius, Vega, de Poolster en Centauri. Alle metingen, zoover het mogelijk was die uittevoeren, hebben bewezen, dat de „sterrensfeer” der ouden een ruimte is zonder grenzen, welke zich in alle richtingen onbepaald ver uitstrekt, in sommige gedeelten — bijvoorbeeld in het vlak van den Melkweg — buitengewoon rijk is aan sterren, en waarin ons geheele zonnestelsel met al zijn planeten een zeer onbeduidend plaatsje inneemt, welks verdwijnen in dien oceaan van werelden evenmin zou worden opgemerkt, als het onttrekken van een druppel aan de zee.

Het licht — de snelste bode in die ruimten, dat den enormen weg — 148.500.000 kilometers — van de zon tot de aarde in circa $8\frac{1}{2}$ minuut doorloopt, heeft jaren noodig om van de sterren uit ons te bereiken, zooals blijkt uit de vorige tabel, waarin de cijfers der laatste kolom het aantal jaren en tiende

*) Bestaande in het onderzoek omtrent de lichtsterkte eener ster in verband met den min of meer nauwkeurig bepaalden afstand.

deelen van jaren aangeeft, die de lichtstraal noodig heeft om van gindsche sterren tot ons te komen. De snelheid van het licht, dat geheel uit ethertrillingen bestaat, is door verschillende geleerden met zeer groote nauwkeurigheid gemeten en bedraagt circa 300.000 kilometers in de seconde; de weg nu, dien het met deze snelheid in een jaar tijds aflegt, wordt eenvoudigheidshalve „Lichtjaar” genoemd. Zoo zien wij dan dat Centauri 4.5; Sirius 8.8; Vega 21.7; en eindelijk de Poolster 46.5 van zulke lichtjaren van ons verwijderd zijn. Voor sommige sterren zijn deze getallen nog zeer onzeker, en met onze tegenwoordige werktuigen bestaat er weinig kans met voldoende juistheid den afstand eener ster te meten, zoodra die meer dan 30 lichtjaren verwijderd is.

Omtrent de overgroote menigte van zwakkere sterren, kan men geen andere wegen dan die van hypothesen inslaan, op welk gebied vooral William Herschel, W. Struve en Argelander zich een goeden naam hebben verworven. Op vrij goeden grond kan men zeggen, dat in het algemeen de zwakkere sterren ook tevens de meer verwijderde zijn. Dien-tengevolge staan de sterren 2de grootte klasse verder dan die der eerste; de sterren van de derde

grootte weer verder dan die der tweede, enz. Alle onderzoek leidt tot het vermoeden, dat er sterren zijn, die honderde en duizende lichtjaren van ons afstaan, en het zichtbare heelal vertoont zich derhalve aan ons in een toestand — niet zooals die thans is, maar gelijk die vele jaren of eeuwen geleden is geweest.

Zooals wij boven hebben gezegd, ziet het gewone, ongewapend oog aan den hemel weinig meer dan 6000 sterren. De teleskoop echter openbaart ons talloos vele. De reusachtige instrumenten in den loop dezer eeuw vervaardigd, bezitten het vermogen om aan te toonen, dat het zichtbare deel van het Melkwegstelsel uit meer dan 150 millioen sterren bestaat, Toch is hiermede volstrekt geen grens voor de werkelijkheid aangegeven. Wie verzekert ons, dat als nieuwe en nog machtiger waarnemingsinstrumenten worden uitgedacht, niet andere millioenen hemellichten zullen zichtbaar worden, wier licht te zwak is om met de moderne kijkers een indruk op het menschelijk oog te maken?

Dacht men zich in vroeger eeuwen de sterren als onbewegelijk aan den hemel geplaatst; de onderzoekingen van de laatste honderd jaar hebben ruimschoots het tegendeel bewezen. Al die werelden zijn

in snelle beweging, welke echter wegens de enorme afstanden niet dan na lang tijdsverloop zichtbaar wordt. De mensch is er in geslaagd die bewegingen voor enkele sterren wel is waar, na te gaan en te berekenen, waarbij gebleken is dat vele dier hemellichten zich met snelheden van 40, 50 en meer kilometers in de seconde voortbewegen. Bij eene ster der $6\frac{1}{2}$ grootte in het sterrenbeeld „De Groote Beer”, onder den naam van „No. 1830 Groombridge” bekend en wier afstand vrij zeker op 2.000.000 halve middellijnen der aardbaan kan geschat worden, bedraagt die snelheid zelfs 320 kilometers in de seconde!

Vermoedelijk hebben die bewegingen naar alle richtingen plaats; maar of die sterrebanen rechtlijnig zijn, dan wel zich in veelvoudige bochten door het vlak van den Melkweg slingeren, is tot heden — den korten duur van het onderzoek in aanmerking nemende — niet opgehelderd. Ook onze zon met haar langen stoet van planeten, kometen en asteroïden, beweegt zich met groote snelheid — 27 tot 30 kilometer in de seconde — in de richting van een punt, dat in het sterrenbeeld „Hercules” is gelegen. Voortdurend in snelle beweging, zoowel om haar eigen as als in hare baan rond de zon, moet

onze aarde ook deze reis van onze dagster naar de hoogere streken des hemels volgen; zoodat wij geen oogenblik hetzelfde punt der ruimte innemen, steeds verder en verder gaan naar het onbekende doel, om nimmer tot een vorige plaats van het heelal terug te keeren! De eclips, welke wij rond de zon beschrijven, verandert bij deze beweging in eene spiraalvormig gebogen lijn, wier windingen elk jaar vermeerderen en zich slingeren naar het punt des hemels, waarheen onze zon zich richt.

Het was wederom William Herschel, die een eeuw geleden het bestaan en de richting dezer zonsbeweging afleidde uit het feit, dat in een bepaald gedeelte des hemels (de aangrenzende streken van het sterrenbeeld Hercules) de sterren als het ware schenen uiteen te wijken — andere daarentegen, in het tegenoverliggend gebied der sterren, tot een zelfde punt schenen te naderen. Dit aan vele sterren eigen deel harer samengestelde bewegingen, kon wel niet anders dan een afspiegeling aan den hemel van de eigen beweging onzer zon zijn — eene bewering, welke later ook door andere methoden van onderzoek volkomen werd gestaafd.

Ons zonnestelsel bestaat slechts uit ééne zon en de planeten; maar in het wereldruim worden zoo-

genaamde dubbelsterren, zelfs drie-, vier-, en meervoudige sterren waargenomen; dat zijn groepen uit twee, drie en meer zonnen bestaande, welke hare banen rond elkander, of liever rond het gemeenschappelijk zwaartepunt van het stelsel beschrijven. Elke ster van zulk een groep eene zon zijnde, ligt het vermoeden voor de hand, dat ook ieder, gelijk onze zon, door planeten is omgeven. Voor die planeten doet zich dan het merkwaardig feit voor, dat zij, niet als de aarde door ééne zon, maar door eenige soms verschillend gekleurde*) zonnen worden verlicht, welke in wonderbare afwisseling — veel fraaier dan bij ons het afwisselen van zon en maan — nu eens gelijktijdig aan den hemel verschijnen, dan weer om beurten hare dagbogen boven den horizon dier planeetbewoners volbrengen. Verrukkelijke tafereelen van licht- en kleurenspeel, waarvan onze geest zich onmogelijk eene voorstelling kan maken, moeten zich ontsluiten voor de oogen van hen, die het voorrecht hebben een planeet te bewonen, die door zulk een veelkleurige zonnengroep wordt beschenen.

Nog andere objectieven van verrassende schoon-

*) Dit kleurenverschil kunnen wij gemakkelijk door onze kijkers waarnemen.

heid openbaart de teleskoop aan onze verbaasde blikken: hoopen van dicht aaneengesloten sterren, welke in onderling physisch verband staan; onderworpen aan een zekere kracht, die haar allen gemeen is. Met het bloote oog zijn zulke sterrenhoopen niet te zien, en de enkele groepen van sterren, zooals die in Perseus, De Kreeft en het zoogenaamde Zevengesternte — welke laatste voor het ongewaapend oog uit 6 à 7 sterren*) schijnt te bestaan en steeds aan onzen herfst- en winterhemel zichtbaar is — geven slechts een flauw denkbeeld van die belangwekkende hemelverschijnselen.

De Melkweg bestaat geheel uit sterren, schijnen te spreid, doch waarschijnlijk in groepen van een meer of minder groot aantal sterren vereenigd, welke te zamen die enorme lensvormige sterrenlaag vormen, waaraan de Ouden om haar wit licht den naam van „Melkweg” hebben gegeven. De teleskoop lost hem op in talloze sterren, waarachter telkens met het toenemend vermogen der kijkers, andere lagen — of nieuwe ringen van den grooten Melkweg zichtbaar worden. De er-

*) Door een gewonen kijker gezien telt men in het Zevengesternte ± 100 ; door krachtige instrumenten echter — circa 400 sterren.

varing heeft dit ruimschoots bewezen; bezig een sterker kijker — en gij zult nieuwe sterren zien, en achter deze telkens weer hetzelfde matte schemerlicht, wijzende op de aanwezigheid van nog meer verwijderde sterrenlagen. (Terloops zij opgemerkt, dat dit verschijnsel zich alleen in het eigenlijke vlak van den Melkweg openbaart; verwijdert men zich van daar, zoo neemt het getal sterren voortdurend af, totdat in de poolgordels van den Melkweg, die Noordelijk door „Het Hoofdhaar van Berenice”, en Zuidelijk door „De Beeldhouwerswerkplaat:” worden ingenomen, bijna geen sterren meer worden gevonden). Waar het einde, of wáar het begin is: wat daar ligt achter die nieuwe ruimten, welke met sterren als bezaaid schijnen, ziedaar vragen, waarvoor de menschelijke geest als voor de grenzen van alle wetenschap blijft stilstaan.

Te midden van sterren en sterrehoopen ontsluiten zich hier en daar voor het gewapend oog zonderling gevormde objecten, gelijkende op lichtende wolken of nevelmassa's. In de sterrenkunde zijn zij dan ook onder den naam van „Nevelvlekken” bekend. Sommige daarvan lossen bij zeer sterke vergrooting op, en blijken eenvoudig sterrehoopen te wezen, waarin de samenstellende werelden bij dui-

zenden worden geteld, en zóo dicht opeengedrongen, dat het zonder machtige kijkers niet mogelijk is de onderlinge afstanden te onderscheiden.

In onze eeuw heeft men intusschen eene methode van onderzoek gevonden (de Spektroskopie), welke toelaat geheel of ten deele de stoffen te bepalen, waaruit de hemellichamen bestaan, en dit onderzoek heeft bewezen, dat talrijke nevelvlekken onoplosbaar zijn, en niet bestaan uit sterren, maar uit een min of meer verdichte gasvormige stof — waarschijnlijk dezelfde middenstof, welke ondersteld wordt het heelal te vullen, en waaruit zich door voortgezette verdichting ook alle sterren- en planetenwerelden zouden gevormd hebben. Er bestaat alle grond voor het vermoeden, dat in het vervolg — over vele millioenen jaren — uit die nevelvlekken sterren zullen voortkomen, nieuwe zonnen zullen ontgloeien, om met haar verwijderd licht aan toekomstige geslachten op onze of andere planeten, te getuigen van nieuwe scheppingen eener onbekende, maar alom werkende natuurkracht.

De nevelvlekken kenmerken zich door vreemde en wonderlijke vormen. Enkele harer wijzen duidelijk op draaiende bewegingen en hebben spiraalvormige gedaanten, met toenemenden glans en

varing heeft dit ruimschoots bewezen; bezig een sterker kijker — en gij zult nieuwe sterren zien, en achter deze telkens weer hetzelfde matte schemerlicht, wijzende op de aanwezigheid van nog meer verwijderde sterrenlagen. (Terloops zij opgemerkt, dat dit verschijnsel zich alleen in het eigenlijke vlak van den Melkweg openbaart; verwijderd men zich van daar, zoo neemt het getal sterren voortdurend af, totdat in de poolgordels van den Melkweg, die Noordelijk door „Het Hoofdhaar van Berenice”, en Zuidelijk door „De Beeldhouwerswerkplaat” worden ingenomen, bijna geen sterren meer worden gevonden). Waar het einde, of wáar het begin is: wat daar ligt achter die nieuwe ruimten, welke met sterren als bezaaid schijnen, ziedaar vragen, waarvoor de menschelijke geest als voor de grenzen van alle wetenschap blijft stilstaan.

Te midden van sterren en sterrehoopen ontsluiten zich hier en daar voor het gewapend oog zonderling gevormde objecten, gelijkende op lichtende wolken of nevelmassa's. In de sterrenkunde zijn zij dan ook onder den naam van „Nevelvlekken” bekend. Sommige daarvan lossen bij zeer sterke vergrooting op, en blijken eenvoudig sterrehoopen te wezen, waarin de samenstellende werelden bij dui-

zenden worden geteld, en zóo dicht opeengedrongen, dat het zonder machtige kijkers niet mogelijk is de onderlinge afstanden te onderscheiden.

In onze eeuw heeft men intusschen eene methode van onderzoek gevonden (de Spektroskopie), welke toelaat geheel of ten deele de stoffen te bepalen, waaruit de hemellichamen bestaan, en dit onderzoek heeft bewezen, dat talrijke nevelvlekken onoplosbaar zijn, en niet bestaan uit sterren, maar uit een min of meer verdichte gasvormige stof — waarschijnlijk dezelfde middenstof, welke ondersteld wordt het heelal te vullen, en waaruit zich door voortgezette verdichting ook alle sterren- en planetenwerelden zouden gevormd hebben. Er bestaat alle grond voor het vermoeden, dat in het vervolg — over vele millioenen jaren — uit die nevelvlekken sterren zullen voortkomen, nieuwe zonnen zullen ontgloeien, om met haar verwijderd licht aan toekomstige geslachten op onze of andere planeten, te getuigen van nieuwe scheppingen eener onbekende, maar alom werkende natuurkracht.

De nevelvlekken kenmerken zich door vreemde en wonderlijke vormen. Enkele harer wijzen duidelijk op draaiende bewegingen en hebben spiraalvormige gedaanten, met toenemenden glans en

dichtheid naar het midden; andere teekenen zich als vrij zuivere eclipsen op den achtergrond des hemels af. Een derde soort vertoont zeer onregelmatige vormen (waartoe bij voorbeeld de prachtige Orion-nevel behoort), met talrijke uitloopers of vertakkingen, die zich in de ruimte uitstrekken. Het volume, dat vele dezer nevelvlekken in het heelal innemen, moet inderdaad ontzettend groot zijn. In aanmerking genomen dat, onder meer, de zooeven genoemde Orion-nevel verscheidene vierkante graden aan den hemel bedekt, en deze, gelijk alle andere nevelvlekken, ongetwijfeld verder dan

Centaury van ons verwijderd is, moet zijn volume, in doorsnede, duizende malen de loopbaan van Neptunus overtreffen.

En die geheele wereld van grootsche en treffende verschijnselen strekt zich om en boven ons, tot aan de grenzen zelve van het zichtbare heelal uit — grenzen, die bij iedere verbetering in het optisch vermogen onzer kijkers al verder en verder teruggaan, om steeds dat oneindig gebied van het verre onbekende achter zich te laten.

Bij al haar beknoptheid, toont onze schets voldoende aan, hoe snel — eigenlijk in de laatste drie

eeuwen — de begrippen en voorstellingen van het menschedom aangaande het wereldruim veranderd zijn. De Ouden dachten zich eene wereld, als bestaande alleen uit de aarde met haar bewoners, voor welke de zon noodig was om des daags licht te geven, het land te verwarmen, en het veld geschikt te maken voor de zaden, granen en planten, waarmede zich de mensch moet voeden. Toen een flauw bewustzijn ontwaakte van de verre afstanden, welke hemel en aarde scheiden, drukte men zijne voorstellingen daarvan op volkomen kinderlijke manier uit, niettegenstaande die meeningen kwamen uit het brein van overigens zeer schrandere en denkende wijsgeeren; doch de aarde waarop wij leven, hield men daarbij steeds voor een onbewegelijke massa, welk eene eerste plaats in het wereldruim bekleedde.

Van de sterren had hij niet de minste begrippen, en die geweldige, majestueuse zonnen stelde hij op één lijn met de vallende sterren; dat wil zeggen, met nietige, onbeduidende stofdeelen, welke toevallig in gloeiing geraken. Voor hem draaiden alle sterren tegelijk in 24 uur om een as rond de aarde. Het heelal lag als in een schaal, binnen zeer enge grenzen besloten, en zoo de Ouden spraken van

ruimte en oneindigheid, dan waren het denkbeelden, welke met de hedendaagsche voorstellingen daarover niets gemeens hadden.

Aldus ging het, in hoofdtrekken, voort tot in de 16de eeuw, toen Copernicus verscheen, en met hem eene nieuwe beweging in de astronomie aanving, welke kort daarop, in het begin der daaraanvolgende eeuw, in de uitvinding der verrekijkers een machtigen steun verwierf.

Drie eeuwen zijn sinds voorbijgegaan, en de sterrenhemel — naar oude begrippen een vaste sfeer, waarop de sterren waren bevestigd — was verdwenen en verdreven naar het gebied der kinderlijke voorstellingen van het menschedom; het zichtbare blauwe gewelf bleek eenvoudig een zintuigelijke indruk op ons netvlies, door het licht van onzen dampkring teweeggebracht, welke zich als een dikke laag ver boven ons uitstrekt. In plaats van den vorigen, bestaat thans voor ons een geheel andere „sterrenhemel” — een wezenlijke ruimte tusschen de sterren, die afschrikte door haar onbegrijpelijke uitgestrektheid en de reusachtige afstanden welke de hemellichten scheidden. In dien onbegrensden oceaan van werelden zonder tal, is onze geheele aarde met de enorme zon, welke haar omtrent der-

tienhonderdduizendmaal in volume overtreft, als in een onmerkbaar klein hoekje teruggezonden — een ruimtestip, die zich met ontzaggelijke snelheid, en langs eene onmetelijke baan naar een onbekend doel voortbeweeft.

Onze aardbol zelf — wij hebben dit reeds aanschouwelijk gemaakt — is slechts een miniatuurbol in dat groote zonnestelsel. Maar de mensch eindelijk: — wat is hij, kleiner dan het onmeetbare atoom op dit miniatuurlichaam, in vergelijking met de werkelijke aarde, voor ons zoo reusachtig groot, en wier middellijn alleen reeds meer dan $12\frac{1}{2}$ millioen meters telt? Door een enkel voorbeeld zullen wij die lichamelijke nietigheid van den mensch aanschouwelijk maken. Wij weten, dat het aantal menschen op aarde ongeveer 1480 millioen bedraagt. Een zeer eerbiedwaardig cijfer; maar hoe zal men verbaasd staan, als de berekening aanwijst, dat het heele menschedom vereenigd geplaatst zou kunnen worden op de bevroren oppervlakte van het „Meer van Constanx”, en daarbij volstrekt niet opeengedrongen zou staan, daar elk individu over eene ruimte van 3 □ voeten te beschikken had? Een treffende uiting van onzinnigen hoogmoed, toen nog de mensch zich inbeeldde, dat hij het stoffelijke

boven alles verheven middelpunt der wereldruimte vormde; dat de scheppende krachten dier groot-sche natuur alléén voor hem werkzaam waren, en als op een schouwtooneel, voor hem haar voorstellingen ten beste gaven.

In de sterrenkunde en haar resultaten ligt nochtans iets anders — en wel een groote les voor den mensch. Hoe ruimer en grootscher onze begrippen van het heelal worden, des te vrijer en ruimer vormen zullen ook onze denkbeelden aannemen omtrent de enkel- of meervoudige oorzaken, welke aan den opbouw van het heelal hebben gewerkt. En daarenboven speelt ook de mensch als burger van het groote wereldruim, inderdaad een niet onbelangrijke rol op de plaats, hem door de natuur aangewezen. In physischen, lichamelijken zin zijn wij nietig; ja, meer dan dat — de sterrekunde heeft die geringe beteekenis van den mensch al ruimschoots in het licht gesteld; maar in diezelfde nietige vormen weerkaatst niettemin onze geest vele verschijnselen van het Heelal — aanschouwen, bestudeeren en begrijpen wij het; werpen een blik in die voor ons physiek onbereikbare oneindigheid en dringen in gedachten al verder en verder daarin door.

Zulk denken, aanschouwen en onderzoeken veredelt den mensch, verheft hem ver boven het alledaagsche: dat plat-alledaagsche, waarin van niets anders dan eigenbelang en stoffelijk welzijn wordt gesproken, en het menschdom zijn dooden cirkelgang om het „geld” blijft bewandelen; een toestand, die van weinig verlichting en beschaving getuigt, als wij daarmede den hoogen trap van volkomenheid vergelijken, waarop thans onze physische wetenschappen staan.*)

De astronomie, om de zuiverheid harer methoden van onderzoek, zoowel als om het gebied, dat zij bestudeert — met het volste recht „de koningin der wetenschappen” genoemd, verdient dien naam te meer, omdat zij ons beter de verhouding leert kennen, waarin de mensch tot natuur en heelal staat — leert, dat alle stoffelijk bezit even dwaas, als bekrompen van zin is; in het kort, omdat zij de menschenwaarde van het individu verhoogt.

Zij leert ons — geheel verzonken in den arbeid en strijd om het dagelijksch brood — dat alléén ons intellectueele bestaan, de geest, ons gevoel van ze-

*) Men denke aan de bekende woorden, waarin de groote Engelse natuurvorscher Alfred Russell Wallace — bijna de evenknie van Darwin — de bestaande maatschappelijke toestanden afkeurt.

delijkheid en schoonheid, het leven der natuur kunnen begrijpen en waardeeren, die zich in den mensch afspiegelt en in hem vele harer wonderen ontsluit.

EINDE.

ERRATA.

- well furnished

01166165

ERRATA

1. The name of the author is John Doe.

2. The title of the book is "The History of the United States."

3. The publisher is John Doe & Co.

4. The year of publication is 1876.

5. The place of publication is New York.

6. The price of the book is \$1.00.

7. The number of pages is 100.

8. The number of volumes is 1.

9. The number of copies is 1000.

10. The number of editions is 1.

11. The number of reprints is 0.

12. The number of illustrations is 0.

13. The number of tables is 0.

14. The number of maps is 0.

15. The number of plates is 0.

16. The number of figures is 0.

17. The number of charts is 0.

18. The number of diagrams is 0.

19. The number of appendices is 0.

20. The number of indexes is 0.

21. The number of footnotes is 0.

22. The number of references is 0.

23. The number of citations is 0.

24. The number of quotations is 0.

25. The number of allusions is 0.

26. The number of analogies is 0.

27. The number of metaphors is 0.

28. The number of similes is 0.

29. The number of personifications is 0.

30. The number of hyperboles is 0.

31. The number of oxymorons is 0.

32. The number of paradoxes is 0.

33. The number of ironies is 0.

34. The number of sarcasms is 0.

35. The number of euphemisms is 0.

36. The number of clichés is 0.

37. The number of idioms is 0.

38. The number of proverbs is 0.

39. The number of sayings is 0.

40. The number of maxims is 0.

41. The number of aphorisms is 0.

42. The number of epigrams is 0.

43. The number of epigrams is 0.

44. The number of epigrams is 0.

45. The number of epigrams is 0.

46. The number of epigrams is 0.

47. The number of epigrams is 0.

48. The number of epigrams is 0.

49. The number of epigrams is 0.

50. The number of epigrams is 0.



Uitgaven van J. F. SIKKEN, Singel 293. Amsterdam.

DR. CARL STEGMANN en DR. G. HUGO. Handboek v. h.	
Socialisme, 2e druk, compleet, ingenaaid (890 blz.) f	3.5
Ook verkrijgbaar in 28 wekel <i>afleveringen</i> à f	1.125.
VON WILDENERUCH, Das edle Blut.	„ —.7
„ Vergnügen auf den Lande.	„ —.9
DR. C. E. POSER, Gedichte zum ausw. lernen.	„ —.6
„ Handelscorrespondenz I	„ —.6
„ Zwei Vorträge ü, neue Literatur.	„ —.7
„ An der Grenzscheide	„ —.6
DE BALBIAN VERSTER, Met de tram door Waterland	
(geïllustr.)	„ —.1
ED. H. SIKKEN. Leerboek Stenografie met 2 cahiers	„ 1.—
TUBELKAÏN. Een Socialist v. edel Bloed.	„ — 0.7
„ Kieswet	„ —.2
ADLER. Middelen tegen werkeloosheid	„ —.1
SOCIUS. Leekegedachten.	„ —.1
JEATHECA. Vertinnen, verzinken etc.	„ 1.5
Portefeuille met 10 pr. lichtdrukken.	„ 1.5