

DE BEWEGING DER AARDE

EN HARE

JONGST ONTDEKTE BEWIJSGRONDEN.

DOOR

F. KAISER.

EERSTE GEDEELTE.

DE ONTWIKKELING ONZER KENNIS VAN DE BEWEGING DER AARDE
UIT DEN VOORUITGANG DER STERREKUNDE.

Hoe vaak ook schrijvers en sprekers over gebrek aan stoffe mogten klagen, ga ik altijd gebukt onder den last van haren overvloed. De sterrekunde, die steeds het eenige voorwerp van mijne openlijke bemoeijng was en blijven zal, is in stellige en belangrijke uitkomsten zoo rijk, dat men, de stoffe voor eene wetenschappelijke bijdrage aan haar willende ontleenen, naauwelijks eene keuze weet te doen tusschen de onderwerpen, die zich even dringend aanbevelen, en, eenmaal zijne keuze gevestigd hebbende, zich niet dan met moeite weet los te rukken van talrijke bekoorlijkheden, die men, wegens gebrek aan ruimte, de plaats, die haar toekomt, ontzeggen moet. Er is zekerlijk geen onderdeel der sterrekunde meer, welks uitkomsten ik niet reeds in de taal van het dagelijksch leven heb trachten voor te dragen; maar ieder dezer onderdeelen verdient eene veel uitvoeriger populaire beschouwing, dan ik, hoe talrijk en uitgebreid mijne geschriften mogen wezen, tot heden daaraan wijden kon. Eindeloos zelfs is de reeks van belangrijke mededeelingen, tot welke de sterrekunde aanleiding geeft, zoo men zich niet bij de vermelding harer uitkomsten wil bepalen, maar ook een denkbeeld wil geven van de wijze, waarop zij hare uitkomsten heeft verkregen; wanneer men niet slechts de wonderen der schepping

wil verhalen, door de sterrekunde aan het licht gebracht, maar ook haren gang wil doen bespieden over den gekronkelden weg, langs welchen zij den menschelijken geest tot de ontdekking dier wonderen geleidde. Wanneer men, om de uitkomsten der sterrekunde beter te doen doorzien en waardeeren, de algemeene aandacht op haar zelve wil vestigen, dan heeft men zoo veel schoons en trefpends aan te wijzen, dat men zich altijd met geweld bedwingen moet, om binnen de grenzen te blijven, die door de beschikbare ruimte worden voorgeschreven.

Toen ik, om aan een billijk verlangen te beantwoorden, de sterrekunde andermaal zoude doen optreden in het *Album der Natuur*, was mij niets zoo moeilijk als eene keuze tusschen talrijke onderwerpen, die, alle met hetzelfde regt, eene opzettelijke overweging schenen te begeeren. De populaire voordragt van het een was wel aan veel grootere zwarigheden verbonden dan het andere, maar zwarigheden zijn voor mij geene schrikbeelden, en ik wist te minder aan welk onderwerp ik de voorkeur geven moest, daar ik nimmer het eene gedeelte der wetenschap met meer voorliefde dan het andere beoefend heb. In mijne verlegenheid zocht ik uitkomst bij de Redactie zelve van het *Album der Natuur*. Ik zond haar eene lange lijst van onderwerpen, omtrent ieder van welke nog veel belangrijks kon worden medegedeeld, zonder dat daartoe een hoofdstuk uit het een of ander leerboek werd afgeschreven. Ik verzocht haar daaruit de keuze te doen, die mij te moeilijk viel; welwillend kwam zij aan mijne besluiteloosheid ter hulp, en hare keuze viel op het onderwerp, aan het hoofd dezer bijdrage aangewezen.

Ik zal nu alzoo de beweging der aarde en hare jongst ontdekte bewijsgronden meer opzettelijk en meer naauwkeurig beschouwen, dan dit vroeger door mij geschieden kon, maar alvorens daartoe over te gaan, moet ik, tot geruststelling van sommigen en misschien tot teleurstelling van anderen, over mijne eigenlijke bedoeling daarmede, een woord in het midden brengen. Men heeft zich in de laatste dagen vermaakt met eene herhaling van de twisten over den stilstand en de beweging der aarde, die gevoerd werden in den tijd, toen geestelijke dwang alles overheerschte en onder

zich geene andere heerschappij, dan die van domheid en onkunde wilde dulden. Terwijl nu alle verschijnselen des hemels de getuigenis afleggen van eene volkomenheid der sterrekunde, die andere natuurwetenschappen vermoedelijk nimmer zullen bereiken, treedt de dwaasheid op, om te verklaren, dat zij in eene van hare eerste, eenvoudigste en gewigtigste grondwaarheden geheel en al heeft misgetast; en die dwaasheid wordt, zelfs door velen bij ons die beschaafd willen heeten, met belangstelling aangehoord. Misschien vreest de een en hoopt de andere, dat het mijne bedoeling met deze bijdrage is, als bestrijder van SCHÖPFER en als verdediger van de beweging der aarde op te treden; maar ik zal daardoor noch mij zelve verlagen, noch den stand, dien ik in de maatschappij bekleed, ootereen. Ik heb onlangs¹⁾ door een paar proeven aangetoond, dat de stellige uitspraken der sterrekunde thans alleen door de verregaandste onkunde en den volslagen wanzin worden bestreden, en die proeven zullen mijne weigering regtvaardigen, om met dolzinnigen te redetwisten. Wie thans nog aan den stilstand der aarde kan en wil gelooven, mag, mijnentwege, in dat geloof volmaakt gelukkig zijn, en heeft van mij geene vervolging te vreezen. Ik bedoel met deze bijdrage niets anders, dan den vriend der wetenschap in te lichten omtrent eene der treffendste opmerkingen, tot welke de sterrekunde in de laatste jaren aanleiding heeft gegeven. Iedereen kent bij name de slingerproeven van ROUCAULT, die in de laatste jaren op ontelbare plaatsen zijn genomen, en beschouwd worden als regtstrecksche bewijzen voor de beweging der aarde. Die slingerproeven van ROUCAULT hebben veel opschudding gemaakt en zeer scherpzinnige onderzoekingen uitgelokt, maar niemand heeft nog op eene algemeen verstaanbare wijze aangetoond, waarin zij eigenlijk bestaan, wat zij thans voor de sterrekunde beteekenen, in hoe ver zij de bewijzen zijn waarvoor zij worden uitgegeven, en in hoe ver de beweging der aarde eene

1) In de voorrede van mijn boekje over: *het wezen en de eischen van de populaire voordragt der natuurkundige wetenschappen, en meer bepaaldelijk van die der sterrekunde*. Amsterdam, J. C. A. SULPKE. 1853.

bevestiging door zulke proeven noodig had. Met het doel om deze leemte aan te vullen heb ik nu de pen opgevat. De slingerproeven van FOUCAULT zijn echter niet de eenige in haren aard, en zij kunnen niet met juistheid worden gekend of beoordeeld, tenzij zij beschouwd worden in verband met vroeger bekende en volbragte proefnemingen, uit welke de beweging der aarde blijken moest. De slingerproeven van FOUCAULT kunnen zonder eenig sterrekundig werktuig en zonder eenige sterrekundige kennis worden genomen, zoodat zij veeleer tot het gebied der natuur- dan tot dat der sterrekunde behooren. Zij worden niettemin als eene bevestiging van eene der eerste grondwaarheden der sterrekunde beschouwd, en hare beteekenis voor die wetenschap kan alleen worden opgehelderd door eene overweging van den graad van zekerheid, dien de beweging der aarde, door de sterrekunde zelve, heeft verkregen. Ik meende daarom deze bijdrage in twee deelen te moeten splitsen, in het eerste van welke meer bepaaldelijk wordt aangetoond, hoe de kennis van de beweging der aarde zich uit den vooruitgang der sterrekunde heeft ontwikkeld, en, door haar alleen, eene zekerheid heeft verkregen, die elke nadere bevestiging, door de tusschenkomst van eene andere wetenschap, overtollig maakt. Die kennis was echter een zoo noodwendig uitvloeisel van elken meer volmaakten tak der sterrekunde, dat de volledige beschouwing van hare ontwikkeling de geheele geschiedenis der sterrekunde zoude moeten omvatten, en ik mij hier alzoo moet bepalen bij het enkel aanstippen van de hoofdpunten, op welke onze aandacht, bij deze beschouwing, meer in het bijzonder vallen moet. In het tweede gedeelte mijner bijdrage zal ik over de natuurkundige verschijnselen handelen, die op de aarde zelve worden waargenomen en als bewijzen van hare beweging beschouwd worden. Daarbij zal de grootste plaats worden ingenomen door de slingerproeven van FOUCAULT en de bespiegelingen die zij hebben uitgelokt.

Er zijn nu meer dan twee duizend jaren verloop, sedert den tijd, waarop de sterrekunde, voor het eerst, stelselmatig als eene

wetenschap beoefend werd. Toen de Egyptische koning PROLEMEUS PHILADELPHUS, omstreeks het midden der derde eeuw vóór het begin van onze jaartelling, de beroemde school te Alexandrië stichtte, werd aldaar de eerste sterrewacht opgericht, en, voor het eerst, eene regelmatige waarneming van de hemelverschijnselen aangevangen. De oudheid heeft zeer opmerkelijke waarnemers voortgebracht, maar deze hebben de sterrekunde slechts in geringe mate begünstigd, want zelfs de waarnemingen aan de Alexandrijnsche school waren veel ruwer dan zij, ook zonder het bezit van verrekijkers, behoeften te wezen; en verrieden de ouden, als zij zich aan de verklaring der natuurverschijnselen durfden wagen, veel meer scherpzinnigheid dan oordeel, dat gebrek aan oordeel openbaarde zich vooral bij hunne verklaring van de verschijnselen des hemels. De gevolgtrekkingen, tot welke sommige in het oog loopende verschijnselen moesten leiden, waren echter te eenvoudig en te natuurlijk om door het gezond verstand miskend te worden, en zoo werd het, ook in de oude wereld, algemeen als eene waarheid aangenomen, dat onze aarde een nagenoeg kogelvormig ligchaam wezen moest. Het is onbegrijpelijk, dat men de nagenoeg kogelvormige aarde als een vrij zwevend ligchaam kon beschouwen, en haar niettemin een' volstrekten stilstand toekennen; maar was de stilstand der aarde het heerschende denkbeeld in de oudheid, dit denkbeeld werd toch door den een' bestreden en bragt den anderen in eene zichtbare verlegenheid. Om die vrij zwevende aarde dezelfde plaats in de ruimte te laten behouden, liet de een haar, tegen zijn beter weten, aan onzichtbare lange koorden hangen, die aan niets bevestigd zijn, terwijl de ander haar dragen liet door eene zamengeperste lucht, zonder te verklaren, waarom die lucht, onder den last der aarde, niet zijdelings ontweek, en zonder den grondslag aan te wijzen, waarop die lucht noodwendig rusten moest. Anderen bragten de opmerking, dat alles nedervalt wat vrijelijk aan zich zelf wordt overgelaten, op de aarde over, en lieten haar bestendig nedervallen, maar verklaarden niet waarheen zij nederviel, waar zij eenmaal zoude aanlanden, of hoe de verschijnselen die de hemel dagelijks ter waarneming aanbod, met dat vallen

der aarde waren overeen te brengen. Nog anderen, maar zeer weinigen, hebben aan de aarde eene dubbele beweging, namelijk eene wentelende om eene bepaalde as en eene kringvormige om de zon toegekend, en het schijnt dat zij inzagen hoe deze bewegingen der aarde de meest in het oog loopende verschijnselen des hemels op de eenvoudigste wijze verklaren en de instandhouding van het heelal, voor het menschelijke brein, begrijpelijk konden maken. Velen oordeelden het te dwaas om der aarde eene wentelende beweging om eene as te ontzeggen, maar niet om haar, onder die wenteling, aan dezelfde plaats der ruimte te binden, en door de vroege oudheid werd, in het algemeen, stilzwijgend en zonder aanvoering van redenen, eene onverplaatsbaarheid der aarde in de ruimte aangenomen.

Toen men de schijnbare beweging der planeten, in hare kronkelingen, onregelmatigheden en onophoudelijke veranderingen, met eenige aandacht had gadeslagen, begreep men wel spoedig dat die lichamen van de vaste sterren in natuur moesten verschillen en nader dan deze bij de aarde geplaatst moesten zijn; maar, bij de onmogelijkheid om den afstand der hemellichten te bepalen, kon men ook niet beslissen, waarin dat verschil eigenlijk bestond en kwam het in de gedachte der ouden zelfs niet op, eene onderscheiding tusschen lichtgevende en in zich zelf duistere lichamen van den hemel te maken. Het was inderdaad ook niet ligt, in die dwalende glinsterende stippen, werelden te ontdekken, die onze aarde in grootte evenaren of overtreffen; maar hoe geheimzinnig zij, bij de onvolkomenheid der vroegste waarnemingen, blijven moesten, het menschelijk vernuft kon zich toch geene pogingen onthouden, om, van de schijnbare bewegingen der planeten, tot den waren toedragt dier bewegingen op te klimmen. De Grieksche wijsgeer EUDOXUS, die in de vierde eeuw vóór het begin van onze jaartelling leefde, schijnt de eerste te zijn geweest, die zich daarmede bezig hield, maar hoezeer zich daardoor bij hem het eerst eene onderscheiding verried tusschen waarheid en den schijn, liet hij zich door den schijn misleiden, en wegslepen door het willekeurig aangenomen en valsch beginsel, dat de ware beweging der

planeten de eenige oorzaak van hare schijnbare beweging wezen moest. EUDOXUS ontwierp het stelsel, dat door onderscheidene latere wijsgeeren werd aangenomen, maar eerst vijf eeuwen na hem door PTOLEMEUS behoorlijk werd uitgewerkt en toegelicht, en dat daardoor wederregtelijk den naam van het stelsel van PTOLEMEUS heeft verkregen. Er werd inderdaad niet weinig vernufts gevorderd, om uit eene, hoezeer zamengestelde, toch regelmatige beweging in cirkels om onstoffelijke punten, de zonderlinge verschijnselen te kunnen verklaren, die bij de beweging der planeten werden waargenomen; maar de oudheid zelve zoude toch dat stelsel reeds verworpen hebben, indien zij eenig denkbeeld had gehad van de eenvoudigste en noodzakelijkste wetten der beweging, omtrent welke zij zoo dikwijls de volslagenste onkunde heeft aan den dag gelegd. Het stelsel van PTOLEMEUS kon vereenigbaar schijnen met de ruwe waarnemingen in de vroege oudheid volbragt, maar het strijdt tegen ontelbare verschijnselen, die de meer naauwkeurige waarnemingen van latere eeuwen bij de beweging der planeten hebben doen ontdekken.

De sterrekunde heeft ten allen tijde vermogende voorstanders en ijverige beoefenaars gevonden; maar toch is zij, gedurende eene reeks van eeuwen, op nagenoeg dezelfde hoogte gebleven. Zij heeft dit te wijten, niet slechts aan de ruwheid der vroegere werktuigen en wijzen van waarnemen, of aan het onvermogen der wiskunde, wier hulp zij niet kon ontberen, maar ook en vooral aan het verleidelijke van het stelsel van PTOLEMEUS, dat algemeen werd aangenomen, maar dat, hoe vernuftig ook, op een valsch beginsel rustte en eene dwaling deed insluipen, die zich eeuwen lang verborgen hield. Een treffend blijk van de onmagt der sterrekunde, zoo lang zij zich niet boven die dwaling wist te verheffen, vinden wij in het wedervaren van den koning ALPHONSUS van Castilië, omstreeks het midden der dertiende eeuw. ALPHONSUS, die de sterrekunde van zijnen tijd beoefend had, kon zich niet vereenigen met het stelsel van PTOLEMEUS, waarop zij grootendeels gevestigd was. Het gezond verstand kon bezwaarlijk aan bewegingen gelooven om onstoffelijke punten, die zelf aan bewegingen onderworpen waren, zoo lang het onmogelijk bleef eenige grondoorzaak voor zulke

bewegingen uit te denken. Het stelsel van PTOLEMEUS, volgens hetwelk de bouw des heelals zeer gebrekkig en onvolkomen wezen moest, streed allengs meer tegen de waargenomene verschijnselen des hemels, en kon van sommige treffende verschijnselen, die door de ouden reeds waren opgemerkt, niet de minste rekenschap afleggen. ALPHONSUS besloot, voor elken prijs, de sterrekunde te herstellen, wie het, naar zijne overtuiging, nog ten eenenmale aan een' vasten grondslag ontbrak, en deed uit alle landen van Europa de meest beroemde sterrekundigen tot zich komen, om, wonende in eene zijner paleizen en rijkelijk door hem bezoldigd, gemeenschappelijk voor de bevordering der sterrekunde werkzaam te zijn. De sterrekundigen van ALPHONSUS moesten, uit de verschijnselen der hemellichten tot op dien tijd waargenomen, den aard hunner bewegingen opdelen, en alzoo een onderzoek omtrent den bouw des heelals ten uitvoer brengen. Eene vrucht van dat onderzoek moest bestaan in tafelen, uit welke de schijnbare plaatsen der hemellichten, voor willekeurige tijdstippen, konden worden afgeleid. Die tafelen kwamen, na jaren arbeids, tot stand en kostten ongehooflijke schatten, maar toen ALPHONSUS bekend was gemaakt met den veronderstelden bouw des heelals waarop zij rustten; toen hij had opgemerkt, dat de hoogste orde, die zijne sterrekundigen in het heelal hadden kunnen ontdekken, niet anders dan een staat van eindelooze verwarring was, riep hij gramstorig uit, dat het heelal beter geschapen zoude zijn, indien God daartoe zijne hulp had ingeroepen. De schijnroomheid heeft over deze vermeende godslastering van ALPHONSUS lange boetredenen gehouden, maar het is duidelijk genoeg, dat hij met haar niets bedoelde dan eene bespotting van zijne sterrekundigen, die, met al hun zwoegen en hoofdbreken, en na al de schatten die zij hem gekost hadden, de verschijnselen des hemels alleen uit oorzaken wisten af te leiden, die een man van verstand voor ongerijmd verklaren moest. Men slaagde echter niet beter en kon ook niet beter slagen, omdat men bij al zijne veronderstellingen, de aarde als het stilstaand middelpunt beschouwde, waarom zich de geheele schepping bewegen moest.

De sterrekunde was reeds gedurende bijna twee duizend jaren

als wetenschap beoefend, toen zij nog niet de minste orde had kunnen ontdekken in het hoofddoel harer bespiegelingen, de beweging der hemellichten. Wanneer zij al van de meest in het oog loopende verschijnselen bij die beweging eenige verklaring wist te geven, behoefde zij daartoe eene opeenstapeling van willekeurige en onaannemelijke stellingen, en over de oorzaak dier bewegingen was zelfs nog door geenen harer beoefenaren in ernst nagedacht. Zij werd door eene dwaling in haren vooruitgang belemmerd, en het schijnt dat eeuwen van vruchteloze afmatting noodzakelijk waren, om die dwaling te doen inzien en uit den weg te ruimen. EUDOXUS had, bij het ontwerpen van zijn stelsel, niet in aanmerking genomen, dat de schijnbare beweging van een voorwerp niet slechts door zijne ware beweging wordt bepaald, maar ook door de verplaatsing van het oogpunt, waaruit het wordt waargenomen; dat een stilstaand voorwerp in beweging moet schijnen, indien het uit een veranderlijk oogpunt wordt beschouwd en de eenvoudigste beweging zeer zamengesteld kan voorkomen, indien het oogpunt, waaruit zij wordt gadeslagen, zelf in beweging is. Indien een der oude wijsgeeren, die aan de aarde eene kringvormige beweging om de zon hebben toegekend, met aandacht had overwogen, welken invloed deze moest uitoefenen op de schijnbare verplaatsingen van lichamen des hemels, die aan bewegingen van denzelfden aard onderworpen zijn, zoude het stelsel van EUDOXUS vermoedelijk reeds door een beter verdrongen zijn geweest, vóór den tijd, waarop het nu door PTOLEMEUS op eenen troon werd geplaatst, van waar het, met een' ijzeren scepter heerschende, eeuwen lang de sterrekunde verdrukte. De denkbeelden dier oude wijsgeeren werden echter spoedig vergeten, en over den stilstand en de beweging der aarde werd niet geredetwist, want over de mogelijkheid, dat de aarde zich bewegen kon, werd in het geheel niet meer nagedacht. Men bleef in het stelsel van PTOLEMEUS berusten, hoezeer elke poging om het te ontwikkelen alleen gestrekt had, om het onnatuurlijker en onaannemelijker te maken, en het duurde lang, eer iemand wel doorzag, dat het niet ontwikkeld, maar geheel verworpen moest worden.

Eindelijk, in het begin der zestiende eeuw, ging dat licht op

voor den geest van COPERNICUS, die een goed gedeelte van zijn leven aan de beoefening der sterrekunde had toegewijd, gedurende eenigen tijd het hoogleeraarsambt in die wetenschap vervulde, en later in een' geestelijken stand werd geplaatst, die hem toeliet zich geheel aan zijne bespiegelingen over te geven. COPERNICUS bespeurde al vroegtijdig, dat het stelsel van PROLEMEUS onhoudbaar was, welke ontwikkeling men het ook mogt geven, en dat alzoo de sterrekunde, die daarop rustte, eene geheele hervorming behoefde. Aan die hervorming willende arbeiden, zocht hij den bouw des heelals, uit welken zich de waargenomene verschijnselen van den hemel, op de meest ongedwongene wijze, lieten verklaren, en misschien zoude hij langen tijd vruchteloos hebben gezocht, indien hij geene wegwijzers in de ouden had gevonden. Het bleek hem, dat men reeds in de oude wereld had gesproken van eene wentelende beweging der aarde om eene bepaalde as, en van kringen, in welke de aarde en de planeten zich om de zon bewogen. Deze denkbeelden uitwerkende, trof het hem, dat eene zoo eenvoudige beweging, als die der aarde om eene as, toereikende was om de ongerijmde veronderstelling uit den weg te ruimen, dat alle deelen van het zoo zamengesteld heelal, terwijl zij aan zoo ingewikkelde bijzondere bewegingen onderworpen waren, bovendien, met elkander, in den korten tijd van vier en twintig uren, rondom de aarde zouden rondloopen. Men behoefde die as slechts een' bepaalden stand toe te kennen om, op de allereenvoudigste wijze, de afwisseling van jaargetijden te zien ontstaan, wier verklaring de sterrekundigen nog zoo verlegen maakte, en eene kleine verplaatsing van die as riep den vooruitgang der nachteveningen te voorschijn, die reeds in de Alexandrijnsche school bekend was, maar nog geene dan ongerijmde verklaringen had kunnen vinden. Eene kringvormige beweging van de aarde en van de planeten om de zon was genoeg, om de kronkelingen, de stilstanden, de teruggangen en andere groote onregelmatigheden in de beweging der planeten te verklaren, en bij die verklaring bleek het tevens, waarom sommige planeten, met haren stand aan den hemel, zoo aanmerkelijke veranderingen in hare helderheid moeten ondergaan, van welke het stelsel van

PTOLEMEUS volstrekt geene rekenschap kon geven. Men had in vroegere eeuwen wel eens, ter loops, eenige bedenkingen tegen de beweging der aarde ingebracht, maar die bedenkingen waren zoo gezocht en ongerijmd, dat niets gemakkelijker scheen dan hare wederlegging, en schijnbaar meer gegronde bedenkingen tegen die beweging, die in het vervolg van tijd zouden kunnen oprijzen, werden door COPERNICUS zelven opgespoord, en reeds bij voorraad opgelost. COPERNICUS ontwierp een stelsel, bij hetwelk, uit de eenvoudigste en natuurlijkste inrigting van het heelal, niet slechts de meest in het oog loopende verschijnselen des hemels, maar ook alle bekende en meer verborgen verschijnselen in de beweging der planeten eene volledige verklaring konden vinden, en na jaren overpeinzing, na tallooze waarnemingen, die over betwistbare punten moesten beslissen, werd de sterrekunde door hem, met een licht bestraald, zoo als dit nog nimmer over haar was opgerezen. Door het stelsel van COPERNICUS, bij hetwelk de beweging der aarde als een hoofdbeginsel was aangenomen, werden de moeilijkheden uit den weg geruimd, die de sterrekunde in haren vooruitgang tegenhielden; daardoor werden de verschijnselen, die zich alleen schenen te openbaren om den menschelijken geest te kwellen, onfeilbare wegwijzers naar eene meer volkomene kennis van den hemel, en voor de sterrekunde was eindelijk de grondslag gelegd, aan wiens vestiging weleer ALPHONSUS en vele anderen vruchteloos de grootste offers bragten.

Welk regt COPERNICUS mogt hebben op den bijval en den dank zijner tijdgenooten, heeft hij lang gearzeld voor dat hij met zijn stelsel openlijk te voorschijn trad, en dit deed hij niet, gelijk men veelal meent, uit vrees voor vervolging, maar omdat hij voorzag dat eene oude meening, die de vastheid van een ingeworteld vooroordeel had verkregen, niet ligtelijk zoude worden uitgeroeid; omdat hij begeerde zijn stelsel, zoo veel hij kon, te volmaken en reeds hij voorraad den tegenstand te verijdelen, dien het zoude kunnen ontmoeten. De stilstand der aarde was toen nog tot geen geloofsartikel gesteld, want niemand dacht aan hare beweging, en aanvankelijk zag men zoo weinig zondigs in het geloof aan de

beweging der aarde, dat COPERNICUS het onsterfelijk geschrift, in hetwelk hij zijn stelsel ontvouwde, op aandrang van vrienden uit den geestelijken stand, en vooral van den kardinaal SCHOENBERG heeft uitgegeven en aan paus PAULUS III heeft opgedragen. Aanvankelijk vond het stelsel van COPERNICUS wel niet den algemeenen bijval, dien het verdiende, maar toch ook geen belangrijken tegenstand, doch na verloop van eenigen tijd werd het op eene woedende wijze bestreden en krachtig verdedigd, en eerst nadat het gedurende eene halve eeuw bekend was geweest, heeft de kerk zich met die geschillen ingelaten en het stelsel van COPERNICUS, als strijdende tegen het geloof, veroordeeld. De kracht der waarheid is echter in niets zoo duidelijk, als in het stelsel van COPERNICUS gebleken. Zijne verdedigers behaalden steeds de schitterendste zegepralen over zijne bestrijders; elke poging om het te verzwakken liep op zijne bevestiging uit, en nog slechts eene halve eeuw, nadat de kerk begonnen was zijne aanhangers op eene bloedige wijze te vervolgen, was het, bij alle sterrekundigen van naam, als eene onbetwifelbare waarheid aangenomen.

Nadat COPERNICUS, door zijn stelsel, eenmaal de oogen der sterrekundigen had geopend en de valsheid van het beginsel had aan het licht gebragt, dat de sterrekunde, gedurende twee duizend jaren, op nagenoeg dezelfde hoogte had gehouden, behoefde die wetenschap slechts een' betrekkelijk zeer korten tijd, om zich tot het schoonste eereteken van den menschelijken geest te verheffen. Gelukkiglijk mogt de sterrekunde spoedig daarna in TYCHO BRAHE een' waarnemer vinden, die de schijnbare standplaatsen en bewegingen van de lichamen des hemels met eene nog ongekende naauwkeurigheid bepaalde, welke men ook vroeger had kunnen bereiken, maar, wanhopende aan de mogelijkheid om die bewegingen te ontwarren, voor overtollig scheen te houden. Gelukkiglijk werd KEPLER door eene geheime magt aangedreven, om, met al de scherpte van zijn vernuft, de naauwkeurige waarnemingen van TYCHO uit te putten, voor eene meer volmaakte kennis van den bouw des hemels. Toen werd niet slechts de laatste twijfeling omtrent het stelsel van COPERNICUS en de bewegelijkheid der aarde opgeheven, maar zelfs

de ware toedragt dier beweging door eeuwige wetten vastgesteld. Toen bleek het dat de ouden, niet slechts in den stilstand der aarde, maar ook in de natuur van de beweging der planeten geheel hadden misgetast. Toen openbaarden zich drie eenvoudige wetten, aan welke de Almagt de beweging van alle lichamen des zonnestelsels, en daarmede ook die der aarde, heeft gebonden, en uit die eenvoudige wetten werden de schijnbare bewegingen der planeten en al hare onregelmatigheden, in veel talrijker schakeringen nog, dan men vóór den tijd van TYCHO bij haar kon veronderstellen, met eene treffende juistheid afgeleid. Zoo vele duizendtallen van feiten als TYCHO waarnemingen had volbragt, traden op als getuigen voor de gewigtige waarheden, door KEPLER in zijne wetten verkondigd, en voor de sterrekunde was een dageraad opgegaan, die een' heerlijken dag beloofde.

De sterrekunde bezit, boven andere wetenschappen, het onschatbaar voorregt, dat hare voortbrengselen in de verschijnselen der natuur een' onfeilbaren toetssteen vinden, en dat de staat harer vorderingen zich, in de meerdere of mindere overeenstemming tusschen hare voorspellingen en de vervulling van deze, moet openbaren. De schijnbare beweging der planeten, die de vroegere sterrekundigen radeloos maakte, werd, naar de wetten van KEPLER, door eene, wel diep verborgene, maar toch hoogst eenvoudige verordening der natuur te weeg gebragt; maar zijn die wetten inderdaad eene waarheid, dan moet dit daaruit blijken, dat zij van de zamengestelde schijnbare bewegingen der planeten ook eene volkomene rekenschap kunnen afleggen. Dan moeten de vroeger waargenomene plaatsen der planeten zamentreffen met die, welke uit deze wetten worden afgeleid; dan moeten de planeten zich toekomstig daar vertoonen, waar hare plaats, door de berekening, wordt aangewezen, en de verschijnselen des hemels, die door de schijnbare plaatsen der hemellichten worden bepaald, moeten zich, op den tijd en de wijze hunner voorspelling, openbaren. Vóór den tijd van KEPLER was de onmogelijkheid om aan deze eischen van eene welgevestigde sterrekunde te voldoen, maar al te duidelijk gebleken. Geen ligchaam van het zonnestelsel verscheen nog aan het punt

des hemels, waar het zich, naar de berekening, bevinden moest, hoezeer men zich had afgesloofd, om de beweging dier lichamen aan orde en regelmaat te binden. Toen KEPLER daarentegen zijne *Tabulae Rudolphinae* had uitgegeven, de eerste tafelen van dien aard, die op het ware beginsel omtrent de beweging der aarde en de planeten rustten, openbaarde zich eene bijna volkomene overeenstemming, tusschen de uit haar bepaalde en de door TYCHO zoo naauwkeurig waargenomene plaatsen der hemellichten, en de voorspelling der hemelverschijnselen werd zoo naauwkeurig vervuld, dat de juistheid van dat beginsel boven allen twijfel verheven was, voor iedereen, die niet moedwillig het oog voor de waarheid wilde sluiten. Indien echter de oudheid waarnemingen had nagelaten, in naauwkeurigheid bij die van TYCHO vergelijkbaar, of zelfs indien de waarnemingen van TYCHO de naauwkeurigheid hadden bezeten, wier bereiking eerst mogelijk was, nadat de kijkers aan de sterrekundige meetwerktuigen waren toegevoegd, zoude KEPLER langzame veranderingen in den bouw des zonnestelsels hebben ontdekt, ten bewijze dat hij, in zijne wetten, wel zeer veel, maar nog geenszins alles had gevonden. Hij zoude dan hebben bespeurd, dat de loopbanen der planeten noch in grootte, noch in gedaante, noch in ligging, bestendig dezelfde bleven, en dat geen ligchaam van het zonnestelsel zich, op den duur, *volkomen* naar zijne wetten bewoog. In de bewegingen der lichamen van het zonnestelsel liggen, buiten de grovere veranderingen en onregelmatigheden, die reeds door de ouden werden bemerkt, of uit de waarnemingen van TYCHO konden worden afgeleid, nog ontelbare kleinere verscholen, die in grooteren getale te voorschijn traden en zich ingewikkelder betoonden naar mate de kunst van waarnemen werd volmaakt, en die, door het menschelijk vernuft, nooit aan regels zouden zijn gebonden, en nooit aan de berekening zijn onderworpen, zonder eene naauwkeurige kennis van de grondoorzaak, door welke de lichamen des zonnestelsels zich bewegen. Reeds KEPLER begreep te regt, dat de wondervolle overeenstemming tusschen de bewegingen der lichamen van het zonnestelsel, bij welke zij alle aan drie eenvoudige wetten gehoorzamen, eene voor al die lichamen

gemeenschappelijke grondoorzaak hebben moest. Hij dacht aan eene aantrekkende kracht, die de zon op de planeten kon uitoefenen, maar de toenmalige staat der wiskunde liet hem niet toe, de gevolgen van zulk eene kracht aan de berekening te onderwerpen. Het denkbeeld van zulk eene kracht rees ook bij anderen op, en werd meer algemeen, nadat onze CHRISTIAAN HUIJGENS de reeds ontluikende kennis van de wetten der beweging door schitterende ontdekkingen aanmerkelijk had uitgebreid, en eindelijk verdween de nevel, die het groot geheim der schepping, de grondoorzaak van de beweging der hemellichten, voor den menschelijken geest verborgen had.

Op het einde der zeventiende eeuw werd door den onsterfelijken NEWTON, uit eenvoudige natuurverschijnselen, die door millioenen waren opgemerkt, maar eerst door hem rijpelijk werden overwogen, het bestaan afgeleid van eene eigenschap der stof, die den naam van *algemeene aantrekkingskracht* heeft ontvangen, met welke ook de kleinste ligchaampjes zijn toegerust, en wier vermogen zich vooral bij de groote lichamen van het zonnestelsel moest openbaren. NEWTON ontdekte, dat de algemeene aantrekkingskracht aan drie eenvoudige wetten gebonden is, en de ontwikkeling, die hij zelf aan de wiskunde wist te geven, stelde hem in staat om de eerste uitwerkingen te bepalen, welke deze kracht in het zonnestelsel hebben moest. Toen bleek het, dat de wetten van KEPLER de eerste, eenvoudigste en noodwendigste gevolgen zijn van de aantrekkingskracht, die door de zon op de planeten wordt uitgeoefend, en het bleek tevens, dat het bestaan van die kracht, met hare eigenschappen, zich, uit de wetten van KEPLER, op eene wiskundige wijze liet betoogen. Toen bleek het dat elke planeet zich volkomen naar de wetten van KEPLER zoude bewegen, indien zij met de zon alleen bestond, en dat de aantrekking, die de planeten en hare wachters op elkander en op de zon uitoefenen, eene onuitputtelijke bron van onregelmatigheden in hare beweging en van veranderingen in het geheele zonnestelsel wezen moest. De eb en vloed der zee en de onregelmatigheden in de beweging der maan, die gedeeltelijk reeds door HIPPARCHUS waren opgemerkt,

bleken noodwendige gevolgen te zijn van de aantrekking, met welke zon, maan en aarde op elkander werken, en het vraagstuk van de beweging der aarde vond toen eene oplossing, voor welke het geheel onvatbaar was toegeschenen. De zon en de aarde, aan den invloed van elkanders wederkeerige aantrekking onderworpen, moeten zich beide bewegen, maar de beweging der aarde moet zoo vele malen grooter zijn dan die der zon, als zij in hoeveelheid stof door dat ligchaam overtroffen wordt, en noch de zon, noch de aarde konden hare plaatsen in de ruimte onveranderlijk bewaren. De dagelijksche wenteling van het groot heelal, rondom de, toen reeds, als een betrekkelijk zeer klein ligchaam bekende aarde, betoonde zich eene volstreckte onmogelijkheid, daar lichamen eene grootere beweging moeten aannemen, naar mate zij kleiner zijn, en het bleek, dat de afgeplatte gedaante der aarde een gevolg van de onderlinge aantrekking harer deelen, verbonden met hare wentelende beweging, wezen moest, zoo dat reeds in den vorm der aarde een wiskundig bewijs voor hare wentelende beweging werd gevonden. De langzame verplaatsing van de omwentelings-as der aarde, die, in het stelsel van COPERNICUS, eene zoo eenvoudige verklaring van den van ouds bekenden vooruitgang der nachteveningen gaf, betoonde zich een noodwendig gevolg van de aantrekking, die, door de zon en de maan, op de afgeplatte aarde werd uitgeoefend, met hare wentelende beweging verbonden. De aarde moest zich, naar de wetten van KEPLER, om de zon bewegen, maar in die beweging ontelbare kleine afwijkingen en onregelmatigheden ondervinden, doordien de maan, die zich rondom haar beweegt, de aantrekking der zon nu versterkt en dan verzwakt, en nu in deze dan in gene rigting de aarde tot zich trekt. De planeten van het zonnestelsel moesten, door hare aantrekking, de aarde onophoudelijk eenigermate in hare beweging verstoren, gelijk zij wederkeerig door haar worden verstoord, en de loopbaan der aarde moest daardoor allerlei langzame veranderingen ondervinden. De beweging der aarde, wier juiste bepaling eerst na de ontdekking der algemeene aantrekkingskracht mogelijk was, betoonde zich veel zamengestelder dan COPERNICUS of KEPLER hadden

kunnen vermoeden, en was die zamengesteldheid niet zichtbaar in de ruwe waarnemingen van vroegeren tijd, zij verried zich maar al te duidelijk, nadat de kunst van waarnemen was verbeterd. Na zulke uitkomsten, als door NEWTON waren verkregen, kon de menschelijke geest niet werkeloos blijven. Eene onuitputtelijke bron van onderzoekingen, die den mensch vereeren, was door de ontdekking der aantrekkingskracht geopend. Zij beloofde ontelbare geheimen der schepping te zullen openbaren, indien de wiskunde gelijkelijk met de kunst van waarnemen werd volmaakt; en deze gingen hand aan hand, beurtelings door elkander voortgetrokken, eene volkomenheid te gemoet, van welke NEWTON zelf zich geen denkbeeld zou hebben kunnen vormen. De wiskunde nam steeds eene hoogere vlugt, en steeg ten laatste tot eene hoogte, waarop het slechts weinigen stervelingen vergund is haar te volgen. Met dat wapen toegerust, en geleid door de algemeene aantrekkingskracht, baande de menschelijke geest zich eenen weg naar de diepzinnigste geheimen der schepping. De kunst bleef niet ten achter, waar zij inlichtingen moest geven omtrent verschijnselen, volstrekt onmerkbaar voor de natuurlijke zintuigen der menschen, en de ontdekking der algemeene aantrekkingskracht werd een der grootste geschenken, met welke stervelingen begunstigd konden worden. De ontdekking van een beginsel, in zich zelf zoo eenvoudig en zoo noodzakelijk, met eene zoo eindeloze verscheidenheid van groote en zamengestelde uitwerkingen; de ontdekking van een beginsel, dat alle deelen van het groot heelal tot één geheel aan elkander verbindt, dat geheel de schepping beweegt en in zijnen staat bewaart, vergunt ons een' bovenaardschen blik in de Almagt van den Schepper, op wiens gebod het zich gevestigd heeft.

COPERNICUS, die de hooge vlugt, welke de sterrekunde binnen de twee eerste eeuwen na zijn verscheiden heeft genomen, niet had kunnen voorzien, en die zekerlijk niets minder zal hebben verwacht, dan dat de beweging der aarde, omtrent welke hij niet veel meer dan haar bestaan had kunnen betoogen, zoo spoedig, in al hare bijzonderheden, uit hare grondoorzaak zoude worden afgeleid, zoude zich gelukkig hebben geacht, indien hij verschijnselen des

hemels had gekend, die meer eenvoudige en onvermengde gevolgen van de beweging der aarde zijn, dan de zamengestelde schijnbare beweging der planeten. Zulke verschijnselen, die hij als regtstreekse bewijzen voor de beweging der aarde had kunnen aanvoeren, bestonden voor hem niet, maar wat de verbeterde kunst van waarnemen in lateren tijd aan den hemel heeft doen ontdekken, was meer dan COPERNICUS had kunnen wenschen, en zoude, voor de bevestiging van zijn stelsel, meer dan toereikend zijn geweest, al ware de algemeene aantrekkingskracht geheel onbekend gebleven. Nauwelijks waren, in het begin der zeventiende eeuw, de eerste kijkers naar den hemel gerigt, toen de denkbeelden omtrent den bouw des heelals, die aan de omhelzing van het stelsel van COPERNICUS den meesten tegenstand hadden geboden, zich als grove dwalingen deden kennen, en onderscheidene verschijnselen werden gezien, die vóór de uitvinding der verrekijkers, verborgen moesten blijven, maar die, door COPERNICUS zelven, als noodzakelijke gevolgen van zijn stelsel waren aangewezen. Bij Mercurius en Venus verried zich eene afwisseling van schijngestalten en eene toe- en afnemng van hare schijnbare grootte, die met elkander ten duidlijkste bewezen, dat althans deze planeten zich om de zon moesten bewegen, in kringen, die weinig van cirkels verschillen. De overige planeten vertoonden zich als schijven van eene veranderlijke grootte, die noodwendig door haren veranderlijken afstand tot de aarde werd bepaald, maar die tegen het stelsel van PROLEMEUS streed en met dat van COPERNICUS overeenkwam. De wentelingen om bepaalde assen en de wachters, bij sommige planeten ontdekt, waren nieuwe en krachtige bevestigingen van het stelsel van COPERNICUS, en toen de sterrekundige meetwerktuigen eene volkomenheid hadden verkregen, die eene bepaling van de grootte en den eigenlijken afstand van de lichamen des zonnestelsels gedoogde, betoonden deze zich, tegen alle vroegere meeningen, zoo groot met betrekking tot de aarde, dat het eene dwaasheid was geworden, de aarde als het stilstaand middelpunt te beschouwen, om hetwelk alle overige lichamen des hemels zich bewegen.

Het kon de opmerksaamheid van COPERNICUS niet ontgaan, dat

eene bedenking tegen zijn stelsel zoude worden ontleend aan den vermeenden stilstand der vaste sterren. Zijn de vaste sterren in zich zelve onbewegelijk, dan moeten zij zich toch, door de beweging der aarde, aan den hemel schijnen te verplaatsen, en beweegt de aarde zich jaarlijks in een' kring om de zon, zoo moet elke ster zich jaarlijks in een' kleinen kring aan den hemel schijnen te bewegen, die eene juiste afspiegeling is van de loopbaan der aarde, zoo als deze zich, uit de ster gezien, vertoonen moet. 1) COPERNICUS begreep teregt, dat, volgens zijn stelsel, die zoogenaamde jaarlijksche parallaxis der vaste sterren noodwendig moest bestaan, en dat hare ontdekking het eenvoudigste en volkomenste bewijs van de beweging der aarde om de zon zoude geven. Zij had echter, in zijnen tijd, geen spoor van haar aanwezen verraden, maar dit werd door COPERNICUS uit eenen afstand der vaste sterren verklaard, zoo groot in vergelijking van de geheele loopbaan der aarde, dat de jaarlijksche parallaxis, wegens haar gering bedrag, onopgemerkt was gebleven. Het viel moeilijk die verklaring van COPERNICUS aan te nemen, in eenen tijd, toen men den hemel nog als een bijwerk der aarde beschouwde, en de ruimte der schepping, die door de vaste sterren wordt ingenomen, als eene doos, niet meer dan even ruim genoeg, om het zonnestelsel te kunnen omvatten. De tegenstanders van het stelsel van COPERNICUS beriepen zich dan ook op het niet bestaan van de jaarlijksche parallaxis der vaste sterren, terwijl zijne voorstanders zich beijverden, om die parallaxis, door verbeterde werktuigen en waarnemingen, te ontdekken, en de pogingen, in vroegeren en lateren tijd daartoe aangewend, hebben onbeschrijflijk veel aan de volmaking der praktische sterrekunde toegebracht. Die pogingen misten echter haar doel ten eenenmale, zoo lang men door haar alleen de beweging der aarde wilde bevestigen, en toen deze geene bevestiging meer behoefde, verkregen zij, om eene geheele andere reden, eene hooge waarde voor de wetenschap. Toen de kennis van het zonnestelsel reeds tot eene aanzienlijke hoogte was gestegen, moest de sterrekundige nog

1) Zie mijne *Verklaring van den sterrenhemel*, tweede druk, bl. 361.

eene volslagene onkunde belijden omtrent de ontelbare lichten, die de ruimte van het heelal buiten het zonnestelsel bevolken, en de eerste schrede tot hunne kennis was, natuurlijkerwijze, de bepaling van den afstand, waarop zij van ons verwijderd zijn. De afstand der vaste sterren liet zich op eene eenvoudige wijze uit hare parallaxis afleiden, maar, ook nog lang nadat men van de beweging der aarde, en dus ook van het bestaan dier parallaxis, zeker was, kon men, voor haar bedrag, geene bepaalde uitkomst vinden, en daaruit bleek dat dit bedrag kleiner moest zijn dan de onvermijdelijke fouten der waarnemingen. De schatting van het bedrag der fouten, die men, bij de waarnemingen, niet kon vermijden, deed echter eene grootheid kennen, die de jaarlijksche parallaxis der vaste sterren zekerlijk overtrof en uit welke een afstand kon worden afgeleid, welke, door den afstand der vaste sterren, zekerlijk overtroffen werd. Toen, bij de volmaking van het praktisch deel der sterrekunde, de fouten der waarnemingen gestadig werden verkleind, zonder dat men eene jaarlijksche parallaxis bij de vaste sterren bespeurde, moest men den kortst mogelijken afstand dier lichten steeds grooter stellen, tot dat hij eene waarde verkreeg, die zelfs de stoutste verbeelding van vroegeren tijd hem niet had durven toekennen. Eindelijk bereikten, in deze eeuw, de hulpmiddelen voor de bepaling van de schijnbare plaatsen der hemellichten eene volkomenheid, bij welke de jaarlijksche parallaxis der vaste sterren niet meer, in de onvermijdelijke fouten der waarnemingen, behoefde verloren te gaan. Van eenige zeer weinige vaste sterren, omtrent welke het gebleken is dat zij honderd duizenden malen verder dan de zon van ons verwijderd zijn, is ten laatste de jaarlijksche parallaxis, met eene volkomene zekerheid, bepaald geworden. Het uiterst gering bedrag dier parallaxis is meer dan voldoende om te verklaren, waarom zij zoo lang verborgen moest blijven, maar zij gaf ten laatste het regtstreeksch bewijs voor de beweging der aarde, naar hetwelk COPERNICUS en zijne voorstanders zoo vuriglijk verlangden.

Hoezeer de pogingen om de parallaxis der vaste sterren te bepalen eeuwen lang mislukten, hebben zij tot schitterende ontdek-

kingen geleid, en daaronder tot die van een treffend verschijnsel, bij alle vaste sterren, waarin het volkomenste regstreeksche bewijs voor de beweging der aarde ligt opgesloten. De beroemde sterrekundige BRADLEY bedacht, in het midden der verledene eeuw, een werktuig, dat ook de kleinste veranderingen in de plaatsen der vaste sterren scheen te zullen verraden, en met hetwelk hij de jaarlijksche parallaxis van eenige sterren zoude trachten te bepalen. Eene heldere ster, wier plaats aan den hemel daarvoor bijzonder gunstig was, werd door BRADLEY met dat werktuig regelmatig waargenomen, en weldra openbaarde het zich, dat zij inderdaad jaarlijks een' kleinen kring aan den hemel beschreef, maar tevens dat die kring geene jaarlijksche parallaxis wezen kon, omdat de ster telkens eene andere plaats innam, dan dit door deze werd voorgeschreven. Later bleek het, dat die jaarlijksche beweging in een' kleinen kring, eene eigenschap is, in welke alle vaste sterren deelen. Al de kringen, waarin de sterren zich jaarlijks schijnen te bewegen, zijn ellipsen (langronden), wier langste middellijnen, bij alle sterren, juist dezelfde lengte hebben en evenwijdig loopen aan den weg, dien de zon jaarlijks aan den hemel schijnt af te leggen, terwijl hunne kortste middellijnen of breedten afhangen van de standplaatsen, welke de sterren, met betrekking tot den schijnbaren weg der zon, innemen. Ook werd de plaats, die iedere ster telkens in haar kringetje innam, altijd op dezelfde wijze, door den stand der zon aan den hemel bepaald, en uit al deze omstandigheden bleek het ten duidelijkste, dat de kringen, die de sterren jaarlijks aan den hemel schijnen te beschrijven, met de beweging der aarde om de zon in een naauw verband moesten staan. BRADLEY, die deze beweging der sterren ontdekte, en onmiddellijk bespeurde, dat zij geene jaarlijksche parallaxis wezen kon, behoefde ook niet lang naar hare verklaring te zoeken. Tachtig jaren vroeger was door den Deenschen sterrekundige ROEMER aangetoond, dat het licht, met de verbazende snelheid van meer dan 40,000 D. G. mijlen in ééne secunde, de ruimte der schepping doorloopt, en deze voortplanting van het licht der sterren moest, met de beweging der aarde om de zon verbonden, nood-

wendig juist zulk eene schijnbare beweging ten gevolge hebben, als bij alle vaste sterren wordt waargenomen. ¹⁾ De kringen, welke de vaste sterren, ten gevolge van deze dusgenaamde aberratie, beschrijven, hebben eene lengte van 41 seconden en waren dus veel te klein, om vóór de uitvinding der verrekijkers te kunnen worden opgemerkt, maar zij zijn zeer groot, met betrekking tot de volkomenheid der tegenwoordige sterrekundige waarnemingen, die toelaten parallaxen te bepalen, die niet meer dan een onderdeelje van ééne secunde bedragen. Zij openbaarden zich op dezelfde wijze bij zoo vele duizende sterren, als tot heden zijn waargenomen, en geven alzoo, voor de beweging der aarde om de zon, een regtstreeksch bewijs zoo volkomen, dat het alle andere overtollig maakt.

De náauwkeurige bepaling van de plaatsen, die de vaste sterren aan den hemel innemen, heeft onze kennis van de beweging der aarde nog in andere opzigten uitgebreid. BRADLEY, zijn onderzoek voortzettende, bespeurde eene kleine plaatsverandering van de sterren, met betrekking tot de polen van den hemel, waaruit bleek, dat de omwentelings-as der aarde nog eene andere beweging onderging, dan die welke den vooruitgang der nachteveningen veroorzaakt, namelijk eene kleine schommeling, bij welke zij, telkens na verloop van omtrent 19 jaren, tot haren vroegeren stand wederkeert. De oorzaak van deze eigenaardige beweging der aarde werd spoedig weder in de algemeene aantrekkingskracht gevonden. Door de aantrekking, die de zon op de maan uitoefent, ondergaat de loopbaan, welke deze om de aarde beschrijft, eene gestadige verandering in haren stand, op zoodanig eene wijze, dat zij telkens na verloop van omtrent 19 jaren haren vorigen stand hernemen moet. Door die verplaatsing van de loopbaan der maan, is de aantrekking, welke dat ligchaam op de afgeplatte aarde uitoefent, veranderlijk, en die verandering moet de genoemde schommeling in de as der aarde ten gevolge hebben. ²⁾ Eene andere, hoogst merkwaardige beweging der aarde, die ook naar de algemeene aan-

1) Zie mijne: *Verklaring van den sterrenhemel*, bl. 54 en verv.

2) Zie mijne: *Verklaring van den sterrenhemel*, tweede druk, bl. 316.

trekkingskracht noodwendig moest bestaan, is door de naauwgezette waarneming der vaste sterren aangewezen. Het was, reeds voor meer dan eene eeuw, bekend, dat de ontelbare lichten des hemels, die van oudsher *vaste sterren* werden genoemd, ten onregte dien naam dragen, nademaal zij bewegingen ondergaan, die, wegens hunne ontzettende afstanden, wel zeer langzaam zijn voor ons oog, maar toch in zich zelve althans niet minder snel dan die van de ligchamen des zonnestelsels moeten wezen. Men heeft de schijnbare eigene bewegingen van een groot aantal sterren naauwkeurig bepaald en tusschen haar zoodanig eenen zamenhang gevonden, dat zij, ten deele, noodwendig een' gemeenschappelijken oorsprong moesten hebben. Welke bewegingen de sterren in zich zelve ondergaan, uit den aard van hare schijnbare verplaatsing is het gebleken, dat deze ook een gevolg hiervan moet wezen, dat de aarde zich, met de zon en het geheele zonnestelsel, door de ruimte der schepping voortbeweegt. Deze merkwaardige uitkomst was, reeds op het einde der verledene eeuw, door den ouderen HERSCHEL verkregen, maar zonder reden werd hare juistheid voor verdacht gehouden, tot dat, door nieuwe onderzoekingen, alle twijfel daaromtrent werd opgeheven. Onderscheidene sterrekundigen hebben de beweging der aarde met het geheele zonnestelsel, uit de waargenomen schijnbare bewegingen der sterren afgeleid, en hoezeer zij hun onderzoek op geheel of ten deele verschillende sterren vestigden, de slotsom daarvan kwam telkens op hetzelfde neder. De snelheid van deze beweging, in welke de aarde met het geheele zonnestelsel deelt, moge nog niet naauwkeurig zijn bepaald, haar bestaan is boven allen twijfel verheven en zelfs is hare rigting met naauwkeurigheid uit de waarnemingen afgeleid.¹⁾

In het korte tijdsbestek, gedurende hetwelk onder sterrekundigen over den stilstand of de beweging der aarde werd getwist, kende men, voor de beslissing van dat geschil, niet veel meer dan de nog slechts ten ruwste waargenomen schijnbare beweging der planeten. COPERNICUS had wel de waarheid van zijn stelsel op eene

1) *De sterrenhemel*, deel I, tweede druk, bl. 404, en deel II, tweede druk, bl. 603.

overtuigende wijze, door die verschijnselen, aangetoond, maar het is niet onnatuurlijk, dat veler verstand beneveld werd, door de noodzakelijkheid, om, bij het omhelzen van het stelsel van COPERNICUS, alles wat men van kindsbeen af omtrent den hoogen rang der aarde en hare betrekking tot het heelal zoo vastelijk had geloofd, op te geven, en aan te nemen wat, naar de onmiddellijke gewaarwording der zinnen, geheel anders wezen moest. De sterrekunde had echter nog geene nieuwe gronden voor de beweging der aarde ontdekt, toen het stelsel van COPERNICUS reeds door nagenoeg al hare beoefenaars als eene waarheid was aangenomen, en vermoedelijk zoude geen van hen ooit aan die waarheid hebben getwijfeld, indien hij slechts één der talrijke verschijnselen had gekend, in welke wij nu de beweging der aarde aan den hemel lezen. Nu wij de uiterst zamengestelde beweging der aarde, in al hare bijzonderheden en grondoorzaken, met eene zoo bewonderenswaardige juistheid kennen, kan ook alleen de dwaze onkunde zich met de betuiging vermaken, dat de aarde volstrekt onbewegelijk is, en ware zij te verontschuldigen wegens het wonderbaarlijke, dat de domheid in de beweging der aarde moet vinden, dan zoude men ook een' eindeloozen strijd der dwaasheid tegen alle uitspraken der sterrekunde moeten gedoogen. De sterrekunde heeft veel opgeleverd, dat zelfs den verstandigen wonderbaarlijk schijnen moet, en zijn hare beoefenaars omtrent de zekerheid, ook van hare treffendste uitspraken, gerust, hetgeen zij leert is soms zoo vreemd, dat men de verstandige onkunde wel eenigen twijfel daaromtrent kan ten goede houden. Het wonderbaarlijkste van alles wat de sterrekunde ter opmerking aanbiedt, is zekerlijk haar vermogen, om de eindeloze reeks van verschijnselen, wier bespiegeling haar hoofddoel is, uit één enkel en zeer eenvoudig beginsel af te leiden. Dat beginsel is de grondslag waarop de geheele sterrekunde rust, met hetwelk zij staan en vallen moet, en dat, eenmaal eene onbetwifelbare waarheid geworden, aan de uitspraken der sterrekunde, hoe vreemd die klinken mogen, eene wiskundige zekerheid moet geven. Eene vraag, die wel niet bij hem zal oprijzen, die de sterrekunde beoefend heeft, maar die veel natuurlijker en bij den onkundigen veeleer te

verontschuldigen is, dan een twijfel aan de beweging der aarde, kan alzoo deze zijn: met welk regt beweren de sterrekundigen het bestaan van eene algemeene aantrekkingskracht, als een beginsel, zoo onbetwifelbaar, dat alle daaruit afgeleide gevolgtrekkingen als waarheden moeten worden aangenomen? Ik oordeel het niet ongepast deze vraag te beantwoorden, in zoo ver als de beschikbare ruimte dat hier gedooft. Dat antwoord zal voor velen eenig licht kunnen verspreiden over den graad van zekerheid, die in de natuurwetenschappen kan worden verkregen, en het zal geschikt zijn om alle bedenkingen af te snijden, niet slechts tegen de beweging der aarde, maar ook tegen honderdtallen van andere en veel wonderbaarlijker uitspraken, die de sterrekunde zich, op grond van de algemeene aantrekkingskracht, veroorlooft.

Alles wat zich in volstrekten zin bewijzen laat, heeft voor ons eene onbetwifelbare zekerheid; maar uit deze stelling kan niet worden afgeleid, dat wij geene onbetwifelbare zekerheid, zonder een volstrekt bewijs, kunnen verkrijgen. Een volstrekt bewijs is eene zuivere redenering, door welke, op eene overtuigende wijze, wordt aangetoond, dat eene zaak waarheid is; maar door redenering kunnen wij het nooit verder brengen, dan eene waarheid uit eene andere af te leiden, zoo dat een volstrekt bewijs de kennis van eene grondwaarheid vordert, van welke de zaak, die men bewijzen wil, een noodwendig gevolg moet wezen. Volstreckte bewijzen zijn in de zuivere wiskunde mogelijk, die, boven alle andere wetenschappen, het voorregt heeft, van al hare bespiegelingen op eenvoudige grondwaarheden, die geen bewijs behoeven, te kunnen vestigen. Zulke grondwaarheden, algemeene kundigheden of axioma, als die op welke de geheele wiskunde rust, bestaan nergens buiten haar, en hoezeer men ook elders, door bewijzen, met volkomene zekerheid, van oorzaak tot gevolg kan besluiten, waar de oorzaak onbewezen is, blijft de gevolgtrekking onzeker en waar de oorzaak niet tot een axioma kan worden teruggevoerd, bestaan voor ons niet meer dan betrekkelijke of onvolledige en geene volstreckte, volledige of eigenlijke bewijzen, zoo als die in de wiskunde worden gegeven. Het zoude echter ongelukkig voor ons zijn,

indien wij, zonder volstreckte bewijzen, geene onbetwifelbare zekerheid konden verkrijgen, want dan zouden wij noch in het zedelijke, noch in het maatschappelijke en, buiten de wiskunde, ook niet in het wetenschappelijke, iets als waarheid mogen aannemen. Zoo is geen volstrekt bewijs voor het bestaan van God, of voor de onsterfelijkheid der ziel voor ons denkbaar, omdat wij geen axioma kennen, waaruit, door redenering, de noodzakelijkheid van het bestaan van God of van de onsterfelijkheid der ziel kan worden afgeleid, maar toch zouden wij aan verstandsverbijstering moeten lijden, om het een of het ander in twijfel te kunnen trekken. Even zoo min kan een volstrekt bewijs voor de algemeene aantrekkingskracht worden gegeven, want daartoe zoude het noodig zijn, dat wij van hare grondoorzaak, als van een axioma, konden uitgaan, dat wij den oorsprong der stof met eene volmaakte zekerheid kenden en daaruit, door redenering, konden afleiden, dat de aantrekkingskracht eene noodwendige eigenschap der stof wezen moet. Het doel der natuurwetenschappen, in het algemeen, is de kennis van de verschijnselen der natuur en hunne oorzaken. Elke oorzaak heeft echter weder eene oorzaak, en de grondoorzaak van alles wat wij in de natuur ontwaren is de volmaaktheid van God. Wij zouden dus, om het bestaan van iets in de natuur, door een volstrekt of zuiver wiskundig bewijs, te kunnen staven, de volmaaktheid van God moeten doorgronden, en daar ons dit onmogelijk is, moeten wij, in de natuurwetenschappen, voor het opsporen der waarheid, een' geheel anderen weg dan in de wiskunde betreden. Daar klimmen wij niet van eene grondoorzaak, reeds aanvankelijk, tot hare gevolgen op, maar dalen wij van de verschijnselen tot hare oorzaak af. Wij moeten ons dan veelal reeds gelukkig achten, als wij de naaste oorzaak dier verschijnselen kunnen ontdekken, en zeer zelden kunnen wij daarbij eene meer verwijderde oorzaak bereiken, terwijl de eindoorzaak altijd buiten den kring van ons denkvermogen is gelegen. In de natuurwetenschappen vangt men aan met de naauwkeurige waarneming der verschijnselen, die men verklaren wil. Men zoekt dan eene algemeene oorzaak, die aan al de bijzonderheden, bij die verschijnselen waargenomen, voldoet, en heeft

men zulk eene oorzaak gevonden, dan wordt zij aanvankelijk, als eene onderzoekings-hypothese, aangenomen, die verder den weg naar de zekerheid banen kan. Men overweegt nu welke gevolgen deze veronderstelde oorzaak, buiten de reeds waargenomene, hebben moet, en raadpleegt de natuur, om van haar te vernemen, of die gevolgen al of niet bestaan. Ontdekt men verschijnselen, die tegen deze gevolgen strijden, zoo vervalt de onderzoekings-hypothese geheel en al, en er moet eene andere worden opgespoord, om ons tot gids naar de waarheid te strekken. Laten zich uit de hypothese geene gevolgtrekkingen afleiden, buiten een klein getal werkelijk waargenomene, of liggen die gevolgtrekkingen niet binnen het bereik van onze waarnemingen, zoo kan zij waarschijnlijk zijn, maar niet als zeker worden aangenomen. Zij wordt echter waarschijnlijker, naar mate uit haar een grooter getal verschijnselen kan worden afgeleid, die inderdaad worden waargenomen, en is zij in zich zelve zeer eenvoudig, terwijl zij de noodzakelijkheid van een zeer groot getal uiterst ingewikkelde en werkelijk waargenomen verschijnselen aantoont, dan kan zij eene waarschijnlijkheid verkrijgen, zoo groot, dat deze niet meer van zekerheid te onderscheiden is. Buiten de zuivere wiskunde is, zoo men wil, nergens volstreckte zekerheid en niet meer dan waarschijnlijkheid te vinden, maar ook waarschijnlijkheid, tot de noodige hoogte opgevoerd, kan in wiskundige zekerheid overgaan. Heeft zij die hoogte bereikt, dan is ook de oorzaak, die men zoekt, zonder een eigenlijk wiskundig bewijs, met eene onbetwifelbare zekerheid gevonden.

De aangewezen weg om tot de kennis der waarheid te geraken, is, door de beoefenaars der natuurwetenschappen, reeds sedert lang ingeslagen, en heeft ontelbare malen tot zijn doel geleid. Hij wordt de wijsgeerige weg naar de waarheid genoemd, maar hij is den beoefenaars der natuurwetenschappen alleen door het gezond verstand, zonder eenige tusschenkomst der wijsbegeerte, aangewezen. Nergens is hij met grootere naauwgezetheid betreden en nergens heeft hij tot schitterender uitkomsten geleid, dan bij de ontdekking van de algemeene aantrekkingskracht. Toen de gedachte aan eene aantrekkingskracht, die in de zon huisvest, als de naaste oorzaak van

de beweging der planeten, bij velen was opgerezen, bragt een nev-
dervallend ligchaam en de beweging der maan NEWTON op het denk-
beeld van eene algemeene aantrekkingskracht, wier vermogen om-
gekeerd evenredig is aan de tweede magten der afstanden, waarop
zij werkt. Zijne wiskundige bespiegelingen gaven hem de verrassende
uitkomst, dat de wetten, volgens welke de planeten zich bewegen,
die KEPLER alleen uit de waarnemingen had afgeleid, noodwendige
gevolgen van die aantrekkingskracht moesten wezen. Een aantal
uiterst raadselachtige verschijnselen in het zonnestelsel, van welke
ik hier boven eenige heb opgenoemd, werden door NEWTON, door
wiskundig betoog, uit zijne aantrekkingskracht afgeleid, en reeds
in de handen van NEWTON is zij, door het aantal ingewikkelde
verschijnselen, die hij uit haar volkomen verklaarde, van eene
onderzoekings-hypothese tot eene onbetwifelbare waarheid overge-
gaan. De staat der wiskunde en die der waarnemingen lieten NEW-
TON niet toe, meer dan een zeer klein gedeelte van de uitwerkin-
gen der algemeene aantrekkingskracht te overzien, maar naar mate
de kunst en de wetenschap werden volmaakt, traden zij in groo-
ter getale te voorschijn, en de treffendste tafereelen der natuur
worden ons nu, door de uitwerkingen der algemeene aantrekkings-
kracht, aangeboden. Ik heb in mijne *Verklaring van den sterren-
hemel* een aantal opmerkenswaardige en ingewikkelde verschijnselen
vermeld, die alle uit de algemeene aantrekkingskracht voortvloeijen,
en voor wier hernieuwde mededeeling mij hier de ruimte geheel
ontbreekt. Bedenkt men dat al die verschijnselen, in al hare bij-
zonderheden, volkomen zoo als zij uit de algemeene aantrekkings-
kracht voortvloeijen, worden waargenomen, dan moet men zijn
gezond verstand geheel verloren hebben, om te kunnen betwijfelen,
dat de algemeene aantrekkingskracht een onwrikbare grondslag der
sterrekunde is geworden. De gevolgen van de algemeene aantrek-
kingskracht, die ik, in het bovengenoemd werk, heb opgesomd,
maken nog slechts een zeer klein gedeelte uit van alle, wier be-
staan, zoo wel door de waarnemingen als door de theorie, is be-
wezen, en het is op grond van ontelbare ingewikkelde verschijnse-
len des hemels, die in de algemeene aantrekkingskracht eene

volmaakte verklaring vinden, dat deze als eene onbetwifelde waarheid door de sterrekundigen wordt aangenomen.

De groote menigte, die de verhevene theoriën der sterrekundigen niet kan volgen, noch de teedere waarnemingen kan uitvoeren, door welke de juistheid dier theoriën aan den hemel wordt gelezen, heeft echter van de sterrekundigen genoeg inlichtingen ontvangen, om over hunne wetenschap te kunnen oordeelen, en zoo onkunde haar verstand benevelt, is dit ook alleen een gevolg hiervan, dat zij het schoonste, dat haar hier beneden kan worden aangeboden, moedwillig vertreedt. Ook in de diepste onkunde verzonken behoeft zij echter slechts haren blik ten hemel te verheffen, om zich van de hooge waarde der sterrekunde en de vastheid harer grondslagen te overtuigen. De hemel toch openbaart talrijke verschijnselen, die ook door de groote menigte kunnen worden waargenomen, en van welke een groot aantal in mijn *populair sterrekundig jaarboek* wordt aangewezen. Die verschijnselen kunnen, door de sterrekundigen, zoo vele jaren vooruit als men wil, worden voorspeld, en het is klaar, dat hunne voorspelling niet mogelijk is, zonder eene zeer naauwkeurige kennis van de beweging der lichamen, die het zonnestelsel uitmaken. Zij zijn, voor zoo ver zij het zonnestelsel betreffen, afgeleid uit de schijnbare plaatsen, die zon, maan en planeten aan den hemel zullen innemen, en de voorspelling dier plaatsen rust geheel en al op de talrijke storingen, welke deze lichamen in hunne beweging, door de algemeene aantrekkingskracht, ondervinden. Al die verschijnselen, zoo als verduisteringen van zon en maan, bedekkingen van planeten en sterren door de maan, zamenkomsten van planeten met vaste sterren en met elkander, en van welken aard zij wijders wezen mogen, worden thans met eene zoo groote juistheid voorspeld, dat men, in het dagelijksche leven, volstrekt geen verschil tusschen de voorspelling en hare vervulling kan bemerken. De lichamen des zonnestelsels wijken, zelfs niet zoo veel als de schijnbare dikte van een hoofdhaar bedraagt, van de plaatsen af, die hun, tientallen van jaren vooruit, door de sterrekundigen waren toegewezen. In de kennis van de uiterst zamengestelde beweging der maan, heeft

men het nu, vooral door de zorg van den beroemden HANSEN, zoo ver gebracht, dat zelfs geen bepaald verschil meer wordt bespeurd, tusschen hare voorspelde plaatsen en die welke uit de teederste waarnemingen van den tegenwoordigen tijd worden afgeleid; maar om die hoogte te bereiken, moest men ook een ongehooflijk groot getal ingewikkelde storingen in rekening brengen, die de aarde en de maan, door de algemeene aantrekkingskracht, in hare beweging ondervinden. De domheid, die de oplossing van zelfs het onnoozelste sterrekundig vraagstuk niet kan verstaan, en zich niet te min aan die wetenschap durft vergrijpen, verraaft zich in niets zoo duidelijk, als in het voorbijzien van de volkomene overeenstemming tusschen de tegenwoordige sterrekunde en den hemel zelve; eene overeenstemming, naar welke vroegere sterrekundigen, met zoo veel moeite, vruchteloos hebben gestreefd, die alleen na de ontdekking der algemeene aantrekkingskracht kon worden verkregen, en die, ook den meest onkundigen, een waarborg voor de hooge volkomenheid der tegenwoordige sterrekunde wezen moet.

Willen wij nog sprekender getuigen voor de onwrikbaarheid van den grondslag der tegenwoordige sterrekunde, zij worden ons in grooten getale door de kometen aangeboden. KEPLER kon, met zijn wiskundig vernuft, zonder eenige willekeurige veronderstelling, de ware beweging der planeten bepalen, die door TYCHO, gedurende eene lange reeks van jaren, onder allerlei omstandigheden, waren waargenomen, maar het was hem volstrekt onmogelijk, die onderzoeking uit te breiden over de kometen, die nimmer langer dan gedurende eenige maanden zichtbaar zijn. De bepaling van de beweging der kometen en alzoo de uitroeijing der gedrochtelijke denkbeelden, die men weleer omtrent de beteekenis dier lichamen koesterde, was eerst mogelijk, nadat de algemeene aantrekkingskracht de wetten had aangewezen, aan welke hare beweging onderworpen is; en met welke juistheid de tegenwoordige sterrekundige de beweging dier lichamen bepaalt, is, voor iedereen, ook in de komeet van HALLEY gebleken, wier verschijning in het jaar 1835 bij velen nog levendig in het geheugen zal zijn bewaard gebleven. In vroegere eeuwen was zij enkele malen, maar telkens gedurende

slechts weinige maanden, verschenen. Telkens had zij een ander voorkomen aangenomen, en telkens had zij een geheel anderen weg aan den hemel afgelegd. Reeds onbeschrijfelijk groot was de ontdekking, aan de algemeene aantrekkingskracht verschuldigd, dat deze vermeende verschillende kometen hetzelfde ligchaam waren, dat zich, in omtrent 76 jaren, in eene zeer lange en langwerpige loopbaan om de zon beweegt, en alleen gedurende een klein gedeelte van elken zijner omloopstijden, als het zich in onze nabijheid bevindt, kan worden waargenomen. Veel grooter nog was echter het vermogen, door de sterrekunde aan den dag gelegd, toen de komeet, in het jaar 1835, op hare voorspelling, andermaal verschenen was. Het hemellicht, dat in het jaar 1759 het laatst, en gedurende slechts korten tijd, was waargenomen, begaf zich verder op afstanden van de zon en de aarde, op welke het, gedurende 76 jaren, ook voor het sterkst gewapend oog onzichtbaar blijven moest. In die diepte der onmetelijke ruimte bleef de sterrekundige het volgen met zijnen geest. Door de algemeene aantrekkingskracht voorgelicht, bespiedde hij al de bewegingen, die het had aangenomen en aannemen zoude, hoe zamengesteld die mogten wezen, en lang voor dat het oog eens stervelings een spoor van het naderend hemellicht kon ontwaren, voorspelde hij hoe en wanneer het andermaal zoude verschijnen, en bakende hij den weg af, dien het aan den hemel zoude doorloopen. De komeet had sedert hare laatste verschijning den storenden invloed der aarde en der overige planeten in ruime mate ondervonden, maar iedere van die storingen was met eene bewonderenswaardige juistheid bepaald, en het hemellicht vervulde alle voorspellingen, met eene volkomenheid, die niet kon nalaten ook op den meest gevoelloozen een' diepen indruk te maken. In nog hoogere mate hebben onderscheidene kleinere kometen getuigenissen van de volkomenheid der tegenwoordige sterrekunde afgelegd; maar wilde ik al de getuigenissen aanvoeren, die daarvoor kunnen worden bijgebracht, zoo zoude ik aan mijn schrijven in het geheel geen einde weten te vinden. Eene enkele moet ik echter nog in het geheugen mijner lezers terug roepen. Bij eene der planeten, met name Uranus,

bleek het, in deze eeuw, dat zij zich niet volkomen zoodanig bewoog, als dit naar de aantrekking der bekende planeten wezen moest. Het verschil was zoo gering, dat het met het ongewapend oog bij geene mogelijkheid bemerkt had kunnen worden, maar voor de sterrekundigen was het meer dan groot genoeg, om aan eene onbekende oorzaak te worden toegeschreven. Die oorzaak kon bezwaarlijk iets anders zijn dan de storende invloed, teweeggebracht door de aantrekking van eene nog onbekende planeet, die zich buiten den loopkring van Uranus om de zon bewoog. Twee sterrekundigen, in verschillende landen van Europa, berekenden, onafhankelijk van elkander, uit die kleine afwijking, naar aanleiding van de bekende eigenschappen der algemeene aantrekkingskracht, de loopbaan en de schijnbare plaats der storende planeet, en kwamen in hunne uitkomsten bijna volkomen met elkander overeen. De planeet, die naderhand den naam van Neptunus heeft ontvangen, werd, toen zij naauwelijks was opgespoord, aan het door hen aangewezen punt des hemels gevonden.

Door gebrek aan ruimte gedwongen hier een einde te stellen aan de beschouwing van een onderwerp, zoo rijk als de voortreffelijkheid der tegenwoordige sterrekunde en de vastheid der grondslagen waarop zij rust, leg ik de pen met wêerzin neder. Die beschouwing was zekerlijk voor velen overtollig, maar zij zal, zoo ik vertrouw, bij hen die haar niet behoeften, menige aangename herinnering hebben opgewekt en voor anderen eene vermaning zijn, om zich liever met de uitkomsten der sterrekunde bekend te maken, dan het oor te leenen aan den waanzin, die zich verbeeldt hare natuurlijkste en eenvoudigste uitkomsten te bestrijden. Eene overwëging van den graad van zekerheid, dien de beweging der aarde, door de sterrekunde zelve, heeft verkregen, achtte ik noodig voor allen, die de jongst ontdekte natuurkundige bewijzen voor die beweging uit het ware oogpunt wenschen te beschouwen. Ik zal mij, na deze voorbereiding, in het tweede gedeelte mijner bijdrage, beijveren, om hen daartoe in staat te stellen.

TWEEDE GEDEELTE.

DE VERSCHIJNSELEN OP DE AARDE, DIE ALS BEWIJSGRONDEN
VOOR HARE BEWEGING WORDEN AANGENOMEN.

De verstandelijke vermogens van den mensch worden steeds het grootste geschenk genoemd, dat hij, boven de dieren, heeft ontvangen, en toch heeft de gewaarwording der zinnen veelal meer dan de uitspraak van het verstand bij hem gegolden; toch heeft het altijd moeite gekost den mensch te doen gelooven, wat hij noch zien, noch hooren, noch voelen kan. Dit is vooral gebleken toen de beweging der aarde door het verstand was verkondigd, maar toch door velen werd betwijfeld, alleen omdat zij zich, op geenerlei wijze, onmiddellijk aan de zinnen openbaarde. Hoezeer COPERNICUS duidelijk genoeg had aangetoond, dat de schijnbare beweging der hemellichten noodwendig ook de beweging der aarde tot oorzaak hebben moest, waren aanvankelijk slechts weinigen onbevooroordeeld genoeg om de lange redeneringen te volgen, die tot deze voor velen zoo ongelooflijke uitkomst leidden. Het stelsel van COPERNICUS heeft, toen het eerst bekend was geworden, zelfs bij sterrekundigen, die in de algemeene dwaling deelden, tegenstand ontmoet, doch spoedig hadden deze zich bezonnen, en ingezien dat de beweging der aarde, zonder stooten of schokken voortgaande, terwijl lucht, water en alles wat ons wijders omgeeft in die beweging moet deelen, voor onze zinnen ook niet bemerkbaar wezen kon. Toen de beweging der aarde onder de sterrekundigen reeds eene volkomene zekerheid had verkregen, bleven zij evenwel naar regtstreeksche bewijzen daarvoor wenschen, want hoezeer zij die voor hunne eigene overtuiging niet behoefden, zij moesten die noodig oordeelen, om bij de groote menigte de magt van het bijgeloof en het vooroordeel te kunnen bestrijden, waardoor zelfs sommigen hunner zich hadden laten verstrikken. De hemel bood genoeg verschijnselen aan, die, zonder de beweging der aarde, niet

dan ongerijmde verklaringen konden vinden, maar het was weinigen vergund, deze verschijnselen in hunne bijzonderheden waar te nemen en nog minderen, zich de wetenschappelijke kennis te verwerven, die gevorderd werd, om den samenhang tusschen die verschijnselen en de beweging der aarde te doorgronden. Men wenschte daarom verschijnselen te kennen, die aan voorwerpen op de aarde zelve, zonder de tusschenkomst van hemellichten, konden worden waargenomen, die eenvoudige en onvermengde gevolgen van hare beweging waren, die de beweging der aarde voor iedereen aanschouwelijk maakten en alzoo, ook door de groote menigte, als regtstreeksche bewijzen voor die beweging konden worden aangenomen. Er kon echter geen gegrond uitzigt bestaan, dat de beweging der geheele aarde in de ruimte, die voor alle punten van hare oppervlakte dezelfde is, zich immer in verschijnselen op de aarde zelve zoude openbaren, en; om zich van die beweging der aarde te overtuigen, moet men ook nog steeds tot het verstand en de lichten des hemels zijne toevlugt nemen. De wentelende beweging der aarde om hare as daarentegen, die de verschillende punten van hare oppervlakte zoo geheel verschillende snelheden mededeelt, die, reeds aan dezelfde plaats der aarde, de lichamen, op hoogten en in diepten, verschillende snelheden doet aannemen, kon zich, juist door die verschillen, in bepaalde verschijnselen verraden. Men heeft inderdaad natuurkundige verschijnselen gevonden, die alleen door de wenteling der aarde volledig kunnen worden verklaard; maar de ontdekking van een zeer eenvoudig verschijnsel, dat de wenteling der aarde tot eenige oorzaak heeft en haar voor iedereen aanschouwelijk maakt, is nog steeds een vrome wensch der sterrekundigen gebleven.

Sedert lang heeft men, terecht, de passaat-winden tot de verschijnselen gerekend, door welke de wenteling der aarde wordt aangewezen. De passaat-winden, die, reeds bij COLUMBUS en zijne togtgenooten, de uiterste verbazing wekten, zijn luchtstroomen, die, over eenen gordel van het noordelijk halfrond der aarde, een' bestendigen noordoosten en over een' gordel van het zuidelijk halfrond, een' bestendigen zuid-oostenwind veroorzaken. Zij ontstaan het naast uit de

ongelijke warmte, die de verschillende deelen der aarde aan de zon ontleenen en aan de lucht mededeelen. De lucht, in de nabijheid van de evennachtslijn het meest door den grond verwarmd, wordt daardoor sterk verdund en stijgt opwaarts, om, in de hoogere lagen van den dampkring, naar de polen toe te stroomen. Daardoor wordt het evenwigt in den dampkring verbroken, dat zich herstelt door stroomen van koude lucht, die, langs de oppervlakte der aarde, van de polen naar de evennachtslijn vloeijen, en die, op hare beurt verwarmd, weder in de hoogere lagen van den dampkring naar de polen stroomen zal. Zoo moeten in den dampkring luchtstroomen ontstaan, overeenkomstig met die welke wij in elk verwarmd vertrek kunnen waarnemen, en, was de aarde onbewegelijk, dan zouden zij regelregt van de evennachtslijn naar de polen en van de polen naar de evennachtslijn, en dus juist in eene noordelijke of zuidelijke rigting, plaats hebben. Wentelt de aarde zich om eene as, dan moeten die luchtstroomen eene schuinsche rigting aannemen. De koude lucht van de polen, langs den grond strijkende, begeeft zich gestadig op grootere afstanden van de omwentelings-as der aarde en komt gestadig boven gronden, die, met grootere snelheden, van het oosten naar het westen worden omgevoerd. De lucht kan, wegens hare traagheid, die grootere zijdelingsche beweging niet onmiddellijk aannemen, hoezeer zij ten laatste daarin deelen moet. Zij moet dus, op haren weg van de polen naar de evennachtslijn, in den zin in welchen de aarde zich wentelt, achterblijven, en zich, met betrekking tot den grond, in eene tegenovergestelde rigting schijnen te bewegen. De luchtstroomen verkrijgen alzoo, met betrekking tot den grond, eene rigting, die gedeeltelijk oostelijk en gedeeltelijk noordelijk of zuidelijk, en dus noord-oostelijk of zuid-oostelijk is. Deze luchtstroomen moeten zich over twee gordels der aarde meer bepaaldelijk doen gevoelen, en zij zouden altijd zeer regelmatig op dezelfde wijze voortgaan, indien de verschillende deelen van de oppervlakte der aarde dezelfde vatbaarheid hadden om de warmte der zon aan te nemen. Dit is echter het geval zelfs niet met de verschillende deelen van het vaste land, en nog veel minder met het vaste land en de zee, die op eene zoo onregelmatige wijze over

de oppervlakte der aarde zijn verdeeld. Hierdoor ontstaan zeer groote storenissen in den loop dier luchtstroomen, en worden de passaat-winden, vooral daar waar het vaste land en de zee zamenkomen, zoo zeer gewijzigd, dat zij in zeer zamengestelde verschijnselen ontaarden, wier meer naauwkeurige beschouwing hier geene plaats kan vinden. 1)

Toen NEWTON de uitwerkselen der door hem ontdekte aantrekkingskracht beoefende, vond hij dat eene wentelende beweging der aarde, onder haren invloed, aan dat ligchaam noodwendig eene, naar de polen toe, eenigzins afgeplatte gedaante had moeten geven. De metingen door CASSINI, op het einde der zeventiende eeuw, in Frankrijk volbragt, schenen echter aan te toonen, dat de aarde, naar de polen toe, niet afgeplat, maar gerekt of langwerpig was, en over de eigenlijke gedaante der aarde ontstond een langdurige strijd tusschen Fransche en Engelsche geleerden, van welke deze zich op de theoriën van NEWTON, en gene zich op de metingen van CASSINI beriepen. Men begreep echter ten laatste, dat de metingen van CASSINI zich tot een veel te klein gedeelte van de oppervlakte der aarde hadden beperkt, om eene beslissing omtrent hare juiste gedaante toe te laten, en in het jaar 1735 werden Fransche sterrekundigen naar Peru en naar Lapland gezonden, om, zoo dicht mogelijk bij de evennachtslijn en bij eene der polen, bepaalde bogen der aarde te meten, uit welke zoowel hare grootte als hare gedaante met juistheid zoude kunnen worden afgeleid. Door die metingen werd, overeenkomstig met de theorie van NEWTON, eene zeer merkbare afplatting der aarde, naar de polen toe, gevonden, en de talrijke zoogenaamde graadmetingen, die later aan verschillende deelen der aarde zijn volbragt, hebben, met eene veel hoogere naauwkeurigheid, eene uitkomst in denzelfden zin gegeven. De gedaante der aarde kan dus reeds als een bewijs voor hare wentelende beweging worden aangevoerd, maar een nog treffender bewijs

1) Eene uitvoerige en zeer volledige verklaring van de passaat-winden en de wijzigingen die zij ondergaan, vindt men in de: *Meteorologische Untersuchungen* van H. W. DOVE, Berlin 1837.

voor die beweging is uit andere pogingen om de gedaante der aarde te bepalen te voorschijn getreden. Reeds in het jaar 1672 werd door RICHER opgemerkt, dat een slingeruurwerk een' anderen gang aanneemt, als het van de eene plaats der aarde naar de andere wordt overgebracht, en naar de theorie van NEWTON was dit verschijnsel ligtelijk te verklaren. De tijd, waarin een slinger van eene bepaalde lengte zijne schommelingen volbrengt, hangt geheel en al af van de kracht, die hem in beweging brengt en alzoo van de aantrekkingskracht der aarde. Is de aarde naar de polen afgeplat, zoo zal men in de nabijheid van hare polen iets digter bij haar middelpunt zijn dan onder de evennachtslijn; aan de polen zal de aantrekkingskracht grooter wezen, en dezelfde slinger zal daar minder tijd, dan aan de evennachtslijn, gebruiken, om elke schommeling te volbrengen. Door de tijden te bepalen, in welke dezelfde slinger, aan verschillende deelen van de oppervlakte der aarde, zijne schommelingen volbrengt, of wel, door de lengte te meten van de slingers, die, aan de verschillende deelen van de oppervlakte der aarde, hunne schommelingen in denzelfden tijd volbrengen, leert men alzoo de juiste gedaante der aarde kennen. Voor dat doel heeft men, op vele plaatsen der aarde, met eene verbazende naauwkeurigheid, de lengte van den secundeslinger bepaald, d. i. van eenen slinger, die voor elke schommeling juist ééne secunde gebruikt; maar die onderzoekingen doen voor de gedaante der aarde eene geheel andere uitkomst dan de regtstreeksche metingen vinden, ten zij men den invloed in rekening brengt, dien de omwenteling der aarde om hare as noodwendig op de lengte van den secunde-slinger moet uitoefenen. Door die wenteling ontstaat eene middelpuntvliedende kracht, die de lichamen op de oppervlakte der aarde van hare omwentelings-as tracht te verwijderen, en wel met een grooter vermogen, naar mate zij digter bij de evennachtslijn zijn geplaatst, omdat zij dan, in denzelfden tijd, grootere cirkels beschrijven, en zich alzoo sneller bewegen. De aantrekkingskracht, die de aarde aan hare oppervlakte uitoefent, wordt, door de middelpuntvliedende kracht uit hare wenteling voortgesproten, bestreden en verminderd, en daar die vermindering van

de polen naar de evennachtslijn toeneemt, terwijl de lengte van den secunde-slinger geheel en al afhangt van de kracht, die op hem werkt, zoude men, onder de wenteling der aarde, al ware zij volkomen kogelvormig, aan verschillende plaatsen, verschillende lengten voor den secunde-slinger moeten vinden. Het bestaan van die middelpuntvliedende kracht en alzoo ook van de wenteling der aarde, blijkt nu met zekerheid ook daaruit, dat zij volstrektelijk moet worden aangenomen, zoo men de uitkomsten, voor de gedaante der aarde door den slinger gegeven, in overeenstemming met die der regtstreeksche metingen wil brengen.

De genoemde verschijnselen kunnen de wentelende beweging der aarde boven allen twijfel verheffen, maar zij zijn ver verwijderd van aan de wenschen te voldoen, die men steeds omtrent bewijzen voor de beweging der aarde gekoesterd heeft. Wie niets op gezag van anderen wil aannemen en, door eigen onderzoek, van de wenteling der aarde overtuigd wil worden, kan oordeelen dat wat veel van hem wordt gevergd, indien men begeert dat hij daartoe den gordel der aarde bezoeke waar de passaat-winden heerschen, of dat hij de aarde uitmete, en haar doorwandele, om, aan ver van elkander verwijderde plaatsen, proeven met schommelende slingers te nemen en dat hij bovendien de lange en moeilijke redeneringen volge, die hem van de waargenomen verschijnselen tot hunne gevolgtrekking, de wenteling der aarde, moeten leiden. Men heeft echter al vroegtijdig nog een ander verschijnsel, als bewijsgrond voor de wenteling der aarde, leeren kennen, dat althans aan eene en dezelfde plaats der aarde volledig kan worden waargenomen, en niet, gelijk de secunde-slinger, eene tijdsbepaling vordert, die nimmer zonder de tusschenkomst van hemellichten kan worden verkregen. Dit verschijnsel is het nedervallen van lichamen uit eene groote hoogte. Het heeft, in vroegeren en in lateren tijd, tot vele belangrijke onderzoekingen aanleiding gegeven, die, voor zoo ver zij met de beweging der aarde in verband staan, hier met eenige uitvoerigheid behooren vermeld te worden.

TYCHO BRAHE, de sterrekundige, die in de tweede helft der zestiende eeuw, voor het eerst waarnemingen volbragt, naauwkeurig

genoeg om de wetten te verraden, volgens welke de lichamen des zonnestelsels zich bewegen, maar die niet begreep wat in zijne waarnemingen verborgen lag, was een der hevigste bestrijders van de beweging der aarde. Zijne voornaamste bedenking tegen die beweging was het verschijnsel, dat een ligchaam, aan den top eens torens losgelaten, aan den voet diens torens nedervalt, terwijl het, volgens hem, indien de aarde in beweging ware, zoo ver bezijden dien voet moest nederkomen, als de aarde zich, gedurende zijnen val, verplaatste. Dit gevoelen van TYCHO bewijst dat hij onbegrijpelijk valsche denkbeelden omtrent de wetten van beweging gekoesterd moet hebben, want niets was zoo natuurlijk, als dat het ligchaam vóór, gedurende en na zijnen val, in de zijdelingsche beweging der aarde moest deelen, en dus aan den voet des torens moest nederkomen, onverschillig of de aarde in rust, of in beweging was. Ofschoon GALILEI de grove dwaling had aangetoond, waarin TYCHO met vele anderen verkeerde, bleef zij langen tijd de voornaamste bedenking, die tegen het stelsel van COPERNICUS werd ingebracht, tot dat GASSENDI, door opzettelijke proefnemingen, aantoonde, hetgeen trouwens bij elken zeeman bekend moest wezen, dat lichamen uit den top van een snel voortzeilend schip nedergelaten, juist aan den voet van den mast het dek bereiken, even zoo als of het schip van alle beweging ware ontbloot. Het nedervallen van lichamen uit eene groote hoogte, dat aanvankelijk als een bewijs tegen de beweging der aarde werd aangevoerd, heeft, bij een onbevooroordeeld nadenken, als zoodanig al zijne kracht verloren, en is later een der treffendste bewijzen vóór die beweging geworden. De groote NEWTON maakte, nog voor dat hij de algemeene aantrekkingskracht ontdekte, de opmerking, dat een ligchaam, van eene zeer groote hoogte losgelaten, onder de wenteling der aarde om hare as, wel op zeer weinig na, maar toch niet volkomen langs den draad van een paslood, d. i. niet in eene rigting volkomen loodregt op den grond, moest nederdalen. De lichamen, die door de wenteling der aarde worden omgevoerd, moeten namelijk dagelijks grootere cirkels beschrijven, en dus eene snellere zijdelingsche beweging aannemen, naar mate zij zich hooger boven de oppervlakte der aarde verheffen, en daardoor verder van

de omwentelings-as der aarde verwijderd zijn. De top van een' hoogen toren heeft alzoo eene eenigzins snellere beweging, van het oosten naar het westen, dan zijn voet, en een ligchaam van dien top nedergelaten, dat noodwendig in de zijdelingsche beweging van dien top moest deelen en deze gedurende zijnen val moest behouden, zal niet, gelijk TYCHO meende, zeer ver ten westen, maar een weinig ten oosten van den voet des torens, of liever van het voetpunt der loodlijn, uit het punt van waar het ligchaam viel, nedergelaten, den grond bereiken. Zelfs de hoogste toren is echter zeer klein met betrekking tot de grootte der aarde en den afstand, waarop hij van de as der aarde verwijderd is. Het verschil tusschen de zijdelingsche suelheden van zijnen top en zijnen voet, kan daarom niet dan uiterst gering wezen en het liet zich reeds dadelijk aanzien, dat die afwijking der nedervallende ligchamen zich niet dan door de fijnste proefnemingen zoude verraden. Op het einde des jaars 1679 maakte NEWTON de Koninklijke Maatschappij te Londen met deze zijne beschouwingen bekend, en hoezeer zij aan de beweging der aarde niet twijfelde of twijfelen kon, hechtte zij toch aan een regtstreeksch bewijs voor die beweging eene zoo hooge waarde, dat zij haren secretaris, den beroemden HOOK, de taak opdroeg, om met nedervallende kogels proeven te nemen. NEWTON had zich ook beijverd om de beweging, die een nedervallend ligchaam onder de wenteling der aarde moest aannemen, met juistheid te bepalen, en geraakte daarover met HOOK in een wetenschappelijk geschil, waaruit veel licht is opgegaan, en dat het zijne tot de ontdekking der algemeene aantrekkingskracht heeft bijgedragen. De volledige oplossing van het schijnbaar zoo eenvoudig vraagstuk, dat NEWTON zich voorstelde, ging toen nog de kracht der wiskunde te boven, maar omtrent het uiterst gering bedrag der afwijking behoefde men toch niet in het onzekere om te doelen. De proefnemingen van HOOK mislukten geheel en al, want de minste onvoorzigtigheid bij het loslaten en het minste luchtstroompje deelde de kogels eene veel grootere zijdelingsche afwijking mede, dan de beweging der aarde. De kogels vielen in allerlei rigtingen rondom het voetpunt van het paslood neder, en

uit zoo uiteenlopende uitkomsten was geene einduitkomst van eenige zekerheid af te leiden. Eerst in het jaar 1791 werden deze proeven weder opgevat door GULIELMINI te Bologna, die, op een' toren aldaar, uit eene hoogte van 241 voeten kogels liet neder-vallen, maar niet veel gelukkiger dan HOOK mogt slagen. BENZENBERG, die in het jaar 1802 deze proeven, op den Michaëlis-toren te Hamburg en in de kolenschacht te Schlebusch herhaalde, liet kogels uit hoogten van 235 en van 250 voeten nederdalen, en vond een gemiddeld bedrag der afwijkingen juist zoo groot, als het, naar de theoretische bespiegelingen van OIBERS en GAUSS, ten gevolge van de beweging der aarde, wezen moest. Deze proeven werden, in deze eeuw, nog eenmaal en op eene zeer groote schaal genomen, door REICH en BRENDDEL te Freiberg, en ofschoon ook de vroegere eene nauwkeurige beschouwing verdienen, zal ik; kortheidshalve, alleenlijk omtrent deze eenige bijzonderheden vermelden.

Toen de Dreibrüderschacht bij Freiberg, een put van 160 ellen of omtrent 500 voeten diepte, die nagenoeg loodregt nederdaalt en den toegang tot eene mijn verleent, in het jaar 1820 was voltooid, werd reeds dadelijk besloten, om gebruik te maken van de schoone gelegenheid, die hij voor het nemen van proeven met vallende lichamen aanbod. Aan dat besluit werd echter eerst in het jaar 1831 gevolg gegeven, en de proefnemingen, die verschillende doeleinden hadden, werden aan den hoogleeraar REICH en den werktuigkundige BRENDDEL opgedragen. De proefnemingen van GULIELMINI en BENZENBERG hadden reeds geleerd, dat men daarbij geene te groote voorzorgen nemen kon, en het was boven alles noodig, de ruimte, door welke de kogels vallen moesten, zorgvuldig af te sluiten, opdat zij door geene luchtstroomen eene zijdelingsche beweging zouden kunnen aannemen. Daarom werd een vierkante houten koker, die eene breedte van ruim 4 Ned. palmen of 18 Rh. duimen, en eene lengte van bijna 160 ellen had, binnen de schacht, zoo nauwkeurig mogelijk, in een' loodregtenstand bevestigd. Omtrent 7 ellen onder den mond der schacht, die omtrent 475 ellen boven de oppervlakte der zee verheven is, was een kamertje afgeschoten, voor den waarnemer, die de kogels

zoude doen nederdalen, en, aan den voet des kokers, een ander kamertje voor den waarnemer, die het punt moest opteekenen, waar elke nedergevallen kogel den grond bereikte. Aan het boven-einde van den koker was een kastje, door ijzeren platen, zoo stevig mogelijk, aan de steenen wanden der schacht verbonden, opdat het in geene schuddende beweging van den koker zoude kunnen deelen, en in dat kastje, dat door een week lederen bekleedsel tot een afgesloten geheel met den koker was verbonden, werden de kogels opgehangen. De kogels, die 270 wigtjes wogen, waren uit een hard metaal-mengsel vervaardigd en zeer zorgvuldig gedraaid en gepolijst. Aan iederen van hen was een fijne draad bevestigd, die door eene kleine opening, in de bovenplaat van het kastje, werd heen gestoken, en daar door eene tang werd gevat. Op den, in het afgesloten kastje hangenden, kogel waren twee mikroskopen gerigt, door welke de minste beweging in den kogel zich verraden moest, en de kogel werd, hoe lang het duren mogt, niet los gelaten, zoo lang hij nog eenige beweging deed bespeuren. Was hij geheel in rust gekomen, dan werd de tang, die het draadje vasthield, geopend, en de kogel viel in zijne afgeslotene ruimte neder. Onder den koker was een blok van beukenhout geplaatst, bestaande uit negen kleinere blokken, zoo naauwkeurig mogelijk aan elkander verbonden en met de houtvezels in een' loodregten stand. De ruimte die, tusschen het ondereinde van den koker en het blok, noodwendig vrij moest blijven, was, onder het vallen der kogels, door een' lederen mantel afgesloten, en elke kogel maakte, op het houten blok, eenen scherp begrensden indruk, waardoor het punt, waar hij den grond had bereikt, zich met juistheid liet bepalen. In de kleine opening, door welke de korte draden der kogels, als zij zouden nedervallen, gestoken waren, werd, vóór de proefnemingen, de fijne draad van een lang paslood gehangen, dat het beukenblok beneden bereikte, en daarop, met juistheid, het voetpunt van de loodlijn moest aanwijzen. Door uitmeting werd dan verder bepaald, op welken afstand en in welke rigting, met betrekking tot het voetpunt dier loodlijn, elke kogel op den grond was nedergevallen.

In weerwil van de talrijke en zeer kostbare voorzorgen, door REICH en BRENDÉL genomen, waren hunne proeven aanvankelijk ver verwijderd van de gewenschte uitkomsten op te leveren. De kogels vielen op allerlei afstanden en in allerlei rigtingen, met betrekking tot het voetpunt der loodlijn, neder, en ofschoon de kogels aan een kort en dun paardenhaar waren opgehangen, bleek het, dat het niet mogelijk was, de tang, die het paardenhaar vast hield, zoo voorzigtig te openen, dat daarbij aan den kogel geene te groote zijdelingsche beweging werd gegeven. REICH en BRENDÉL zagen zich daarom genoodzaakt de kogels op eene andere wijze te doen nedervallen, en wendden daartoe den toestel aan, die veelal gebruikt wordt, om eene zinnelijke voorstelling van de uitzetting der ligchamen door de warmte te geven. In de metalen plaat, die het kastje van boven dekte, werd eene volkomen ronde opening gemaakt, even groot genoeg om de kogels door te laten, wanneer zij in denzelfden warmtegraad als de plaat verkeerden, maar niet groot genoeg om die door te laten, wanneer zij, door eene grootere warmte, waren uitgezet. De kogels werden, gedurende eenigen tijd, in kokend water gehouden, dan spoedig afgedroogd, op de opening gelegd en met een' glazen klok gedekt. Bij hunne bekoeling inkrimpende, moesten de kogels weldra middellijnen verkrijgen, eenigzins kleiner dan die der ronde openingen, en dan, door die openingen heen, nedervallen. De proeven stemden, bij die wijze om de kogels neder te laten, veel beter dan vroeger met elkander overeen, maar toch ontvingen de kogels, hetzij door kleine luchtstroomen in den geheel afgesloten koker, hetzij door eene ongelijke wrijving aan de randen der openingen, eene zijdelingsche beweging, die bij elke nieuwe proefneming anders dan bij de vorige was, en door welke de kogels onregelmatige afwijkingen ondergingen, gewoonlijk veel grooter dan hunne gemeenschappelijke afwijking, die een gevolg van de beweging der aarde wezen moest.

De moeilijkheid om, door de beweging van nedervallende kogels, de wenteling der aarde zichtbaar te maken, is ligtelijk in te zien, wanneer men zijne aandacht vestigt op het uiterst gering bedrag der afwijking, die daartoe moet worden waargenomen. Bij

de proefnemingen in de Dreibrüderschacht vielen de kogels door eene ruimte van $158\frac{1}{2}$ Ned. ellen of omtrent 490 voeten, en voor die groote valhoogte moest, naar de theorie, het middelpunt van elken kogel niet meer dan $27\frac{1}{2}$ Ned. strepen, ten oosten van het voetpunt der loodlijn, den grond bereiken. Het bedrag dier grootheid kan men zich ligtelijk daardoor voorstellen, dat zij nagenoeg met de lengte van elk lid onzer vingers overeenstemt, en het is natuurlijk dat kogels, van eene hoogte nedervallende die omtrent zes duizend malen grooter was, bij het minste schokje of luchtstroompje, meer dan dat bedrag van de loodlijn moesten worden afgeleid. De uitkomsten der verschillende proefnemingen liepen dan ook zeer aanmerkelijk uit één, maar elke der zes reeksen van proefnemingen, die men volbragt, gaf gemiddeld toch eene afwijking der kogels naar het oosten te kennen, en een middental, uit alle 106 proefnemingen, deed voor die afwijking een bedrag van 28,4 Ned. strepen vinden. Uit de volbragte proefnemingen liet zich de grootte der afwijking niet op ééne Ned. streep na met zekerheid bepalen, en daar de uitkomst der proefnemingen, minder nog dan ééne streep, van die der theorie verschilt, is zij, met de bekende wenteling der aarde, in eene zoo volkomene overeenstemming, als men dit billijkerwijze wenschen kan.

Het nedervallen van lichamen, in eene eenigzins schuinsche rigting, welks waarneming buitengewone omstandigheden, zeer groote voorzorgen en zeer aanzienlijke geldelijke uitgaven vordert, was het eenvoudigst natuurkundig verschijnsel, dat men gewoon was als een regtstreeksch bewijs voor de wenteling der aarde aan te voeren; toen, nu vier jaren geleden, tot elks verbazing, een soortgelijk bewijs werd gevonden in een veel eenvoudiger verschijnsel, dat iedereen kent en dagelijks onder zijne oogen heeft. Op den 3den Februarij 1851 werd, door den Franschen geleerde LÉON FOUCAULT, aan de Akademie van wetenschappen te Parijs de opmerking medegedeeld, dat de schommelingen van eenen slinger, op eene bepaalde en zeer eenvoudige wijze, eene getuigenis van de wentelende beweging der aarde moesten afleggen. Eene korte redenering was toereikende om iedereen van de juistheid zijner opmerking te

overtuigen en FOUCAULT gaf tevens een verslag van proefnemingen met lange slingers, door welke hem de wenteling der aarde om hare as inderdaad aanschouwelijk was gemaakt geworden. Reeds GALILEI had de beweging van schommelende slingers beoefend. In eene veel hoogere volkomenheid geschiedde dit door onzen landgenoot CHRISTIAAN HUIJGENS, die, door de slingers aan de uurwerken toe te voegen, zoo wel de sterrekunde als het maatschappelijk leven onberekenbare diensten heeft bewezen. Vooral na de ontdekking van de algemeene aantrekkingskracht, had de beweging der slingers tot schoone bespiegelingen aanleiding gegeven, daar zij het uitstekendst middel was, om het vermogen van die kracht te meten. Men had, uit talrijke proefnemingen met den slinger, aan verschillende punten op de oppervlakte der aarde volbragt, de gedaante der aarde afgeleid; men had in de uitkomsten dier proefnemingen een treffend, maar vrij zamengesteld, bewijs, voor de beweging der aarde aangewezen; men had, vooral in deze eeuw, de kracht der wiskunde uitgeput, om den invloed te bepalen dien storingen van verschillenden aard op de beweging van den slinger moesten uitoefenen, maar in weerwil van dit alles, was het hoogst eenvoudig bewijs voor de wenteling der aarde, dat uit de beweging van den slinger kan worden afgeleid, door iedereen onopgemerkt gebleven.

Om den aard van het bewijs voor de wenteling der aarde, door FOUCAULT in de schommelingen van den slinger gevonden, voor iedereen verstaanbaar te kunnen maken, moet ik mij eene korte beschouwing van de beweging eens slingers veroorloven. Wanneer men eenen draad, met het eene uiteinde, aan een gewigt bevestigt, en, met het andere uiteinde, aan een vast punt ophangt, zoodat het gewigt vrijelijk om dat punt kan heen en weder schommelen, zoo verkrijgt men eenen toestel, die in het algemeen den naam van *slinger* draagt en die nader komen zal tot hetgeen de wis- en natuurkundigen een' *enkelvoudigen* slinger noemen, naar mate de draad dunner en ligter, en het gewigt kleiner en zwaarder is. Een slinger is een paslood in beweging, en een paslood is een slinger in rust. Wij weten dat de aantrekkingskracht, die de

aarde aan hare oppervlakte uitoefent, overal in eene rigting moet werken, juist loodregt op de vlakke van den grond, ter plaatse waar men zich bevindt, en dat, ten gevolge daarvan, alle ligchamen, die aan zich zelve worden overgelaten, in eene rigting, loodregt op den grond, moeten nedervallen. Om diezelfde reden moet het gewigt van een paslood of van eenen slinger, als het in rust is gekomen, zijn' laagst mogelijken stand met betrekking tot den grond hebben ingenomen, en moet de draad, waaraan het hangt, eenen stand hebben verkregen, juist loodregt op de vlakke van den grond. In dien stand werkt de aantrekkingskracht der aarde op het gewigt juist in de rigting naar het punt, waar het wordt opgehouden, zoo dat de werking dier kracht op het gewigt, bij dien stand, door het ophangpunt geheel wordt opgeheven, 'en zij het geene beweging kan mededeelen. Wanneer daarentegen het gewigt, terwijl het den draad gespannen houdt, wordt opgeligt, zoo dat de draad een' schuinschen stand aanneemt, dan zal de werking der aantrekkingskracht op het gewigt niet geheel door het ophangpunt worden opgeheven. Wordt het gewigt dan los gelaten, zoo zal het nederdalen, maar dit kan nu niet in eene rigting loodregt op den grond plaats hebben, daar het gewigt aan het ophangpunt verbonden is. Het gewigt beschrijft, bij zijn nederdalen, eenen cirkelboog, en onder dat nederdalen komt de draad steeds nader tot den loodregten stand, ten gevolge waarvan de werking der aantrekkingskracht op het gewigt steeds meer en meer door het ophangpunt wordt opgeheven, en deze kracht aan het gewigt allengs minder beweging mededeelt. De aantrekkingskracht der aarde, hoezeer hare werking op het nederdalend gewigt gestadig vermindert, blijft echter aan de beweging die het gewigt reeds had verkregen, gestadig nieuwe beweging toevoegen, zoodat de snelheid van het gewigt ook gestadig moet toenemen, en het grootst wordt bij den loodregten stand van den draad, waarbij de aantrekkingskracht de snelheid van het gewigt in het geheel niet meer vergrooten kan. Door de snelheid, die het gewigt nu heeft verkregen, moet het aan de andere zijde van de loodlijn opstijgen, en zich, tegen den zin in welken de aantrekkingskracht werkt, be-

wegen. Zijne beweging wordt nu door de aantrekkingskracht bestreden en wel sterker, naar mate de draad een' schuinscher stand heeft ingenomen. Op dezelfde wijze als de snelheid, bij het nederdalen, werd vergroot, wordt zij nu, onder het opstijgen, verminderd en zij is door de aantrekking der aarde geheel vernietigd, wanneer het gewigt tot eene hoogte is gestegen, zoo groot als die van waar het nederdaalde. In dien stand blijft het gewigt een oogenblik in rust, maar omdat het altijd de aantrekkingskracht der aarde blijft ondervinden, moet het onmiddellijk, nadat zijne beweging is vernietigd, weder nederdalen, op volkomen dezelfde wijze, als dit oorspronkelijk, aan de andere zijde van de loodlijn, het geval was. Bij het nederdalen moet de draad noodwendig weder den loodregten stand hernemen, en daarbij moet het gewigt weder zijne grootste snelheid verkrijgen, om vervolgens op te stijgen, tot dat het de hoogte weder bereikt, van welke het oorspronkelijk nederdaalde. Van daar daalt het gewigt andermaal neder en het volbrengt regelmatige schommelingen, in tijdvakken, die door de lengte des slingers en het vermogen van de aantrekkingskracht der aarde worden bepaald.

Alle stoffelijke lichamen bezitten eene eigenschap, die den naam van *inertie* of traagheid draagt, en volgens welke zij, in den staat van rust of van beweging waarin zij verkeerden, moeten volharden, tot dat zij, door deze of gene kracht, in die rust of beweging worden gestoord. Een voortgeworpen ligchaam zoude daarom altijd, met dezelfde snelheid en in dezelfde rigting, voortgaan, indien daarop nimmer eene kracht werkte, buiten den schok of stoot, die het in beweging bragt. Een slinger zoude ook altijd in zijne schommelingen volharden, en een volkomen perpetuum mobile zijn, indien hij volstrekt geene kracht dan de aantrekking der aarde ondervond. Het gewigt van den slinger moet echter, met den draad, gestadig de lucht doorklieven, en ondervindt daardoor eenen tegenstand, die het, in zijne beweging belemmert. Bij het heen en weder schommelen van den slinger, moet de draad, aan welken het gewigt hangt, gestadig worden omgebogen, en hoe gering de daartoe noodige kracht moge zijn, ook zij moet noodwendig het gewigt

in zijne beweging belemmeren. Een gevolg van die belemmeringen is, dat de schommelingen van eenen slinger allengs kleiner en spoedig geheel en al onmerkbaar worden, zoodat de slinger ten laatste geheel en al stil blijft staan, en in een paslood overgaat.

De grootte zijner schommelingen en de tijd waarin deze worden volbragt, maken met elkander niet alles uit, wat de beweging van eenen slinger bepaalt. Daarbij komt nog iets in aanmerking, welks beschouwing voor de onderzoekingen, tot welke de proefnemingen met den slinger dienden, niet noodig was, en dat men daardoor gestadig heeft voorbijgezien, maar aan hetwelk FOUCAULT een treffend bewijs voor de wenteling der aarde ontleende. Wanneer men het gewigt van den slinger, na den draad in een' schuinschen stand gebragt te hebben, aan zich zelf overlaat, dan moet het langs den kortsten weg dien het kan afleggen, zijn laagsten stand, met betrekking tot den grond, trachten in te nemen. De draad, waaraan het gewigt hangt, moet zich daarom regelregt naar de loodlijn bewegen, zoodat hij eene platte vlakke beschrijft, die door de loodlijn loopt en daarom op de vlakke van den grond loodregt staat. Die vlakke wordt de *schommelvlakke* van den slinger genoemd, en haar juiste stand in de ruimte wordt bepaald door de loodlijn, door welke zij moet henen loopen, en de plaats van het punt van waar men het gewigt laat nederdalen, hetwelk men in allerlei rigtingen rondom de loodlijn nemen kan. Wegens de traagheid kan die schommelvlakke den stand in de ruimte, dien zij oorspronkelijk ontving, niet van zelve veranderen, maar moet zij dien standvastig behouden, zoo lang geene vreemde kracht den slinger dwingt van haar af te wijken. De voorwerpen, die ons omringen, en de punten van den grond, boven welken de slinger schommelt, moeten, zoo wel als de streken van den horizon, in de wentelende beweging der aarde deelen. Terwijl de schommelvlakke van eenen slinger denzelfden stand in de ruimte behoudt, en de aarde zich om eene as wentelt, moet die vlakke zich alzoo, met betrekking tot de voorwerpen die ons omringen, met betrekking tot den grond boven welken de slinger schommelt, en met betrekking tot de streken van den horizon, regelmatig verplaatsen, en in die verplaatsing

ligt het nieuw bewijs voor de wenteling der aarde, dat door den slinger wordt aangeboden.

De wenteling der aarde om hare as zoude overal ten volle en op de eenvoudigste wijze in de schommelvlakte van eenen slinger aanschouwelijk worden gemaakt, indien die vlakte inderdaad overal haren stand in de ruimte onveranderlijk behouden kon, maar dit is alleenlijk het geval aan de twee punten van de oppervlakte der aarde, die den naam van *polen* dragen. Aan de polen der aarde, maar ook daar alleen, valt de loodlijn op den grond met de omwentelings-as der aarde te zamen, en ondergaat zij, door de wenteling der aarde, geene verplaatsing in de ruimte. Daar bestaat dus ook volstrekt geene reden, waarom de schommelvlakte van eenen slinger zich in de ruimte zoude verplaatsen, en die behoudt daar denzelfden stand, ofschoon het ophangpunt altijd aan de aarde moet verbonden worden. Aan de polen der aarde staat de vlakte van den horizon loodregt op de omwentelings-as der aarde, en deze vlakte blijft daar denzelfden stand behouden, hoezeer de geheele horizon, met de aarde, wordt omgedraaid en elke streek van den horizon binnen 24 uren, achtereenvolgens naar alle punten van den omtrek des hemels wordt gerigt. Aan de polen draait alzoo de grond regelmatig onder de stilstaande schommelvlakte van den slinger door, en moet die schommelvlakte, als zij bij vaste punten van den grond, of bij de streken van den horizon wordt vergeleken, zich in 24 uren, in eene rigting van het oosten naar het westen, regelmatig om de loodlijn schijnen om te wentelen.

Voor plaatsens op de oppervlakte der aarde, buiten eene van hare polen gelegen, is het verschijnsel verre weg zoo eenvoudig niet, omdat daar, wegens de wenteling der aarde om hare as, noch de schommelvlakte van den slinger, noch de vlakte van den grond of van den horizon, denzelfden stand in de ruimte kan behouden. Aan elke plaats, buiten de polen, maakt de loodlijn op den grond een' bepaalden hoek met de as der aarde, en terwijl de aarde zich om hare as wentelt, beschrijft die loodlijn eenen kegel rondom die as, zoodat zij haren stand in de ruimte gestadig verandert. De schommelvlakte van den slinger tracht wel, wegens de traagheid,

denzelfden stand in de ruimte te behouden, maar zij kan dit niet, daar zij altijd door de loodlijn moet blijven loopen, die, van oogenblik tot oogenblik, andere standen in de ruimte aanneemt. De horizon van eene plaats buiten de polen der aarde staat niet loodrecht op hare omwentelings-as, en moet dus ook, bij de wenteling der aarde om hare as, zijnen stand in de ruimte gestadig veranderen. Nu kunnen wij noch de standverandering van den horizon, noch die van de schommelvlakte onmiddellijk waarnemen, maar wel de standverandering die zij, met betrekking tot elkander, ondergaan; en deze kan zich, daar de schommelvlakte altijd loodrecht op den horizon moet staan, alleen openbaren aan de rigting van de lijn, waaronder die beide vlakken elkander doorsnijden. Die lijn wordt door de heen en wedergaande bewegingen van het gewigt, 'over den grond of over den horizon, geteekend. Zij laat zich bij vaste punten van den grond of bij de streken van den horizon vergelijken, maar zonder de hulp der wiskunde kan niet worden aangegeven, hoe groot hare verplaatsing, met betrekking tot die punten of streken, aan de verschillende deelen van de oppervlakte der aarde wezen moet. De wiskunde leert echter dat, hoezeer de vlakte van den horizon zich in de ruimte meer verplaatst, naar mate men tot de evennachtslijn nadert, de lijn, onder welke die vlakken elkander doorsnijden, in diezelfde mate, met betrekking tot vaste punten van den horizon, kleinere plaatsveranderingen zal ondergaan. De lijn van doorsnede, d. i. de lijn die de schommelingen van den slinger over den grond teekenen, schijnt zich, alleen aan de polen, juist in een etmaal eenmaal om te wentelen. Aan andere punten van de oppervlakte der aarde draait zij zich op dezelfde wijze en even regelmatig om, maar langzamer naar mate die plaatsen digter bij de evennachtslijn zijn gelegen, en juist onder de evennachtslijn schijnt zij geheel stil te staan. De snelheid, met welke de schommelvlakte zich schijnt om te draaijen, neemt, van de polen naar de evennachtslijn regelmatig af, naar eene eenvoudige wet, maar die zonder eenen term der wiskunde niet kan worden uitgedrukt. Naar die wet moet de schommelvlakte, in de hoofdstad van ons rijk, in den zin van het oosten naar het westen, eene geheele omwenteling

om de loodlijn volbrengen, in den tijd van 30 uren, 13 minuten, 46 seconden, en in den tijd van een uur eenen hoek doorloopen van 11 graden, 54 minuten, 32 seconden.

Toen **FOUCAULT** zijne opmerking het eerst bekend maakte, heeft hij, zonder een bewijs daarvan te geven, de eenvoudige wet vermeld, volgens welke de schommelvlakte van den slinger zich, aan de verschillende deelen van de oppervlakte der aarde, moet schijnen te verplaatsen. Het was natuurlijk dat die wet, welke zich alleen op eene wiskundige wijze laat uitdrukken, ook niet zonder alle wiskunde te bewijzen zoude zijn, en dat de volledige bepaling van de beweging, die een slinger, onder de beweging der aarde, moet ondergaan, zelfs zonder de hulp van de hoogere wiskunde niet mogelijk zoude zijn. Ik heb zeer vroeg, ten behoeve van mijne leerlingen, een eenvoudig bewijs van de genoemde wet gezocht, en van het beginsel uitgaande, dat de schommelvlakte, die steeds de loodlijn in hare beweging moet volgen, maar, wegens de traagheid, haren stand in de ruimte wil behouden, zich, van het eene oogenblik tot het volgende, zoo weinig mogelijk verplaatsen zal, vond ik een volledig bewijs, dat door iedereen volkomen kan worden verstaan, die zich slechts eenige kennis van de bolvormige driehoeksmeting heeft verworven. Daarna zijn mij talrijke andere bewijzen of vermeende bewijzen voor die wet, onder de oogen gekomen, maar voor zoo ver zij populair moesten heeten, waren zij louter onzin, en in sommige der vermeende elementaire bewijzen was de geheele zaak verkeerdelijk voorgesteld, of hetgeen bewezen moest worden, reeds aanvankelijk, op eene bedekte wijze, als eene bekende waarheid, aangenomen. De heeren **VERDAM**, **CRAHAY** en **ESCHWEILER** gaven zuivere bewijzen van die wet, welke zonder eene kennis van de hoogere wiskunde gevolgd kunnen worden. Ik geloof echter dat het bewijs, door mij gevonden, eenvoudiger en natuurlijker is, hoezeer het tot heden, met vele andere zaken, onuitgegeven is blijven liggen. De beroemde **WHEATSTONE** heeft een vernuftigen toestel bedacht, door welken ook zij, die in het geheel geene wiskunde verstaan, proefondervindelijk van de waarheid dier wet overtuigd kunnen worden. Bij dien toestel wordt de slin-

ger door eene metalen veër vervangen, die, althans gedurende een paar minuten, op eene zichtbare wijze, in dezelfde vlakke moet blijven schommelen; maar het schijnt zeer moeilijk zich zulke veëren te verwerven, hetgeen mij ook niet is mogen gelukken. SILVESTRE en ESLER hebben toestellen bedacht, om de verplaatsing van het schommelvlak zinnelijk voor te stellen, wanneer haar bedrag reeds als bekend wordt aangenomen, maar deze toestellen zijn, naar mijn gevoelen, nutteloos.

Het nieuw bewijs voor de wenteling der aarde, door ROUCAULT gevonden, heeft zoo veel opschudding gemaakt, en zoo vele bemoeijingen uitgelokt, dat ik, om daarvan een eenigzins volledig verslag te kunnen geven, over eene veel grootere ruimte zoude moeten kunnen beschikken, dan die mij hier ten dienste staat. Bij de Academie van Wetenschappen te Parijs alleen, zijn, binnen anderhalf jaar na het eerste bericht van ROUCAULT, omtrent vijftig stukken ingekomen, die op zijne zoogenaamde slingerproeven betrekking hadden. Het scheen nu ook zoo ligt te zijn geworden, de aarde te zien wentelen, dat iedereen zich in dat schouwspel wilde vermaken, en, misschien aan omtrent zoo vele plaatsen als de leerboeken over aardrijkskunde namen bevatten, liet men slingers schommelen, tot dat verveling daaraan een einde maakte. Niet overal echter bevroedde men de voorzorgen, die zich later noodzakelijk hebben betoond, zoo men zich, door de schommelingen des slingers, niet om den tuin wil laten leiden. ROUCAULT zelf, die reeds aanvankelijk proeven met eenen slinger van 10 ellen lengte had genomen, herhaalde die weldra, met eenen slinger, die eene lengte had van 67 ellen, en wiens draad aan het koepelgewelf van het Pantheon te Parijs bevestigd was. GARTHE bevestigde eenen slinger, van 50 ellen lengte, aan een der koorgewelven van den Dom te Keulen. Elders nam men proeven met veel kortere slingers, en in ons vaderland geschiedde dit, met groote zorgvuldigheid, door de heeren VAN BEEK te Utrecht en VAN DER WILLEN te Deventer. Het bleek echter spoedig, uit de verschillende proefnemingen, dat de beweging der aarde niet zoo ligtelijk in eenen schommelenden slinger was te lezen, als men zich dit aan-

vankelijk had voorgesteld. Waar men zeer lange slingers met groote omzigtigheid had gebruikt, kwamen de uitkomsten der proefnemingen zeer wel met de theorie overeen, maar bij het gebruik van kortere slingers vond men steeds eene andere verplaatsing van de schommelvlakte, dan door de theorie werd voorgeschreven, en het verried zich vrij spoedig, dat die verplaatsing een zamengesteld verschijnsel moest wezen, waarop ook geheel andere oorzaken, dan de beweging der aarde, werken. Had men aanvankelijk niet instinctmatig de proeven zoodanig ingerigt, dat men, zonder het zelf te weten, den invloed grootendeels vernietigde, dien sommige storingsen op de verplaatsing van de schommelvlakte moesten uitoefenen, zoo zoude men in het geheel geene overeenstemming tusschen de proefnemingen en de theorie hebben gevonden, en er is niet aan te twifelen dat vele proefnemers van lageren rang met zelfvoldoening hebben getuurd op verplaatsingen der schommelvlakte eens slingers, die uit geheel andere oorzaken dan de beweging der aarde waren voortgevloeid. Reeds twee jaren voor dat FOUCAULT met zijne opmerking te voorschijn trad, had onze verdienstelijke landgenoot, de heer F. J. STAMKART, in zijne schoone verhandeling *over den tegenstand der lucht tegen de beweging van eenen slinger*, aangetoond, dat de minste ongelijkheid in de beweging der lucht, het gewigt van den slinger van de platte vlakte, in welke het zich beweegt, moet doen afwijken, en eene beweging in een zeer smal langrond moet doen aannemen, terwijl de tegenstand der lucht het langrond allengs wijder moet doen worden en eene zeer aanmerkelijke verplaatsing van de schommelvlakte ten gevolge kan hebben. Het is zonderling dat de heer STAMKART, die zijne aandacht op de verplaatsing van de schommelvlakte eens slingers gevestigd had, toen niet op het denkbeeld is gekomen, door hetwelk FOUCAULT zich, kort daarna, zoo veel naam verworven heeft. De proefnemers, die op onverwachte storenissen stieten, schijnen de verhandeling van den heer STAMKART niet gekend te hebben, doch zij werden spoedig teregt gewezen door den sterrekundige AIRY, die twee belangrijke bronnen van verplaatsingen der schommelvlakte eens slingers ontdekte. AIRY toonde aan, dat ook de

allerminste zijdelingsche beweging, die het gewigt van den slinger bij het loslaten ontvangt, den draad zich niet in eene platte vlakke, maar in eene smalle kegelvlakke moet doen bewegen, zoodat het gewigt, in plaats van een' kleinen cirkelboog, een smal langrond beschrijft, en al is deze beweging van het gewigt op het oog nauwelijks van die in eene regte lijn te onderscheiden, zoo kan zij eene zeer aanmerkelijke verplaatsing van de schommelvlakke ten gevolge hebben. Wanneer bij eenen slinger, die eene lengte van 52 voeten heeft, de breedte van het langrond, dat het gewigt beschrijft, slechts een negende deel van zijne lengte bedraagt, is dit in Europa reeds genoeg, om de verplaatsing, die de schommelvlakke des slingers door de beweging der aarde moet ondergaan, te vernietigen of te verdubbelen, en bij eenen slinger met eene lengte van drie voeten, behoeft daartoe de breedte van het langrond slechts een twee-en-vijftigste deel van zijne lengte te bedragen. De beweging in een langrond, die het gewigt, het zij door eene kleine zijdelingsche beweging bij het nederlaten, het zij door luchtstroomen verkrijgt, wordt altijd door den tegenstand der lucht vergroot en haar invloed op den stand der schommelvlakke wordt, bij korte slingers, spoedig ook grooter dan de geheele invloed van de beweging der aarde. De invloed van deze storing kan, als zij niet te groot is, door een' kundigen waarnemer in rekening worden gebracht, maar dat is minder het geval met eene andere belangrijke bron van storingen, door AIRY aangewezen. Het was klaar dat men het gewigt van den slinger aan een' dunnen en ronden metalen draad moest ophangen, maar de draad moest, van boven, op deze of gene wijze, worden vastgemaakt, en uit die bevestiging moest eene nieuwe verplaatsing van de schommelvlakke voortvloeijen. Sluit de draad volkomen in eene ronde opening, met scherpe kanten, zoo breekt hij spoedig af, en het zij men die kanten afrondt, of den draad eenige speelruimte geeft in de opening door welke hij henen loopt, de schommelvlakke zal zich merkbaar verplaatsen, indien die kanten of die opening slechts eenigermate van de ronde gedaante afwijken. Vat men den draad in eene tang, zoo als dit gewoonlijk geschiedt, zoo is eene onregel-

matige verplaatsing der schommelvlakte daarvan een onvermijdelijk gevolg. GARTHE bevestigde den draad des slingers, in den Dom te Keulen, aan eene plaat, die de beweging van den slinger moest volgen, doordien zij zelve, op de wijze der zeekompassen, om eene dubbele as beweegbaar was. Daardoor werd veel gewonnen, maar werden toch geenszins alle bronnen van storenissen gestopt.

De vroegere wiskundige bespiegelingen, omtrent de beweging van eenen slinger, hoe talrijk, hoe geleerd en hoe diepzinnig zij wezen mogten, waren steeds onvolledig gebleven, daar zij wel de tijden, waarin een slinger zijne schommelingen volbrengt, maar niet de beweging, die het gewigt en die de draad des slingers, onder storende invloeden van allerlei aard, moesten aannemen, betroffen hadden. Hoeveel aan dat onderzoek verbonden was, bleek uit de geleerde en veel, maar lang niet alles, omvattende, wiskundige bespiegelingen van BINET, AIRY, CLAUSEN, COMBE en anderen, door de slingerproeven van FOUCAULT uitgelokt, en het was een gelukkig denkbeeld van het gezelschap van natuuronderzoekers te Dantzig, om, door het uitschrijven van eene prijsvraag, tot een meer volledig onderzoek omtrent dit belangrijk onderwerp aanleiding te geven. Die prijsvraag werd op den 4^{den} Februarij 1852 uitgeschreven, en hoezeer hetgeen zij eischte zeer na aan de grenzen lag van het uiterste dat de hoogere wiskunde in den tegenwoordigen tijd vermag, werd het antwoord reeds voor den 1^{sten} October 1852 ingewacht. Nog voor dat die termijn was verstreken, gaf onze uitstekende wiskundige, de heer F. J. STAMKART, eene gedeeltelijke oplossing van het vraagstuk, die onderscheidene verrassende uitkomsten opleverde. Een andere onzer meest uitstekende wiskundigen, de heer G. F. W. BAEHR, hield zich later met hetzelfde onderwerp bezig, doch bij het gezelschap te Dantzig kwam, op zijnen tijd, een antwoord in, welks volkomenheid de stoutste verwachtingen overtrof. Dat antwoord droeg tot opschrift de woorden *e pure si muove* (en toch beweegt zij zich), die GALILEI bij zich zelve uitsprak, toen hij opstond, nadat hij door de barbaarschheid van het onverstand gedwongen was geworden, op zijne knieën liggende, de beweging der aarde af te zweren; en de schrijver van

dat antwoord bleek te zijn de wereldberoemde bestuurder van de sterrewacht bij Gotha, P. A. HANSEN, de man die de wiskunde reeds zoo vaak als eenen tooverstaf had gebruikt, om, met een bovenaardsch vermogen, der schepping hare diepste geheimen te ontwringen. Dit onderzoek van HANSEN was weder een pronkstuk van den menschelijken geest, en hoezeer het alleen door hem kan worden doorgrond, die jaren van zijn leven aan de beoefening der wiskunde wijden kon, heeft het, omtrent de beweging van lichamen in het algemeen, die aan den invloed van de aantrekking en de beweging der aarde onderworpen zijn, een aantal treffende uitkomsten opgeleverd, die ligtelijk onder het bereik van elks bevatting gebragt kunnen worden. Had ik immer reden om de beperktheid der ruimte te betreuren, over welke ik beschikken mag, ik heb die nu vooral, daar zij mij verbiedt van de uitkomsten door HANSEN verkregen een verslag te geven. Er blijft mij nog zoo veel belangrijks, dat meer regtstreeks tot mijn onderwerp behoort, te vermelden overig, dat ik zelfs daarvan een goed gedeelte zal moeten terughouden, om de mij voorgeschreven grenzen niet te buiten te gaan. Ik moet echter van twee, door HANSEN ontdekte, oorzaken gewagen, door welke zich de schommelvlakte eens slingers verplaatsen kan. De eene is eene wentelende beweging van het gewigt des slingers om den draad, aan welken het is opgehangen, en door welke de schommelvlakte ligtelijk meer verplaatst kan worden, dan door de wenteling der aarde. De andere ligt in den draad, waaraan de slinger is opgehangen. Is de draad niet volkomen homogeen, is zijne doorsnede niet overal volkomen cirkelvormig, of is hij, bij zijne klemming aan het ophangpunt, eenigermate zamengeperst, zoo zal hij zich niet in alle rigtingen even ligtelijk laten ombuigen, en daardoor moet men verschillende uitkomsten voor de verplaatsing van de schommelvlakte verkrijgen, naar gelang van de streek van den horizon, in welke men den slinger zijne schommelingen laat volbrengen. Op grond van zijne onderzoekingen, heeft HANSEN den vorm des slingers, door welke men de wenteling der aarde wilde zichtbaar maken, geheel en al afgekeurd. Men moet daartoe geenen slinger aanwenden, bestaande

uit eenen dunnen draad, aan welken een gewigt is bevestigd, maar een' kogel, bevestigd aan eene sterke staaf, die zich niet dan met geweld laat draaijen of buigen, en wier as door het zwaartepunt van den kogel loopt. Het bovineinde van die staaf moet zeer stevig verbonden zijn aan een gedeelte van een' kleinen kogel, van hard staal of van harden steen, welks middelpunt in de as der staaf is gelegen en welks bolle oppervlakte naar beneden is gekeerd. Dat gedeelte van een' kleinen kogel moet den slinger tot steunpunt dienen, en daarmede moet hij rusten op eene glad geslepen stalen of steenen horizontale platte vlakte, zoodanig, dat het kogelvormig oppervlak, bij het schommelen van den slinger, niet glijden, maar rollen moet. Het is mij niet bekend dat men ergens proeven heeft genomen met slingers, naar het voorschrift van HANSEN vervaardigd, en ik zoude ook niet durven beweren, dat men daarbij geene nieuwe zwarigheden zoude kunnen ontmoeten.

Nog voor dat het gevaar van misleid te worden, waaraan men, bij het nemen der slingerproeven van FOUCAULT is blootgesteld, was doorzien, ontmoette men daarbij zwarigheden, die men op verschillende wijzen, maar steeds vruchteloos, heeft trachten uit den weg te ruimen. Een zeer lange slinger met een zeer zwaar gewigt, kan, gedurende eenige uren, in eenen staat van zichtbare schommelingen volharden, maar toch nimmer zoo lang achtereen, als zijne schommelvlakte tijd behoeft om eene geheele wenteling om de loodlijn te volbrengen, en men was daarom reeds vroegtijdig op hulpmiddelen bedacht, om de schommelingen van eenen slinger te onderhouden, zonder hem, zoo als dit bij de gewone uurwerken het geval is, in zijne vrije beweging te belemmeren. FOUCAULT en FRANCHOT kwamen bijna gelijktijdig op het denkbeeld, om in het gewigt des slingers een uurwerk te brengen, door hetwelk het zwaartepunt van het gewigt zoodanig werd verplaatst, dat het daardoor de beweging herkreeg, die het door den tegenstand der lucht en de buiging van den draad moest verliezen. Men heeft echter geene pogingen aangewend om dit denkbeeld te verwezenlijken, en die pogingen zouden vermoedelijk ook geene gelukkige gevolgen hebben gehad. FRANCHOT bedacht later een ander middel, om de

schommelingen van eenen slinger te onderhouden, dat door hem inderdaad is ten uitvoer gebracht. Hij liet den slinger aan eene sterke stalen veêr hangen, die, door een electro-magnetisch uurwerk, eene op- en nedergaande beweging moest aannemen. Zulk eene op- en nedergaande beweging van het ophangpunt kon de schommelingen van eenen slinger onderhouden, maar zij moest natuurlijkerwijze een' zoo grooten invloed op de verplaatsing der schommelvlakte uitoefenen, dat die, door de wenteling der aarde te weeg gebracht, daaronder geheel verloren ging. KABISCH te Barmen bevestigde, voor hetzelfde doel, een volledig slingeruurwerk aan eene zuil, die zich, met groote ligtheid, om eene vertikale as liet bewegen. Zoo werden de schommelingen van den slinger op de gewone wijze onderhouden, terwijl de schommelvlakte zich verplaatsen kon, maar die verplaatsing werd nu ook van de wrijving op de vertikale as afhankelijk, en gewijzigd door eene onvolkomenheid in het evenwigt van de zuil, die het uurwerk droeg, en KABISCH heeft, met zijnen vernuftigen toestel, zijn doel niet geheel kunnen bereiken. PORRO bedacht een hulpmiddel, om de verandering in de schommelvlakte, ook bij korte slingers, meer zichtbaar te maken, maar dit hulpmiddel heeft geene waarde, daar men, bij de proeven van FOUCAULT, geene korte slingers gebruiken mag. BRAVAIS te Parijs heeft eene soort van slingerproeven bedacht en uitgevoerd, door welke de beweging der aarde zich moest verraden, die veel meer als eene geheel nieuwe vinding, dan als eene wijziging van de slingerproeven van FOUCAULT beschouwd moeten worden, en bij welke de moeilijkheden en de storingen, die deze het meest bezwaren, geheel wegvallen. BRAVAIS liet den draad des slingers zich, niet in eene platte vlakte heen en weder, maar, rondom de loodlijn, over de oppervlakte van eenen regten cirkelvormigen kegel bewegen, zoodat het gewigt ook, rondom de loodlijn, eenen cirkel beschrijven moest. Bij zulk eenen, dusgenoemden, kegelvormigen slinger valt de schommelvlakte geheel weg, maar doet de invloed van de beweging der aarde zich op eene eigenaardige wijze gevoelen. Beweegt de aarde zich onder zulk eenen slinger door, dan zal het gewigt niet volkomen tot hetzelfde punt van den grond

zijn teruggekeerd, als het inderdaad juist den geheelen omtrek van zijnen cirkel heeft doorloopen. Beweegt het gewigt zich, even als de aarde, in de rigting van het westen naar het oosten, zoo zal het meer tijd noodig hebben, om tot hetzelfde punt van den grond terug te keeren, dan om zijnen cirkel te doorloopen; en het zal daartoe minder tijd behoeven, indien het zich in eene tegenovergestelde rigting, namelijk van het oosten naar het westen, beweegt. Als men dus, door waarneming, den tijd bepaalt, dien het gewigt des slingers gebruikt om tot vaste punten van den grond terug te keeren, moet men, door de wenteling der aarde, verschillende uitkomsten verkrijgen, naar gelang het gewigt zich in de eene of in de andere rigting beweegt. BRAVAIS volbragt deze onderzoeking met eenen slinger van 10 ellen lengte, en het uiterst klein verschil tusschen de tijdvakken, in welke die slinger zijne regtsche en linksche omwentelingen volbragt, werd volkomen zoo groot gevonden, als het, blijkens de theoretische beschouwingen van BRAVAIS, met welke de latere en meer volkomene van HANSEN overeenstemden, ten gevolge van de wenteling der aarde, wezen moest. BRAVAIS heeft alzoo, in den slinger, een geheel nieuw bewijs voor de beweging der aarde ontdekt, en het is vreemd dat zijne proefnemingen niet in hoogere mate de algemeene aandacht tot zich hebben getrokken.

Het is onvergelykelyk ligter proeven te nemen met eenen slinger, die eene lengte heeft van eenige tientallen ellen, dan met kogels, nedervallende in eenen koker, die ten minste eene lengte van een honderdtal ellen hebben moet, en men heeft ook, om de beweging der aarde proefondervindelyk aan te toonen, wel lange kokers, maar geene lange slingers ontzien. Toen het echter gebleken was, dat ook de proefnemingen met den slinger zoo ligt niet waren, als dit aanvankelyk scheen, en dat zij, zonder groote voorzorgen, tot valsche uitkomsten leidden, wenschte men meer eenvoudige en beknopte middelen, om de beweging der aarde aanschouwelyk te maken. Daartoe was niets anders noodig dan een ligchaam op de aarde, dat in hare beweging niet kan deelen en altijd denzelfden stand moet behouden; maar zulk een ligchaam bestaat even

zoo min als het vaste punt buiten de aarde, dat ARCHIMEDES begeerde, om dat geheele ligchaam te kunnen verzetten. De heeren BAUDRIMONT en DE TESSAN hebben echter al vroegtijdig, in vollen ernst, een voorstel bij de Akademie van Wetenschappen te Parijs ingediend, om de wenteling der aarde, in de schijnbare verplaatsing van een onbewegelijk ligchaam, zichtbaar te maken. Zij waren met weinig te vreden, want zij wilden eenvoudig eenen wijzer, aan eenen draad of op eene spil, in evenwigt laten rusten, en meenden dat die wijzer, eenmaal in rust gekomen, denzelfden stand zoude moeten behouden, en de wenteling der aarde, door zijne verplaatsing met betrekking tot den grond, zoude moeten verraden. Het is waar, dat zulk een wijzer, eenmaal in rust zijnde, onbewegelijk moet blijven, zoo lang volstrekt geene kracht daarop werkt, maar het is even waar, dat hij door volstrekt geene kracht in zijnen stand wordt gehouden, en door het kleinste luchtstroompje of de kleinste trilling in den grond, op eene onbepaalde wijze, zijnen stand moet veranderen, en reeds door de draaikracht van den draad waaraan hij hangt, of door de wrijving van de spil waarop hij rust, met de aarde, in hare wentelende beweging moet worden medegevoerd. Met de schommelvlakte van eenen slinger is dit anders gesteld, daar deze, juist door de beweging van den slinger, met een bepaald vermogen, in zijnen stand wil volharden, en daarom ook niet door de allerkleinste kracht, die men zich kan voorstellen, maar alleen door eene kracht, die bij dat vermogen vergelijkbaar is, op eene merkbare wijze verplaatst kan worden. Hoeveel echter zelfs eene geringe kracht op die verplaatsing vermag, is bij de slingerproeven van FOUCAULT maar al te zeer ondervonden.

Ofschoon een wijzer, op eene spil of aan eenen draad, in rust verkeerende, niet de allerminste kracht bezit, om zich in den stand te handhaven, waarin hij eenmaal is gebragt, kan men toch, door de snelle beweging van eenen zeer beknopten toestel, eene vlakte of eene lijn verkrijgen, die, zelfs met een veel grooter vermogen dan de schommelvlakte van eenen slinger, haren stand tracht te behouden en daarenboven niet bestendig door de loodlijn der plaats

behoeft te loopen, maar van de beweging der aarde geheel onafhankelijk is. Wanneer eene gelijkslachtige schijf met snelheid wordt omgedraaid, om eene loodregt op haar staande as, die volkomen door haar zwaartepunt loopt, en bovendien zoodanig is ingerigt, dat zij, door de minste kracht, in alle willekeurige standen gesteld kan worden, dan zal, onder die omdraaijende beweging, de vlakke van de schijf, zoo wel als hare as, den stand behouden, die haar eenmaal is gegeven, en men zal zelfs eene vrij aanzienlijke kracht moeten aanwenden, om beide in een' anderen stand te brengen. Even zoo zal ook de as van eenen kogel, die, onder dezelfde omstandigheden, met snelheid om haar as kan worden omgedraaid, denzelfden stand behouden, hoezeer men ook den voet, waarop de geheele toestel rust, verplaatse, en naar aanleiding daarvan heeft BOHNENBERGER, reeds in het jaar 1817, een werktuigje doen vervaardigen, bestemd om proefondervindelijk aan te toonen, dat de wenteling zelve der aarde den stand van hare as moet onderhouden, terwijl het tevens moest dienen om te doen zien, hoe de bekende kegelvormige beweging van de as der aarde, in 26000 jaren, een gevolg moest zijn van die wenteling, verbonden met de neiging, om zich op de vlakke van de loopbaan der aarde loodregt te stellen, die hare as, door de aantrekking van zon en maan, moet verkrijgen. Toen FOUCAULT de aandacht op de standvastigheid van de schommelvlaakte eens slingers had gevestigd, was niets zoo natuurlijk als de gedachte aan de nog meer standvastige vlakke of lijn, die door den toestel van BOHNENBERGER, of door eene schielijk ronddraaijende schijf, kan worden verkregen. Die gedachte is ook al vrij spoedig, en bijna gelijktijdig, bij FOUCAULT, PERSON, POGGENDORF, SIRE, HAMAN, LAMARK, en misschien nog bij vele anderen, opgerezen; en is het moeilijk te beslissen wie van hen met het meeste regt beweert, dat hij de eerste was die haar koesterde, zoo schijnt het toch zeker dat FOUCAULT haar het eerst in eenen toestel heeft verwezenlijkt. FOUCAULT deed eenen toestel vervaardigen, door hem *gyroskoop* (draaikijker) genoemd, bij welken eene zware metalen schijf aan eene, door haar zwaartepunt loopende en loodregt op haar staande as, is bevestigd, terwijl die as, op de

wijze der zeekompassen, tusschen ringen was gehangen, waardoor zij in elken willekeurigen stand gebragt kon worden. Werd nu de schijf, door middel van een om hare as gewonden en schielijk los getrokken snoer, met groote snelheid omgedraaid, dan moest die as haren eenmaal aangenomenen stand in de ruimte behouden, en door een op haar gerigt mikroskoop, dat aan den grond was verbonden, werd dan hare betrekkelijke plaatsverandering en daarin de beweging der aarde waargenomen. Toestellen, die den gyroskoop van FOUCAULT evenaren, werden ook door anderen vervaardigd, en hadden zij, boven den slinger, hunne beknopteheid in hun voordeel, zij hadden daarentegen dit in hun nadeel, dat bij hen de draaijende beweging gedurende slechts weinige minuten aanhield, terwijl men eenen slinger ligtelijk, gedurende even zoo vele uren, in zijne schommelingen kan doen volharden. Men heeft verschillende middelen bedacht om den gyroskoop van dat nadeel te bevrijden. KRÜGER te Bramberg verwisselde daartoe de draaijende schijf met electromagneten, die, door een' galvanischen stroom, uren of dagen lang, in eene ronddraaijende beweging konden worden gehouden. GARTHE te Keulen bedacht een werktuig, door hem *geostrophometer* (aard-draai-meter) genoemd, bij hetwelk de beweging van een rad, dat zijnen stand in de ruimte moet bewaren, door eenen waterstraal onderhouden werd. Over deze en soortgelijke toestellen is veel geschreven en getwist, en zij hebben tot vele beschouwingen aanleiding gegeven, in welke ik mij hier niet kan verdiepen, omdat mij daartoe geene ruimte is overgebleven. Ik onttrek mij echter zonder moeite aan de meer naauwkeurige beschouwing dier toestellen, omdat zij tot heden voor de wetenschap niets wezenlijks hebben opgeleverd, en ook niets in de toekomst beloven. FOUCAULT heeft wel verklaard, dat de proeven, die hij met zijnen gyroskoop genomen heeft, voldoende waren, maar hij heeft geene cijfers medegedeeld, waaruit kan worden afgeleid in welken zin deze verklaring moet worden opgevat, en het is mij niet gebleken, dat ergens, met soortgelijke werktuigen, proeven zijn genomen, wier uitslag eenigermate als een bewijs voor de beweging der aarde kan gelden. Ik geloof dat de beweging der aarde

altijd twijfelachtig zoude blijven, indien zij alleen door gyroskopen of andere werktuigen van dien aard, kon worden bewezen; want geven zij vlakken of lijnen, die, met meer kracht dan de schommelvlakte van eenen slinger, in haren stand trachten te blijven, zij zijn ook aan den invloed van veel grootere storingen onderworpen. De as van eene draaijende schijf zal denzelfden stand behouden, indien die schijf volkomen gelijkslachtig is en volkomen in haar zwaartepunt wordt ondersteund, terwijl zij bovendien, noch door wrijving, noch door de lucht eenigen tegenstand heeft te ondervinden. Eene kleine fout in het evenwigt en een kleine tegenstand doet de as zich ligtelijk veel meer verplaatsen, dan de geheele schijnbare verplaatsing, die een gevolg van de wenteling der aarde wezen moet. Er is nog geen beoefenaar van den gyroskoop opgestaan, zoo als de slinger dien in HANSEN heeft gevonden, maar het laat zich toch voorzien, dat de beweging der aarde, in het vervolg, niet veel meer dan nu aan dat werktuig zal te danken hebben. Men zal sommige storingen leeren vereffenen, door de schijf met hare as om te keeren en haar in verschillende rigtingen te laten draaijen, maar men zal haar nimmer eene volkomen vrije beweging kunnen geven. Men zal nimmer vooruit van de standvastigheid der as overtuigd kunnen wezen, en zelfs niet den invloed van alle storingen door berekening kunnen bepalen. De vervaardiging van eenen gyroskoop, op welken iedereen inderdaad de wenteling der aarde zal kunnen lezen, acht ik even zoo onmogelijk als die van een *perpetuum mobile*.

Op grond van al het medegedeelde, meen ik te kunnen beweren, dat, in weerwil van de ontdekking van FOUCAULT en de veelvuldige bespiegelingen die zij heeft uitgelokt, het eenvoudig, voor iedereen overtuigend, proefondervindelijk bewijs voor de beweging der aarde, naar hetwelk men zoo lang, als naar eene verborgene goudmijn heeft gezocht, nog niet gevonden is. De sterrekunde lijdt daarbij geene schade, want zij heeft veel eenvoudiger verschijnselen, als gevolgen van de beweging der aarde, aan den hemel doen kennen, dan de natuurkunde op de aarde ontdekken kon. Zij behoeft gelukkiglijk noch vallende kogels, noch slingers, noch gy-

roskopen, noch geostrophometers om hare gewichtigste grondslagen den noodigen steun te geven, en hare meerderheid boven hare zusterwetenschappen is vooral ook hier ten duidelijkste gebleken, waar deze, ter harer onderschraging, schenen te zijn opgetreden. De ontdekking van *FOUCAULT* is, in zich zelve, schoon en gewichtig, en de algemeene aandacht overwaardig. Door haar is het gebied der menschelijke kennis, in sommige van zijne meest belangrijke deelen, uitgebreid; maar de sterrekunde is aan haar niets verschuldigd, dan aller volmondige erkenning, dat zij zulk eene bevestiging van hare grondwaarheden niet noodig had.

Leiden, Maart 1855.
