

vooral aan — zoo maakt toch het eigen waarnemen de wetenschap tot iets levends, tot een wereld, die wij persoonlijk uit eigen aanschouwing kennen. En zeker zal ieder, die op deze manier geleerd heeft uit den loop der sterren de groote wetten van het heelal af te leiden en hun beteekenis voor onze, voor zijn eigen wereldbeschouwing leerde kennen, deze sterren voortaan met geheel andere oogen aanzien. Zij spreken woorden tot hem vol inhoud en zin. Als hij tot hen omhoog ziet, zooals zij daar aan den hemel hun banen doorloopen, spreken ze tot hem van de vroegere geslachten der menschen, die ook zoo tot hen omhoog zagen, spreken ze van hun arbeid en hun strijd, niet als stomme getuigen, die onverschillig voor wat op aarde gebeurde, hun eigen weg gingen, doch als werkelijke deelgenooten in de geestesworsteling der menschheid. Aan de sterren heeft de mensch zich als het ware opgericht; met hun hulp heeft hij zich den weg der vrije ontwikkeling gebaad. Wie zoo hun beteekenis voor de menschheid heeft leeren kennen, voor hem is de sterrenhemel een beeld van strijd en overwinning, van onbegrensde ontwikkeling in verleden en toekomst, een bron van schoonheid, van genot en van trots.

## DE HEMELVERSCHIJNSELEN.

### 1. HEMEL EN AARDE.

Wanneer wij de wereld om ons heen beschouwen, zien wij, dat zij uit twee geheel verschillende helften bestaat, den hemel en de aarde. Onder ons is de aarde, boven ons de hemel; in hemel en aarde is van oudsher de geheele wereld samengevat. Hemel en aarde staan tegenover elkaar als licht, ijl en luchtig tegenover donker, hard en zwaar; alles wat zwaar is, valt naar beneden, naar de aarde, terwijl de lichte rook naar den hemel opstijgt. Voor den mensch vormen hemel en aarde beide in gelijke mate den grondslag van zijn bestaan. De aarde is de vaste grond, die hem draagt, dien hij beploegt en bebouwt, opdat zij de noodzakelijke levensmiddelen voor hem voortbrengt; ons geheele leven wortelt in de aarde. De hemel geeft den levenwekkenden zonneschijn en den vruchtbaren regen, zonder welke de aarde geen vruchten kan voortbrengen. Zonder het licht en de warmte, die van den hemel komen, kunnen wij niet leven. Daar schitteren overdag de zon en 's nachts de maan en de sterren, terwijl binnen in de aarde alles donker en zwart is.

Op het eerste gezicht lijkt de aarde een min of meer plat vlak, waar de hemel zich overheen welft als een blauwe stolp, die rondom, aan den horizon, op de aarde rust. Wie echter zou willen trachten den horizon te bereiken, bemerkt al gauw, dat dit laatste maar schijn is. Hoe verder men gaat, des te meer wijkt ook de horizon achteruit; hij schijnt steeds even ver van ons verwijderd te blijven. Dat hemel en aarde daar aan elkander raken, moet dus of gezichtsbedrog zijn, of het vindt eerst plaats op onbereikbaar verren afstand. De hemel breidt zich dus eigenlijk niet



zoozeer als een koepeldak over de aarde uit, maar meer als een hoogere verdieping of een soort zoldering. Deze indruk wordt vooral ook gewekt door den vorm van de wolken, die aan den horizon tot smalle strepen in elkaar geschoven zijn. De aarde zelf strekt zich voor den wandelaar onder het loopen steeds verder uit; over het algemeen blijft zij vlak, en als zij in bergstreken stijgt, daalt zij toch weer aan den anderen kant van het gebergte. De waterspiegel ligt overal vlak, zooals de vloeibare aard van het water meebrengt; en aan de kusten verheft zich het vasteland weliswaar niet overal even hoog — hier als vlak strand, daar als steile rots — maar toch overal slechts weinig hooger dan het water.

Zoo doet zich de wereld aan den mensch op het eerste gezicht voor. Zoodra men echter over deze verschijnselen nadenkt, komen vanzelf verschillende vragen op. Hoe ver kan men op deze manier op de aarde doorloopen? Strekt zij zich eindeloos, altijd maar verder uit of heeft zij een grens? En als wij naar beneden altijd dieper in de aarde konden graven, zouden wij dan op een grens stuiten? Strekt zich de aarde naar beneden eindeloos uit of wat zou daar anders onder liggen? Als zij een begrensde lichaam is, waarom valt zij dan niet naar beneden, zooals alle zware dingen? Of rust zij op het een of andere fundament? Dergelijke vragen kwamen bij het eerste aanbreken van de geschiedenis ook al bij de primitieve menschen op en wij vinden ze in hun sagen en mythen, al naar den beperkten stand hunner ontwikkeling en kennis, meer of minder fantastisch beantwoord. Een onbegrensde aarde ging het voorstellingsvermogen van de primitieve volkeren te boven; elk volk hield haar voor een beetje grooter dan de landen en zeeën, die het zelf kende. De Grieken uit de klassieke oudheid, op wier kultuur de beschaving van West-Europa opgebouwd is, stelden zich de aarde als een langen rechthoek voor, waarvan de grenzen op matigen afstand rondom de Middellandsche Zee lagen, die zij zelf bevoeren; in het Zuiden was de woestijn de Sahara de grens, in het Noorden het onherbergzame woud- en steppengebied van Europa; in het Oosten begrensde het woestijnland achter Perzië en in het Westen de geheimzinnige, grenzenlooze Atlantische Oceaan de toenmaals bekende aarde. Over de vraag, hoe de aarde kon blijven rusten, is ons van

een der vroegste Grieksche denkers, Thales uit de handelstad Milete, de opvatting overgeleverd, dat de aarde als een platte schijf in een oneindige zee dreef. In de heilige boeken van de Indiërs stond geschreven, dat de aarde op den rug van een olifant rustte, die zelf weer op den rug van een schildpad stond; wie echter de schildpad droeg, dat wist niemand. Men mag natuurlijk zulke primitieve opvattingen niet meten met den maatstaf der moderne logika. Zij zijn niet ontstaan, doordat voor een helder bewust vraagstuk een wetenschappelijke oplossing werd gezocht; zij zijn eenvoudig een bewijs, dat zulke vragen, zij het dan ook vaag en schemerig, reeds in den geest der menschen opkwamen. Er was nog geen aparte theoretische belangstelling, die de menschen aanzette tot opzettelijk stelselmatig waarnemen van den hemel, enkel met het doel om tot een helder weten te komen. Eerst, toen de praktische behoeften van het leven, — het vinden van den weg door de eindelooze zeeën en woestijnen, of de regeling van den kalender om den tijd van zaaïen en oogsten te vinden — de menschen dwongen, eenigszins regelmatig op den loop der hemellichamen te letten, ontstonden daaruit mettertijd betere inzichten omtrent den bouw van de wereld.

Doordat wij nu achterna deze langzame, onbewuste ontwikkeling van de menschelijke kennis bewust nog eens doorloopen, zijn wij in staat met bepaald opzet die waarnemingen te verzamelen, die wij voor ons doel noodig hebben, en er onze gevolgtrekkingen uit te maken.

## 2. DAG EN NACHT.

Onder alle verschijnselen is er geen zoo belangrijk voor ons, als de wisseling van dag en nacht. Zij beheerscht al het leven op aarde, zij regelt onze geheele levenswijze en zij is ons van jongs af aan bekend. Hoe ontstaat zij? Om deze vraag te beantwoorden behoeven wij slechts haar verschijnselen na te gaan, zooals die zich bij een onbewolkten hemel voordoen.

Als het nog donkere nacht is, ontstaat ergens aan den ooste-



lijken horizon een bleek schemerlicht; het breidt zich uit, wordt langzamerhand sterker, de helderheid verbreidt zich over den geheelen hemel en neemt steeds toe; daardoor verdwijnt de duisternis op aarde en de slapende dierenwereld ontwaakt. In het Oosten is het licht het helderst; een rood schijnsel stijgt omhoog, dat in de wolken een prachtig kleurenspeel tooverst: het morgenrood. Eindelijk, als het reeds klaar dag is, duikt een eerste verblindende streep van de zon boven den horizon op; zij rijst snel en is spoedig als geheele schijf te zien. Zij stijgt niet loodrecht omhoog; aan de voorwerpen in de verte, die de rechte lijn van den horizon breken (boomen, gebouwen, bergen, enz.), kan men zien, dat zij zich bij het stijgen tegelijkertijd naar rechts beweegt; zij stijgt in schuine richting omhoog. Terwijl zij nu steeds hooger boven den horizon komt, steeds schuin naar rechts omhoog stijgend, trekt zij meer en meer op het Zuiden aan. Intusschen wordt het stijgen minder en houdt eindelijk geheel op, als de zon 's middags om 12 uur in het Zuiden staat. Zij heeft dan haar grootste hoogte bereikt, wat men het best aan de schaduwen kan zien, die dan het kortst zijn, en loopt alleen nog naar rechts. Dan begint zij gaandeweg te dalen, terwijl zij steeds verder naar het Westen komt; de schaduwen worden langer; in een schuin dalende baan nadert de zon den westelijken horizon en zinkt daarachter weg; zij gaat onder. Dezelfde schemeringsverschijnselen van den morgen herhalen zich in omgekeerde volgorde; de helderheid van den hemel verdwijnt, op de aarde wordt het donker, de natuurgeluiden verstommen. In het Westen vlamt het avondrood op, om spoedig weg te zinken en te verbleeken; wanneer het laatste flauwe lichtschijnsel verdwijnt, begint de nacht, waarin slechts de sterren en nu en dan de maan eenig licht brengen.

Waar is de zon gebleven?

Naar een Oudgrieksche sage reed Apollo iederen morgen met zijn gouden zonnwagen langs het hemelgewelf omhoog, om 's avonds naar den koelen westelijken Oceaan af te dalen; dan dreef hij 's nachts zijn rossen door het Noorden, waar hooge bergen hem aan het gezicht der menschen onttrokken, om de aarde heen, en zoo stond hij des morgens weer in het Oosten gereed om opnieuw zijn dagtaak te volbrengen. Volgens de Babylonische overleve-

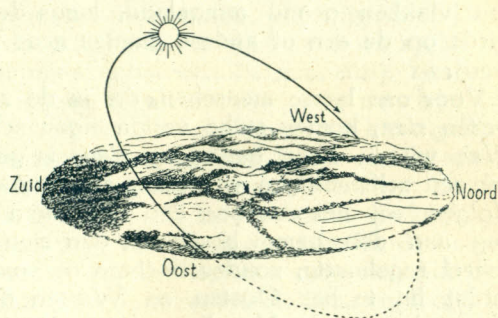
ringen, die ons in spijkerschrift bewaard zijn, trad de zon des avonds een hemelpoort in het Westen binnen, werd des nachts onzichtbaar door een lange gang gevoerd en trad den volgenden morgen uit de oostelijke hemelpoort weer te voorschijn. De Egyptenaren lieten haar des nachts in een boot naar de plaats van opgang terugroeien. Bij al deze primitief-dichterlijke opvattingen werd de zon in haar baan door een bewusten wil geleid; daarom lag er niets vreemds in de voorstelling, dat zij, eenmaal weer op den vlakken grond aangeland, langs den buitenkant der vlakke aarde op de een of andere manier naar het Oosten teruggebracht werd.

Voor ons latere menschen, die in de zon niet meer een bezielde wezen zien, komen zulke verklaringen echter niet in aanmerking. Wat wij in haar beweging zien, is geen doelbewust handelen van een zelfstandigen wil, maar regelmatigheid zonder bewustzijn. Volgen wij met ons oog den weg, dien zij in den loop van den dag aan den hemel beschrijft, dan zien wij inderdaad, dat deze geheel regelmatig, zonder bochten of hoeken, steeds rechtuit loopt, totdat hij in het Oosten en Westen door den horizon in eens afgesneden wordt. Hoe loopt hij nu verder? Wanneer wij den uitgestrekte arm op de zon richten, kunnen wij, door ons lichaam daarbij in het rond te draaien, haar baan als 't ware aan den hemel afteekenen, en dan kunnen wij deze beweging nog verder voortzetten, waar de zon zelf niet meer zichtbaar is. Wij bemerken dan, dat deze baan in het Westen eerst nog verder schuin naar beneden gaat, dan steeds minder schuin wordt, naarmate zij verder naar het Noorden komt, in het Noorden het diepst onder den horizon komt en vandaar steeds sterker stijgend de plaats bereikt, waar de zon in het Oosten opkomt. Dat de zon zich inderdaad 's nachts zóó beweegt, daarvoor hebben wij nog een direkt bewijs in het verloop van de schemering. Wanneer de zon na haar ondergang niet verder omlaag zank, dan moest ook de schemering altijd door even helder blijven. Aan het schemerlicht in het Westen, dat na zonsondergang steeds zwakker en kleiner wordt, en daarbij tegelijk nog iets naar rechts verschuift, zien wij duidelijk met onze oogen, dat de zon, na haar ondergang, schuin naar rechts steeds dieper onder den horizon wegzakt. En evenzoo toont ons het langzame opkomen van de morgenschemering, hoe de zon reeds



voor haar opkomst schuin naar rechts uit de diepte naar den horizon opstijgt.

Wij komen dus tot deze eerste gevolgtrekking: de zon beweegt zich dagelijks in een schuinen kring om ons heen, dien zij regelmatig zonder onderbrekingen, vertragingen of afwijkingen doorloopt. Deze kring helt van het Zuiden naar het Noorden; in het Zuiden ligt hij het hoogst, in het Noorden het diepst; daarom klimt de zon aan den Oostkant naar boven en daalt zij aan den Westkant naar beneden. De horizon is geen hindernis voor de beweging van de zon zelf, hij is alleen maar een hindernis voor ons oog. Voor de zon zelf heeft hij even weinig betekenis als een muur, waar wij de zon achter weg zien komen.



Dagelijksche zonnekring.

Inden schuinen stand van den zonnekring ligt de onmiddellijke oorzaak van de afwisseling van dag en nacht, en dus ook van de regelmatige wisseling van beweging en rust, van waken en slapen, van opzaming en afgifte van de levensenergie bij planten, dieren en menschen. De zon zelf heeft er geen schuld aan; de zon loopt onvermoeid en regelmatig altijd maar voort in haar baan. Maar uit het noordelijke deel van die baan kunnen ons haar stralen niet bereiken, omdat de donkere, ondoorschijnende aarde er voor zit. Het onderste deel van den zonnekring wordt door de aarde bedekt; de horizon snijdt den zonsweg in tweeën: in een noordelijk onzichtbaar nachtgedeelte en een zichtbaar zuidelijk daggedeelte.

Tegelijk blijkt hieruit, dat de horizon dus niet, zooals het ons eerst toescheen, een werkelijke grenslijn tusschen hemel en aarde kan zijn, waar de hemellichamen de aarde verlaten of weer op haar aanlanden. De baan van de zon gaat verder naar beneden door, en de horizon is alleen maar de plaats, waar zij achter de aarde

schuilgaat. Dan kan de aarde zich ook niet eindeloos naar alle zijden en naar beneden uitstrekken; zij moet ergens ophouden, anders zou de zon daarbuiten geen ruimte voor haar baan vinden. Deze eenvoudige overweging heeft reeds zeer vroeg de menschen tot de overtuiging gebracht, dat de aarde een begrens'd lichaam moet zijn.

### 3. DE JAARGETIJDEN.

De beweging van de zon en de wisseling van dag en nacht vinden niet altijd op dezelfde manier plaats; zij veranderen met het jaargetijde.

In den herfst gaat de zon juist in het Oosten op, ongeveer om 6 uur 's morgens, klimt tot ongeveer het midden van den hemel — halfweg tusschen den horizon en het toppunt, dat juist boven ons hoofd ligt — en gaat om 6 uur in het Westen onder. In den winter is het echter om 6 uur 's morgens nog pikdonker; eerst over 8 komt de zon op, niet in het Oosten, maar in het Zuidoosten. In de weinige uren, die zij tot aan den middag heeft, kan zij wel den korten weg van het Zuidoosten tot het Zuiden afleggen, maar geen groote hoogte bereiken; 's middags staat zij in het Zuiden slechts vrij laag boven den horizon. Spoedig heeft zij 's namiddags onder het dalen den horizon weer bereikt; vóór vieren gaat zij alweer onder, in het Zuidwesten, en een lange nacht van 16 uren begint.

Het voorjaar vertoont hetzelfde beeld als de herfst. Nadert dan echter de zomer, dan ziet men geheel andere verschijnselen. Om de zon te zien opkomen, moet men vroeg opstaan; om 4 uur verschijnt ze, nu in het Noordoosten, boven den horizon; om 6 uur staat zij in het Oosten reeds vrij hoog en 's middags brandt zij in het Zuiden haast recht boven op ons hoofd. Snel wendt zij zich naar het westen, waar ze nog vrij hoog staat en wanneer ze schuin dalend in het Noordwesten eindelijk den horizon bereikt, is het 's avonds 8 uur geworden. Dan breekt een korte nacht van slechts 8 uren aan; maar donker wordt het in dezen zomernacht niet. Een helder schemerlicht beweegt zich van het Noorwesten door het Noorden naar het Noordoosten, de

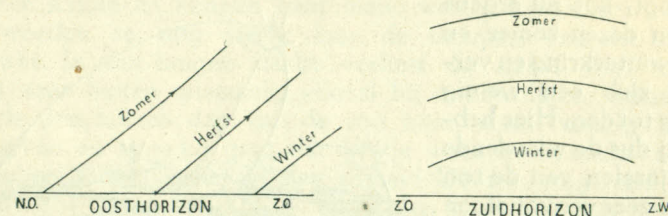


zon in haar onzichtbaren loop onder den horizon begeleidend; het toont ons, dat de zon zich ook te middernacht bij haar grootste diepte niet zeer diep onder den horizon bevindt. Een goëd uur later wordt de schemering al sterker, op de aarde is het weldra helder licht en spoedig daarna komt de zon alweer op.

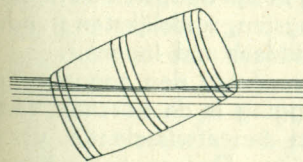
Deze met het jaargetij wisselende verschijnselen gaan geleidelijk in elkaar over. Wat wij den herfsttoestand noemen, waarbij de zon precies in het Oosten op- en precies in het Westen ondergaat, en waarbij dag en nacht even lang zijn, beide 12 uren, treffen wij slechts op één bepaalden dag aan, op 21 of 22 September, den dag der nachtevening. Elken volgenden dag gaat de zon eenige minuten later op en eenige minuten vroeger onder; elken dag verschuiven de plaatsen, waar zij open ondergaat, iets meer naar het Zuiden toe, terwijl te gelijk de middaghoogte aldoor geringer wordt. In December worden de veranderingen steeds minder merkbaar, totdat ze op 21 December tot stilstand komen; dan is de middaghoogte van de zon het geringst; de plaatsen van op- en ondergang zijn het dichtst bij het Zuiden gekomen; we hebben dan den kortsten dag en den langsten nacht. Van af dien dag begint een verandering in omgekeerde richting, eerst langzaam en dan steeds sneller. Alle verschijnselen komen nu in omgekeerde volgorde weer terug. De zon komt steeds vroeger op en gaat steeds later onder; de plaats van opkomst verschuift gaandeweg van het Zuidoosten naar het Oosten en eindelijk naar het Noordoosten, de plaats van ondergang van het Zuidwesten naar het Westen en het Noordwesten; de middaghoogte van de zon wordt steeds grooter. Op 21 of 22 Maart valt de voorjaarsnachtevening, waarbij alles juist zoo plaats vindt als op 21 September. Op 21 Juni komt deze beweging van de zon in het zomerkeerpunt opnieuw tot stilstand; dan staat de zon 's middags het allerhoogst, dan komt zij op zijn allervroegst op en gaat op zijn allerlaatst onder, beide zoover mogelijk naar het Noorden; dan is de dag het langst en de nacht het kortst. Daarna komen de verschijnselen van de vorige maanden weer in omgekeerde volgorde terug.

Waardoor ontstaat deze wisseling in de verschijnselen? Blijkbaar is de kring, dien de zon dagelijks om ons heen beschrijft, niet in elk jaargetijde dezelfde.

De zomerkring heeft zijn hoogste plaats zeer hoog in het Zuiden, niet zoo heel ver van het toppunt des hemels verwijderd, terwijl zijn laagste punt in het Noorden maar weinig onder den horizon ligt. De herfstkring en de lentekring hebben hun hoogste plaats in het Zuiden heel wat lager, en nog veel lager ligt de winterkring. In het Oosten staan alle kringen even schuin rechts naar



boven, zooals de bovenstaande figuur toont: de zomerkring meer naar het Noorden en hooger, de winterkring meer naar het Zuiden en lager. Wanneer men de ligging van den zomer- en den herfstkring opmerkzaam nagaat — b.v. door, evenals vroeger, met uitgestreken arm hun loop aan den hemel als het ware af te tekenen — dan ziet men dadelijk, dat zij even schuin en overal even ver van elkaar verwijderd zijn; en de winterkring ligt, zoover wij hem kunnen zien, weer overal even ver van den herfstkring af, dieper en zuidelijker.



Deze kringen liggen dus alle evenwijdig aan elkaar; ze liggen als de hoepels om een ton, die schuin in het water drijft: de hoogste zijn slechts weinig, de laagste bijna geheel onder water gedompeld. Op dezelfde manier als deze hoepels liggen de dagelijksche zonnekringen voor verschillende jaargetijden. De zomerkring ligt hoog en ver naar het Noorden toe; het onderste gedeelte, dat de horizon van hem afsnijdt en dat dus onzichtbaar blijft, is slechts klein, niet meer dan een derde part van het geheel en daarom blijft de zon 's zomers 16 uur lang schijnen. De herfstkring en de lentekring liggen minder hoog en meer naar het Zuiden toe; zij worden door den horizon in twee gelijke helften

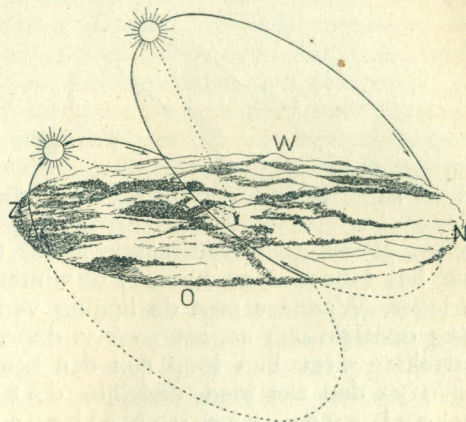


gesneden; daarom zijn dag en nacht dan even lang. De winterkring ligt nog lager en Zuidelijker; slechts een klein zichtbaar deel, niet meer dan een derde, steekt boven den horizon uit, terwijl de heele rest, waarvoor de zon 16 uren van den winternacht noodig heeft, onzichtbaar blijft.

De kring, dien de zon op den een of anderen dag van het jaar doorloopt, ligt nu ergens tusschen dezen zomer- en dezen winterkring en verplaatst zich een weinig van dag tot dag. Hier hebben wij dus de wisselende verschijnselen van de zon tot een zeer eenvoudigen oorsprong teruggebracht:

de dagelijkse zonnekring schuift in den loop van het jaar langzaam heen en weer, naar het Noorden omhoog, naar het Zuiden omlaag, terwijl hij daarbij steeds even schuin blijft; den 21<sup>sten</sup> Juni komt hij in zijn hoogsten en noordelijksten, den 21<sup>sten</sup> December in zijn laagsten, zuidelijksten stand, terwijl hij in Maart en September een middenstand inneemt.

Dit eenvoudige heen en weer schuiven van den zonnekring tusschen een hoogste en een laagste ligging is de oorzaak van alle verschillen, van den geheelen rijkdom aan afwisselende verschijnselen, die ons de jaargetijden toonen. De zon is de bron van alle warmte, van al het licht, van al het leven der levende wezens. De regelmatige wisseling van het ontspruiten in de lente, de bloeiende volheid van den zomer, het rijpen in den herfst en de kale, levenlooze dorheid in den winter is enkel en alleen een gevolg van de wisseling van warmte en kou. En deze wisseling wordt geheel en al door de beweging van den zonnekring bepaald.



Zomer- en winterkring van de zon.

Drie omstandigheden zijn het, die te zamen bewerken, dat het 's zomers heet en 's winters koud is: de meerdere of mindere schuinschheid der zonnestrallen, hun verzwakking door de aardsche dampen en de lengte van den dag. In den winter staat de zon den geheelen dag zeer laag; haar stralen strijken vrij vlak over de aardoppervlakte, treffen haar dus zeer schuin en kunnen haar maar weinig verwarmen; bovendien worden ze nog sterk door de dampen van den horizon verzwakt. In den langen nacht verliest de aarde veel warmte, die zij naar buiten uitstraalt, vooral bij onbewolkten hemel; gedurende den korten dag kan de zon haar maar weinig warmte teruggeven en spoedig gaat dat beetje weer in den nacht verloren. Hoe geheel anders is het in den zomer! De zon stijgt snel boven de aardsche dampen uit en staat den ganschen dag hoog aan den hemel; daar hare stralen bijna loodrecht op de aarde vallen, wordt deze sterk verhit. Den geheelen langen dag straalt deze zonnegloed; de afkoeling door de nachtelijke uitstraling duurt slechts kort en spoedig begint de zon opnieuw aarde en lucht te verhitten. Hetzelfde geldt voor de landen en zeeën om ons heen; dus zijn ook de winden, die vandaar naar ons toe waaien, in den zomer warmer en in den winter kouder.

Zoo laat zich de temperatuurwisseling in den loop van het jaar verklaren uit den gezamenlijken invloed van de hoogte van de zon — die op tweeërlei wijze werkt — en de lengte van den dag. Deze vinden echter allebei hun oorzaak in de verschuiving van den zonnekring. Omdat de zonnekring schuin op en neer schuift en daarbij steeds dezelfde helling behoudt, daarom moeten de wisselingen van zonshoogte en van lengte van den dag noodzakelijk hand aan hand gaan: hoe hooger de zon 's middags staat, des te langer is meteen de dag en des te grooter is de warmte.

Het is nu ook gemakkelijk te begrijpen, waarom in den zomer de grootste hitte en in den winter de grootste kou later vallen dan de tijden, waarop de zomerkring zijn hoogsten en zijn laagsten stand bereikte; evenzoo, waarom het overdag niet 's middags het warmst is, maar eerst om 2 uur 's namiddags. Wij hebben hier namelijk met twee verschillende werkingen te doen: de verwarming door de straling van de zon en de afkoeling door de uitstraling van de aarde. Door elkaar genomen moeten zij even groot zijn,



want de aarde geeft alle warmte weer af, die de zon haar toezendt: anders moest ze immers steeds heeter worden. Zoolang tijdelijk de zonnestraling grooter is, moet de aarde warmer worden: wordt daarna het verlies grooter, dan daalt de temperatuur. 's Middags om 12 uur is de zonnestraling het grootst en omdat zij dan ook verder nog eenigen tijd het verlies overtreft, wordt de aarde voortdurend warmer. Eerst wanneer de uitstraling daardoor nog grooter wordt, terwijl tegelijk de kracht der zonnestaling afneemt, komt in den loop van den namiddag een oogenblik, dat zij juist even groot zijn. Dat is de tijd van de grootste hitte; eerst daarna begint het weer koeler te worden. Gedurende den ganschen nacht straalt de aarde warmte uit, zonder iets van de zon te krijgen; zij wordt dus steeds kouder en kort voor zonsopkomst is het 't koudste oogenblik van het etmaal.

Op dezelfde manier gaat het nu bij de wisseling der jaargetijden. Wanneer de zon den 21<sup>sten</sup> Juni haar hoogsten stand bereikt heeft, gaat zij toch nog voort de aarde in den loop van elken dag meer te verhitten dan deze in den nacht kan afkoelen; gemiddeld wordt het dus nog warmer. Dat houdt eerst op, wanneer in Juli de nachten al wat langer beginnen te worden. Evenzoo wordt de winter na 21 December nog steeds kouder, zoolang de verwarming door de zon te gering blijft om het verlies in de lange nachten te dekken. Zoo komt het, dat wij door elkaar genomen de grootste koude in het midden van Januari, de grootste hitte in het midden van Juli hebben, en dat tusschen deze keerpunten de gemiddelde temperatuur in den loop van het jaar vrijwel regelmatig op en neer gaat.

#### 4. DE STERRENHEMEL.

Wanneer de zon onder is, ziet men aan den nachtelijken hemel, wanneer het helder is, de sterren en somtijds de maan. Willen wij hun verschijnselen nagaan, dan kost dat wat meer moeite dan bij de zon, daar zij grootendeels plaats vinden, wanneer de menschen slapen. Toch kan men op de lange winteravonden, een enkele maal door waarnemingen in de latere uren van den nacht

aangevuld, alle verschijnselen leeren kennen, die noodig zijn om ons een juist inzicht in de bewegingen aan den hemel te verschaffen.

Wij beginnen met de maan. Letten wij op de plaats, waar zij zich op den een of anderen tijd bevindt, en kijken dan een paar uur later nog eens, dan bemerken wij, dat zij zich aan den hemel verplaatst heeft, en wel juist zoo, als de zon zich op dezelfde plaats ook beweegt. Zoo ziet men nu en dan bij het begin van een winteravond de volle maan in het Noordoosten opkomen; in schuine richting klimt zij aan den hemel omhoog, te middernacht staat zij hoog in het Zuiden boven ons hoofd, en kort voor het aanbreken van den dag ziet men haar laag in het Noordwesten neerdalen — alles precies zoo, als de zon het 's zomers doet. Staat zij op een herfstavond als een sikkell laag in het Zuiden, dan daalt zij na weinige uren in het Zuidwesten onder den horizon, evenals de winterzon het doet. Bij de maan is dat alles vrij gemakkelijk waar te nemen, omdat men haar ook overdag kan zien, als een bleek wit wolkje, dat door zijn scherpe begrenzing en zijn onbeweeglijkheid van de werkelijke wolken te onderscheiden is. Het is niet zoo heel moeilijk, zich ervan te overtuigen, dat hare banen aan den hemel nauwkeurig met die van de zon overeenstemmen: gaat zij juist in het Oosten op, dan staat zij 6 uur later in het Zuiden op een gemiddelde hoogte en gaat zij nog weer 6 uur later in het Westen onder; komt zij in het Zuidoosten op, dan gaat zij in het Zuidwesten onder, bereikt in het Zuiden slechts een geringe hoogte en blijft slechts 8 uren zichtbaar; enz. Op welke tijden van den dag en het jaar zij deze verschillende kringen doorloopt, daarom bekommeren wij ons nu nog niet; dat zullen wij later nauwkeuriger nagaan. Voor het oogenblik stellen wij ons met deze wetenschap tevreden: de maan loopt in juist zulke schuine kringen om ons heen als de zon.

Hoe staat het nu met de sterren? Richten wij op een avond ons oog op een heldere ster en kijken wij een paar uur later weer, waar zij dan staat, dan zien wij, dat ook zij zich juist zoo beweegt als de zon, wanneer die zich op dezelfde plaats bevindt. Sterren in het Oosten klimmen schuin naar rechts omhoog, in het Zuiden bewegen zij zich alleen naar rechts en in het Westen dalen zij schuin rechts naar beneden.



Wanneer echter de morgen aanbreekt, verdwijnen de sterren. Zij vluchten van den hemel weg, zooals een dichter uit de oudheid het uitdrukte. Waar zijn zij gebleven? Zijn zij werkelijk verdwenen of weggevlucht? Wanneer men een helderster 'smorgens meer en meer ziet verbleeken en steeds kleiner worden tegen den blauwen hemel, dan dringt zich vanzelf de gedachte op, dat zij er nog altijd is, al zien wij haar tegen den hel lichtenden hemelgrond niet meer. Wanneer des avonds een fijn lichtpuntje opduikt en bij toenemende donkerheid aldoor schitterender wordt, dan moet het er te voren ook al geweest zijn. Niet de ster zelf ontstaat en wordt sterker, maar alleen haar indruk op ons oog.

Het is ook gemakkelijk te begrijpen, dat de nachtelijke sterren overdag niet zichtbaar kunnen zijn. Bij helderen maneschijn zien wij 's nachts ook maar weinig sterren; de geheele hemel wordt door de maan flauw verlicht, waardoor de kleinste sterren onzichtbaar worden en slechts de heldere zeer verzwakt overblijven. Was de maan nog schitterender, dan zou zij ook nog helderder sterren onzichtbaar maken. De zon overtreft de maan duizenden malen in glans; zij verlicht den hemel zoo sterk, dat alle sterren onzichtbaar worden. Slechts een enkele, de allerhelderste, de avondster, is nu en dan, wanneer men haar plaats aan den hemel ongeveer kent, ook overdag als een flauw lichtpuntje tegen het felle blauw te zien. Al lijkt het dus op het eerste gezicht wat vreemd, toch moeten wij aannemen, dat ook overdag de hemel vol sterren zit, die alleen door de felle verlichting van den hemel door de zon voor ons onzichtbaar zijn. Wanneer iemand zich soms door de eenvoudige logika van deze gevolgtrekking niet laat overtuigen, dan kan men hem de feiten voorhouden, dat met een verrekijker de sterren ook bij zonschijn te zien zijn en dat bij een zonsverduistering overdag overal aan den hemel sterren opduiken.

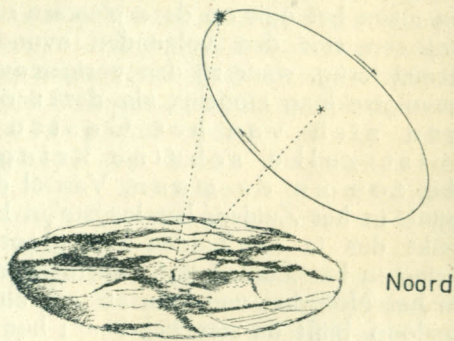
Hoe de sterren nu overdag bewegen, kunnen wij niet zien; maar er is toch wel geen twijfel mogelijk, dat ze zich dan evenzoo bewegen als des nachts of zooals zon en maan overdag. Zoo zien wij b.v. in een nacht een ster dicht bij de maan staan; des morgens wordt de ster onzichtbaar, maar de maan zien wij als een bleek wolkje haar kring verder doorloopen; moeten wij dan niet

aannemen, dat de ster nog altijd in haar buurt blijft en met haar meeloopt? Wij zien van de banen der sterren slechts gedeelten; maar in deze deelen bewegen zij zich steeds juist zooals de zon en maan het ook op deze plaatsen zouden doen; en telkens vinden wij een ster den volgenden avond op dezelfde plaats van den hemel terug, waar zij den vorigen avond stond. Dan is geen andere gevolgtrekking mogelijk als deze: ook de sterren bewegen zich van het Oosten naar het Westen in juist zulke schuine kringen om ons heen, als de zon en de maan. Van al deze kringen ligt het hoogste punt in het Zuiden, het laagste in het Noorden; iedere ster bereikt dus in het Zuiden haar grootste hoogte. Hoe hooger de kring in het Zuiden ligt, des te kleiner is het deel, dat de horizon in het Noorden van hem afsnijdt en des te grooter deel van haar omloop blijft de ster zichtbaar; hoe geringer haar hoogte in het Zuiden is, des te korter blijft zij boven den horizon en des te verder liggen de plaatsen van opkomst en ondergang naar het Zuiden toe. Het onderscheid tusschen de zon en de sterren bestaat alleen hierin, dat een ster altijd precies denzelfden kring doorloopt, terwijl deze bij zon en maan verschuift en wisselt.

Bovendien toonen de sterren nog eenige nieuwe verschijnselen, omdat zij ook op plaatsen van den hemel staan, waar zon en maan nooit komen. Staat een ster in het Zuiden nog lager, dan de zon in den winter staat, dan is van haar kring een nog kleiner stuk zichtbaar en zij blijft slechts een nog korter tijdje boven den horizon. Omgekeerd bij sterren, die in het Zuiden hooger staan dan de zomerzon; hun kring ligt overal nog boven den zomerzonnekring en de horizon snijdt er in het Noorden slechts een klein deel af. Gaat men nu nog hooger en neemt men een ster, die in haar hoogsten stand recht boven ons hoofd staat, dan ligt haar kring heelemaal boven den horizon. Zulk een ster gaat niet onder en komt niet op: van haar hoogste plaats in het toppunt des hemels daalt zij eerst wat naar het Westen, draait bij het dalen steeds meer naar rechts naar het Noordwesten toe, haar baan wordt steeds minder steil, steeds vlakker en zij bereikt in het Noorden haar laagsten stand iets boven den horizon; dan gaat zij naar het Noordoosten, steeds schuiner



omhoog klimmend, en nadert eindelijk weer van uit het Oosten het toppunt. Zulk een ster beschrijft aan den noordelijken hemel een vollen kring, dien wij geheel kunnen zien. Het is, alsof ze zich in een cirkel om een middelpunt beweegt, dat zich aan den noordhemel iets boven het midden tuschen horizon en toppunt bevindt. Let men op de verschillende sterren in het Noorden, dan bemerkt men, dat dit voor alle geldt. Iedere ster aan den noordelijken hemel beschrijft dagelijks een kring om dit middelpunt, dat men de



Baan van een ster in het Noorden.

hemel pool noemt; de kringen zijn natuurlijk des te kleiner, hoe dichter de sterren bij de pool staan. En men bemerkt dan een vrij heldere ster, die oogenschijnlijk steeds onbeweeglijk op dezelfde plaats blijft staan; zij staat zeer dicht bij de poolen wordt Poolster of Noordster genoemd. Alle andere sterren schijnen om haar als middelpunt te draaien.

Wij hebben nu bij alle hemellichamen dezelfde soort beweging gevonden; alle bewegen zich in kringen, die schuin van het Zuiden naar het Noorden liggen. Dat wijst op een gemeenschappelijke oorzaak voor hun beweging. Om deze te vinden moeten wij eerst onze aandacht aan de afzonderlijke sterren wijden.

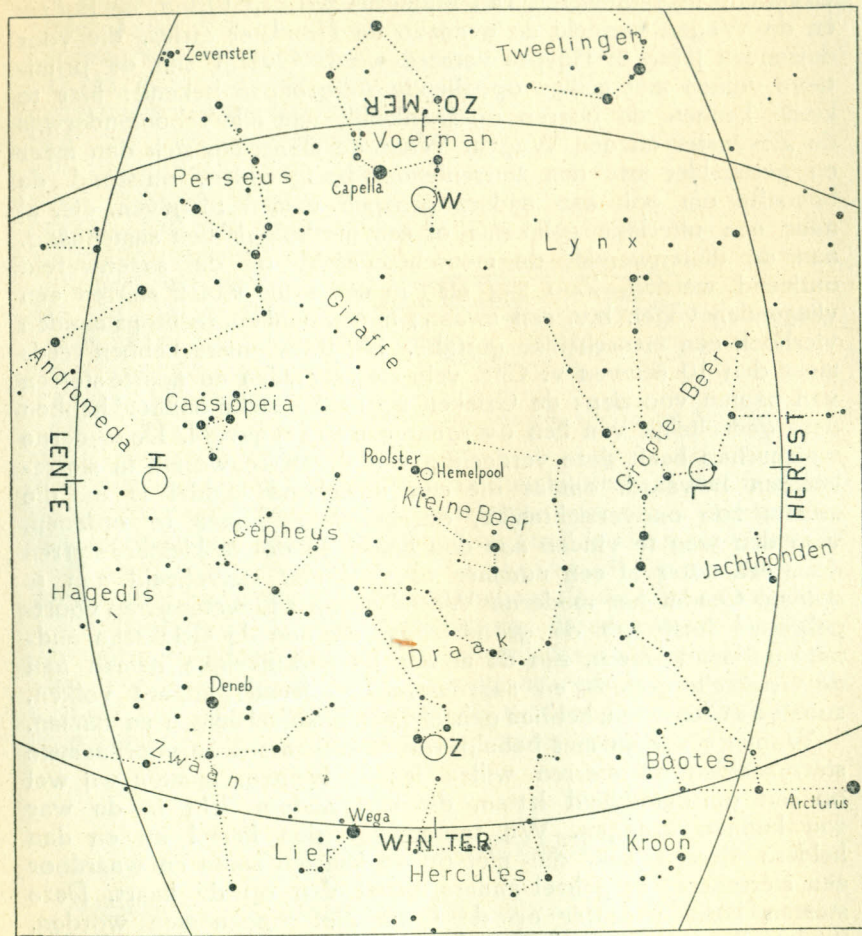
## 5. DE STERREBEELDEN.

Wanneer wij de sterren aan den nachtelijken hemel beschouwen, zien wij, dat zij groepen en figuren met elkaar vormen, die steeds onveranderlijk hun vorm behouden. De merkwaardigste onder deze zijn den menschen reeds in den vroegsten tijd opgevallen, toen zij voor 't eerst op den hemel gingen letten; zij kregen

bijzondere namen evenals ook enkele aparte sterren. In de oude Grieksche heldenliederen van Homerus worden Orion, de Boötes en de Wagen vermeld en evenzoo de Hondster Sirius, die voor duizenden jaren in Egypte vereerd werd. Overal zijn de primitieve volken met eenige opvallende stergroepen bekend; hier te lande kennen de boeren onafhankelijk van alle schoolonderwijs de Zevenster en den Wagen. Waar de menschen zich dan meer en geregelder met den sterrenhemel bezighielden, ontstond de behoefte om ook aan andere groepen namen te geven, die, al naar een uiterlijke gelijkenis of een mythologischen samenhang, aan de dierenwereld, de menschenwereld of de sagenwereld ontleend werden. Zoo zag men in een kruis van 5 sterren een vliegende vogel, b.v. een zwaan; in een smallen, rechtopstaanden vierhoek een menschelijke gestalte. De Babyloniërs hebben reeds meer dan 10 eeuwen v. Chr. vele sterrebeelden en aparte sterren van namen voorzien; de Grieken uit de klassieke oudheid hebben deze gedeeltelijk van hen overgenomen en aangevuld. De moderne wetenschap heeft deze verdeling van de sterrenwereld in sterrebeelden bewaard, omdat dit een uitstekend middel is om die anders zoo onoverzichtelijke, onregelmatige massa te ordenen, vlug den weg te vinden aan den hemel en ook de kleinere sterren door een letter of een nummer in zulk een sterrebeeld aan te duiden. Omdat het moderne West-Europa zijn wetenschap voortgebouwd heeft op de grondslagen, die aan de Grieksche oudheid ontleend waren, zijn de meeste nu gebruikelijke namen aan de Grieksche goden- en sagenwereld ontleend; andere volken, zooals de Chineezers, hebben geheel andere sterrebeelden en namen.

Wanneer wij nu met behulp van sterrekaarten de voornaamste sterrebeelden en sterren willen leeren kennen, moeten wij wel op een omstandigheid letten, die ons anders licht in de war zou kunnen brengen. Wij treffen aan den hemel nu en dan heldere sterren aan, die niet op de kaarten staan en waardoor een sterrebeeld er geheel anders uitziet dan op de kaart. Deze sterren konden echter op de kaart niet opgenomen worden, omdat zij geen vaste plaatsen hebben, maar voortdurend tusschen de andere sterren rondwalen. Het zijn de zoogenaamde waa-sterren, of, naar het Grieksch, planeten (planeta beteekent „de rondzwervende”), en tot hen behooren de allermooiste en schitte-





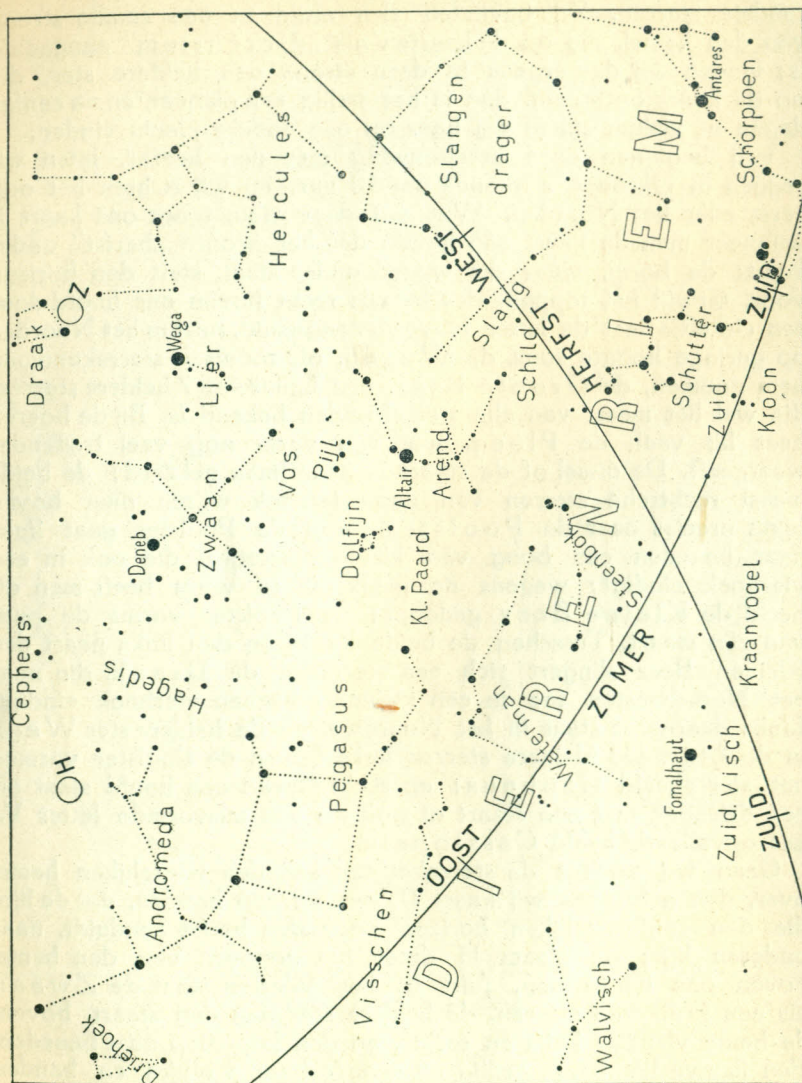
Kaart I. Noordelijke hemel.

rendste sterren. Zij bevinden zich altijd in een smalle strook van den hemel, die op de kaarten als „dierenriem” aangeduid is; vinden wij dus ergens in deze strook een heldere ster, die op de kaart ontbreekt, dan is het stellig een planeet, en na eenige dagen of weken zullen wij haar op een andere plaats vinden.

Wij beginnen onze beschouwing met den **herfst**, laten wij zeggen in Oktober 's avonds om 10 uur, en wij richten het oog eerst naar het Noorden. Wat wij daar zien, toont ons kaart I, wanneer men de kaart zóó houdt, dat het woord „herfst” onder komt; de boog, waar dit woord onder staat, stelt den horizon voor, terwijl het toppunt des hemels recht boven ons hoofd door een cirkeltje met de letter H wordt aangeduid. Juist in het Noorden op geringe hoogte staat de Wagen, of, zooals de sterrekundigen hem noemen, de Groote Beer, een figuur van 7 heldere sterren, die wel het meest van alle sterrebeelden bekend is. Bij de boeren heet hij vaak de Ploeg, wat zijn vorm nog veel treffender weergeeft. De dissel of de staart is naar links gekeerd; de beide meest rechtsche sterren van den vierhoek wijzen naar boven bijna precies naar de Poolster. Van de Poolster gaat links naar beneden een boog van kleine sterretjes, die ook in een vierhoek eindigt; wegens de gelijkenis in vorm heeft men dit beeld de Kleine Beer gedoopt; de Poolster vormt de punt van zijn staart. Tusschen de beide Beren en dan links naast den Kleinen Beer slingert zich een sterrenrij, de Draak, die naar het Noordwesten toe in een kleinen scheeven vierhoek eindigt. Links daarnaast staat in het Noordwesten de heldere ster Wega in de Lier. De kleinere sterren links boven de Poolster vormen het sterrebeeld Cepheus; en recht boven ons hoofd staat als een driehoek met een staart of ook als een misvormde letter W het opvallende beeld Cassiopeia.

Gaan wij nu tot de sterrebeelden aan den westelijken hemel over, dan gebruiken wij kaart II, die wij zóó houden, dat de lijn, die den zuidwestelijken horizon voor den herfst aanduidt, naar onderen ligt; de plaats H duidt het toppunt van den hemel boven ons hoofd aan. Juist in het Westen staat de Zwaan als een kruis van sterren, de heldere ster aan den staart boven, de beide vleugels links en rechts, en den kop diep naar beneden. Een flauwe lichtband, grillig uit wonderbare wolkjes en banden





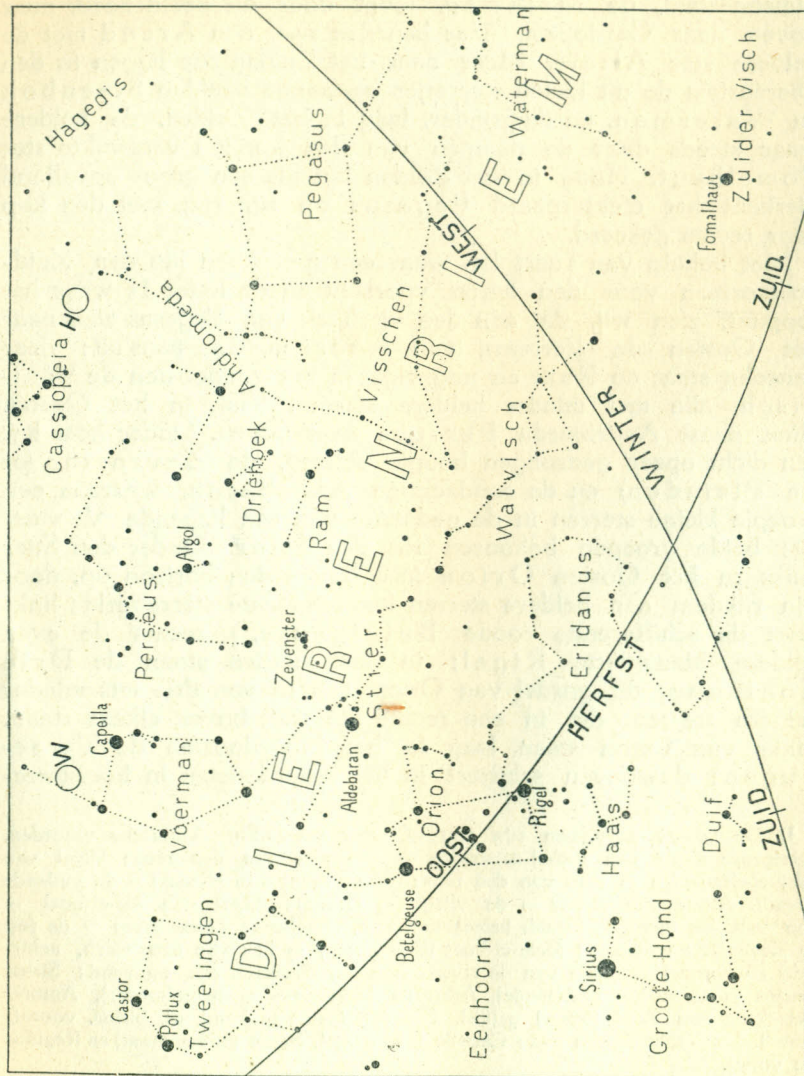
Kaart II. Zuidelijke hemel in zomer en herfst.

samengesteld, de Melkweg, loopt door dit beeld heen, naar boven naar Cassiopeia, naar beneden naar den Arend met de heldere ster Altair. Meer naar het Zuiden toe liggen in den Dierenriem de uit kleine sterretjes bestaande beelden Steenbok en Waterman, en daaronder, laag in het Zuiden, de heldere maar steeds door de dampen van den horizon verzwakte ster Fomalhaut. Hoog in het Zuiden ligt als een groot opvallend vierkant het dichterspaard Pegasus op zijn rug, met den kop naar rechts gekeerd.

Met behulp van kaart III, waar een getrokken lijn den Zuid-oosthorizon voor den herfst voorstelt en de letter H weer het toppunt, zien wij, dat aan den vierhoek van Pegasus zich naar het Oosten de sterrenrij van Andromeda aansluit; daar beneden staat de Ram en nog lager in het Zuidoosten de Walvisch, alle met minder heldere sterren. Vlak in het Oosten klimt naast Andromeda Perseus naar boven. Onder hem ligt een dicht oopen gedrongen hoopje sterren, de Zevenster (of de Pleiaden) en de roodachtige Aldebaran, waaraan een groepje kleine sterren in de gedaante van een liggende V vastzit; beide groepen behoren tot den Stier. Onder den Stier duikt in het Oosten juist boven den horizon op, door zijn rijkdom aan heldere sterren het schoonste sterrebeeld; links staat de schitterende roode Betelgeuse,<sup>1)</sup> rechts de even heldere blauwwitte Rigel; in het midden staan de Drie Koningen, de gordel van Orion, een rij van drie iets minder heldere sterren, die in een rechte lijn vlak boven elkaar staan. Links van Orion staan laag in het Noordoosten de Tweelingen; daarboven schittert in het Noordoosten in het sterre-

<sup>1)</sup> De meeste sternamen zijn min of meer verminkte Arabische woorden. Betelgeuse komt van bed-el-dsjaoedza = schouder van den reus; Rigel van ridsjl-el-dsjaoedza = voet van den reus; Wega komt van el-waki = de vallende (arend). Altair van el-tair = de vliegende (arend); Algol van räs-el-goel = kop van het monster, Deneb beteekent staart, el-debaran (Aldebaran) = de (op de Zevenster) volgende; foem-el-hoet (Fomalhaut) = bek van den visch, achir-nahr (Achernar) = einde van de rivier. Aan het Grieksch zijn ontleend: Sirius (seiros = de vurige, brandende), Arkturus (arkt-oeros = berenhoeder), Antares (beteekent aan Ares (Mars) gelijk), Procyon (aan den hond, nl. Sirius, voorafgaand). Latijnsche namen zijn: Capella (het geitje), Spica (de korenaar) en Regulus (de vorst).





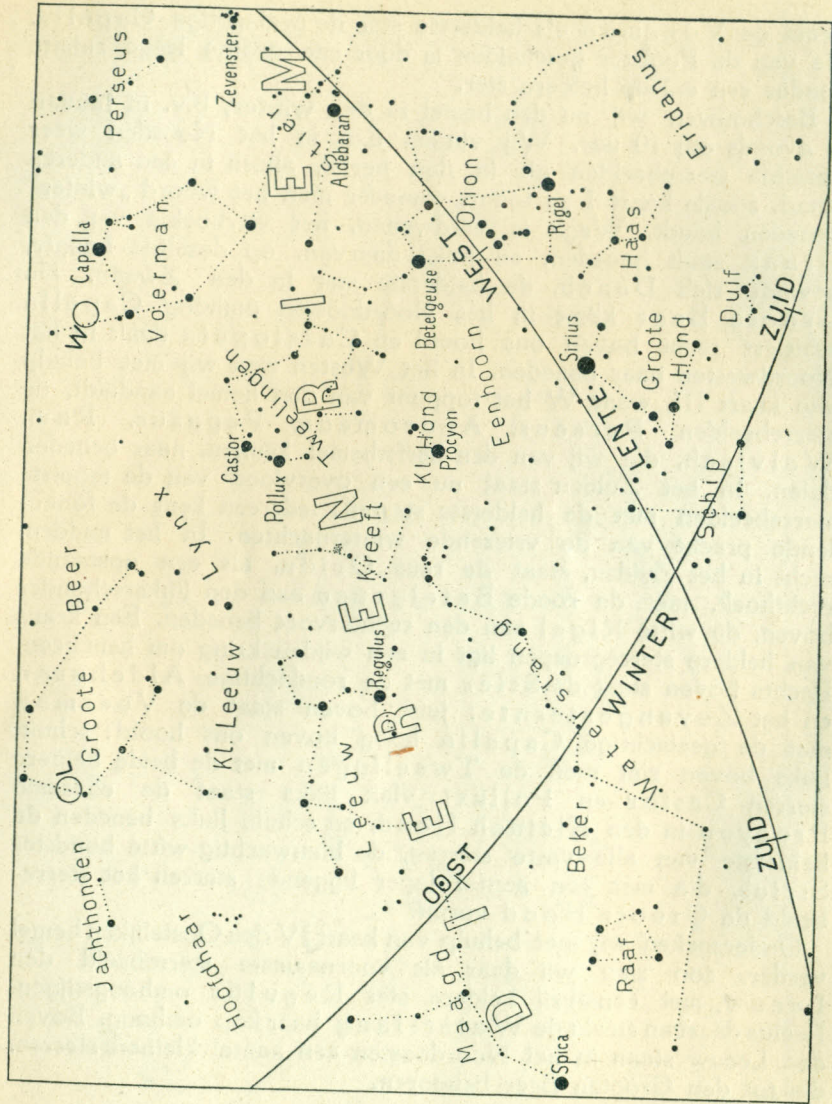
Kaart III. Zuidelijke hemel in herfst en winter.

beeld de Voerman als helderste ster de geelachtige Capella, die van de Poolster gescheiden is door een groote leege ruimte zonder een enkele heldere ster.

Beschouwen wij nu den hemel in den winter, b.v. in Januari 's avonds om 10 uur. Wij vinden dan in het Noorden weer dezelfde sterrebeelden als in den herfst, alleen in een anderen stand, zooals kaart I ze toont, wanneer men het woord „winter” beneden houdt. Wega is verdwenen, het vierhoekje van den Draak staat beneden, en links daarvan, op dezelfde hoogte, bevindt zich Deneb, de helderste ster in den Zwaan. De Groote Beer klimt in het Noordoosten omhoog, Capella schittert recht boven ons hoofd en Cassiopeia daalt in het Noordwesten naar beneden. In het Westen zien wij met behulp van kaart III, waar W het toppunt van den hemel aanduidt, de sterrebeelden Perseus, Andromeda, Pegasus, Ram, Walvisch, die wij van den herfsthemel kennen, naar beneden dalen. In het Zuiden staat nu een overvloed van de mooiste sterrebeelden met de helderste sterren; iedereen kent de fonkelende pracht van de vriezende winternachten. In het midden, recht in het Zuiden, staat de reus Orion, als een opstaande rechthoek, met de roode Betelgeuse aan den linkerschouder boven, de witte Rigel aan den rechtervoet beneden. Een krans van heldere sterregroepen ligt in een wijden kring om hem heen. Rechts boven staat de Stier met de roodachtige Aldebaran en het Zevengesternte; juist boven staat de Voerman met de geelachtige Capella hoog boven ons hoofd; schuin links boven ziet men de Tweelingen met de beide heldere sterren Castor en Pollux; vlak links staat de eenzame Procyon in den Kleinen Hond, en schuin links beneden de helderste van alle vaste sterren, de blauwachtig-witte hondster Sirius, die met een aantal lager liggende sterren het sterrebeeld de Groote Hond vormt.

Onderzoeken wij met behulp van kaart IV den Oostelijken hemel verder, zoo zien wij daar als voornaamste sterrebeeld den Leeuw met een vrij heldere ster Regulus omhoogstijgen. Rechts daarvan steekt de Waterslang haar kop omhoog. Boven den Leeuw staan in het Noordoosten een aantal kleinere sterren, die tot den Grooten Beer behooren.



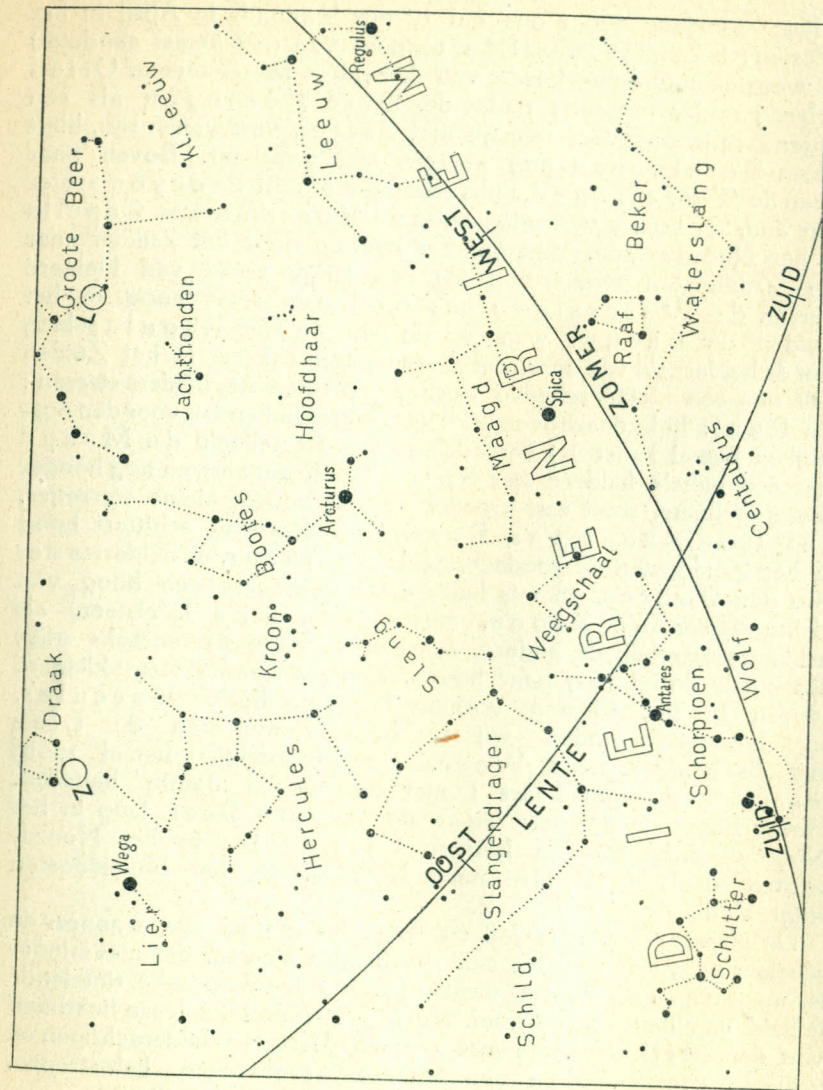


Kaart IV. Zuidelijke hemel in winter en lente.

Het **voorjaar** toont ons om 10 uur 's avonds in April in het Westen (zie kaart IV, waar L het toppunt van den hemel aanduidt) de wegzinkende achterhoede van de heldere wintersterren. Orion is bezig onder te gaan; nadat de Drie Koningen als een liggend rijtje ongeveer tegelijk met Sirius verdwenen zijn, blijft alleen Betelgeuse nog eenigen tijd zichtbaar. Boven haar staan de Tweelingen, links daarnaast schuift Procyon achter hen aan, en rechts van allen staat de Voerman met Capella in het Noordwesten. Van het Zuidwesten door het Zuiden naar het Zuidoosten strekt zich als een lange reeks van kleinere sterren de Waterslang uit; daarboven staat hoog in het Zuiden de Leeuw, waarvan de mooiste ster Regulus lang niet de helderheid van de wintersterren bereikt. Laag in het Zuiden valt ons een kleine scheeve vierhoek op van matig heldere sterren: de Raaf; links daarboven (van hier af gebruiken wij voor den oostelijken hemel kaart V) bevindt zich het sterrebeeld de Maagd met een enkele heldere ster Spica (de Korenaar), en nog hooger aan den hemel staat een vreemd vertakt hoopje kleine sterretjes, het Hoofdhaar van Berenice. Prachtig schittert hoog in het Zuidoosten de roodachtiggele Arcturus, de helderste ster van den Boötes, en iets lager staat daarnaast een boog van kleine sterren, de Kroon, met Gemma (de Edelsteen) als helderste tusschen de andere. Als een bochtige sterrenreeks stijgt daaronder de Slang naar boven. Een groot aantal meest kleinere sterren in het Oosten vormen het sterrebeeld Hercules, en daarnaast vinden wij in het Noordoosten de Lier met de heldere, witte Wega. De Noordelijke hemel toont ons het beeld van kaart I met het woord „Lente” beneden. Hoog boven ons hoofd staat de Groote Beer, laag in het Noorden dicht bij den horizon Cassiopeia; in het Noordwesten daalt Capella naar beneden, in het Noordoosten stijgt Wega omhoog.

De **zomeravonden** in Juli en Augustus toonen ons, wanneer de schemering verdwenen is, een pracht van sterren, die niet minder is, maar van een andere, weekere natuur dan de strakke, tintelende felheid van den winterhemel. Nu is het vooral de teere lichtband van den Melkweg, die met zijn wonderbaar schilderachtigen en grilligen vormenrijkdom van heldere nevelwolken, lichtstrepen,





Kaart V. Zuidelijke hemel in lente en zomer.

donkere hopen en groeven het oog treft. In zijn loop van het Noordoosten naar het Zuiden wordt hij door een reeks van mooie sterrenrijke beelden begeleid, al is ook het aantal der allerhelderste sterren niet zoo groot als aan den winterhemel. In het Noordoosten stijgt Cassiopeia omhoog; aan haar sluiten zich de kleine sterren van Cepheus aan, en daarnaast zweeft, hoog in het Oosten, als een groot sterrenkruis de Zwaan. Op zij naast den Melkweg schittert hoog boven ons hoofd Weg a in de Lier. Meer naar het Zuiden toe (zie kaart II, waar Z het toppunt van den hemel beduidt) volgt de Arend met de heldere ster Altair. Beneden den Arend ligt een opvallende heldere melkwegvlak in den vorm van een schild, die aan een sterrebeeldje met enkel kleine sterretjes dezen naam heeft gegeven; en laag in het Zuiden toont ons de Schutter een door de dampen van den horizon sterk verzwakt beeld van een opgehoopt mengsel van sterren en vlokkege lichtnevels. Rechts daarnaast (zie kaart V) staat het sterrenrijke beeld van den Schorpioen met de roode Antares, waar, door de nabijheid van den horizon, van het melkweglicht nauwelijks meer iets te zien is. Boven den Schorpioen bevindt zich aan den Zuidwesthemel de Slang met den Slangendrager en daarboven Hercules, alle zonder opvallende sterren. Hoog in het Westen schittert als helderste ster van den zomerhemel de roodachtige Arcturus in den Boötes; diep onder hem gaat Spica juist onder. Hoog in het Noordwesten daalt de Groote Beer naar beneden; recht in het Noorden strijkt Capella vlak boven den horizon langs. In het Noordoosten stijgen eenige sterren van Perseus, in het Oosten Andromeda en daarbij aansluitend in het Zuidoosten de vierhoek van Pegasus boven den horizon omhoog.

## 6. DE HEMELBOL.

De beschouwing van de sterren en de sterrebeelden aan den hemel heeft ons, naast vele andere later te pas komende uitkomsten, dit eerste belangrijke feit leeren kennen: de figuren, die de sterren met elkaar vormen, behouden steeds onver-



anderlijk dezelfde gedaante — natuurlijk afgezien van de planeten. Dit geldt zelfs voor duizenden van jaren, want de Grieksche astronomen der oudheid zagen de sterrebeelden precies zoo, als wij ze nu zien. Wat beteekent deze onveranderlijkheid?

Wanneer wij in het donker in de verte eenige lichtjes zien, die zich bewegen, maar daarbij altijd ten opzichte van elkaar denzelfden stand behouden en te zamen op en neer of heen en weer gaan, dan besluiten wij, dat zij op een of andere manier aan elkaar vast moeten zitten, als deelen van een enkel bewegend voorwerp. Zien wij nu op dezelfde manier, dat b.v. de sterren van den Groote Beer of van Orion bij hun beweging steeds dezelfde plaats ten opzichte van elkaar behouden, dan ligt ook hier dezelfde gevolgtrekking voor de hand: de sterren gaan niet zelfstandig, onafhankelijk van elkaar, ieder haar eigen bepaalden weg, maar zij zitten aan elkaar vast en gaan gezamenlijk hun weg. Dat geldt natuurlijk niet alleen voor een enkel sterrebeeld, maar ook voor alle te zamen; als een vast met elkaar verbonden geheel cirkelen ze om ons heen. Zij zijn of door onzichtbare stangen met elkaar verbonden, of zij zitten alle aan een hemelbol vastgehecht.

Deze voorstelling, dat de sterren evenals „gouden spijkers aan een blauwen koepel” vastgehecht zijn aan een hemel, die zich langzaam beweegt en ze daarbij alle meeneemt, heeft zich reeds zeer vroeg aan de menschen opgedrongen. Zij sluit zich ook vanzelf aan bij den allereersten indruk, dat de hemel een blauwe halve bol is, die zich als een koepel boven ons hoofd welft. Maar wij kunnen nu niet meer aannemen, dat deze halve bol aan den horizon op de aarde rust. Want de sterren gaan op en onder; zij zetten na hun ondergang hun weg voort en duiken later ongedeerd in dezelfde figuren weer boven den oostelijken horizon op. Daaruit blijkt, dat het hemelgewelf zich ook onder den horizon voortzet, zich onder de aarde door beweegt en ook daár de sterren meevoert, nadat zij ondergegaan zijn. De hemel is dus geen koepel, geen halve bol, maar een geheele bol, die van binnen hol is, terwijl wij ons in het middelpunt bevinden. De hemel beweegt zich om ons als een vaste, holle, bolvormige schaal, die de daaraan vastzittende sterren door haar beweging met zich meevoert.

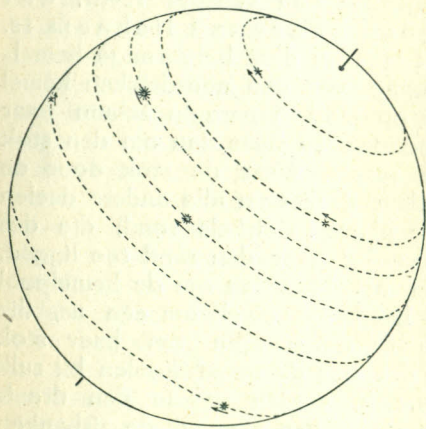
Wij hebben nu een heel ander beeld van den hemel gekregen dan in het begin. Toen was hij de verzamelnaam voor alles, wat zich boven ons bevindt; regenboog en wolken behoorden even goed tot den hemel als zon en sterren. Wolken en regenboog zijn echter een geheel ander soort dingen dan zon en sterren; zij zijn vergankelijk en onbestendig als regen en wind en behooren evenals deze tot de aarde. De zon en de sterren zijn boven die onbestendigheid verheven; zij zijn onvergankelijke hemellichamen, die in rustige majesteit hun kringen beschrijven. De wolken zweven in horizontale lagen als een hoogere verdieping boven het aardoppervlak en schijnen daarom aan den horizon tot strepen samengedrongen en in elkaar geschoven. De sterrebeelden daarentegen hebben aan den horizon denzelfden vorm als hoog boven ons hoofd; voor den hemel zijn, zooals het bij een bol behoort, alle richtingen gelijkwaardig. Voor den hemel bestaat geen boven en geen onder, hij is niet slechts boven, maar ook onder de aarde; hij omgeeft de aarde aan alle kanten. Daaruit volgt weer nog overtuigender dan vroeger reeds, dat de aarde een aan alle zijden begrensde lichaam is.

Op wat voor wijze beweegt zich nu deze bolvormige hemelschaal? Wij kunnen de beweging van den noordelijken hemel gemakkelijk nabootsen door een opgestoken paraplu schuin naar het Noorden boven ons te houden en haar dan om den stok als as te laten ronddraaien. De plaats, waar de stok door de paraplu gaat, verplaatst zich daarbij niet en alle andere deelen van de paraplu draaien om deze plaats in cirkels rond, die des te grooter zijn, naarmate zij verder naar den rand toe liggen. Dus juist zooals de sterren in het Noorden om de hemelpool draaien. In het Noorden draait het hemelgewelf om een as, die het in de pool treft, juist zooals de paraplu om haar stok draait. Een ander voorbeeld, dat ons de verschijnselen bij zulk een draaiing voor oogen stellen kan, vinden wij in den draaimolen. Gaan wij in het midden staan, dan zien wij de zitbanken in een kring om ons heen draaien, terwijl hooger gelegen dingen, b.v. de lampen, boven ons een kring beschrijven. Konden wij nu de as van den draaimolen scheef zetten, naar het Noorden toe, dan kwamen alle kringen schuin te liggen; elk ding bereikte dan in het Zuiden zijn hoogste, in het Noorden zijn laagste plaats.



Spanden wij dan over den draaimolen nog een ballon van tentdoek met de sterrebeelden er netjes op geschilderd, dan hadden wij een sprekend gelijkend beeld van den hemelbol. Draait de ballon met den draaimolen langzaam om de as, dan doorloopt iedere ster een schuinen kring, die naar het Zuiden toe het hoogst ligt.

Zoo vinden wij voor de dagelijksche beweging der sterren een uiterst eenvoudige verklaring: de hemelbol, waaraan de sterren vastzitten, draait regelmatig eens per dag om een as, die naar het Noorden schuin naar boven gericht is. Wat ons vroeger als een merkwaardig toeval voorkwam: het feit — dat de oorzaak van alle bijzonderheden in opkomst en ondergang der hemellichamen is — dat de dagelijksche kringen van alle sterren even schuin liggen, openbaart zich hier als het vanzelf sprekende gevolg van een enkele oorzaak: omdat alle sterren meegevoerd worden door den hemelbol, die zich om een scheef opstaande as wentelt, daarom moeten hun banen alle even schuin zijn en evenwijdig met elkaar.



Draaiende hemelbol, van buiten gezien.

ken den horizon nooit en blijven altijd onzichtbaar voor ons. Wij kunnen dus aan den hemelbol met zijn sterren drie verschillende gebieden onderscheiden; een kap om de Noordpool

De as zelf zien wij natuurlijk niet, omdat zij geen vaste stang maar een denkbeeldige lijn is; haar plaats kennen wij daaraan, dat zich daar de rustende hemelpool tusschen de sterren bevindt, die er om heen draaien. Natuurlijk moet zich aan den anderen kant van den hemelbol, daar waar de schuin naar het Zuiden omlaag gerichte as hem treft, juist tegenover de zichtbare pool, ook een rustende pool bevinden, de voor ons onzichtbare Zuidpool des hemels. De sterren, die zich in haar buurt bevinden en in kringen om haar heen bewegen, berei-

heer omvat de sterren, die nooit ondergaan en altijd zichtbaar blijven; een kap om de Zuidpool heen omvat de sterren, die nooit opkomen en altijd onzichtbaar blijven; daartusschen ligt een breede gordel, die alle sterren bevat, die aan den oostelijken horizon opkomen en aan den westelijken ondergaan. In het midden van dezen gordel loopt de *a e q u a t o r d e s h e m e l s* om den hemelbol heen, als een kring, die overal even ver van beide polen verwijderd blijft. Hij verdeelt den hemel in een noordelijke en een zuidelijke helft, en doorsnijdt den horizon precies in het Oosten en in het Westen.

Bij onze beschouwing van de hemelverschijnselen zijn wij begonnen de beweging van de zon nauwkeurig na te gaan, en wij bemerkten vervolgens, dat de maan en de sterren juist zulke kringen als de zon beschrijven. Thans hebben wij de beweging van alle sterren tot een enkele, eenvoudige oorzaak teruggebracht, tot de draaiing van den hemelbol. Het ligt nu voor de hand, de vraag te stellen, of misschien ook de dagelijksche kringen van zon en maan denzelfden oorsprong hebben.

Voor de maan ligt het bevestigend antwoord dadelijk voor de hand. Wij zien haar aan den hemel tusschen de sterren staan en met de sterren langzaam voortwandelen. Wij zien met onze eigen oogen, dat de maan op een bepaalde plaats aan den hemel zit en door den hemelbol in zijn draaiing meegenomen wordt.

Is het echter bij de zon wezenlijk anders gesteld? Ja, zoolang wij dachten, dat de zon eenzaam en alleen als dagvorstin aan den hemel troonde en haar baan beschreef, konden wij niet anders denken dan dat zij zelfstandig haar eigen weg ging. Maar wij weten nu, dat ook overdag de hemel vol sterren zit, die wij slechts door het schelle daglicht niet kunnen zien. Ook de zon staat midden tusschen de sterren en wandelt te zamen met hen voort, in het Oosten omhoog, in het Westen omlaag. Zij staat niet alleen, zij is slechts één hemellichaam, zij het ook het allerhelderste, tusschen de andere. Het is volstrekt niet noodig voor haar een eigen dagelijkschen kring aan te nemen. Wanneer zij, aan den hemel vastgehecht, door zijn draaiing meegesleept wordt, moet zij dag aan dag juist zulk een kring beschrijven, als wij bij haar gevonden hebben. Ook de dagelijksche kringen van zon en maan vinden hun oorzaak in de wenteling van den hemelbol om zijn as.



Zoo zijn wij dus hier tot een opvatting van den hemel gekomen, die de verschijnselen op een uiterst eenvoudige manier weergeeft. Als een reusachtige bolschaal, in wier middelpunt wij ons bevinden, wentelt de hemel zich dagelijks gelijkmatig om zijn scheefstaande as. Hij is met sterrebeelden bedekt, die alle hun vaste plaatsen hebben. Ergens tusschen deze bevinden zich ook de zon en de maan. En al deze hemellichamen worden door de wenteling in schuine kringen meegevoerd. Bevinden zich zon en maan aan de onderste onzichtbare helft van den hemelbol en wordt onze blik niet door wolken of nevels belemmerd, dan zien wij den donkeren hemel met sterren bezaaid. Klimt door de draaiing des hemels de plaats, waar de maan zich bevindt, boven den horizon, dan verbleeken de zwakke sterren. Nadert de plaats van de zon den horizon, dan worden de luchtlagen om ons heen zoo helder verlicht, dat wij op den blauwen hemelgrond geen ster meer kunnen zien; het is dag. De hemel draait verder; dat hij sterren meevoert, daarvan zien wij niets; wij zien alleen het helderste hemellicht, de zon, en aan haar beweging naar het Zuiden en dan naar het Westen bemerken wij de draaiing van den hemel. Sleeft hij eindelijk de zon met zich mee onder den horizon, dan houdt de verlichting van den dampkring om ons heen op; het wordt nacht, en de sterren verschijnen weer, rustig en gelijkmatig als altijd hun kringen beschrijvend, door den eendeloos regelmatig voortdraaienden hemelbol meegevoerd.

Daarmee zijn de eerste vragen beantwoord, die de beschouwing van den hemel ons stelde. Maar daardoor worden wij meteen voor nieuwe vragen gesteld. Voor de eigenlijke sterren is het vraagstuk van haar beweging opgelost; zij hebben vaste plaatsen aan den hemel — zij heeten daarom ook vaste sterren — en haar geheele beweging komt hierop neer, dat zij eenvoudig door de draaiing des hemels meegenomen worden. Anders staat het met de zon, de maan en de dwaalsterren, de planeten. Deze blijken nu alle met elkaar verwant te zijn, doordat zij geen vaste plaatsen aan den hemelbol hebben; zij veranderen van plaats en bewegen zich langs den hemel tusschen de sterren door. Wanneer wij nu hier en later over hun beweging spreken, is dit in geheel anderen zin dan vroeger. Met de dagelijksche kringen zijn wij nu klaar; alles, wat een gevolg van de regelmatige draaiing van den hemel

is, laten wij dus verder rusten. Wat nu als beweging overblijft, en als hun eigen werkelijke beweging het onderwerp onzer verdere beschouwing zal zijn, is enkel hun beweging langs den hemelbol, waarbij de vaste sterren de vaststaande mijlpalen zijn. Deze beweging zullen wij nu nauwkeuriger onderzoeken. Bij de planeten en de maan is dat niet moeilijk; wij kunnen hun plaats tusschen de sterren zoo vaak wij willen onmiddellijk waarnemen, in een sterrenkaart intekenen en zoo van avond tot avond, van maand tot maand hun loop volgen. Bij de zon gaat dat moeilijker, omdat zij de sterren in haar buurt onzichtbaar maakt; hier moeten wij dus een anderen weg inslaan.

## 7. DE BEWEGING VAN DE ZON.

Bij onze beschouwing van de jaargetijden vonden wij, dat de dagelijksche zonnekring in den loop van het jaar heen en weer schuift en in Juni zijn noordelijksten, in December zijn zuidelijksten stand inneemt. Wat wij toen voor een aparten zonnekring hielden, ontstaat echter, zooals wij nu weten, doordat de draaiende hemelbol de zon meeneemt. Deze draaiing is nu afgehandeld; wij vragen op het oogenblik alleen de plaats van de zon aan den hemelbol. En dan bewijst het heen en weer schuiven van onzen vroegeren zonnekring, dat de zon zelf haar plaats aan den hemel verandert; in Juni staat zij dicht bij de Noordpool, in December meer naar het Zuiden toe. Wat wij eerst voor heen en weer schuiven van een zonnekring hielden, komt eenvoudig hier op neer, dat de zon zelf zich in den loop van het jaar aan den hemelbol op en neer beweegt, zoodat zij in Juni het noordelijkst, in December het zuidelijkst komt. Op de dagen der beide nachteveningen passeert zij den aequator des hemels en gaat van het noordelijke halfmond naar het zuidelijke over of omgekeerd.

Maar dit op en neer schommelen, dat dus de oorzaak van de wisseling der jaargetijden is, is niet de eenige beweging van de zon aan den hemel. Er moet nog een andere beweging bijkomen; want wij hebben intusschen nog een verder onderscheid tusschen de jaargetijden leeren kennen. Bij de beschouwing



van de sterrebeelden hebben wij opgemerkt, dat ook het beeld van den nachtelijken hemel in den loop van het jaar verandert.

Wanneer men op een zekeren tijd den hemel beschouwt, en men kijkt een maand later op hetzelfde uur nog eens, dan ziet men de sterren in een anderen stand; de oostelijke zijn hooger, de westelijke zijn lager gekomen; het is alsof het niet een maand, maar twee uren later dan de vorige waarneming is. Een tijdsverloop van drie maanden brengt, zooals al bij de beschrijving van de sterrebeelden in de verschillende jaargetijden bleek, dezelfde verandering in het uiterlijk van den hemel teweeg als een tijdsverloop van 6 uren; in beide gevallen draait de hemelbol een kwartslag om. Voor de verandering in den stand van den hemelbol beteekent het verloop van een maand precies hetzelfde als het verloop van 2 uren in denzelfden nacht. Om over een maand denzelfden stand van den hemel terug te vinden, moet men 2 uren vroeger kijken. De winterhemel, dien wij midden Januari om 10 uur 's avonds aantreffen, vinden wij precies zoo midden December te middernacht, midden November om 2 uur, midden Oktober om 4 uur 's nachts, en evenzoo midden Februari om 8 uur 's avonds, midden Maart om 6 uur — maar dan zien wij geen enkele ster, daar dan de zon juist ondergaat en het dus nog licht is. Maar wij mogen aannemen, dat de sterren in April om 4 uur, in Mei om 2 uur 's namiddags, in Juni 's middags om 12 uur, in Juli om 10 uur, in Augustus om 8 uur, in September om 6 uur 's morgens telkens denzelfden stand hebben als aan den winterhemel, al kunnen wij er niets van zien. Evenzoo vinden wij onzen herfsthemel in Augustus om 2 uur, in September om 12 uur 's nachts, in November om 8 uur, in December om 6 uur 's avonds terug. In December met zijn lange nachten kunnen wij dus om 6 uur 's avonds den herfsthemel, te middernacht den winterhemel en om 6 uur 's morgens den voorjaarshemel waarnemen.

Kennen wij eenmaal dezen regel, dan is het niet moeilijk de beweging van de zon te vinden, die er de oorzaak van is. Denken wij ons den stand van den hemelbol op den een of anderen dag 's middags om 12 uur, wanneer de zon in het Zuiden staat. Een maand later, weer om 12 uur, is de hemel een twaalfde deel van zijn omtrek naar het Westen verder gedraaid; in het Zuiden, om

de zon heen, staan nu de sterren, die in de vorige maand zooveel meer naar links, naar het Oosten stonden. De zon staat dus telkens een maand later op een plaats van den hemelbol, die zich een twaalfde van zijn omtrek verder naar links bevindt; zij loopt dus langs den hemelbol van rechts naar links.

Wij kunnen ons deze beweging van de zon nog op een andere manier aanschouwelijk voorstellen. Daartoe zoeken wij in de verschillende maanden steeds denzelfden stand van den hemelbol op. Wanneer wij alleen op die oogenblikken naar den hemel kijken, moet het ons voorkomen, alsof hij steeds onveranderlijk zijn stand behoudt. Nemen wij b.v. den stand, dien wij den zomerhemel noemden. Wij treffen hem in Juni 's nachts om 12 uur aan, in Juli om 10, in Augustus om 8 uur 's avonds, in September om 6, in Oktober om 4, in November om 2 uur 's namiddags, in December 's middags om 12 uur, in Januari om 10, in Februari om 8, in Maart om 6, in April om 4 uur 's morgens. Waar bevindt de zon zich op al die tijdstippen? In Juni in het Noorden, in Juli en Augustus in het Noordwesten onder den horizon, in September in het Westen juist bezig onder te gaan; in Oktober en November in het Zuidwesten boven den horizon, in December laag in het Zuiden, in Januari en Februari laag in het Zuidoosten, in Maart juist in het Oosten in opkomst, in April en Mei in het Noordoosten een weinig onder den horizon. De zon loopt in een jaar van rechts naar links, van West naar Oost om den geheelen hemelbol heen. Te middernacht, als de zon in het Noorden staat, bevindt zich steeds die streek van den hemelbol in het Zuiden, die recht tegenover de zon ligt; daarom moet deze jaarlijksche omloop van de zon noodzakelijk juist zulk een regelmatige verandering van het uiterlijk van den hemel bewerken, als wij waarnemen.

Dit regelmatige voortwandelen van de zon langs den hemelbol kan men ook heel mooi en duidelijk aan den westelijken avondhemel waarnemen. De sterren, die bij het aanbrenken van den nacht eerst in het Zuiden stonden, trekken in de volgende maanden steeds meer naar het Westen toe en naderen den westelijken horizon steeds meer; weldra ziet men ze na zonsondergang nog slechts korten tijd in de schemering; en eindelijk zijn zij verdwenen: zij zijn ondergegaan, voor het nog geheel donker



was. Wat is er gebeurd? De zon is steeds dicht bij hen gekomen. Doordat zij naar links voortschuift, bereikt zij de sterren, die te voren ver links van haar stonden, de een na de ander, en zinken steeds nieuwe sterren in de schemering weg. Tegelijk duiken 's morgens aan den oostelijken hemel, doordat zij elken volgenden dag iets vroeger opkomen, steeds nieuwe sterren uit de schemering op en verwijderen zich meer en meer van de zon. Zoo zien wij, hoe de zon van dag tot dag, van week tot week in oostelijke richting aan den hemel voortschuift, in haar verblindenden lichtkring de linksstaande avondsterren de een na de ander opsloopt en er de rechtsstaande morgensterren geleidelijk uit loslaat.

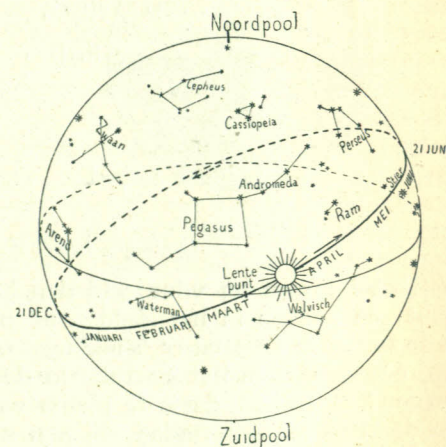
Wij moeten dus, om hetzelfde uiterlijk van den hemel aan te treffen, elke volgende maand 2 uren vroeger kijken. Dit beteekent, dat dezelfde stand van den hemelbol elken volgenden dag 4 minuten vroeger terugkomt. Het was dus niet heelemaal juist wat wij vroeger vonden, dat de hemelbol zich in één dag om zijn as wentelt. In werkelijkheid heeft hij daarvoor 4 minuten minder noodig, en zijn werkelijke omdraaiingstijd is 23 uren 56 minuten. Dit tijdsverloop, waarna de sterren precies in denzelfden stand ten opzichte van den horizon terugkomen, heet een *sterredag*. Een ster, die tegelijk met de zon in het Zuiden stond, staat na een sterredag weer precies in het Zuiden. De zon echter, die in dit tijdsverloop een klein eindje langs den hemelbol voortgewandeld is, tegen de draaiing van den hemel in, dus bij de sterren achtergebleven is, is dan nog niet weer in het Zuiden teruggekomen; de hemel moet nog iets verder draaien, nog 4 minuten, en dan eerst is de zon weer in het Zuiden teruggekomen en is er een *zonnedag* verlopen. Na een half jaar, wanneer de hemelbol 180 omwentelingen volbracht heeft, is de zon den halven hemelomtrek, dus 12 uren achter geraakt; eerst na nog een halve omwenteling zijn 180 zonnedagen, maar  $180\frac{1}{2}$  sterredagen verlopen. Na een jaar van 365 dagen is de zon op dezelfde plaats van den hemelbol teruggekeerd; zij is dan een geheel dag bij de sterren achter geraakt, de hemelbol heeft 366 omwentelingen volbracht, terwijl er maar 365 zonnedagen verlopen zijn.

Twee verschillende bewegingen hebben wij dus nu bij de zon gevonden; in een jaar loopt zij van het Westen naar het Oosten om den geheelen hemel heen en tegelijk schommelt zij in dien

tijd op en neer, beurtelings naar het Noorden en naar het Zuiden. Wat is nu haar werkelijke baan aan den hemelbol, waaruit die beide bewegingen ontstaan?

Terwijl zij van haar Decemberplaats, die het dichtst bij de Zuidpool ligt, naar links voortwandelt, klimt zij tegelijk naar het Noorden op. Zij loopt dus schuin langs den hemelbol naar boven, totdat zij een half jaar later aan den overkant van den hemelbol haar noordelijksten stand, haar zomerplaats bereikt, juist tegenover de winterplaats. In het volgende halfjaar loopt zij aan den anderen kant van den hemel schuin naar beneden, naar het Zuiden terug. De zon loopt dus in een schuinliggende baan rondom den hemel heen; daardoor komt het, dat zij gedurende haar omloop afwisselend naar het Noorden en naar het Zuiden heen en weer schommelt. Deze baan heet de *zonneweg* of *ekliptika* (de beteekenis van dit woord zal later blijken).

Wij behoeven er wel niet nog apart opmerkzaam op te maken, dat deze schuine zonneweg niets te maken heeft met onze vroegere schuine dagelijksche zonnekringen. De ekliptika staat schuin ten opzichte van de vaste punten van den hemelbol, de polen; dedoor de draaiing van dezen hemelbol bewerkte dagelijksche zonnekringstondschuinten ten opzichte van den horizon, omdat de door de polen gaande hemelbol zelf scheef ten opzichte van den horizon stond. De draaiing van den hemelbol neemt natuurlijk ook de ekliptika mee; in de eerste figuur op de volgende bladzij, waar behalve de ekliptika ook de schuine dagkringen aangegeven zijn, is de stand van den hemel in een zomernacht weergegeven, wanneer het noordelijkste

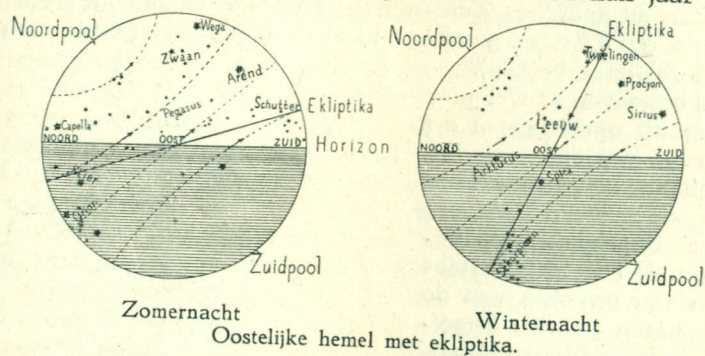


Hemelbol met zonneweg.



punt van de ekliptika onder de pool staat. Twaalf uur later, wanneer de hemel een halven slag gedraaid is en ieder punt van de ekliptika een halven dagkring doorloopen heeft, neemt de hemel den stand van den winternacht in, zooals in de tweede figuur, waarbij het noordelijkste punt van de ekliptika hoog boven ons hoofd staat.

Door welke sterrebeelden loopt nu deze zonnebaan? Ze zijn in onze afbeelding van den hemelbol reeds aangeduid; en wij kunnen ze ook gemakkelijk vinden, wanneer wij van den regel gebruik maken, die ons den sterrenhemel op ieder uur van den dag doet kennen, ook wanneer wij zelf geen ster zien. De sterren, waartusschen de zon zich 's middags om 12 uur in het Zuiden bevindt, staan precies zoo, maar dan zonder zon, dus zichtbaar, aan den middernachtelijken hemel een half jaar later.



Wij beschouwen bij voorbeeld den hemel op 21 Juni te middernacht en zoeken in het Zuiden de plaats, die juist even hoog ligt, als de zon op 21 December 's middags om 12 uur staat; wij vinden dan een plaats in het sterrebeeld de Schutter dicht bij de grens van den Schorpioen; dat is de plaats van de zon op 21 December. Op dezelfde manier vinden wij aan den middernachtelijken hemel van Augustus, dat een plaats in het sterrebeeld de Waterman even hoog in het Zuiden staat als de zon 's middags in Februari; de Decemberhemel toont ons te middernacht even hoog in het Zuiden, als de Junizon 's middags staat, een plaats op de grens tusschen den Stier en de Tweelingen. Zoo vinden wij, dat vanaf het zuidelijkste punt van haar baan de zon de volgende, steeds noordelijker sterrebeelden

doorloopt: den Schutter, den Steenbok, den Waterman, de Visschen, den Ram en den Stier; en dan weer naar het Zuiden afdalend de sterrebeelden: de Tweelingen, de Kreeft, den Leeuw, de Maagd, de Weegschaal en den Schorpioen. In de Visschen, waar de zon den aequator passeert, ligt het lentepunt, in het begin van de Maagd ligt het herfstpunt.

Deze 12 sterrebeelden, waarvan de zon er telkens één in ongeveer een maand doorloopt, heeten de sterrebeelden of de teekens van den dierenriem. Zij verdienen onze bijzondere belangstelling, omdat het dezelfde sterrebeelden zijn, waarin de planeten zich óók altijd bevinden. Daarom hebben zij reeds in den vroegsten tijd de aandacht getrokken en zij behooren tot de oudste sterrebeelden, die bijzondere namen gekregen hebben.

Wil men de plaats van de zon of van een planeet nog nauwkeuriger aangeven dan door den naam van het sterrebeeld, dan verdeelt men, naar een van de Babyloniërs afkomstig gebruik, de geheele ekliptika in 360 gelijke deelen, die graden genoemd worden en waarvan de zon — die een middellijn van ongeveer een halven graad heeft — er ongeveer één per dag doorloopt (voor nog nauwkeuriger opgaven wordt een graad in 60 minuten en een minuut in 60 seconden onderverdeeld). Het aantal graden, dat de zon van af het lentepunt, waar zij den aequator passeert, in haar baan heeft doorloopen, wordt haar lengte genoemd. Met dezelfde maat meet men ook, hoe ver een planeet of een ster ten noorden of ten zuiden van de ekliptika staat; deze afstand heet hun breedte. Op de beide kaarten van den dierenriem achter in dit werk stelt de rechte lijn in het midden de ekliptika voor, die door streepjes in graden (ieder = 2 m.M.) verdeeld is; de lengte wordt door de getallen aan den bovenrand aangegeven, terwijl de namen der sterrebeelden onder de kaarten staan. Van elke ster op die kaarten zijn dus lengte en breedte gemakkelijk af te lezen, en hetzelfde geldt voor een planeet of voor de maan, als hun plaats tusschen de sterren op de kaart is ingeteekend.

De verdeling van de ekliptika in 360 graden, die ongetwijfeld met de 365 dagen van het jaar samenhangt, is naderhand op andere cirkels, die om den hemel loopen, en ten slotte op alle cirkels overgebracht. Iedere afstand aan den hemel wordt met



deze maat gemeten; de afstand tusschen toppunt en horizon, evenals die tusschen hemelpool en aequator bedraagt  $\frac{1}{4}$  van den omtrek des hemels, dus 90 graden. De hoogte van de noordpool boven den horizon, die aangeeft hoe schuin de hemelas staat, bedraagt ruim 50 graden. Het Noordelijkste punt der ekliptika ligt  $66\frac{1}{2}$  graad van de noordpool af, dus  $23\frac{1}{2}$  graad van den aequator; dit getal geeft dus de schuinschheid van de ekliptika aan.

Wij zijn nu met de verklaring van de verschijnselen, die met het jaargetij wisselen, een heel stuk verder gekomen. De zon wandelt jaarlijks aan den hemelbol rond in een baan, die scheef ten opzichte van zijn omwentelingsas staat en komt zoo beurtelings dichter bij de Noordpool en bij de Zuidpool. De draaiing van den hemelbol, die ook de zon meevoert, doet de wisseling van dag en nacht ontstaan. En de beweging van de zon in haar jaarlijksche baan bewerkt, dat deze wisseling van dag en nacht in de verschillende jaargetijden verschillend is, en dat tegelijkertijd het uiterlijk van den nachtelijken sterrenhemel met het jaargetij verandert.

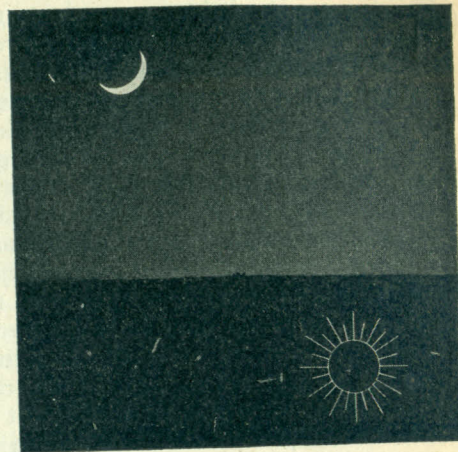
## 8. DE MAAN EN HAAR BEWEGING.

Na de zon, die als vorstin van den dag, als bron van alle warmte ons leven beheerscht, is de maan het helderste en tegelijk het belangrijkste der hemellichten; zij heeft het eerst de aandacht der menschen op den nachtelijken hemel gericht. Haar snel wisselende en opvallende gestalten verschaften aan de primitieve nomadenvolken op hun reizen en zwerftochten een maatstaf voor den tijd; op deze belangrijkheid van de maan voor het praktische leven berustte haar vereering als maangod of als maangodin. De noodzakelijkheid om op hooger trap van beschaving deze tijdrekening nog verder te ontwikkelen, bracht de menschen er toe, de hemelverschijnselen regelmatig en opzettelijk waar te nemen; zoo ontstond het eerste begin van de sterrekunde.

In groote trekken is de wisseling van de zogenaamde schijn-gestalten van de maan aan iedereen bekend; in den loop van een maand of 4 weken volgen eerste kwartier, volle maan,

laatste kwartier en de onzichtbare nieuwe maan elkaar op. Gaan wij deze wisselingen nauwkeuriger na, dan bemerken wij, dat de schijn-gestalten van de maan ten nauwste met den tijd van den dag, dus met de zon samenhangen.

Wanneer de maan te voren onzichtbaar was, komt zij het eerst in de avondschemering voor den dag als een fijne boog, als een smal sikkeltje, dat de opening naar links, van de zon afgekeerd heeft. Dit pas verschijnende sikkeltje is de eigenlijke nieuwe maan, die nu haar levensloop van 4 weken begint; eerst in lateren tijd is de naam „nieuwe maan” op de onzichtbare donkere maan overgegaan. Den volgenden dag staat zij 's avonds al iets hooger boven het schemerlicht; iederen



volgenden dag trekt zij wat verder van de zon weg en wordt de sikkel breeder. Na een week is het eerste kwartier geworden; dan heeft de maan den vorm van een halven cirkel, staat 's avonds in het Zuiden, gaat midden in den nacht onder en midden op den dag op. In de tweede week wordt zij steeds breeder en ronder, gaat steeds verder van de zon af, staat bij het aanbreken van den avond verder naar het Oosten en gaat later in den nacht onder. Op het eind van de tweede week is zij cirkelrond geworden; als

volle maan staat zij precies tegenover de zon, komt met zonsondergang op, schijnt den geheelen nacht en gaat 's ochtends met zonsopgang onder. Dan wordt haar tijd van opkomst in de derde week steeds later in den avond, terwijl tegelijk aan den rechterkant een steeds bredere streep van de cirkelschijf afgaat. Aan het eind van die week, als het laatste kwartier is, is alleen nog maar de helft



van den cirkel over, maar nu, in tegenstelling met het eerste kwartier, de linkerhelft; de maan komt dan omstreeks middernacht op en staat 's morgens in het Zuiden. Van rechts komt zij dan steeds dichterbij de zon toe, komt steeds korteren tijd voor de zon op en wordt een steeds smaller naar rechts geopend sikkeltje. Ten slotte is zij nog even als een fijne boog in de morgenschemering te bespeuren, en den volgenden dag is zij verdwenen.

Waar is zij gebleven? Uit de geheele reeks van verschijnselen, die wij waarnamen, moeten wij besluiten, dat zij gedurende de paar dagen van onzichtbaarheid van rechts naar de zon toeloopt, haar voorbijgaat en zich dan aan den linkerkant weer van haar verwijdert; daarbij verdwijnt de naar rechts geopende sikkel, de maan wordt geheel donker en dan ontstaat de naar links geopende sikkel, die weldra aan den avondhemel zichtbaar wordt. Het oogenblik, waarop zij de zon passeert, — dat wij niet direkt door waarnemingen kunnen vaststellen, maar toch zonder moeite uit de voorafgaande en de volgende verschijnselen kunnen afleiden — heet tegenwoordig nieuwe maan.

De maan maakt dus elke maand een reis rondom den hemel. Door welke sterrebeelden zij dan heenloopt, is gemakkelijk te vinden; wij behoeven slechts naar den hemel te kijken, waar de sterren tegelijk met de maan zichtbaar zijn. En dan bemerken wij, dat de maan zich steeds in de sterrebeelden van den dierenriem bevindt. Bij eenige der oudste volken, zooals bij de Indiërs, de Chineezers en de Arabieren, komt dan ook een verdeeling van den dierenriem in 27 of 28 sterrebeelden voor, maanstations of maanhuizen, zoodat dus de maan elken volgenden dag in een volgend beeld staat.

De dierenriem is dus de groote heerweg des hemels, waar al deze beweeglijke hemellichamen, de zon, de maan en de planeten, hun banen hebben. Omdat de maan elke maand ongeveer denzelfden weg langs den hemelbol doorloopt als de zon elk jaar, kunnen wij haar plaats aan den hemel gemakkelijk aangeven; de avondsikkel staat op dezelfde plaats, waar de zon na een maand staat, het eerste kwartier staat daar, waar de zon zich na 3 maanden, de volle

maan daar, waar de zon zich na een half jaar bevindt. Met dezen eenvoudigen regel kunnen wij de op het eerste gezicht zoo grillige wisselingen in den stand van de maan ten opzichte van den horizon zonder moeite begrijpen en voorspellen. Zoo volgt b.v. uit dezen regel dadelijk, dat de volle maan in de zwoele zomernachten als een groote bleeke, schijf laag in het Zuiden staat (namelijk juist als de winterzon), daarentegen in den winter in het Noordoosten opkomt en 's nachts in het Zuiden hoog boven ons hoofd straalt. En evenzoo verklaart ons deze regel, dat het eerste kwartier in het voorjaar hoog in het Noordwesten staat, in den herfst daarentegen laag in het Zuidwesten blijft.

Terwijl de maan eenmaal om den hemel heenloopt, doorloopt zij tegelijk de reeks van haar schijngestalten; maar precies vallen beide kringloopen niet samen. Telkens na ruim 27 dagen komt de maan op dezelfde plaats aan den hemel terug; uit de vergelijking van vroegere en latere waarnemingen is voor het bedrag van dezen omloopstijd gemiddeld 27 dagen 7 uren 43 minuten en 11 seconden gevonden. Dit is echter niet het tijdsverloop tusschen twee volle manen of twee nieuwe manen. Want wanneer de maan na 27 dagen op de plaats van den hemel terugkomt, waar zij den vorigen keer de zon ontmoette, vindt zij daar de zon niet meer, evenmin als de minuutwijzer van een klok om één den uurwijzer op de plaats aantreft, waar zij samen om 12 uur stonden. De zon is intusschen voortgewandeld en de maan heeft nog 2 dagen noodig, voor zij haar ingehaald heeft. De maanperiode, waarna dezelfde schijngestalten weer terugkomen, is dus langer dan de omloopstijd; zij bedraagt 29 dagen 12 uren 44 minuten en 3 seconden.

De verschijnselen van de maan komen dus hierop neer, dat zij in  $27\frac{1}{3}$  dag regelmatig door den dierenriem om den hemel heenloopt; de wisselende schijngestalten, die zij daarbij vertoont, hangen van haar stand ten opzichte van de zon af, die 13 maal langzamer denzelfden weg gaat en die zij dus telkens na  $29\frac{1}{2}$  dag inhaalt. Wij moeten nu nog zien te verklaren, hoe het komt, dat de maan, al naar haar stand ten opzichte van de zon, deze verschillende schijngestalten vertoont.

Is de nieuw aan den avondhemel verschijnende maan werkelijk een sikkelvormig ding, dat naderhand grooter wordt en ten slotte



tot een ronde schijf aangroeit, zooals men naar den eersten indruk zou kunnen gelooven? Wie daarover anders in het onzekere zou verkeeren, ziet zijn twijfel dadelijk opgeheven, wanneer hij eenmaal, zooals de Engelschen het noemen, „de oude maan in de armen van de jonge maan” aanschouwd heeft. Wanneer het 's avonds geheel



donker is geworden, is namelijk dikwijls naast de schitterende sikkel ook de rest van de ronde maanschijf in een flauw schemerlicht zichtbaar, het zoogenaamde aschgrauwe licht. Daaraan zien wij, dat de maan ook dan den vorm van een geheelen cirkel heeft, waarvan slechts een deel, een smalle sikkelvormige rand, in helderen glans schittert. De maan is steeds een ronde schijf, die alleen bij volle maan geheel lichtend is, op alle andere tijden slechts gedeeltelijk lichtend, terwijl de

rest donker is. Is de maan misschien een op zich zelf donker lichaam, waarvan een grooter of kleiner gedeelte slechts daardoor lichtend is, omdat het verlicht wordt?

Wanneer men er niet verder over nadenkt, schijnt er een groote tegenstelling te bestaan tusschen de schitterende maan, die aan den hemel straalt en alles op aarde met een zacht licht overgiet, en de donkere, d.w.z. niet-lichtgevende aardsche voorwerpen om ons heen, die wij alleen zien, als er licht op valt: de zwarte aarde, de roode of witte muren, de grijze rotsen en de groene weiden en bosschen. Maar ook deze aardsche voorwerpen stralen licht uit, wanneer zij door de zon beschenen worden; soms kan men waarnemen, hoe een door de zon beschenen muur aan den overkant van de straat de voorwerpen in een kamer verlicht. Donkere voorwerpen, die verlicht worden, geven zelf weer licht. Ons valt het heldere licht van de door de zon beschenen velden niet op, omdat het daglicht aan den hemel nog veel scheller is; konden wij echter zulk een verlicht stuk van de aarde zien, terwijl overigens alles om ons heen pikdonker is, b.v. van uit een grot, dan zouden wij een even

schitterend licht zien, als de maan ons 's nachts toont. Daarom kan er niets onwaarschijnlijk lijken in de opvatting, dat de maan zelf donker is en dat haar licht slechts teruggeworpen zonnelicht is.

Dan wordt ook volkomen duidelijk, waarom de schijngestalten met den stand van de maan ten opzichte van de zon samenhangen. Wanneer de maan tegenover de zon staat, en wij haar dus van denzelfden kant zien, vanwaar ook het licht van de zon op haar valt, zien wij haar vol verlicht, als volle maan. Beschouwen wij haar in het eerste kwartier, dan staat de zon rechts van haar, het zonlicht valt van den rechterkant op haar en verlicht alleen haar rechterhelft, terwijl haar linkerhelft donker blijft. Omgekeerd in het laatste kwartier, wanneer de zon aan den linkerkant staat en de linkerhelft verlicht. De maan is dus een donker lichaam, dat alleen licht geeft, doordat het door de zon beschenen wordt. Daardoor wordt het meteen duidelijk, waarom haar licht zoo buitengewoon veel flauwer is dan het zonlicht, terwijl toch zon en maan als even groote schijven aan den hemel staan. En eveneens blijkt nu, waarom wij naast de sikkel de geheele overige maanschijf in aschgrauw schemerlicht zien. Wij maakten zoo even een vergelijking tusschen het lichtende maanoppervlak en de door de zon beschenen aarde. Moet dan niet het door de maneschijn zacht verlichte aardoppervlak er uit de verte juist zoo flauw en schemerig uitzien als wij het aschgrauwe licht op de maanschijf zien? De in zonschijn badende aardsche velden en akkers beschijnen de verre donkere maan evenzoo, als de schitterende volle maan 's nachts de donkere aarde verlicht; in dezen aardschijn wordt ons de geheele maanschijf zichtbaar, wanneer de zon er slechts een klein deel van verlicht.

Wij kunnen nu nog een paar belangrijke gevolgtrekkingen maken. Dat de nieuwe maan geheel donker is, bewijst, dat de maan zich dan tusschen ons en de zon bevindt; want alleen in dit geval wordt de van ons afgekeerde achterkant der maan verlicht, terwijl op den ons toegekeerden kant geen zonlicht kan vallen. Dit beteekent, dat de zon verder van ons verwijderd is dan de maan. Eenige dagen voor en na de nieuwe maan moet de maan dus schuin van achteren door de zon beschenen worden. Hoe komt het nu, dat zij zich dan als een sikkel vertoont?

Op het oog schijnen zon en maan ons vlakke ronde schijven



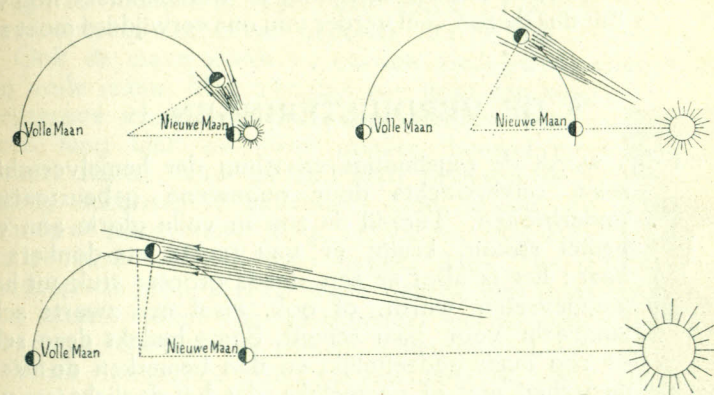
toe. Wanneer echter de maan werkelijk een schijf was, dan moest deze of geheel donker, of geheel verlicht zijn; zoodra een vlakke schijf, die eerst van achteren verlicht wordt en dus donker is, zoo ver gedraaid wordt, dat het licht juist den voorkant treft, wordt zij dadelijk over haar geheele oppervlak, zij het ook eerst uiterst zwak, verlicht. Een schijf kan de maan dus niet zijn.

Het eenig lichaam, dat een sikkelvorm vertoont, wanneer hetschuin van achteren verlicht wordt, is de bol. Wij kunnen dezen vorm gemakkelijk aan de ballen met verschillend gekleurde strepen zien, waarmee de kinderen spelen. Nog beter kunnen wij dit waarnemen bij een proef, die ons in staat stelt, de geheele reeks van schijngestalten van de maan mooi na te bootsen. In een door een lamp verlichte kamer nemen wij een witten bal in de hand, houden hem met een uitgestreken arm voor ons uit en draaien ons dan langzaam, op dezelfde plaats blijvend, in het rond. Houden wij den bal naar de lamp toe, dan zien wij hem geheel donker (nieuwe maan). Houdt men hem een beetje op zij, dan vertoont zich de smalle verlichte strook aan den kant van de lamp in den vorm van een sikkel. Draaien wij ons zoover, dat wij de lamp recht op zij hebben, dan zien wij den bal half verlicht met een rechte scheidingslijn tusschen het donkere en het heldere deel, zooals bij eerste kwartier. Draaien wij ons nog verder om, zoodat wij de lamp schuin achter ons hebben, dan is het verlichte deel grooter dan een halve cirkel; het is, alsof aan den vollen cirkel een donkere sikkel ontbreekt. Draaien wij eindelijk de lamp geheel den rug toe, dan zien wij den bal geheel verlicht, evenals de volle maan. Bij deze volkomen overeenstemming is niet de minste twijfel mogelijk of de maan is een bolvormig lichaam. Doordat de donkere maanbol van verschillende zijden door de zon beschenen wordt, ontstaan die verschillende lichtgestalten, die als de mooiste en tegelijk bekendste onder de hemelverschijnselen steeds opnieuw ons oog boeien.

Wat wij hier door eenvoudige overwegingen uit verschijnselen, die iedereen kent, afgeleid hebben, moet reeds vroeg in de oudheid bekend geweest zijn; volgens latere geschriften — wat echter onwaarschijnlijk is — al aan den reeds genoemden Thales van Milete; zeker echter aan Parmenides en Anaxagoras, die tusschen 500 en 450 v. C. leefden. Daarmee begint eerst de beoefening

der sterrekunde bij de Grieken een wetenschappelijk karakter te dragen.

Wij kunnen echter nog meer afleiden. Uit de donkerheid van de nieuwe maan en den sikkelvorm bij haar eerste zichtbaarheid maakten wij op, dat de zon achter de maan staat en verder dan de maan van ons verwijderd is. Maar hoeveel verder? Wanneer zij slechts een klein eindje achter de maan stond, zou zij de maan reeds na een paar dagen precies van ter zijde beschijnen,



en de maan moest zich dan half verlicht vertoonen; dit geval is in de eerste figuur hierboven voorgesteld, waar de cirkel de maanbaan is en wij ons in het middenpunt van dien cirkel bevinden. Was de zon tweemaal zoo ver verwijderd als de maan, dan moest deze, zooals wij onmiddellijk uit de tweede figuur kunnen zien, zich als eerste kwartier vertoonen, wanneer zij 60 graden van de zon verwijderd is en pas een derde van haar weg tusschen nieuwe maan en volle maan afgelegd heeft. Hoe verder de zon nog meer verwijderd is, des te dichter komt het tijdstip, waarop wij de maan half zien, bij het midden tusschen nieuwe maan en volle maan te liggen, waar de maan 90 graden van de zon verwijderd is. Wij treffen deze overweging het eerst aan bij een lateren Grieksch sterrekundige, Aristarchus van Samos (270 v. C.), die daarin een middel zag om te berekenen, hoeveel malen de zon verder



dan de maan van ons verwijderd is. Terwijl wij uit onze oppervlakkige ervaring vonden, dat het eerste kwartier 90 graden van de zon verwijderd is en juist midden tusschen nieuwe maan en volle maan ligt, vond hij het een klein weinigje, ongeveer 3 graden, dichter bij de zon en hij berekende daaruit, dat de zon 19 maal verder dan de maan van ons verwijderd is. Dit is toen de geheele oudheid door als vaststaande waarheid aangenomen. Nauwkeuriger waarnemingen uit den modernen tijd hebben echter geleerd, dat die afwijking in werkelijkheid nog veel kleiner is en dat dus de zon veel verder van ons verwijderd moet zijn.

## 9. DE VERDUISTERINGEN.

Nu en dan wordt de regelmatige wisseling der hemelverschijnselen onverwachts door ongewone gebeurtenissen onderbroken. Terwijl de zon in volle glorie aan den hemel straalt, kruipt er van rechts iets donkers op haar; het is alsof er een steeds grooter stuk uit haar weggevreten wordt, of ook, alsof een zwarte schijf langzaam voor haar schuift. Soms bedekt deze schijf de zon maar gedeeltelijk, en dan bemerken de meeste menschen niet of nauwelijks, dat het daglicht iets vermindert. Soms echter schuift zij juist midden voor de zon en bedekt haar ten slotte geheel en al. Dan verdwijnt het daglicht, slechts een zwakke schemering blijft over; de sterren komen voor den dag, de vogels worden stil en de dieren kruipen weg, alsof het nacht wordt. De wilde volken zien vol schrik en angst, hoe het daggesternte verdwijnt: zij denken aan tooverij, aan toorn der goden, aan monsters die de zon ver-slinden, en zij trachten door gebeden, tooverspreuken, lawaai en andere doeltreffende middelen het onheil af te wenden. Weldra, na eenige minuten, breekt ook weer een zonnestraal door, de zwarte schijf schuift langzaam verder naar links en laat een steeds grooter deel van de zon vrij; na eenigen tijd is zij verdwenen en is alles weer als vroeger.

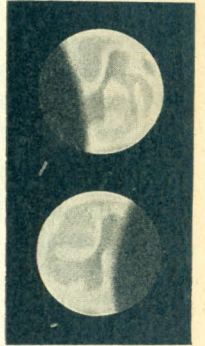


Waardoor ontstaat zulk een zonsverduistering? Zoodra bij een volk op iets hooger en trap van beschaving geregeld op de hemelverschijnselen gelet werd, moest men bemerken, dat zonsverduisteringen altijd bij nieuwe maan plaats vinden. Dan ligt de verklaring dadelijk voor de hand: de donkere schijf, die de zon bedekt, is de donkere maan, die dan juist tusschen ons en de zon doorgaat. Gaat zij juist over het midden van de zon heen, dan verduistert zij deze een oogenblik geheel; ligt haar weg iets hooger of lager, dan bedekt zij ook in het midden der verduistering slechts een gedeelte van de zon.

Ook de maan wordt nu en dan verduisterd, maar altijd alleen bij volle maan. Men ziet dan van links een vaag begrensde schaduw over de maan trekken; eenige uren lang blijft de maan donker, hoewel niet geheel donker, want meestal blijft zij in een roodachtig schemerlicht zichtbaar. Dan schuift de schaduw naar rechts weg, en weldra straalt de volle maan weer in haar ouden glans. Het is duidelijk te zien, dat de maan daarbij niet door een ander donker voorwerp bedekt wordt, maar door een schaduw: het zonlicht is haar onttrokken.

Waar komt deze schaduw vandaan? Bij volle maan staan zon en maan juist tegenover elkaar, aan tegenovergestelde kanten van de hemel. Wat is er dan, dat het zonlicht aan de maan onttrekken kan? Wat is er tusschen zon en maan? Klaarblijkelijk niets anders dan onze eigen aarde, waarop wij staan en die zich in het middelpunt van den hemelbol bevindt. Het moet dus de schaduw van de aarde zijn, die op de volle maan valt en zoo de maansverduistering veroorzaakt. De maan gaat, terwijl zij in haar baan van rechts naar links voortloopt, dwars door deze schaduw heen, en zoo komt het, dat wij een schaduw van links naar rechts over haar zien heenschuiven.

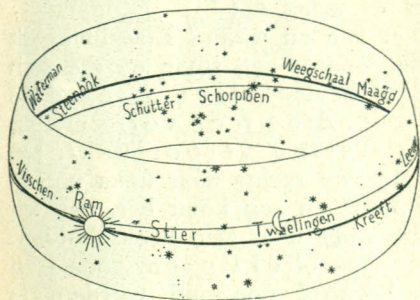
De verklaring van de verduisteringen of eklipsen, zooals zij met een aan het Grieksch ontleend woord genoemd worden, is dus eenvoudig genoeg. Dat zon en maan nu en dan verduisterd worden, is zoo weinig verwonderlijk, dat wij nu omgekeerd met verwondering de vraag stellen, waarom de verduisteringen





zoo zelden plaats vinden. Volgens onze verklaring zou men bij elke volle maan een maansverduistering en bij elke nieuwe maan een zonsverduistering verwachten. Dat deze verduisteringen uitblijven, bewijst ons, dat de beide hemellichamen niet bij iedere volle maan precies tegenover elkaar en dat zij niet bij elke nieuwe maan precies achter elkaar staan. Om te zien, hoe dat komt, moeten wij nauwkeuriger dan tot nog toe den weg onderzoeken, dien de maan aan den hemel tusschen de sterren doorloopt.

Wanneer iemand in het jaar 1913 of daaromtrent op de maan eenigszins nauwkeurig acht geslagen heeft, moest het hem opvallen, dat zij niet precies denzelfden weg aan den hemel volgde, als de zon. Wanneer zij (als volle maan in den zomer of als eerste kwartier in den herfst) op dezelfde plaats aan den hemel moest staan als de winterzon, stond zij in werkelijkheid aanmerkelijk lager, wel een derde dichter bij den horizon. Omgekeerd stond zij in haar hoogsten stand, in de Tweelingen, wat hooger dan de zomerzon. Wie haar loop nog nauwkeuriger met behulp van een kaart van den dierenriem volgde — zooals de kaart achter in dit werk — door op die kaart de plaats van de maan tusschen de sterren herhaaldelijk in te teekenen, moest bemerken, dat aan den eenen kant van den hemel, in de sterrebeelden den Stier, de Tweelingen en den Kreeft, haar baan tot een bedrag van 5 graden noordelijk, aan den anderen kant, in den Schorpioen, den Schutter en den Steenbok, evenveel zuidelijk van den zonnweg lag; zoo toont



Eklptika en maanbaan in 1913.

scheefte opzichte van den zonnweg, en alleen

het de figuur, die een gordelvormige strook van den hemelbol voorstelt met den dierenriem in het midden. Op twee tegenovergestelde plaatsen van den hemel, in de Visschen en in de Maagd, doorsnijdt de baan van de maan de eklptika en gaat zij zelf van den Noord- naar den Zuidkant, of omgekeerd; deze plaatsen heeten de knoopen van de maanbaan. De maanbaan staat dus eenigszins

in de knoopen, waar de banen elkaar snijden, bevindt zich de maan in de eklptika.

Nu is het duidelijk, waarom de verduisteringen zoo zeldzaam zijn. Begin November staat de zon, dus ook de nieuwe maan, in den Schorpioen, begin December en begin Januari in den Schutter en den Steenbok. In deze sterrebeelden staat de maan een heel eind ten zuiden van de eklptika en gaat dus onder de zon langs zonder haar te bedekken. Evenzoo staat dan de volle maan in de tegenoverliggende sterrebeelden den Stier, de Tweelingen en den Kreeft, dus ver ten Noorden van de eklptika; daar de schaduw van de aarde precies tegenover de zon ligt, dus alleen op een lichaam in de eklptika kan vallen, gaat de volle maan dan boven langs de aardschaduw heen, zonder verduisterd te worden. Hetzelfde geldt omgekeerd voor de maanden Mei, Juni en Juli. Alleen wanneer de zon zich in de buurt van de knoopen bevindt, kunnen eklipsen voorkomen. Want dan bevindt de maan zich juist in de buurt van de knoopen, als zij nieuw of vol is; dan gaat de nieuwe maan voor de zon langs — zij het ook niet precies over het midden van de zonneshijf — en gaat de volle maan door de aardschaduw heen. Op deze tijden, in de maanden Maart en September en daaromtrent, moet dus bij volle maan een maaneklips en bij nieuwe maan een zoneklips plaats vinden. Dat beteekent niet, dat wij dan ook altijd een verduistering zien; want wanneer de zoneklips in den nacht of de maaneklips overdag valt, blijft zij onopgemerkt. Inderdaad kwamen in 1913 zonsverduisteringen op 6 April, op 31 Augustus en op 30 September, maansverduisteringen op 22 Maart en op 15 September voor, maar in ons land waren deze alle onzichtbaar.

Verduisteringen komen dus slechts op twee tijden van het jaar voor, die een halfjaar uit elkaar liggen. Maken wij nu echter een lijst op van verduisteringen, die in deze streken in de laatste 25 jaren zichtbaar waren, dan vinden wij een nieuwe merkwaardige bijzonderheid.

(Zie de lijst op de volgende bladzij)

De beide tijden van het jaar, waarin de eklipsen plaats vinden, verschuiven en vallen steeds vroeger; zij doorloopen achtereenvolgens de verschillende maanden, totdat na 9 jaar, wanneer zij



## Lijst van zons- en maansverduisteringen.

M 1889 Juli 12	10 a.	M 1907 Juli 25	5 m.
Z 1890 Juni 17	11 m.		
M 1891 Mei 23	7 a. T	M 1909 Juni 4	2 m. T
Z 1891 Juni 6	5 a.		
M 1891 Nov. 16	1 m. T		
M 1892 Mei 11—12	12		
M 1892 Nov. 4	5 a. T	M 1910 Nov. 17	1 m. T
		M 1912 Apr. 1	11 a.
		Z 1912 Apr. 17	1 a.
M 1894 Sept. 15	5 m.		
M 1895 Mrt. 11	5 m.		
M 1895 Sept. 4	7 m.		
M 1896 Febr. 28	9 a.	M 1914 Mrt. 12	5 m.
Z 1896 Aug. 9	6 m.	Z 1914 Aug. 21	2 a.
M 1898 Jan. 8	1 m.		
Z 1898 Jan. 22	8 m.	Z 1916 Febr. 3	4 a.
M 1898 Juli 3	10 a.		
M 1898 Dec. 27—28	12 T	M 1917 Jan. 8	8 m. T
Z 1899 Juni 8	7 m.	Z 1917 Juni 19	3 a.
M 1899 Dec. 17	2 m. T		
Z 1900 Mei 28	4 a.		
M 1901 Okt. 27	4 a.		
Z 1901 Nov. 11	8 m.		
M 1902 Apr. 22	8 a. T		
M 1902 Okt. 17	7 m. T		
Z 1902 Okt. 31	9 m.		
M 1903 Apr. 12	1 m.		
M 1903 Okt. 6	5 a.		
M 1905 Febr. 19	8 a.		
M 1905 Aug. 15	4 m.		
Z 1905 Aug. 30	2 a.		
M 1906 Febr. 9	9 m. T		
		M 1924 Febr. 20	5 a. T

De zonsverduisteringen zijn door Z, de maansverduisteringen door M in de eerste kolom aangeduid. Achter den tijd van den dag beteekent a. 's avonds en 's middags, m. 's avonds en 's voormiddags; T geeft aan, dat de maaneklips totaal is, dus de maan geheel verduisterd wordt.

6 maanden vroeger gekomen zijn, dezelfde tijden van het jaar terugkomen. Hoe is dat mogelijk? Het bewijst, dat de knopen van de maanbaan niet rustig op hun plaats blijven, maar langzaam van links naar rechts, tegen de beweging van de maan in, achteruit schuiven. Dat dit zoo is, blijkt ook, als men den weg van de maan tusschen de sterren waarneemt. In het jaar 1908 stond de maan in de sterrebeelden den Leeuw, de Maagd en de Weegschaal noordelijk, in de sterrebeelden den Waterman, de Visschen en den Ram zuidelijk van de ekliptika, terwijl de knopen zich in de Tweelingen en den Schutter bevonden. In het jaar 1904 lagen de knopen evenals in 1913 in de Visschen en de Maagd, maar daarbij stond de maan in de zuidelijke sterrebeelden boven, en in de noordelijke onder de ekliptika. Toen stond dus de maan — juist het omgekeerde van 1913 — in haar laagsten stand aanmerkelijk hooger dan de winterzon; en hetzelfde zal in 1923 weer plaats vinden. De knopen van de maanbaan loopen in  $18\frac{2}{3}$  jaar om den hemel heen; daardoor loopen de tijden van het jaar, waarin eklipsen plaats hebben, achteruit door het geheele jaar heen en komen steeds na een periode van  $18\frac{2}{3}$  jaar op denzelfden tijd van het jaar terug.

De verduisteringen van zon en maan hebben in de vroegste ontwikkeling van de sterrekunde een belangrijke rol gespeeld. Want zij gaven met veel grooter nauwkeurigheid, dan door onmiddellijke waarneming mogelijk was, de juiste tijdstippen van volle en nieuwe maan aan, waaruit dan de maanperiode nauwkeurig te berekenen was. Daar de verduisterde maan zich altijd juist tegenover de zon bevindt, op de plaats, waar de zon een half jaar later komt, toont zij onmiddellijk aan ons oog den weg van de zon tusschen de sterren, die men anders eerst langs een omweg vaststellen kan. De naam ekliptika voor den zonsweg beteekent oorspronkelijk ook niets anders dan de plaats, waar de eklipsen plaats vinden.

De denkbeelden van een volk over de eklipsen zijn een maatstaf voor het peil van zijn beschaving. Terwijl zij den menschen in den toestand van wildheid en barbaarsheid schrik aanjagen, toont zich de hoogere ontwikkeling der meer beschaafde volkeren vooral hierin, dat zij de eklipsen als natuurlijke verschijnselen weten te verklaren en te voorspellen. Het voorspellen van ver-



duisteringen is nog altijd voor onontwikkelde menschen het treffendste bewijs van de macht der wetenschap. En wat is dit toch eenvoudig en al van oudsher bekend! Reeds de Babyloniërs in de vroege oudheid hadden uit hun regelmatige opteekeningen en waarnemingen gevonden, dat de verduisteringen na 18 jaren en 11 dagen (6585 dagen) in dezelfde volgorde terugkeeren. Dat dit juist is, kunnen wij gemakkelijk uit onze boven meegedeelde lijst van hier zichtbare verduisteringen zien, waarin wij daarom opzettelijk de eklipsen, die 18 jaar na elkaar komen, naast elkaar gezet hebben. De tijden, waarop zij vallen, liggen altijd 18 jaren (van 365 dagen) en nog 15 dagen en 7, 8 of 9 uren uit elkaar. Dat bij verscheidene eklipsen uit de lijst de bijbehorende, 18 jaar vroeger of later, ontbreekt, vindt zijn oorzaak in deze verlating van 8 uren; inderdaad zien wij in al die gevallen, dat dan de maansverduistering overdag of de zonsverduistering in den nacht valt en dus onzichtbaar moet blijven. Met behulp van deze periode kunnen wij dus met zekerheid de verduisteringen voor de komende jaren voorspellen, natuurlijk onder dit voorbehoud, dat er nog eenige bij kunnen komen, waarvan de voorgangsters niet in onze lijst staan. Deze periode, die Saros heet, hebben Grieksche reizigers in Babylon leeren kennen; het latere verhaal evenwel, dat Thales met behulp daarvan de zoneklips voorspeld had, die (585 v. Chr.) zooals Herodotus in zijn Geschiedboeken meedeelt, juist plaats vond gedurende een veldslag tusschen de Meden en de Lydiërs, is ongetwijfeld verzonnen. Deze Saros-periode berust op het feit, dat, wanneer de maan precies in een knoop vol is, 223 maanperioden ( $6585\frac{1}{3}$  dagen) later de volle maan weer juist met denzelfden knoop samentreft, die dan bijna een rondgang om den hemel voltooid heeft.

## 10. TIJDREKENING EN KALENDER.

De eerste aanleiding voor de primitieve volkeren om op de hemelverschijnselen te letten, lag — naast de noodzakelijkheid om zich op zee- of woestijnreizen naar de sterren te richten — in hun behoefte aan een tijdrekening. In hun verkeer met elkaar

moesten zij de dagen kunnen tellen en aanduiden; en de afhankelijkheid van hun bedrijf, hun landbouw of hun reizen van bepaalde jaargetijden en perioden maakte het noodig, grootere tijdsruimten af te meten. Aan de eerste behoefte werd voldaan door een aantal dagen tot een week samen te vatten; oorspronkelijk treft men een week van 5 dagen aan, natuurlijk omdat alles aan de 5 vingers van de hand geteld werd. Later is, waarschijnlijk in het oude Babylon, in samenhang met mythologische voorstellingen een week van 7 dagen in gebruik gekomen, die zich van uit dit centrum van oude beschaving over de geheele antieke wereld verbreid heeft; zoo zijn ook wij aan onze week gekomen. Zij wordt onafhankelijk van alle andere tijdperken steeds verder geteld.

Voor het meten van langere tijdsruimten bood de wisseling van deschiinggestalten der maan den natuurlijken maatstaf. De maan was overal de oorspronkelijke meter der tijden; in vele oude talen beteekent haar naam ook „degene, die meet.” Zoo staat staat in de Oudindische Veda's van zon en maan: „Zij wandelen achter elkaar aan; als twee spelende kinderen loopen zij door het luchtruim; alle wezens overziet de een; om de tijden te ordenen wordt de ander steeds opnieuw geboren.” En in den Joodschen Midrash heet het: „de maan is enkel en alleen voor het berekenen der tijden geschapen.”

Primitieve volken, vooral in de warme landen, waar het klimaat niet als bij ons een duidelijke afwisseling van zomer en winter toont, drukken den tijd tusschen zaaien en oogsten in „manen” uit, d.w.z. in maanden, die juist gelijk aan een maanperiode zijn. De woestijnbewoners van Arabië gebruiken van oudsher op hun reizen ook dezelfde tijdmaat. De maanvereering is een uitdrukking van de belangrijke rol, die de maan zoo in het leven der menschen speelt.

Bij deze tijdrekening naar den zuiveren maankalender begint de maand telkens met de nieuwe, d.i. de nieuw verschijnende maan, dus met het eerste zichtbaar worden van de maansikkel aan den avondhemel. De maanden hebben afwisselend 29 en 30 dagen; daar de maanperiode niet precies  $29\frac{1}{2}$  dag is, maar  $\frac{1}{32}$  dag meer, moet drie keer in 8 maanden (van 12 maanperioden) een 29 daagsche maand op 30 dagen gebracht worden. De priesters,



die bij zulke volken tegelijk de sterrekundigen zijn, hebben tot plicht zorgvuldig op het eerste verschijnen van de maansikkel te letten, om dan aan het volk het begin van de nieuwe maand te verkondigen. In het oude Babylon wisten zij zich van de toevalligheden van het weer, dat zelfs in dat prachtige klimaat nu en dan het tijdig bemerken van de maansikkel verhinderde, vrij te maken door te berekenen, wanneer zij verschijnen moest. Door hun vele eeuwen terugreikende waarnemingen waren zij met alle bijzonderheden van de maanbeweging uitstekend bekend, en daardoor in staat den tijd van het eerste verschijnen van de avondsikkel met bewonderenswaardige nauwkeurigheid vooruit te berekenen. De Mohammedanen, die in hun kalender de dogmatisch versteende traditie van het Arabische woestijnleven bewaard hebben, kennen geen andere tijdrekening dan naar zulke maanmaanden. Wel vatten zij telkens 12 van deze maanden tot een maanjaar samen, zoodat dezelfde 12 namen van maanden telkens terugkeeren; maar dit maanjaar telt slechts  $354\frac{3}{8}$  dagen, zoodat het met het werkelijke jaar niets te maken heeft en dezelfde maand nu eens in dit, dan weer in een ander jaargetij valt.

Deze eenvoudige maankalender past echter niet meer voor landbouwende volken, vooral niet, waar deze in noordelijker streken wonen. Want hun levenswijze en hun werk hangen van het jaargetij, van de zon af; de tijd van zaaien en oogsten wordt bepaald door de afwisseling van hitte en koude, van regen en droogte, die den loop van de zon volgt. Zij moeten dus naar zonnejaren rekenen, al houden zij tegelijk uit traditie, en omdat het een gemakkelijke tijdmaat is, ook nog aan de maanden vast. Zij moeten dan natuurlijk trachten deze beide rekenwijzen, naar de zon en naar de maan, aan elkaar aan te passen; deze pogingen maakten een stelselmatig waarnemen van den hemel noodig, dat het eerste begin van de sterrekunde deed ontstaan.

Hoeveel zulke maanden zijn er in het jaar? Twaalf maanperioden van  $29\frac{1}{2}$  dag zijn te zamen 354 dagen, dertien dezer perioden zijn  $383\frac{1}{2}$  dag, terwijl het zonnejaar  $365\frac{1}{4}$  dag bedraagt. Daarom moeten in dezen gemengden kalender sommige jaren twaalf, andere dertien maanden tellen. Wil men nu, dat de namen der maanden tegelijk het jaargetij aanduiden, dan kan men een paar jaar lang de 12 maanden telkens opnieuw op elkaar

laten volgen, maar dan moet, omdat men anders te veel achter zou raken, een 13de maand ingeschoven worden door een der maanden tweemaal achter elkaar te tellen. In de vroegste tijden werd in Babylon, zooals uit de oude inschriften uit den tijd van Koning Hammoerabi, 2000 v. Chr., blijkt, zulk een 13de maand telkens ingeschakeld, als het praktisch noodig bleek. Toen de lengten der perioden beter bekend waren, liet men de groote en de kleine jaren, van 12 en van 13 maanden, in een bepaalde volgorde met elkaar afwisselen. Bij de Grieken was een naar Meton genoemde volgorde in gebruik, die telkens na 19 jaar op dezelfde manier terugkeert (19 jaar is op  $\frac{1}{12}$  dag na precies gelijk aan 235 maanperioden en omvat dus 12 kleine en 7 groote jaren.) Dezelfde tijdrekening is tegenwoordig nog in den Israëlitischen kalender in gebruik.

Geheel anders is de tijdrekening bij de Europeesche volken. Bij ons is de maan als grondslag van de tijdrekening geheel weggevallen en berust deze enkel nog maar op de zon. Dat past ook bij de wisseling van onze jaargetijden, die het bedrijf en het geheele leven der menschen beheerscht, ten minste tot aan het tijdperk van de grootindustrie. Wel zijn de maanden blijven bestaan, maar alleen als formeele tijndeeling; want wanneer er 12 maanden in het jaar gaan, moeten ze gemiddeld  $30\frac{1}{2}$  dag lang zijn en kunnen dus met den loop van de maan niets meer te maken hebben. Alleen het woord „maand” herinnert er aan, dat deze tijdmaat oorspronkelijk van de maan afkomstig is.

Zulk een alleen op de zon berustenden kalender treffen wij reeds in de vroegste oudheid bij de Egyptenaren aan. Waar de geweldige Nijlstroom zich door de regenlooze Lybische woestijn naar het Noorden, naar de zee kronkelt, woonden zij op de smalle strook, die jaarlijks door de overstromingen van de rivier met een vruchtbare slikslag bedekt wordt. Van deze vruchtbaarmakende overstromingen hing hun geheele leven af. In Juli en Augustus begon, ten gevolge van de regens in zijn bronnengebied en het smelten van de sneeuw in Abessinië, de Nijl te stijgen en bedekte het land in September en October; in November werd gezaaid, in April en Mei voor het laatst geoogst, en dan kwam de hitte en de dorheid van den zomer. Zoo was hun geheele leven streng aan de jaarlijksche periode gebonden. Geen wonder, dat hier reeds in



voorhistorische tijden de maankalender opgegeven werd. In plaats daarvan kwamen 12 maanden van 30 dagen met aan het slot nog 5 overschietende dagen, die als feestdagen beschouwd werden. Het jaar werd dus op 365 dagen gerekend.

De Egyptische priesters wisten heel goed, dat het jaar in werkelijkheid  $\frac{1}{4}$  dag langer is. Zij hielden echter aan de door de traditie geheiligde 365 dagen vast, en bemerkten daarbij natuurlijk, dat hun datums langzamerhand de natuurgebeurtenissen vooruitliepen, elke vier jaar een dag. Wanneer wij zoo rekenden, zouden wij ook zien, dat de laagste zonnestand, eenmaal op 21 December vastgesteld, mettertijd steeds later kwam: na 40 jaar op 31 December, na 124 jaar op 21 Januari, enz. De feesten, die met het landbouwbedrijf samenhangen — het doorsteken van de Nijldijken, het begin van zaaien en maaien — wandelden dus door alle maanden heen en kwamen na 1460 jaar weer op hun ouden datum terug.

Toen Julius Caesar als alleenheerscher van het Romeinsche rijk besloot aan de verwarring van den kalender een einde te maken, schafte hij, op voorstel van den Alexandrijnschen sterrekundige Sosigenes, de rekening naar de maan heelemaal af en voerde het Egyptische jaar van  $365\frac{1}{4}$  dag in. Van hem is dus de bij ons gebruikelijke tijdrekening naar een zuiveren zonskalender afkomstig, en ook de eenigszins zonderlinge vaststelling van de lengte der maanden op 30, 31 en 28 dagen. Hij nam echter niet de Egyptische methode van de verschuivende datums over. Om dezelfde verschijnselen van de zon zooveel mogelijk op denzelfden datum te houden, maakte hij elk vierde jaar tot een schrikkeljaar van 366 dagen. Als de lengte van een jaar precies 365 dagen 6 uur was, moest deze tijdrekening altijd blijven uitkomen.

Dit is echter niet het geval. Reeds in de oudheid wisten de Grieksche sterrekundigen, dat het jaar iets korter duurt. Daardoor moest, hoewel in veel geringere mate en in tegengestelden zin, mettertijd hetzelfde gebeuren, wat in Egypte plaats vond. Langzamerhand moesten de nachteveningen en de zonnestilstanden op vroegere datums vallen. Toen in het laatst van de middeleeuwen de beoefening van de sterrekunde in Europa opleefde, bemerkte men spoedig, dat de voorjaarsnachtevening op 11 Maart in plaats van op 21 Maart viel. Omdat daardoor het tijdstip van Paschen — de eerste Zondag na de eerste op de nachtevening volgende

volle maan — onzeker werd, moest de kerk aan een hervorming van het kalenderwezen denken; na vergeefsche pogingen van andere pausen werd zij in 1582 door Gregorius XII naar de voorstellen van den sterrekundige Clavius tot stand gebracht. Eerst werden 10 dagen overgeslagen om weer op den goeden datum te komen; en om te verhinderen, dat het later weer misliep, werd vastgesteld, dat in elke 400 jaar 3 schrikkeljaren zouden uitvallen; de jaren 1600 en 2000 bleven schrikkeljaren, maar 1700, 1800 en 1900 werden gewone jaren.

Daarmee is het nu nog niet volkomen in orde, want de lengte van een jaar bedraagt 365 dagen, 5 uren, 48 minuten en 46 seconden. Het Egyptische jaar is dus 11 minuten 14 seconden te lang; dit verschil hoopt zich in 128 jaren tot 1 dag, in 400 jaren dus tot  $3\frac{1}{8}$  dag op. Naar de Gregoriaansche tijdrekening blijft dus na 400 jaren een fout van  $\frac{1}{8}$  dag over, die na ruim 3000 jaar tot 1 dag aangegroeid is. Hoe daarmee te doen kunnen wij natuurlijk rustig aan de toekomst overlaten. De Gregoriaansche kalender werd in de Katholieke landen dadelijk, in de Protestantsche landen langzamerhand in den loop van de 17<sup>de</sup> en de 18<sup>de</sup> eeuw ingevoerd. Rusland heeft nog tot 1917 aan de oude Juliaansche tijdrekening vastgehouden, en daarom waren de Russische datums 13 dagen bij de West-Europeesche ten achter.