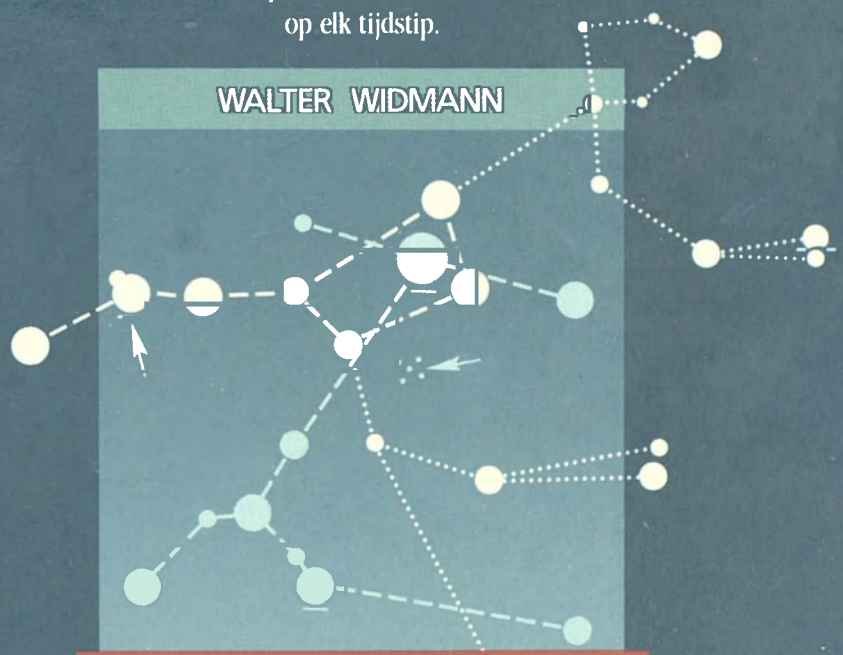
Thieme

WELKE STER IS DAT?

Met 48 sterrenkaarten en een tabel
voor het bepalen van de sterrenbeelden
op elk tijdstip.

WALTER WIDMANN



VOLLEDIGE HERZIENE NIEUWE EDITIE

Welke ster is dat?

W. WIDMANN

WELKE STER IS DAT?

Bewerking G. P. Können

Met 48 sterrenkaarten,
een tabel voor het bepalen van de
sterrenbeelden op elk tijdstip
en ruim 100 illustraties.

TWAALFDE. GEHEEL HERZIENE DRUK

Thieme
BAARN

De tabel waarmee men kan bepalen welke sterrenkaart men op een bepaald tijdstip nodig heeft staat op bladzijde 37.

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Widmann, W.

Welke ster is dat? / W. Widmann : voor Nederland bew. [en vert. uit het Duits] door G. P. Können en J. C. Alders. – Baarn : Thieme. – Fig., krt., pl., tab.
Vert. van: Welcher Stern ist das? – Stuttgart : Franckh. – 1e dr.
Nederlandse uitg. : Zuthpen : Thieme, 1941. – Met reg.
ISBN 90-5210-021-7
SISO 552.1 UDC 524 NUGI 814
Trefw.: astronomie.

© MCMXXXXI/MCMXC B.V. W. J. Thieme & Cie, Zutphen

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Inhoud

Voorwoord 7
1. Grondbegrippen uit de sterrenkunde 8
2. Hoe vindt men de windstreken overdag en 's nachts? 9
3. Welke hemellichamen onderscheidt de sterrenkunde? 11
4. Een sterrenkundig ABC 14
5. Wat verstaat men onder de Dierenriem? 31
6. Van het oosten naar het westen: de dagelijkse beweging aan de hemel 31
7. Sterrenbeelden die wij het hele jaar door zien 32
8. Wat is een lichtjaar? 35
9. Wenken voor het waarnemen van sterren 35
10. Welke sterrenkaart heb ik nodig? 36
11. 48 sterrenkaarten met toelichting 38
12. De maan, de wachter van de Aarde 38
13. Hoe het er op de maan uitziet 44
14. De zon, 'onze ster' 59
15. Wat is de afstand tussen Aarde en zon? 64
16. De planeten, de 'zusters' van de Aarde 68
17. Veranderlijke sterren 94
18. Dubbelsterren en sterrenhopen 102
19. Kleur en grootte van de sterren, hun afstand en hun aantal 106
20. De eigen beweging van de sterren 114
21. De radiale snelheid van de sterren 120
22. De indeling van de sterren in spectraalklassen 124
23. De Melkweg 130
24. Diffuse nevels, donkere nevels, planetaire nevels en spiraalnevels 136
25. Radiostraling, radiosterren, Quasars en Pulsars 139
26. Kometen, vallende sterren, meteoren en kunstmanen 142
27. Hoe meet men dat? 146
28. Andere hemellichamen, andere gewichten! 152
29. Wat vermag een reuzentelescoop? 152
30. Het heelal op begrijpelijke schaal 154
31. Waarnemingen met de verrekijker 156
32. De beweging van de heldere grote planeten 159
33. Tabellen
    1. Belangrijke posities planeten 1990-2000 160
    2. Zons- en maansverduisteringen zichtbaar in Nederland 1990-2010 161
    3. De planeten 161
    4. De zon 162
    5. Twintig heldere, veranderlijke sterren 162
    6. Dubbelsterren 163
    7. Sterrenhopen en nevels 164
    8. De belangrijkste typen sterren 165
    9. De achttien dichtstbijzijnde sterren 166
    10. Overzicht van de belangrijkste in Europa zichtbare meteoorzwermen 166
    11. Enige getallen betreffende Aarde en maan 167

Register 168

Voorwoord

Dit boek wil ons zonder geleerde termen inwijden in de geheimen van de sterrenhemel en ons met de belangrijkste sterrenbeelden van het noordelijk halfrond vertrouwd maken. Het aantal sterrenvrienden dat naar een gemakkelijk te begrijpen leidraad bij het bekijken van de sterrenhemel zoekt, is groot. Om een draaibare sterrenkaart op maand, dag en uur in te stellen en al naar de windstreek op de juiste wijze vast te houden, is voor een beginner moeilijk en weerhoudt velen ervan de sterrenbeelden aan de hemel te zoeken.

Onze leidraad bevat daarom 48, paginagrote sterrenkaarten, wat neerkomt op 4 sterrenkaarten per maand: een kaart van de sterrenbeelden van het noorden, 't oosten, 't zuiden en 't westen. Wij hebben dus voor *elke maand 4 sterrenkaarten, onderscheiden naar de 4 windstreken.* Iedere kaart toont de sterrenhemel om *22 uur* = 10 uur 's avonds *Midden-Europese Tijd (M.E.T.).* Sinds 1977 gelden in Nederland twee tijden, namelijk de *wintertijd* en de *zomertijd.* Eind maart gaan wij over van de winter- naar de zomertijd door de klok één uur verder te zetten; eind september gebeurt het omgekeerde. Hierdoor komt 22 uur M.E.T. overeen met 22 uur wintertijd en 23 uur zomertijd. Voor de maanden april-september geven de sterrenkaarten dus de situatie van 11 uur 's avonds weer, voor de overige maanden die van 10 uur 's avonds (wintertijd).

Aan de buitenrand dragen de sterrenkaarten de *getallen 1 tot 12.* Deze getallen geven de *maanden* aan waarvoor de sterrenkaarten *'s avonds 10 resp. 11 uur* zonder verdere hulpmiddelen bruikbaar zijn.

Kunnen wij uit de kamer van ons huis de zuiderhemel zien en willen wij weten welke sterrenbeelden daar in november 's avonds om 10 uur zichtbaar zijn, dan behoeven wij alleen maar sterrenkaart '11 zuiden' (11 = november) op te zoeken om de juiste sterrenkaart te vinden waarop de sterrenbeelden te zien zijn.

Wil men op een *ander tijdstip* dan 's avonds 10 resp. 11 uur waarnemen, dan gebruikt men de *tabel op blz. 37.* Alle tijdstippen zijn aangepast aan de winter- resp. zomertijd.

Op de sterrenkaarten zijn met opzet enkele minder opvallende sterrenbeelden niet ingetekend om de sterrenkaarten niet te chaotisch te maken. De planeten ontbreken natuurlijk ook, want die veranderen steeds van positie. De tabellen op blz. 159 geven een indicatie waar ze te vinden zijn. Wie meer details wil weten, kan hiervoor de jaarlijkse sterrengids van de stichting 'De Koepel' in Utrecht raadplegen.

In dit boek zijn de inzichten vermeld over de samenstelling van de planeten, zoals die verkregen zijn uit het ruimtevaartonderzoek. Het onderzoek van het zonnestelsel door ruimtesondes begon in 1959 met de maanvlucht van de Russische Luna 1; sindsdien zijn alle planeten tot en met Neptunus tenminste één keer van dichtbij bekeken. De Voyager 2 nam maar liefst vier planeten voor zijn rekening: Jupiter, Saturnus, Uranus en in 1989 Neptunus. Men zou kunnen zeggen dat deze laatste triomf het einde markeert van het tijdperk van de grote ontdekkingsreizen in ons zonnestelsel. De resultaten van de laatste Voyager-ontmoeting konden nog net in deze uitgave worden verwerkt.

Het boekje dat voor u ligt wil geen draaibare sterrenkaart of een populair leerboek over sterrenkunde vervangen. Aan alle natuurvrienden echter, die na hun dagelijks werk zich met de wonderen der sterrenwereld vertrouwd willen maken, hopen wij met deze gids een gemakkelijk te begrijpen leidraad te hebben gegeven.

Dat reeds een twaalfde druk nodig is, stemt tot voldoening.

G. P. Können/J. C. Alders

1. Grondbegrippen uit de sterrenkunde

Als wij mensen van de Aarde uit naar de hemel kijken, zien wij de Aarde als een plat vlak waarover zich als een glazen klok de hemel welft.
De *Aarde* is echter niets anders dan een *klein bolvormig hemellichaam*, een hemellichaam onder de miljoenen andere in het uitgestrekte heelal. En de *hemel is geen halve bol*, maar omgeeft van alle kanten de kleine Aarde. Het is slechts schijn dat we de horizon als een kring en de hemel als een halve bol zien.
De Aarde draait in *24 uur* éénmaal om haar as en veroorzaakt daardoor het *verschil tussen dag en nacht*. Vanuit een verre ster gezien zou men onze Aarde niet als een stralende 'ster' zien, want de Aarde is een afgekoeld hemellichaam, dat *geen eigen licht* meer in het heelal uitstraalt. De Aarde is een *planeet*, die met een paar andere planeten om de zon draait. Wanneer wij door de sterrenkaarten in dit boek met de sterrenhemel vertrouwd zijn geworden, zullen wij zien dat er dikwijls een heldere 'ster' aan de hemel staat die op geen sterrenkaart aangegeven is. Dan hebben wij met een andere *planeet* te maken, dus een soortgenoot van de Aarde. Daar de planeten hun eigen baan doorlopen, kunnen zij natuurlijk niet op de sterrenkaarten ingetekend worden.
Voor haar omloop om de zon heeft de Aarde iets meer dan *365 dagen* nodig en hiermee is de duur van het *jaar* op Aarde bepaald. Hoe onbetekenend de Aarde ook in vergelijking met de andere hemellichamen is, zij is voor de mens de woonplaats in het heelal. Voor ons is de Aarde de 'wereld'.
In werkelijkheid kunnen wij de sterrenwereld alleen 's nachts zien, als wij de verre sterren als kleine lichtpuntjes zien fonkelen. Overdag zien wij alleen de Aarde, omdat de zon ons met haar stralen verlicht en daarmee de schoonheden van onze planeet zichtbaar maakt.

De *Aarde* is een *bol* met een middellijn *van 12 757 km* en aan de *evenaar* een *omtrek* van iets meer dan *40 000 km*. Door de snelle draaiing om haar as is zij aan de polen iets *afgeplat*. Denkt men zich de noord- en zuidpool door een rechte lijn verbonden, dan krijgt men de *Aardas* (fig. 1). Verlengt men de Aardas verder het heelal in, dan krijgt men de *hemelas*. Net zoals de Aarde rond de Aardas draait, zo draait voor ons de hemel (schijnbaar) om de hemelas. Waar de hemelas de schijnbare *hemelbol* snijdt, bevinden zich de *hemelpolen*. Omdat de Poolster vrijwel loodrecht boven de noordpool staat, is daar ook de noordpool van de hemel te vinden.
Op dezelfde wijze is de plaats van de zuidpool van de hemel bepaald, die bij ons trouwens nooit te zien is. Precies tussen de twee hemelpolen in bewegen de sterren zich het snelst. Daar is de *hemelequator* (-evenaar), die dus loodrecht boven de equator van de Aarde staat, dat wil zeggen in de tropen zien we die recht boven ons hoofd.

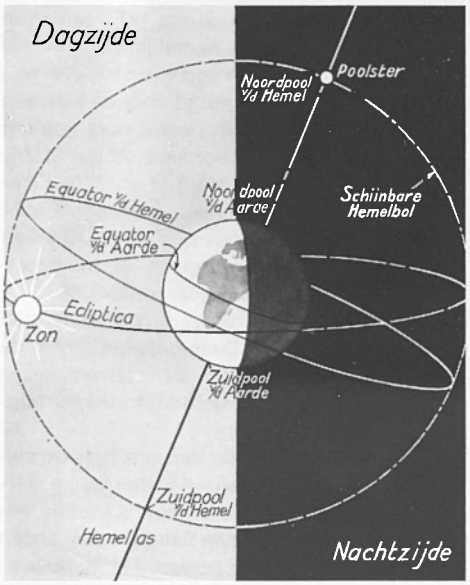


Fig. 1. Aardbol en hemelbol.

In ongeveer *365 dagen* draait de Aarde éénmaal om de zon.
Daar wij mensen die reis om de zon meemaken en er niets van merken, lijkt het alsof de zon om de Aarde loopt. Deze *schijnbare* baan van de zon aan de hemel noemt men de *ecliptica*. Loodrecht boven de *noordpool* van de Aarde staat een ster, die wegens haar plaats de naam *Poolster* gekregen heeft. Daar zij vrijwel precies in het *noorden* staat, kan men op heldere sterrennachten met die ster de windstreken bepalen (zie fig. 3).
Als de sterrenkundigen van een hemelbol spreken, weten zij natuurlijk wel dat het heelal geen bol is. Het lijkt alleen maar zo alsof de hemel zich als een halve bol boven de Aarde bevindt. In werkelijkheid is het heelal buitengewoon groot.

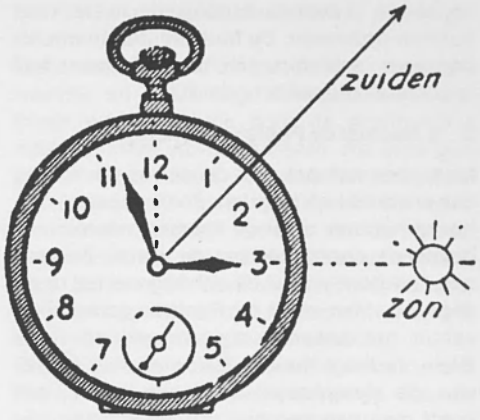


Fig. 2. Bepaling van het zuiden.

2. Hoe vindt men de windstreken overdag en 's nachts?

1. Overdag: het horloge als kompas

De sterrenkaarten van dit boek zijn naar de windstreken ingedeeld. Wij moeten dus voor elke sterrenwaarneming de windstreek kennen waarin de ster die wij willen zien, staat.

Dat gaat het eenvoudigst met een *kompas*, dat elke natuurliefhebber wel zal hebben. In geval van nood vervangt ieder *goed horloge* overdag bij zonneschijn het kompas. Men legt het horloge zo dat de *kleine wijzer* naar de *zon* wijst. Deelt men de hoek die door het cijfer 12 en de kleine *wijzer* gevormd wordt doormidden, dan heeft men het *zuiden* (fig. 2). We moeten natuurlijk met de *zonnetijd* rekenen: wintertijd – 40 min. = zonnetijd en zomertijd – 100 min. = zonnetijd. In tegenovergestelde richting ligt natuurlijk het noorden, links het oosten en rechts het westen. Zo kunnen wij reeds overdag nauwkeurig de windstreken van onze plaats van waarneming vastleggen.

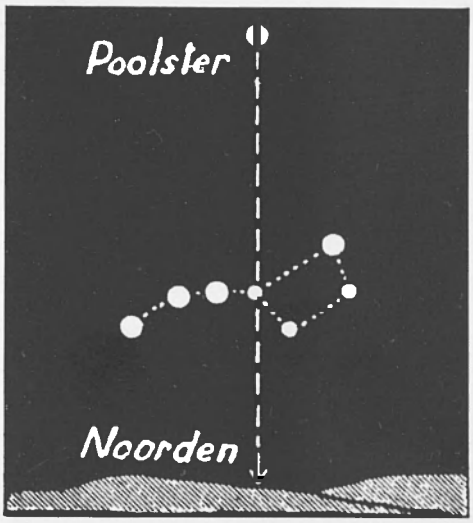


Fig. 3. Via de Grote Beer is de Poolster makkelijk te vinden: door de afstand tussen de beide voorste sterren van dit sterrenbeeld 5× te verlengen komt men uit bij de Poolster. Omdat de Poolster elke nacht in het noorden staat is het noordpunt van de Aarde te vinden door vanuit de Poolster een loodlijn neer te laten.

zodat we 's avonds dadelijk de juiste kaart kunnen opzoeken. De fout van deze methode bedraagt 's winters slechts ± 8°, maar kan 's zomers oplopen tot ruim 20°.

2. 's Nachts: de Poolster als kompas

Maar men kan ook met de sterren de richting der windstreken bepalen. Zoals wij reeds gehoord hebben, staat de *Poolster* vrijwel recht boven de noordpool van de Aarde. Zij geeft ons daardoor vrijwel de richting van het noorden aan. Men vindt de Poolster gemakkelijk vanuit het bekende sterrenbeeld de *Grote Beer*. Verlengt men de beide voorste sterren van dit sterrenbeeld 5× 'naar boven', dan komt men aan een niet erg heldere ster, die echter in een stuk van de hemel staat dat tamelijk 'arm' aan sterren is. Dat is de *Poolster* (fig. 3, blz. 9), die 1° van de hemelpool staat.

Fig. 4 toont duidelijk hoe men van de Grote Beer uit de Poolster kan vinden. Fig. 4 toont echter ook dat de Grote Beer niet altijd dezelfde positie aan de hemel inneemt. Al naar het jaargetijde en de waarnemingstijd, dus of men in het voorjaar, de zomer, het najaar of de winter, of men 's avonds om 10 uur, om middernacht of tegen de morgen de hemel bekijkt: altijd staat de Grote Beer op een andere plaats aan de hemel, maar *altijd* toont het verlengde van de beide voorste sterren de Poolster.

De *Poolster* geeft dus *elke nacht* de richting van het *noorden* aan. Staat men zo dat men de Poolster voor zich ziet, dan is links het westen, rechts het oosten en achter het zuiden. Wie de sterren wil leren kennen, zal er goed aan doen eerst de Poolster aan de hemel op te zoeken, tot hij die telkens met zekerheid terugvindt. Met de Poolster kan men de windstreken bepalen en vanuit de Poolster kan men zich het gemakkelijkst aan de sterrenhemel oriënteren.
Strikt genomen staat de Poolster niet precies aan de noordpool van de hemel, maar het verschil is zó klein (1°) dat voor het oriënteren de

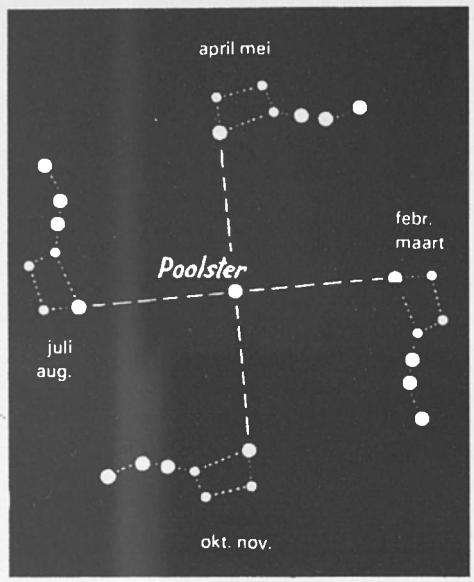


Fig. 4. De Grote Beer heeft niet altijd dezelfde plaats aan de hemel. Het beeld is echter het hele jaar door elke heldere nacht te zien. Hoe het beeld ook staat, steeds wijst het verlengde van de beide voorste sterren naar de Poolster.

Poolster als noordpool van de hemel volkomen bruikbaar is. De sterrenkundige moet bij zijn berekeningen wel met die kleine verschillen rekening houden. De Poolster zal het dichtst bij de noordpool van de hemel in het jaar 2115 staan. Zij is dan slechts 28′ (= 28 boogminuten) van de noordpool van de hemel verwijderd.
Maar daarna verplaatst zij zich steeds verder van de noordpool van de hemel en keert pas na 26 000 jaren naar dat punt terug.
Andere sterren zullen in die tussentijd als 'Poolster' moeten dienen: rond het jaar 4100 een zwakke ster in Cepheus, vervolgens de heldere ster *Deneb* in de Zwaan. In het jaar 14 000 komt de heldere ster *Wega* in de Lier aan de beurt. Pas ± 12 000 jaar later zullen de bewoners van onze Aarde de Poolster weer als nachtelijk oriënteringspunt kunnen gebruiken.

3. Welke hemellichamen onderscheidt de sterrenkunde?

Vóór men met sterrenwaarnemingen begint is het gewenst zich met enige grondbegrippen uit de sterrenkunde vertrouwd te maken. Alleen als men de belangrijkste uitdrukkingen kent en zich daar wat bij kan voorstellen, zal men het grootste plezier van sterrenwaarnemingen hebben.

1. Dubbelsterren

Er staat aan de hemel een aantal sterren die met het blote oog gezien één ster lijken. Maar met de kijker ziet men dat het twee sterren zijn die vlak bij elkaar staan. Daarom heten ze 'dubbelsterren' (fig. 5). Er zijn werkelijke *(fysische)* en schijnbare *(visuele)* dubbelsterren. Werkelijke dubbelsterren horen echt bij elkaar, zij draaien om elkaar heen. Bij schijnbare dubbelsterren is dit niet zo: hier staan de sterren op ontzaglijke afstand van elkaar, maar liggen van de Aarde uit gezien toevallig in dezelfde richting.

2. Vaste sterren

Men spreekt van *planeten* en van *vaste sterren*. De oude volkeren duidden met dit laatste de sterren aan, die onveranderlijk ten opzichte van elkaar altijd dezelfde plaats innemen. De *vaste sterren vormen de sterrenbeelden*. Wij weten tegenwoordig, dat ook de 'vaste' sterren zich verplaatsen, maar de afstand tussen de Aarde en de vaste sterren is zo groot dat pas na duizenden jaren kan blijken dat de vaste sterren een andere plaats hebben ingenomen. Wij kunnen ze daarom voor de duur van ons leven als onveranderlijk beschouwen. De sterrenkaarten van dit boek bevatten de belangrijkste vaste sterren van het noordelijk halfrond.

3. Kometen

Nu en dan verschijnt aan de hemel een 'ster' met een lange lichtende *staart:* de komeet. De *staart* van de komeet vormt zich pas als deze zich dicht bij de zon bevindt en is *steeds van de zon af* gericht.
Deze staart bestaat uit gas dat door de zonnewarmte uit het nietige komeetlichaam ontsnapt en vervolgens door de stralingsdruk naar achteren wordt gedreven. Als deze gassen er niet zouden zijn, zou de komeet geheel onzichtbaar zijn; nu zorgen zij voor een spectaculair verschijnsel. De *kop* van de komeet bestaat uit een glanzend en helder middendeel, de *kern*, en een mat schijnsel, het *gashulsel*. Alleen als de staart goed ontwikkeld is, kan men de komeet goed waarnemen.
De gasdichtheid in de staart is echter uiterst gering. We zien de zwakste sterren door de vele miljoenen km lange staart heen. Sommige kometen hebben een uitgesproken elliptische baan. Zij komen op gezette tijden terug. Dat zijn *periodieke* kometen. Er zijn er ook die spoorloos in het heelal verdwijnen. De beroemdste periodieke komeet is de *komeet van Halley*, genoemd naar een Engelse sterrenkundige. Deze berekende in 1705 de banen van de kometen van 1531, 1607, 1682 en ontdekte dat zij vrijwel dezelfde baan hadden. Het moest dus steeds dezelfde komeet geweest zijn die periodiek terugkwam. Hij voorzag de volgende terugkomst van de komeet in 1758 of 1759. Inderdaad verscheen de komeet zoals voorspeld 76 jaar later! In 1835, 1910 en 1985 kwam de komeet weer. De volgende keer zal pas in 2061 zijn.

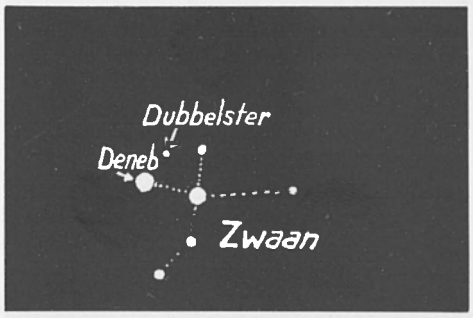


Fig. 5. Met het blote oog ziet men maar één ster, met de verrekijker echter twee sterren.

4. Meteoren

Zie 'vallende sterren'.

5. De Melkweg

Als een zwak lichtende streep omspant de Melkweg de hemel (fig. 6). In oude tijden kon men de Melkweg niet verklaren. Kijkers hebben ons onthuld dat de Melkweg niets anders is dan een *verzameling van miljoenen sterren*, die van onze Aarde zo ver weg staan dat zij alleen nog als een zwak lichtende streep zichtbaar zijn. Tegenwoordig weet men dat de sterren van de Melkweg zich in niets onderscheiden van de andere sterren, maar alleen verder weg staan. Ze behoren echter alle tot 'ons' Melkwegstelsel. Alleen de spiraalnevels (zie bij nevels) liggen buiten de Melkweg, zij vormen zelf verafgelegen Melkwegstelsels.

6. Manen

Onze Aarde heeft *één* trouwe begeleidster: de *maan*. Ook andere planeten hebben manen: Mars 2, Jupiter 16, Saturnus 17, Uranus 15, Neptunus 8, en Pluto 1. Alleen Mercurius en Venus zijn dus maanloos. De manen stralen geen *eigen* licht uit, maar *kaatsen* alleen een deel van het licht dat zij van de *zon* ontvangen, terug. Meestal zijn manen veel kleiner dan de planeet waar ze omheen draaien. Hierop bestaan twee uitzonderingen: onze maan en de Pluto-maan Charon. Feitelijk vormen deze met hun planeet een 'dubbelplaneet'.

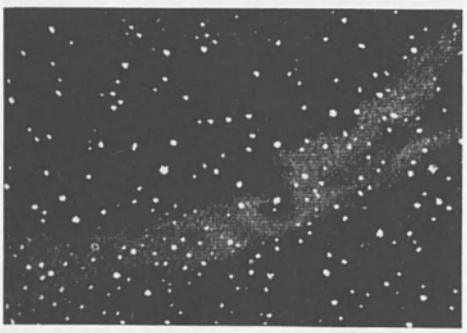


Fig. 6. De Melkweg

7. Nevels

Op verschillende plaatsen van de hemel ziet men met het blote oog, en natuurlijk nog beter door de kijker, zwak lichtende wolken die er als *nevels* uitzien en daarom heten ze ook zo. Het is echter gebleken dat niet alle er als 'nevels' uitziende vormen werkelijk gasnevels zijn. Veel zogenaamde nevels zijn in werkelijkheid opeenhopingen van sterren die zo ver van de Aarde afstaan, dat zij niet meer als afzonderlijke sterren te herkennen zijn. Zo is de beroemde *Andromedanevel* (plaat 7, blz. 138) in het sterrenbeeld Andromeda geen nevel, maar bestaat net als onze Melkweg in werkelijkheid uit miljoenen sterren. Men noemt zo'n stelsel een *spiraalnevel* of een *Melkwegstelsel*, zie plaat 6 en 7 op blz. 137 en 138. De *Orionnevel* (fig. 95, blz. 158) in het sterrenbeeld Orion is daarentegen een echte nevel – dat wil zeggen bestaat uit een oplichtend gas.

Fig. 7. Spiraalnevel

8. Zonnen

Onze *zon*, die ons warmte en licht verschaft, is niets anders dan een *doodgewone ster*, zoals miljoenen andere die aan de nachtelijke hemel fonkelen. Alle vaste sterren van de hemel zijn zonnen, hete sterren, waarop geen leven mogelijk is.

9. Sterrenhopen

Als veel vaste sterren dicht bij elkaar staan, spreekt de sterrenkundige van een *sterrenhoop*. Reeds in de verrekijker kan men een paar mooie sterrenhopen aan de hemel zien. Al naar de vorm van de sterrenhoop spreekt men van *bolvormige* sterrenhopen of *open* sterrenhopen (zie resp. plaat 4, blz. 66 en plaat 5, blz. 108). Men kent 120 bolvormige en 900 open sterrenhopen.

10. Vallende sterren

Iedereen heeft ze wel eens gezien. Vallende sterren zijn niets anders dan vaste *deeltjes* die met grote snelheid uit het heelal in onze dampkring geraken waardoor ze gloeiend heet worden en oplichten.
Vallende sterren worden ook wel *meteoren* genoemd. Sommige meteoren zijn resten van kometen; andere komen uit de diepte van het heelal. Het oplichten en verdwijnen duurt meestal slechts onderdelen van een seconde. De meeste meteoren zijn niet groter dan een zandkorrel en verdampen volledig voor ze het aardoppervlak bereiken. Sommige zijn echter zo groot dat ze wel het aardoppervlak kunnen bereiken. Het restant dat op Aarde neervalt noemt men een meteoriet. Zie blz. 142.

11. Veranderlijke sterren

Er zijn sterren aan de hemel die niet altijd even helder zijn. Zij *veranderen van helderheid*, vandaar hun naam. Wat er met die sterren aan de hand is wordt op blz. 94 verklaard.

12. Planeten

Zij vormen een tegenstelling met de vaste sterren. De planeten draaien, evenals onze Aarde, om de zon. Zij veranderen daarom van plaats aan de hemel en kunnen niet op de sterrenkaarten worden aangegeven.
Wanneer wij dus aan de hemel een opvallende ster zien die niet is aangegeven op de sterrenkaarten van dit boek, dan zien we een der met het blote oog goed zichtbare planeten: *Venus* (als *morgenster* of als *avondster*), *Mars*, *Jupiter* of *Saturnus* (zie blz. 160). Ook *Mercurius* kan men met het blote oog zien, maar is nooit een opvallende verschijning. Daar hij dicht bij de zon staat, is hij alleen kort na zonsondergang in het westen of kort vóór zonsopgang in het oosten te zien. Net als hun manen krijgen alle *planeten hun licht van de zon*, zij stralen *geen eigen licht* uit. Het licht van de planeten is rustiger dan van de sterren: ze flonkeren niet. In fig. 9 zijn de symbolen weergegeven waarmee de planeten wel worden aangeduid.

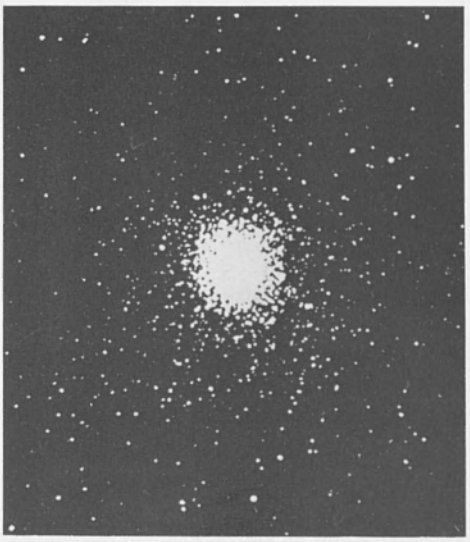


Fig. 8. Een bolvormige sterrenhoop

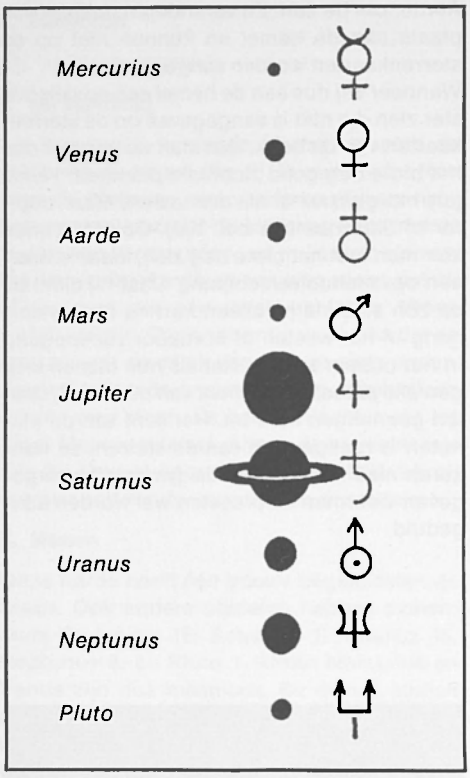


Fig. 9. De planeten en hun symbolen.

4. Een sterrenkundig ABC

Denkt men zich de afzonderlijke vaste sterren door dunne lijnen verbonden, dan krijgt men de sterrenbeelden. De meeste sterrenbeelden zijn oeroud. Voor de oude volkeren was de sterrenhemel niets anders dan een halve bol, waaraan ten pleziere van de mensen de lichtende sterren geplakt waren. Zij zagen in de verschillende sterrengroepen de figuren van hun sagen en legenden.
Zo ontstonden de sterrenbeelden die wij grotendeels tegenwoordig nog kennen. De helderste sterren in die sterrenbeelden dragen dikwijls nog eigen namen, die meestal van Arabische oorsprong zijn. In de middeleeuwen waren het namelijk in de eerste plaats de Arabieren die de sterrenkunde beoefenden. De Europese geleerden namen die namen van de Arabieren over, maar maakten dikwijls schrijffouten, omdat zij de Arabische taal niet kenden. Zo ontstonden de tegenwoordige namen in dikwijls misvormd Arabisch. De sterrenkundigen duiden de sterren in de sterrenbeelden met Griekse letters, Latijnse letters en cijfers aan. Op onze kaarten zijn die wetenschappelijke aanduidingen aangebracht.
Het is echter nuttig om te weten wat die letters en cijfers betekenen als wij een grote sterrenatlas nemen. In de regel heet de helderste ster van een sterrenbeeld α, de volgende β, enz. De nevels heten *M* gevolgd door een cijfer. De *M* is de afkorting van Messier, die de nevels in zijn atlas nummerde. Er is ook de aanduiding NGC (New General Catalogue), in de beschrijvingen met een cijfer aangegeven.

De letters van het Griekse alfabet

α	Alpha	ι	Jota	ρ	Rho
β	Beta	κ	Kappa	σ	Sigma
γ	Gamma	λ	Labda	τ	Tau
δ	Delta	μ	Mu	υ	Upsilon
ε	Epsilon	ν	Nu	π	Phi
ζ	Zeta	ξ	Xi	χ	Chi
η	Eta	ο	Omikron	ψ	Psi
θ ϑ	Theta	π	Pi	ω	Omega

Reeds in de Oudheid deelde men de sterren in 6 klassen in en noemde de helderste ster 'eerste grootte', de volgende, iets zwakker, 'tweede grootte', enz., zodat de laatste groep van nog net voor het blote oog zichtbare sterren van de 6de grootte is.
Als een ster midden tussen de 1ste en 2de grootte ligt, zeggen we m = 1,5 (magnitudo, grootte = 1,5). De kaarten bevatten over het algemeen sterren tot m = 4,5. Men kan daarmee alles wat met het blote oog te zien is aan de hemel identificeren.

In 1928 werden de grenzen van de 88 sterrenbeelden internationaal bepaald. Wij zien er daar een vijftigtal van. De overige blijven altijd onder onze horizon of komen er zo laag boven onze kim dat we ze toch niet goed zien. In het nu volgende alfabetische overzicht zijn de sterrenbeelden opgenomen die in de sterrenkaarten van dit boek zijn aangegeven. Wil men van een sterrenbeeld wat meer weten, dan kan men het in dit sterren-ABC opzoeken. De tekeningen geven de vorm van de sterrenbeelden weer. Ter besparing van de ruimte zijn de sterrenbeelden niet op dezelfde schaal getekend. De *helderste ster* van een beeld is door een *grote stip* aangegeven. De naam staat in de tekst. Veranderlijke sterren zijn met een dwarsstreep, dubbelsterren met een streepje onder de ster aangegeven. Als een sterrenbeeld nooit ondergaat, noemt men het circumpolair; als dit voor enkele van zijn sterren geldt gedeeltelijk circumpolair. In het ABC is dat aangegeven; een overzicht van zulke sterrenbeelden is te vinden in fig. 61 (blz. 34).
Op alle kaartjes te zamen komen een 600 sterren voor, waarvan een 100 dubbelsterren en ± 20 veranderlijke. Verder 14 bolvormige en een 20 open sterrenhopen, 5 spiraalnevels en 2 gasnevels.
Alle zijn zichtbaar met het blote oog of met een goede verrekijker.

Andromeda (gedeeltelijk circumpolair)

Dit is een mooi, vlak sterrenbeeld tussen Pegasus en Cassiopeia (fig. 10). De naam Andromeda betekent: de 'geketende' en is van een Griekse sage afkomstig. Andromeda was de dochter van koning Cepheus en zijn gemalin Cassiopeia. Cassiopeia beroemde zich erop dat haar dochter Andromeda schoner was dan alle Nereïden, de dochters van een zeegod. Tot straf zou daarom Andromeda aan een rots geketend worden en door een zeemonster, de Walvis, verslonden worden. De held Perseus redde Andromeda. Hij streed moedig met het zeemonster en doodde het. Als dank kreeg Perseus Andromeda tot vrouw. Alle gestalten van de sage vinden wij als sterrenbeeld aan de hemel.
De vier heldere sterren vormen een mooie keten en de oostelijkste ster γ (Alamak) is een mooie dubbelster, waarvan al met een kleine sterrekijker de heldere roodgele en de zwakkere blauwwitte component te zien is. Boven de tweede ster zien wij twee andere zwakkere sterren, waarboven wij in heldere maanloze nachten een zwak lichtend wolkje zien. Dat is de beroemde *Andromedanevel* (zie fig. 96, blz. 158 en plaat 7, blz. 138) M 31. De afstand is 2 200 000 lichtjaar en hiermee behoort deze

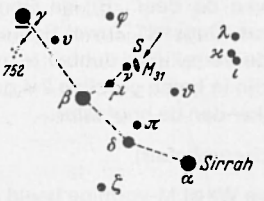


Fig. 10. Andromeda

nevel tot de naaste buren van ons Melkwegstelsel. Dicht bij γ vindt men de grote open sterrenhoop 752 (NGC-aanduiding).

Arend

Zoals het bij de meeste sterrenbeelden het geval is, dankt ook de Arend zijn naam aan de oude volken. Reeds 1000 jaar v. Chr. komt het sterrenbeeld op Babylonische inscripties voor. De eenvoudige vorm van het sterrenbeeld kan men gemakkelijk met een vliegende arend vergelijken. De helderste ster draagt de naam *Altair* – vliegende arend (fig. 11). Deze ster heeft een zeer grote rotatiesnelheid (200 km/sec.). Bij het sterrenbeeld de Arend is de Melkweg buitengewoon helder en toont in de verrekijker ontelbare sterren. Onder de ster ι ligt het kleine sterrenbeeld Schild. Zeer bekend is de veranderlijke η.

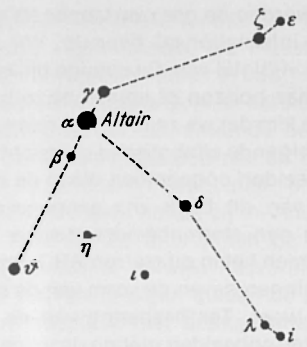


Fig. 11. Arend

Beker

Laag boven de zuiderkim staat in het voorjaar het weinig opvallende sterrenbeeld van de Beker. De hoofdsterren vormen een onregelmatige vierhoek van tamelijk zwakke sterren (fig. 12).

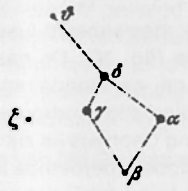


Fig. 12. Beker

Boötes (gedeeltelijk circumpolair)

Om het sterrenbeeld Boötes (fig. 13), ook Ossenhoeder genoemd, te vinden, verlengt men de staart van de Grote Beer 'naar beneden'. Men komt dan tot de helderste ster van het beeld, nl. *Arcturus*, die met Sirius in de Grote Hond, Wega in de Lier, en Capella in de Voerman tot de helderste van het noordelijk halfrond behoort. De naam Boötes stamt uit een Griekse sage. Arcturus betekent zoveel als 'hoeder van de Beer'. Bij de Germanen heette Arcturus 'Dagster'. Zowel Boötes δ als μ blijken in de verrekijker dubbel te zijn. De begeleiders zijn in beide gevallen 2-4 grootteklassen zwakker dan de hoofdster.

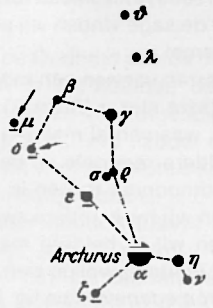


Fig. 13. Boötes

Cassiopeia (circumpolair)

heet het mooie W- of M-vormige beeld dat tegenover de Grote Beer aan de 'andere kant' van de Poolster staat (fig. 14).

In de Griekse sage was Cassiopeia de gemalin van de Ethiopische koning Cepheus. Zij beroemde zich er op dat haar dochter Andromeda schoner was dan alle Nereïden.
Ook Cepheus en Andromeda zijn sterrenbeelden. Cassiopeia staat hoog in het zenit als de Grote Beer aan de horizon staat en omgekeerd. In 1572 was in Cassiopeia een supernova zichtbaar, die zo helder was als Venus. Van de vijf heldere sterren zijn α en γ veranderlijk; η is een in een 50 mm telescoop scheidbare dubbelster met een omlooptijd van 480 jaar.

Cepheus (circumpolair)

Niet ver van de W- of M-vormige Cassiopeia tussen dit sterrenbeeld en de Zwaan ligt Cepheus (fig. 15). Hoewel het geen in 't oog vallende heldere sterren bevat, is het toch aan de vierhoekige vorm te herkennen. Het behoort tot de circumpolaire beelden, die dus het hele jaar zichtbaar zijn (zie fig. 59, blz. 32). In de Griekse sage was Cepheus een Ethiopische koning (zie ook Andromeda en Cassiopeia).
Twee zeer bekende veranderlijken: δ, waarvan de helderheid met grote nauwkeurigheid alle 5,37 dagen tussen m = 3,7 en 4,4 wisselt en de dieprode granaatster μ, de onregelmatig veranderlijke met m = 4,0-4,8. β en ξ zijn dubbelsterren voor de 50 mm telescoop.

Dolfijn

Tussen Zwaan en Steenbok enerzijds, Pegasus en Arend anderzijds ligt het kleine beeld Dolfijn (fig. 16). Hoewel het geen opvallende heldere sterren bevat, is het met zijn 5 dicht bij elkaar staande sterren in een tamelijk sterrenarme omgeving goed te vinden. De oude Chinezen zagen in die sterren een fles, de Arabieren een kruis. γ is een dubbelster voor de 50 mm sterrekijker.

Draak (circumpolair)

Het sterrenbeeld van de Draak (fig. 17) loopt tussen Grote Beer en Kleine Beer door tot Hercules en Lier. Bij de Romeinen zag men het sterrenbeeld ook voor een slang aan en

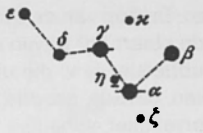


Fig. 14. Cassiopeia

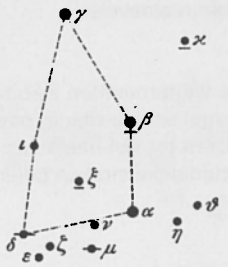


Fig. 15. Cepheus

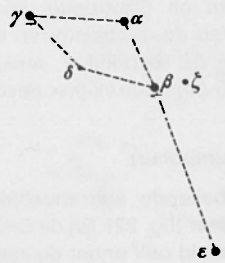


Fig. 16. Dolfijn

noemde het ook zo. De kop van de Draak staat boven Hercules, de staart ligt boven de Grote Beer. Bekende dubbelster is ν, die uit 2 even heldere sterren van de 5de grootte bestaat, die men in de verrekijker scheiden kan. De componenten van de beide andere dubbelsterren ε en η staan dichter bij elkaar en kunnen, in de eerste plaats wegens het grote verschil in helderheid, pas in een 75-100 mm sterrekijker gescheiden worden.

Driehoek

Tussen Ram en Andromeda ligt de onbeduidende sterrengroep van de Driehoek (fig. 18). Bij ster α bevindt zich de nevel M 33, onder gunstige omstandigheden nog met een kleine sterrekijker te herkennen. M 33 hoort tot de dichtbijstaande spiraalnevels.

Duif

Op zeer heldere winternachten ziet men laag aan de zuiderhemel enkele weinig opvallende sterren. Zij behoren tot het beeld van de Duif (fig. 19), dat in zuidelijke streken beter te zien is.

Eridanus

Dit is een sterrenbeeld dat laag aan de zuiderhemel staat (fig. 20). De hoofdster heet *Achernar* = 'eind van de stroom'. Bedoeld is de stroom of rivier van de onderwereld, de Eridanus. Deze ster komt op onze breedte nooit boven de kim.

Giraf (circumpolair)

Tussen Voerman en Cassiopeia begint de Giraf (fig. 21). Van de dubbelsterren is β een dubbelster voor de verrekijker, terwijl 19 H pas in de 75-100 mm sterrekijker gescheiden kan worden.

Grote Beer (circumpolair)

Tot de meest bekende sterrenbeelden behoort de Grote Beer (fig. 22). Bij de Germanen was het sterrenbeeld ook onder de naam Wodanswagen bekend. De Grote Beer is het hele jaar aan de hemel te zien, want hij behoort bij

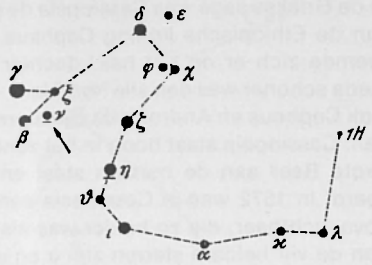


Fig. 17. Draak

Fig. 18. Driehoek

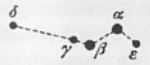


Fig. 19. Duif

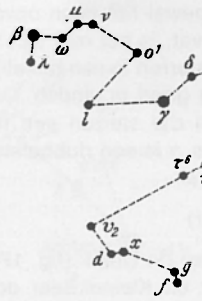


Fig. 20. Eridanus

ons tot de circumpolaire sterren (fig. 61, blz. 34). Vier heldere sterren vormen een vierhoek, het lichaam van een beer, en de staart wordt door 3 andere sterren gevormd.
In de staart van de Grote Beer vindt men boven de middelste ster, die de naam Mizar draagt, een kleine ster, Alkor genaamd. Bij de Indianen was voor jonge mannen het al of niet kunnen zien van die ster een test op hun gezichtsvermogen. Mizar heette bij de Indianen de 'squaw' (vrouw) die haar kind, de 'papose', op de rug draagt (zie blz. 157). De afstand tussen Mizar ζ en de begeleider van de 4de grootte Alkor bedraagt 11'. In de 50 mm sterrekijker is Mizar zelf ook dubbel (afstand 14'').

Grote Hond

In dit sterrenbeeld (fig. 23) in de nabijheid van Orion staat de helderste ster van de hemel: *Sirius* (= flikkerende ster), bij de Germanen 'Vuur van Loki' genoemd. Het sterke flonkeren van die ster is opvallend. Dat komt omdat Sirius zo helder is en altijd dicht bij de horizon staat. Haar licht moet daarom een zeer lange weg door verschillende luchtlagen afleggen. Als Sirius van de nachthemel verdwijnt en 's morgens opkomt, begint het jaargetijde dat de naam *'hondsdagen'* (23 juli-23 augustus) draagt. Op 5° onder Sirius staat nevel M 41.
Sirius is een dubbelster, maar door het grote helderheidsverschil van 10 grootteklassen van de componenten alleen in grote kijkers als zodanig zichtbaar. De begeleider is een witte dwergster met grote dichtheid. Sirius hoort tot de 10 sterren die het dichtst bij ons staan (8.6 lichtjaar).

Haar van Berenice

Tussen Jachthonden en Maagd ligt dit sterrenbeeld, dat uit zwakke sterren bestaat. In de kijker kan men in het Haar van Berenice nog enige *nevels* herkennen. De naam voor dit sterrenbeeld werd voorgesteld door de oude wiskundige Conon, ter ere van Berenice, de gemalin van koning Ptolemeus Euretes (fig. 24).
In het figuurtje zijn drie dubbelsterren gete-

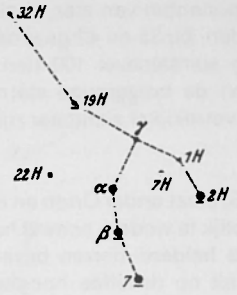


Fig. 21. Giraf

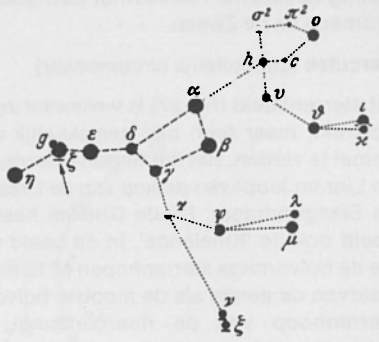


Fig. 22. Grote Beer

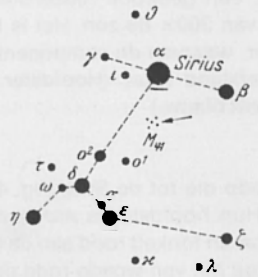


Fig. 23. Grote Hond

kend. De componenten van ster 24 zijn makkelijk te scheiden, bij 35 en 42 gaat dat moeilijker. Zoek de spiraalnevel 100 (ten zuiden van ster 11) en de bolvormige sterrenhoop M 53, die in de verrekijker zichtbaar zijn.

Haas

De Haas (fig. 25) staat onder Orion en is vanuit Orion gemakkelijk te vinden, hoewel het beeld geen opvallend heldere sterren bevat. In de nabijheid fonkelt op dezelfde hoogte boven de kim de helderste ster van de hemel: Sirius van de Grote Hond.

Hagedis (gedeeltelijk circumpolair)

Het sterrenbeeld van de Hagedis (fig. 26) is weinig opvallend. Het bevindt zich tussen Andromeda en de Zwaan.

Hercules (gedeeltelijk circumpolair)

Dit sterrenbeeld (fig. 27) is weliswaar zeer uitgestrekt, maar toch niet gemakkelijk aan de hemel te vinden. Het ligt tussen Noorderkroon en Lier en loopt van de kop van de Draak naar de Slangendrager. Bij de Grieken heette het beeld ook de 'Knielende'. In dit beeld vinden we de bolvormige sterrenhopen M 13 en M 92, waarvan de eerste als de mooiste bolvormige sterrenhoop van de noorderhemel geldt; beide zijn onder gunstige omstandigheden op maanloze nachten nog net met het blote oog te zien. Ook de sterren δ, μ, ρ, γ zijn dankbare objecten voor de 50 mm sterrekijker. Een veranderlijke is de helderste ster α (Ras Algethi) (m = 3,1-3,9), een geelrode reuzenster, met een diameter van 300× de zon. Het is tevens een dubbelster, waarvan de component (m = 5,4) op 4,6'' afstand staat. (Hoofdster roodgeel, component blauw.)

Hyaden

Een sterrenhoop die tot de Stier (fig. 47, blz. 27) behoort. Hun hoofdster is *Aldebaran*, de 'volger'. Aldebaran fonkelt rood aan de hemel. Hij is in de sage het van woede rode oog van de stier, die door Orion wordt aangevallen.

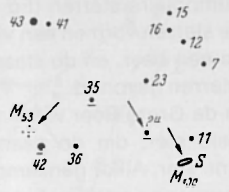


Fig. 24. Haar van Berenice

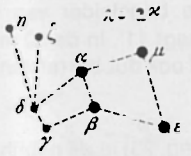


Fig. 25. Haas

Fig. 26. Hagedis

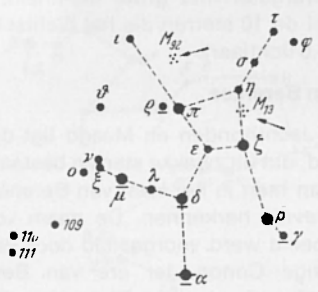


Fig. 27. Hercules

Jachthonden (gedeeltelijk circumpolair)

Onder de staart van de Grote Beer liggen de Jachthonden (fig. 28). De oude volkeren kenden het onopvallende, uit slechts enkele sterren bestaande beeld nog niet. De bolvormige sterrenhoop M 3 is juist met het blote oog zichtbaar. Hij is te vinden onder ster 25. Aan de andere kant van ster 25 staat de spiraalnevel 51, die niet met kleine kijkers gezien kan worden. Er staan in de Jachthonden maar 3 sterren die helderder zijn dan m = 4,5. De helderste ster 12 is een bekende dubbelster voor de 50 mm sterrekijker.

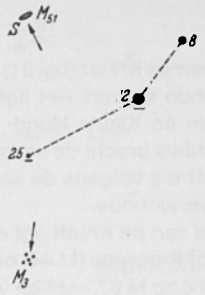


Fig. 28. Jachthonden

Kleine Beer (circumpolair)

De Kleine Beer bestaat uit niet zulke opvallende sterren als de Grote Beer, maar heeft ongeveer dezelfde vorm (fig. 29). De belangrijkste ster (α) van dit sterrenbeeld is de *Poolster*. Het verlengde van de Aardas wijst naar de Poolster en geeft daarom 's nachts het noorden aan (fig. 3, blz. 9). Bij de Germanen heette de Poolster, waaromheen het hele hemelgewelf schijnbaar draait, de Geleidster of ook Tir.
De Poolster staat op 1° van de hemelpool. Hij nadert tot het jaar 2115 de hemelpool nog meer, maar gaat dan er verder vanaf staan. De Poolster is een dubbelster met componenten op 18'', maar het helderheidsverschil bedraagt 7 grootteklassen en daarom kan men pas in de 50 mm sterrekijker de componenten scheiden.

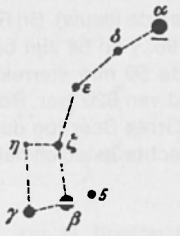


Fig. 29. Kleine Beer

Kleine Hond

Grote en Kleine Hond begeleiden de machtige jager Orion op zijn jacht. De helderste ster van de Kleine Hond (fig. 30) heet *Procyon*, dat betekent 'de voorafgaande Hondster'. Bij de Germanen heette Procyon 'Fakkeldrager'.
Procyon is een dubbelster, maar de begeleider is 10 grootteklassen zwakker dan de hoofdster. Deze behoort tot de witte dwergsterren. Procyon is een van de dichtst bij ons staande sterren (10,7 lichtjaar).

Fig. 30. Kleine Hond

Kreeft

Het sterrenbeeld van de Kreeft (fig. 31) bestaat uit weinig opvallende sterren. Het ligt tussen Leeuw, Tweelingen en Kleine Hond. De Romeinse dichter Ovidius bracht de naam in verband met de kreeft die volgens de sage Hercules aan de voet verwondde.
In het sterrenbeeld van de Kreeft ligt de *open sterrenhoop Krib* of *Praesepe* (M 44) bij ster δ. Bij α is de sterrenhoop M 67, met de verrekijker te zien. De dubbelsterren ι en ζ ziet men in de verrekijker; ζ is drievoudig.

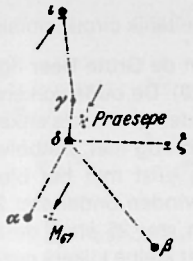


Fig. 31. Kreeft

Leeuw

Het sterrenbeeld dankt zijn naam aan de Leeuw die door Hercules werd gedood. De figuur van een liggende leeuw (fig. 32) kan men gemakkelijk uit de sterren halen. De helderste ster heet *Regulus* (= koningsster) en staat zeer dicht bij de ecliptica. De staartster heet *Denebola* (= staart van de leeuw). Bij Regulus staat spiraalnevel M 96. γ en 54 zijn bekende dubbelsterren voor de 50 mm sterrekijker. γ heeft een omloopstijd van 620 jaar. Boven de Leeuw sluit naar de Grote Beer toe de Kleine Leeuw aan, waarin slechts 3 sterren helderder zijn dan m = 4,5.

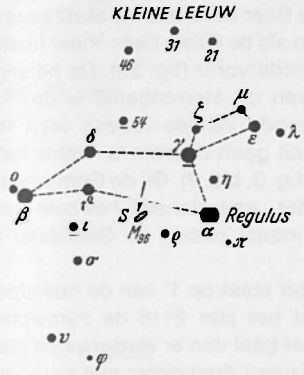


Fig. 32. Leeuw

Lier (circumpolair)

Op heldere zomernachten loopt de Melkweg van het zenit naar het noordoosten en het zuidwesten. Bij het zenit, aan de westelijke rand van de Melkweg, straalt *Wega*, de hoofdster van de Lier (fig. 33), een van de helderste sterren van het noordelijk halfrond. Dit kleine, maar markante sterrenbeeld is verder bekend geworden door de ringnevel in de Lier, die ongeveer midden tussen de sterren β en γ ligt en alleen met grote telescopen zichtbaar is; afstand 1600 lichtjaar. ε is een dubbelster, afstand componenten 208''. Dit is juist zichtbaar met het blote oog. Wega vormt met ε en ζ een gelijkzijdige driehoek, β is een dubbelster met afstand der componenten: 46''. Ook ζ is een dubbelster. β is bovendien een veranderlijke en hetzelfde geldt voor de ster R.

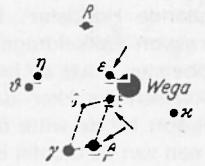


Fig. 33. Lier

Lynx (circumpolair)

De Lynx (fig. 34) bestaat uit onregelmatig verspreide en zwakke sterren tussen Grote Beer, Voerman, Kreeft en Tweelingen. De naam dateert van later tijd. Het beeld kreeg de naam omdat men de ogen van een lynx moet hebben om de zwakke sterren van het beeld te kunnen onderscheiden. De dubbelster 38 eist een 75-100 mm sterrekijker om de componenten te scheiden.

Maagd

De oude Babyloniërs kenden dit sterrenbeeld al (fig. 35), waarvan de helderste ster *Spica* (= korenaar) heet. Aan Spica sluiten de andere zwakkere sterren van het beeld aan. Spica staat nagenoeg op de ecliptica. γ is een dubbelster, de componenten zijn even helder (3,7), afstand 4.5'', omloopstijd 172 jaar. Een 50 mm kijker is nodig om ze te scheiden.

Noorderkroon

Om de Noorderkroon te vinden laten wij ons van de staart van de Grote Beer naar Arcturus in Boötes leiden. Links hiervan staat midden in een mooie diadeem van een halve boog onopvallende sterren de witte ster *Gemma* (= edelsteen) van de Noorderkroon (fig. 36). De Noorderkroon heet bij de Arabieren 'bedelaarsnap', omdat het sterrenbeeld op de nap gelijkt die de Arabische bedelaars bij zich hebben. ζ is een dubbelster met 6'' afstand der componenten en in een 50 mm sterrekijker zichtbaar. Er is ook een Zuiderkroon, bij ons onzichtbaar.

Orion

Dit is een van de fraaiste sterrenbeelden. De oude volkeren zagen er een geweldige jager in, die met de aanstormende stier vocht. In dit 'winterbeeld' vallen de 3 gordelsterren (fig. 37) op. Zij heten in de volksmond ook 'Jacobsstaf'. Andere volken zagen er een herder in.
Met de beide helderste sterren van het beeld, de rechter 'voetster' *Rigel* (= voet) en de lin-

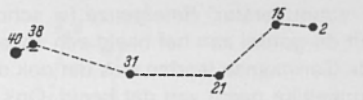


Fig. 34. Lynx

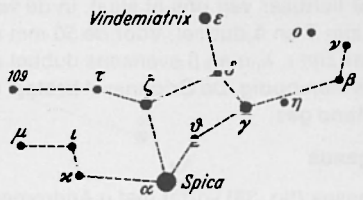


Fig. 35. Maagd

Fig. 36. Noorderkroon

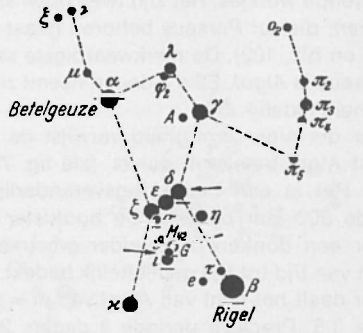


Fig. 37. Orion

ker 'schouderster' *Betelgeuze* (= schouder), geeft de gordel aan het beeld een spoelvorm. In de Germaanse landen was dat ook de oorspronkelijke naam van dat beeld. Ook zagen de Germanen er de vorm van een visser of maaier in. Onder de gordelsterren ziet men op heldere, maanloze nachten een lichte wolk. Het is de beroemde *Orionnevel* M 42 (fig. 95, blz. 158), die 89 lichtjaar diameter heeft en 1700 lichtjaar van ons af staat. In de verrekijker zijn ϑ en δ dubbel. Voor de 50 mm sterrekijker zijn ι, λ, σ en β eveneens dubbel en is ϑ zelfs viervoudig. De Orionnevel bestaat uit oplichtend gas.

Pegasus

Pegasus (fig. 38) vormt met α Andromeda een grote vierhoek van sterren, die onder Cassiopeia staan. Door de Griekse geleerde Erastosthenes werden de sterren als het gevleugelde paard Pegasus aangeduid waarmee Bellerophon probeerde de hemel te bereiken. In Pegasus staat in de buurt van ster ε de bolvormige sterrenhoop M 15, een van de helderste sterrenhopen.

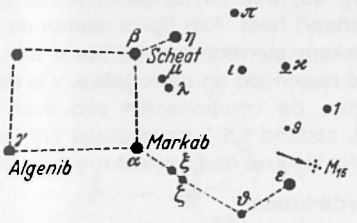


Fig. 38. Pegasus

Perseus (gedeeltelijk circumpolair)

Tussen Andromeda en Voerman ligt het sterrenbeeld Perseus (fig. 39). Gaat men van Perseus verder op Cassiopeia aan, dan ziet men op heldere, maanloze nachten ongeveer midden tussen de beide sterrenbeelden in twee lichtende wolkjes. Het zijn twee *open sterrenhopen*, die tot Perseus behoren (plaat 5, blz. 108 en blz. 102). De merkwaardigste ster van Perseus is *Algol*. Elke 3 dagen neemt zijn helderheid tijdelijk af.
Naar die eigenaardigheid verwijst de naam, want Algol betekent 'duivel' (zie fig. 79, blz. 96). Het is een bedekkingsveranderlijke en reeds 300 jaar bekend. De hoofdster wordt door een donkere begeleider omcirkeld die hem van tijd tot tijd gedeeltelijk bedekt. Daardoor daalt het licht van Algol van m = 2,2 tot m = 3,5. Precieze periode 2 dagen, 20 uur, 48,9 min. Bij dit stelsel horen nog 2 sterren, zodat we hier een viervoudige ster hebben. In de 50 mm telescoop zijn dubbel: ε, ζ en η.

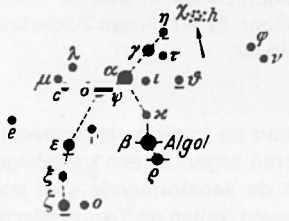


Fig. 39. Perseus

Plejaden (zie Zevengesternte)

Raaf

Een klein sterrenbeeld, dat bij ons laag aan de kim tussen Beker en Maagd staat (fig. 40). In het oude oosten had men in de schrikkeljaren de 13e maand aan de Raaf gewijd. Schrikkeljaren gelden van oudsher als 'ongeluksjaren', vandaar het begrip 'ongeluksvogel'.

Ram

Dit onduidelijke sterrenbeeld onder Andromeda werd vermoedelijk bij de oude volken met het zuidelijk ervan liggende beeld Walvis beschouwd als één beeld: een zeemonster. Het sterrenbeeld Ram (fig. 41) bevat maar 4 heldere sterren. γ is een dubbelster voor de 50 mm kijker.

Schip Argo (Steven)

Ten oosten van de Grote Hond met de heldere ster *Sirius* is een deel van het grote beeld van Schip Argo te zien (fig. 42); de rest ervan komt hier nooit boven de kim. Het sterrenbeeld draagt de naam naar het schip der Argonauten waarmee Jason, een Griekse koningszoon, het Gulden Vlies ging halen. De sterrenhopen M 46 en 2422 zijn met de verrekijker te zien.

Schorpioen

De Schorpioen (fig. 43) behoort tot de oudst beschreven sterrenbeelden. Reeds op Babylonische opschriften is het te zien. Op onze breedte blijft een deel van het sterrenbeeld altijd onder de kim en is daarom voor ons onzichtbaar. De helderste ster heet *Antares* (= lijkend op Mars), omdat die ster een zelfde kleur heeft als de planeet Mars. Antares is een reuzenster met 300× de zonsmiddellijn en 2000× zo helder als de zon. Bij Antares de heldere bolvormige sterrenhoop M 4. Antares is ook dubbelster, afstand componenten 3''. De dubbelster ζ is alleen voor de 50 mm sterrekijker geschikt. Een paar graden lager staan de galactische, d.w.z. tot de Melkweg horende sterrenhopen M 6 en M 7 (verrekijker).

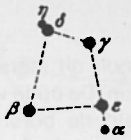


Fig. 40. Raaf

Fig. 41. Ram

Fig. 42. Schip Argo (Steven)

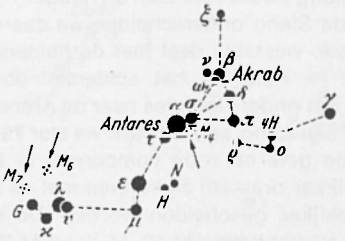


Fig. 43. Schorpioen

Schutter

Op onze breedte komt ook dit sterrenbeeld niet helemaal boven de kim. De oude volkeren zagen in het sterrenbeeld de borst en het hoofd van een boogschutter, die een boog rechtop met een pijl erin in de hand houdt (fig. 44). In het oude oosten waren Schutter en Schorpioen tot één geweldig ondier, de schorpioenreus, verenigd. In dit beeld ligt het centrum van ons Melkwegstelsel. Men vindt hier veel sterrenhopen, zoals de bolvormige sterrenhopen M 22 en M 55. Verder M 8, een grote diffuse galactische gasnevel. M 22 is na M 13 (in Hercules) de mooiste bolvormige sterrenhoop die bij ons zichtbaar is.

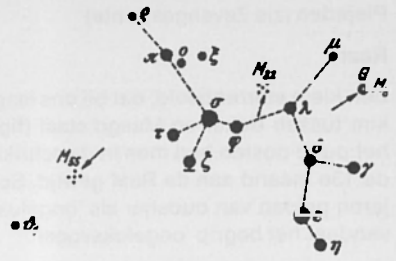


Fig. 44. Schutter

Slang

Het sterrenbeeld van de Slang (fig. 45) moet men niet verwisselen met het beeld van de Waterslang, dat in fig. 55, blz. 28, is afgebeeld. De sterren van de Slang staan onder de Noorderkroon, tussen Noorderkroon en Schorpioen in de nabijheid van de Slangendrager.
Het sterrenbeeld bevat maar weinig opvallende sterren. Midden mei staat de Slang om middernacht in het zuiden. Van de 3 heldere dubbelsterren van de Slang is de staartster δ reeds met de verrekijker te scheiden. De bolvormige sterrenhoop M 5 bij α in de Slang is zeer helder.

Slangendrager

De oude volkeren beeldden de Slangendrager (fig. 45) als een rechtopstaande man af, die een slang dwars voor zich uit houdt.
Van de Slang onderscheiden we daarom het voorste, westelijk deel met de helderste ster *Unuk* (= hals) en het achterste, oostelijke deel, dat onder Hercules naar de Arend loopt. In de Slangendrager zoeken we ster 70, waarvan de gele en rode component in 88 jaar om elkaar draaien; zij kunnen met de 50 mm sterrekijker gescheiden worden. De bolvormige sterrenhopen M 10, M 12 en M 19 in de Slangendrager en de open galactische sterrenhoop 6633 bij de staartster van de Slang eisen een verrekijker.

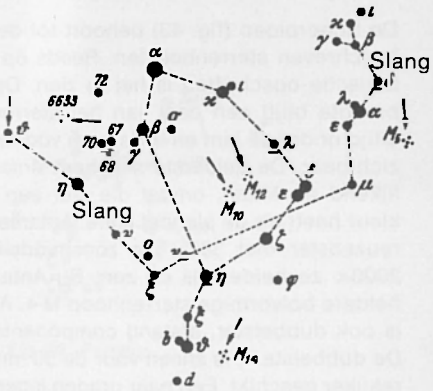


Fig. 45. Slangendrager

Steenbok

De Steenbok (fig. 46) is een vrij onopvallend sterrenbeeld, dat tamelijk laag aan de kim staat. In de nazomer is het aan de avondhemel te zien. De helderste ster draagt de naam *Gredi*, wat vermoedelijk 'bok' betekent (fig. 46). Het is een dubbelster, met het blote oog zichtbaar; afstand componenten 375''. In dit beeld staat de bolvormige sterrenhoop M 30. De dubbelsterren α_2 en β zijn met een verrekijker als zodanig te onderscheiden.

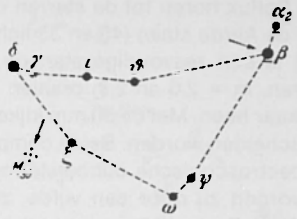


Fig. 46. Steenbok

Stier

Men vindt dit sterrenbeeld (fig. 47) gemakkelijk vanuit het Zevengesternte (Plejaden), dat de nek van de Stier vormt. De heldere, rode hoofdster heet *Aldebaran*, wat vermoedelijk 'volger' betekent. Voor de oude volkeren was Aldebaran het oog van de Stier, dat uit woede over de aanval van Orion rood geworden was. Aldebaran is ook hoofdster van de groep α, θ, γ, δ, ε die de naam Hyaden (regensterren) draagt. θ is een dubbelster met ruime afstand der componenten. τ is een object voor de verrekijker. De Hyaden vormen een groep van 50 sterren, die met dezelfde snelheid door de ruimte bewegen. Zeer bekend is de groep der Plejaden of het Zevengesternte, waarin een goed oog 6 of 8 sterren ziet. De helderste, η (*Alcyone*), is een dubbelster. In de verrekijker ziet men 20-30 sterren in het Zevengesternte, in de sterrekijker een paar honderd. De ster λ is een bedekkingsveranderlijke, periode bijna 4 dagen. Vlak bij ζ in de Stier de zwakke Krabnevel M 1, een sterke bron van radiostraling.

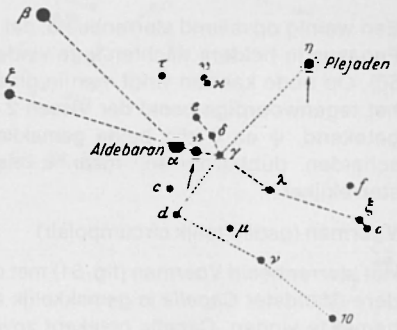


Fig. 47. Stier

Tweelingen

Tussen Voerman en Kleine Hond liggen de Tweelingen (fig. 48) met hun hoofdsterren *Castor* en *Pollux*. Aan die beide sterren sluiten zuidwestelijk nog twee rijen sterren aan, die ook tot de Tweelingen behoren. Boven de beide zwakke laatste sterren ziet men in de kijker de mooie, open sterrenhoop M 35 van 120 sterren. Castor en Pollux waren in de Griekse sage de zonen van Zeus en Leda.

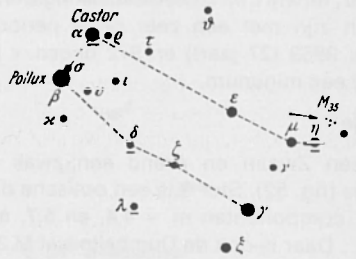


Fig. 48. Tweelingen

Castor en Pollux horen tot de sterren die het dichtst bij de Aarde staan (45 en 33 lichtjaar). Castor (α) is een zesvoudige ster, de beide hoofdsterren, m = 2,0 en 2,8, draaien in 420 jaar om elkaar heen. Met de 50 mm kijker kunnen zij gescheiden worden. Beide componenten zijn spectroscopische dubbelsterren. Bovendien worden zij door een vijfde, zwakke ster omcirkeld. Deze vijfde is een bedekkingsveranderlijke. Als veranderlijken noemen wij de sterren ζ en η.

Veulen

Onder de Dolfijn bevindt zich een klein vierhoekje, het Veulen. δ is dubbel (fig. 49).

Vissen

Een weinig opvallend sterrenbeeld, dat vanuit Pegasus in heldere nachten is te vinden (fig. 50). Op oude kaarten vindt men in plaats van het tegenwoordige beeld der Vissen 2 vissen getekend. ψ en ζ zijn beide gemakkelijk te scheiden dubbelsterren, maar α eist een sterrekijker.

Voerman (gedeeltelijk circumpolair)

Het sterrenbeeld Voerman (fig. 51) met de heldere hoofdster *Capella* is gemakkelijk aan de hemel te vinden. Capella betekent zoveel als 'geitebokje'. In de sagen van vele volkeren draagt de Voerman het geitebokje op zijn schouders. Bij de oude Griekse boeren was Capella een weerprofeet. Als de ster aan de morgenhemel stond, betekende dat storm. Als dubbelster noemen we ν voor de 75-100 mm kijker, terwijl ε en ζ twee bedekkingsveranderlijken zijn met een zeer grote periode van resp. 9883 (27 jaar!) en 972 dagen. ε had in 1982 een minimum.

Vosje

Tussen Zwaan en Arend een zwak beeld: Vosje (fig. 52). Ster 6 is een optische dubbelster, componenten m = 4,4, en 5,7, afstand 400''. Daar is ook de Dumbellnevel M 27, een planetaire nevel, m = 7,0, van 4' diameter op 320 lichtjaar. Hij vormt met de sterren 12 en 13

Fig. 49. Veulen

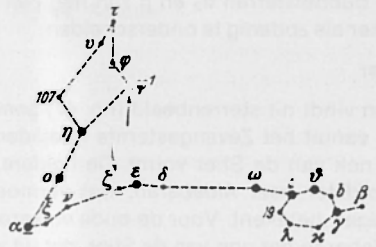


Fig. 50. Vissen

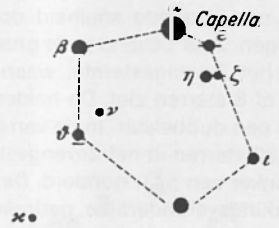


Fig. 51. Voerman

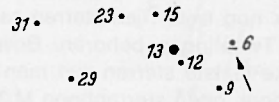


Fig. 52. Vosje

een gelijkzijdige driehoek in de richting van ster 29.

Walvis

Het sterrenbeeld van de Walvis (fig. 53), onder de Vissen, bevat een ster waarvan de helderheid sterk veranderlijk is. Zij draagt de naam *Mira*, dat is de 'wonderlijke'. Als de ster in de periode van de grootste helderheid is, is zij met het blote oog zichtbaar; dit duurt ongeveer een maand. De rest van het jaar kan zij alleen in een goede verrekijker gezien worden. Zie ook bladz. 94. Mira is de eerst ontdekte veranderlijke (1596). Zijn periode is 331 dagen en zijn helderheid varieert van 2,0 tot 10, dat is een variatie in helderheid van maar liefst 1000×. Men kent tegenwoordig meer dan 3000 zulke veranderlijken, die op dezelfde wijze als Mira van helderheid wisselen.

Waterman

De Waterman (fig. 54) is een vrij onopvallend sterrenbeeld tussen Pegasus en Zuidervis. De Waterman staat laag aan de kim. Bij de helderste ster staat de bolvormige sterrenhoop M 2, die met de verrekijker te vinden is. ψ, is in de verrekijker een mooie dubbelster, ζ eist de 75-100 mm kijker.

Waterslang

Ten zuiden van de Kreeft, Leeuw en Maagd ligt het uit slechts weinig heldere sterren bestaande beeld van de Waterslang, dat vlak bij de kim langs de hemel loopt (fig. 55). De helderste ster (α) heet *Alphard*, R is een veranderlijke van het type Mira, periode 442 dagen.

Weegschaal

Tussen Maagd en Schorpioen ligt het sterrenbeeld Weegschaal (fig. 56). Bij de Arabieren en Babyloniërs heette het beeld wegens de nabijheid van de Schorpioen ook wel de schaar van de Schorpioen. De hoofdster α is dubbel (afstand componenten 230'', helderheid 2,9-5,3).

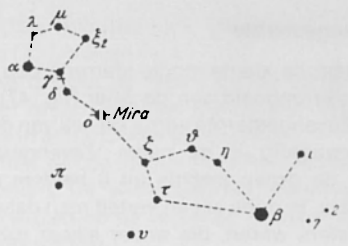


Fig. 53. Walvis

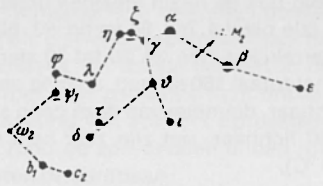


Fig. 54. Waterman

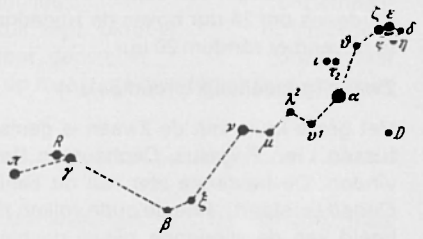


Fig. 55. Waterslang

Fig. 56. Weegschaal

Zevengesternte

Zo heet de kleine mooie sterrengroep die tot het sterrenbeeld van de Stier (fig. 47) hoort. Het Zevengesternte vormt de nek van de Stier. Merkwaardig is de naam 'Zevengesternte', daar de groep slechts uit 6 heldere sterren bestaat. In oude sagen vertelt men dat er eens 7 zusters waren, die onder elkaar ruzie kregen. Daarom trok een sterretje ver weg de hemel in en is nu als 'ruitertje' boven de tweede ster in de staart van de Grote Beer te zien. Bij de oude zeelieden was het sterrenbeeld, dat ook de naam *Plejaden* draagt, zeer geliefd (zie plaat 4, blz. 66 en fig. 93, blz. 157). In de verrekijker zien we 20 tot 30 sterren. Er zijn in het totaal 160 sterren, afstand ongeveer 500 lichtjaar, diameter van deze open sterrenhoop 30 lichtjaar. Het zijn zeer hete sterren (20 000 °C).

Zuidervis

Laag aan de kim staat de Zuidervis (fig. 57) met de hoofdster *Fomalhaut* (= bek van de vis). In het begin van september kan men de Zuidervis om 24 uur boven de zuiderkim zien, in november rondom 20 uur.

Zwaan (gedeeltelijk circumpolair)

Het grote kruis van de Zwaan is gemakkelijk tussen Lier, Pegasus, Cepheus en Dolfijn te vinden. De helderste ster van dit beeld heet *Deneb* (= staart). Hoe de oude volken zich het beeld van de vliegende zwaan dachten, kan uit het sterrenbeeld gemakkelijk gevonden worden. De ster rechts onderaan vormt de kop, dan volgt de hals, Deneb is de staart van het vliegende dier (fig. 58). De ster β (Albireo) vormt de kop van de zwaan. Het is een dubbelster, afstand componenten 35''. helderheid 3,2-5,4. Drie heldere dubbelsterren, β, μ, o_2, zijn met de verrekijker te zien. o_2 is een drievoudige ster. De ster χ is een veranderlijke van het type Mira-sterren. Periode 413 dagen, de helderheid varieert 10 grootteklassen; zijn maximale helderheid is m = 4,2. De open sterrenhoop M 39, boven Deneb, is met een verrekijker waarneembaar.

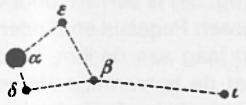


Fig. 57. Zuidervis

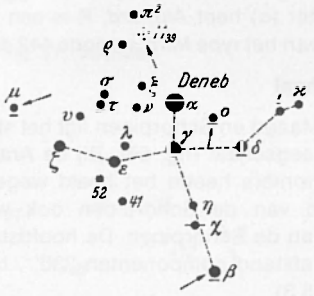


Fig. 58. Zwaan

5. Wat verstaat men onder de Dierenriem?

Met de Dierenriem bedoelt men de gordel waarin de *zon* en de *planeten* zich schijnbaar bewegen. De Dierenriem is sinds oude tijden in *12 even grote tekens*, de tekens van de Dierenriem, verdeeld en begint daar waar de ecliptica de hemelequator in het voorjaar snijdt (fig. 1, blz. 8). Daar de hele hemelcirkel 360° telt, omvat ieder 'teken' 30°.
De tekens van de Dierenriem kregen hun naam naar 12 *sterrenbeelden*, waarin de zon zich in de loop van het jaar bevindt. Tegenwoordig komen de tekens van de Dierenriem *niet* meer met de sterrenbeelden overeen, daar het vlak waarin de zon schijnbaar langs de hemel loopt, in de loop der tijden ten opzichte van de sterrenbeelden iets is verschoven. Dit heet het precessie-verschijnsel. Daardoor ligt het lentepunt niet meer in het beeld Ram maar in het beeld Vissen. *Men mag daarom de sterrenbeelden niet met de tekens van de Dierenriem verwisselen!*

De tekens van de Dierenriem heten: Ram (♈), Stier (♉), Tweelingen (♊), Kreeft (♋), Leeuw (♌), Maagd (♍), Weegschaal (♎), Schorpioen (♏), Schutter (♐), Steenbok (♑), Waterman (♒), Vissen (♓).
De 'tekens' voor de tekens van de Dierenriem staan er tussen haakjes achter. Men vindt ze dikwijls in almanakken aangegeven.
De namen van de tekens zijn afkomstig van de Babyloniërs. De 'winterbeelden' Waterman en Vissen wijzen op de regentijd in Babylonië in die tijd van 't jaar.

Het licht van de Dierenriem

Als de zon ondergegaan is, zien we het *zodiakale licht* of licht van de Dierenriem, dat alleen zichtbaar is in volkomen donkere streken en als de helling op de ecliptica ongeveer 60° bedraagt. Dit laatste gebeurt in *maart* en *september*. Het zodiakale licht ontstaat door terugkaatsing van zonlicht op deeltjes die in banen rond de zon draaien in een ruimte tot ver buiten de aardbaan.

Zichtbaarheid zodiakale licht

januari, februari	z.w. 's avonds
maart, april	w. 's avonds
mei, juni, juli	onzichtbaar
augustus, sept., oktober	o. 's morgens
november, december	onzichtbaar

Alleen op maanloze nachten en bij diepe duisternis.

---

6. Van het oosten naar het westen: de dagelijkse beweging aan de hemel

We weten allen dat de zon in het oosten opkomt, 's middags in het zuiden haar hoogste punt aan de hemel bereikt en in het westen weer ondergaat. Ook de *sterren komen in het oosten op*, bereiken precies in het *zuiden hun hoogste stand* en *gaan in het westen weer onder*. Op een heldere nacht kunnen wij, als wij de blik naar het zuiden richten, die cirkel goed volgen. Als wij 'oosten' en 'westen' zeggen, bedoelen wij weliswaar niet precies het oost- en westpunt van de horizon, maar slechts ongeveer die richtingen, want er zijn sterren die in het noordoosten opkomen, andere komen in het oosten op en weer andere in het zuidoosten. Evenzo is het gesteld met het westen.
Van de plaats van opkomst hangt het af, hoe hoog de sterren aan de hemel kunnen staan. Hoe meer een ster in het noordoosten opkomt, des te hoger zal haar plaats aan de zuiderhemel zijn, zoals we uit fig. 59 (blz. 32) duidelijk zien. Hoe meer een ster in het zuiden opkomt, des te *lager* staat zij ook aan de kim.
De sterrenbeelden zijn niet het hele jaar op dezelfde plaats aan de hemel te zien. We heb-

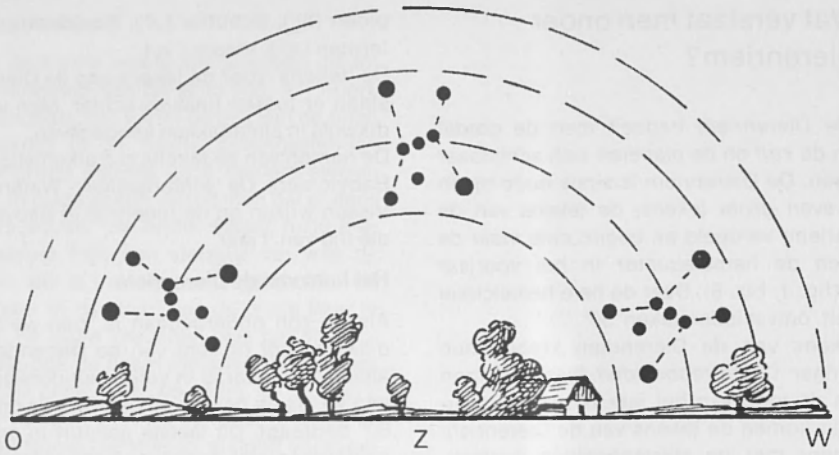


Fig. 59. Alle sterren bereiken in het zuiden hun grootste hoogte. Hoe hoog zij dan boven de kim staan, hangt af van hun punt van opkomst, zoals uit deze figuur blijkt.

ben in lente, zomer, herfst en winter andere sterrenbeelden voor ons. Hoe dat komt kunnen wij door opmerkzame waarnemingen van de sterrenhemel vele avonden achter elkaar gemakkelijk vaststellen. Wij zullen dan vinden dat de sterren van een bepaald, door ons gekozen sterrenbeeld elke avond *4 minuten vroeger* in het zuiden staan. Van de ene avond op de andere zullen we dat niet merken. Maar binnen een week bedraagt het tijdsverschil al een half uur en dan is het wel goed te merken. *Een sterredag is derhalve 4 minuten korter dan het zonne-etmaal* en dit verschil veroorzaakt dat de plaats van de sterrenbeelden in de loop der maanden verandert. Als wij de kaartjes vergelijken, bijv. de kaart voor het zuiden van januari met die van februari en maart, dan zien wij goed dat de plaats van de sterrenbeelden, op hetzelfde uur gezien, veranderd is. De sterrenbeelden zijn steeds meer naar het westen verschoven. Precies na één jaar hebben zij weer dezelfde plaats, want het dagelijks verschil van ongeveer 4 minuten is in één jaar weer precies 24 uur. Een jaar heeft derhalve 365 *'zonnedagen'* en 366 *'sterredagen'*.

7. Sterrenbeelden die wij het hele jaar door zien

Er is een reeks sterren en sterrenbeelden die nooit ondergaan, die dus de hele nacht aan de hemel te zien zijn in elk jaargetijde, of het nu lente, zomer, herfst of winter is. Met die sterrenbeelden make de beginner zich het eerst vertrouwd en van hen gaat hij uit als hij nog onbekende sterrenbeelden wil opzoeken.

Van de Grote Beer uit, die gemakkelijk te vinden is, zoekt men eerst de *Poolster*. Trekt men van de Poolster een loodlijn naar beneden, dan vindt men daar waar de loodlijn de horizon raakt, het *noorden* (fig. 60). *Alle sterren die niet verder af staan van de Poolster dan het noorden, die dus binnen een cirkel met*

een straal Poolster–noorden staan, zijn altijd, in welk jaargetijde ook, 's nachts aan de hemel zichtbaar.
Alleen nemen zij, zoals wij dat bij de Grote Beer reeds zagen (fig. 4, blz. 10), al naar de tijd van waarneming een andere plaats in.
Alle sterren schijnen dus om de Poolster heen te draaien. Dat is evenzeer schijn als de schijnbare beweging van de zon om de Aarde. De sterren draaien niet om de Poolster, maar de Aarde draait om haar as! Daar echter het verlengde van de Aardas naar de Poolster wijst, lijkt het alsof de sterren zich om de vaststaande Poolster bewegen! De Poolster zelf behoort tot het sterrenbeeld van de Kleine Beer. De Kleine Beer heeft dezelfde vorm als de Grote Beer, maar bestaat uit minder heldere sterren.

De sterrenkaart van fig. 61 (blz. 34) toont de belangrijkste sterrenbeelden van de noorderhemel. De sterren die binnen de cirkel liggen, zijn *circumpolaire* sterren, die te allen tijde aan de hemel zichtbaar zijn. De naam *'circumpolair'* dragen zij, omdat zij in een *denkbeeldige cirkel om de Poolster* staan.

De sterrenkaart van fig. 61 (blz. 34) draagt aan de rand de namen der jaargetijden. Men houdt de kaart zo dat de naam van het jaargetijde *onderaan* staat. Dan toont de sterrenkaart ongeveer de plaats van de circumpolaire sterrenbeelden in die tijd om 10 uur 's avonds (= 22 uur) wintertijd ofwel 11 uur 's avonds (23 uur) zomertijd als men de blik naar het noorden richt. De kaart is getekend voor 52° N.B., dus voor Nederland.

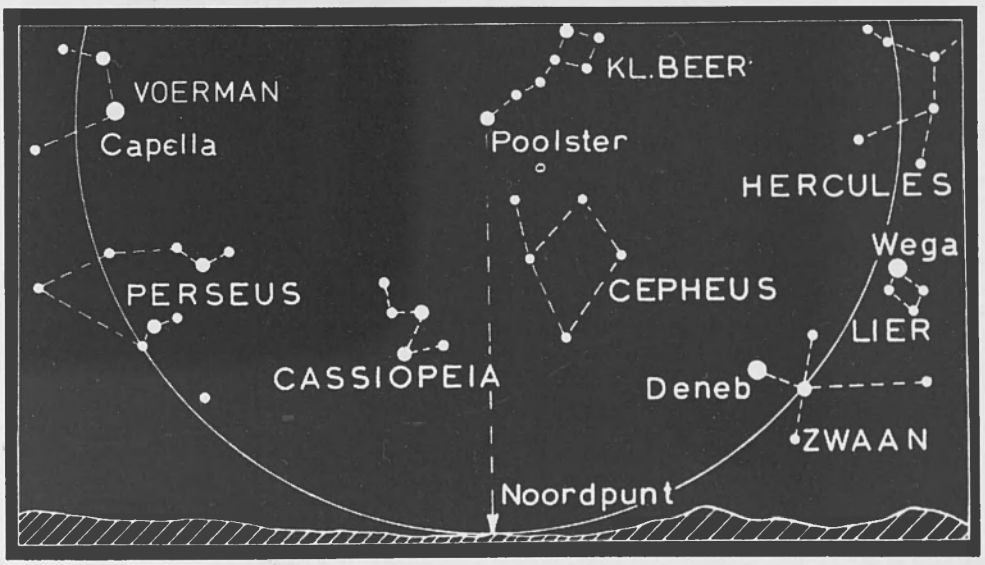


Fig. 60. Alle sterren die niet verder van de Poolster afstaan dan het noorden, zijn het hele jaar aan de hemel te zien. Getekend voor 52° N.B. (Nederland).

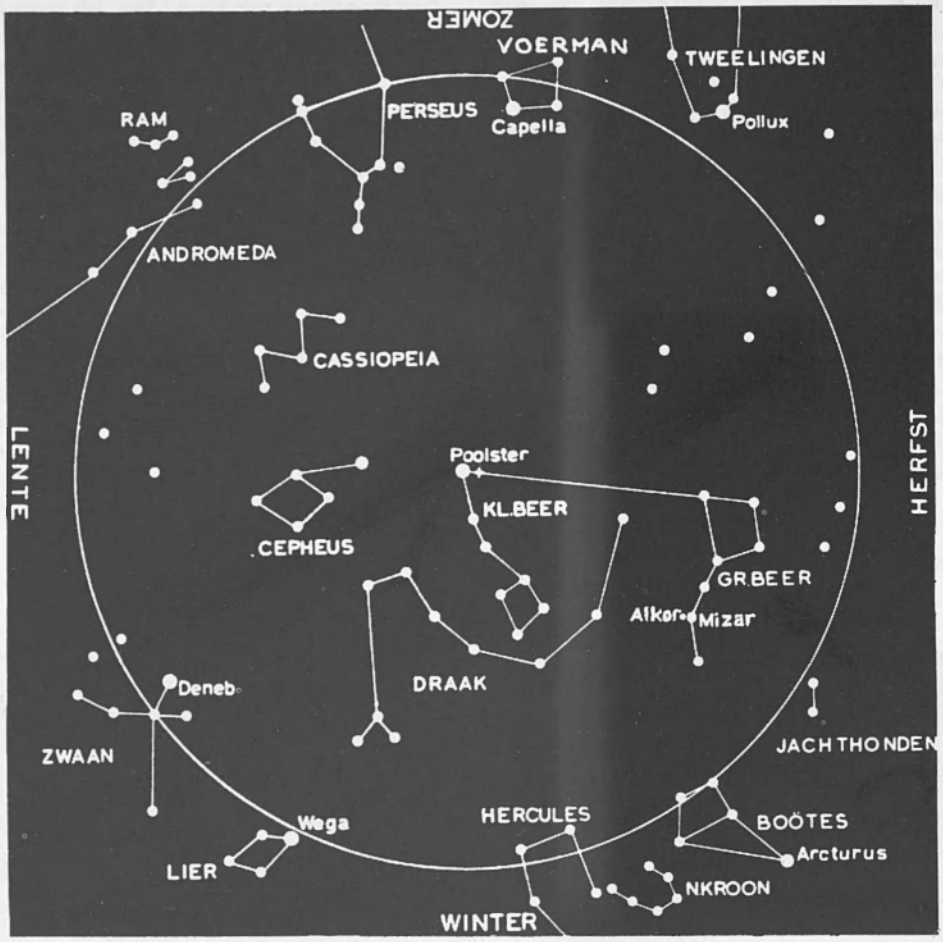


Fig. 61. De binnen de cirkel aangegeven sterren behoren tot de circumpolaire sterrenbeelden. Houd het boek zo dat het gevraagde jaargetijde onderaan staat. Dan toont de sterrenkaart hoe de circumpolaire sterrenbeelden in dat jaargetijde ongeveer 's avonds om 22 uur wintertijd (= 23 uur zomertijd) staan, als men de blik naar het noorden richt. Getekend voor 52° N.B. (Nederland).

8. Wat is een lichtjaar?

Voor het meten van afstanden in het heelal zijn alle Aardse maten te klein. De sterrenkundige rekent daarom met *lichtjaren. Een lichtjaar is de afstand die een lichtstraal in één jaar aflegt.* Daar het licht zich – en hetzelfde geldt voor radiogolven – met een snelheid van 300 000 km per sec. voortplant, komt een lichtjaar overeen met 9,5 biljoen km.
Wij kunnen ons dergelijke getallen niet voorstellen. Alleen door een vergelijking kunnen we ons daarvan een beeld vormen. Als we aannemen dat we een auto hebben waarmee we dag en nacht ononderbroken met een snelheid van 100 km per uur kunnen rijden, dan zouden we 11 miljoen jaar onderweg zijn om de afstand van 1 lichtjaar af te leggen. Zou de tijd tijdens onze tocht achteruit in plaats van vooruit gaan, dan konden we een flink deel van de geschiedenis der Aarde zien. We kwamen de piramiden voorbij van de oude Egyptenaren, we zagen de eerste landbouwers. Steeds verder gaat de tocht, merkwaardige reeds lang uitgestorven dieren trekken voorbij tot wij diep in het Tertiair zijn aangeland. Zo lang duurde de tocht van *één* enkel lichtjaar! De dichtstbijzijnde heldere ster, Alpha van Centaurus, is reeds meer dan 4 lichtjaren van onze Aarde verwijderd en de sterrenkundige rekent met duizenden of miljoenen lichtjaren! Een andere eenheid is de parsec. = 3,26 lichtjaar = 31 biljoen km.

---

9. Wenken voor het waarnemen van sterren

De sterrenvriend die zich met de gehele sterrenhemel vertrouwd wil maken, moet anders te werk gaan dan de natuurvriend die alleen de naam van een sterrenbeeld wil weten. De sterrenvriend, die de *hele* sterrenhemel uit nachtelijke waarnemingen wil leren kennen, zal daaraan meer plezier beleven. Voor hem is dit boek in de eerste plaats samengesteld.
De nu volgende sterrenkaarten zijn zó getekend dat telkens *4 kaarten bij elkaar* horen. Om die reden werd de volgorde noorden-oosten-zuiden-westen gekozen. Een sterrenbeeld dat bijv. op de rechterrand van de kaarten voor het oosten nog net zichtbaar is, zal men op de aansluitende kaart voor het zuiden terugvinden. Altijd zullen 4 bij elkaar horende kaarten de *hele* sterrenhemel afbeelden.
In de natuur zelf welft de sterrenhemel zich over de waarnemer, op de sterrenkaarten moet de gewelfde hemel in een plat vlak worden afgebeeld. Dat brengt met zich mee dat de sterrenbeelden aan de rand van de kaart in een enigszins andere onderlinge verhouding verschijnen dan in werkelijkheid het geval is. Als men de sterrenkaarten schuin houdt, kan men dit in zekere zin opheffen.
Het *zenit* is de plaats van de hemel die zich *recht boven het hoofd* van de waarnemer bevindt. Sterren in de nabijheid van het zenit moet men dus boven zich zoeken, niet voor zich uit.
Al deze dingen zien er bij het lezen ingewikkelder uit dan ze in werkelijkheid zijn. Wie zich een beetje ingewerkt heeft, zal gemakkelijk de sterrenbeelden vinden.
Het beste kiest men voor waarnemingen aan sterren een plaats die wat *hoog* ligt en waar geen storend licht is. Neemt men van een huiskamer uit waar, dan zal men in de regel de windstreken al kennen, anders bepale men ze eerst (zie blz. 9). Het doelmatigst is met de sterrenbeelden van de *noorderhemel* te beginnen. Dat geldt in de eerste plaats voor de *circumpolaire* sterrenbeelden. Als men deze beelden, die het hele jaar aan de hemel zichtbaar zijn, altijd weer met zekerheid vindt, vergemakkelijkt dat alle verdere waarnemingen. Het is ook goed als men zich met behulp van de maandkaartjes reeds overdag de vorm der sterrenbeelden inprent. Om de sterrenhemel buiten met de sterrenkaarten te kunnen vergelijken, heeft men natuurlijk een zaklantaarn

nodig. De ervaring leert dat dit licht het oog verblindt.
Dit bezwaar is makkelijk te verhelpen: men koopt een zaklantaarn en wikkelt rondom het lichtgevende gedeelte rood papier. Het rode licht dat op deze manier uit de zaklantaarn komt, maakt dat de sterrenkaarten makkelijk te lezen zijn, maar verblindt niet.
Zien wij een bijzonder heldere 'ster' die op de sterrenkaart niet staat aangegeven, dan hebben we met een *planeet* te maken. *Venus* is *avondster* of *morgenster* en is zeer *helder*. Door haar helderheid kan zij met de planeet *Jupiter* verwisseld worden. *Mars* is aan zijn *rode* licht te herkennen. *Saturnus* valt niet door helderheid noch door kleur op. *Mercurius* is alleen onder bijzonder gunstige omstandigheden zichtbaar (zie blz. 160).

Als de *maan* aan de hemel staat, is het herkennen van de zwakkere sterren moeilijk. Men zal dan al naar gelang de helderheid niet alle op de sterrenkaarten getekende sterren vinden. Behalve sterren zijn ook nevels en sterrenhopen in de kaarten getekend, voor zover ze met het blote oog of met een verrekijker te zien zijn. Deze zijn met een pijltje aangegeven. Ook dubbelsterren die met de verrekijker of met het blote oog te scheiden zijn, zijn met een pijl aangegeven.

10. Welke sterrenkaart heb ik nodig?

De nu volgende 48 sterrenkaarten, die elk een gehele bladzijde groot zijn, tonen in de eerste plaats voor de wintermaanden (okt.-april) om 10 uur 's avonds en voor de zomermaanden om 11 uur 's avonds (zomertijd) de sterrenhemel, onderverdeeld naar de 4 windstreken. Wil men dus de sterrenbeelden van de westelijke hemel in april des avonds om 11 uur (zomertijd) leren kennen, dan behoeft men alleen kaart '4 westen' op te zoeken (januari = 1, dus april = 4). Men heeft dan de gevraagde beelden van de hemel. De zwarte vakjes met de witte cijfers aan de rand van de sterrenkaarten vergemakkelijken het vinden van de in aanmerking komende kaart. Wie op een ander tijdstip dan 10 uur resp. 11 uur 's avonds kijkt, kan uit de tabel hiernaast zien welke kaarten nu nodig zijn. *Het getal op het snijpunt van datum en uur geeft de juiste kaart aan.* Al naar de windstreek waarin de waarnemer kijkt, moet men dan nog de n.-, o.-, z.-, of w.-kaart onder het gevonden getal opzoeken.
Staat op het snijpunt van datum en uur *geen* getal, dan komen de voorafgaande of volgende kaarten in aanmerking. In die gevallen houdt men het boek met de sterrenkaarten wat schuin, opdat de sterrenkaarten precies met het beeld van de hemel overeenstemmen. Na een keer oefenen zal ieder weten, hoe die kleine verschillen opgeheven moeten worden, want de verschuiving is niet groot.

De namen van de afzonderlijke sterren zijn op de nu volgende sterrenkaarten in kleine letters aangegeven, die van de sterrenbeelden in hoofdletters.

UUR	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7
1 januari			12		1		2		3		4		5	
15 januari		12		1		2		3		4		5		6
1 februari			1		2		3		4		5		6	
15 februari		1		2		3		4		5		6		
1 maart			2		3		4		5		6		7	
15 maart		2		3		4		5		6		7		
1 april				3		4		5		6		7		
15 april					4		5		6		7			
1 mei						5		6		7		8		
15 mei					5		6		7		8			
1 juni						6		7		8				
15 juni							7		8		9			
1 juli						7		8		9				
15 juli							8		9		10			
1 augustus						8		9		10		11		
15 augustus					8		9		10		11			
1 september				8		9		10		11		12		
15 september			8		9		10		11		12			
1 oktober			9		10		11		12		1		2	
15 oktober		9		10		11		12		1		2		
1 november	9		10		11		12		1		2		3	
15 november		10		11		12		1		2		3		
1 december	10		11		12		1		2		3		4	
15 december		11		12		1		2		3		4		

Het getal op het snijpunt van datum en uur geeft de te gebruiken kaart aan.

11. 48 sterrenkaarten met toelichting

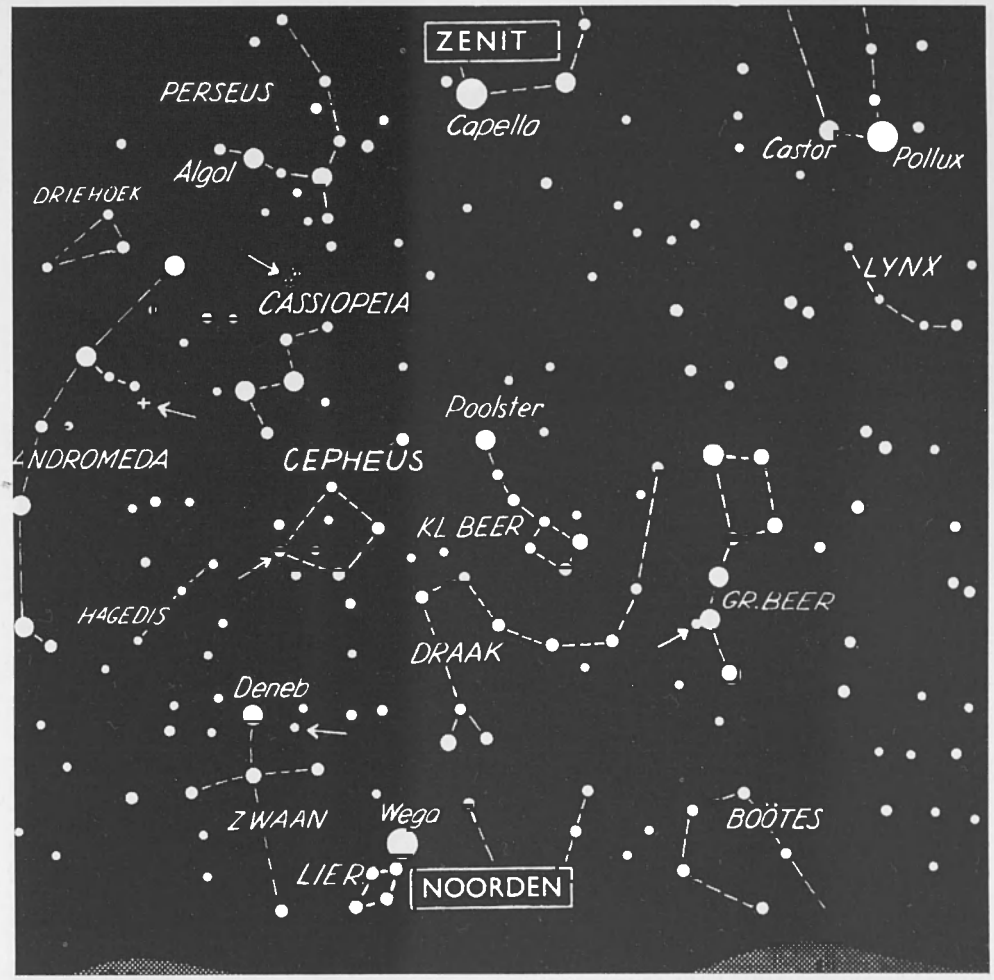
Wat de sterrenkaart toont →

Om de sterrenbeelden te vinden zoekt men eerst de Grote Beer op, die in het n.o. staat. De staart van de Grote Beer wijst naar de kim; haar verlengde wijst naar Boötes. Verlengt men de beide voorste sterren van de Grote Beer 5×, dan vindt men de Poolster, waaromheen het hemelgewelf schijnbaar draait. De Poolster zelf hoort bij de Kleine Beer. Tussen het noordpunt van de kim en de Poolster zien we het langgerekte beeld van de Draak. Vlak bij de kim fonkelt Wega, de helderste ster van de Lier. Rechts hiervan zien we nog enige zwakke sterren van Hercules. Links van de Lier, iets hoger, staat de Zwaan, waarvan de helderste ster Deneb heet. Nog iets hoger zien we Cepheus, een sterrenbeeld dat tussen de Zwaan en het M- of W-vormige beeld Cassiopeia te vinden is. Hoog in het zenit staat Perseus met de veranderlijke ster Algol. Recht voor ons in het noorden straalt in het zenit Capella van de Voerman en meer naar het oosten staan Castor en Pollux van de Tweelingen. Meer naar het westen vindt men de sterren van het langgerekte sterrenbeeld Andromeda, waarin de beroemde Andromedanevel (plaat 7, blz. 138) staat. De pijl op de sterrenkaart geeft aan waar de nevel in heldere, maanloze nachten als zwak lichtend wolkje is waar te nemen. De Hagedis bestaat uit weinig opvallende sterren en is daarom moeilijk te vinden. Hetzelfde geldt voor de Lynx, die onder de Tweelingen in het n.o. te vinden is. Het beeld dankt zijn naam aan het feit dat men lynxogen moet hebben om die sterren te vinden. In de Zwaan is een dubbelster β in de verrekijker te zien (blz. 30) en boven Deneb de sterrenhoop M 39, in de Grote Beer Alkor-Mizar (blz. 157). In de Lier boven Wega de veranderlijke ster R. Zie fig. 33 op blz. 22 van het sterrenkundig ABC.

12. De maan, de wachter van de Aarde

Op een afstand van gemiddeld 384 400 km van de Aarde doorloopt de maan haar baan. Evenals de planeten krijgt ze haar licht van de zon en straalt maar een deel (1/14) van het ontvangen zonlicht terug. Het licht, dat evenals radar en radiogolven een snelheid van 300 000 km per sec. heeft, is maar 1⅓ sec. onderweg om van de maan op de Aarde te komen. De maan loopt om de Aarde en heeft voor haar omloop ongeveer 27⅓ dagen nodig. In één jaar loopt zij dus 13× om de Aarde. De middellijn van de maan bedraagt 3476 km. De maan is dus maar ¼× zo groot als de Aarde, die een middellijn heeft van 12 757 km. Al naar gelang de plaats van de zon, de maan en de Aarde zien wij de maan meer of minder door de zon verlicht. Wij hebben dan *Nieuwe Maan, Eerste Kwartier, Volle Maan en Laatste Kwartier.* De maan is een dode verlaten wereld *zonder water en lucht* (fig. 62). Daar er een dampkring *ontbreekt*, is er *geen schemering* en geen gematigde temperatuur. Waar ter plaatse de *zon* op staat, is het *heet*, daarnaast is het *ijzig koud*. Een waarnemer op de maan ziet, ook *overdag*, behalve de zon, ook *sterren*, want er is immers geen dampkring die het zonlicht verstrooit, zodat de hemel inktzwart is.

Fig. 62. De maan



De noordelijke hemel op:

1 januari	22 uur	15 januari	21 uur
1 februari	20 uur	15 februari	19 uur
1 december	24 uur	15 december	23 uur
1 november	2 uur	15 november	1 uur
1 oktober	4 uur	15 oktober	3 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

Wendt men de blik naar het oosten, dan ziet men op halve hoogte het langgerekte sterrenbeeld van de Tweelingen met de beide hoofdsterren Castor en Pollux. In de Tweelingen ligt de sterrenhoop M 35, die op heldere nachten bij η met de verrekijker te zien is. De pijl op de kaart wijst aan waar men hem moet zoeken. Onder de hoofdsterren van de Tweelingen staat het sterrenbeeld Kreeft, waarin men met de verrekijker een sterrenhoop, M 44 (de Krib) kan waarnemen. Laag aan de kim staat de Waterslang, die op onze breedte maar ten dele is waar te nemen. In het n.o. staat het sterrenbeeld Leeuw, waarin men gemakkelijk de figuur van een liggende leeuw kan herkennen. De hoofdster heet Regulus, hij vormt het hart van de Leeuw. Boven de Leeuw zien we nog enige sterren van de Grote Beer.
De Kleine Hond met de hoofdster Procyon is gemakkelijk te vinden. Meer naar rechts staat de Grote Hond met Sirius, de bekendste en helderste ster van de hemel. Sirius fonkelt met blauwwit licht. In de verrekijker ziet men onder Sirius nog een kleine sterrenhoop M 41. Boven Sirius komt in het z.o. Orion op met de heldere ster Betelgeuze (= schouderster). Op de plaats van de pijl ziet men op heldere maanloze nachten met de verrekijker de Orionnevel als zwak lichtend wolkje (zie fig. 37, blz. 23 en fig. 95, blz. 158). Hoog in het zenit staat de Voerman met de heldere ster Capella (= geitebokje). Van de vijfhoek van de Voerman uitgaande vindt men gemakkelijk de ster Aldebaran in het sterrenbeeld Stier. Aldebaran straalt rood licht uit, hij vormt het rode oog van de Stier. De Lynx is moeilijk te vinden en heet dan ook zo omdat men lynxogen moet hebben om de zwakke sterren te kunnen zien. Dubbelsterren: Castor en γ Leeuw. Sterrenhoop M 67 onder de Krib (M 44) in de Kreeft.

Bij de omloop om de Aarde komt het soms voor dat de maan precies tussen zon en Aarde komt te staan. Hij bedekt dan, gezien van de Aarde uit, de zon. We hebben dan een *zonsverduistering* (fig. 63). De zonsverduistering kan alleen bij *Nieuwe Maan* ontstaan.
Het gebeurt ook dat de Aarde tussen zon en maan staat. Dan ontvangt de maan geen zonlicht meer en hebben we *maansverduistering* (fig. 63). De maansverduistering is alleen bij *Volle Maan* mogelijk. Zons- en maansverduisteringen komen tamelijk zelden voor, daar de banen van maan en Aarde in verschillende vlakken liggen. Op blz. 161 zijn de zons- en maansverduisteringen tot 2010 opgesomd.
Om de 18 jaar en 11 dagen herhalen zich de zons- en maansverduisteringen. Door nauwkeurige waarnemingen was die herhaling der verduisteringen, de 'Sarosperiode', reeds aan de Babyloniërs bekend en zij konden daardoor de terugkeer van de verduisteringen voorspellen. Totale zonsverduisteringen zijn zeer zeldzaam; pas op 7 okt. 2135 en 14 juni 2151 is er een in Nederland zichtbaar. Plaat 1 (blz. 42) toont dat de *zonnecorona* bij totale zonsverduistering zichtbaar is.

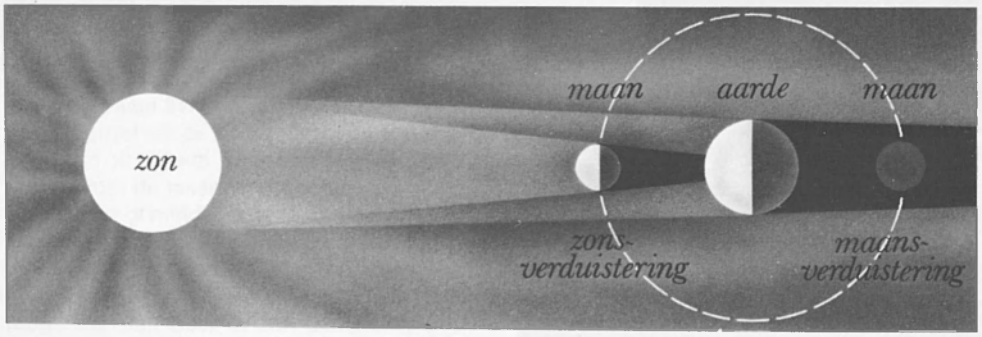
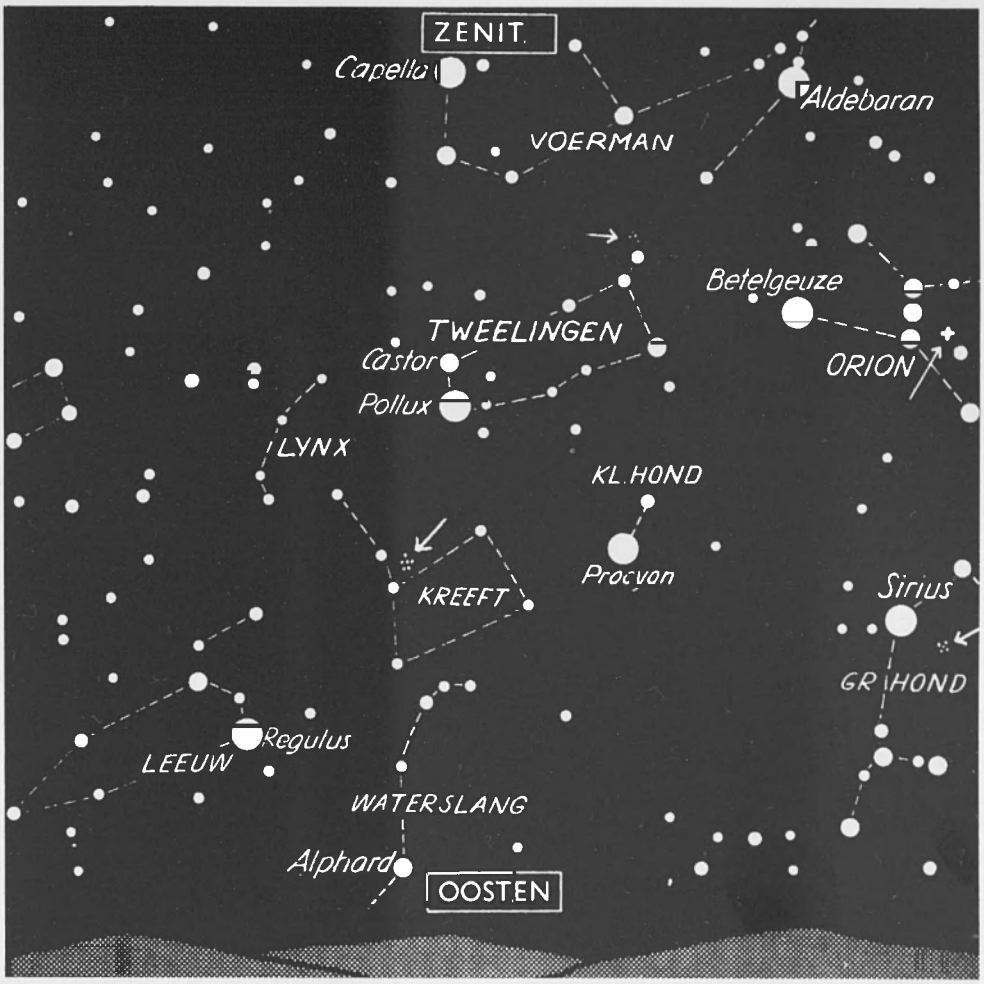


Fig. 63. Hoe de verduisteringen ontstaan.

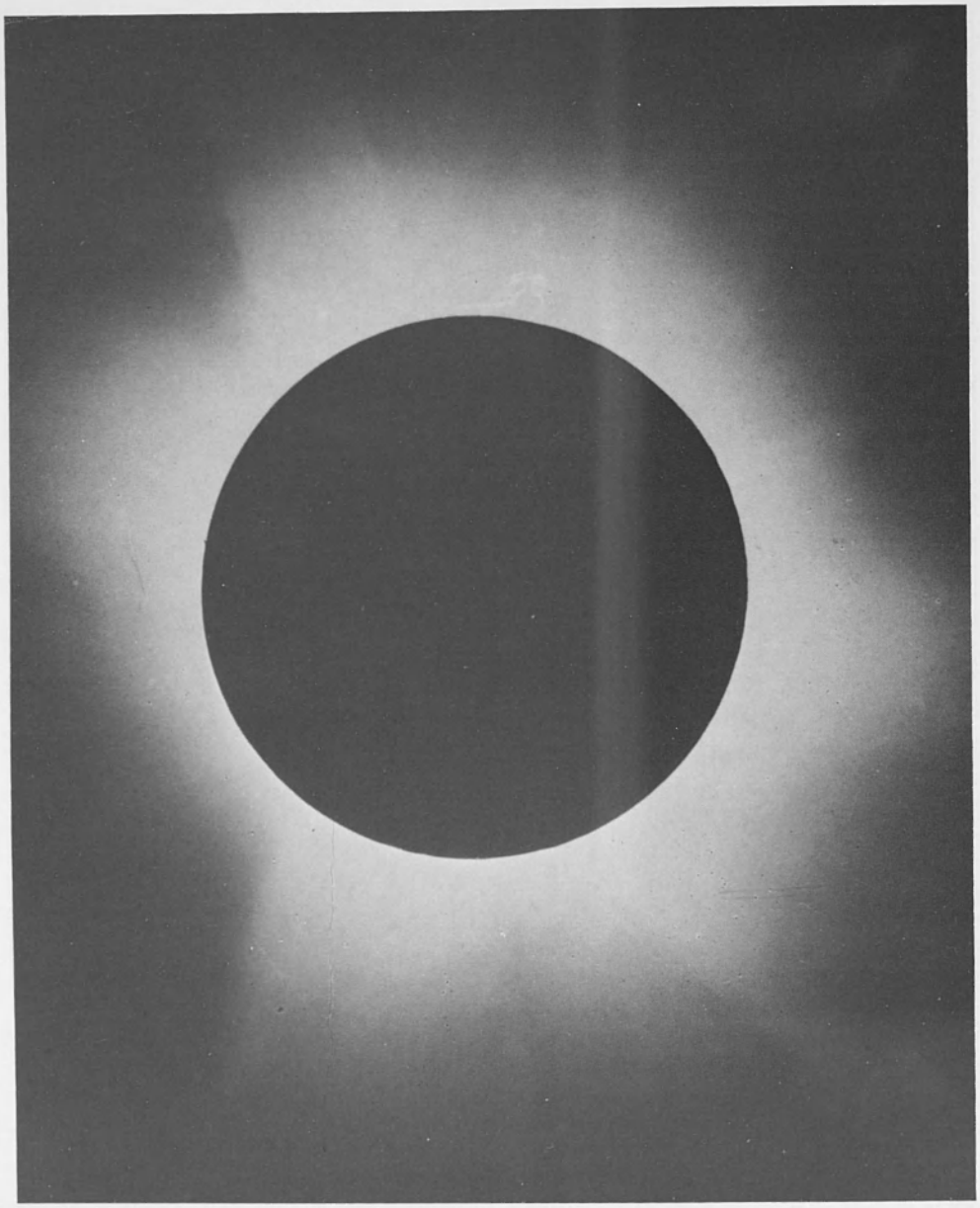


1
Oost

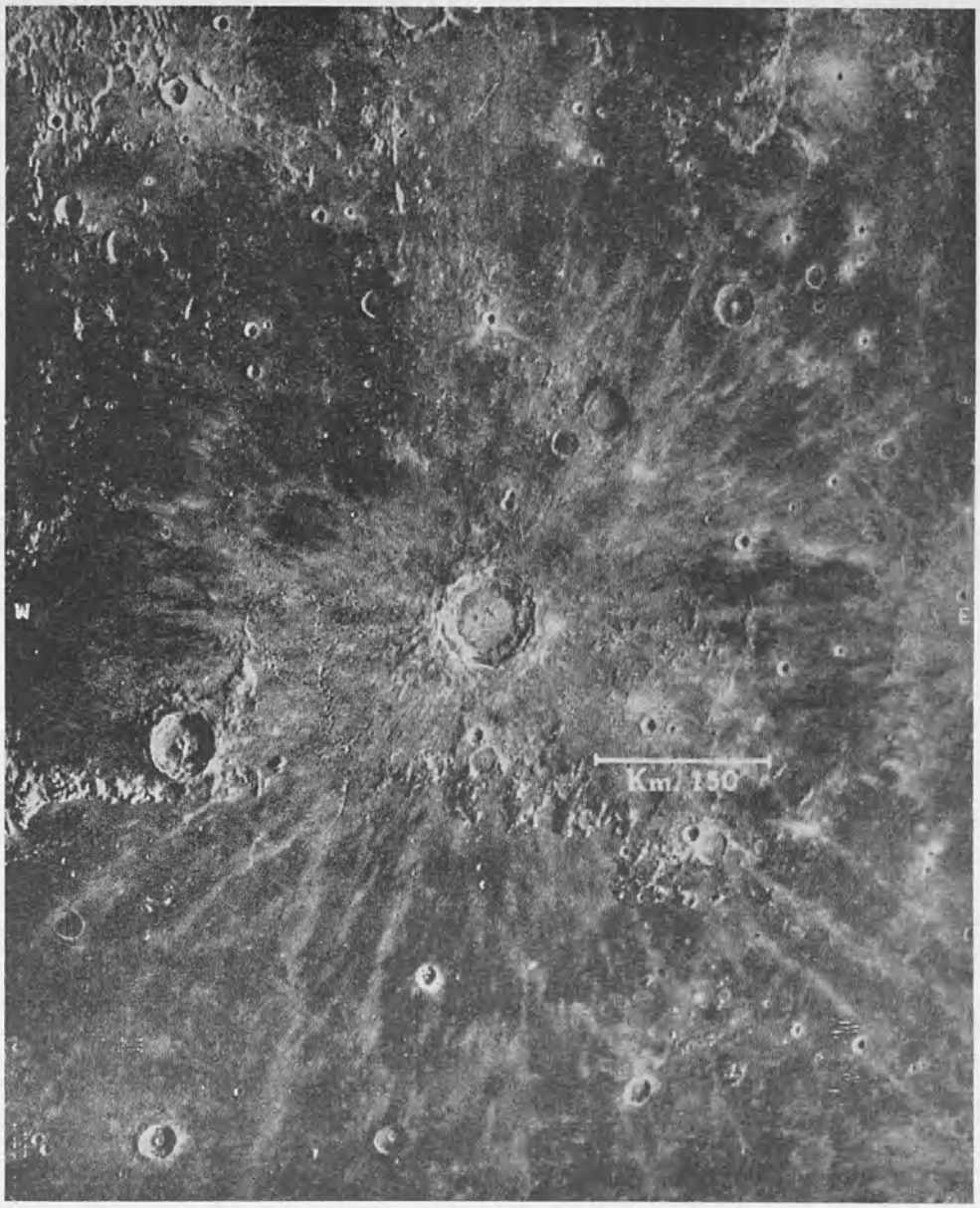
De oostelijke hemel op:

1 januari	22 uur	15 januari	21 uur
1 februari	20 uur	15 februari	19 uur
1 december	24 uur	15 december	23 uur
1 november	2 uur	15 november	1 uur
1 oktober	4 uur	15 oktober	3 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.



Plaat 1. Totale zonsverduistering van 17/18 mei 1901, opgenomen te Fort de Kock (Sumatra).



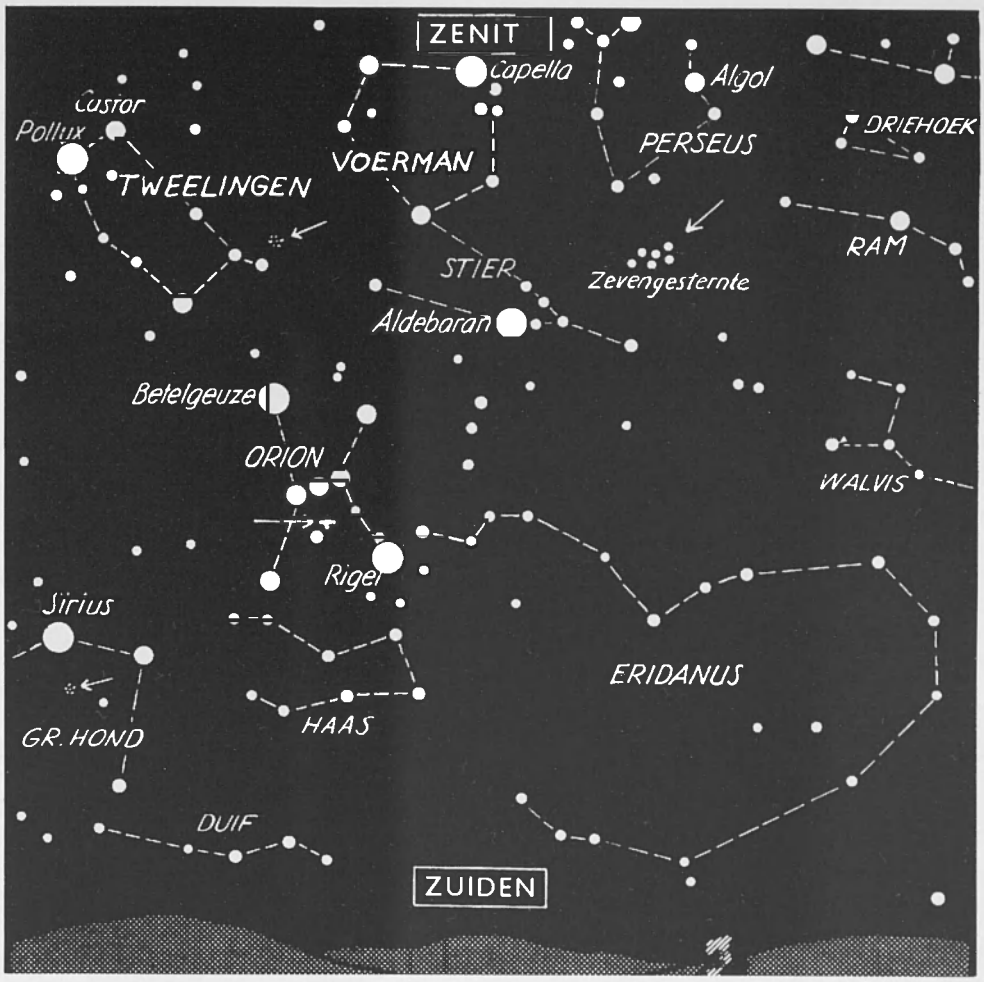
Plaat 2. Een gedeelte van het oppervlak van de maan. De krater Copernicus met zijn omgeving.
Naar een foto van de sterrenwacht te Mount Wilson.

Het mooiste sterrenbeeld dat men ziet als men de blik naar het zuiden richt, is Orion. De helderste ster links boven is Betelgeuze, een reuzenster, waarvan de middellijn 400× groter is dan die van de zon. Onder de gordelsterren, de zgn. Jacobsstaf, ziet men met de verrekijker een helder, klein wolkje: de beroemde Orionnevel. De pijl op de kaart wijst de plaats van deze nevel (M 42) aan (zie ook fig. 37, blz. 23 en fig. 95, blz. 158).
Uitgaande van de beide onderste sterren van Orion vindt men gemakkelijk het sterrenbeeld van de Grote Hond met Sirius, de helderste van alle vaste sterren. Onder Sirius zien we in heldere nachten met de verrekijker sterrenhoop M 41. De afstand Aarde–Sirius bedraagt ± 8 lichtjaren. Onder Orion zien we de Haas, maar dat beeld is niet duidelijk. Hetzelfde geldt voor de Duif en het uitgestrekte beeld Eridanus, dat meer naar het westen daarop aansluit. Gemakkelijk vinden we de Stier met de rode hoofdster Aldebaran. Rechts daarvan het Zevengesternte (Plejaden); in de verrekijker vormt het een mooi beeld (plaat 4, blz. 66). Boven de Stier, bij het zenit, staat de Voerman met de heldere ster Capella. Rechts daarvan zien we Perseus, waarvan de ster Algol op regelmatige tijden van helderheid verandert (zie blz. 96). Nog meer naar het westen staan Driehoek, Ram, Walvis, maar zij hebben geen heldere sterren. In het oosten staat het langgerekte sterrenbeeld van de Tweelingen met de beide hoofdsterren Castor en Pollux. De pijl op de sterrenkaart toont waar in de verrekijker sterrenhoop M 35 te zien is. M 35 bestaat uit 120 sterren, de afstand is 1600 lichtjaar. Sterrenhoop: Plejaden (blz. 157). Dubbelsterren: θ Stier en θ_1, θ_2, δ Orion.

13. Hoe het er op de maan uitziet

Op gemiddeld 384 400 km van de Aarde volbrengt de maan haar loop. Als het mogelijk was een straalvliegtuig voor het vliegen in het heelal te construeren, zouden wij een halve maand onderweg zijn vóór wij bij de maan waren. Sneller gaat het als wij ons door een raket op de maan laten schieten. De raket doet er maar een paar dagen over. Nog sneller dan de snelste raket legt de *lichtstraal* de afstand maan-Aarde af en doet het in iets meer dan *een seconde*.
Gebonden als wij zijn aan de Aarde, kunnen wij mensen alleen maar kijken naar het heelal met zijn verre hemellichamen, waarover de lichtstralen ons inlichten.
Duizenden jaren lang moest de mens er genoegen mee nemen, de merkwaardige banen van de hemellichamen te volgen en het geheim van hun wetten te zoeken. Toen kwamen de uitvindingen van de sterrekijker en de spectroscoop en opeens kwamen de verre objecten dichterbij. Wij weten tegenwoordig veel van de omstandigheden op de verre hemellichamen en als een wijsgeer uit de oudheid uit zijn graf herrees, zou hij ongelovig het hoofd schudden over onze kennis.
Van alle hemellichamen staat de *maan* het *dichtst* bij en daarom konden wij ons van de maan het eerst een beeld vormen. Reeds met de verrekijker kan men afzonderlijke punten zien. Wij zien merkwaardige vormen, die op de Aardse kraters lijken, bovendien talrijke bergen en grote vlakten, die door hun donkerder kleur en hun eentonigheid door de eerste waarnemers voor zeeën werden aangezien en zo de naam 'zeeën' kregen. Die vlakten zijn echter eentonige landvlakten, die af en toe door breuken, spleten en kraterreeksen onderbroken zijn en wel op een schaal die wij op Aarde niet kennen (zie plaat 2, blz. 43). Er zijn vele tienduizenden kraters bekend. Het maanoppervlak bedraagt ongeveer 4× Europa of N.- en Z.-Amerika samen.

Fig. 64. Maankrater



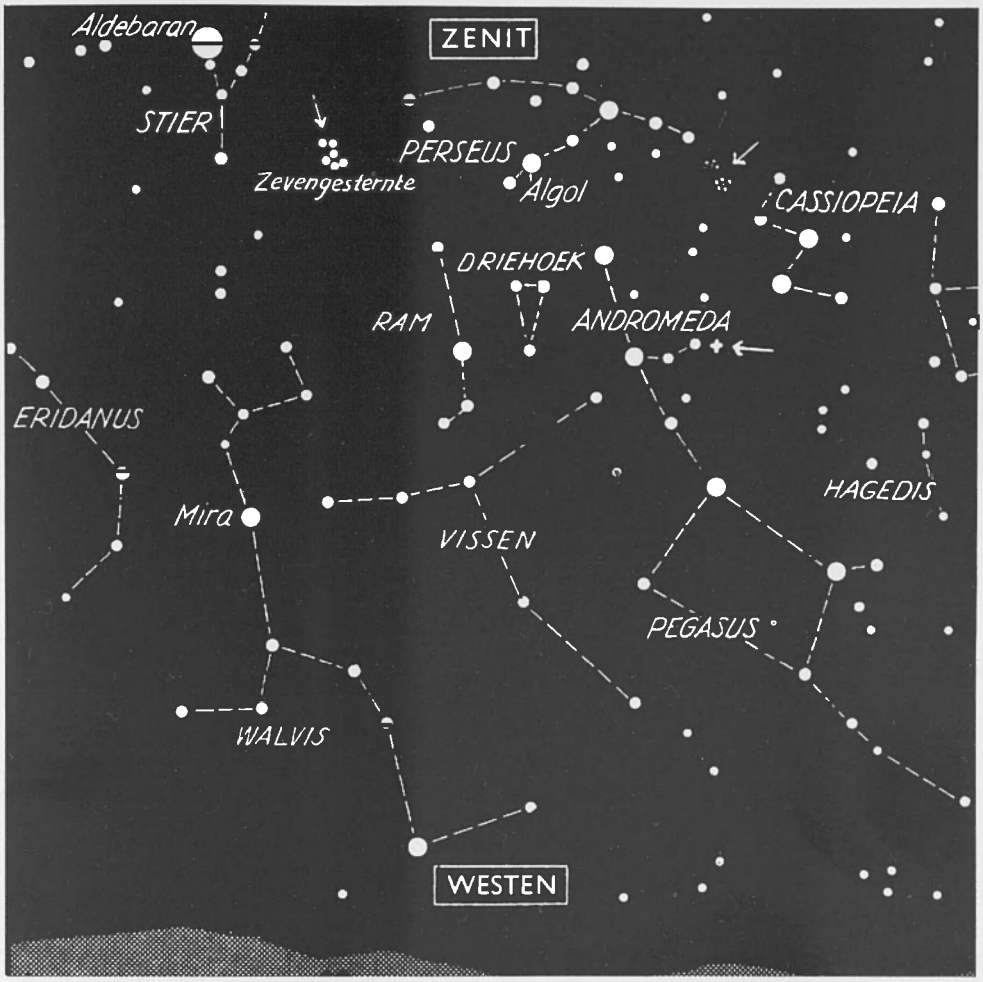
De zuidelijke hemel op:

1 januari	22 uur	15 januari	21 uur
1 februari	20 uur	15 februari	19 uur
1 december	24 uur	15 december	23 uur
1 november	2 uur	15 november	1 uur
1 oktober	4 uur	15 oktober	3 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker

Als men de blik naar het westen richt, vindt men hoog in het zenit het beeld Perseus met Algol (= duivelsster). Hij behoort tot de belangwekkendste sterren aan de hemel want hij verandert regelmatig van helderheid (blz. 96). Uitgaande van Perseus vindt men gemakkelijk de kleine sterrengroep der Plejaden of het Zevengesternte (blz. 156). In de verrekijker geeft die groep een aardig beeld (plaat 4, blz. 66). Het is merkwaardig dat die groep bij bijna alle volkeren 'Zevengesternte' heet, hoewel er maar 6 heldere sterren zijn. De Plejaden staan in de nabijheid van de Stier, de helderste ster van dit beeld is Aldebaran.
In het z.w. staan de weinig in 't oog vallende sterren van Eridanus; ook de sterrengroep van de Walvis is niet opvallend. Mira in de Walvis is een veranderlijke ster, evenals Algol in Perseus, maar de helderheidsverandering moet hier anders verklaard worden (zie blz. 94). Meestal is Mira overigens zo zwak dat men een verrekijker nodig heeft. Precies in het westen staan Ram, Driehoek en Vissen. Gemakkelijk is het langgerekte beeld van Andromeda te vinden, dat aansluit op de vierhoek van Pegasus. In Andromeda staat de beroemde Andromedanevel M 31 (plaat 7, blz. 138). Op de sterrenkaart is de plaats met een kruisje aangegeven. Op heldere, maanloze nachten zullen we daar ter plaatse met de verrekijker een zwak lichtend wolkje zien. Boven Andromeda staat de W van Cassiopeia, een der kenmerkendste beelden van de hemel. Tussen Cassiopeia en Perseus liggen twee sterrenhopen h en χ vlak bij elkaar. Hun ligging is op de kaart aangegeven. Reeds in een verrekijker ziet men die beide hopen goed (blz. 158, plaat 5, blz. 108). In het n.w. ziet men een paar sterren van Cepheus, daaronder ligt de Hagedis, die niet duidelijk te zien is. Met de verrekijker bij γ Andromeda en in de Zwaan boven Deneb resp. de sterrenhopen 752 en M 39, in de Driehoek de spiraalnevel M 33.

Veel kunstenaars hebben reeds getracht de eigenaardige bekoring van een maanlandschap af te beelden en te tonen wat een bezoeker op de maan zou zien. Bij het tekenen van die platen heeft men zich maar al te dikwijls door de indruk in de kijker laten leiden en de onderlinge grootteverhouding niet goed getekend. Daar de maanbergen lange zwarte slagschaduwen werpen, komt men er al spoedig toe de hoogte der bergen te groot te schatten. Wij weten nu dat de maanbergen noch hoger noch steiler zijn dan de bergen op Aarde. De hoogste maanbergen zijn nl. 8500 m, dus ongeveer even hoog als de Mount Everest. Als de sterrenkundigen tegenwoordig met vergrotingen, die men vroeger voor onmogelijk gehouden zou hebben, de maan bekijken is die vergroting toch altijd nog te klein om details op de grond te zien. De tekenaar die een beeld van het maanoppervlak wil ontwerpen, is daarom gedwongen de wallen, berghellingen, dalen, spleten en vlakten, volgens foto's, gemaakt met maanraketten of door astronauten op de maan, te tekenen.
Bekijken we de landschappen (plaat 2, blz. 43) wat nader, dan vallen de verschillen met het Aardse landschap op. Daar de *maan geen dampkring* heeft, worden de zonnestralen *niet* zoals op Aarde door de lucht *verstrooid*. Ondanks schitterend zonlicht blijft de *hemel overdag zwart* en met sterren bezaaid, zoals bij ons 's nachts. In dat felle licht kunnen de maanlandschappen niet de bekoring van de Aardse gebergten bezitten, welke op grote afstand zachte contouren vertonen en tenslotte in de verre nevel verdwijnen. De maan is een heel andere wereld, daar verschijnt alles, voorgrond en achtergrond, even scherp!
De afstand bemerkt men daarom alleen aan de toenemende verkleining van details. Ondanks de buitengewone scherpte door niet verstrooid licht, mogen wij de maanlandschappen niet, zoals dikwijls gebeurt, zó opvatten alsof op de maan alleen zeer fel licht afwisselt met zwarte schaduwen. Want de schaduwen worden door de weerschijn van belichte vlakken zachter gemaakt. Daarbij komt dat de Aarde als een ontzaglijke 'maan' aan de maanhemel staat. Het licht van de Aarde dat op de maan valt en al naar de fasen (fig. 66, blz. 50) meer of minder fel is, draagt er eveneens toe bij de donkerheid te verzachten.



De westelijke hemel op:

1 januari	22 uur	15 januari	21 uur
1 februari	20 uur	15 februari	19 uur
1 december	24 uur	5 december	23 uur
1 november	2 uur	15 november	1 uur
1 oktober	4 uur	15 oktober	3 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

Aan de n.o. hemel staat de Grote Beer, waarvan de tweede staartster Mizar heet. Vlak bij Mizar staat een klein sterretje, het ruitertje (blz. 157). Alleen wie goede ogen heeft, zal het kunnen zien. In de verrekijker ziet men die twee sterren afzonderlijk. Verlengt men de afstand tussen de beide voorste sterren van de Grote Beer 5×, dan komt men aan de Poolster, waaromheen het hemelgewelf schijnbaar draait. De Poolster zelf behoort tot de Kleine Beer. Tussen Grote en Kleine Beer ligt de Draak. Het verlengde van de staart van de Grote Beer wijst naar de heldere ster Arcturus in Boötes. Tamelijk nauwkeurig in het noorden, vlak bij de kim, staan de sterren van de Zwaan; de helderste ster van dit beeld heet Deneb. In de Zwaan zien we met de verrekijker een mooie dubbelster 61 bij Deneb (fig. 5, blz. 11). In de Zwaan sterrenhoop M 39 boven Deneb. Boven de Zwaan staat Cepheus.
Iets hoger en meer naar het westen staat het W- of M-vormige beeld Cassiopeia. Tussen dit sterrenbeeld en het hoger staande beeld Perseus ligt een dubbele sterrenhoop (plaat 5, blz. 108), die in de verrekijker zichtbaar is. Een belangwekkende ster in Perseus is Algol, want deze verandert regelmatig van helderheid (blz. 96). Boven Perseus staat het Zevengesternte, dat uit 6 heldere sterren bestaat (blz. 157). In de verrekijker biedt die kleine sterrengroep een prachtig schouwspel (plaat 5, blz. 108).
Hoog in het zenit schittert Capella, de helderste ster van de Voerman. In het oosten zijn nog Castor en Pollux van het sterrenbeeld de Tweelingen te zien. Meer naar het westen ligt Andromeda. Het kruis op de sterrenkaart wijst de plaats aan van de beroemde Andromedanevel M 31 die op heldere, maanloze nachten in de verrekijker als een zwak lichtende wolk is te zien, afstand 2,2 miljoen lichtjaar (plaat 7, blz. 138). δ en μ zijn veranderlijke sterren in Cepheus, de Melkweg vanuit Zwaan steil omhoog.

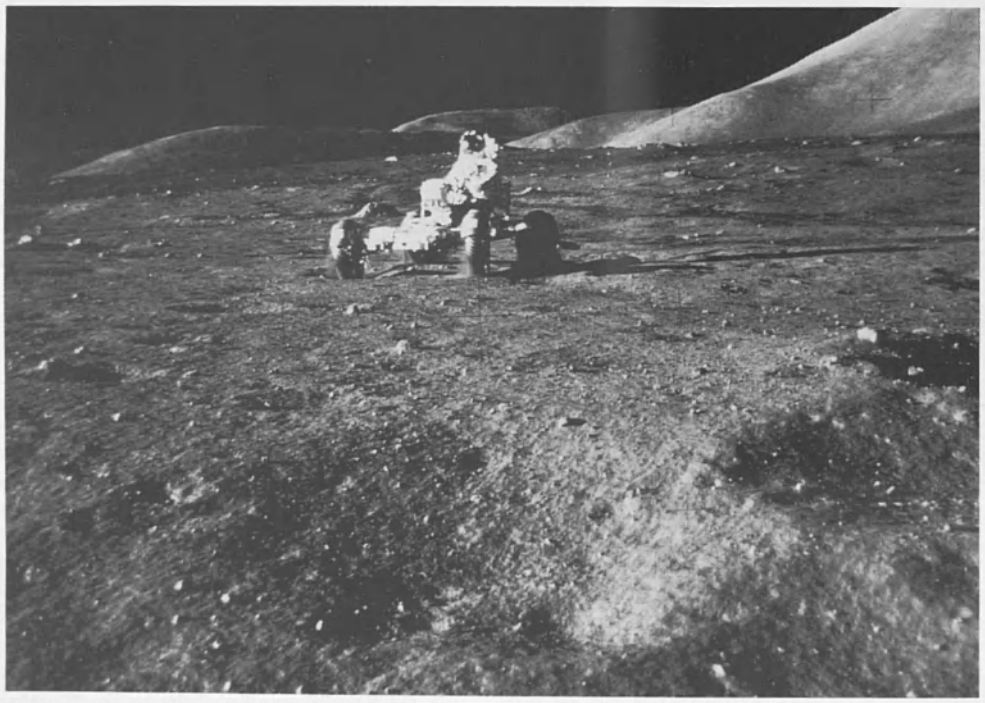
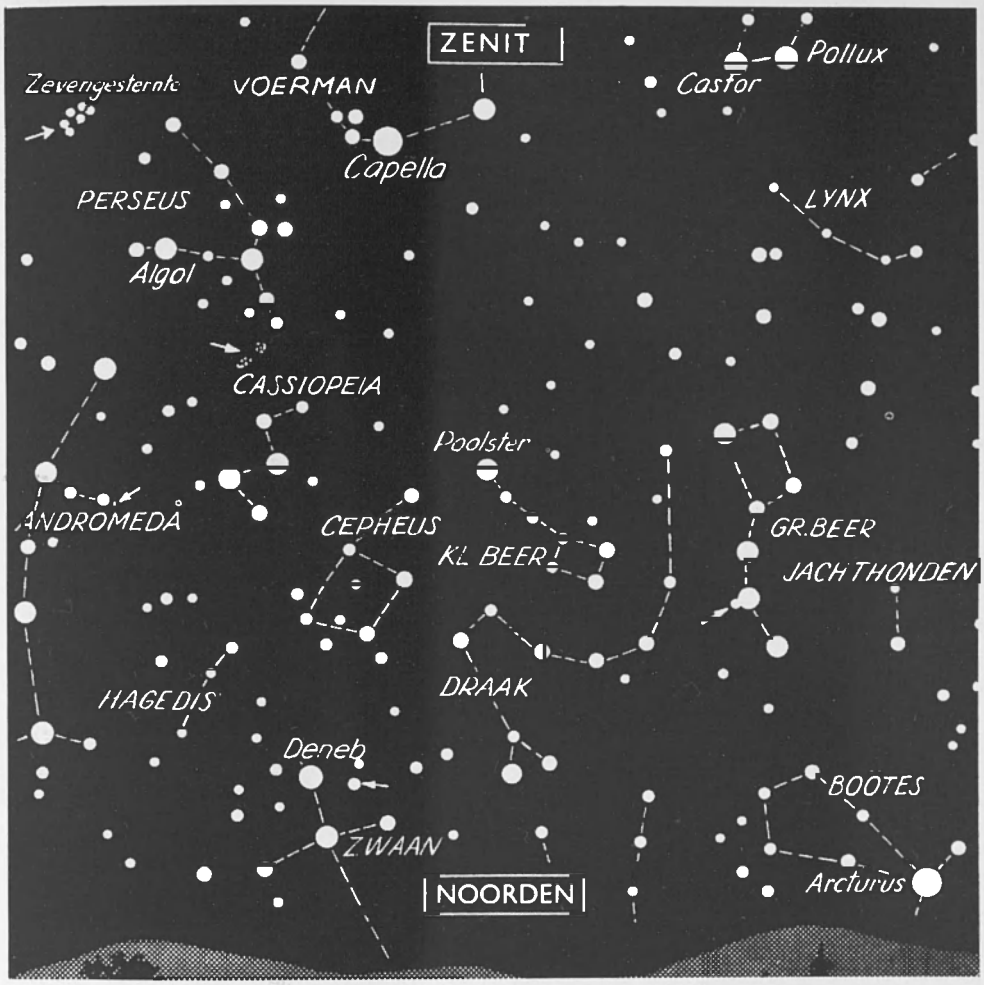


Fig. 65. Ruimtevaarder Eugene Cernan van de Apollo 17 rijdt in een 'jeep' op de maan rond. Foto: NASA.



De noordelijke hemel op:

1 februari	22 uur	15 februari	21 uur
1 maart	20 uur	15 maart	19 uur
1 januari	24 uur	15 januari	23 uur
1 december	2 uur	15 december	1 uur
1 november	4 uur	15 november	3 uur
1 oktober	6 uur	15 oktober	5 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

Vóór ons in het oosten staat het langgerekte beeld van de Leeuw met de heldere ster Regulus, die het hart van de Leeuw vormt. Boven de Leeuw, iets naar het zuiden, ligt de Kreeft, die in de verrekijker een sterrenhoop toont: de Krib. De Krib bestaat uit 577 sterren van de 6e tot de 17e grootte. Hij heet ook M 44 en Praesepe. Afstand 515 lichtjaar.
Vlak bij de Kreeft ligt het kleine en onduidelijke beeld van de Lynx, dat zijn naam dankt aan de omstandigheid dat men lynxogen moet hebben om de zwakke sterren te vinden. Hoog in het zenit staan Castor en Pollux, de beide hoofdsterren van de Tweelingen. Meer naar het zuiden staat de Kleine Hond met de hoofdster Procyon. Tot de horizon toe loopt het langgerekte beeld van de Waterslang waarvan de helderste ster Alphard heet. Alphard betekent 'de alleenstaande', want het is de enige heldere ster in de Waterslang, die verder uit zwakke sterren bestaat. In het n.o. boven de kim zijn nog een paar sterren van de Maagd te zien. Iets hoger ligt het Haar van Berenice, een uitgebreide groep van zwakke sterren die in de verrekijker een mooi beeld geven. Iets hoger staan de Jachthonden en nog hoger het bekendste beeld van de hemel: de Grote Beer. Met de verrekijker zoeken we de bolvormige sterrenhoop M 3 in de Jachthonden; m = 6,4, afstand 40 000 lichtjaar. In de Jachthonden spiraalnevel M 51 (met de verrekijker) op 6 miljoen lichtjaar en M 100 in het Haar van Berenice. M 96 in de Leeuw.

Als de Aarde 'vol' is voor de maan werpt zij zoveel licht op de maan dat *wij* dat kunnen zien. We zien dan enige dagen vóór en na Nieuwe Maan door de verrekijker de hele maanbol flauw verlicht in grijze kleur. Dat heet het *'asgrauwe licht'*.

De maan als doel van onbemande ruimtevaartuigen

Toen bleek dat men met raketten, ruimtesondes en ruimtevaartuigen ver in de ruimte buiten de Aarde kan komen, duurde het niet lang meer tot de maan het doel werd. De eerste onbemande sondes bereikten de maan niet of vlogen voorbij. Toen Lunik 2 op 13 sept. 1959 op de maan viel en Lunik 3 op 6 okt. 1959 de eerste foto's van de achterkant van de maan naar de Aarde seinde, was dat een sensatie. Dat reeds 10 jaar later de eerste mensen op de maan waren en naar de Aarde zouden terugkeren, had men toen niet kunnen dromen. De voorbereidingen voor een bemand ruimtevaartuig dat op de maan kon landen, duurden een paar jaar. In 1964 en 1965 zonden de Amerikanen de onbemande sondes Ranger 7, 8 en 9 naar de maan. Zij moesten vóór ze te pletter vielen duizenden foto's maken. De foto's toonden steeds nieuwe en steeds kleinere kraters, tot ½ meter diameter.
Ook de Russen hielden zich met dit probleem bezig en 3 febr. 1966 lukte met de onbemande Luna 9 een *zachte* landing op de maan aan de rand van de Oceanus Procellarum. De foto's toonden – tegen de verwachting van de meeste sterrenkundigen – een landingsgebied met weinig stof en het bleek dat het gesteente hoofdzakelijk basalt was. In hetzelfde jaar volgde met Luna 13 de volgende zachte landing, waarbij in de eerste plaats metingen van de dichtheid en breukvastheid van de maanbodem uitgevoerd werden. In 1966-'67 werd door de Amerikanen een aantal maankunstmaantjes van het type Lunar Orbiter naar de maan geschoten. Met Lunar Orbiter 5 werd reeds 95% van de achterkant van de

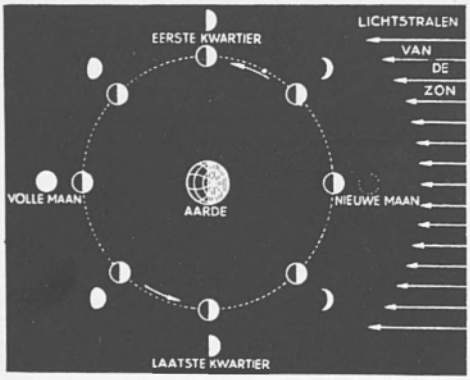
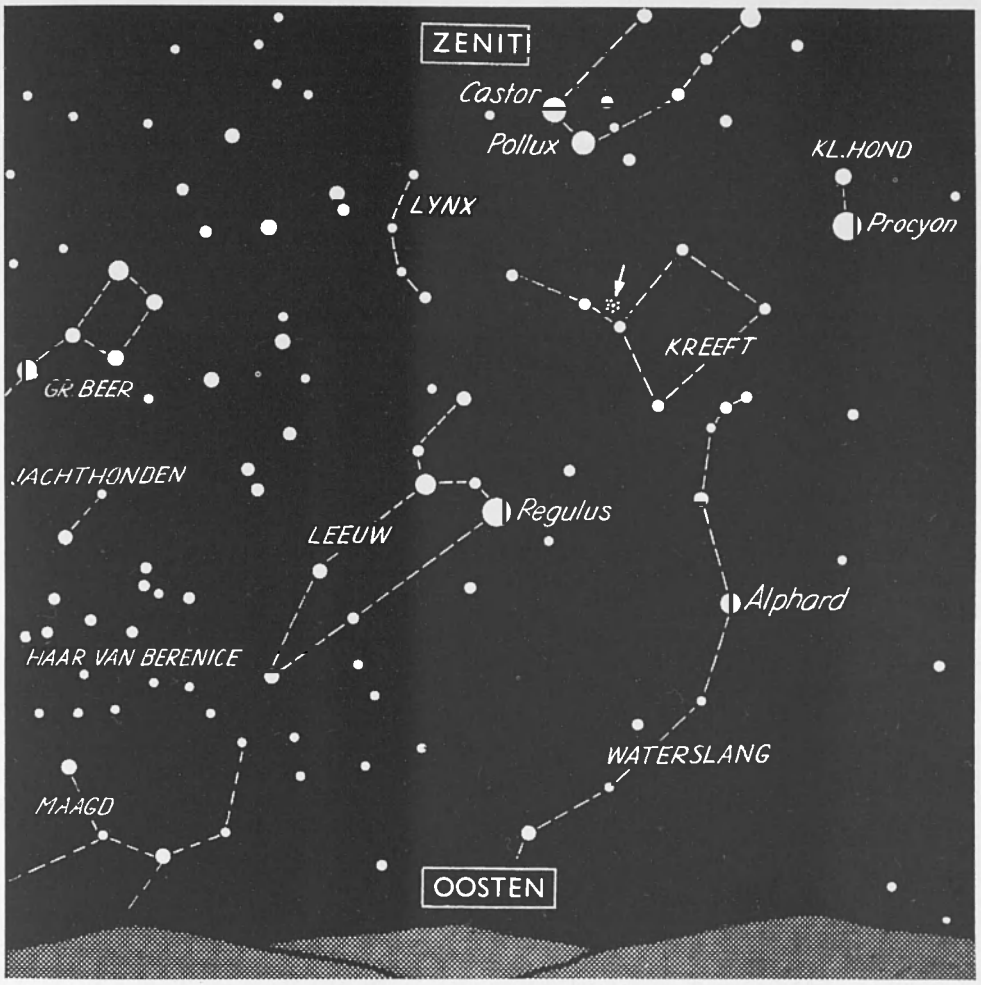


Fig. 66. Het ontstaan van de maanfasen.



De oostelijke hemel op:

1 februari	22 uur	15 februari	21 uur
1 maart	20 uur	15 maart	19 uur
1 januari	24 uur	15 januari	23 uur
1 december	2 uur	15 december	1 uur
1 november	4 uur	15 november	3 uur
1 oktober	6 uur	15 oktober	5 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

Wat de sterrenkaart toont —

Als wij de blik naar het zuiden wenden, is de schitterendste ster Sirius in de Grote Hond. Sirius is de helderste ster van de hemel. 5° onder Sirius bevindt zich bij de pijl de sterrenhoop M 41. Gemakkelijk is ook het z.w. staande beeld Orion te vinden, waarin op de plaats van het kruis de beroemde Orionnevel M 42 (blz. 158) is te vinden als een lichtend wolkje. Onder Orion staat de Haas, nog lager de Duif, beide sterrenbeelden die uit weinig heldere sterren bestaan. Boven Orion vindt men gemakkelijk de heldere ster Aldebaran in de Stier. De nek van de Stier wordt gevormd door het Zevengesternte, dat in de verrekijker een aardig beeld vormt (plaat 4, blz. 66). Boven het Zevengesternte zien we nog een paar sterren van Perseus.
Hoog in het zenit schittert Capella, de helderste ster van de Voerman, een vijfhoekig sterrenbeeld dat gemakkelijk is te vinden. Even gemakkelijk kan men de Tweelingen vinden, de helderste sterren heten Castor en Pollux. Op de plaats die met een pijl is aangegeven op de sterrenkaart, ziet men met de verrekijker sterrenhoop M 35. Nog wat lager staat de Kleine Hond met de heldere hoofdster Procyon. Meer naar het oosten vindt men de sterrengroep Kreeft, waar men met de verrekijker de sterrenhoop M 44 (Krib of Praesepe) in kan vinden. Hoog boven ons, bij het zenit, staat de zwakke Lynx. Laag aan de kim, meer naar het oosten, staat Schip Argo (Steven), dat alleen in heldere nachten zichtbaar is. Dicht bij Aldebaran staat de dubbelster θ, m = 3,6 en 3,9, afstand 337''. In het Schip 2 open sterrenhopen, met de verrekijker te zien: 2422 op 2300 lichtjaar en M 46 op 3700 lichtjaar.

---

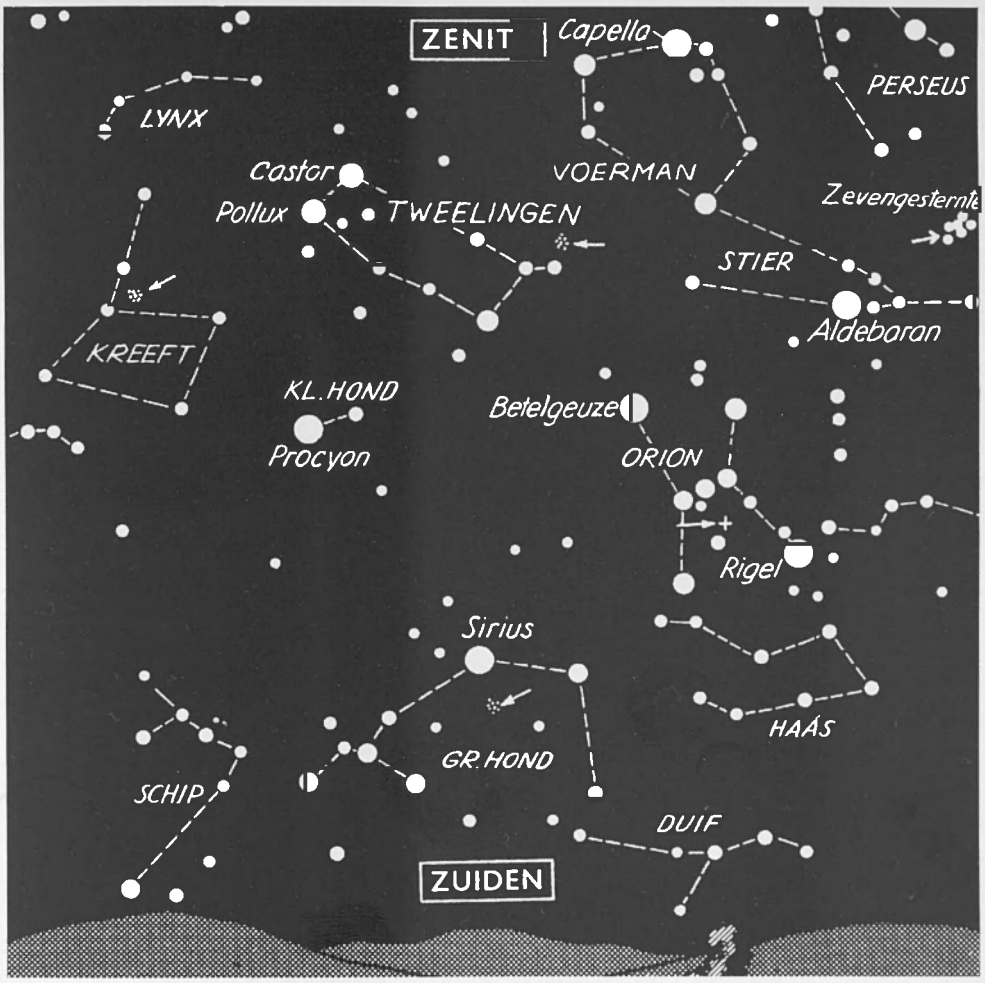
maan gefotografeerd. Er werden detailopnamen gemaakt en het aantal kraters met een middellijn van een paar centimeter groeide geweldig.
In mei 1966 begonnen de Amerikaanse zachte maanlandingen met de Surveyor-sondes. Vijf ervan landden op verschillende plaatsen op de maan en zonden 85 000 foto's naar de Aarde. Twee voerden chemische analyses van de maanbodem uit, waarbij een samenstelling bleek, kenmerkend voor basalt.

De eerste mensen op de maan

Intussen hadden de Amerikanen ook het Apolloprogramma technisch goed voorbereid. In de nabijheid van de maan zou van een moederschip een landingsschip losgekoppeld worden, dat met 2 mensen zacht op de maan zou landen, weer opstijgen en de beide maanbezoekers naar het moederschip terugbrengen, dat dan weer naar de Aarde zou terugkeren. Zo begon dan met de landing van de Apollo 11 op 21 juli 1969 de verovering van de maan door de astronauten Neil A. Armstrong en Edwin Aldrin (zie fig. 65, blz. 48). De landing van het maanvaartuig 'Eagle' vond op slechts 6 km van het doel plaats. De beide astronauten waren 2½ uur in een ruimtepak op de maanbodem. Zij stelden meetinstrumenten op, fotografeerden en verzamelden 20 kg gesteentemonsters, die zij naar de Aarde mee terugbrachten. De basaltachtige structuur van het maangesteente werd bevestigd: een deel van het maanstof en het niet-vulkanisch gesteente bevatten gassen, die waarschijnlijk als sporen van de zonnewind beschouwd kunnen worden. Een deel van het maanstof bestaat uit glinsterende glasbolletjes.
Er is nooit water op de maan geweest (behalve misschien bij de polen). En de ouderdom van de maan wordt op 4.6 miljard jaar geschat. Deze uitkomsten weerspreken de onderstelling dat de maan uit de Aarde is ontstaan. Blijkbaar is de maan tegelijk met de Aarde ontstaan of was een zelfstandig hemellichaam, dat de Aarde 'gevangen' heeft (ook het omgekeerde komt voor: men veronderstelt soms dat Pluto een maan van Neptunus was). In het maangesteente vond men een nieuw mineraal.

Nog meer astronauten landen op de maan. Nieuwe uitkomsten

Nog in hetzelfde jaar, op 19 nov. 1969, landden met het landingsvaartuig Intrepid van ruimtevaartuig Apollo 12 weer 2 astronauten in de Oceanus Procellarum, slechts 184 meter ten noordwesten van de plaats waar op 20 april 1967 de onbemande maansonde Sur-



De zuidelijke hemel op:

1 februari	22 uur	15 februari	21 uur
1 maart	20 uur	15 maart	19 uur
1 januari	24 uur	15 januari	23 uur
1 december	2 uur	15 december	1 uur
1 november	4 uur	15 november	3 uur
1 oktober	6 uur	15 oktober	5 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

Wat de sterrenkaart toont →

Als wij de blik naar het westen richten, valt ons het eerst het hoog in het zenit staande beeld van de Voerman op. De helderste ster van dit beeld heet Capella. Van de Voerman uit vindt men gemakkelijk de Stier met de hoofdster Aldebaran. Meer naar het zuiden staat Orion met de beide hoofdsterren Betelgeuze en Rigel. Op de plaats van het kruis zien we op heldere, maanloze nachten in de verrekijker de beroemde Orionnevel M 42 als lichtende wolk (zie blz. 158). Boven Orion zien we nog een paar sterren van de Tweelingen, waarin we met de verrekijker de mooie sterrenhoop M 35 zien. Precies in het westen, ongeveer op halve hoogte, ligt de sterrengroep van het Zevengesternte. In de verrekijker is die sterrengroep prachtig te zien (plaat 4, blz. 66). Tussen de Voerman en het meer naar het n. liggende W-vormige beeld Cassiopeia ligt Perseus, waarvan de ster Algol belangwekkend is: Algol verandert regelmatig van helderheid (blz. 96). Tussen Perseus en Cassiopeia liggen de dubbele sterrenhopen h en χ, die in de verrekijker zichtbaar zijn (plaat 5, blz. 108). Onder Cassiopeia zijn de sterren van Andromeda zichtbaar. Het kruis op de sterrenkaart wijst op de plaats van de beroemde Andromedanevel M 31, die in de verrekijker als een zwak wolkje te zien is (plaat 7, blz. 138). Laag boven de kim staan de sterren van Ram en Vissen, twee beelden die geen heldere sterren bezitten. Vóór ons, in het westen, zien we de Walvis, waarvan de ster Mira tot de veranderlijke sterren behoort (blz. 94). Van het westen naar het zuiden strekt zich Eridanus uit, een sterrenbeeld dat naar de rivier van de onderwereld is genoemd. Midden in de vijfhoek Voerman liggen 3 mooie open sterrenhopen: M 38, M 36, M 37, met goede verrekijker te zien. Andere objecten voor de verrekijker zijn de spiraalnevel M 33 (Driehoek) en de open sterrenhoop M 752 (Andromeda).

---

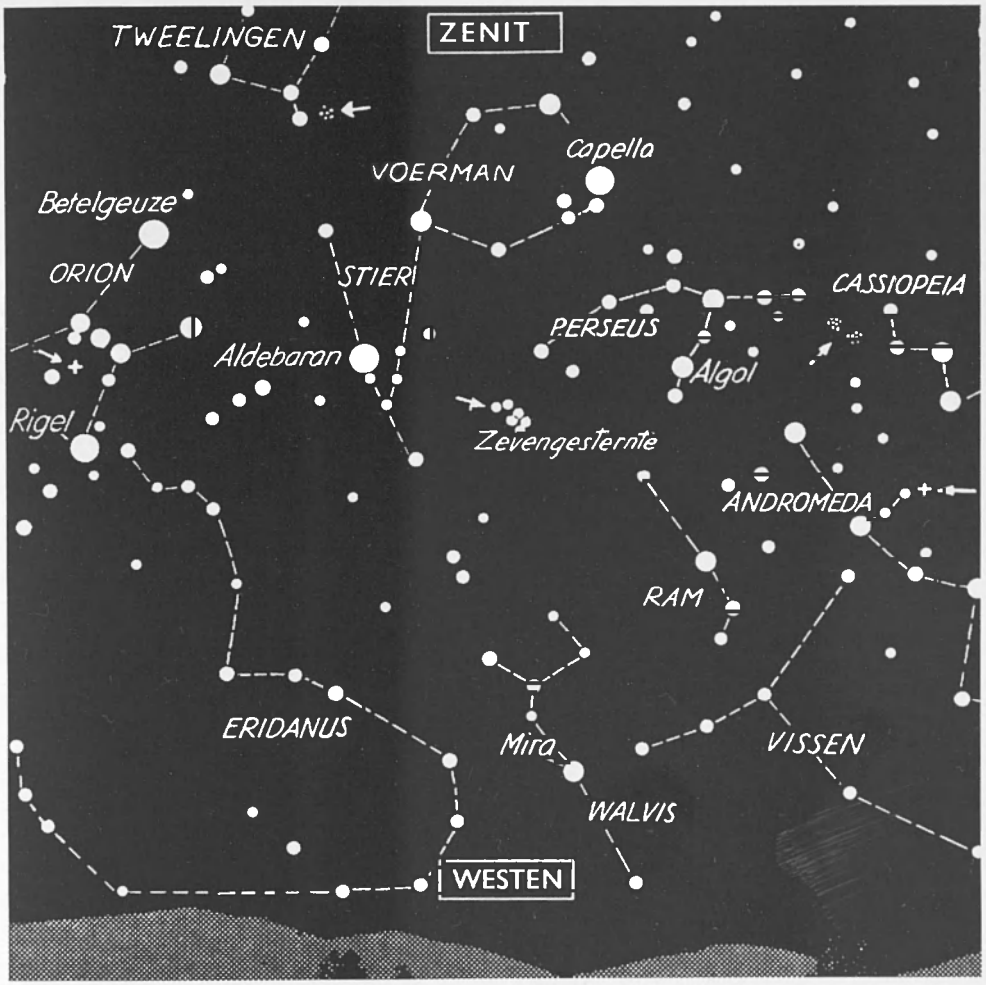
veyor 3 was neergekomen. Het voornaamste werk van de astronauten was het opstellen van een vast instrumentenpakket en een laserreflector. Ook bij volgende maanlandingen werd dit vaste instrumentenpakket steeds meegebracht. Het bestaat uit een seismometer (aardbevingsmeter), een magnetometer, een toestel dat de zonnewind aantoont en een detector voor de ionosfeer. De toestellen worden door een thermo-elektrische generator aangedreven en kunnen de metingen een jaar lang naar de Aarde seinen. De seismometer is zo gevoelig dat hij de voetstappen van de astronauten duidelijk registreerde. De astronauten joegen zoveel stof op dat zich stof om de meetinstrumenten en de landingskleding afzette. Grondmonsters konden tot 40 cm diepte verzameld worden en reeds bij het eerste bezoek van 3 uur 48 min. kon 30 kg gesteente verzameld worden. Het tweede bezoek duurde ook bijna 4 uren en daarbij liep men naar Surveyor 3. De kleur van de sonde was van wit in bruin veranderd, omdat het toestel met bruin stof bedekt was, waarschijnlijk opgewaaid tijdens de landing van de Apollo.

De astronauten konden onderdelen van Surveyor 3 demonteren en meenemen zoals enige kabels, elektrische leidingen, de televisiecamera en het graafwerktuig. Onder de gesteenten bevond zich weer een nieuw mineraal, dat titaanoxyde, magnesiumoxyde en ijzeroxyde bevatte.

Zeer merkwaardig was dat een microörganisme, dat onbemerkt met Surveyor 3 op de maan kwam en nu weer op Aarde terugkeerde, 950 dagen op de maan zonder schade overleefd had. De belangrijkste uitkomsten van Apollo 11 en 12, die maanmateriaal meebrachten, zijn:

1. Er is geen aanwijzing dat er vroeger of tegenwoordig levende organismen op de maan geweest zijn of zijn.
2. Het maangesteente is ouder dan de bekende Aardse gesteenten.
3. Op de maan komen dezelfde chemische elementen als op Aarde voor.
4. Er komen op de maan mineralen voor die wij op Aarde niet kennen.

De maanoppervlakte bestaat hoofdzakelijk uit een basaltachtig gesteente dat zeer veel op Aards basalt gelijkt. Men onderscheidt 2 soorten van dit gesteente: het ene is het 'mare-basalt', dat in het landingsgebied van Apollo 11, 12 en Luna 16 gevonden werd, en donker en rijk aan ijzer is. Het andere is een gesteente



De westelijke hemel op:

1 februari	22 uur	15 februari	21 uur
1 maart	20 uur	15 maart	19 uur
1 januari	24 uur	15 januari	23 uur
1 december	2 uur	15 december	1 uur
1 november	4 uur	15 november	3 uur
1 oktober	6 uur	15 oktober	5 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

Wat de sterrenkaart toont →

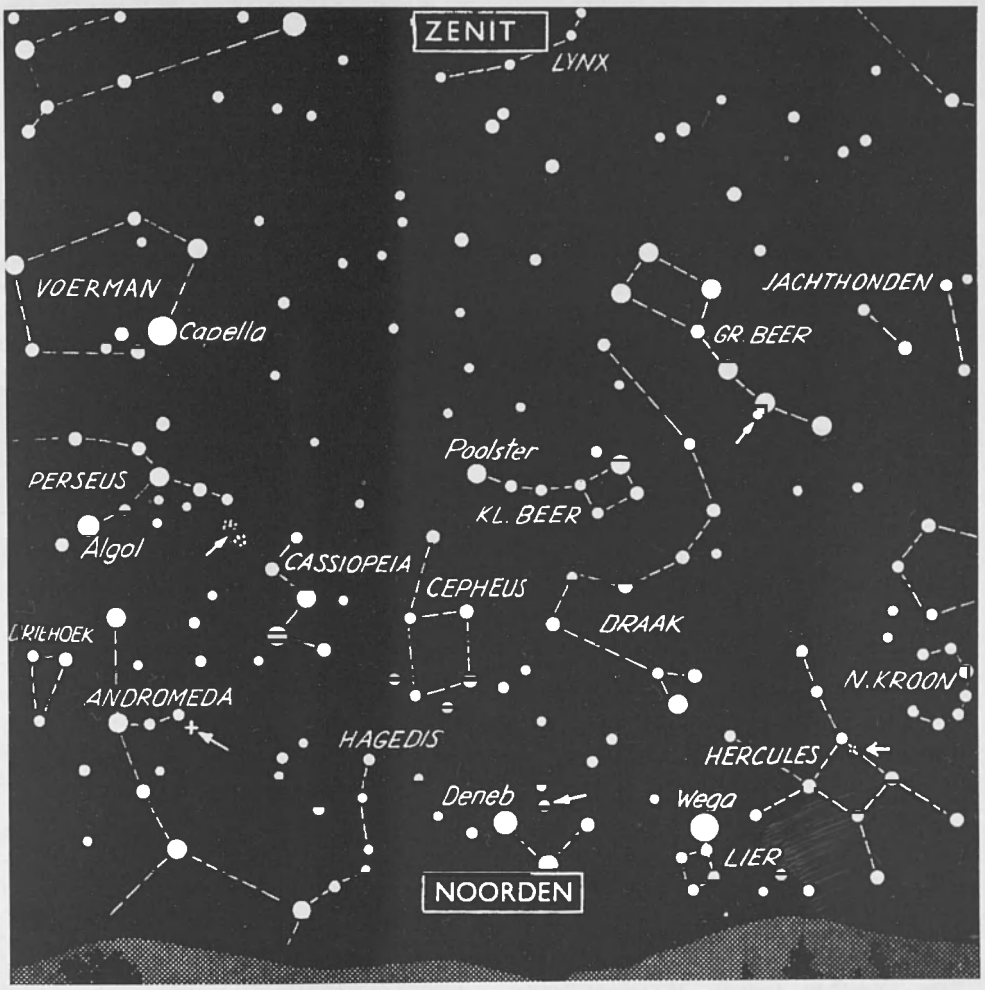
Als men de blik naar het noorden wendt, ziet men bij de kim de heldere ster Deneb, de helderste ster van de Zwaan, waarin men met de verrekijker op de plaats van de pijl de dubbelster 61 ziet (fig. 5, blz. 11). Ten oosten van de Zwaan staat de Lier met de heldere ster Wega. Bij Wega de met het blote oog te scheiden dubbelster ε; afstand componenten 208''. Daaraan grenzend vindt men Hercules. Met de verrekijker ziet men hierin de mooie sterrenhoop M 13. Boven Hercules staat de Noorderkroon, die door haar vorm gemakkelijk is te herkennen. De helderste ster heet Gemma.
Tussen Zwaan en Poolster (in de Kleine Beer) ligt Cepheus. De Poolster vindt men gemakkelijk van de Grote Beer uit als men de afstand tussen de beide voorste sterren 5× verlengt. Tussen de Grote Beer en de Kleine Beer ligt het langgerekte beeld van de Draak. Ten westen van Cepheus staat het gemakkelijk te vinden beeld Cassiopeia. Het is aan de W- of M-vorm te herkennen. Tussen Cassiopeia en Perseus met de veranderlijke ster Algol staat de dubbele sterrenhoop h en χ (blz. 158), die in de verrekijker goed is te zien (plaat 5, blz. 108). Boven Perseus staat de Voerman met Capella.
Hoog in het zenit staan nog een paar sterren van de Tweelingen. Langs de kim meer in het n.w. staat Andromeda. Het kruis op de kaart wijst op de Andromedanevel (blz. 158, plaat 7, blz. 138) M 31, die in maanloze nachten reeds met de verrekijker als zwak lichtend wolkje te zien is. Weinig opvallende sterren staan in Driehoek, Hagedis, Jachthonden en Lynx.
In de Driehoek staat de spiraalnevel M 33, afstand 1 800 000 lichtjaar, helderheid + 6.7; in Hercules de bolvormige sterrenhoop M 92, met de verrekijker te zien. Melkweg schuin naar n.w.

---

dat rijk aan aluminium is en door zijn lichtere kleur opvalt. Het werd in de gesteentemonsters van Apollo 11, 12 en 14 gevonden en heet 'Anorthosiet'.
Zeer verrassend waren verder de door de Orbiter-satellieten ontdekte gebieden met positieve afwijkingen van de zwaartekracht, die daaruit bleken dat elke keer dat Lunar Orbiter 5 het gebied van de Mare Imbrium, Serenitatis, Crisium, Nectaris en Humorum overvloog, de sonde versneld werd. Dit kan alleen verklaard worden als men op die plaatsen onder het maanoppervlak massa's met grotere dichtheid aanneemt. Daardoor krijgt de veronderstelling dat de maren door het neerploffen van vreemde hemellichamen ontstaan zijn, vastere voet.
Vijf maanden later kon de bemanning van Apollo 13 vanwege een ontploffing niet op de maan landen, maar wel veilig naar de Aarde terugkeren. Hierdoor trad een tijdelijke pauze in de vluchten naar de maan op, daar men door wijzigingen en verbeteringen dergelijke storingen wilde voorkomen.

Apollo 14 en 15

De beide volgende bemande maanlandingen met Apollo 14 en 15 werden in 1971 uitgevoerd. Als landingsplaats voor Apollo 14 werd de Fra-Mauroformatie in Mare Imbrium gekozen, omdat men daar stoffen uit diepere lagen verwachtte te vinden, die door het neerkomen van een grote meteoor miljarden jaren geleden eruit geslingerd werden. Het landingsvaartuig 'Antares' van Apollo 14 landde 5 febr. 1971 zacht op 27 meter van de gedachte landingsplaats. Bij de eerste wandeling van de astronauten werd weer een instrumentenpakket opgesteld, dat uitstekend werkte en meer dan een jaar wetenschappelijke gegevens naar de Aarde seinde. Het eerste bezoek duurde 4 uur, het tweede 2½ uur. De astronauten legden 3.4 km af en zamelden bijna 45 kg gesteente, stof en in de nabijheid van een krater geboorde grondmonsters in. Het lopen op het stijgende terrein bleek zeer inspannend te zijn.
De door Apollo 12 en 14 op de maan achtergelaten instrumenten wierpen opnieuw de vraag op of er ergens water (of ijs) in de maan aanwezig is.
De meetinstrumenten registreerden 7 maart 1971 sporadische uitbarstingen van waterdamp-ionen, die een paar uur duurden. Men



De noordelijke hemel op:

1 april	21 uur		
1 maart	22 uur	15 maart	21 uur
1 februari	24 uur	15 februari	23 uur
1 januari	2 uur	15 januari	1 uur
1 december	4 uur	15 december	3 uur
1 november	6 uur	15 november	5 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker

neemt nu aan dat onder de plaatsen van uitbarsting water zit, dat als het omhoog geperst wordt, in het vacuüm van de maanoppervlakte dadelijk verdampt en ioniseert. Misschien kunnen zulke 'geisers', als de metingen juist zijn, later nog eens drinkwater voor toekomstige maanlandingen leveren. Echter kon de plaats van de uitbarsting niet nauwkeurig bepaald worden, daar de wolk zich over een betrekkelijk groot gebied aan de oostrand van de Oceanus Procellarum uitstrekte. Merkwaardig is, dat de uitbarsting met een paar zwakke maanbevingen gepaard ging, die door de maan-seismometers naar de Aarde geseind werden.

Het wetenschappelijk onderzoek van de maan

Het eigenlijke wetenschappelijk onderzoek van de maan begint met Apollo 15, welks landingsvaartuig Falcon op 30 juli 1971 op 100 meter van het doel bij de kloof van Hadley, bij de Apennijnen, 745 km ten noorden van de maanequator, zacht landde onder het verwekken van grote stofwolken.
De kloof van Hadley lijkt op een Aards rivierdal, is tot 800 m breed, 140-300 m diep en bijna 130 km lang. Voor de eerste keer was een speciaal voor dit doel geconstrueerde auto meegenomen (fig. 65, blz. 48) en kon men autotochten in de nabijheid van de landingsplaats ondernemen. De astronauten ondernamen 3 uitstapjes van in totaal 18 uur en brachten 78 kg maangesteente mee.
Enkele voorlopige uitkomsten:

1. De astronauten konden boringen in de maanbodem tot 1.23 m diepte uitvoeren. De boorkern toonde 24 verschillende lagen.
2. De veronderstelling dat op de maan gebieden met hoge radioactiviteit zouden voorkomen, werd niet bevestigd.
3. De maangebergten hebben waarschijnlijk een hoger gehalte aan silicium en aluminium dan de 'zeeën'.
4. Met het deel van het ruimteschip dat om de maan cirkelt, ontdekte men met de laserhoogtemeter op de achterkant van de maan in het gebied van de krater Gagarin een meer dan 6 km diepe verzinking.

De seismometer op de maan gaf belangwekkende uitkomsten. Na het neerstorten op de maan van de 3de trap van Saturnus IV B van Apollo 15 werd een nabeving met een tijdsduur van 4 uur geregistreerd. Uit de metingen concluderen de seismologen een binnendringen van trillingen tot 100 km diepte. De maankorst schijnt daarom zeer heterogeen en tot die diepte uit reusachtige rotsblokken te bestaan.
De voortplanting van seismische trillingen ge-

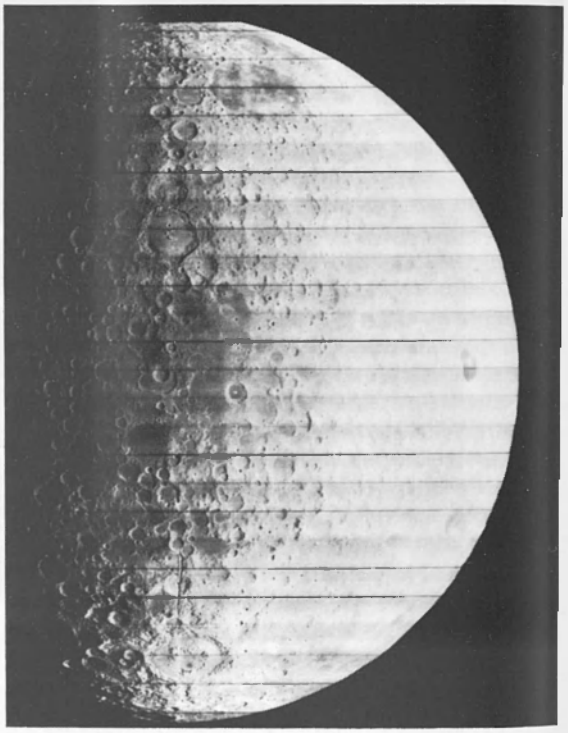


Fig. 67. Achterzijde van de maan. Panorama-opname door Lunar Orbiter 4 op 3000 km hoogte op 11 mei 1967. Let vooral op de ongeveer 240 km lange en 8 km brede trog in de buurt van de zuidpool van de maan, die door meerdere kraters heenloopt (het zuiden is onderaan de afbeelding). Opname: USIS.

schiedt heel anders dan op Aarde. De seismische activiteit van de maan is 100-1000 maal kleiner dan op de Aarde. De tot dusver geregistreerde maanbevingen wijzen op gasvulkanisme, waarbij zich onder de oppervlakte gaskamers bevinden die zich bij spanningsveranderingen ontladen.
Er volgden nog Apollo 16, met een maanlanding op 20 april 1972 bij de krater Descartes, en Apollo 17, met een maanlanding op 11 dec. 1972 in het gebied Taurus Littrow. Hoewel het Amerikaanse maanlandingsprogramma voorlopig beëindigd is, zal het uitwerken van de talrijke gegevens nog jaren duren. Voor degenen die maanlandingen op de televisie zagen, zullen deze indrukken onvergetelijk blijven.

Robot op de maan

Op 20 sept. 1970 deden de Russen de onbemande sonde Luna 16 in de Mare Foecunditatis landen; zij voerde een boring tot 35 cm diepte uit en bracht 100 gram grondmonsters naar de Aarde mee. In febr. 1972 werd de proef met Luna 20 herhaald en in augustus 1976 nogmaals met de Luna 24. In nov. 1970 werd met Luna 17 een zelfrijdend automatisch station, Lunochod 1, in de Mare Imbrium zacht neergezet; hij werkte 10½ maand en legde 10,5 km af. Begin 1973 werd met Luna 21 het voertuig voor grondonderzoek Lunochod 2 in het z.o. van de Bocht van Le Monnier neergezet; het voertuig legde 37 km af en seinde 80 000 televisiebeelden, 86 panoramafoto's en talrijke andere gegevens naar de Aarde. Sinds 1976 zijn er geen raketten meer naar de maan geschoten.

Hoe ziet de achterkant van de maan eruit?

Geen van de talrijke speculaties over de aard van de achterkant van de maan bleek juist te zijn. De achterkant gelijkt op de voorkant, maar toont veel minder 'zeeën' en is veel bergachtiger. Reeds 500 gebieden aan de achterkant van de maan hebben ondertussen een naam gekregen.

14. De zon, 'onze ster'

De zon, die aan de Aarde licht en warmte zendt, is niets anders dan een ster onder miljoenen andere sterren in het oneindige heelal. Zij is niet eens een grote ster, hoewel zij voor ons, vergeleken met de Aarde, reusachtig groot lijkt. De zon heeft een *middellijn* die 109× zo groot is als de middellijn van de Aarde en een massa van 332 270× van die van de Aarde. Denkt men zich de zon als een holle bol, dan zijn 1,3 miljoen Aardbollen nodig om de bol van de zon te vullen. De middellijn van de zon is zo groot, dat de gehele maanbaan er makkelijk in past (fig. 68). De Aarde staat 150 miljoen km van het middelpunt van de zon. Een vergelijking kan dit aanschouwelijk maken:
Denken we ons de Aarde als een bol van 2 m

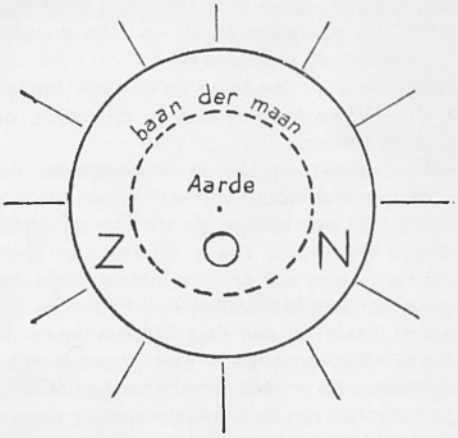


Fig. 68. De zon is zo groot dat de maan binnen de zon op de juiste afstand om de aarde zou kunnen draaien.

middellijn, dan stond de zon als een bol van 220 m middellijn op 11 km afstand. De afstand zon-Aarde is de zgn. *astronomische eenheid* en is de basis voor de meting van de afstand binnenin het zonnestelsel (blz. 150). Welke kracht dwingt nu de Aarde onophoudelijk om de zon te draaien?

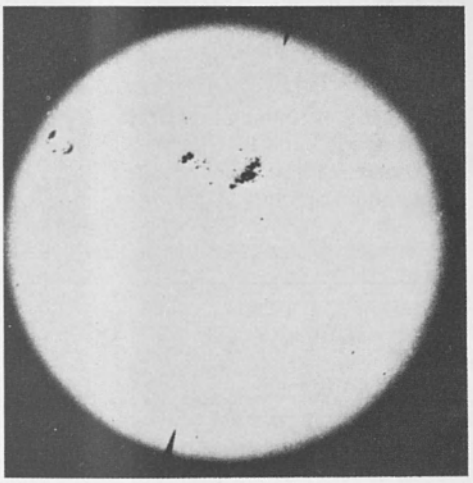
Gelijk een magneet een stuk ijzer, trekt de massa van de zon de Aarde aan. Waarom valt de Aarde dan niet op de zon? Omdat de middelpuntvliedende kracht de aantrekkingskracht tegenwerkt. Aantrekkingskracht en middelpuntvliedende kracht dwingen de Aarde om de zon te draaien.

De zon straalt dag in dag uit een ontzaglijke hoeveelheid *warmte* in het heelal. Slechts een klein deel bereikt de Aarde, maar dit kleine beetje is voldoende om alle leven op Aarde mogelijk te maken.

Als wij de zon eens nader willen bezien, mogen wij **NOOIT** met de verrekijker of de sterrekijker onbeschermd in de zon kijken. Men wordt dan terstond voorgoed blind! Men vangt het zonnebeeldje op een scherm achter het oculair op. Bij het beschouwen van zo'n zonnebeeldje valt het volgende op:

1. De helderheid van de zonneschijf neemt naar de rand toe af.
2. Op de zonneschijf zien we vaak donkere vlekken: de zonnevlekken.
3. Behalve die vlekken zien we vaak vormen die helderder zijn dan de omgeving, de zgn. fakkels.

Uit de beweging van de zonnevlekken, die vaak een levensduur van vele weken hebben, heeft men een rotatie van de zon van 25-33 dagen gevonden. D.w.z. bij het niet vaste zonnelichaam zijn de omwentelingstijden op de verschillende breedten verschillend en niet gelijk, zoals bij een vast lichaam, zoals de Aarde. Een opvallende eigenschap van de vlekken is de in 1843 door Schwabe ontdekte periodiciteit van de zonnevlekken. De gemiddelde waarde van de periode is 11,1 jaar, de afzonderlijke perioden variëren echter aanzienlijk rond deze gemiddelde waarde. Die periode varieert tussen 8 en 13 jaar. Het laatste minimum van de zonnevlekken deed zich voor in 1975, het laatste maximum in 1979. Minima: 1933, 1944, 1954, 1964, 1975, 1986. Maxima: 1947, 1957, 1968, 1979, 1989. De maxima van 1957 en 1989 waren de grootste tot dusverre gemeten maxima. Eén van de grootste tot dusver waargenomen zonnevlekken had een middellijn van 230 000 km, dat is 1/6 van de zonsmiddellijn of ongeveer 18× de middellijn van de Aarde. De donkere kern van de vlek heet *umbra*, de bijna bij alle grote vlekken minder donkere omgeving van de kern heet *penumbra*. Hoewel het verband tussen het magneetveld van de zon en het noor-



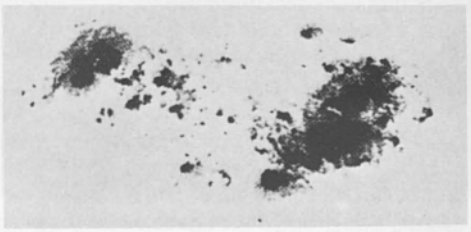
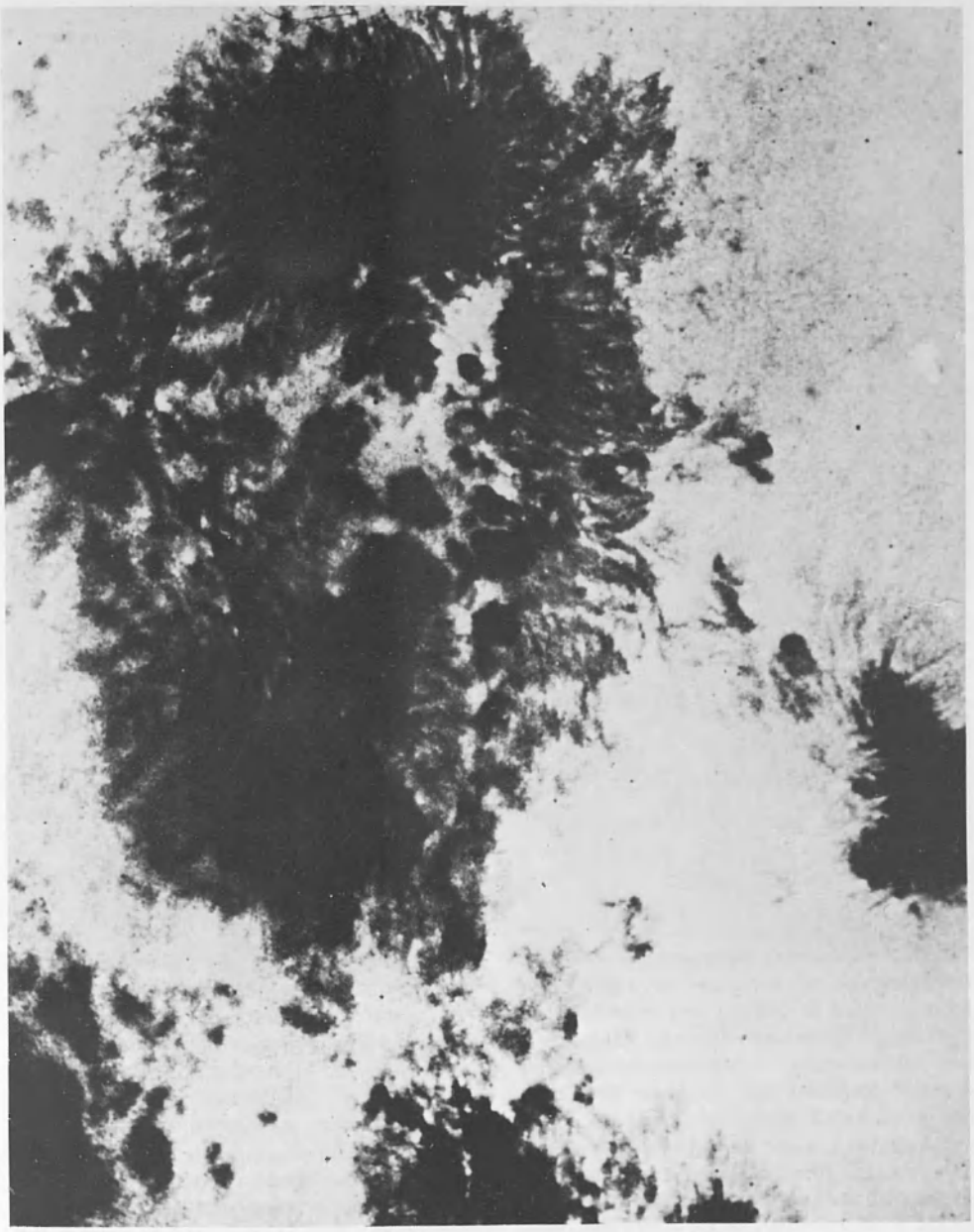


Fig. 69. Fotografische opname van de zon op 7 april 1947 met de grootste groep zonnevlekken, die tot nu toe werd gefotografeerd.
Onder ziet u deze groep zonnevlekken vergroot.
Opname: Mt. Wilson Sterrenwacht.



Plaat 3. Zonnevlekken

Als men de blik naar het oosten richt, is de Leeuw met Regulus, de koningsster, het indrukwekkendste sterrenbeeld. Boven de Leeuw, hoog in het zenit, ziet men nog een paar sterren van de Kreeft. Bij de kim, tamelijk precies in het o. staat de heldere ster Spica, de hoofdster van het uitgebreide beeld van de Maagd. Meer naar het z. sluit de Raaf hierop aan, iets hoger staat de Beker. In het z.o. loopt van het zenit tot de kim het uitgestrekte beeld van de Waterslang, dat echter weinig opvallende sterren bevat.
Op halve hoogte, tussen Maagd en Leeuw, ligt het Haar van Berenice. In de verrekijker bieden de vele zwakke sterren die onder die naam worden samengevat, een mooi beeld. Tussen het Haar van Berenice en de hoger staande Grote Beer liggen de Jachthonden. De Grote Beer is het bekendste sterrenbeeld van de hemel. Boven de tweede staartster, die de naam Mizar draagt, staat een klein sterretje, Alkor of ruitertje genaamd. Alleen wie goede ogen heeft, kan het ruitertje boven Mizar zien. In de verrekijker ziet men duidelijk dat het twee sterren zijn (blz. 157). In het verlengde van de staart van de Grote Beer ligt Arcturus in het sterrenbeeld Boötes. De oude volken zagen in dat beeld een man, de Berenhoeder, die de Grote en Kleine Beer bewaakt, daarom heette dat beeld vroeger Berenhoeder. Met de verrekijker zoeken we de bolvormige sterrenhoop M 3 in de Jachthonden, helderheid + 6.4, afstand 40 000 lichtjaar, bolvormige sterrenhoop M 53 en spiraalnevel M 100 in het Haar van Berenice en M 96 in de Leeuw op 11.4 miljoen lichtjaar.

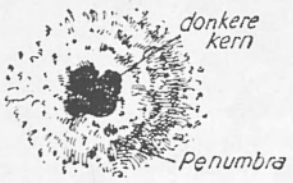


Fig. 70. Zonnevlek

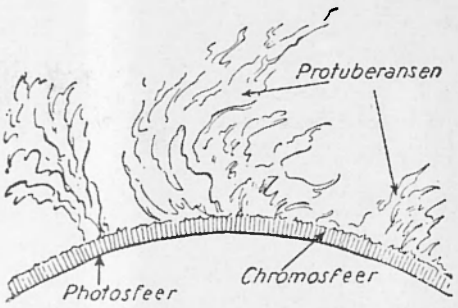
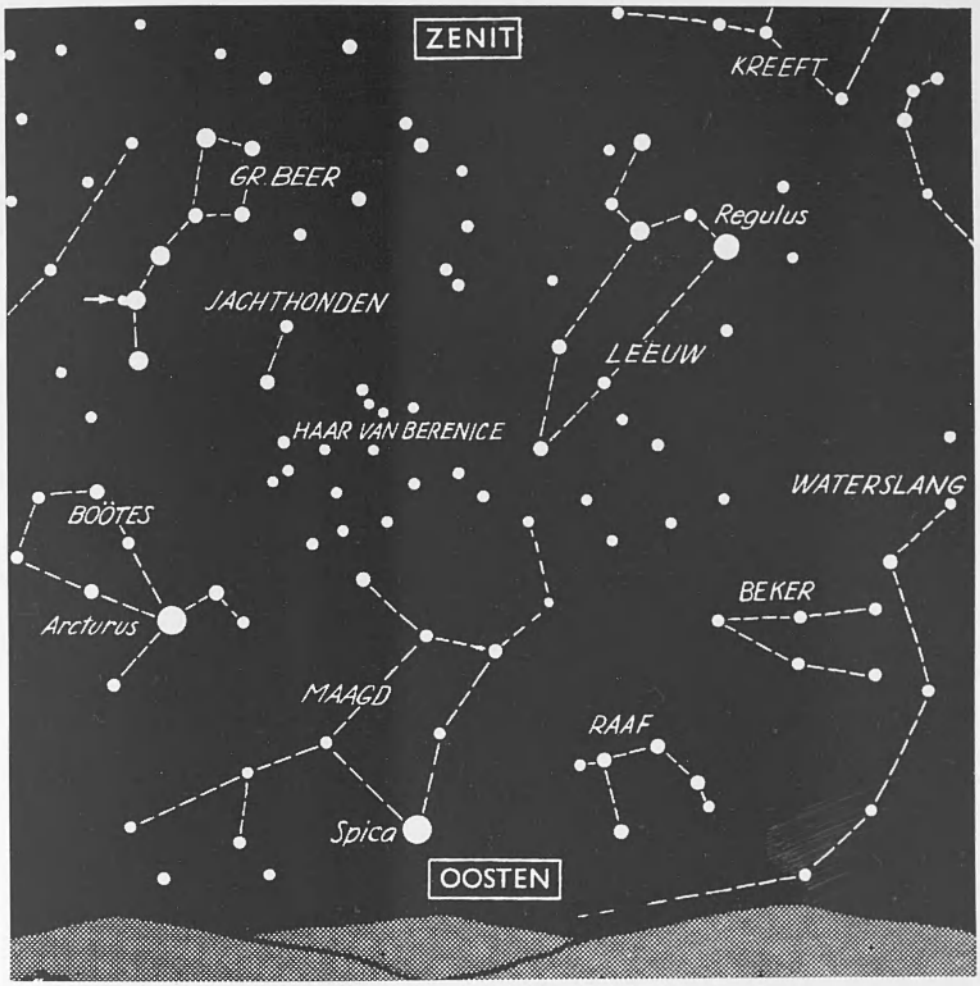


Fig. 71. Zo ziet het oppervlak van de zon eruit.

derlicht en de wervelstructuur van de zonnevlekken onloochenbaar is, weten wij toch nog niet precies wat de zonnevlekken eigenlijk zijn. Vast staat dat de temperatuur er minstens 1000 °C lager is dan die van het zonoppervlak. Het zonoppervlak meet 5900 °C. Daarentegen zijn de vaak onregelmatige vormen, de *fakkels*, plaatsen met hogere temperatuur. Zij komen tegelijk met de vlekken voor. De zone van het zonoppervlak, die licht en straling levert en die wij zien, heet *fotosfeer* (lichtlaag): zij heeft een dikte van 100 km.
De zon is door uitgebreide lichtgevende massa's omgeven, die men alleen bij een totale zonsverduistering kon zien, omdat het verstrooide licht van de zon in de dampkring van de Aarde stoorde. Deze laag lichtgevende gassen volgt naar buiten toe op de fotosfeer; zij heeft een dikte van 10 000 km en heet *chromosfeer* (kleurlaag). Daarbuiten strekt zich de *corona* uit met straalvormige uitlopers tot op een afstand van 15 zonmiddellijnen. Aan de zonrand ziet men, alweer bij een zonsverduistering, rode vormen, die als vlammen vaak met grote snelheden van honderdduizenden km ver naar buiten geslingerd worden en snel van vorm veranderen. Deze heten *protuberansen*. Het zijn gloeiende gasmassa's, vooral van waterstof. Het spectroscopisch onderzoek van het zonlicht leverde 22 000 bekende spectraallijnen, waarvan meer dan de helft van ons bekende elementen. De meeste op Aarde voorkomende elementen komen ook op de zonoppervlakte voor. Het grootste deel van de zon bestaat uit sterk geïoniseerde materie, in het bijzonder waterstof. De tempe-



3
Oost

De oostelijke hemel op:

1 april	21 uur		
1 maart	22 uur	15 maart	21 uur
1 februari	24 uur	15 februari	23 uur
1 januari	2 uur	15 januari	1 uur
1 december	4 uur	15 december	3 uur
1 november	6 uur	15 november	5 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

Wat de sterrenkaart toont →

De sterrenhemel toont dit jaargetijde weinig heldere sterrenbeelden. Ongeveer op halve hoogte boven de kim ligt de Kreeft. In de verrekijker ziet men op de plaats van de pijl de sterrenhoop M 44, de Krib. Deze sterrenhoop bestaat uit 577 sterren, van de 6e tot de 17e grootte; afstand 500 lichtjaar. Tussen de Kreeft en de kim ligt het uitgestrekte beeld van de Waterslang, waarvan de helderste ster Alphard heet. Deze naam beduidt zoveel als 'de alleenstaande' en betekent dat dit de enige opvallende ster in die groep is. In het z.w. liggen de sterren van Schip Argo (Steven) bij de kim. Ten z.w. van de Kreeft staat de Kleine Hond met de heldere hoofdster Procyon. Daarboven schitteren de sterren van het gemakkelijk te vinden sterrenbeeld de Tweelingen, waarvan de hoofdsterren Castor en Pollux heten. In de Tweelingen ligt de mooie sterrenhoop M 35, die op de plaats van de pijl in de verrekijker of in een kleine sterrekijker te zien is. Deze hoop bestaat uit 120 sterren; afstand 1600 lichtjaar. Hoog in het zenit staat de Lynx. Het sterrenbeeld bestaat uit weinig heldere sterren en ontleent zijn naam aan het feit dat men 'lynxogen' moet hebben om de sterrengroep te vinden. Aan de z.o. hemel staat het uitgestrekte beeld van de Leeuw met de heldere hoofdster Regulus. Bij de oude volkeren was Regulus het hart van de Leeuw.
In Schip Argo twee sterrenhopen M 46 en 2422 (verrekijker) vlak bij elkaar boven het woord 'Schip'. M 46 telt 150 sterren, 2422 telt er 50, de helderheid van deze open sterrenhopen is resp. 5,6 en 4,6. Afstand M 46: 3700 lichtjaar, afstand 2422: 2300 lichtjaar. Melkweg van z. uit door Schip naar Tweelingen.

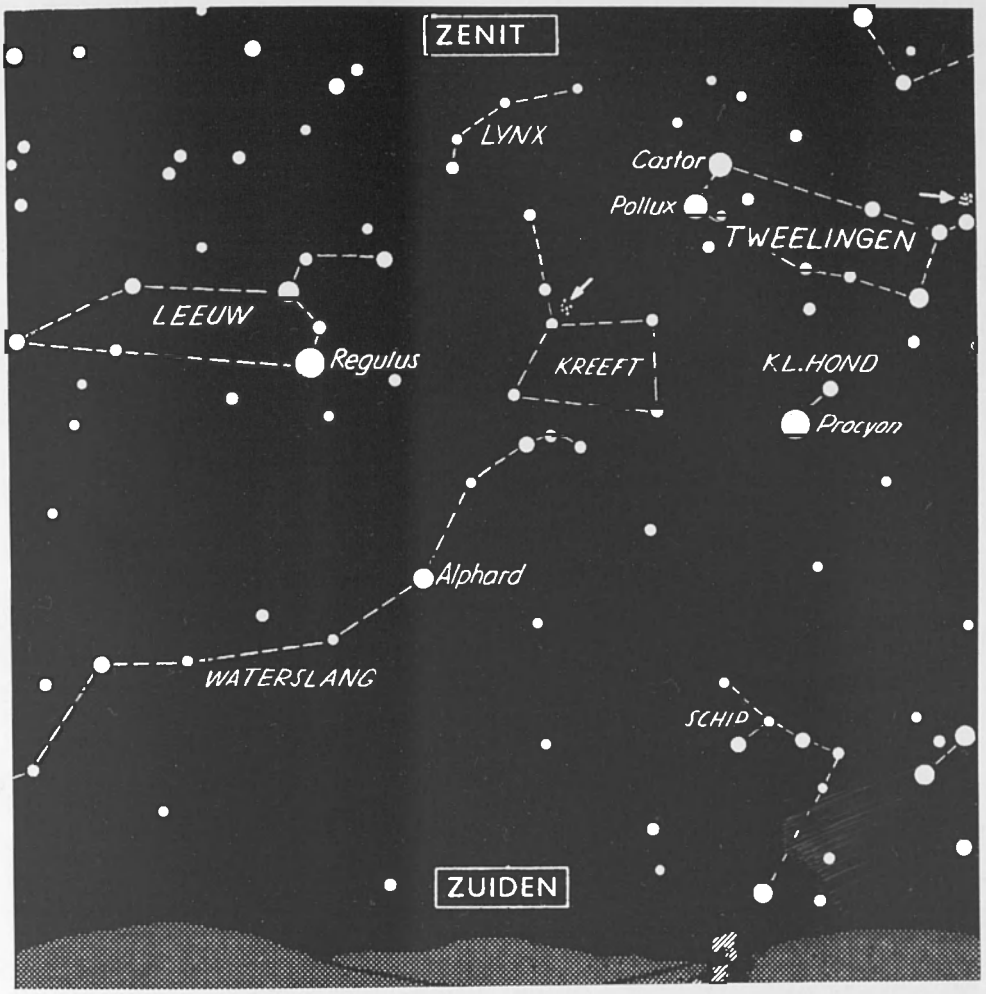
---

ratuur van de zonnekern wordt op 20 miljoen °C geschat, en het geweldige energieverlies door de voortdurende uitstraling, waarvan de Aarde maar een nietig klein deel krijgt, wordt door kernreacties in het inwendige van de zon gecompenseerd. De ouderdom van de zon wordt tussen de 5 en 7 miljard jaar geschat.

Stellen wij de zon als een bol van 1 m middellijn voor, dan heeft de chromosfeer een dikte van 4 cm. Op die schaal zijn de protuberansen gewoonlijk 10 cm hoog. Op 110 m afstand moeten we de Aarde als een bolletje van 1 cm middellijn zoeken. In vergelijking met de Aarde heeft de zon een ontzaglijke massa en heersen er krachten die wij op Aarde in ons laboratorium niet kunnen veroorzaken. Wij weten daarom nog niet precies hoe atomen zich onder invloed van die krachten gedragen. Daarom behoort een nauwkeurige verklaring van de verschijnselen op de zon tot de moeilijkste vragen der wetenschap. Onderzoek van vele jaren zal nog nodig zijn om die vragen te beantwoorden. Dan zullen wij ook meer over de natuurkunde van de andere sterren aan de hemel kunnen zeggen, daar zij in bouw en aard gelijken op de zon.

15. Wat is de afstand tussen Aarde en zon?

De afstand Aarde-zon vormt niet alleen de zgn. astronomische eenheid voor alle afstanden in het zonnestelsel, maar vormt tevens de basis voor alle latere bepalingen van de afstanden van de vaste sterren. Het is een fundamentele astronomische eenheid. Denkt men zich de Aarde van de zon uit gezien, dan verschijnt de Aardbol onder een bepaalde hoek, die des te kleiner wordt naarmate men verder van de Aarde afgaat. Deze hoek is dus een maat voor de afstand en men noemt die hoek, waaronder dus de straal van de Aarde op de gemiddelde afstand Aarde-zon van de zon uit gezien verschijnt, de *zonneparallax*. Het is zonder meer duidelijk, dat men te allen tijde de parallax in de afstand kan omrekenen en omgekeerd. Kepler vond uit de uitstekende waarnemingen van Tycho Brahe, dat deze zonneparallax kleiner dan 1' moest zijn, maar pas met de sterrekijker was het mogelijk de in werkelijkheid nog veel kleinere zonneparallax ook werkelijk te meten. Hiervoor bestaan vernuftige methoden.
Een klassieke methode is die waarbij de zonneparallax door waarnemingen van een dicht

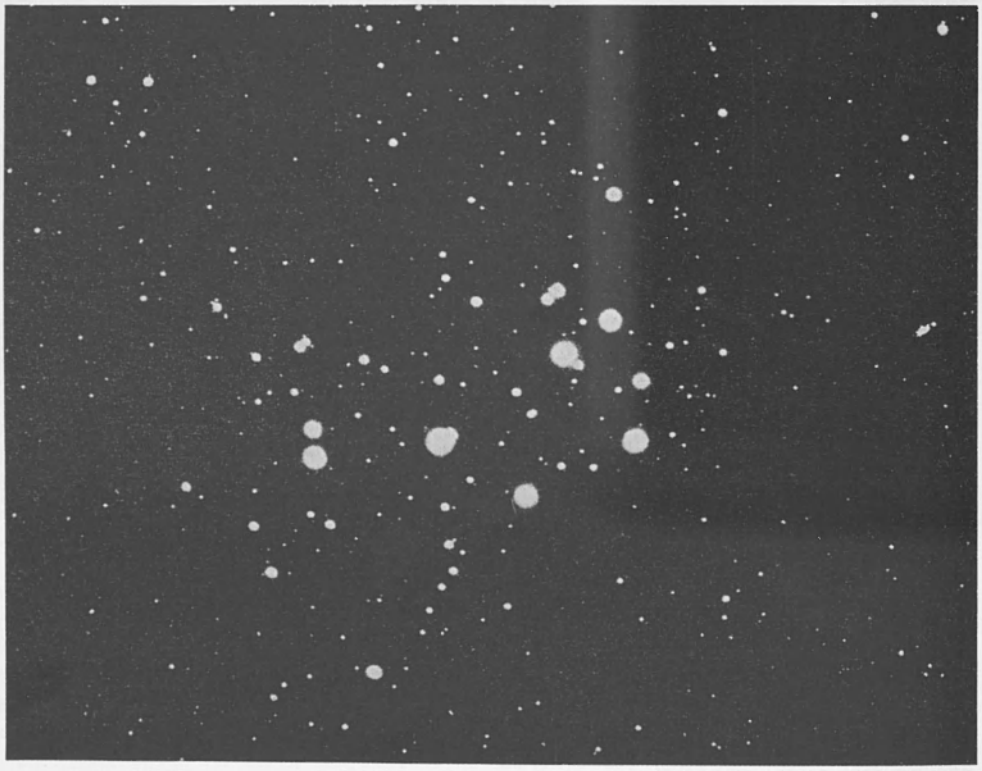


De zuidelijke hemel op:

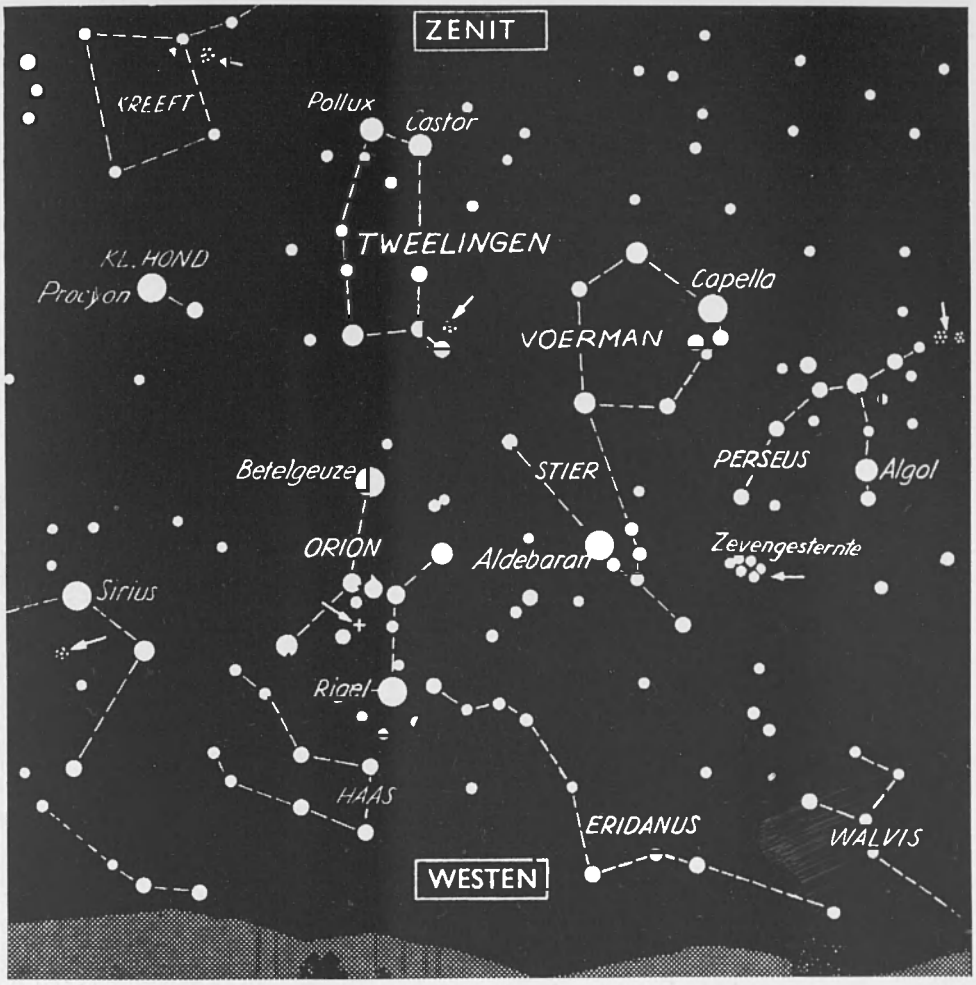
1 april	21 uur		
1 maart	22 uur	15 maart	21 uur
1 februari	24 uur	15 februari	23 uur
1 januari	2 uur	15 januari	1 uur
1 december	4 uur	15 december	3 uur
1 november	6 uur	15 november	5 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

Als we de blik naar het westen richten, is het opvallendste sterrenbeeld Orion met de beide hoofdsterren Betelgeuze en Rigel. Zij vormen schouder en voet van de jager Orion. Onder de 3 gordelsterren, de Jakobsstaf, ziet men met de verrekijker op maanloze nachten een licht wolkje, de Orionnevel M 43 (blz. 158). Van Orion uit vindt men gemakkelijk de heldere ster Sirius, de helderste ster van de hemel. Sirius behoort tot de Grote Hond; op de plaats van de pijl ziet men in de verrekijker de kleine sterrenhoop M 41. Boven Sirius staat de Kleine Hond met de heldere ster Procyon. Nog hoger in het z.w. staat de Kreeft, waarin men een open sterrenhoop, de Krib (M 44) ziet: helderheid + 3.9 (verrekijker).
Vrijwel precies in het westen staat het uitgestrekte beeld van de Tweelingen met de beide hoofdsterren Castor en Pollux. In de Tweelingen ziet men met de verrekijker de sterrenhoop M 35. De vijfhoek van de Voerman is gemakkelijk te vinden. De hoofdster van de Voerman heet Capella. Een beetje lager aan de kim staat de Stier met de hoofdster Aldebaran. Aldebaran fonkelt roodachtig. Het is het oog van de stier, rood van woede over de aanval van Orion. De nek van de Stier wordt door het Zevengesternte (blz. 157) gevormd, dat merkwaardigerwijs maar uit 6 heldere sterren bestaat (plaat 4, blz. 66). Van het Zevengesternte uit vindt men gemakkelijk Perseus met de heldere ster Algol, die regelmatig van helderheid verandert (blz. 96). Tussen Perseus en het op de kaart niet meer getekende Cassiopeia liggen 2 kleine sterrenhopen h en χ, die in de verrekijker goed zichtbaar zijn (blz. 158 en plaat 5, blz. 108). De sterrenbeelden Haas, Eridanus en Walvis bevatten weinig opvallende sterren. Melkweg van z.w. horizontaal naar n.w.



Plaat 4. Het Zevengesternte (Plejaden)



De westelijke hemel op:

1 april	21 uur		
1 maart	22 uur	15 maart	21 uur
1 februari	24 uur	15 februari	23 uur
1 januari	2 uur	15 januari	1 uur
1 december	4 uur	15 december	3 uur
1 november	6 uur	15 november	5 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

Wat de sterrenkaart toont —

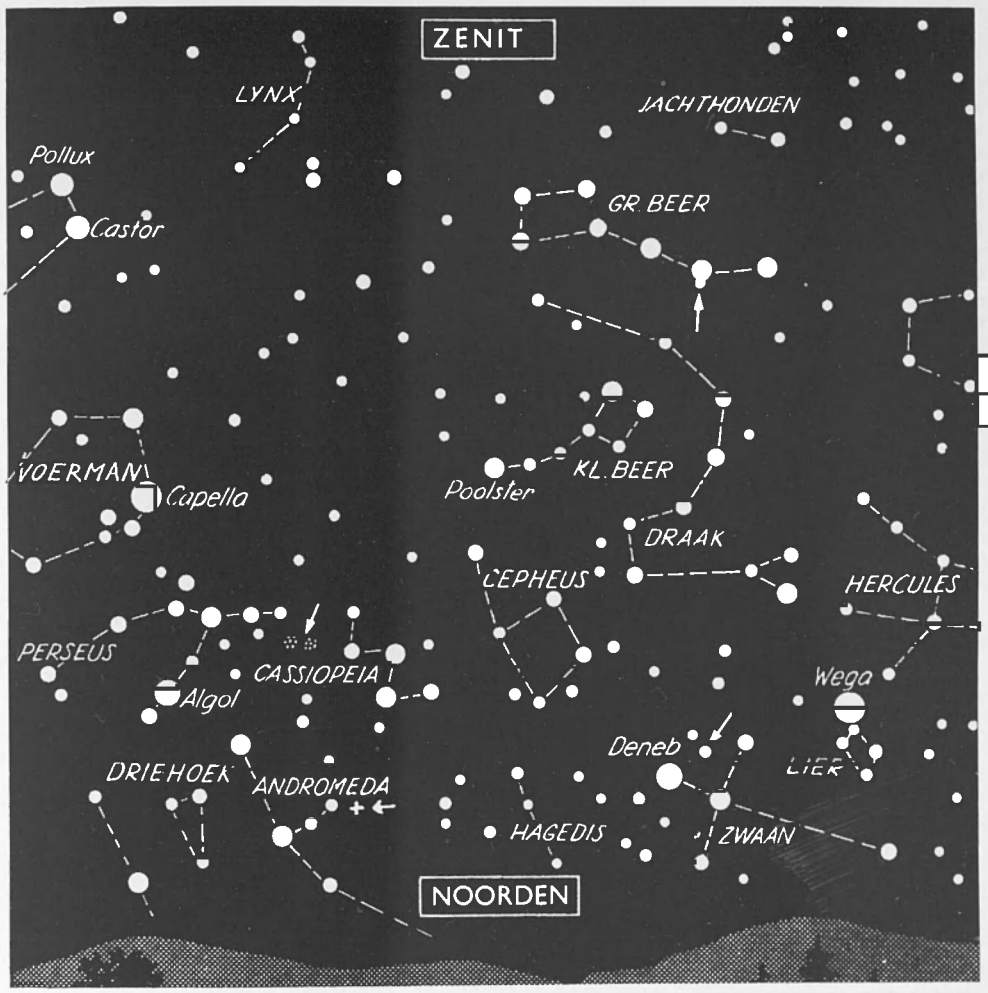
Als men de sterrenbeelden in het noorden wil leren kennen, zoekt men eerst de Poolster, die tot de Kleine Beer hoort. Men vindt de Poolster gemakkelijk van de Grote Beer uit als men de afstand tussen de beide voorste sterren 5× verlengt. Boven de tweede staartster staat een klein sterretje, het ruitertje. Alleen wie goede ogen heeft, zal het kunnen vinden. Anders scheidt de verrekijker die beide sterren, Alkor en Mizar, die een 'optische dubbelster' vormen. De afstand Mizar–Alkor bedraagt 705''. De Draak slingert zich tussen Grote en Kleine Beer door. De kop van de Draak wijst naar Hercules, waarvan nog een paar sterren in het n.o. te zien zijn.
Lager aan de kim staat de Lier met de heldere Wega. In de Lier de dubbelster ε, afstand componenten 208'', met de verrekijker te scheiden. Van de Lier uit vindt men gemakkelijk de Zwaan met de hoofdster Deneb. De pijl op de kaart wijst op de dubbelster 61, die reeds in de verrekijker als 2 sterren te zien is (fig. 5, blz. 11). Tussen de W-vormige Cassiopeia en Perseus liggen 2 mooie sterrenhopen (blz. 158, plaat 5, blz. 108). Algol in Perseus is een veranderlijke ster. In het sterrenbeeld Andromeda ziet men op de plaats van het kruis in maanloze nachten een zwak wolkje met de verrekijker: de beroemde Andromedanevel M 31 (blz. 158, plaat 7, blz. 138), een Melkwegstelsel buiten ons Melkwegstelsel; afstand 2,2 miljoen lichtjaar. In het n.w. staat de vijfhoek van de Voerman met de hoofdster Capella; Castor en Pollux behoren tot het sterrenbeeld van de Tweelingen, dat aan de n.w. hemel staat. Minder opvallende sterren zien we in de beelden Driehoek, Hagedis, Jachthonden en Lynx. In de Driehoek is met een sterke verrekijker de nevel M 33 te vinden, afstand 1 800 000 lichtjaar. Bij γ Andromeda open sterrenhoop M 752 op 1300 lichtjaar. Melkweg van n.o. via Zwaan naar n.w.

---

bij de Aarde staande planeet met toepassing van de 3de wet van Kepler wordt gemeten. Gelukt het de afstand van die planeet te bepalen, dan is de afstand tot de zon direct bekend daar, volgens de 3de wet van Kepler, de verhoudingen van de afstanden van alle planeten gegeven zijn. Zo zond de Franse Academie van Wetenschappen in 1672 een expeditie naar Zuid-Amerika om waarnemingen aan de planeet Mars te verrichten, die toen zeer dicht bij de Aarde kwam, terwijl gelijktijdig in Parijs waarnemingen werden verricht. Hieruit bleek een waarde van de zonneparallax tussen 9'' en 10''.
Veel beter geschikt zijn enige kleine planeten (planetoïden) die zeer dicht bij de Aarde komen, bijv. de planetoïde 433 Eros, die de Aarde tot op 21 miljoen km nadert en voor de meting van de zonneparallax herhaaldelijk gebruikt is. De bepaling van de zonneparallax tijdens de oppositie van Eros in 1930-'31 heeft een waarde van 8,790'' opgeleverd, overeenkomend met de gemiddelde afstand zon-Aarde van 149,67 miljoen km of 23466 Aardstralen. Tegenwoordig is de afstand dank zij de ruimtevaart precies bekend. Dit levert een iets kleinere waarde op, nl. 149,598 miljoen km.

16. De planeten, de 'zusters' van de Aarde

De Aarde is niet het enige hemellichaam dat om de zon loopt. Als men met behulp van de sterrenkaarten met de sterrenhemel vertrouwd is geworden, zal men bemerken dat dikwijls een meer of minder heldere 'ster' aan de hemel staat die op geen sterrenkaart staat aangegeven. Het is een *planeet*, een zuster van de Aarde. Daar de planeten zich bewegen, kunnen zij natuurlijk niet op de sterrenkaarten getekend worden. Alle planeten onderscheiden zich door rustig licht: zij flonkeren, in tegenstelling tot de sterren, niet of nauwelijks, en daaraan kan men ze gemakkelijk herkennen.
Mercurius, Venus, Mars, Jupiter, Saturnus, Uranus, Neptunus en *Pluto* heten de grote planeten. Met het *blote* oog kunnen wij alleen *Mercurius, Venus, Mars, Jupiter, Saturnus* en met moeite *Uranus* waarnemen. De planeten zenden *geen eigen* licht uit, zij kaatsen alleen een deel van het zonlicht terug. Mercurius en Venus beschrijven hun baan binnen de baan van de Aarde *(binnenplaneten)*. Zij staan dus dichter bij de zon en ontvangen meer licht en



4
Noord

De noordelijke hemel op:

1 mei	21 uur		
1 april	23 uur	15 april	22 uur
1 maart	24 uur	15 maart	23 uur
1 februari	2 uur	15 februari	1 uur
1 januari	4 uur	15 januari	3 uur
1 december	6 uur	15 december	5 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

Wat de sterrenkaart toont –

De helderste ster in het oosten is Arcturus in het beeld Boötes. Het verlengde van de staart van de Grote Beer wijst naar dit beeld. In het n.o. zijn nog een paar sterren van de Kleine Beer en de Draak, die zich tussen Kleine Beer en Grote Beer slingert, te zien. De vele zwakke sterren die tot het Haar van Berenice behoren, kan men met de verrekijker gemakkelijk zien. Hoog in het z.o. ziet men een paar sterren van de Leeuw. Daaronder staat de Maagd met de heldere ster Spica, die (evenals Arcturus in Boötes), ook door verlenging van de staart van de Grote Beer te vinden is. De Noorderkroon vormt een mooie sterrengroep met de heldere ster Gemma (= edelsteen) als hoofdster. Links van de Noorderkroon staat Hercules. Dit sterrenbeeld bevat de bolvormige sterrenhoop M 13, die op de aangegeven plaats in de verrekijker zichtbaar is; afstand 34 000 lichtjaar. Onder de Noorderkroon staat de Slang, die tot de kim doorloopt. Precies in het oosten ligt de Weegschaal, die echter, omdat het beeld uit zwakke sterren bestaat, niet opvalt. De hoofdster α is dubbel, afstand van de componenten 230''. In het z.o. ziet men nog een paar sterren van de Waterslang. In de Jachthonden de bolvormige sterrenhoop M 3, afstand 40 000 lichtjaar, helderheid 6.4 (verrekijker). In het Haar van Berenice zoeken we met de verrekijker dubbelster 24, m = 5,2–6,7, afstand 20'' en bolvormige sterrenhoop M 53; M 5 in de Slang en spiraalnevel M 100 in het Haar van Berenice op 14 miljoen lichtjaar.

---

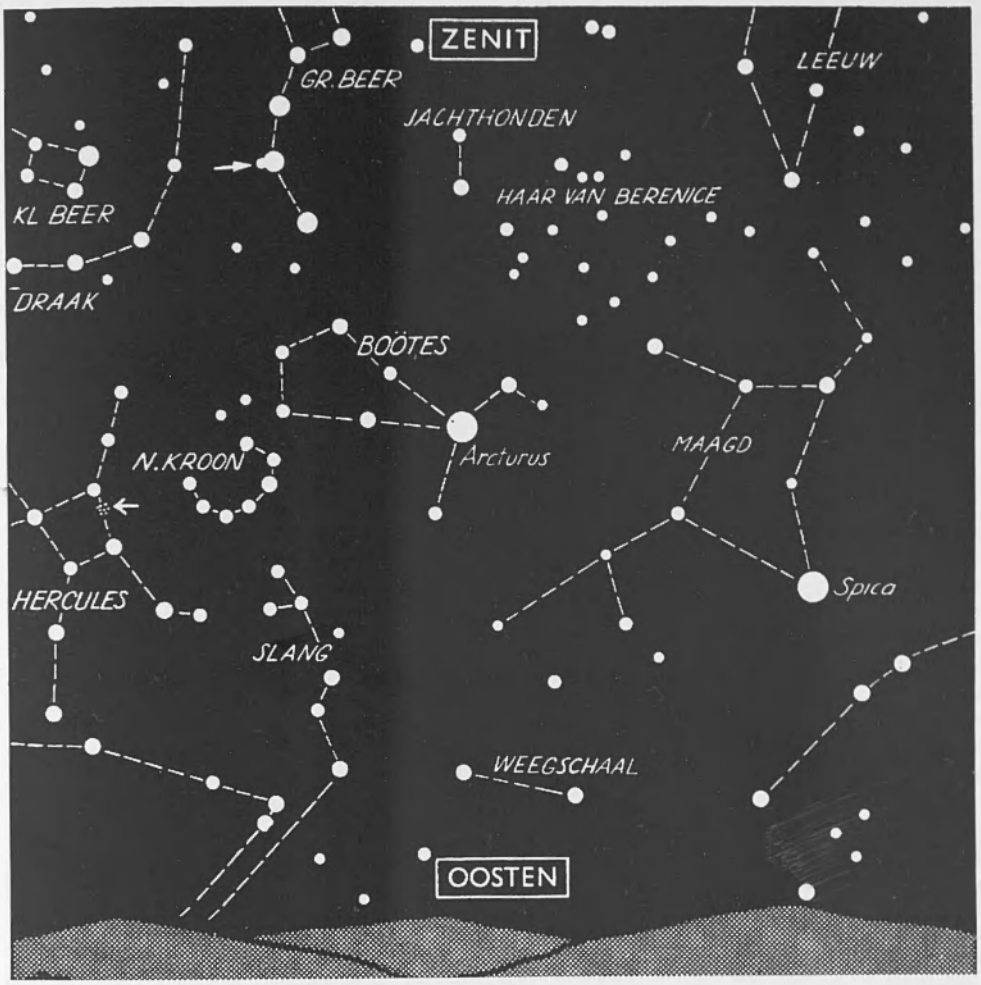
warmte dan onze Aarde. Fig. 9 op blz. 14 toont de onderlinge grootteverhouding der planeten. Zoals men ziet is de Aarde een tamelijk kleine planeet, zeker vergeleken met de reuzen Jupiter en Saturnus.

De planeten of – met een oud woord – dwaalsterren zijn, evenals de Aarde, satellieten van onze zon. Zij krijgen alle licht van de zon en zonder zon zouden het volkomen donkere, koude, dode lichamen zijn. Al duizenden jaren zijn de planeten Mercurius, Venus, Mars, Jupiter en Saturnus aan de mens bekend en waargenomen. Men hield zich met hun bewegingen bezig en dat leidde al bij de Grieken tot het vormen van een wereldbeeld. Ptolemeus nam aan dat de Aarde als trage, rustende bol het middelpunt van het heelal was. Een holle bol waaraan de vaste sterren waren geplakt, draaide in 24 uur om de Aarde. De bewegingen van de zon, maan en planeten werden door toevoeging van verdere concentrische bollen verklaard. Elke poging om tot een 'heliocentrisch' stelsel te komen, waarbij de zon in het middelpunt staat, werd door de autoriteit van Aristoteles reeds in de kiem gesmoord. Met enige verbeteringen werd het toenmalige astronomische wereldbeeld van Ptolemeus ons uit zijn 'Almagest' bekend. Het werd tot ver in de middeleeuwen algemeen aanvaard.

Pas na de middeleeuwen gelukte het drie mannen het heliocentrische wereldbeeld aanvaard te krijgen: Copernicus († 1543), Tycho Brahe († 1601), Johann Kepler († 1630). Copernicus verklaarde de dagelijkse beweging van de sterren als een optisch bedrog, veroorzaakt door een draaiing van de Aarde om de as. Ook de schijnbare jaarlijkse beweging van de zon verklaarde hij als een optisch bedrog, veroorzaakt door de draaiing van de Aarde om de zon. De verdienste van Tycho Brahe is dat hij talloze waarnemingen verricht heeft, die het Kepler mogelijk maakten zijn 3 wetten over de bewegingen van de planeten te formuleren. De eerste en belangrijkste wet van Kepler luidt 'dat de planeten in ellipsen om de zon lopen'.

Met de ontdekking van de kijker in 1609 begon ook het tijdvak van nieuwe ontdekkingen in ons planetenstelsel. Galilei ontdekte in 1610 de bolvorm van Jupiter en zijn 4 grootste manen. Huygens onderkende in 1659 de ware vorm van de ringen van Saturnus. De gravitatiewet van Newton verklaarde tenslotte de bewegingen van de planeten en hun manen.

In 1781 vond Herschel toevallig bij waarnemingen met zijn zelfgebouwde spiegeltelescoop de planeet Uranus. Een grote triomf van de rekenende sterrenkunde beleefde men in 1846, toen Galle in Berlijn volgens de berekening van de Fransman Leverrier uit kleine onregelmatigheden in de beweging van Ura-



De oostelijke hemel op:

1 mei	21 uur		
1 april	23 uur	15 april	22 uur
1 maart	24 uur	15 maart	23 uur
1 februari	2 uur	15 februari	1 uur
1 januari	4 uur	15 januari	3 uur
1 december	6 uur	15 december	5 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

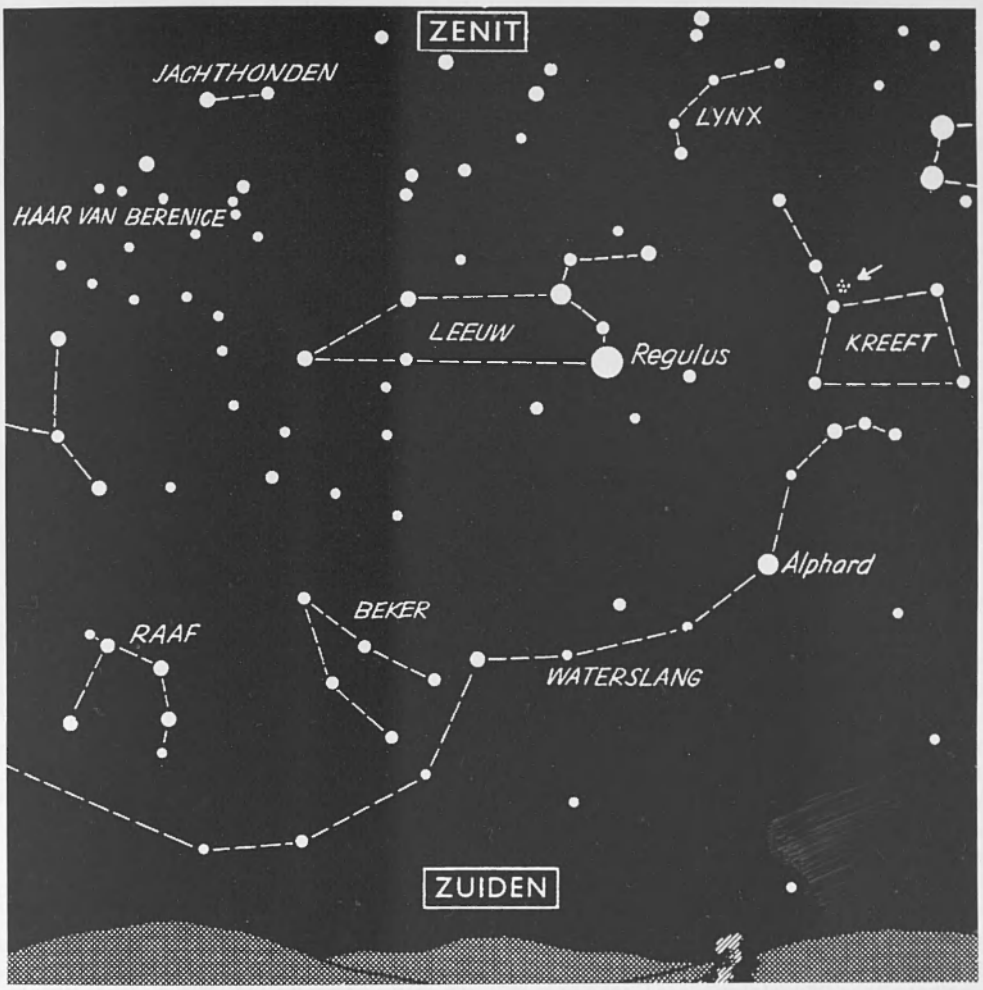
Het mooiste sterrenbeeld aan de zuidelijke hemel is de Leeuw met de heldere hoofdster Regulus, het hart van de Leeuw. In dit uitgebreide beeld kan men gemakkelijk de figuur van een liggende leeuw herkennen. Rechts van de Leeuw ligt de Kreeft. De pijl op de kaart wijst naar een kleine sterrengroep M 44, de Krib. De Waterslang loopt bijna over heel de zuidelijke hemel. Zij bestaat uit weinig opvallende sterren, met uitzondering van de ster Alphard. Deze naam betekent 'de alleenstaande', een verwijzing naar het feit dat het de enige opvallende ster van het hele sterrenbeeld is. Naar het z.o. staan de beide sterrenbeelden Beker en Raaf. Het Haar van Berenice bestaat uit veel zwakke sterren, die alle echter dicht bij elkaar staan. In de verrekijker vertonen ze een mooi beeld. Hoger, bij het zenit, staan de Jachthonden. De sterrenkundige kan met grote kijkers in de Jachthonden een mooie spiraalnevel M 51 zien, die niets anders dan een Melkwegstelsel buiten ons Melkwegstelsel is. Afstand 6 000 000 lichtjaar (zie blz. 21). De Lynx valt niet op. Het beeld dankt zijn naam aan het feit dat men 'lynxogen' moet hebben om het te zien. In de Leeuw de 2 kleine spiraalnevels M 65 en M 66, m = 9,3 resp. 8,4 (sterrekijker), op 34 resp. 27 miljoen lichtjaar. In de sterrekijker de dubbelster γ Maagd (3,6–3,7), afstand componenten 5'', spiraalnevel M 96 in de Leeuw op 11,4 miljoen lichtjaar en M 100 in het Haar van Berenice op 14 miljoen lichtjaar.

---

nus de hieruit berekende planeet Neptunus dicht bij de vermoede plaats vond. Enkele tientallen jaren geleden gelukte het de grenzen van het planetenstelsel weer te verschuiven. Lowell had een nieuwe storingsbron berekend, en na lang zoeken werd in 1930 de planeet Pluto door Tombaugh gevonden, die zich 40× verder dan de Aarde van de zon bevindt. Overigens was Pluto te klein om deze vermeende storing te verklaren.
Sindsdien zijn er verschillende keren berekeningen uitgevoerd die op een nieuwe planeet wezen, maar die is nooit gevonden. Tegenwoordig hoopt men dat de banen van de ruimteschepen Pioneer 10 of Pioneer 11, die nu in tegenovergestelde richting het zonnestelsel uitvliegen, misschien door een verre planeet beïnvloed zullen worden en zo zijn ontdekking mogelijk maken.
De afstanden tussen de planeten en de zon vertonen een wetmatigheid, volgens welke men tussen Mars en Jupiter een gat moest aannemen. Dat gat werd gesloten toen Piazzi in 1801 een kleine planeet vond, die op die plaats om de zon loopt. Intussen heeft men tussen Mars en Jupiter zeer veel van zulke kleine planeten ontdekt. Tegenwoordig kent men de nauwkeurige banen van duizenden van deze kleine planeten.
Men ontdekte echter niet alleen nieuwe planeten en kometen, maar ook een hele reeks manen (satellieten). Terwijl men bij Mercurius en Venus vergeefs naar manen zocht, heeft men bij Mars in 1877 twee zeer kleine manen ontdekt. Beide konden voor het eerst in 1972 door de Marssonde Mariner 9 op geringe afstand gefotografeerd worden. De reuzenplaneet Jupiter heeft 16 manen en Saturnus wordt door zeker 23 manen omcirkeld, waarvan de eerste in 1655 ontdekt werd. Uranus heeft 15 manen, Neptunus 8 en Pluto 1 maan. Een groot deel van deze manen betreft nietige lichamen van enkele tientallen kilometers diameter, die door ruimtevaartuigen zijn ontdekt. In het zonnestelsel komen maar zes manen voor met een afmeting die vergelijkbaar is met die van onze maan. Dat zijn de Jupiter-manen Io, Europa, Ganymedes en Callisto, de Saturnus-maan Titan en de Neptunus-maan Triton.

In het hiernavolgende zullen wij de planeten de revue laten passeren. Onze kennis hierover is explosief toegenomen sinds de opkomst van de ruimtevaart. Op Pluto na zijn alle planeten ten minste één keer bezocht door een ruimtesonde en iedere ontmoeting heeft onze inzichten drastisch gewijzigd. De resultaten ervan zijn verwerkt in het onderstaande.

Mercurius, de op een na kleinste en het dichtst bij de zon staande planeet, is maar iets groter dan de maan van de Aarde. Hij kan zich



De zuidelijke hemel op:

1 mei	21 uur		
1 april	23 uur	15 april	22 uur
1 maart	24 uur	15 maart	23 uur
1 februari	2 uur	15 februari	1 uur
1 januari	4 uur	15 januari	3 uur
1 december	6 uur	15 december	5 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker

maar 28,5° hoekgraden van de zon verwijderen (de elongatie) en de Aarde tot op 80 miljoen km naderen. Het is daarom alleen mogelijk hem te zien rond de maximale oostelijke elongatie van december tot mei aan de avondhemel of bij maximale westelijke elongatie van augustus tot januari aan de morgenhemel. Echter ook dan is hij alleen onder gunstige omstandigheden zichtbaar en daardoor hebben veel amateurs hem nooit gezien.
Pas in 1965 gelukte het de rotatieduur te meten. Een zonne-etmaal duurt op Mercurius 176 dagen, d.w.z. twee Mercurius-jaren. Tot 1965 dacht men dat de planeet altijd met dezelfde zijde naar de zon gekeerd was (zoals de maan dat bij de Aarde doet). Van de Aarde uit kunnen op het oppervlak van de planeet met de kijker slechts onduidelijke details gezien worden. Een zorgvuldige analyse van radarsonderingen in de jaren 1972/73 leidde begin 1974 tot het inzicht dat de Mercurius-oppervlakte door kraters doorploegd is. De via Venus naar Mercurius gelanceerde sonde Mariner 10 is tot op heden de enige raket die naar Mercurius vloog. De Mariner 10 werd in november 1973 gelanceerd en passeerde Mercurius op 29 maart 1974 op een afstand van 750 km. Hierna werd de sonde in een dusdanige baan om de zon gemanoeuvreerd dat hij de planeet nog tweemaal dicht naderde, namelijk op 21 september 1974 en op 16 maart 1975. In totaal werden er 2700 opnamen van de planeet gemaakt. Omdat tussen iedere dichtste nadering precies twee Mercurius-jaren zaten, was bij elke nadering dezelfde zijde van de planeet verlicht. In totaal werd ongeveer 45% van het oppervlak gefotografeerd met een oplossend vermogen van 100 meter tot 4 km. Dit is vergelijkbaar met wat de beste telescopen op Aarde met de maan presteren.
Het resultaat was sensationeel. Het oppervlak van Mercurius bleek zó op de maanbodem te lijken, dat de amateur geen verschil ziet. De hoge dichtheid van de planeet doet vermoeden dat de kern misschien uit ijzer bestaat (als dichtheid Aarde = 1, dan is dichtheid Mercurius = 1,02).

Overigens gaat de overeenkomst met de maanoppervlakte zó ver, dat men bij ruwe meting van de Mercuriuskraters dezelfde verhouding van diepte tot middellijn als bij vele maankraters vindt. De zeer ijle dampkring bevat sporen edelgassen: helium, argon en neon. De oppervlaktetemperatuur varieert sterk en bedraagt op de dagzijde + 340 °C.
Verrassend is het feit dat Mercurius door een magneetveld omringd is, dat definitief bij de derde passage van Mariner 10 op 16 maart 1975 op een afstand van 327 km bevestigd werd. Mercurius is tot dusver de enige planeet dicht bij de Aarde, die onloochenbaar een magneetveld van betekenis heeft.

Venus, de planeet tussen Mercurius en de Aarde, is evenals Mercurius al naar de plaats aan de hemel nu eens *avondster*, dan weer *morgenster* (zie blz. 159) en draait in 7 maanden om zijn as.
Venus is een opvallende verschijning. Haar helderheid overtreft de helderste ster van de hemel: Sirius. Men kan Venus zelfs op klaarlichte dag met het blote oog zien. In de kijker biedt Venus een merkwaardig gezicht. Het oppervlak vormt hier geen ronde schijf, maar vertoont, evenals de maan, *fasen*. Dat komt omdat Venus binnen de Aardbaan om de zon draait. Al naar de plaats zon-Venus-Aarde zien wij meer of minder van het door de zon beschenen oppervlak. Bij Venus, die zich 48° van de zon verwijderen kan en die aan elke sterrenvriend als heldere avond- of morgenster bekend is, bleef de toestand van het oppervlak lange tijd raadselachtig omdat een dik wolkendek elke blik op het oppervlak onmogelijk maakt. Venus kan de Aarde tot op 40 miljoen km naderen. Venus is bijna even groot als de Aarde. Reeds in 1962 werd door de Amerikaanse sonde Mariner 2 het eerste bezoek aan Venus gebracht en tot 1989 volgden 17 Russische en 5 Amerikaanse sondes dit voorbeeld. De Amerikaanse sondes Mariner 2, 5 en 10 vlogen langs Venus en de Pioneer Venus 2 dropte 4 sondes in de atmosfeer van Venus. De Russische sondes Venera 2 t/m 14

Fig. 72. Links: Mercurius, opgenomen door ruimtesonde Mariner 10 op 29 maart 1974 op een afstand van ongeveer 200 000 km. We zien tweederde van het zuidelijk halfrond.
Fig. 73. Rechts: Venus in het UV-licht op een afstand van 720 000 km. Opgenomen door de TV-camera's van de Mariner 10 op 6 februari 1974. Let op de structuur van het wolkendek. Opname: USIS.

moesten een zachte landing maken, wat in elf gevallen lukte. Ze voerden daar metingen uit en de Venera 9, 10, 13 en 14 maakten foto's van de omgeving, de laatste twee in kleuren. Mariner 10 maakte foto's van het wolkendek. Pioneer Venus 1, Venera 15 en 16 werden in een baan rond Venus gebracht en brachten gedurende een aantal jaren het door dikke wolken onzichtbare oppervlak met behulp van radar in kaart. De Russische Vega 1 en 2 ten slotte lieten een ballon los in de Venus-atmosfeer, die enige dagen gevolgd kon worden.
Samengevat waren de resultaten als volgt. Op Venus heersen helse omstandigheden, want de temperatuur is zowel 's nachts als overdag ongeveer 470 graden en de luchtdruk honderd atmosfeer. Bij deze temperatuur is lood allang vloeibaar. Een ruimtetoestel houdt het daar ook meestal niet langer dan een uur uit. De atmosfeer bestaat voor 97% uit koolzuur en voor 2% uit stikstof. De wolken bestaan uit zwavelzuur. Op grote hoogte heersen sterke winden, maar bij het oppervlak is het vrijwel windstil. Vanaf het Venusoppervlak is de hemel oranje. Er zijn veel kraters op het oppervlak, maar ook een paar reusachtige vulkanen. Het is nog niet zeker of deze ook werken. Venus draait in 243 dagen ten opzichte van de sterren om zijn as, in tegengestelde richting als de Aarde. Dit is vrijwel uniek in het zonne-

In de nabijheid van de kim zien we in het westen Sirius in de Grote Hond. Sirius is de helderste van alle sterren en fonkelt met blauwachtig licht. Rechts van Sirius zien we het mooie winterbeeld Orion, dat spoedig in het westen onder de kim verdwijnt. Bij de oude volkeren was Orion een machtige jager, die door zijn beide honden begeleid wordt. Betelgeuze is de schouderster van Orion, Rigel de voetster. Onder de 3 gordelsterren, de Jacobstaf, ligt de Orionnevel M 42. In maanloze nachten is die gasnevel reeds in de verrekijker als licht wolkje te zien (blz. 158). De hoofdster van de Kleine Hond heet Procyon. Orion vecht aan de hemel tegen de Stier, waarvan de helderste ster Aldebaran in rood licht schittert. Van de Stier uit vindt men zonder moeilijkheden de vijfhoek van de Voerman met de helderste ster Capella. Tot de opvallende sterrenbeelden behoort ook het sterrenbeeld Tweelingen, dat op halve hoogte zichtbaar is. De beide helderste sterren heten Castor en Pollux. In de Tweelingen ligt sterrenhoop M 35 waarvan de plaats op de kaart is aangegeven. In de verrekijker of kleine sterrekijker kan men M 35 zien. In de Kreeft staat sterrenhoop M 44, die zich leent voor de verrekijker of kleine sterrekijker. De pijl op de kaart wijst op deze sterrengroep, die de naam Krib draagt. Hoog in het zenit schittert Regulus, de helderste ster van de Leeuw. Alphard is de enige heldere ster van het sterrenbeeld Waterslang. Laag in het z.w. staat de sterrengroep Schip Argo, welk beeld echter, evenals de Lynx die hoog in het zenit staat, moeilijk is te zien. In Schip Argo rechts van het woord 'Schip', twee open sterrenhopen: M 46 en 2422, met de verrekijker te zien. Binnen de vijfhoek van de Voerman 3 open sterrenhopen M 36, M 37 en M 38, met resp. m = 6,4, m = 6,3 en m = 7 (verrekijker), afstanden tussen 4100 en 4600 lichtjaar. Melkweg van Sirius in de richting van Aldebaran.

---

stelsel. Het zonne-etmaal duurt 117 dagen. De gesteenten nabij de landingsplaats van de Venera 13 en 14 waren basaltachtig. Venus heeft geen magneetveld.

Mars is de planeet die het meest van zich heeft doen spreken. Hij doorloopt op 228 miljoen km van de zon zijn baan en heeft voor zijn omloop om de zon 687 dagen nodig. Een 'Marsjaar' duurt dus dubbel zo lang als een jaar op Aarde. Mars heeft 24 uur 37 min. nodig om 1× om zijn as te draaien. Een dag op Mars duurt dus iets langer dan een dag op Aarde. Mars heeft een ijle dampkring van 5 Millibar, bestaande uit 95% koolzuur en sporen waterstof en zuurstof. Er waren mensen die ervan overtuigd waren dat op Mars geheimzinnige wezens van grote intelligentie in reusachtige steden woonden en kanalen van ongehoorde afmeting groeven, die men met de telescoop zonder moeite zou kunnen herkennen. Als zij een keer de gelegenheid zouden krijgen door een grote kijker te zien, zouden zij teleurgesteld zijn. Daar glanst in de kijker een klein roodachtig schijfje, waarop een paar lichte en donkere vlekken te zien zijn (fig. 74). Waar zijn de kanalen, waarvan de fantasten ons zoveel bericht hebben?

Wat de sterrenkundige vroeger 'kanalen' noemde, zijn evenmin kanalen als de vorm die men op de maan 'zee' noemde en geen echte zee was. De fijnste lijn die men op Mars met de telescoop nog zien kan, moet minstens 30 km breed zijn. In 1969 vloog een ruimtevaartuig 4000 km boven Mars. Van kanalen

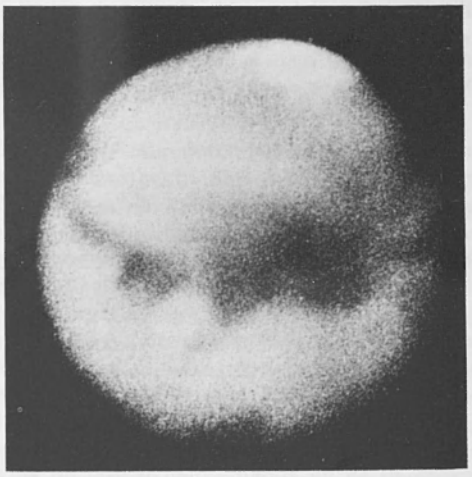
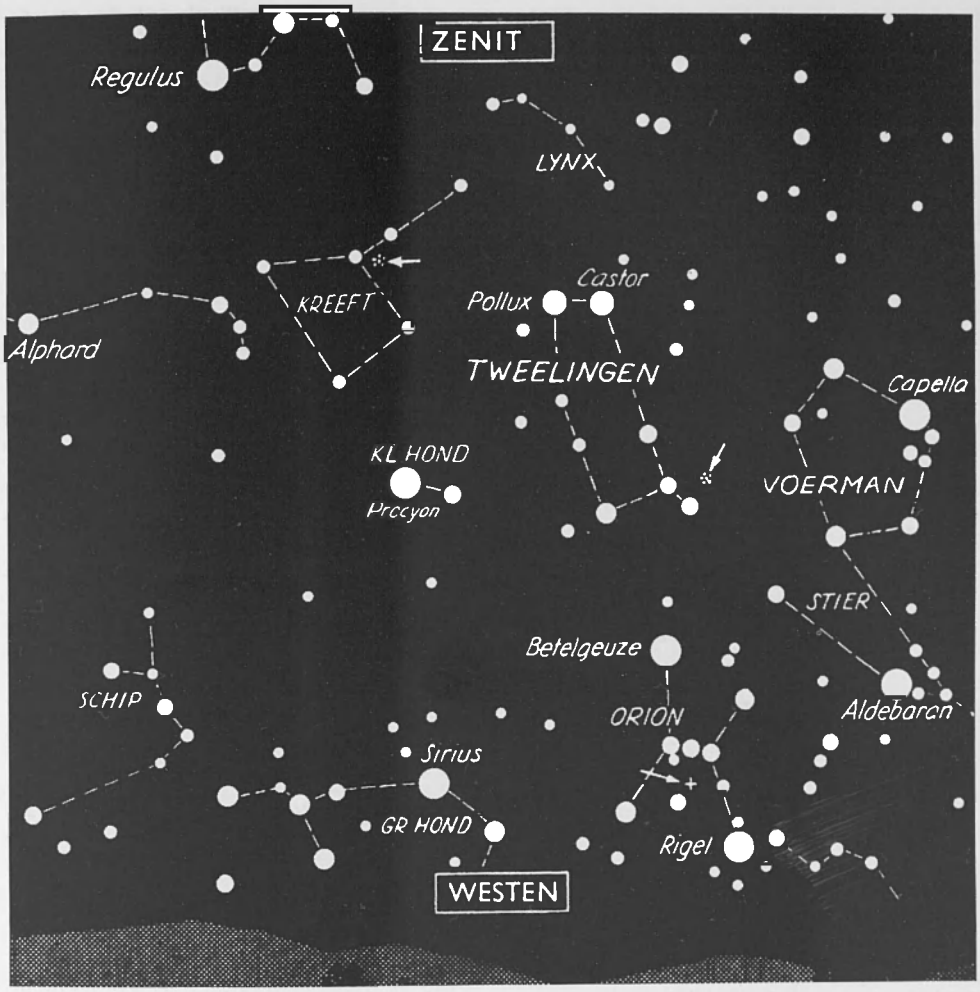


Fig. 74. Zo ziet Mars er in een zeer grote sterrekijker uit.



De westelijke hemel op:

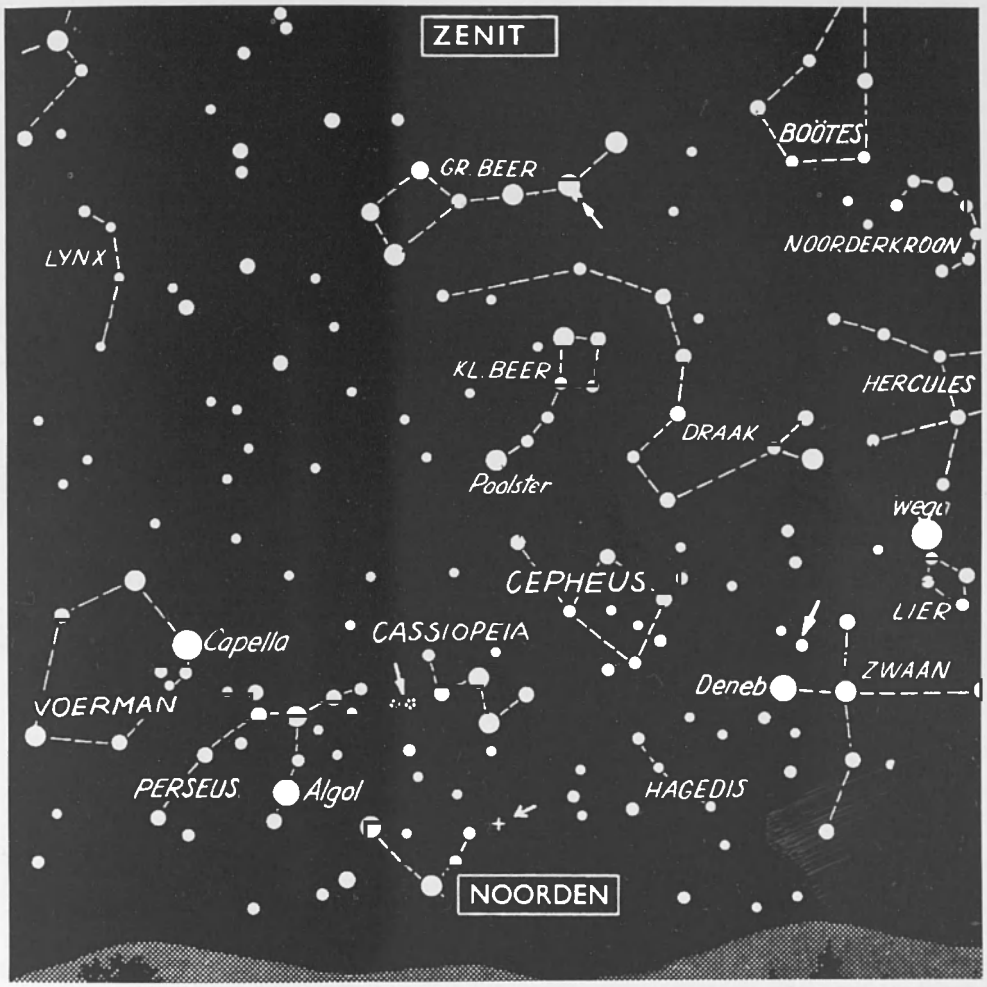
1 mei	21 uur		
1 april	23 uur	15 april	22 uur
1 maart	24 uur	15 maart	23 uur
1 februari	2 uur	15 februari	1 uur
1 januari	4 uur	15 januari	3 uur
1 december	6 uur	15 december	5 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

Recht voor ons in het noorden staat het W-vormige beeld van Cassiopeia. Iets hoger, boven dit beeld, staat de Poolster, die tot de Kleine Beer behoort. Daarboven, hoog in het zenit, staat de Grote Beer. Wie goede ogen heeft, zal onder de tweede staartster een klein sterretje zien, het ruitertje. In de verrekijker zijn die beide sterren duidelijk gescheiden te zien (blz. 157). Het verlengde van de staart van de Grote Beer wijst naar het sterrenbeeld Boötes. Tussen de Grote Beer en de Kleine Beer slingert zich de Draak. Zijn kop wijst naar het sterrenbeeld Hercules. Tussen Hercules en Boötes ligt de Noorderkroon.
Wega is de hoofdster van de Lier. In de Lier de dubbelster ε, afstand componenten 208''. In het sterrenbeeld Zwaan zagen de oude volkeren de gedaante van een vliegende zwaan. De hoofdster draagt de naam Deneb (= staartster). De ster 61, aangegeven door de pijl op de kaart, blijkt door de verrekijker uit 2 bij elkaar staande sterren te bestaan (fig 5, blz. 11), m = 5,5–6,3, afstand 24''. Tussen Cassiopeia en Perseus liggen 2 sterrenhopen h en χ (plaat 5, blz. 108). In de verrekijker vormen zij een mooi beeld. Algol in Perseus is een geheimzinnige ster, want hij verandert regelmatig van helderheid (blz. 96). Tot de mooiste en kenmerkende sterrenbeelden behoort de vijfhoek van de Voerman; de hoofdster heet Capella. Het sterrenbeeld Lynx is moeilijk te herkennen. De naam werd pas laat ingevoerd en het beeld dankt zijn naam aan het feit dat men 'lynxogen' moet hebben om de sterren te vinden. Boven Deneb in de Zwaan ziet men met de verrekijker de open sterrenhoop M 39, helderheid + 5, afstand 500 lichtjaar. In de Lier bij β de ringnevel M 57, in de sterrekijker een wazig vlekje, m = 8,9, afstand 1600 lichtjaar. In Hercules de bolvormige sterrenhopen M 13 op 34 000 lichtjaar met de verrekijker te zien en M 92 op 36 000 lichtjaar (zie fig. 27 op blz. 20).

---

geen spoor: ze bleken slechts een gevolg te zijn van optisch bedrog.
Daar Mars veel verder van de zon afstaat dan de Aarde, krijgt hij *minder licht en warmte*. De ruimtevaartuigen maten overdag een temperatuur van −20 °C en des nachts −80 °C. De pool van Mars meet −120 °C. De polen tonen witte ijskappen van koolzuursneeuw. Men kan niet aannemen dat er bij die temperatuur leven gedijen kan. Mars heeft 2 kleine manen, die de namen *'Phobos'* (= vrees) en *'Deimos'* (= schrik) kregen, diameter 22 resp. 13,5 km, ontdekt 17 augustus 1877.
De rode planeet Mars heeft altijd de aandacht van de mens getrokken. Hij is na Mercurius en Pluto de kleinste planeet, maar ook de planeet die het meest op de Aarde lijkt.
Mars komt om de 25-27 maanden in oppositie met de zon en is dan goed zichtbaar. Hij kan de Aarde tot op 55 miljoen km naderen. De plaats van zijn rotatie-as en de duur van de rotatie om die as gelijken veel op die van de Aarde, zodat er dagen, nachten en jaargetijden zijn, net als bij ons. Die jaargetijden zijn langer dan bij ons, omdat de omlooptijd veel groter is. Het opvallendst zijn de beide witte Poolkappen van Mars, die geregeld met de jaargetijden afsmelten. In de zuidelijke Marszomer verdwijnt de zuidelijke kap geheel.
Met het lanceren van ruimte-sondes trad het onderzoek van Mars in een nieuw stadium. Van 1962 tot 1989 werden in totaal 16 onbemande sondes naar Mars gelanceerd, waarvan er 10 resultaat hadden, nl. Mariner 4, 6, 7, Mars 2 en 3, Mariner 9 en Mars 5 en 6 en de Viking 1 en 2. De Mars 2, 3, 5 en 6 waren Russische sondes, de overige Amerikaanse. Als eerste seinde Mariner 4 in juli 1965 de eerste 21 foto's van het Marsoppervlak op 9600 km afstand. Deze omvatten 1/100 van de Marsoppervlakte, en toonden verrassend veel kraters, zodat het Marsoppervlak op de maan scheen te lijken. Dat is slechts ten dele juist, zoals in 1969 bleek uit de gegevens van Mariner 6 en 7, die 200 foto's seinden. Zij toonden aan dat de kraters zich bijna uitsluitend in de donkere oppervlaktegebieden en hun randzones bevinden, terwijl heldere gebieden slechts weinig kraters tonen. Veel kraters zouden van vulkanische oorsprong kunnen zijn.
Mariner 6 registreerde weliswaar maximale oppervlakte-temperaturen tussen +16 °C en +21 °C, doch temperaturen ver onder het nulpunt zijn regel.



5
Noord

De noordelijke hemel op:

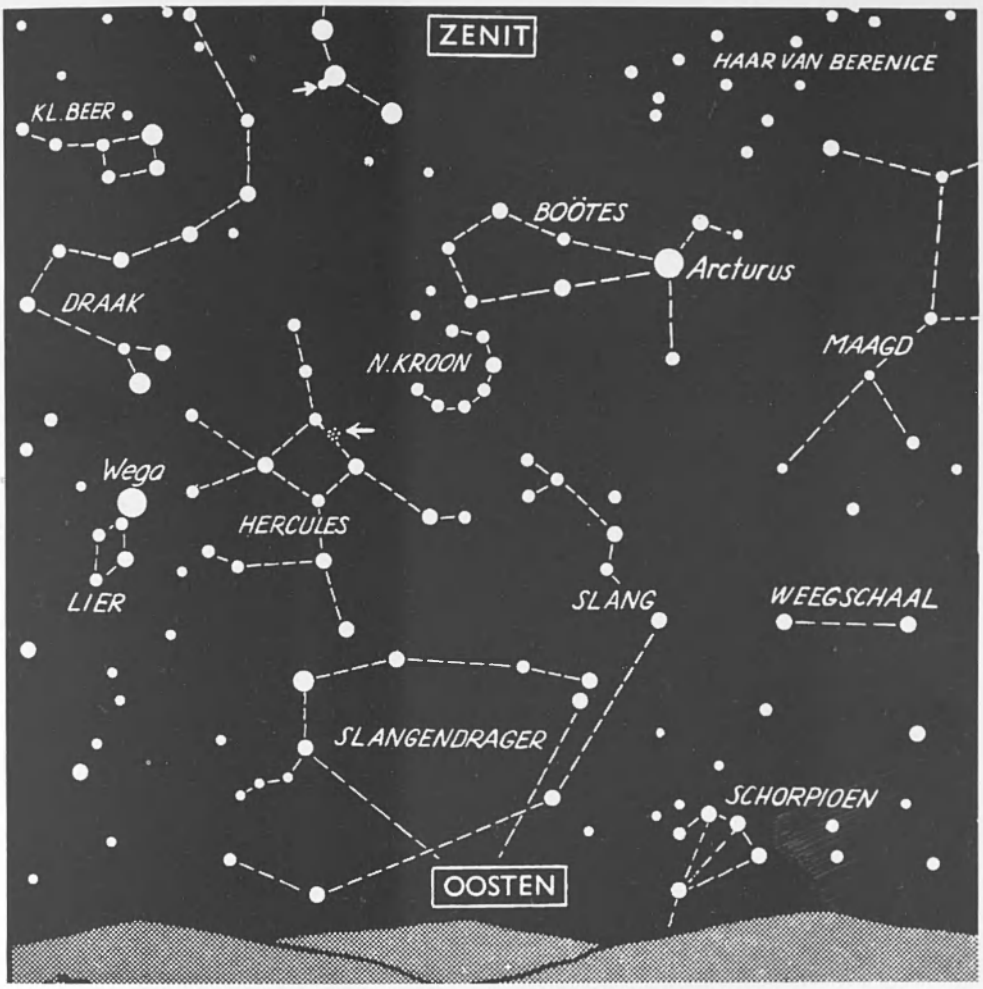
1 mei	23 uur	15 mei	22 uur
1 april	1 uur	15 april	24 uur
1 maart	2 uur	15 maart	1 uur
1 februari	4 uur	15 februari	3 uur
1 januari	6 uur	15 januari	5 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

Wat de sterrenkaart toont –

Boven de kim staan de Slangendrager, de Slang en de Schorpioen. Het helderste zijn de sterren van de Schorpioen, waarin men de scharen van een schorpioen kan herkennen. Boven de Slang staat de Noorderkroon met de heldere ster Gemma (= edelsteen). Het sterrenbeeld Hercules is tamelijk uitgestrekt, met de verrekijker of kleine sterrekijker ziet men er de bolvormige sterrenhoop M 13 in. Van Hercules uit komt men gemakkelijk aan het sterrenbeeld de Lier met de heldere hoofdster Wega.
Boven Hercules begint de Draak, die zich tussen Kleine en Grote Beer slingert. Het verlengde van de staart van de Grote Beer, dat net nog op de kaart staat, wijst naar Arcturus in Boötes. Verlengt men de lijn nog verder, dan komt men bij de Maagd. Tussen Maagd en Schorpioen ligt de Weegschaal. De hoofdster α is dubbel, met de verrekijker te scheiden, daar de afstand der componenten 230'' bedraagt.
Hoog in het zenit staan de sterren van het Haar van Berenice. Het sterrenbeeld bestaat uit een onduidelijk aantal kleine sterren, die met het blote oog slecht te zien zijn, maar in de verrekijker een fraai beeld geven. Bij de hoofdster α van de Slang de bolvormige sterrenhoop M 5, helderheid 6,2, afstand 36 000 lichtjaar. In Hercules de bolvormige sterrenhopen M 13 en M 92, en in de Jachthonden op 40 000 lichtjaar M 3. In de Slangendrager de bolvormige hopen M 10 en M 12 op 36 000 lichtjaar elk. Alle zijn in de verrekijker te zien.

In 1971/72 konden Mars 2 en 3 talrijke wetenschappelijke metingen uitvoeren en die toonden aan, dat de vochtigheidsgraad van de Marsdampkring belangrijk lager is dan die van de dampkring van de Aarde.
Als laagste nachttemperatuur op de Marsequator werd −130 °C gemeten. De stofwolken op Mars bestaan uit zeer kleine deeltjes. Terwijl het landingsgedeelte van Mars 2 hard tegen de bodem sloeg, gelukte het op 3 dec. 1971 het landingsgedeelte van Mars 3 zacht te doen landen, maar na 20 seconden gaf de elektronica erin het op. Mariner 7 bracht de voorlopige beslissing over de poolkappen: zij bestaan hoofdzakelijk uit bevroren koolzuur.
De Marsdampkring bleek zeer ijl. Aan de oppervlakte van de planeet heerst een druk van minder dan 1/100 atmosfeer. De dampkring bestaat uit 95% koolzuur, kleine hoeveelheden koolmonoxyde en zeer weinig waterdamp. Na de Mariner 7 volgde in 1971 de Mariner 9. Deze vloog niet voorbij, maar werd in een baan rond Mars geschoten, waarvandaan het toestel foto's begon te maken. Eerst hinderde een ongemeen felle stofstorm het zicht op de Marsoppervlakte. De chemische samenstelling van het stof bleek meer dan 55% siliciumoxyde (zand) te zijn.
Gedurende 349 dagen kon Mariner 9 meer dan 7300 foto's maken. Zij vormen de grondslag voor een topografische kaart op schaal 1:5 000 000, waarop meer dan 8000 kraters van meer dan 15 km middellijn staan. De Mariner 9 ontdekte hierbij ook een paar kolossale vulkanen, die overigens niet meer werken. Ook de beide manen van Mars (Phobos en Deimos) werden van nabij gefotografeerd. Het zijn kleine onregelmatige rotsblokken met talrijke kraters.
In 1973 zonden de Russen vier sondes tegelijk: Mars 4-7 naar Mars. Twee ervan, Mars 5 en 6, hadden veel succes. Mars 5 ging in een baan rondom Mars lopen en seinde metingen en goede foto's. Mars 6 toonde aan dat Mars een magneetveld heeft, maar dat dit uiterst zwak is.
Mars 6 liet bovendien op 48 000 km hoogte een landingsgedeelte los, waaruit een bundel instrumenten met valscherm afgeworpen werd, dat bij het dalen druk, temperatuur en chemische samenstelling van de Mars-dampkring mat. Deze metingen duurden tot 2,5 minuut vóór de zachte landing.
Op 20 juli 1976 landde tenslotte de Amerikaanse Viking 1 en in september 1976 landde Viking 2. Toen toonde men voor de eerste keer stikstof in de Mars-dampkring aan, een voor elk levensproces noodzakelijk element. Het aantonen van de aanwezigheid van leven op Mars gelukte tot dusver niet, hoewel de



5
Oost

De oostelijke hemel op:

1 mei	23 uur	15 mei	22 uur
1 april	1 uur	15 april	24 uur
1 maart	2 uur	15 maart	1 uur
1 februari	4 uur	15 februari	3 uur
1 januari	6 uur	15 januari	5 uur

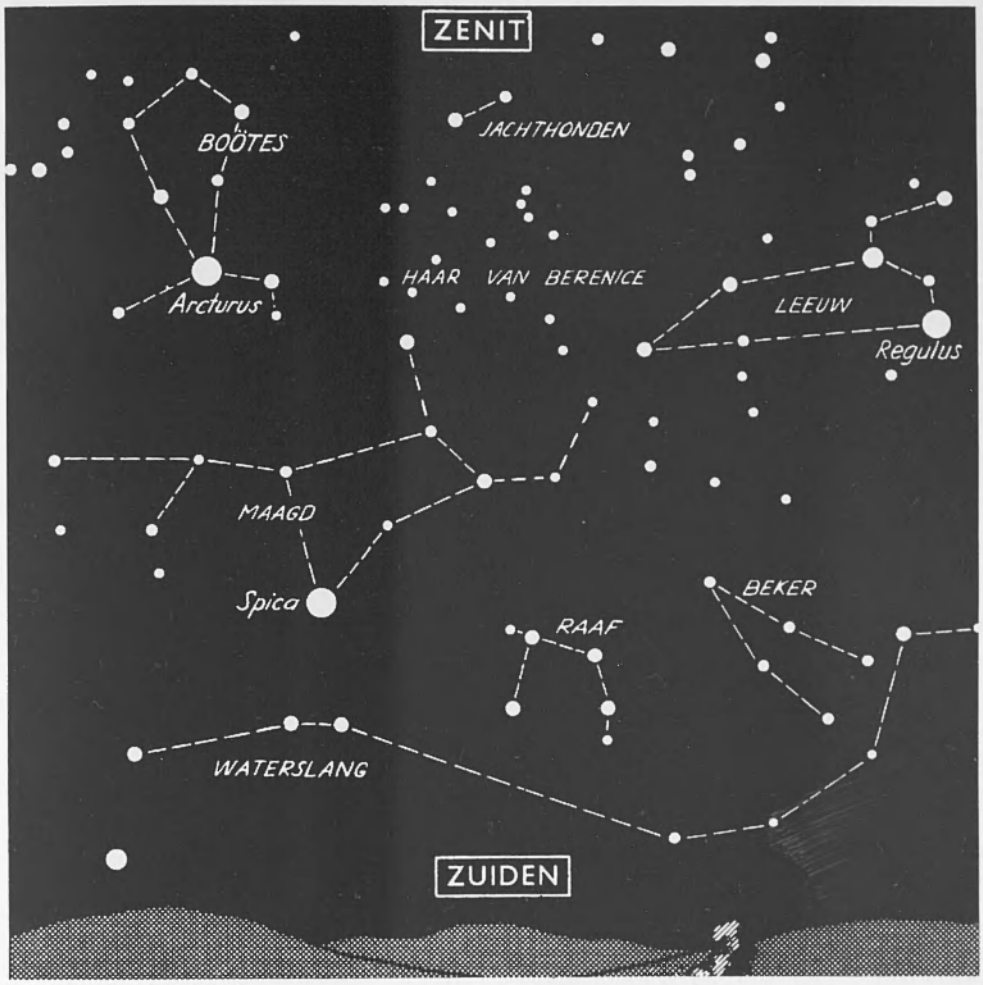
De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker

Bij de kim staat de uitgebreide sterrengroep van de Waterslang. De weinig in 't oog vallende sterren ziet men alleen in heldere, maanloze nachten. Boven de Waterslang staan de beide kleine beelden Raaf en Beker.
Hoger staat de Leeuw, waarin men gemakkelijk de figuur van een liggende leeuw ziet. Regulus, de koningsster, vormt het hart van de Leeuw. Het Haar van Berenice bestaat uit een verzameling kleine sterren, die met het blote oog niet te zien zijn, maar een dankbaar object voor de verrekijker of kleine sterrekijker vormen. Boven het Haar van Berenice zien we de Jachthonden. Tot de opvallendste sterren in het zuiden behoort Arcturus, de heldere hoofdster van Boötes. Trekt men van Arcturus een lijn naar de kim, dan komt men aan de Maagd met de heldere hoofdster Spica (= korenaar). Rechts van Spica is de tweede ster (op de splitsing) de dubbelster γ; afstand componenten 5'', met sterrekijker te zien. Bij de 'H' van Haar van Berenice bolvormige sterrenhoop M 53, helderheid 7,6 (verrekijker), afstand 60 000 lichtjaar. De dubbelster 24 in het Haar van Berenice, 5,2–6,7, 20''. Spiraalnevel M 100 in het Haar van Berenice op 14 miljoen lichtjaar. Alles in de verrekijker te zien.

Fig. 75. Op deze foto van Mars zijn kraters en een uitgedroogde rivierbedding te zien. Foto: USJG.

aanwezigheid van grote hoeveelheden water in de diepere lagen van Mars niet uitgesloten wordt geacht. Verschillende oppervlakteformaties lijken op rivierbeddingen (fig. 75), maar het is niet zeker of er water of lava doorheen heeft gestroomd.
Het gehalte aan argon in de Mars-dampkring schijnt lager te zijn dan de aanvankelijke metingen door de Russische sondes leerden. De zuidelijke poolkap bestaat uit koolzuur, maar de noordelijke kap (die nooit helemaal verdwijnt) ook uit ijs. Als interessant bijprodukt verkreeg men door de analyse van de radiosignalen van de Vikings de definitieve bevestiging van Einsteins algemene relativiteitstheorie (geformuleerd in 1916).
Van 1976 tot 1988 zijn er geen lanceringen geweest naar Mars, maar in 1988 is een ambitieus Russisch Marsprogramma van start gegaan. Dit programma voorziet in een aantal zeer interessante lanceringen in de jaren negentig en later, en vormt wellicht de voorbereiding van een bemande vlucht nog later.

Tussen de banen van Mars en Jupiter gaapt een groot gat. Kepler kwam al spoedig op de gedachte dat zich in dat gat nog een planeet moest bevinden, die door zijn kleinheid niet ontdekt is. Maar pas in het begin van de 19de eeuw gelukte het een der hier vermoede kleine planeten te vinden. Op 1 januari 1801 ontdekte de Italiaanse sterrenkundige Piazzi een kleine 'ster' van de 8ste grootte (zie blz. 110), die zich op de wijze van de planeten voortbewoog. Hij gaf de nieuwe planeet de naam *Ceres*. Spoedig bleek er nog een groot aantal zulke kleine planeten te zijn in het gat



De zuidelijke hemel op:

1 mei	23 uur	15 mei	22 uur
1 april	1 uur	15 april	24 uur
1 maart	2 uur	15 maart	1 uur
1 februari	4 uur	15 februari	3 uur
1 januari	6 uur	15 januari	5 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

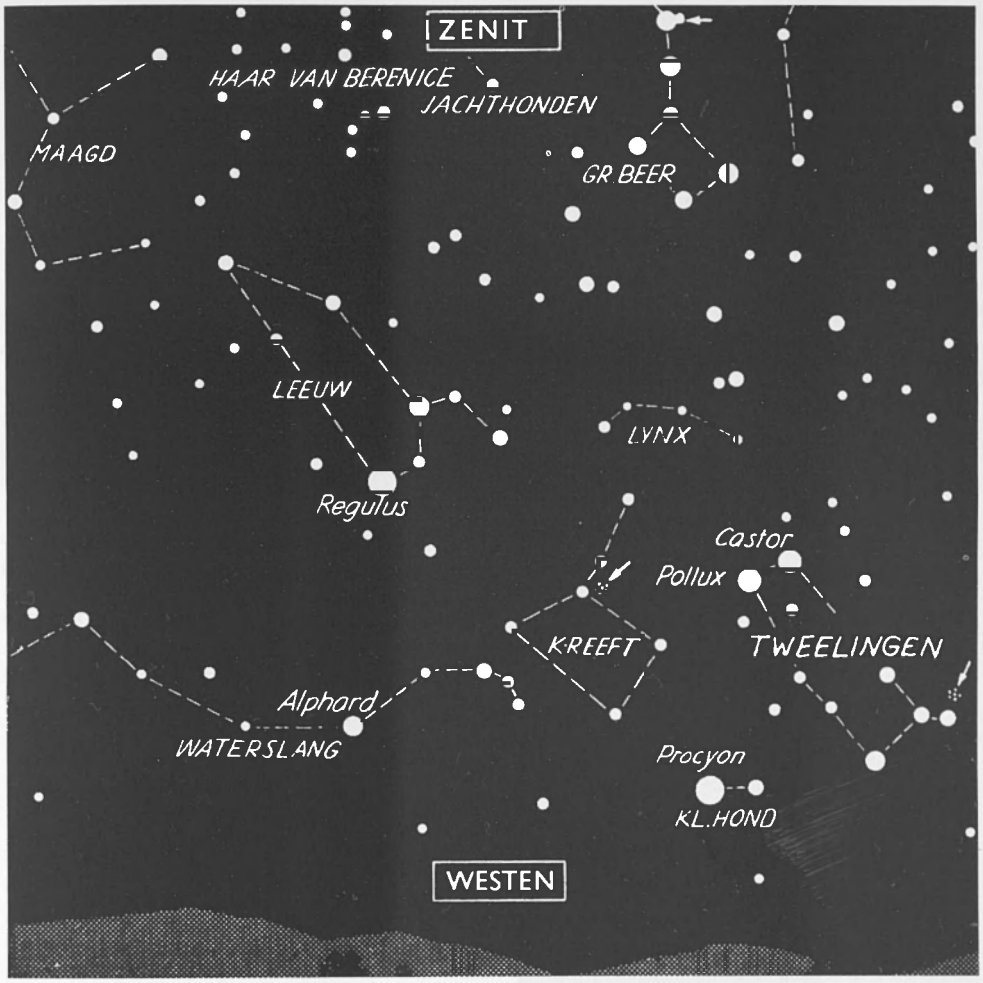
Wat de sterrenkaart toont →

Het opvallendste sterrenbeeld in het westen is het op halve hoogte staande beeld van de Leeuw met de hoofdster Regulus, die het hart van de Leeuw vormt. Tamelijk precies in het westen, lager dan de Leeuw, staat de Kreeft, een belangwekkend sterrenbeeld voor de verrekijker of kleine sterrekijker. We zien daar de sterrenhoop M 44, Krib. Onder de Kreeft, spoedig ondergaande, staat de Kleine Hond met de heldere hoofdster Procyon. In het n.w. staat het uitgestrekte sterrenbeeld de Tweelingen met de hoofdsterren Castor en Pollux. Ook in de Tweelingen staat de sterrenhoop M 35. De ligging is op de kaart aangegeven. Men zal M 35 moeilijk kunnen zien omdat hij tamelijk dicht bij de kim staat. Boven Kreeft en Tweelingen staat de Lynx, die moeilijk is te zien. De Lynx behoort niet tot de vanouds bekende sterrenbeelden, maar werd eerst tamelijk laat zo genoemd.
Hoog in het zenit staat de Grote Beer. Bij de tweede staartster, die op de kaart nog juist te zien is, staat een klein sterretje, het ruitertje, Alkor genoemd (fig. 92, blz. 157). Men moet goede ogen hebben om dit sterretje gescheiden van de tweede staartster te zien. In de verrekijker lukt dat natuurlijk wel. Ook het Haar van Berenice is voor waarneming met de verrekijker geschikt, want die sterrengroep bestaat uit een aantal zwakke sterren die met het blote oog slecht te zien zijn. In het Haar van Berenice dubbelster 24 (5,2–6,7) op 20'', spiraalnevel M 100 op 14 miljoen lichtjaar, de bolvormige sterrenhoop M 53, m = 7,6 op 60 000 lichtjaar.

---

tussen Mars en Jupiter. Wij kennen tegenwoordig meer dan 3000 van die kleine planeten, *planetoïden* genaamd, wier banen precies berekend zijn, zodat men ze telkens weer kan terugvinden. Men vermoedt dat er zeker 40 000 planetoïden zijn.
Het merkwaardigste van de planetoïden is hun buitengewoon *kleine* afmeting. Bij vele bedraagt de middellijn 20 km of minder, slechts 20 hebben een middellijn van meer dan 100 km. Vesta meet 380 km, Ceres 740 km, Pallas 480 km, Juno 200 km. Deze kleine afmeting en het grote aantal van de planetoïden deed lange tijd vermoeden dat we hier met de *resten van een uiteengespatte planeet* te maken hebben. Tegenwoordig weten wij dat deze veronderstelling onjuist is.
Onder de kleine planeten zijn er enkele die buitengewoon dicht bij de Aarde komen. Dat is in de eerste plaats *Eros*, die in 1898 ontdekt werd. Dit hemellichaam kan de Aarde tot op 22 miljoen km naderen. De middellijn van Eros bedraagt 20 km.
Planetoïden zijn tot nu toe nog niet bezocht door ruimtetoestellen, maar daar komt verandering in. De Galileo zal op zijn tocht naar Jupiter twee keer een planetoïde aandoen, namelijk in 1991 en 1993. Voor de Saturnussonde Cassini is in 1997 ook zo'n ontmoeting gepland.

Jupiter. Van de zwerm der dwergachtige planetoïden leidt de weg naar *Jupiter*, de reus onder de planeten. Zijn diameter bedraagt 11× de diameter van de Aarde en de massa bedraagt 318× de massa van de Aarde. Een goede voorstelling van de grootte van Jupiter krijgt men als men weet dat de oppervlakte van de Aarde 120× op de oppervlakte van Jupiter gelegd kan worden. Jupiter kan de Aarde tot op 583 miljoen km naderen. Hij heeft voor zijn omloop om de zon ongeveer *12 jaar* nodig en draait in 10 uur om de as. Na Venus is Jupiter de helderste planeet.
Jupiter heeft *16 manen.* De ontdekking van de 4 grootste vond in 1610 plaats, kort na de ontdekking van de sterrekijker. De 5de maan vond men pas in 1892, de 4 andere in later jaren, de 10de en 11de in 1938, de 12de in 1951 en de 13de in 1975. De 14de, 15de en 16de maan werden in 1979 door de ruimtevaartuigen Voyager 1 en 2 ontdekt. De 4 grootste manen zijn op heldere, maanloze nachten in een goede verrekijker en nog beter in een kleine sterrekijker gemakkelijk te zien. Wat men dan ziet is indrukwekkend als men de loop der 4 grote manen om Jupiter volgt.
Jupiter is door een dicht wolkendek omgeven. In een sterrekijker ziet men banden en strepen evenwijdig aan de equator. Merkwaardig is de rode vlek, die reeds op een tekening van 1664



5
West

De westelijke hemel op:

1 mei	23 uur	15 mei	22 uur
1 april	1 uur	15 april	24 uur
1 maart	2 uur	15 maart	1 uur
1 februari	4 uur	15 februari	3 uur
1 januari	6 uur	15 januari	5 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

We zien nu in het noorden de mooiste sterrenbeelden. Hoog boven de kim schittert de Grote Beer. Boven de tweede staartster kan wie goede ogen heeft het ruitertje waarnemen, anders is het sterretje goed met de verrekijker te zien (blz. 157). Verlengt men de afstand tussen de beide voorste sterren van de Grote Beer 5×, dan komt men aan de Poolster, die tot de Kleine Beer behoort. Tussen Grote en Kleine Beer slingert zich de Draak, de kop is gericht naar Hercules. In Hercules zelf zien we sterrenhoop M 13. Hoog in het zenit staat de Noorderkroon. In het n.o. staat Wega in de Lier. Iets lager staat de Zwaan met de heldere hoofdster Deneb. De ster 61 met de pijl zien we met het blote oog als één ster, maar door de verrekijker als twee die vlak bij elkaar staan. De kop van de Zwaan β is ook dubbel, afstand componenten 35''. m = 3.2–5.4. Hun kleuren zijn blauw en oranje.
Tussen de kim in het noorden en de Poolster staat het W-vormige beeld Cassiopeia. Tussen Cassiopeia en Perseus ligt de dubbele sterrenhoop (blz. 158 en plaat 5, blz. 108) h en χ, elke hoop bestaat uit 350 sterren, afstand 4400 lichtjaar, onderlinge afstand 50'. Capella is de helderste ster in de vijfhoek van de Voerman.
In het n.w. staan de Tweelingen met de beide hoofdsterren Castor en Pollux. Hoger, boven die twee, zien we de onopvallende Lynx. Ook de Hagedis is, omdat zij uit onopvallende sterren bestaat, moeilijk te vinden. In de Zwaan de open sterrenhoop M 39.

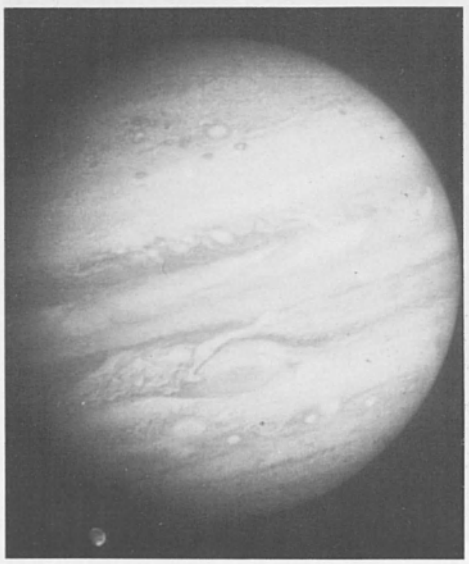
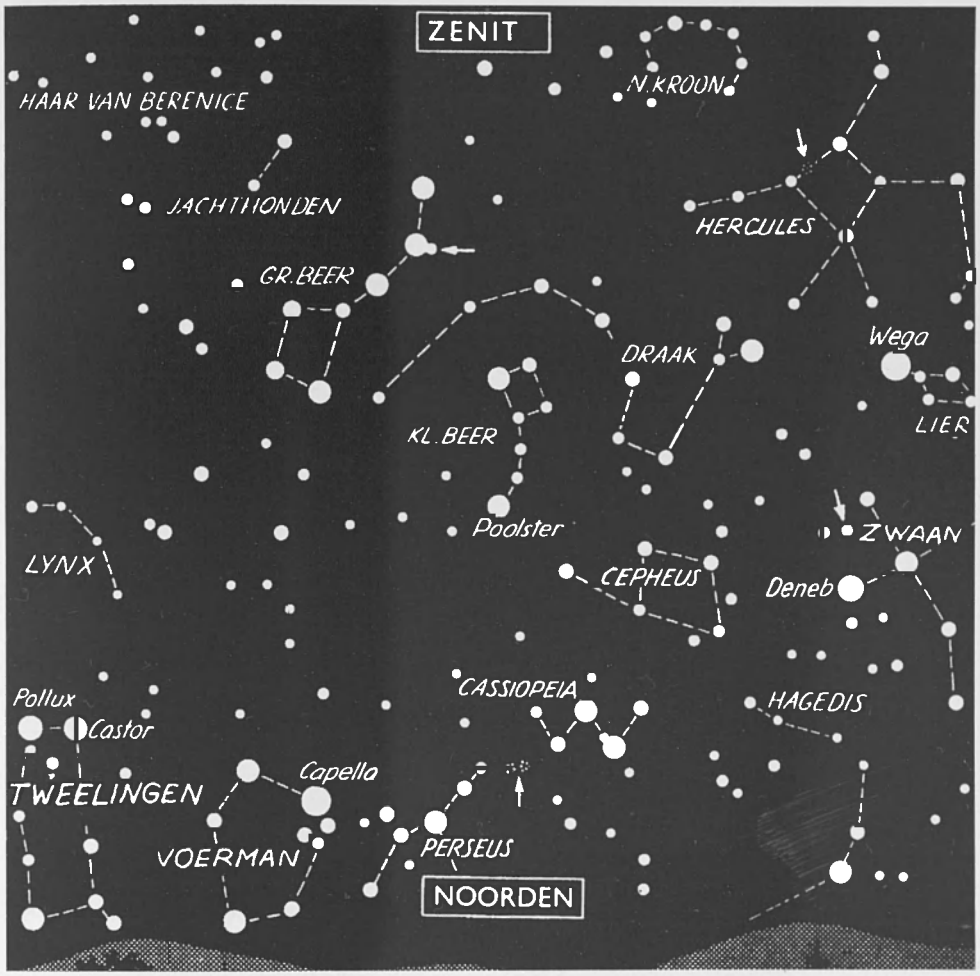


Fig. 76. De reuzenplaneet Jupiter met linksonder zijn maan Ganymedes, gefotografeerd door de ruimtesonde Voyager 1. Iets onder het midden van de Jupiter-schijf is de beroemde Rode Vlek zichtbaar, waarvan de diameter even groot is als die van de Aarde. Foto: NASA.

staat. Deze rode vlek bleek later een enorm stormsysteem in de Jupiter-atmosfeer te zijn; deze storm woedt al eeuwen.
Merkwaardig is dat Jupiter (evenals Saturnus overigens) veel meer straling uitzendt dan hij van de zon ontvangt. Blijkbaar is Jupiter een soort mislukte ster, die door zijn te geringe gewicht nooit tot ontbranding is gekomen. Jupiter heeft geen vaste oppervlakte, maar is een enorme vloeistofbol. De planeet heeft een sterk magneetveld en een stralingsgordel.
Tot op dit moment is Jupiter door vier ruimtesondes bezocht, namelijk de Pioneers 10 en 11 in 1973 en 1974 en de Voyagers 1 en 2 in 1979. De Pioneers waren vrij lichte toestellen, die niet in staat waren zeer gedetailleerde foto's te maken. De Voyagers konden dit wel en onderzochten zowel Jupiter als zijn grote manen uitvoerig. Ze deden hierbij een aantal verbluffende ontdekkingen, die wij in het kort opsommen.
Jupiter bleek (net als Saturnus) een *ring* te bezitten, die natuurlijk wel veel ijler is dan de Saturnusring. De wolken in de kolkende atmosfeer van Jupiter bestaan uit ammoniakkristallen. Bliksem en poollicht zijn op Jupiter aanwezig. De grote *manen* van Jupiter verschillen sterk in uiterlijk. De binnenste ervan, Io, is bezaaid met enorme vulkanen, die voor formidabele uitbarstingen zorgen. Naast Venus was hiermee een tweede 'hel' in het zon-



De noordelijke hemel op:

1 juni	23 uur	15 juni	22 uur
1 mei	1 uur	15 mei	24 uur
1 april	3 uur	15 april	2 uur
1 maart	4 uur	15 maart	3 uur
1 februari	6 uur	15 februari	5 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

nestelsel ontdekt. De tweede maan, Europa, is zeer glad met breuken; het oppervlak bestaat uit ijs. De twee overige grote manen, Ganymedes en Calisto, zijn zwaar bekraterd en bestaan ook voor een groot deel uit ijs: het zijn 'vuile sneeuwballen'.
Na de passage van Jupiter vliegen alle vier de sondes op den duur het zonnestelsel uit. De Pioneer 11 en de beide Voyagers deden echter ook nog Saturnus aan. De Voyager 2 heeft bovendien nog Uranus (in 1986) en Neptunus (1989) van dichtbij bestudeerd.
Het volgende bezoek – tevens het laatste van deze eeuw – van een sonde aan Jupiter vindt plaats in 1995. De in 1989 gelanceerde Galileo zal vanuit een baan om Jupiter jarenlang het Jupiterstelsel bestuderen. Tevens wordt een capsule afgeworpen in de planeetatmosfeer, die de samenstelling in detail kan meten.

Buiten de baan van Jupiter loopt de een na grootste planeet, *Saturnus*. Deze planeet heeft een enorm grote ring om zich heen, waardoor hij in de telescoop als een bijzonder fraai object te zien is. Hij staat bijna tien keer zo ver van de zon als de Aarde, is tien keer zo groot en 95 keer zo zwaar. De planeet loopt in 29,5 jaar rond de zon. De ring werd voor het eerst in 1656 door Huygens als zodanig herkend en is zeker 280 000 km in diameter, maar slechts een paar kilometer dik. Tegenwoordig kennen wij 23 manen. Een ervan is groter dan onze maan en heeft een dichte atmosfeer. Acht andere hebben een middenlijn variërend tussen de 300 en 1500 km en de overige zijn maar enkele tientallen kilometers in diameter.
Saturnus werd tot nu toe door drie ruimtesondes bezocht, namelijk de Pioneer 11 en de Voyagers 1 en 2. De passages van deze ruimtevaartuigen vonden plaats in 1979, 1980 en 1981. Net als bij Jupiter maakten deze sondes vele gedetailleerde opnamen van de planeet, zijn ringen en de manen. De ring (die uit talloze kleine deeltjes bestaat) bleek enorm veel structuur te vertonen en heeft daarmee iets weg van een grammofoonplaat. Het buitenste deel is een dun ringetje, dat tijdens de Voyager-1-passage een merkwaardige gevlochten structuur bleek te vertonen. Een jaar later waren deze vlechten verdwenen. Waarschijnlijk veroorzaken twee maantjes bij deze ring deze wisselende vormen.
Saturnus zelf is een afgeplatte vloeistofbol, die in ongeveer elf uur ronddraait. Ook is hier sprake van een kolkende atmosfeer met ammoniakwolken. De planeet heeft een sterk magneetveld.
De manen werden eveneens goed onderzocht en veranderden in één klap van nietige puntjes in ijsbollen met bekraterde oppervlakten. De grootste maan Titan is mogelijk bedekt met een oceaan die bestaat uit vloeibaar ethaan en heeft een mistige atmosfeer. De druk is 2 à 3 atmosfeer. Hiermee is Titan de enige maan in het zonnestelsel met een dichte atmosfeer. Deze atmosfeer bestaat uit stikstof, methaan en stoffen als blauwzuur. Als er regen valt, gebeurt dat in de vorm van vloeibare stikstof. Of dit waar is zullen wij weten in 2003, als de Cassini een capsule laat landen op deze bizarre wereld.

Twee keer in zijn omloop keert Saturnus de zijkant van zijn ring naar ons toe. Dit zijn de gunstigste gelegenheden om vanaf de Aarde naar manen te zoeken. In 1966 werd bij zo'n gelegenheid de 10e maan Janus ontdekt. In 1980 waren de omstandigheden weer gunstig, zodat vrijwel gelijktijdig met het Voyager-onderzoek een aantal nieuwe manen vanaf de Aarde werd ontdekt. Hierdoor steeg het aantal bekende manen in korte tijd van 10 tot 23. Merkwaardig was, dat de Voyagers aantoonden dat Janus niet één, maar twee manen was! Deze twee manen beschrijven een vrijwel identieke baan rondom Saturnus en naderen elkaar van tijd tot tijd zeer dicht. Mogelijk zijn het de brokstukken van een en dezelfde maan die door een inslag in tweeën is gespleten.
Merkwaardig was ook de vorm van de maan Hyperion, die bij nader onderzoek een soort schijf bleek te zijn. De overige manen waren rond. De maan Japetus is aan één kant bedekt met een bijna zwarte laag. Inderdaad is de

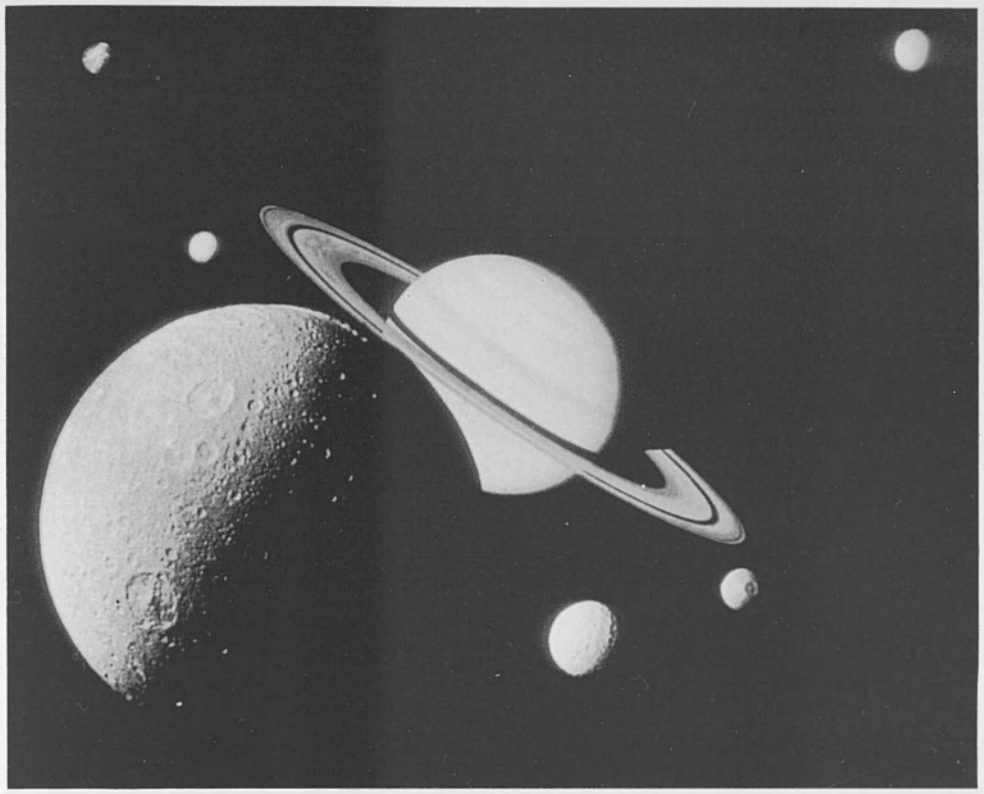


Fig. 77. Samengestelde foto, gemaakt door de Voyager 2 van de geringde planeet Saturnus en enkele van zijn manen. Van klein naar groot op de foto zijn dat Enceladus, Rhea, Titan, Mimas, Tethys en Dione. Foto: NASA.

maan als hij rechts van Saturnus staat veel helderder dan wanneer hij links staat.
Na de spectaculaire Voyager-ontmoetingen is het een tijd stil geweest rondom deze planeet. Maar thans zijn er vergevorderde plannen voor een nieuwe missie, Cassini, als gezamenlijk Amerikaans-Europees project. Deze sonde wordt in een baan om Saturnus geschoten en zal het Saturnus-stelsel enkele jaren bestuderen. Een hoogtepunt zal de eerder genoemde Titan-landing zijn. Zoals gezegd komt de Cassini pas in 2003 bij Saturnus, dus ruim twintig jaar na zijn voorgangers.

In 1781 ontdekte Herschel dat buiten Saturnus nog een verder weg staande planeet liep. Hij kreeg de naam *Uranus*. Uranus staat meer dan 2 miljard km van de zon en heeft voor zijn baan om de zon *84 jaar* nodig. Uranus heeft 15 manen. De grootste 5 meten honderden kilometers en heten Miranda, Ariel, Umbriel, Titania en Oberon. De middellijn van Uranus is 8× die van de Aarde en de planeet is 15× zwaarder dan onze planeet. Hij wentelt in 16 uur om zijn as. De rotatieas staat zodanig in de ruimte dat wij beurtelings tegen de noordpool en de zuidpool aankijken. Er is een dichte atmo-

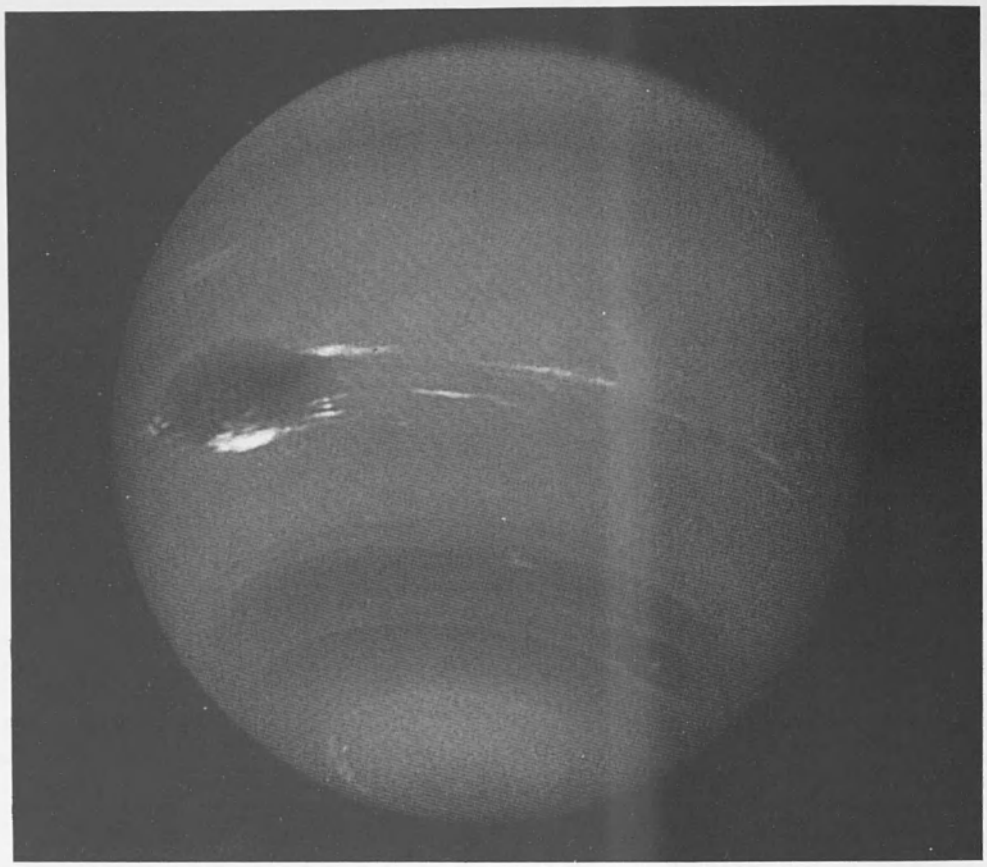


Fig. 78a. De planeet Neptunus, in 1989 gefotografeerd door de Voyager 2. Let op de Grote Donkere Vlek, links op de Neptunus-schijf: deze structuur is vergelijkbaar met die van de Rode Vlek op Jupiter (zie fig. 76, blz. 86).

sfeer. In 1977 werd gevonden dat ook Uranus een ring heeft. Uranus werd in 1986 bezocht door de Voyager 2 en bleek een planeet zonder oppervlaktedetails te zijn. Er werd een magneetveld ontdekt dat sterk gekanteld was ten opzichte van de draaias. Tien nieuwe manen werden ontdekt en een ervan werd zelfs in detail gefotografeerd. De grootste vier manen waren fluweelzwart; Miranda vertoonde wonderlijke geologische structuren. Het lijkt alsof die maan opnieuw gevormd is uit brokstukken van een vroegere, uiteengevallen maan. De gekantelde rotatieas van Uranus is wellicht veroorzaakt door een kosmische botsing in een ver verleden. Zo'n kanteling zou ook het fragmenteren van de oorspronkelijke manen en de latere nieuwvorming verklaren. Wellicht is ook de scheve magneetas een litteken hiervan. Helaas ziet het er niet naar uit dat Uranus binnen twintig jaar opnieuw zal worden bezocht.

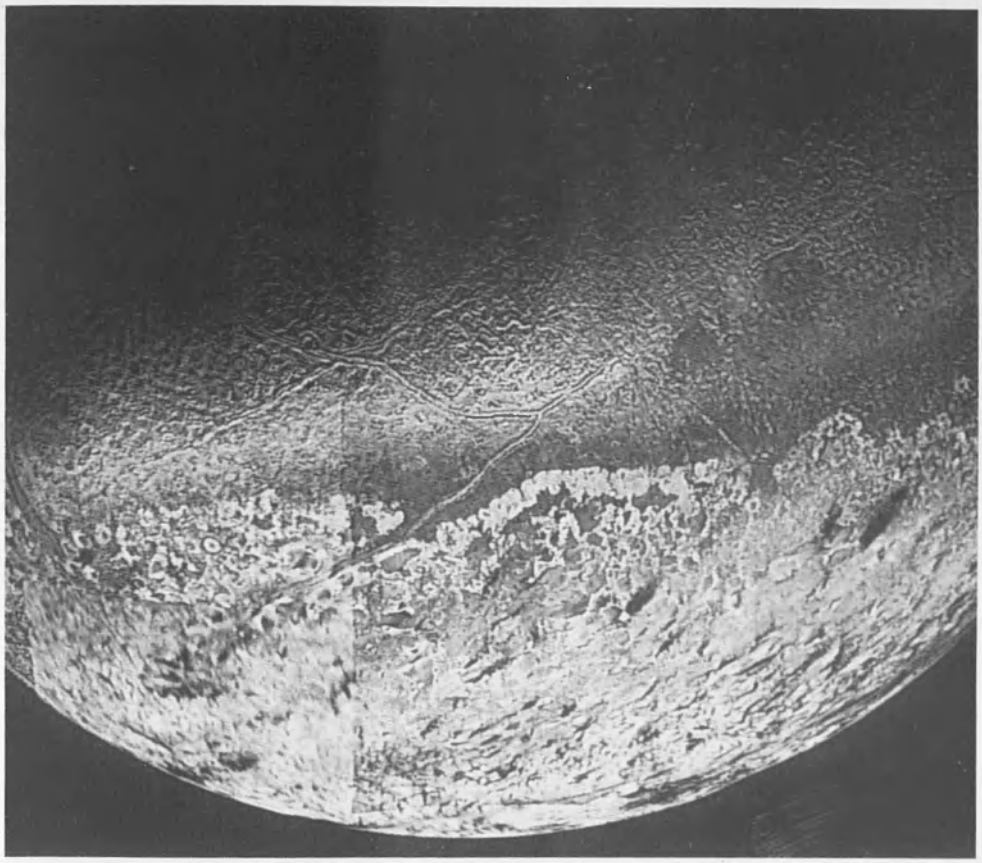


Fig. 78b. Zuidelijk halfrond van de Neptunusmaan Triton, gezien door de Voyager 2. De poolkap bestaat uit stikstof- en methaanijs. De zwarte veegjes zijn uitwerpselen van ijsvulkanen. Foto: NASA.

Op 23 sept. 1846 vond Galle met zijn kijker aan de Berlijnse sterrenwacht op de plaats die Leverrier had aangegeven, een nieuwe planeet, die de naam *Neptunus* kreeg. Neptunus loopt op een afstand van 4,5 miljard km om de zon. De omlooptijd om de zon bedraagt *165 jaar* en hij draait in 16 uur om zijn as. Hij is 7× zo groot als de Aarde en 17× zo zwaar. Neptunus heeft 8 manen, waarvan er 6 ontdekt zijn door de Voyager 2 tijdens zijn passage in 1989. Zeven ervan zijn klein, eentje (Triton) heeft een diameter die te vergelijken is met die van onze maan. Triton is de enige grote maan in ons zonnestelsel die 'verkeerd' om zijn planeet draait. Als gevolg hiervan moet Triton op den duur op Neptunus te pletter slaan.

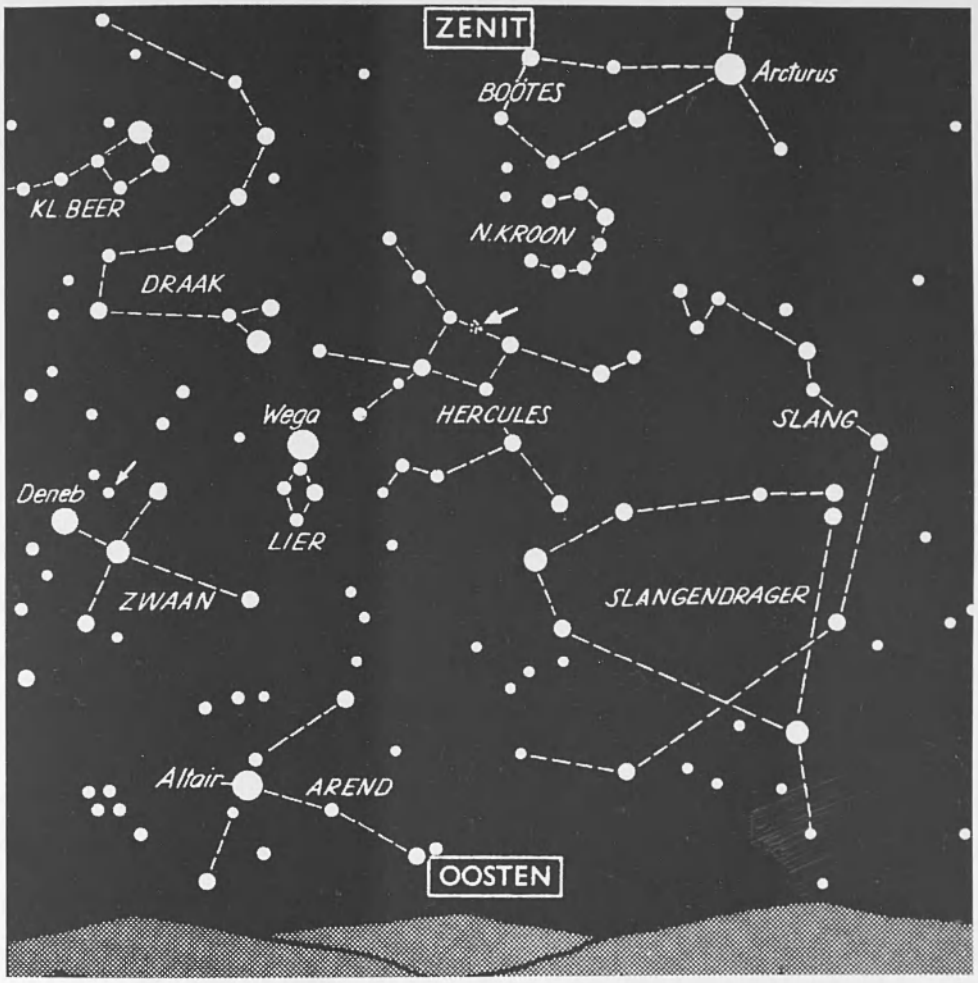
Het bezoek dat de Voyager 2 in 1989 aan Neptunus bracht was de afsluiting van een reis die twaalf jaar had geduurd. Het leverde een aantal verbluffende resultaten op. In tegenstelling tot Uranus heeft Neptunus een kolkende at-

In het n.o. zien we de sterren van de Arend, met de heldere ster Altair. Hoger zien we de Lier met de heldere ster Wega en de Zwaan met de heldere ster Deneb. In de Zwaan zien we met de verrekijker een dubbelster (fig. 5, blz. 11). Deneb, Wega en Altair vormen een duidelijke driehoek, de zgn. zomerdriehoek. Wij vinden die zomerdriehoek in augustus ongeveer in het z. Precies in het oosten ligt het uitgestrekte beeld van Hercules, waarin een object voor de verrekijker te zien is, de sterrenhoop M 13, die op de kaart is aangegeven. Boven Hercules ligt de Noorderkroon met de heldere ster Gemma (= edelsteen). Nog hoger, in het zenit, staat Boötes met de hoofdster Arcturus, die vanwege zijn helderheid gemakkelijk is te vinden. De Slang en de Slangendrager zijn moeilijk te herkennen. Beide staan meer naar het z.o., maar hebben geen opvallende sterren. β Slang is dubbel, afstand componenten 31'', helderheid 3.7–9.5; beide blauw voor 50 mm kijker.
In het n.o. staat de Draak, de kop wijst naar Hercules. De Draak ligt tussen Grote en Kleine Beer. Bij Wega de dubbelster ε, afstand componenten 208'', helderheid 4.5–4.7. In Boötes de dubbelster μ, m componenten 4.5 en 6.7, afstand 108'' (verrekijker). Bolvormige sterrenhopen M10 en M 12 in Slangendrager, M 13 en M 92 in Hercules. Melkweg n.o.-z.o., van Zwaan naar Slang.

---

mosfeer, waarin een enorm grote vlek ronddrijft. Deze vlek is een formidabel stormsysteem, net als de Rode Vlek op Jupiter (fig. 78a, blz. 90). Deze storm woedt waarschijnlijk al eeuwenlang. Ook bleek Neptunus een ring te hebben, zodat het aantal geringde planeten is gestegen tot vier. Het magneetveld is sterk gekanteld; wat daarvan de oorzaak is, is volkomen onduidelijk.
De maan Triton bleek een bizar oppervlak met veel vulkanen te bezitten, waarvan een aantal actief is (fig. 78b, blz. 91). Deze vulkanen spugen geen lava uit (of zwavel zoals die op Jupiter en Io), maar ijs. De ijzige koude die er heerst heeft er blijkbaar voor gezorgd dat de rol die lava bij ons speelt op Triton is overgenomen door ijs. Triton heeft een atmosfeer die door de vulkanen de lucht in is geblazen. Deze is echter zeer ijl en vrijwel transparant. De polen van Triton zijn bedekt met ijskappen, die bestaan uit stikstof- en methaanijs. Waarschijnlijk groeien die aan in de winter en verdwijnen gedeeltelijk in de zomer. De meeste ijsvulkanen bevinden zich op de roze-achtige poolkap. Hoewel al deze zaken vragen om nader onderzoek, lijkt het onwaarschijnlijk dat Neptunus binnen de twintig of dertig jaar nogmaals wordt bezocht. We mogen van geluk spreken dat de NASA-vluchtleiders destijds besloten de Voyager 2 toch door te sturen naar de buitenplaneten Uranus en Neptunus.

De buitenste planeet, *Pluto*, werd in 1930 ontdekt door Tombaugh en staat ongeveer 6 miljard km van de zon. Pluto voltooit in 248 jaar een omloop rond de zon. Zijn diameter is 3000 km, waarmee het de kleinste planeet van het zonnestelsel is. Hij draait in 6 dagen en 9 uur om zijn as. In 1978 bleek de planeet tot ieders verrassing een maan te bezitten, die een diameter van 1300 km heeft. Deze maan werd Charon genoemd; hij bevindt zich op ongeveer 20 000 km van de planeet. Pluto en Charon keren elkaar altijd dezelfde kant toe.
Pluto is wel de buitenste planeet, maar soms staat hij in zijn elliptische baan toch dichter bij de zon dan Neptunus. Sommigen vermoeden dat Pluto en Charon oorspronkelijk manen van Neptunus zijn geweest, die bij een dichte passage van een ander hemellichaam weg zijn geslingerd en een eigen baan gingen volgen rond de zon. Dit hemellichaam zou dan de Neptunus-maan Triton geweest zijn, die op zijn beurt werd ingevangen door Neptunus. Voorlopig staan er geen ruimtevluchten naar Pluto op het programma.
Buiten Pluto zijn er geen planeten meer bekend. Maar er is een mogelijkheid dat baananalyses van de Pioneers 10 en 11 en de Voyagers er ooit eens een op het spoor brengen. In tabel 1 op blz. 160 zijn enkele gegevens van de planeten opgenomen.



De oostelijke hemel op:

1 juni	23 uur	15 juni	22 uur
1 mei	1 uur	15 mei	24 uur
1 april	3 uur	15 april	2 uur
1 maart	4 uur	15 maart	3 uur
1 februari	6 uur	15 februari	5 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

De helderste ster in het z. is Arcturus in Boötes. Links van Boötes staat de Noorderkroon. Men kan zonder moeilijkheden in dat sterrenbeeld de omtrek van een kroon herkennen. Meer naar het z.o. hoog aan de hemel staat Hercules, waarin zich een sterrenhoop bevindt. Met de verrekijker of kleine sterrekijker zal men op heldere nachten op de plaats van de pijl deze sterrenhoop M 13 kunnen zien. Onder Hercules staan Slang en Slangendrager, twee onopvallende sterrenbeelden, die uit zwakke sterren bestaan. Zeer kenmerkend zijn de scharen van de Schorpioen, die in het z.o. bij de kim staat. De helderste ster van de Schorpioen heet Antares, wat 'lijkend op Mars' betekent. Antares is rood, evenals Mars. Vóór ons in het z. staat nog het kleine beeld Weegschaal. In het z.w. staan boven de kim nog een paar sterren van de Waterslang. Hoger aan de hemel staat het sterrenbeeld Maagd met de heldere ster Spica (korenaar). Boven de Maagd liggen de sterren van het Haar van Berenice, die in de verrekijker een mooi beeld vertonen. Het is een verzameling van zwakke sterren. De Jachthonden vallen niet op. Het sterrenbeeld is alleen bekend, omdat er in grote telescopen de spiraalnevel M 51 in te zien is. In de verrekijker is M 51 als vlekje te zien; afstand 6 miljoen lichtjaar. In de verrekijker is α Weegschaal dubbel, afstand componenten 230'', helderheid 2.9–5.3. Bolvormige sterrenhoop M 5 in de Slang; M 53 en spiraalnevel M 100 in het Haar van Berenice.

17. Veranderlijke sterren

Bijna 400 jaar geleden, in 1596, vond Fabricius aan de ster o Walvis, dat de helderheid met een periode van 11 maanden sterk wisselt. Deze ster kreeg de naam Mira, d.w.z. de wonderlijke. Tijdens het maximum is m = 3, soms 2, en dan daalt de helderheid tot m = 10 en blijft Mira maanden lang voor het blote oog onzichtbaar. De helderheidsvariatie omvat dus ruim 7 grootteklassen. Al dergelijke sterren, waarvan de helderheid meetbaar wisselt, heten *veranderlijke sterren.* Sinds de ontdekking van Mira is het aantal bekende veranderlijken – vooral de laatste tientallen jaren – sterk toegenomen. Van de al met het blote oog zichtbare sterren is 3% veranderlijk. Inclusief de zwakkere sterren kende men in 1920 2000 veranderlijken, in 1958 waren het er meer dan 23 000 tot de 17de grootte. Dit aantal is sindsdien alleen nog maar toegenomen.

In zoverre de veranderlijken geen heldere sterren zijn met een naam, worden zij met de letters R, S, ... Z bij de naam van het sterrenbeeld aangeduid; is dat niet voldoende, dan met AA tot ZZ. Soms gaat dat niet, hoewel de gebruikte lettercombinaties voor 334 veranderlijken voldoende zijn. Dan begint de nummering met V 335, zoals in Slangendrager en Schutter. In de Slangendrager kent men meer dan 1000, in de Zwaan 800 zeer zwakke, veranderlijke sterren.

De vormen van de lichtvariatie zijn zó talrijk, dat men een classificatie invoerde. Op grond van een overeenkomst met de Internationale Astronomische Unie in 1958 worden de veranderlijke sterren uit natuurkundig oogpunt in 3 hoofdklassen ingedeeld.

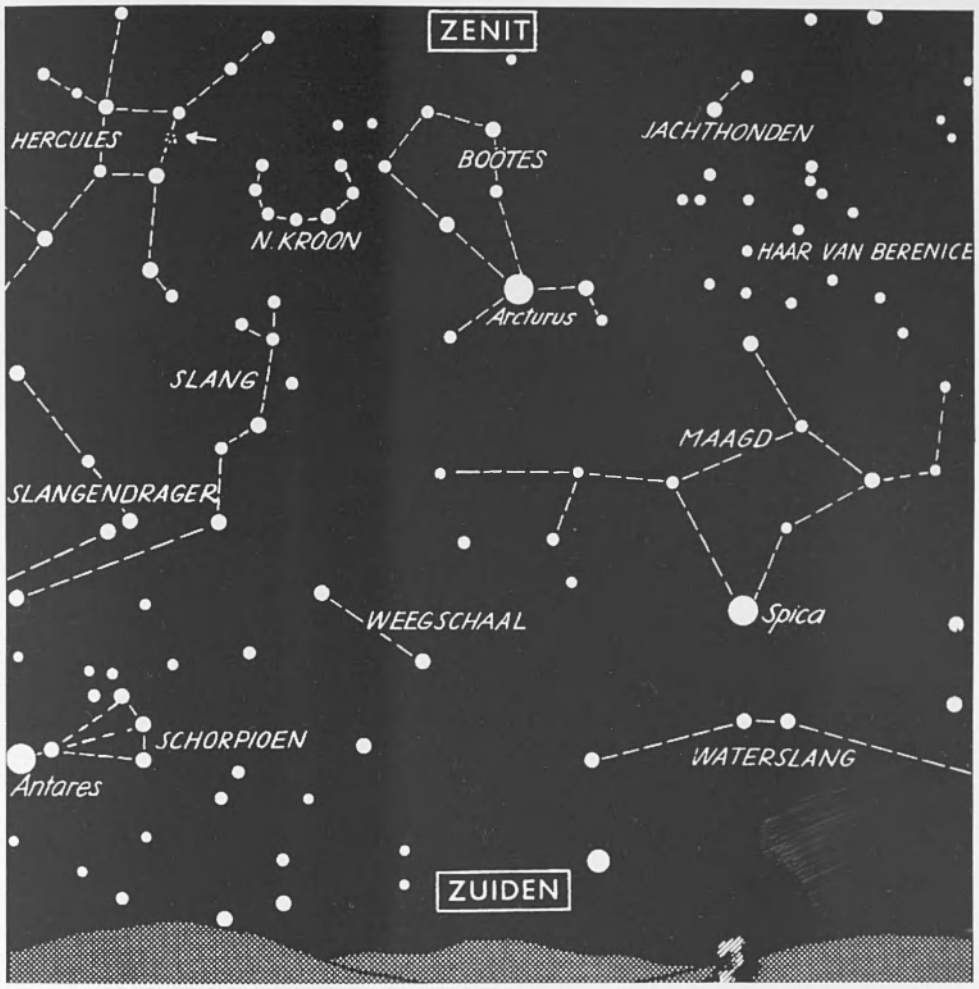
De veranderlijken van de *eerste* klasse heten *pulserende veranderlijken.* Het zijn reuzensterren en superreuzensterren van alle spectrumklassen, die lichtvariaties vertonen doordat ze periodiek uitzetten en inkrimpen.

De veranderlijken van de *tweede* klasse heten *eruptieve veranderlijken;* bij hen vindt een ongeregeld uitbarsten van de dampkring plaats.

De veranderlijken van de *derde* klasse zijn *bedekkingsveranderlijken* van het type Algol (fig. 79, blz. 96).

Natuurlijk zijn er ondertypen. Wij zullen enkele belangrijke typen nader leren kennen.

De ster *Mira,* de eerst bekende veranderlijke ster, behoort tot de eerste klasse en heeft een hele groep sterren, de *Mirasterren* een naam gegeven. Met 3650 veranderlijken is dat de grootste groep. De visuele lichtvariatie is aanzienlijk en omvat vaak 10 grootteklassen. De perioden der lichtwisseling liggen tussen 63 dagen en 1374 dagen, een maximum aantal ligt bij 270 dagen. Zowel de grootte van de lichtvariatie als de lengte van de perioden va-



De zuidelijke hemel op:

1 juni	23 uur	15 juni	22 uur
1 mei	1 uur	15 mei	24 uur
1 april	3 uur	15 april	2 uur
1 maart	4 uur	15 maart	3 uur
1 februari	6 uur	15 februari	5 uur

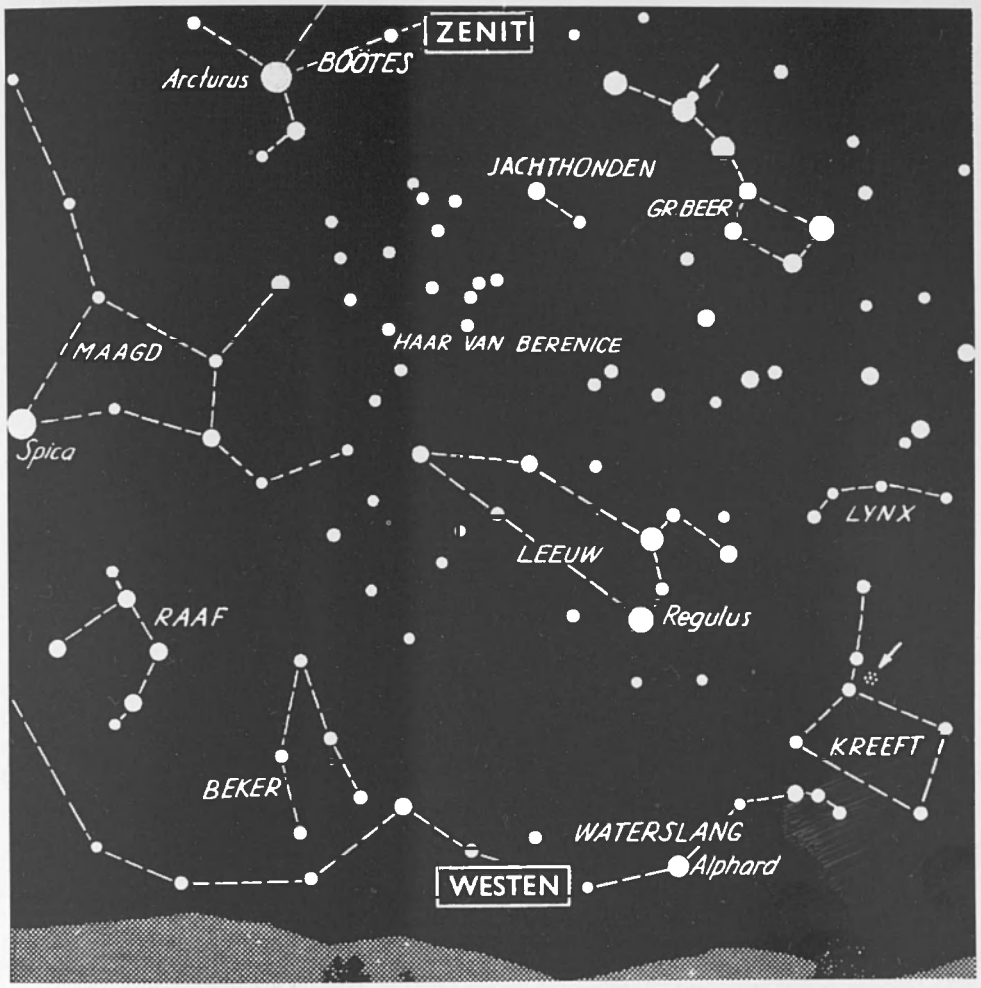
De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

Vóór ons, in het westen, staat het sterrenbeeld Leeuw met de heldere ster Regulus, de koningsster. Van maand tot maand dalen de sterrenbeelden in het westen naar de horizon en de sterren die hoog in het zenit staan, volgen hen. Het uitgebreide sterrenbeeld van de Waterslang met de enige in het oog lopende ster Alphard staat laag boven de kim.
Ten z.w. hiervan staan Raaf en Beker, waarboven de Maagd met de heldere ster Spica staat. Hoog in het zenit schittert Arcturus in Boötes. Het verlengde van de staart van de Grote Beer leidt naar de heldere ster Arcturus en verlengt men nog meer, dan komt men aan Spica. De tweede staartster van de Grote Beer heet Mizar. Wie goede ogen heeft ziet boven Mizar nog een klein sterretje, het ruitertje, ook Alkor geheten. In de verrekijker kan men die twee, vlak bij elkaar staande, sterren goed scheiden (blz. 157).
Onder de staart van de Grote Beer liggen de Jachthonden, nog lager ligt het Haar van Berenice. In de verrekijker bieden die sterren, die voor het blote oog zwak zijn, een schitterend beeld. In het n.w. staat de Kreeft. De pijl wijst op de Krib, sterrenhoop M 44, die al met een verrekijker te zien is. Boven de Kreeft ligt het onaanzienlijke beeld van de Lynx. Alleen wie 'lynxogen' heeft, kan het vinden. Met de kijker te zien bolvormige sterrenhoop M 5 in de Slang (36 000 lichtjaar), idem M 53 in het Haar van Berenice (60 000 lichtjaar) en idem M 10 en M 12 in de Slangendrager, beide op 36 000 lichtjaar.

---

rieert dikwijls. Bij Mira zelf ligt, zoals gezegd, het lichtmaximum meestal bij m = 3 en is de visuele amplitude (verschil tussen minimum- en maximumlichtsterkte) 7-8 grootteklassen. De periode van Mira is gemiddeld 331 dagen. Alle Mirasterren zijn rode reuzensterren en superreuzensterren met oppervlaktetemperaturen van 2000-4000 °C. Mira heeft een middellijn van 400 zonnestralen.
Een tweede, iets kleinere groep van de eerste klasse zijn de δ *Cepheiden*, genoemd naar de ster δ in Cepheus. De periode van lichtwisseling van δ zelf is 5,37 dagen en de amplitude m = 0.7. Men onderscheidt de langperiodieke Cepheiden met lichtwisselingsperiode van 1-45 dagen en de kortperiodieke met lichtvariatieperiode van minder dan 1 dag tot 80 minuten. Deze laatste subgroep heet *RR Lyrasterren*. Het spectrum en de radiale snelheid van deze sterren veranderen synchroon met de helderheid. Bij het helderheidsmaximum heeft de radiale snelheid de grootste negatieve waarde (naar ons toe gericht), bij het minimum de grootste positieve waarde (van ons af). De oorzaak van deze eigenschappen van de Cepheiden is gelegen in pulsaties waarbij de middellijn van de sterren omstreeks 10% van de waarde met de lichtwisselingsperiode varieert. Ook de Cepheiden zijn superreuzen; de stralen bedragen 10-150× de straal van de zon.
De Cepheiden zijn daarom zo belangrijk, omdat tussen lichtwisselingsperiode en de absolute helderheid een verband bestaat, dat het eerst aangetoond is aan Cepheiden in de Magelhaense wolk (zuiderhemel). Volgens dit verband is de absulute helderheid van een Cepheide des te groter, naarmate de periode groter is. Dit verband periode-helderheid speelt een fundamentele rol bij de bepaling van de afstand van extra-galactische nevels, want uit de waargenomen periode van een Cepheide volgt de absolute helderheid en uit deze door vergelijking met de direct waargenomen schijnbare helderheid de afstand.
De derde groep, de *bedekkingsveranderlijken*, zijn van het type Algol en worden daarom *Algolsterren* genoemd (fig. 79).

Fig. 79. Zo wordt Algol door de donkere begeleider gedeeltelijk bedekt. Staat de donkere begeleider op deze wijze tussen Algol en Aarde, dan heeft Algol de minimum helderheid. Elke 2 dagen 20 uur, 48 min., 55.4 sec. heeft die gedeeltelijke verduistering plaats.



De westelijke hemel op:

1 juni	23 uur	15 juni	22 uur
1 mei	1 uur	15 mei	24 uur
1 april	3 uur	15 april	2 uur
1 maart	4 uur	15 maart	3 uur
1 februari	6 uur	15 februari	5 uur

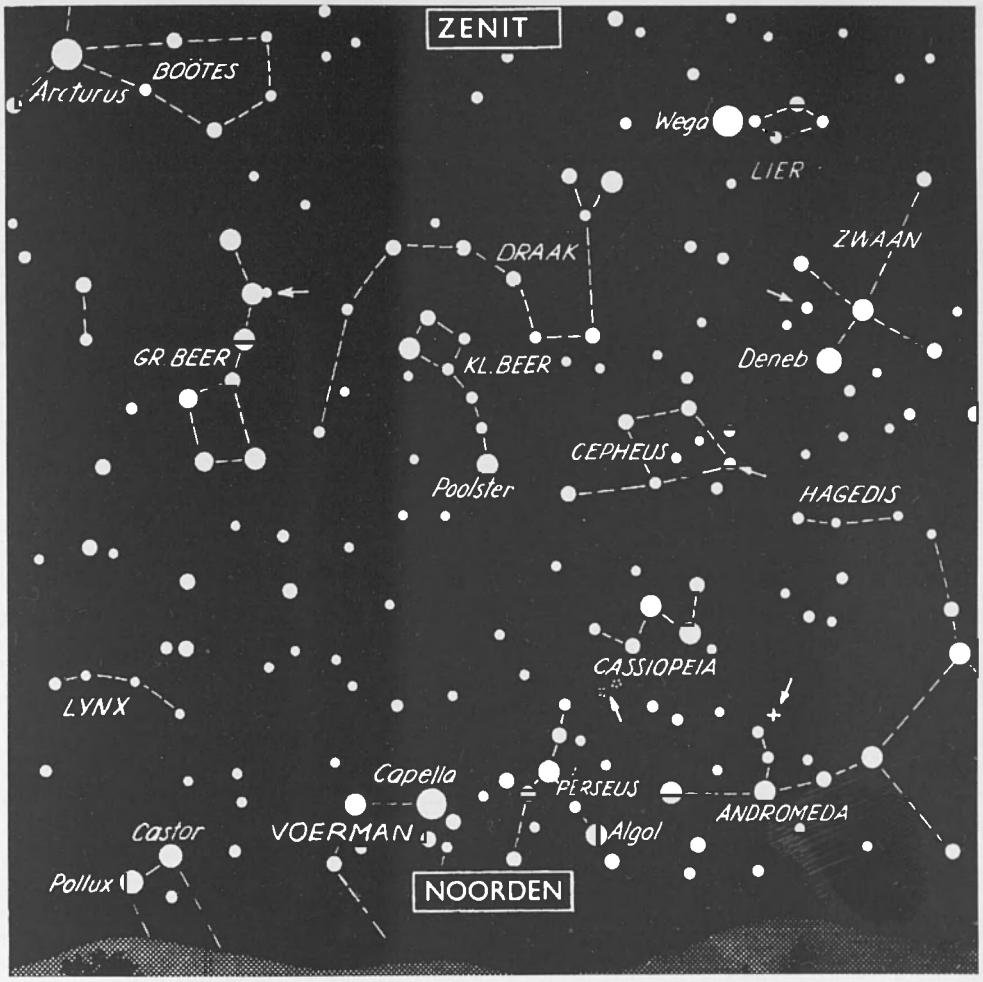
De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

Wat de sterrenkaart toont —

De helderste ster in het noorden is Capella, de hoofdster van de Voerman. Rechts daarvan staat Perseus met de veranderlijke ster Algol (fig. 79, blz. 96). In het n.w. staan nog net boven de kim Castor en Pollux, de helderste sterren van de Tweelingen. Hoger in het n.o. staat de W van Cassiopeia. Tussen Perseus en Cassiopeia liggen 2 sterrenhopen, die in de verrekijker goed te zien zijn (blz. 158 en plaat 5, blz. 108). Onder Cassiopeia staat het langgerekte beeld van Andromeda, waarop in het o. de vierhoek van Pegasus aansluit. Op de plaats van het kruis ligt de beroemde Andromedanevel, M 31, die reeds in de verrekijker als een licht wolkje zichtbaar is (blz. 158, plaat 7, blz. 138): afstand 2 200 000 lichtjaar.
Boven Andromeda en Pegasus staat de flauw schijnende Hagedis, links daarvan, iets hoger, vindt men Cepheus. Hoger, dichter bij het zenit, staat de Zwaan met de heldere ster Deneb. In de Zwaan ziet men de mooie dubbelster 61: de pijl op de kaart wijst hem aan. De ster β van de Zwaan is dubbel, afstand componenten 35''. Hoog in het zenit schittert Wega in de Lier. In het n.w. staat het bekendste sterrenbeeld: de Grote Beer. Boven de tweede staartster kan men, als men goede ogen heeft, nog een ster, het ruitertje zien, dat daarvan in de verrekijker gemakkelijk is te scheiden (blz. 157). Het verlengde van de afstand tussen de beide voorste sterren van de Grote Beer leidt naar een heldere ster, die precies in het noorden staat, de Poolster. De Poolster behoort tot het beeld Kleine Beer. Tussen de Grote en de Kleine Beer slingert zich de Draak. Hoog in het zenit staat Boötes met de opvallende ster Arcturus. Het verlengde van de staart van de Grote Beer wijst naar Arcturus. In Boötes vinden we met de verrekijker de dubbelsterren ι (afstand componenten 108'') en δ (afstand componenten 105''). De sterrenhopen h en χ Perseus tellen elk 350 sterren; afstand 4400 lichtjaar, helderheid 4.5 resp. 4.7. In de Grote Beer spiraalnevel M 101, helderheid + 9, in de verrekijker mat schijfje, 5° van η, afstand 14 miljoen lichtjaar.

Wij kennen 4000 van zulke sterren, waarvan de lichtwisselingsperioden in het algemeen tussen de 2 en 5 dagen liggen. Er is ook een bedekkingsveranderlijke met een periode van 1,78 uur en de langste periode is 200 jaar.
Algol of β Perseus is een typische vertegenwoordiger van deze groep veranderlijken. Hij werd reeds in 1667 ontdekt en heeft normaal de helderheid m = 2,2. Iedere 68 uur 48,9 min. daalt de helderheid plotseling in 5 uur tot m = 3,5 en stijgt dan in dezelfde tijd tot de vroegere waarde. De lichtkromme vertoont een grote regelmaat. Wij hebben hier te doen met een dubbelster. Het baanvlak ligt namelijk in onze blikrichting, waardoor van tijd tot tijd een onderlinge bedekking van de sterren plaatsvindt. Tijdens de bedekking van de heldere hoofdster door de donkere begeleider treedt een kortdurend scherp minimum van het licht op. Een halve omloop later is er nog een kleine daling van de helderheid, omdat dan de donkere begeleider door de hoofdster bedekt wordt.
Door een uitvoerige analyse kon men veel bijzonderheden over dit sterrestelsel te weten komen. Zo weten wij, dat Algol 96 lichtjaren van ons afstaat en zich met een snelheid van 42 km/sec. door het heelal beweegt. De middellijn van de hoofdster bedraagt 1 700 000 km, die van de begeleider 1 330 000 km. De donkere begeleider is vrijwel onzichtbaar. Alleen uit de verduistering van de hoofdster blijkt zijn aanwezigheid. *Algol* is niet de enige ster die met een donkere begeleider door het heelal trekt. Wij kennen tot op heden honderden zulke Algolsterren.
Met de Algolsterren verwant zijn de β Lyrasterren, waarbij tijdens de hele periode variaties van de helderheid optreden. Deze worden veroorzaakt doordat de beide componenten niet bolvormig, maar ellipsoïden zijn. Ook hier geeft de helderheidskromme uitsluitsel over de vorm en afmeting van de twee sterren.

Nu nog een kleine, zeer interessante groep veranderlijken, nl. de *novae* en *supernovae*. Deze behoren tot de tweede klasse, de zogenaamde eruptieve veranderlijken. Hun bestaan werd reeds in 134 v.Chr. door Hipparchus ontdekt, die plotseling een *nieuwe ster* in de Schorpioen zag opduiken. Tot 1958 werden in de Melkweg ongeveer 150 zulke



De noordelijke hemel op:

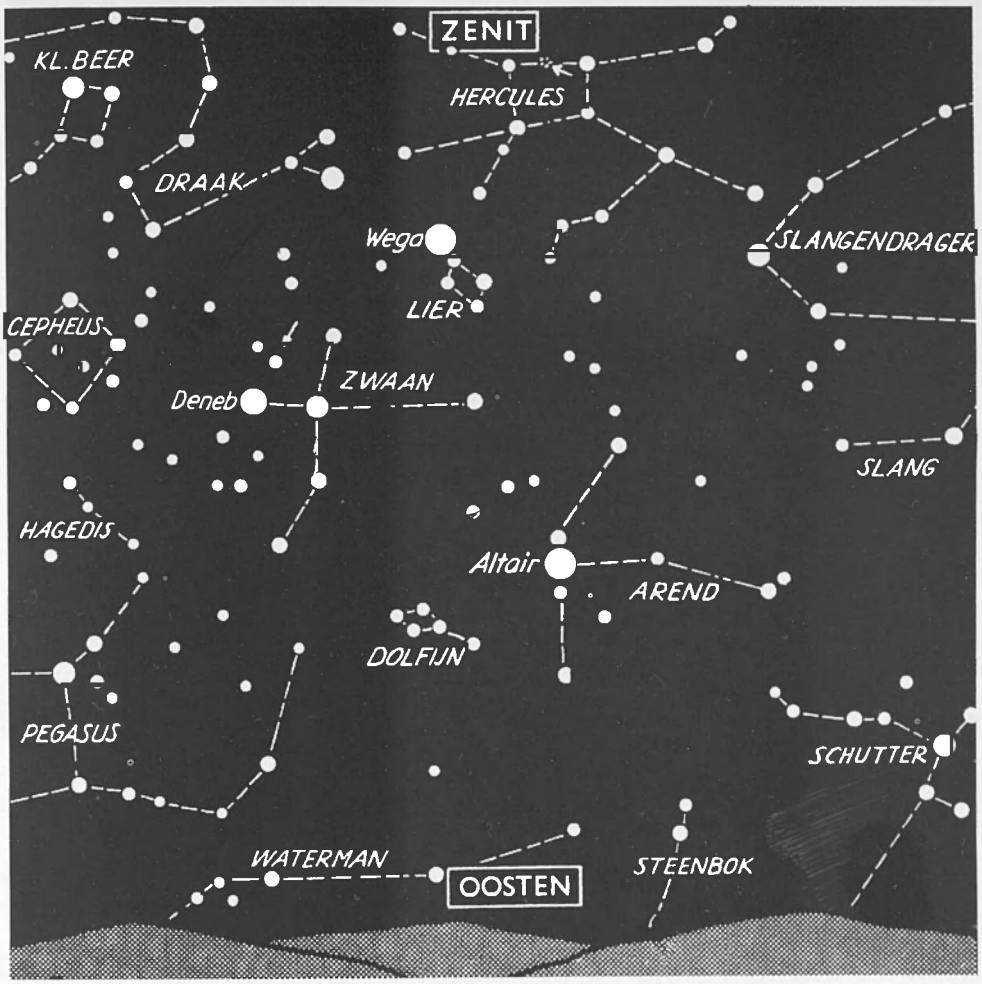
1 juli	23 uur	15 juli	22 uur
1 juni	1 uur	15 juni	24 uur
1 mei	3 uur	15 mei	2 uur
1 april	5 uur	15 april	4 uur
1 maart	6 uur	15 maart	5 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

In het oosten zien we de driehoek met de 3 heldere sterren Wega in de Lier. Deneb in de Zwaan en Altair in de Arend. Daar die driehoek in de zomermaanden des avonds te zien is, noemen we die zomerdriehoek. In het sterrenbeeld Zwaan staat ster 61, die bij waarneming door de kijker een dubbelster blijkt te zijn; de pijl op de sterrenkaart geeft hem aan. Laag aan de kim staat de Waterman; rechts van de Waterman zien we nog enkele sterren van de Steenbok. Men kan die sterren alleen op heldere, maanloze nachten zien. In het z.o. staat de Schutter, daarboven staan de Slang en de Slangendrager. In het n.o. staan nog een paar sterren van Pegasus. Tussen Pegasus en de Arend ligt het kleine beeld Dolfijn. Hierin is γ dubbel, afstand componenten 10'', m = 4.5–5.5, met 50 mm objectief te zien.
De Hagedis vindt men niet gemakkelijk. Boven de Hagedis staat de vierhoek van Cepheus. Hoog in het n.o. staat de Draak, tussen de Kleine Beer en de (op de kaart niet meer aangegeven) Grote Beer. Recht in het oosten, hoog in het zenit, staat Hercules. Op de plaats van de pijl ziet men op heldere en maanloze nachten in de verrekijker en nog beter in een kleine sterrekijker de bolvormige sterrenhoop M 13, afstand 34 000 lichtjaar. De zuidelijke Arend, ook Schild geheten, heeft een prachtige open sterrenhoop M 11, door de verrekijker te zien; afstand 4000 lichtjaar. Bij de laatste ster van Pegasus (dus bij Dolfijn) de bolvormige sterrenhoop M 15, helderheid + 6.5; afstand 42 000 lichtjaar. Dubbelsterren β Lier, β Zwaan.

---

novae ontdekt. Nader onderzoek leerde dat het bij een nova niet gaat om een nieuwe ster, maar dat op dezelfde plaats reeds een zeer zwakke ster aanwezig was. Om de een of andere reden straalt de ster plotseling met een uitbarsting van gas een deel van de materie en energie uit, waarbij de helderheid gewoonlijk binnen een paar dagen 10 grootteklassen stijgt. Daar slechts ongeveer 1/100 000 van de totale energie uitgestraald wordt, blijft de ster bestaan en vindt men – als de uitbarsting geëindigd is, wat in vele gevallen jaren duurt – op dezelfde plaats weer een zwakke ster, die nu ex-nova heet. Deze veranderingen blijken ook in het spectrum, dat een karakteristieke variatie vertoont. Vaak verschijnt de ex-nova als dubbelster met een geringe afstand tussen de componenten; de uitgestroomde materie heeft zich dan tot een kleine begeleider verdicht.
Een bijzonder type is de supernova, die 10 grootteklassen helderder wordt dan de nova en de helderheid van de zon 100-miljoenvoudig overtreft. In het spectrum ziet men expansiesnelheden tot 10 000 km/sec. De *Krabnevel* in de Stier, afstand 3000 lichtjaar, is de rest van een supernova. Op dezelfde plaats aan de hemel meldden de Chinezen in het jaar 1054 het oplichten van een nieuwe, zeer heldere ster, die zelfs overdag zichtbaar was. Sindsdien zijn er in ons Melkwegstelsel nog drie waargenomen (in 1182, 1572 en 1604). In 1987 verscheen er een heldere supernova in de Magelhaense Wolk. Dit was een sensatie, want voor het eerst in 400 jaar was er sprake van een nabijgelegen supernova, die zelfs met het blote oog zichtbaar was. De explosie is uitvoerig waargenomen, onder meer met een neutrinodetector. Een gelukkige bijkomstigheid is nog dat de ontploffende ster enkele jaren daarvoor uitvoerig bestudeerd was. Het verdere verloop van de explosie zal nog tientallen jaren worden bewaakt en een zeer volledig inzicht opleveren. Overigens worden er jaarlijks gemiddeld 20 supernovae ontdekt, maar die bevinden zich in verafgelegen Melkwegstelsels en zijn dus weinig lichtsterk. Gedetailleerde waarnemingen zoals bij de 1987-supernova zijn bij deze objecten uitgesloten.
Op blz. 162 staat een lijst van heldere, regelmatige, veranderlijke sterren.



De oostelijke hemel op:

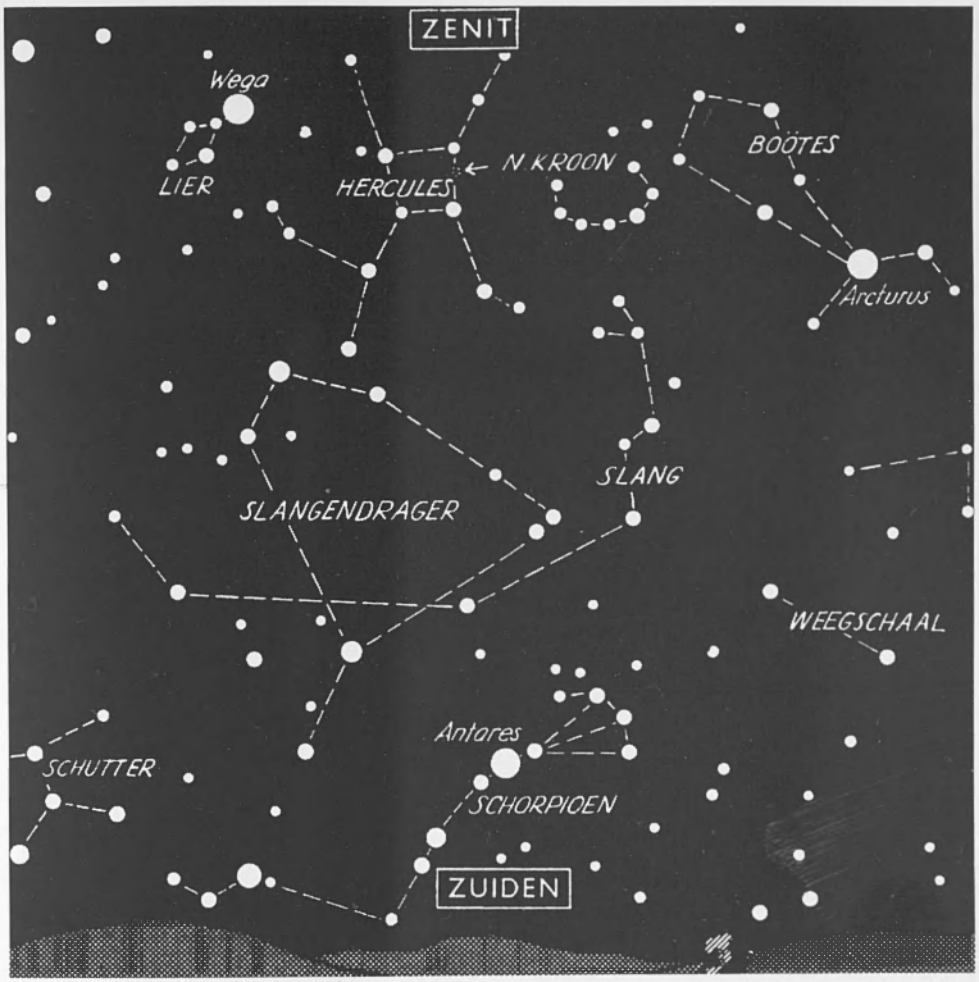
1 juli	23 uur	15 juli	22 uur
1 juni	1 uur	15 juni	24 uur
1 mei	3 uur	15 mei	2 uur
1 april	5 uur	15 april	4 uur
1 maart	6 uur	15 maart	5 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

Het helderste sterrenbeeld in het zuiden is de Schorpioen, waarin men zonder moeite de vorm van een schorpioen herkent. De heldere hoofdster heet Antares, wat 'lijkend op Mars' betekent. De ster draagt die naam, omdat de kleur op die van Mars lijkt. In het z.o. zien we nog een paar sterren van de Schutter. In de Schutter zoeken we met de verrekijker de sterrenhoop M 22, bestaande uit 70 000 sterren, afstand 22 000 lichtjaar. In het z.w. staat het kleine zwakke beeld van de Weegschaal. De ster α van de Weegschaal is dubbel; afstand van de componenten is 230''. Hoger aan de hemel en tamelijk recht in het zenit staan Slang en Slangendrager, twee sterrenbeelden die uit onduidelijke sterren bestaan. Hoog in het zenit staat Hercules, een uitgestrekt beeld, waarin vele volken ooit een knielende man zagen. Op de plaats van de pijl ziet men in de verrekijker of de sterrekijker de bolvormige sterrenhoop M 13. Helder schittert Wega in de Lier, welk beeld met behulp van de heldere hoofdster gemakkelijk is te vinden. Het verlengde van de staart van de Grote Beer (die natuurlijk in het zenit niet te zien is), wijst naar de heldere ster Arcturus in Boötes. Tussen Boötes en Hercules ligt de Noorderkroon met de heldere ster Gemma (= edelsteen).
In de Schorpioen is met de verrekijker bij Antares de bolvormige sterrenhoop M 4 te zien, afstand 23 000 lichtjaar. In de Slang met de sterrekijker dubbelster δ, afstand componenten 4'', helderheid 4,2–5,2, beide blauw, en de bolvormige sterrenhoop M 5 op 36 000 lichtjaar. Gasnevel M 8 in de Schutter, afstand 4500 lichtjaar.

18. Dubbelsterren en sterrenhopen

Hoewel elke sterrenwaarnemer verrukt is bij het zien van met het blote oog scheidbare dubbelsterren (onder zeer gunstige omstandigheden: maanloze, zeer donkere nacht, geen stadslichten, geen wegenverlichting), zoals Alkor en Mizar in de Grote Beer, θ in de Stier of ε in de Lier, beschouwt de astronoom alleen die stelsels als dubbelsterren waarbij de afstanden der componenten maar een paar boogseconden bedragen. Van de met het blote oog zichtbare sterren is ongeveer 25% dubbel en deze zijn van bijzondere betekenis, omdat wij aan hen de enig werkelijk juiste bepalingen van massa, straal en dichtheid van de sterren kunnen uitvoeren. Optische dubbelsterren, die slechts schijnbaar naast elkaar staan, zijn echter van geen betekenis. Bij de fysische (de echte) dubbelsterren, die dus om elkaar heendraaien, onderscheiden we 3 klassen: visuele dubbelsterren, spectroscopische dubbelsterren en bedekkingsveranderlijken.
Bij *visuele* dubbelsterren zijn de componenten in de kijker zichtbaar. Het aantal tot m = 9 wordt geschat op 30 000, maar van slechts 750 zijn de banen nader bepaald. De laatste grote catalogus van alle visuele dubbelsterren omvat 64 000 stelsels. De omloopstijden variëren van een paar honderd dagen tot 10 000 jaar of meer. Merkwaardig is dat de banen van de visuele dubbelsterren gewoonlijk sterk elliptisch zijn. In de tabel op blz. 163 en 164 zijn de dubbelsterren opgenomen die ook op de kaartjes staan.
Bij *spectroscopische* dubbelsterren hebben we te maken met sterren die een nauwe baan om elkaar beschrijven en dit met een enorme snelheid doen. Wij zien de lijnen in het spectrum iets verschuiven als de ronddraaiende ster van ons afgaat of naar ons toekomt, met andere woorden als de radiale snelheid verandert. Hoewel er slechts 1300 sterren met veranderlijke radiale snelheid bekend zijn die tevens dubbelsterren zijn, schat men toch het aantal spectroscopische dubbelsterren tot de 9de grootte op 33 000. De omloopstijden (perioden) liggen meestal tussen 2 en 50 dagen en de banen zijn in het algemeen vrijwel cirkelvormig.
Bij *bedekkingsveranderlijken* vindt tijdens elke omloop een bedekking en dus lichtvariatie plaats. Een typisch voorbeeld is Algol (blz. 96). Een andere opmerkelijke bedekkingsveranderlijke is ζ in de Voerman (dichtbij de heldere Capella), die ruim 60 jaar als zo-



De zuidelijke hemel op:

1 juli	23 uur	15 juli	22 uur
1 juni	1 uur	15 juni	24 uur
1 mei	3 uur	15 mei	2 uur
1 april	5 uur	15 april	4 uur
1 maart	6 uur	15 maart	5 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

Wat de sterrenkaart toont —

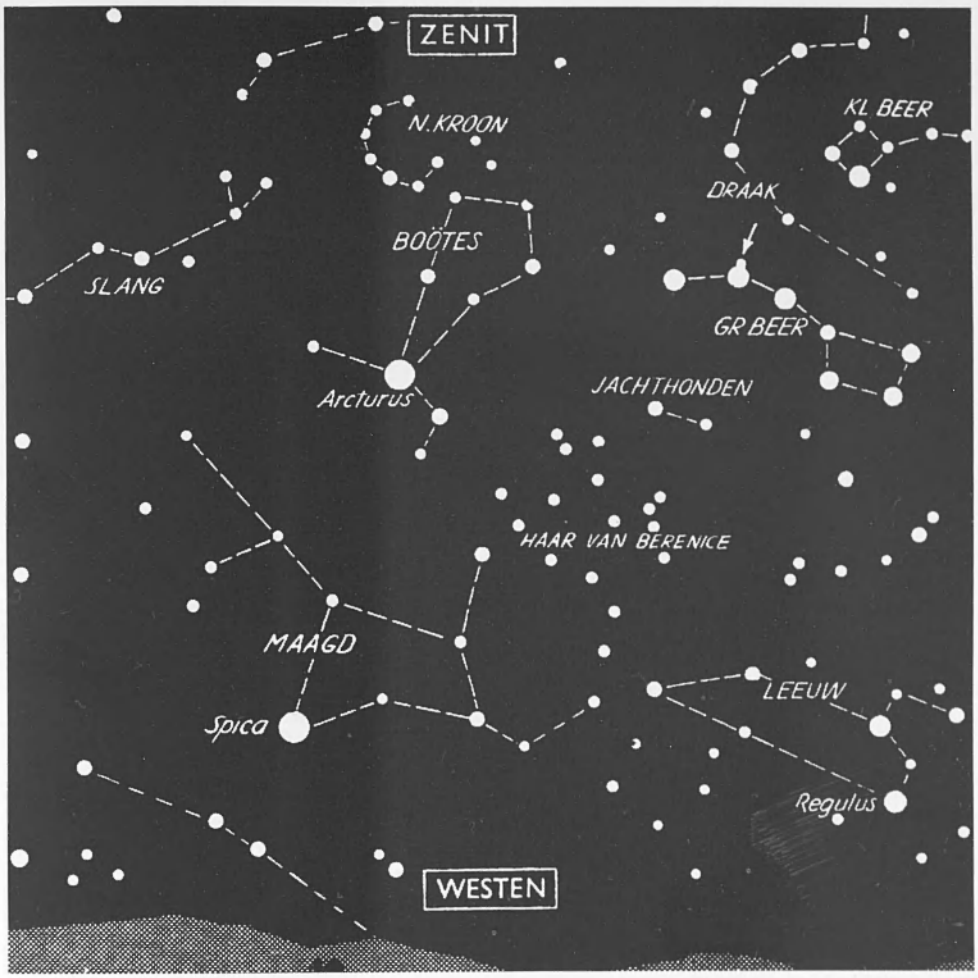
Om de sterren in het westen te leren kennen, zoekt men eerst het bekende sterrenbeeld van de Grote Beer. Tussen Grote en Kleine Beer staat de Draak. Het verlengde van de staart van de Grote Beer wijst naar de heldere ster Arcturus in Boötes. Verlengt men de staart van de Grote Beer nog meer, dan komt men bij Spica in de Maagd. Tussen Maagd en Grote Beer ligt het Haar van Berenice, een sterrengroep die uit zwakke sterren bestaat, maar waarvan het beeld in de verrekijker en kleine sterrekijker de moeite waard is.
Onder de staart van de Grote Beer liggen de Jachthonden. Grote telescopen tonen in dit beeld spiraalnevel M 51, een Melkwegstelsel buiten 'ons' Melkwegstelsel. Wie goede ogen heeft, ziet boven de tweede staartster van de Grote Beer, Mizar, nog een klein sterretje, het ruitertje. Kan men beide sterren niet afzonderlijk zien, dan is een kleine verrekijker al voldoende om ze te scheiden; onderlinge afstand 705'', m = 2.4–4.0, afstand 76 lichtjaar.
In het n.w. staat de mooie sterrengroep van de Leeuw, waarin men zonder moeilijkheden de vorm van een liggende leeuw ziet. Het hart van de leeuw wordt gevormd volgens oude voorstellingen door de heldere ster Regulus, de koningsster. Dicht bij Regulus spiraalnevel M 96 (verrekijker), helderheid 9.1 afstand 11.4 miljoen lichtjaar. In de Jachthonden met verrekijker de M 3, een bolvormige sterrenhoop op 40 000 lichtjaar.

---

danig bekend is. De hoofdster is een superreus, de begeleider heeft wel een grote oppervlaktehelderheid, maar de middellijn bedraagt slechts 1/75 deel van die van de hoofdster. Daardoor heeft de bedekking van de hoofdster door de begeleider weinig effect. Daarentegen is de bedekking van de begeleider door de hoofdster aanleiding tot interessante waarnemingen, daar het licht van de begeleider lang voor en na de eigenlijke bedekking door de ijle uitgestrekte dampkring van de reuzenster verzwakt wordt. Overigens verlopen er drie jaar tussen twee bedekkingen.

Bij de *sterrenhopen* onderscheidt men omstreeks 900 *open* sterrenhopen en omstreeks 120 *bolvormige* sterrenhopen. Beiden behoren tot ons Melkwegstelsel. Het verschil schuilt in de concentratie van de sterren. Kenmerkende vertegenwoordigers van de open sterrenhopen zijn de Plejaden (Zevengesternte), Praesepe (Krib) en de Hyaden met elk een paar honderd sterren. Ook de met het blote oog nog net zichtbare dubbele sterrenhopen h en χ in Perseus behoren hiertoe. Een open sterrenhoop is eigenlijk gewoon een plaatselijke verdichting in de Melkweg. De bolvormige sterrenhopen niet, zij omgeven de Melkweg met een gelijkmatige verdeling tot een afstand van 160 000 lichtjaar. De 3 helderste bolvormige sterrenhopen zijn M 13 (Hercules), M 22 (Schutter) en M 5 (Slang). Elk bevat tienduizenden of misschien wel honderdduizenden sterren.
De bolvormige hopen komen vooral aan de zuidelijke hemel voor en zijn vooral te vinden in de richting van het centrum van de Melkweg. Deze schijnbare a-symmetrische verdeling wordt veroorzaakt door de excentrische plaats van de zon in het Melkwegstelsel.
In de equatoriale Melkweg-zone, waar de open hopen het meest voorkomen, ontbreken de bolvormige bijna geheel. Merkwaardig is dat men in de verschillende bolvormige sterrenhopen in totaal maar liefst 1600 veranderlijke sterren heeft gevonden.

Als een verder belangrijk verschil tussen beide soorten sterrenhopen noemen we de verschillen in de radiale snelheid (blz. 120).
Terwijl de open sterrenhopen gemiddeld de kleine radiale snelheid van de vaste sterren vertonen, vindt men bij de bolvormige sterrenhopen vaak een grote radiale snelheid van honderden km/sec. De middellijn van de open hopen is gering en ligt tussen 5 en 50 lichtjaar, bij de bolvormige hopen gemiddeld bij 200 lichtjaar. In zeer dunbezaaide open hopen is de ruimtelijke dichtheid van de sterren 20-30 maal zo groot als in de omgeving van de zon, maar in het centrum van de bolvormige hopen *duizenden* malen.



De westelijke hemel op:

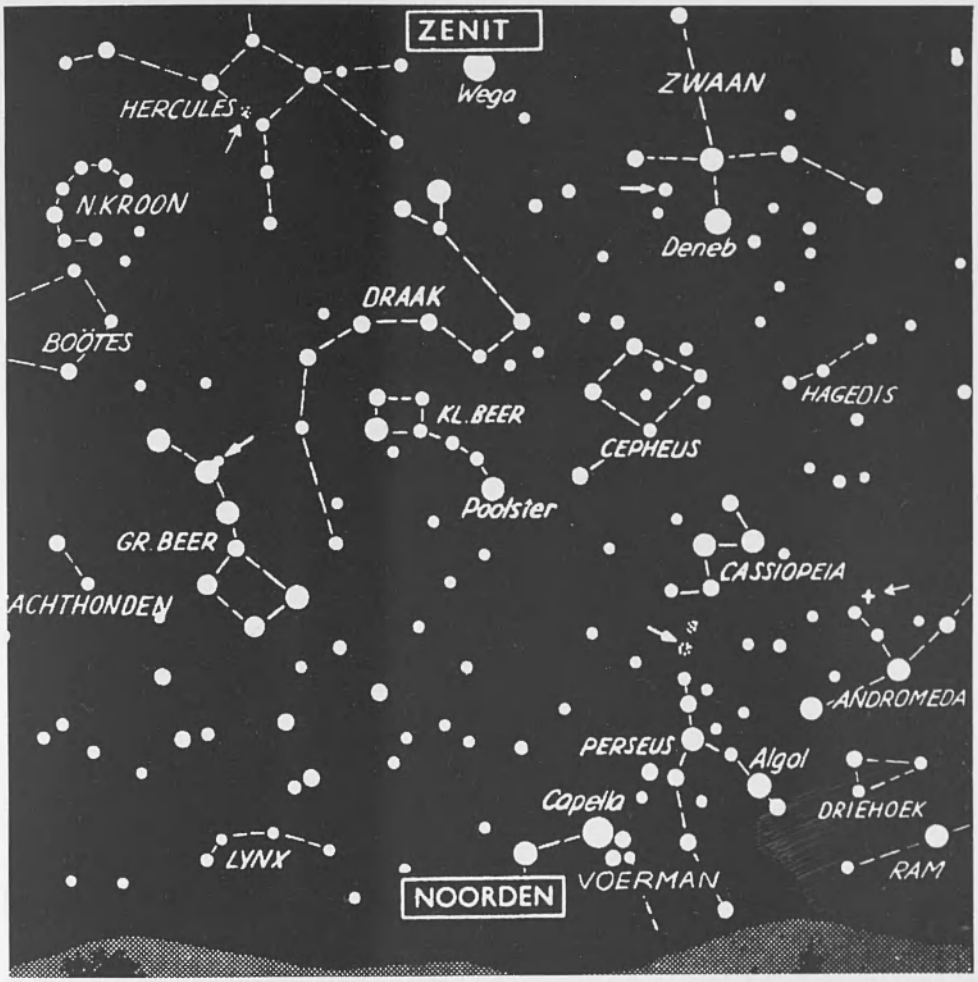
1 juli	23 uur	15 juli	22 uur
1 juni	1 uur	15 juni	24 uur
1 mei	3 uur	15 mei	2 uur
1 april	5 uur	15 april	4 uur
1 maart	6 uur	15 maart	5 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

Het kenmerkendste sterrenbeeld in het noorden is de Grote Beer. De pijl op de kaart wijst op een klein sterretje boven de tweede staartster. Het is het ruitertje en alleen wie goede ogen heeft, kan dat kleine sterretje nog naast de heldere staartster zien. In de verrekijker kan men natuurlijk goed de beide sterren scheiden (blz. 157). Het verlengde van de beide voorste sterren van de Grote Beer leidt naar de Poolster, die tot de Kleine Beer behoort. Tussen die sterrenbeelden loopt de Draak, de kop wijst naar Hercules. De pijl geeft aan waar in het sterrenbeeld in de verrekijker of sterrekijker de sterrenhoop M 13 te zien is.
Hoog in het zenit staat Wega, de helderste ster van de Lier. Rechts van Wega staat de Zwaan, waarin we met de kijker een dubbelster zien (fig. 5, blz. 11). De 5 sterren van Cepheus kan men gemakkelijk vinden. Zeer kenmerkend is de W van Cassiopeia. Lager aan de kim staat Perseus met de veranderlijke ster Algol (fig. 79, blz. 96). Tussen Perseus en Cassiopeia ziet men twee sterrenhopen (blz. 158, plaat 5, blz. 108). In het n.o. zien we Andromeda, bekend door de beroemde Andromedanevel, waarvan de plaats door een kruis is aangegeven (blz. 158, plaat 7, blz. 138). Reeds in de verrekijker ziet men die nevel als een zwak wolkje. Zeer helder schittert in het noorden Capella in de Voerman. De Voerman zelf is niet helemaal te zien, daar een paar sterren nog onder de horizon staan. Onduidelijk zijn Driehoek, Ram, Lynx en Jachthonden. In de Driehoek is met lichtsterke verrekijkers de nevel M 33 te zien, afstand 1 800 000 lichtjaar, die een doorsnede heeft van 26 000 lichtjaar. Een mooi sterrenbeeld is nog de Noorderkroon, dat tussen Hercules en Boötes hoog in het n.o. staat. In de Jachthonden is met de verrekijker sterrenhoop M 3 te vinden, afstand 40 000 lichtjaar; hij staat tussen Jachthonden en Arcturus, helderheid 6,4. In Cassiopeia de open sterrenhoop M 52, helderheid + 9, met 120 sterren, afstand 5000 lichtjaar. In Perseus de veranderlijke ster Algol en de dubbele sterrenhoop h en χ op 4400 lichtjaar. In Andromeda M 31 op 2 200 000 lichtjaar, zie plaat 7 op blz. 138.

19. Kleur en grootte van de sterren, hun afstand en hun aantal

Als wij op heldere nachten de hemel beschouwen valt het ons op dat de sterren niet alle dezelfde kleur hebben. Vele schitteren *blauwwit*, andere *geel*, weer andere *rood*. Wat betekenen die kleuren? Zij verraden ons iets over de *ouderdom* van de sterren, of liever over hun ontwikkelingsstadium. Ook de sterren duren niet eeuwig, ook zij kennen ontstaan, hoogtepunt en vergaan. Maar een mensenleven is veel te kort om de levensloop van een ster te kunnen volgen.
Wij kunnen de verschillende ontwikkelingsstadia aan de hemel herkennen. De *blauwwitte* sterren zijn de *jongste*. Zij stralen een ontzaglijke hoeveelheid warmte in het heelal uit. Men heeft de temperatuur op 10 000–12 000 °C bepaald. *Sirius* is een vertegenwoordiger van de 'jonge' sterren. De *gele* en *oranje* sterren zijn de sterren van *middelbare* leeftijd. Zij hebben een temperatuur van ongeveer 6000 °C. Vertegenwoordigers van die groep zijn *Capella* in de Voerman en *Arcturus* in Boötes. De *rode* sterren zijn het verst in hun ontwikkeling. De temperatuur bedraagt ongeveer 3000 °C. *Aldebaran* in de Stier, het rode oog van de Stier, behoort tot de oude sterren. De ontwikkeling van de sterren verloopt van wit over geel tot rood voor zij als donkere hemellichamen haar baan doorlopen.
Men deelde de sterren in in 6 helderheidsklassen. De helderste is van klasse 1, de zwakste, net nog zichtbaar voor het blote oog, klasse 6 (zie tabel). Ruim een eeuw geleden heeft men dit alles nader vastgelegd. Vervangt men een ster van de 6de grootte door een kaars op een bepaalde afstand, dan komt een ster van de 5de grootte overeen met 2,5 van zulke kaarsen op dezelfde afstand; een ster van de 4de grootte door 2,5 × 2,5 kaars = 6,3 kaars op die afstand. Hoe groter helderheid, hoe lager klasse. Steeds stijgt de intensiteit met een factor 2,512. De intensiteitsverhoudingen voor het blote oog zijn als volgt, als men de intensiteit van een ster 6de grootte = 1 noemt:



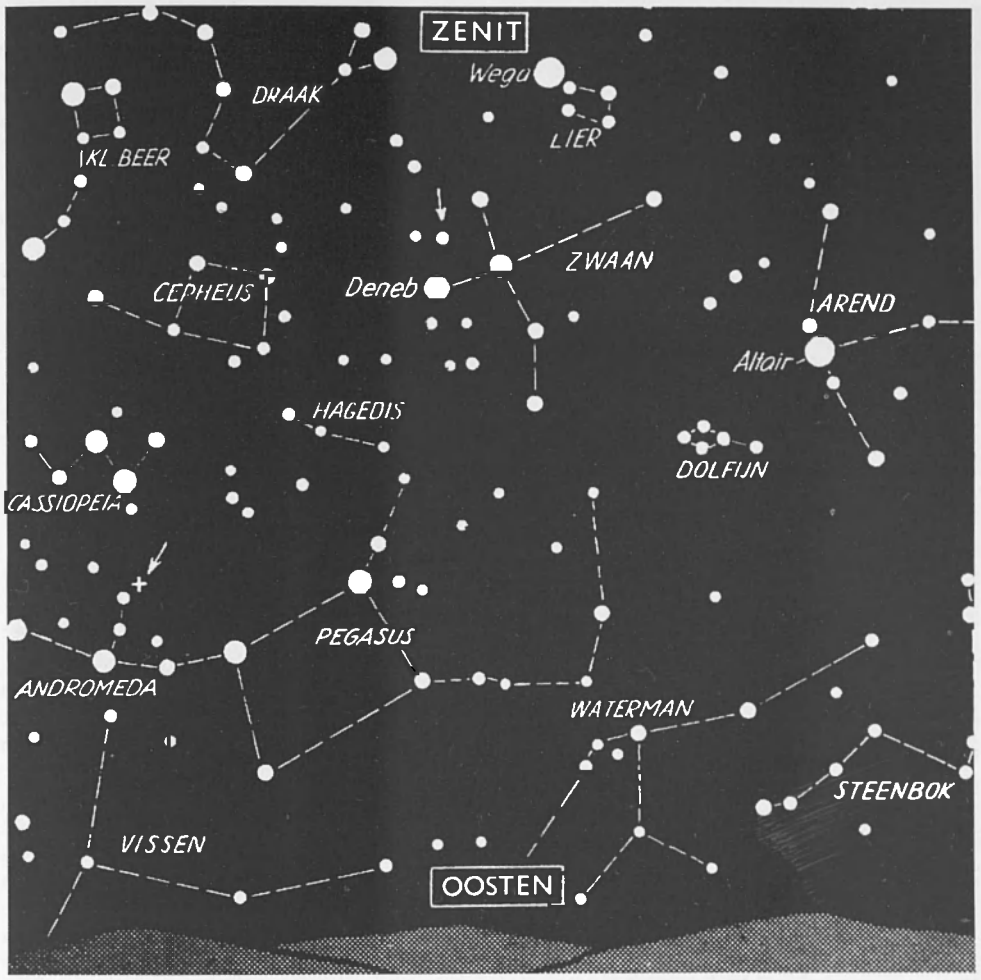
De noordelijke hemel op:

1 september	21 uur	15 september	20 uur
1 augustus	23 uur	15 augustus	22 uur
1 juli	1 uur	15 juli	24 uur
1 juni	3 uur	15 juni	2 uur
1 mei	5 uur	15 mei	4 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

De oostelijke hemel wordt beheerst door een grote driehoek van sterren, die bestaat uit Wega, Deneb en Altair. Men vindt Wega in de Lier hoog in het zenit, Deneb in de Zwaan staat lager, Altair in de Arend staat in het z.o. De pijl in de Zwaan wijst op ster 61, die in de verrekijker dubbel blijkt te zijn. Onder de Arend staat de kleine sterrengroep Dolfijn. Hoog in het n.o. staat de Draak, van waaruit men gemakkelijk de Kleine Beer vindt. Tussen Kleine Beer en de W-vormige Cassiopeia ligt Cepheus.
Van Cassiopeia uit, dat tot de circumpolaire sterrenbeelden behoort (blz. 34) en daarom het gehele jaar aan de hemel staat, is Andromeda gemakkelijk te vinden. Het kruis op de sterrenkaart wijst de plaats van de beroemde Andromedanevel aan, die in maanloze nachten in de verrekijker als een licht wolkje te zien is (blz. 158, plaat 7, blz. 138). Aan Andromeda sluit de vierhoek van Pegasus aan. Lager boven de kim staan de minder opvallende beelden Vissen, Waterman en Steenbok. De ster β in de Steenbok is dubbel, wat met de verrekijker te zien is; afstand der componenten 205''. Ook α Steenbok is dubbel, afstand componenten 375''. Het kleine beeld Hagedis is alleen in heldere nachten zichtbaar. In de Vissen is met de verrekijker dubbelster ζ te vinden, afstand componenten 24'', helderheid 5.6–6.5. De open sterrenhoop M 39 in de Zwaan, de bolvormige M 15 in Pegasus (42 000 lichtjaar) en de spiraalnevel M 33 in de Driehoek (1.8 miljoen lichtjaar).

Plaat 5. De dubbele sterrenhopen h en χ bij Perseus.



De oostelijke hemel op:

1 september	21 uur	15 september	20 uur
1 augustus	23 uur	15 augustus	22 uur
1 juli	1 uur	15 juli	24 uur
1 juni	3 uur	15 juni	2 uur
1 mei	5 uur	15 mei	4 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

De bekende zomerdriehoek staat nu in het z.o. De driehoek bestaat uit Wega in de Lier, Deneb in de Zwaan en Altair in de Arend. De pijl hoog in het zenit in het sterrenbeeld Zwaan wijst op een ster die met het blote oog één ster lijkt, maar in de verrekijker of kleine sterrekijker dubbel blijkt te zijn. Ver in het z.o. staat de Dolfijn; daaronder ziet men nog een paar sterren van de Steenbok. Recht in het zuiden en tamelijk dicht bij de kim staan de sterren van de Schutter. Naar het z.w. sluit hierop de Schorpioen aan. De scharen van de Schorpioen zijn in het westen te zien. In de Schorpioen vlak bij Antares de sterrenhoop M 4, in de verrekijker een vlekje; afstand 23 000 lichtjaar. In de verrekijker zien we halverwege de lijn Antares–β Schorpioen de nevel M 80, afstand 36 000 lichtjaar. Hoog in het zenit en in 't z.w. zien we het uitgestrekte sterrenbeeld Hercules, een sterrenbeeld dat bij veel volkeren de 'knielende' heet omdat ze er een knielende man in zagen. De pijl op de kaart wijst naar de plaats waar men in de verrekijker of sterrekijker de bolvormige sterrenhoop M 13 moet zoeken. Gemakkelijk door haar vorm te vinden is de Noorderkroon, de helderste ster heet Gemma (= edelsteen). Tussen Hercules en Noorderkroon in het zenit en de Schorpioen aan de kim liggen de beide sterrenbeelden Slangendrager en Slang, die echter niet opvallen. Veranderlijk: α Hercules; dubbel: β Zwaan; gasnevel: M 8 in de Schutter (4500 lichtjaar); bolvormige sterrenhopen: M 10, M 12, M 19 in de Slangendrager.

Intensiteit van een ster 6de grootte		=	1
Intensiteit van een ster 5de grootte	2,5	=	2,5
Intensiteit van een ster 4de grootte	2,5 × 2,5	=	6.3
Intensiteit van een ster 3de grootte	2,5 × 2,5 × 2,5	=	16
Intensiteit van een ster 2de grootte	2,5 × 2,5 × 2,5 × 2,5	=	40
Intensiteit van een ster 1ste grootte	2,5 × 2,5 × 2,5 × 2,5 × 2,5	=	100

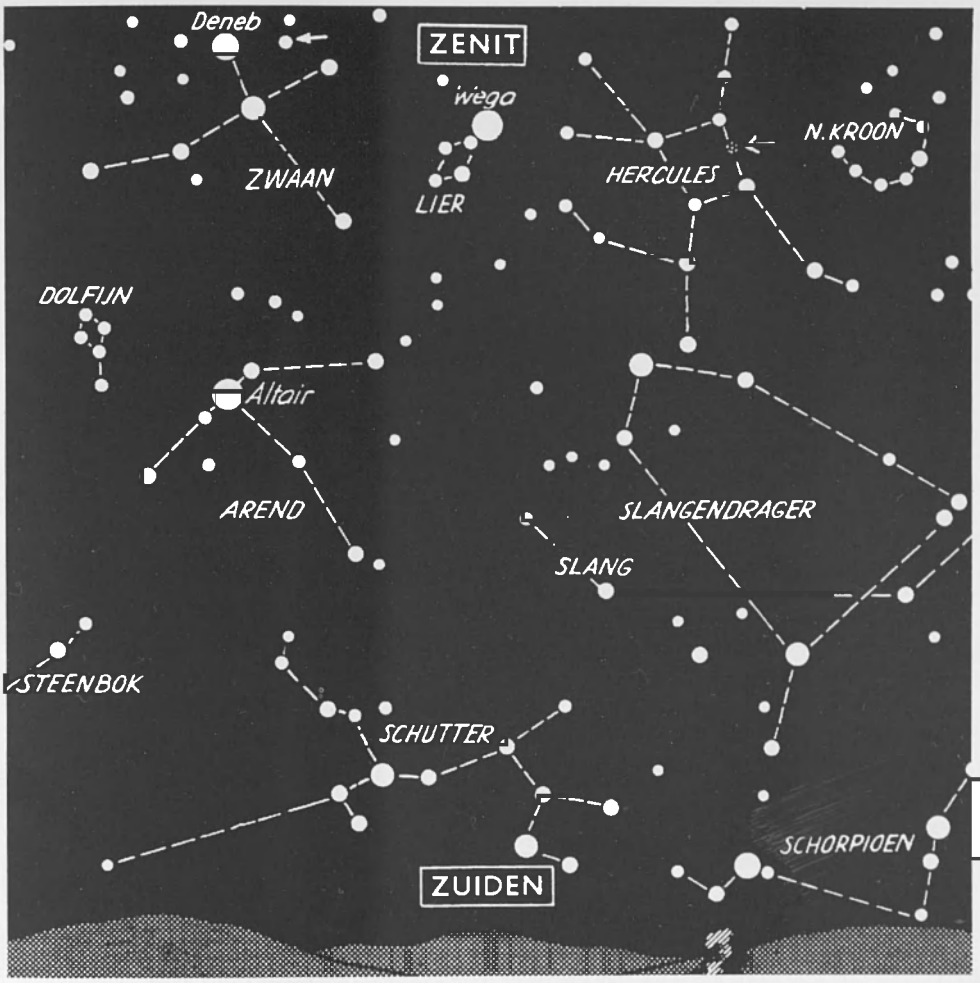
Een ster van de 1ste grootte kan dus door 100 kaarsen vervangen worden en een verschil van 5 grootteklassen in de helderheidsschaal komt steeds overeen met een intensiteitsverhouding 1:100. Natuurlijk zijn alle tussenwaarden mogelijk. Men geeft de grootteklasse van een ster aan met m = ... (m is magnitudo). Deze schaal kan naar twee kanten voortgezet worden, want er zijn sterren, die helderder dan m = 1.0 zijn en er zijn sterren die zwakker dan m = 6.0 zijn. Deze laatste kunnen alleen met de verrekijker waargenomen worden. Bij een verschil van 10 grootteklassen is de intensiteitsverhouding 1:100·100 = 1:10 000, bij een verschil van 15 grootteklassen 1:100·100·100 = 1:1 000 000 (miljoen).

Sterren, die precies 1 grootteklasse helderder zijn dan m = 1,0 zijn dan van m = 0,0; de volgende grootteklassen zijn m = −1,0 en sterren die 1 grootteklasse zwakker zijn dan m = 6,0 worden m = 7,0, enz.

De grootte van de 11 helderste bij ons zichtbare sterren is: Sirius m = −1,58; Wega m = 0,14; Betelgeuze m = 0,1–1,2 (veranderlijk); Capella m = 0,21; Arcturus m = 0,24; Rigel m = 0,34; Procyon m = 0,48; Altair m = 0,89; Aldebaran m = 1,06; Pollux m = 1,21; Spica m = 1,21.

Vraagt men de helderheid van de planeten, dan moet de schaal sterker negatief worden: Mars kan m = −2,8 en Venus m = −4,5 bereiken. De volle maan is m = −12,6 en de zon is m = −26,7.

De zon is ± 25 grootteklassen helderder dan Sirius, d.w.z. de schijnbare intensiteit, waarmee de zon ons bestraalt is 10 000 000 000× = 10 miljard maal zo sterk als Sirius, de schijnbaar helderste vaste ster. Elke met het blote oog, fotografisch of met een instrument gemeten helderheid van een ster heet de *'schijnbare' helderheid*. In tegenstelling hiermee staat de *'absolute' helderheid*, die in de sterrenkunde een belangrijke rol speelt. Dat is de helderheid die een ster zou hebben als de ster op de eenheidsafstand van 32,6 lichtjaar zou staan (zie blz. 148 over de afstanden van de



De zuidelijke hemel op:

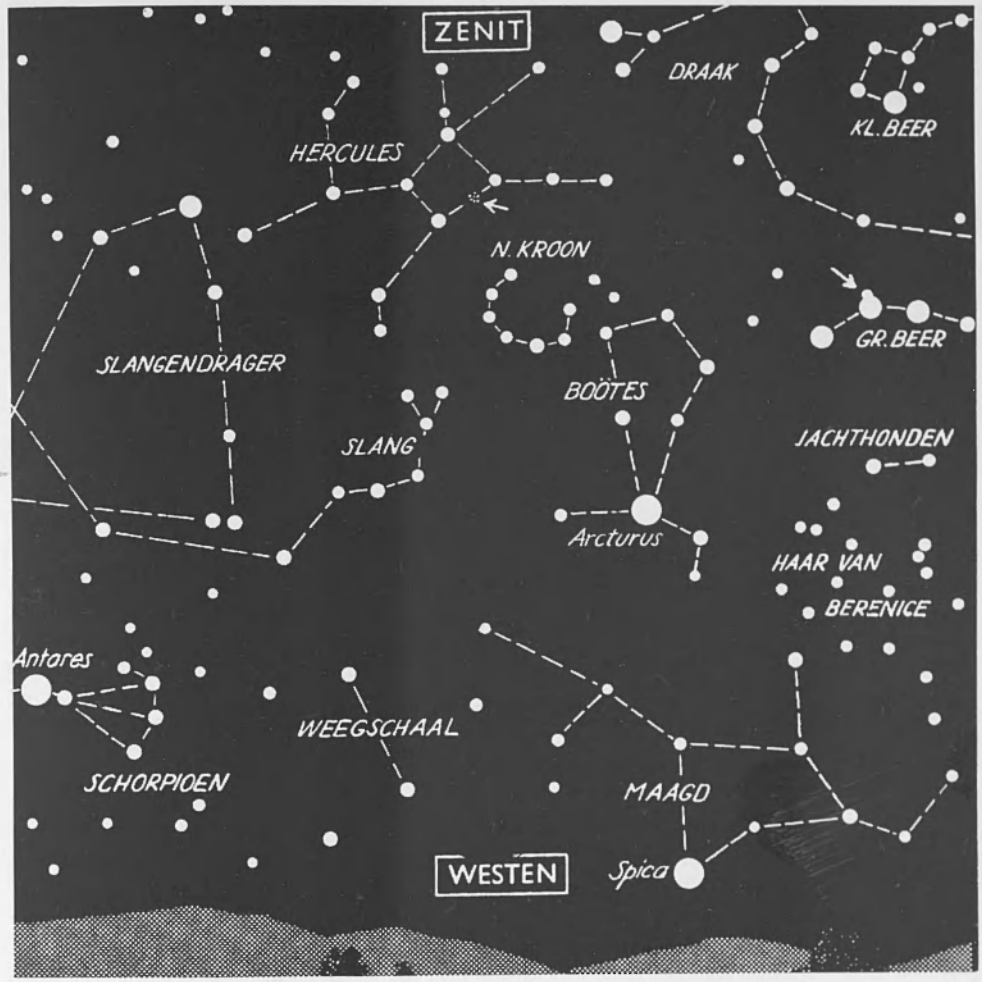
1 september	21 uur	15 september	20 uur
1 augustus	23 uur	15 augustus	22 uur
1 juli	1 uur	15 juli	24 uur
1 juni	3 uur	15 juni	2 uur
1 mei	5 uur	15 mei	4 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

De helderste sterren in het westen liggen in de sterrenbeelden Boötes en Maagd. De helderste ster van Boötes heet Arcturus. Men vindt hem gemakkelijk als men de staart van de Grote Beer verlengt. Verlengt men die lijn nog meer, dan komt men tot de helderste ster van de Maagd: Spica (= korenaar).
Hoog in het n.w. staat de Kleine Beer, tussen Kleine Beer en Grote Beer loopt de Draak. De kop van de Draak is naar Hercules gericht. In Hercules zien we bolvormige sterrenhoop M 13. De plaats is met een pijl op de kaart aangegeven.
Tussen Hercules en Boötes staat de Noorderkroon met de heldere ster Gemma (= edelsteen). Ten z.w. daarvan sluiten Slang en Slangendrager hierop aan. De kop van de Slang wijst naar Hercules. δ Slang is dubbel, afstand componenten 4'', m = 4,2–5,2.
Laag boven de kim in het z.w. staan de scharen van de Schorpioen. De helderste ster van de Schorpioen, Antares, is nog verder in het z.w. te zien. De Weegschaal en de Jachthonden zijn niet zeer helder. In de Jachthonden ziet men met de verrekijker de spiraalnevel M 51 als mat vlekje; afstand 6 000 000 lichtjaar. Het Haar van Berenice bestaat uit zwakke sterren en is voor waarneming met het blote oog niet van betekenis. Des te mooier is het beeld in de verrekijker.
Ook de tweede staartster van de Grote Beer, die in het n.w. staat, leent zich voor de waarneming met de verrekijker. Boven de tweede staartster staat een klein sterretje, het ruitertje. Alleen wie goede ogen heeft zal het kunnen zien. In de verrekijker ziet men die twee sterren goed gescheiden (blz. 157); afstand 705''. m = 2,4–4,0, 76 lichtjaar. In de verrekijker: M 13 in Hercules (34 000 lichtjaar), M 5 in de Slang (36 000 lichtjaar), M 3 in de Jachthonden (40 000 lichtjaar), M 53 in het Haar van Berenice (60 000 lichtjaar).

---

sterren). Kent men van een ster de schijnbare helderheid en de afstand, dan kan men de absolute helderheid berekenen. Omgekeerd kan men uit de absolute en de schijnbare helderheid de afstand berekenen. Alle sterren die dichterbij staan dan de eenheidsafstand van 32,6 lichtjaar zijn 'absoluut' zwakker, alle sterren die verder staan dan die 32,6 lichtjaar zijn 'absoluut' helderder dan schijnbaar.
Een zwakke ster die dicht bij de Aarde staat, kan schijnbaar tot dezelfde grootteklasse behoren als een heldere ster die veraf staat. De ster *Alpha* in *Centaurus*, zichtbaar op het zuidelijk halfrond, staat het *dichtst* bij de Aarde en het licht is 4,3 *jaar* onderweg vóór het bij ons is. Aan onze sterrenhemel op het noordelijk halfrond is *Sirius* de dichtstbijstaande heldere ster. De afstand bedraagt 8,9 lichtjaar. Het licht van sommige sterren van de *Grote Beer* is ongeveer 100 jaar onderweg. Van andere sterren is het licht honderden of duizenden jaren onderweg vóór het bij ons is, hoewel het licht 300 000 km/sec. aflegt.
Op het noordelijk en het zuidelijk halfrond staan ongeveer *20 sterren* van de *1ste grootte*. Tot de *2de* grootte behoren ± 50, tot de *3de* grootte ± 200, tot de *4de* ± 600, tot de *5de* ± 1200 en tot de *6de* ± 3600 sterren. Aan het noordelijk en het zuidelijk halfrond kunnen we t/m m = 6,0 in totaal 4721 sterren zien. Dat lijkt weinig, want we spreken van 'duizenden sterren' die aan de hemel staan. Daar wij bovendien nooit meer dan de halve hemelbol overzien kunnen, zijn met het blote oog in principe 2360 sterren gelijktijdig te zien; hiervan gaan nog veel sterren af die in de nevel van de dampkring, vooral bij de kim, niet te zien zijn, zodat we ten hoogste 2000 sterren met het blote oog kunnen zien, d.w.z. op maanloze nachten, ver weg van stads- en wegenverlichting.
Met een verrekijker kan men veel meer sterren zien dan met het blote oog, onder gunstige omstandigheden tot de 10de grootte. Met de grootste telescopen kan men sterren tot de 21ste grootte fotograferen. Met de 5 meter spiegel van de Mount Palomar kan men de grootte 25 bereiken.
In de 2de helft van de vorige eeuw heeft men in Bonn de eerste grote sterrentelling uitgevoerd, waarin *alle* sterren tot grootte 9,2 zijn opgenomen. Deze 'Bonner Durchmusterung'



De westelijke hemel op:

1 september	21 uur	15 september	20 uur
1 augustus	23 uur	15 augustus	22 uur
1 juli	1 uur	15 juli	24 uur
1 juni	3 uur	15 juni	2 uur
1 mei	5 uur	15 mei	4 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

Aan de noordelijke hemel zien we een aantal indrukwekkende sterrenbeelden. In het n.w. staat de Grote Beer, van waaruit men gemakkelijk de Poolster (fig. 3, blz. 9) vindt in de Kleine Beer. Tussen Grote en Kleine Beer ligt de Draak, de kop wijst naar Hercules. Hoog in het zenit fonkelt in het n. de heldere ster Wega van de Lier. Rechts in het n. staat Deneb van de Zwaan in het zenit. Onder de Zwaan staat Cepheus, van waaruit gemakkelijk de W-vormige Cassiopeia is te vinden. Iets lager in het n.o. vindt men Perseus, die een merkwaardige ster bevat: Algol, een ster die regelmatig van helderheid verandert (fig. 79, blz. 96).
Tussen Perseus en Cassiopeia ziet men in de verrekijker twee open sterrenhopen (blz. 158, plaat 5, blz. 108). Elke hoop telt 350 sterren; afstand 4400 lichtjaar, in de verrekijker goed te zien. Van Cassiopeia en Perseus uit komt men aan Andromeda, dat bekend is door de Andromedanevel (blz. 158, plaat 7, blz. 138). De nevel, die in werkelijkheid een Melkwegstelsel van miljoenen sterren is, kan op de plaats van het kruis in de verrekijker als een licht wolkje gezien worden; afstand 2 200 000 lichtjaar, diameter 75 000 lichtjaar. Hoger, meer naar het zenit, sluit Pegasus op Andromeda aan.
Een opvallende ster is Capella in het vijfhoekige sterrenbeeld Voerman. Van de Voerman uit vindt men gemakkelijk de heldere ster Aldebaran, die op de sterrenkaart nog net in het beeld Stier te zien is. Minder opvallend is de Lynx. Prachtig (voor de verrekijker) is het beeld Haar van Berenice. In de Grote Beer is op de aangegeven plaats een optische dubbelster waar te nemen (blz. 157) en in Hercules vindt men de bolvormige sterrenhoop M 13 op de plaats van de pijl; afstand 34 000 lichtjaar, te zien in de verrekijker. In de Jachthonden de bolvormige sterrenhoop M 3, in de verrekijker een vlekje; afstand 40 000 lichtjaar. Dubbelsterren voor de verrekijker ε Lier, afstand componenten 208'', θ Stier, afstand componenten 337'', β Lier, afstand componenten 46'', β Zwaan, afstand componenten 35''. In de Jachthonden spiraalnevel M 51, helderheid + 8.1 niet ver van η Grote Beer, vlekje in de verrekijker, afstand 6 000 000 lichtjaar. Melkweg n.o., loodrecht omhoog.

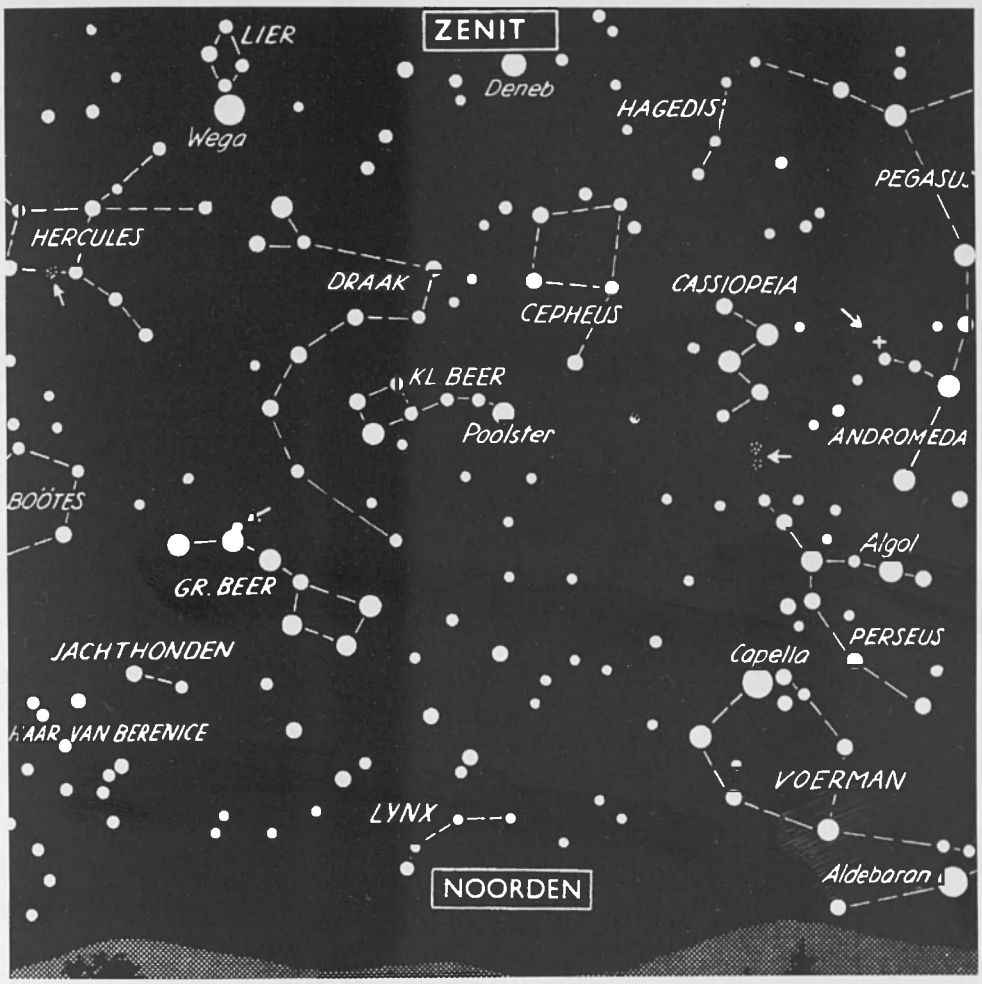
---

afgekort BD, telde 1 miljoen sterren. Met de toepassing van de hemelfotografie en toenemende belichtingstijd steeg het aantal sterren tot in het onmeetbare. 18 sterrenwachten namen deel aan de 'fotografische hemelkaart', die nog altijd niet voltooid is. Deze bevat sterren tot de 14de grootte. Het aantal sterren op de rond 22 000 kaarten wordt op 20 miljoen geschat, het totale aantal sterren tot de 21ste grootte op 900 miljoen.
Dit is nog maar een fractie van het totale aantal sterren in ons Melkwegstelsel, dat tussen een paar miljard en een paar honderd miljard ligt.
Op de Mount Palomar is enige jaren geleden een fotografisch werk voltooid, dat onder de naam 'Palomar Sky Survey' bekend is. Met de 48'' = 1200 mm spiegel van Mount Palomar heeft men een hemelatlas gemaakt die op 935 foto's, elk in rood en blauw licht, de hemel vanaf de noordpool tot 30° zuiderdeclinatie omvat. Deze opnamen omvatten 500 miljoen sterren tot de 21ste grootte, verder 10 miljoen spiraalnevels tot op afstand 300 miljoen lichtjaar. Men is nog druk bezig deze atlas naar zuidelijker declinaties uit te breiden. Volgens huidige schattingen zijn er 100 miljoen spiraalnevels, waarvan elk een Melkwegstelsel is en uit vele miljarden zonnen bestaat.
De huidige atlassen gaan tot de 21ste grootte. Dit is ongeveer de grens van de tegenwoordige generatie telescopen. Er worden nu echter reuzentelescopen gebouwd die veel verder gaan. Met deze telescopen en met de ruimtetelescoop Hubble kan veel dieper in het heelal worden gekeken.

---

20. De eigen beweging van de sterren

Met de ontdekking van de wet van de zwaartekracht door Newton in 1682, was de theorie over de volkomen onveranderlijkheid van de sterrenhemel onhoudbaar gebleken. Daar waar aantrekkingskracht heerst, moet ook be-



De noordelijke hemel op:

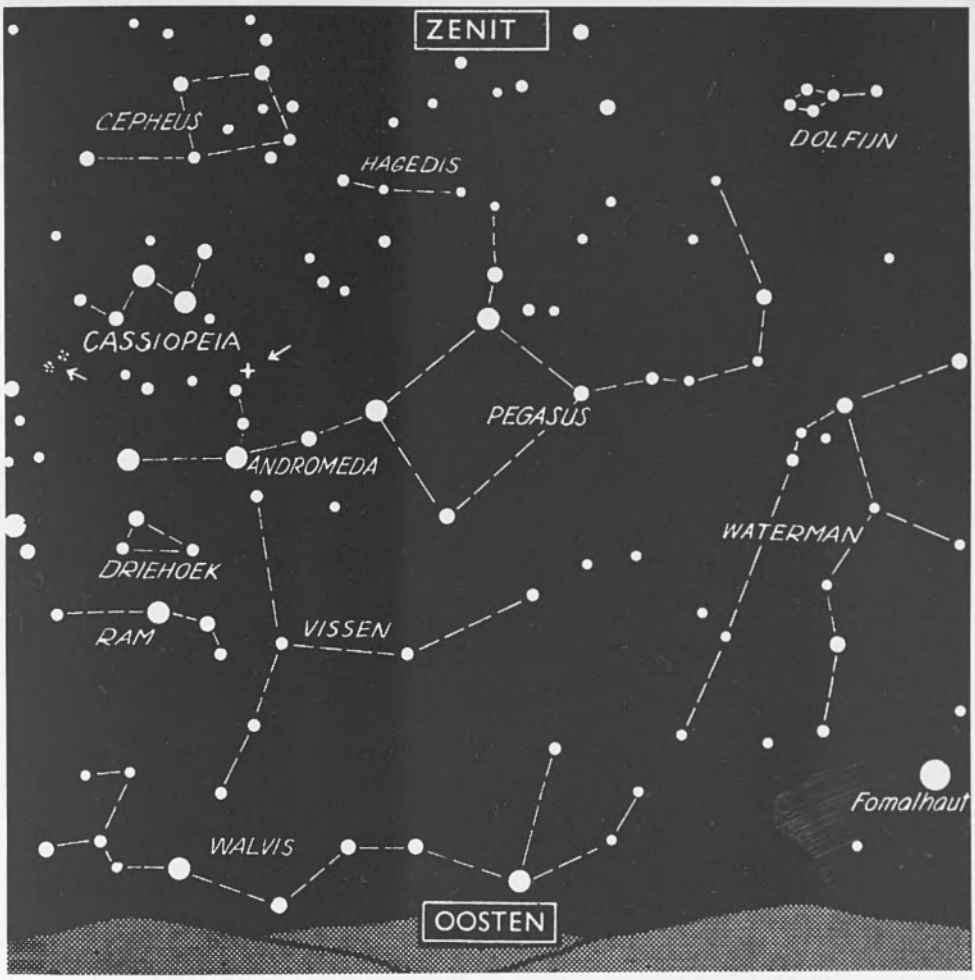
1 september	23 uur	15 september	22 uur
1 oktober	20 uur	15 oktober	19 uur
1 november	18 uur		
1 augustus	1 uur	15 augustus	24 uur
1 juli	3 uur	15 juli	2 uur
1 juni	5 uur	15 juni	4 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

Op halve hoogte, precies in het oosten staat het uitgestrekte beeld Pegasus. Daaraan sluit zich naar het n.o. het sterrenbeeld Andromeda aan, waarin men op heldere, maanloze nachten op de plaats van de pijl de Andromedanevel als een zwak wolkje zal herkennen. Hoewel de sterrenkundige hier van een nevel spreekt, hebben wij hier met een opeenhoping van sterren te maken, want de Andromedanevel (plaat 7, blz. 138) is niets anders dan een Melkwegstelsel buiten ons Melkwegstelsel. Van Andromeda uit vindt men gemakkelijk Cassiopeia. Naar het n.o., bij het niet meer op de kaart zichtbare sterrenbeeld Perseus, liggen twee sterrenhopen, die men in de verrekijker kan zien (h en χ, zie blz. 158, plaat 5, blz. 108), afstand 4400 lichtjaar, elk 350 sterren.
Boven Cassiopeia, hoog in het zenit, vindt men Cepheus. Op gelijke hoogte, meer naar het z.o. staat de Dolfijn. Minder opvallend in het z.o. is de Waterman. Vlak bij de kim staat de heldere ster Fomalhaut, die de bek van de Zuidervis vormt. Eveneens bij de kim, van het o. naar het n.o. staat de Walvis, een sterrenbeeld dat alleen op heldere nachten zichtbaar is. Tot de minder opvallende sterrenbeelden behoren Hagedis, Driehoek en Ram. In de verrekijker: de open sterrenhoop M 752 bij γ Andromeda op 1300 lichtjaar en de spiraalnevel M 33 in de Driehoek op 1,8 miljoen lichtjaar.

---

weging zijn, dus moeten de sterren een eigen beweging hebben.
Dat het tot aan het begin van de 18de eeuw niet gelukt was de eigen beweging aan te tonen, komt omdat men door de reusachtige afstanden van de sterren van elkaar en van ons, van die eigen beweging niets kon merken. De dichtstbijzijnde ster staat op een afstand van ons af die 300 000× zo groot is als de afstand zon–Aarde!
Reeds in de Oudheid heeft men eraan gedacht de sterren vast te leggen. Hipparchus was de eerste die (in 134 v. Chr.) een catalogus met de plaats en de helderheid van 1000 sterren heeft gemaakt. Hij was het ook die door vergelijkingen met het werk van zijn voorgangers de verandering van de sterrecoördinaten als gevolg van de precessie de verplaatsing van de hemelpool ontdekte.
Maar bijna 2000 jaar later vond de Engelse sterrenkundige Halley in 1718 door vergelijking van zijn plaatsen met die van Hipparchus, dat naast die precessie ook nog andere, reële veranderingen van de positie van de sterren hadden plaatsgevonden; hij noemde die de 'eigen beweging' van de sterren.
Het waren echter maar 4 heldere sterren, die merkbaar van plaats veranderd waren. Deze plaatsveranderingen bedroegen in 2000 jaar bij de sterren *Sirius*, *Arcturus* en *Aldebaran* iets meer dan ½°.
Om zich van de grootte van ½° een duidelijke voorstelling te maken herinneren wij eraan dat de volle maan een diameter van ½° heeft. Daar een cirkel 360° telt, zou men 720 volle manen aan elkaar moeten rijgen om de hele cirkel te beleggen. Nu wordt 1° verdeeld in 60 boogminuten en elke minuut in 60 boogsec. Dus 1° = 3600''. Als *Sirius* in 2000 jaar 1,5 vollemaansbreedte verplaatst is, zijn dat 2700''. De jaarlijkse eigen beweging van *Sirius* bedraagt 2700'':2000 = 1,35''. Dat is aan de hemel zo'n klein stukje dat de waarnemer zonder kijker de plaatsverandering alleen dan zou kunnen vaststellen als hij een lange tijd ter beschikking heeft.
In elk geval was met de ontdekking van Halley het bewijs van de eigen beweging geleverd. En dat was aanleiding tot verder onderzoek. Reeds in 1760 kon Mayer in Göttingen de eigen beweging van een groot aantal sterren aantonen. In het midden van de 18de eeuw kon Bradley de noodzakelijke nauwkeurigheid voor een juiste meting van de eigen beweging bereiken. Eind 19de eeuw was een catalogus met 150 000 nauwkeurige sterrenplaatsen beschikbaar.
Het merendeel der eigen bewegingen is klein, minder dan 0,5'' per jaar. In 1922 waren 749 sterren bekend met een grotere eigen beweging dan 0,55''. De eigen beweging van 2'' van Arcturus, bepaald door Halley, is groot.



De oostelijke hemel op:

1 september	23 uur	15 september	22 uur
1 oktober	20 uur	15 oktober	19 uur
1 november	18 uur		
1 augustus	1 uur	15 augustus	24 uur
1 juli	3 uur	15 juli	2 uur
1 juni	5 uur	15 juni	4 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

Als men de blik naar het zuiden richt, zoekt men eerst de driehoek die bestaat uit de heldere sterren Wega in de Lier, Deneb in de Zwaan en Altair in de Arend. Heeft men die 3 heldere sterren gevonden, dan kan men de sterrenbeelden waartoe zij behoren, herkennen. Wie een verrekijker heeft, kan hoog in het zenit, zoals is aangegeven op de kaart, een dubbelster in de Zwaan waarnemen (fig. 5, blz. 11). Hoog in het z.w. zien we nog een paar sterren van Hercules. Bij de kim staat in het z.w. de Schutter. Iets boven het midden van het gezichtsveld, recht in het z. staat de Dolfijn. Tussen Dolfijn en kim ligt de Steenbok. Hiernaast de Waterman. Boven de Waterman zijn nog een paar sterren van Pegasus zichtbaar en daarboven staat de Hagedis. In de verrekijker bolvormige sterrenhoop M 22 in de Schutter, M 2 in de Waterman, M 30 in de Steenbok. Afstand M 22: 22 000, M 2: 46 000, M 30: 47 000 lichtjaar. In de Schutter: gasnevel M 8 op 4500 lichtjaar.

---

maar niet de grootste; die van α Centauri is bijvoorbeeld twee keer zo groot. De tot dusver gemeten grootste eigen beweging van 10,3'' per jaar heeft de door Barnard ontdekte ster van m = 9,7. De 10 grootste jaarlijkse eigen bewegingen liggen tussen 10,3'' en 4,7''. Het zijn gewoonlijk zwakke sterren.

Tegenwoordig kent men de eigen beweging van 300 000 sterren. De eigen beweging bestaat uit 2 componenten, nl. de werkelijke eigen beweging van de ster en de beweging die een schijnbaar effect is als gevolg van de beweging van de zon. Als alle sterren zich bewegen, is er namelijk geen reden aan te nemen dat de zon niet beweegt, en dat blijft niet zonder invloed op de waargenomen beweging van de sterren. Men kan dit aanschouwelijk maken, als men vanuit een auto voetgangers beschouwt. Staat de auto stil, dan bewegen de voetgangers zich – vanuit de auto gezien – tamelijk willekeurig door elkaar heen door hun eigen beweging. Beweegt de auto ook, dan komt er nog een perspectivische beweging bij. Een voetganger vlakbij zal zich schijnbaar sneller bewegen dan een voetganger die ver van de auto is verwijderd. Een grote schijnbare eigen beweging wijst er dus altijd op dat de betreffende ster relatief dichtbij staat of een hoge eigen beweging heeft.

Het omgekeerde gaat echter niet altijd op, want het kan best gebeuren dat een dichtbijstaande ster zich toevallig met dezelfde snelheid en in dezelfde richting als de zon door de wereldruimte verplaatst. Het aardige is verder dat men uit de eigen beweging van veel sterren kan bepalen wat de eigen beweging van het zonnestelsel is.

De eigen beweging van de sterren is maar één

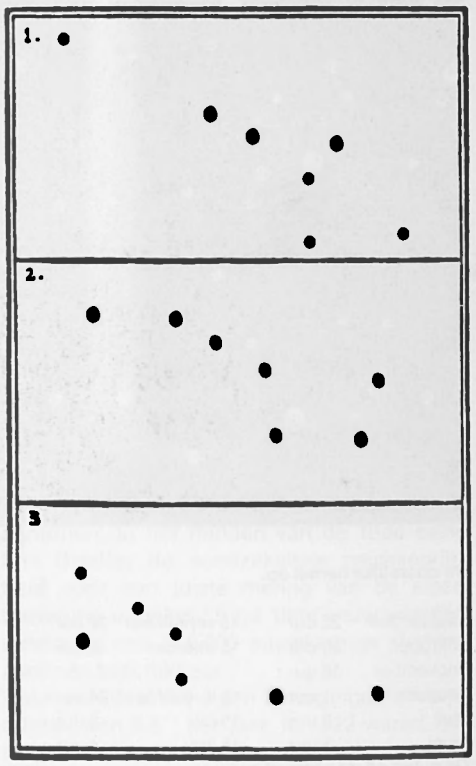
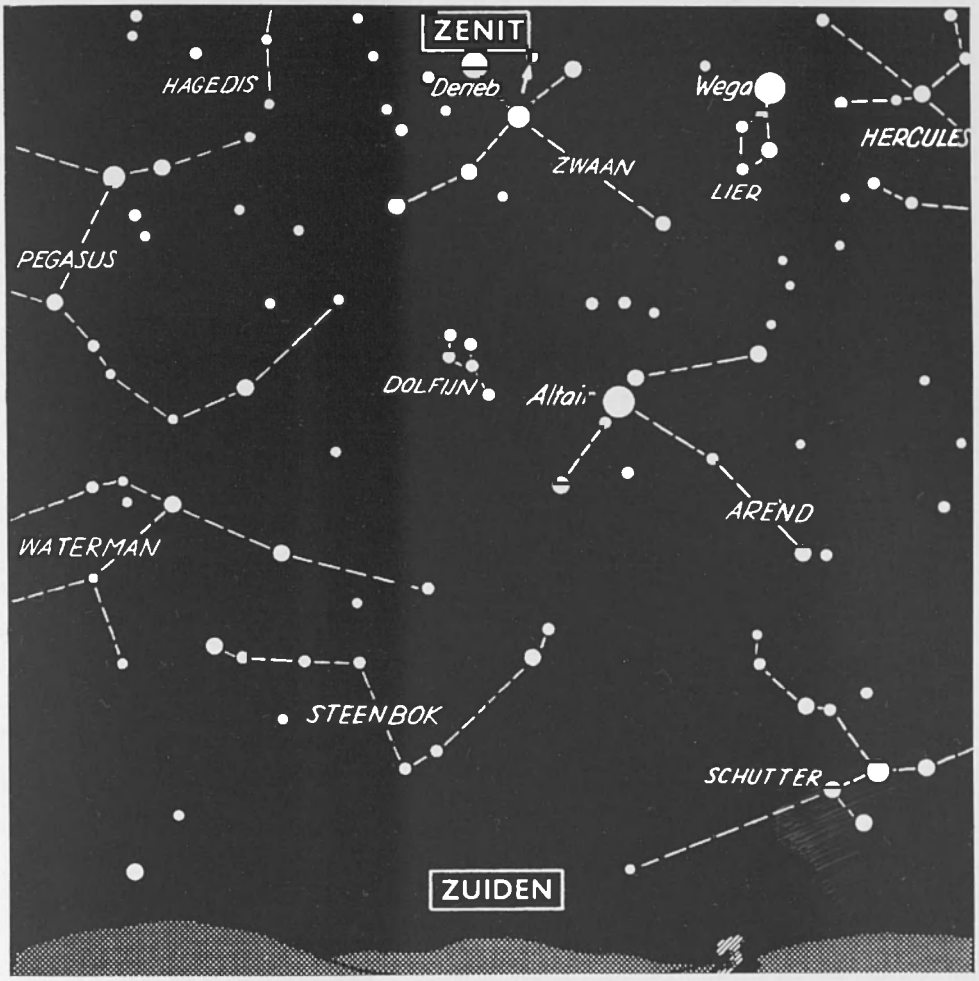


Fig. 80. Het sterrenbeeld van de Grote Beer 1. 10 000 jaar geleden. 2. heden. 3. over 10 000 jaar.



De zuidelijke hemel op:

1 september	23 uur	15 september	22 uur
1 oktober	20 uur	15 oktober	19 uur
1 november	18 uur		
1 augustus	1 uur	15 augustus	24 uur
1 juli	3 uur	15 juli	2 uur
1 juni	5 uur	15 juni	4 uur

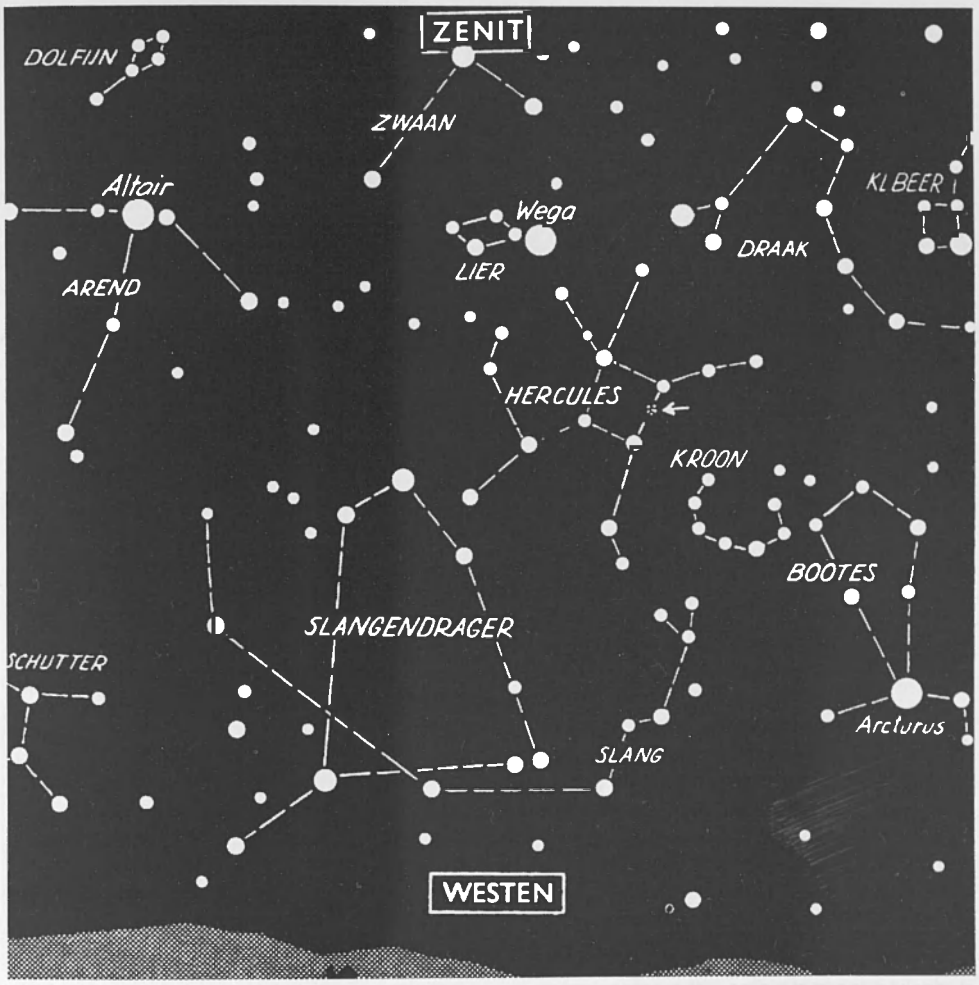
De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

De opvallendste ster in het westen is Wega in de Lier. Van Wega uit vindt men gemakkelijk, hoger naar het zenit toe, de Zwaan. In het z.w. staat de Arend met de heldere hoofdster Altair, van waaruit men de sterrengroep Dolfijn kan vinden. In het n.w. staat de Draak, de kop wijst naar Hercules. In Hercules ligt de kleine bolvormige sterrenhoop M 13, die in de verrekijker op heldere nachten zichtbaar is; m = 5,8, afstand 34 000 lichtjaar.
Een sterrenbeeld, dat uit minder heldere sterren bestaat, maar toch mooi is, is de Noorderkroon; het staat tussen Hercules en Boötes. De oude volkeren zagen in Boötes de gedaante van een man: de berenhoeder. Recht in het westen staan Slangendrager en Slang, die uit weinig opvallende sterren bestaan. In het z.w. staan nog een paar sterren van de Schutter. De Melkweg gaat via de Zwaan naar het zenit.
Dubbelsterren: ε Lier, β Lier, β Zwaan. Open sterrenhoop M 39 in de Zwaan.

deel van de ruimtelijke beweging van een ster, nl. dat deel dat loodrecht op onze blikrichting staat. Er bestaat nog een tweede component van de ruimtelijke beweging, de zgn. *radiale snelheid* (zie hieronder). Kent men de eigen beweging, de radiale snelheid en de afstand van de ster, dan kan men zijn werkelijke snelheid in de ruimte berekenen.
Hoe sterk de eigen beweging van de sterren de vorm van een sterrenbeeld na 100 000 jaar verandert toont fig. 80 met het sterrenbeeld van de Grote Beer 100 000 jaar geleden, tegenwoordig en over 100 000 jaar.
Hoe eenvoudig het beginsel van de bepaling van de eigen beweging is, zo moeilijk is de uitvoering en die gaat dan ook de krachten van één sterrenkundige te boven. Voor de bepaling van de geringe eigen beweging is niet één enkele waarneming van de ster vereist, maar moet na tientallen jaren een tweede waarneming van de plaats van de ster aan de hemel plaatsvinden. Daarom moeten generaties van sterrenkundigen op de hele wereld samenwerken opdat later de vruchten van hun werk door anderen geplukt kunnen worden.

21. De radiale snelheid van de sterren

Zoals wij op blz. 120 bij de schijnbare 'eigen beweging' van de sterren zeiden, stelt de eigen beweging alleen dat deel van de beweging voor, dat loodrecht op de blikrichting staat. Reeds meer dan een eeuw geleden werd erop gewezen dat de toepassing van het beginsel van Doppler op de spectrumlijnen (blz. 126) van een ster het mogelijk moet maken ook de beweging van een ster in de richting van de lijn Aarde–ster te leren kennen.
Wat is het beginsel van Doppler?
Het is een bekend feit dat als men langs de rails staat en een trein fluitend voorbij rijdt, de fluittoon bij het naderen tot het moment van het voorbijrijden hoger wordt en dan weer merkbaar daalt. Daarbij maakt het niet uit of de geluidsbron zich beweegt of dat wij ons bewegen. Het komt alléén op de relatieve beweging aan. De verklaring is: bewegen wij ons naar de geluidsbron toe dan zullen per tijdseenheid meer geluidsgolven naar ons toekomen en wordt de toon hoger; verwijderen wij ons, dan treffen minder geluidsgolven per tijdseenheid ons oor, en de toon daalt. Het beginsel van Doppler geldt ook voor lichtgolven. Straalt bijvoorbeeld een lichtbron licht uit van één bepaalde golflengte en nadert de lichtbron ons tegelijkertijd, dan zullen méér lichtgolven van die kleur per tijdseenheid tot ons komen dan wanneer de lichtbron stilstaat. In dit geval verschuiven de spectrumlijnen (de kleur dus) naar violet. In het geval dat de lichtbron zich van ons verwijdert verschuift de kleur naar rood. Bij wit licht, dat uit alle kleuren bestaat, heeft de geringe kleurverandering geen effect, hoewel de spectrumlijnen wel verschuiven ten opzichte



De westelijke hemel op:

1 september	23 uur	15 september	22 uur
1 oktober	20 uur	15 oktober	19 uur
1 november	18 uur		
1 augustus	1 uur	15 augustus	24 uur
1 juli	3 uur	15 juli	2 uur
1 juni	5 uur	15 juni	4 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

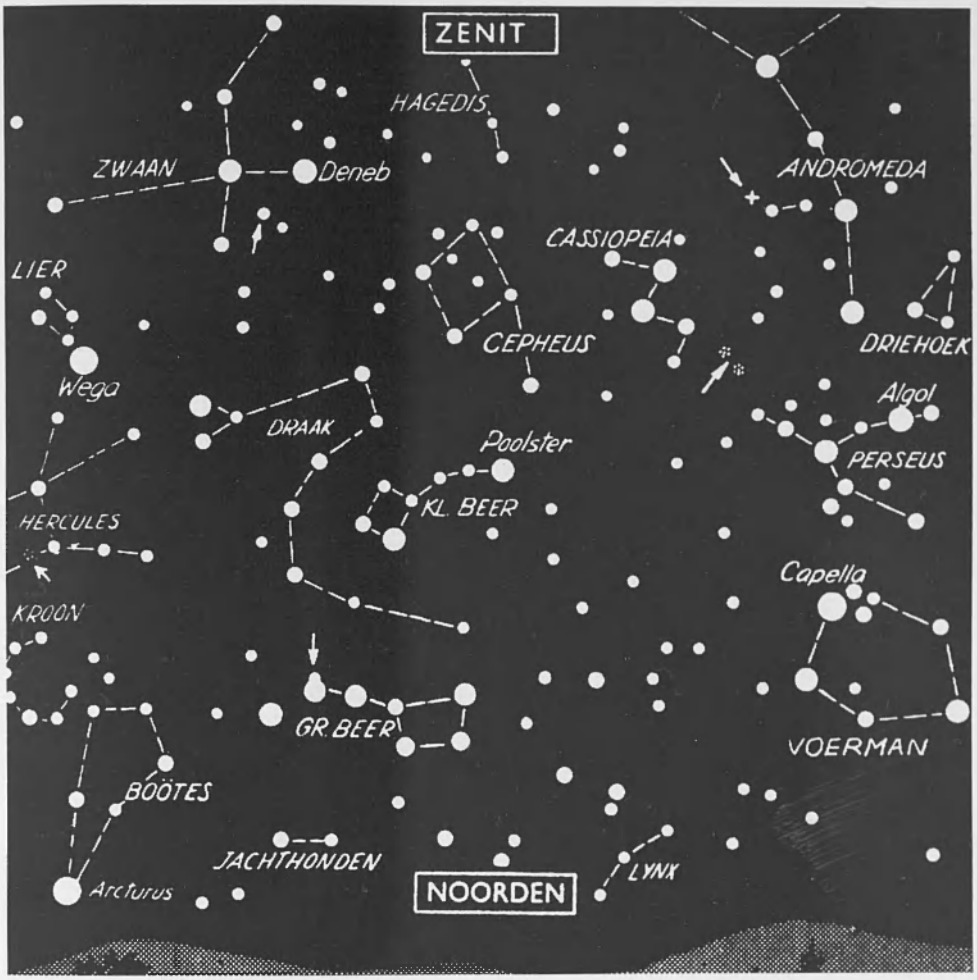
Wat de sterrenkaart toont –

Het bekendste sterrenbeeld van de hemel, de Grote Beer staat in het n. recht voor de waarnemer. Boven de tweede staartster kan wie goede ogen heeft, een klein sterretje zien, het ruitertje. Het verlengde van de lijn tussen de staartsterren komt uit bij de heldere ster Arcturus in Boötes. Vanuit Boötes kan men gemakkelijk de Noorderkroon vinden. Daarboven staan nog een paar sterren van Hercules. In Hercules ligt M 13, een bolvormige sterrenhoop, die in de verrekijker te zien is. Tot de helderste sterren van de hemel behoort Wega in de Lier in het n.w. Verlengt men de beide voorste sterren van de Grote Beer 5× dan komt men aan de Poolster, waaromheen het hemelgewelf schijnbaar draait. De Poolster behoort tot de Kleine Beer. Tussen Grote en Kleine Beer loopt de Draak, de kop van de Draak wijst naar Hercules. Het opvallendste sterrenbeeld aan de andere kant is de M- of W-vormige Cassiopeia. Tussen Cassiopeia en Perseus liggen twee sterrenhopen (blz. 158), die in de sterrekijker goed te zien zijn (plaat 5, blz. 108). Een eigenaardige ster is Algol in Perseus, want de lichtsterkte verandert regelmatig (fig. 79, blz. 96). Duidelijk is Capella in de Voerman te zien, een ster die nu in het n.o. onder Perseus is te vinden. In Andromeda staat de beroemde Andromedanevel (plaat 7, blz. 138). Op heldere, maanloze nachten vindt men de nevel op de aangegeven plaats als een licht wolkje. Het uit 5 sterren bestaande beeld Cepheus staat recht in het noorden. Naar het w. nog hoger, zien we de Zwaan met als helderste ster Deneb. In de Zwaan zien we een dubbelster (fig. 5, blz. 11). Minder helder en alleen bij gunstige omstandigheden goed te zien zijn Jachthonden, Lynx en Hagedis. In de Jachthonden spiraalnevel M 51, in de verrekijker een mat vlekje. In de Driehoek nevel M 33 met de sterke verrekijker zichtbaar. In de Jachthonden staat de mooie bolvormige sterrenhoop M 3, reeds in de verrekijker zichtbaar.
Dubbelsterren voor de verrekijker: ε Lier, afstand componenten 208'', m = 4,5–4,7; β Lier, afstand componenten 46'', m = 3,4–6,7; β Zwaan, afstand componenten 35'', m = 3,2–5,4. Zie ook fig. 58 op blz. 30.

---

van de normale ligging: bij nadering naar violet, bij van elkaar verwijderen naar rood. Ook hier is het onverschillig welk lichaam beweegt. Door de grote snelheid van het licht en de in vergelijking hiermee geringe snelheid van de sterren, zijn de verschuivingen van de spectrumlijnen in het algemeen zeer klein. Bij een snelheid van 1000 km/sec. ontstaat een verschuiving van de natriumlijnen D_1 en D_2 ter grootte van 1/6 van hun onderlinge afstand. De eerste pogingen in 1867 van Secchi en Huggins door visuele waarneming de radiale snelheid van de sterren aan te tonen, leidden tot onderling tegenstrijdige uitkomsten, waaraan men twijfelde. Overigens duidt men een *nadering* van de waargenomen radiale snelheden met een – teken (de onderlinge afstand wordt kleiner) en een *verwijdering* met het + teken (de onderlinge afstand wordt groter) aan.

Pas in 1890 gelukte het Keeler met behulp van de 36'' = 90 mm kijker van de Lick sterrenwacht voor de 3 sterren Arcturus, Aldebaran en Betelgeuze een visuele radiale snelheid tussen −7 km/sec. en +55 km/sec. te bepalen.
Het gelukte vervolgens aan Vogel en Scheiner in Potsdam fotografisch bepaalde waarden van de radiale snelheid van 52 sterren te verkrijgen, die een aanzienlijk hogere nauwkeurigheid toonden. Daarmee begon de fotografische methode ingang te vinden. Bij deze, en ook bij latere Amerikaanse waarnemingen was de meetnauwkeurigheid tot 0,5 km/sec. toegenomen. En toen het gelukte bekende bewegingen, zoals de rotatie van de zon, de beweging van de planeten en de Aarde in de baan spectroscopisch aan te tonen, werd elke twijfel aan de betrouwbaarheid en toepassing van het beginsel van Doppler weggenomen. In tegenstelling tot de eigen beweging eist de spectroscopische methode van de bepaling van de radiale snelheid slechts één enkele waarneming, waarvan de nauwkeurigheid onder gunstige omstandigheden tegenwoordig de 0,1 km/sec. heeft benaderd. De gemiddelde radiale snelheid van de sterren ligt bij 20 km/sec.



De noordelijke hemel op:

1 oktober	22 uur	15 oktober	21 uur
1 november	20 uur	15 november	19 uur
1 december	18 uur	15 december	17 uur
1 september	1 uur	15 september	24 uur
1 augustus	3 uur	15 augustus	2 uur
1 juli	5 uur	15 juli	3 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

In het n.o. staat het bekende W-vormige sterrenbeeld Cassiopeia hoog aan de hemel, dat door die vorm gemakkelijk is te herkennen. Tussen Cassiopeia en het eronder staande beeld Perseus met de geheimzinnige ster Algol liggen 2 sterrenhopen, die in de verrekijker goed zichtbaar zijn (blz. 158). De plaats is op de kaart aangegeven.
Een mooie sterrengroep is het Zevengesternte, dat meer naar het n.o. staat. Merkwaardigerwijze zien we met het blote oog maar 6 sterren, hoewel het toch Zevengesternte heet. In de verrekijker is het een mooi beeld (plaat 4, blz. 66). Het Zevengesternte bestaat uit 150 sterren van de 3de tot de 14de grootte: afstand 410 lichtjaar. De hoofdster heet Alcyone en heeft 3 begeleiders. De hele hoop is in gasnevels gehuld. De dicht hierbij gelegen (vlakbij Aldebaran) Hyaden staan op 130 lichtjaar. In het n.o. staat de rode ster Aldebaran van de Stier, die bij de oude volkeren het rode oog van de Stier was, terwijl het Zevengesternte de nek van de Stier vormde. Van het o. naar het z.o. loopt de Walvis, een onduidelijk beeld; de hoofdster heet Mira (= de wonderbaarlijke). Ook Mira is een veranderlijke ster en tijdens de minimumlichtsterkte moeilijk te zien (blz. 94). Boven de Walvis staan de Vissen, die uit zwakke sterren bestaan. Hetzelfde geldt voor de Driehoek en de Ram. Hoog aan de hemel, recht voor ons in het o. staat Andromeda, een sterrenbeeld dat door de Andromedanevel beroemd is geworden. Reeds in de verrekijker ziet men de Andromedanevel in maanloze nachten als een licht wolkje (plaat 7, blz. 138). De Andromedanevel is niets anders dan een Melkwegstelsel buiten 'ons' Melkwegstelsel. In de Driehoek nevel M 33 met de verrekijker zoeken, m = 6,7. In Pegasus de bolvormige sterrenhoop M 15 bij ε Pegasus, in verrekijkers te zien; afstand 42 000 lichtjaar. De Melkweg loopt van het n.o. via Voerman en Perseus loodrecht naar Cassiopeia. In de Stier dubbelster θ, m = 3,6–3,9, op 337''.

Afgezien van systematische fouten in de door de observatoria bepaalde radiale snelheid, bestaat er nog een andere principiële moeilijkheid, nl. dat aan de spectroscopische bepalingen door de lichtsterkte van de gebruikte apparatuur een grens is gesteld, die zelfs bij een 2,5 meter spiegel van het Mount Wilson Observatorium reeds bij sterren van m = 11–12 bereikt is. Daarom kennen wij tegenwoordig toch maar van 15 000 sterren de radiale snelheid en van 20× zo veel de eigen beweging. Tegenwoordig heeft men geprobeerd de radiale snelheid met de objectief-prismacamera te bepalen, waarbij men gelijktijdig de radiale snelheid van een groot aantal sterren verkrijgt, echter met aanzienlijk geringere nauwkeurigheid.
De bepaling van de radiale snelheid heeft een hele reeks opmerkelijke uitkomsten verschaft, waarvan we de twee belangrijkste in het kort zullen noemen:

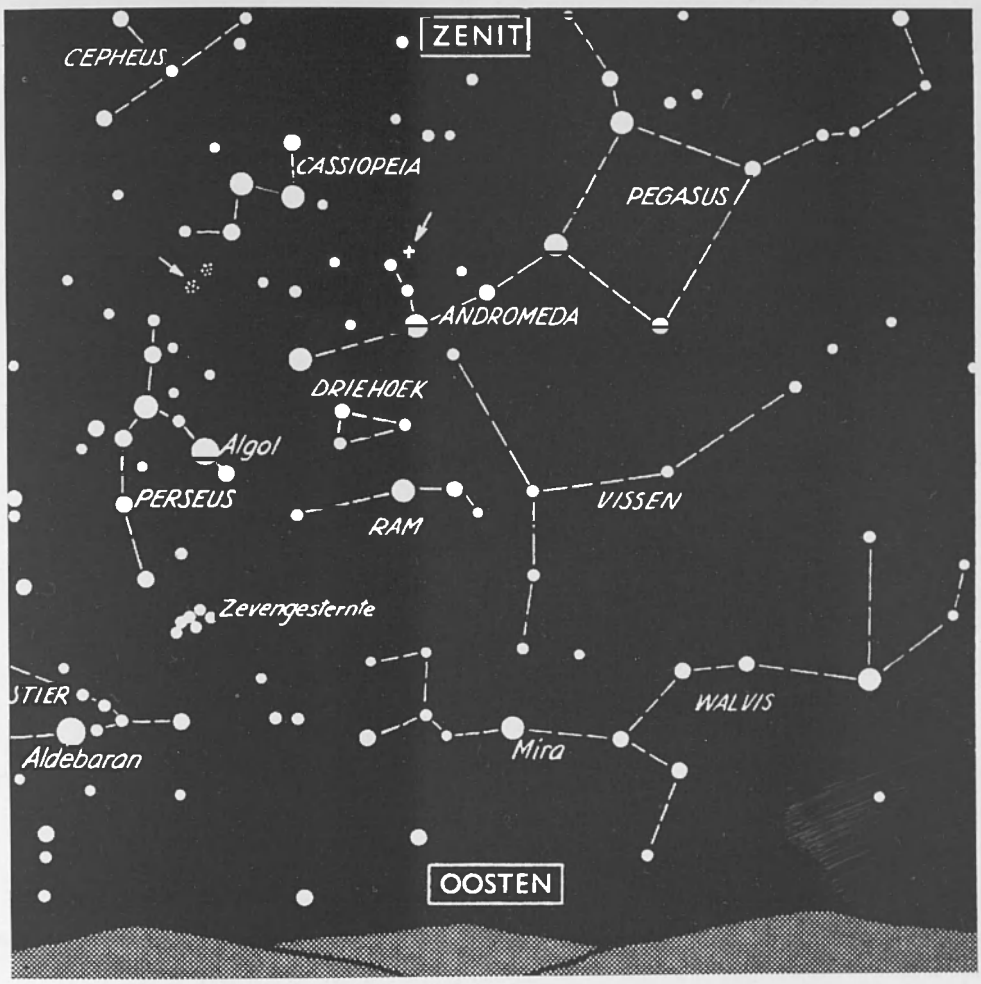
1. Het merendeel van de sterren heeft een kleine radiale snelheid. Slechts omstreeks 500 sterren – van de tot dusver onderzochte 15 000 sterren – hebben een radiale snelheid van meer dan 65 km/sec. Deze worden 'snellopers' genoemd. De grootste waargenomen radiale snelheden liggen bij +543 en −405 km/sec.
2. Meer dan 1300 sterren tonen een periodiek veranderende radiale snelheid. De verklaring hiervan is dat 2 sterren met grote snelheid om elkaar heendraaien. Wanneer zij voor de waarnemer aan de kijker niettegenstaande dat één enkele ster lijken, dan komt dat doordat zij zó dicht bij elkaar staan en tevens zóver van ons weg, dat men hen niet direct als dubbelster herkent. Hun radiale snelheid verraadt echter hun ware aard. Daarom heten zij 'spectroscopische dubbelsterren' (blz. 102). Zie voor radiale snelheid spiraalnevels: blz. 136.

---

22. De indeling van de sterren in spectraalklassen

Reuzen en dwergen

Laat men het zonlicht door een fijne spleet in een donkere kamer vallen en plaatst men in de stralenbundel een prisma, dan doet dit de



De oostelijke hemel op:

1 oktober	22 uur	15 oktober	21 uur
1 november	20 uur	15 november	19 uur
1 december	18 uur	15 december	17 uur
1 september	1 uur	15 september	24 uur
1 augustus	3 uur	15 augustus	2 uur
1 juli	5 uur	15 juli	4 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

Laag aan de kim staat de Zuidervis, een sterrenbeeld dat maar kort boven onze horizon te zien is. De heldere hoofdster heet Fomalhaut (= bek van de Vis). Waterman en Steenbok vallen niet in 't oog, daar zij uit zwakke sterren bestaan. Hetzelfde geldt voor de Vissen.
De 5 sterren van de Dolfijn vormen een mooie groep, die men aan de vorm gemakkelijk herkent. De Zwaan staat hoog aan de hemel, de hoofdster heet Deneb (= staartster). De oude volkeren zagen in dat beeld een vliegende zwaan. Deneb vormde de staart. Pegasus strekt zich over een groot deel van de zuiderhemel uit en is gemakkelijk te herkennen aan de vierhoek. In het o. sluit Andromeda op Pegasus aan. In Andromeda is de M 31 Andromedanevel aangeduid met een kruis op de kaart; de nevel is op heldere, maanloze nachten te zien (fig. 7, blz. 12, plaat 7, blz. 138). De Andromedanevel is geen nevel, hoewel hij zo heet en er in de kijker zo uitziet, maar een Melkwegstelsel buiten 'ons' Melkwegstelsel en bestaat uit miljoenen sterren (blz. 158). Dubbelsterren: α Steenbok op 375'', β Steenbok op 205''. Bolvormige sterrenhoop M 2 in de Waterman op 46 000 lichtjaar en M 30 in de Steenbok op 47 000 lichtjaar.

---

afzonderlijke delen van het zonlicht verschillend sterk afwijken. Het witte licht wordt in de basiskleuren ontleed en er ontstaat een breed uit elkaar getrokken gekleurd beeld: het spectrum met de hoofdkleuren rood, oranje, geel, groen, blauw en violet. Een volgens dit beginsel geconstrueerd toestel heet een *spectroscoop* en als er een fotografische plaat in kan een *spectrograaf*.
Een gloeiend vast lichaam geeft op het eerste gezicht een spectrum zonder hiaten, dat daarom *continuspectrum* heet. Bekijkt men het zonnespectrum nauwkeuriger, dan ziet men dat het niet streng continu is, maar door een groot aantal zwakke donkere strepen, naar Fraunhofer *lijnen van Fraunhofer* genoemd, doortrokken is. Deze lijnen treden precies op dezelfde plaatsen op waar anders (zie hieronder) de heldere lijnen van een gas te vinden zijn. Men verklaart dit als volgt: de gassen op de zonsoppervlakte – die ongetwijfeld koeler zijn dan de daaronder liggende kern – absorberen van het helderder licht dat uit de diepte komt juist die delen die zij anders zelf zouden uitstralen. Daarom blijven de overeenkomstige smalle plaatsen van het spectrum donker. Zulk een spectrum heet een *absorptiespectrum*.
Hiervan verschilt sterk het spectrum van lichtgevend gas. Dit bestaat uit afzonderlijke gekleurde lijnen op een donkere achtergrond en heet daarom *emissiespectrum*. Aantal en plaats van de lijnen hangt af van de aard van het gas. Natriumdamp geeft de bekende dubbele lijn D.
Met behulp van de spectraalanalyse is het mogelijk, chemische verbindingen op hun samenstelling te onderzoeken. Uit het eerste begin van de spectrumanalyse van de sterren (Kirchhoff en Bunsen) in 1860 heeft zich een sterk gespecialiseerde tak, de astrofysica, ontwikkeld, die met de moderne atoomfysica

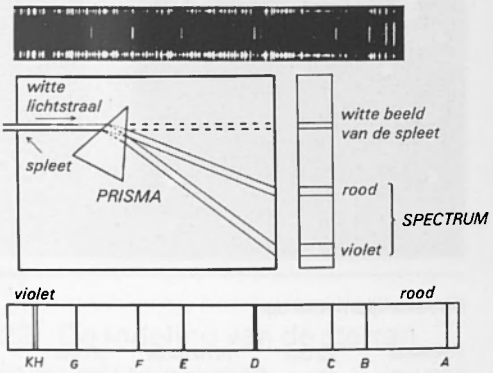
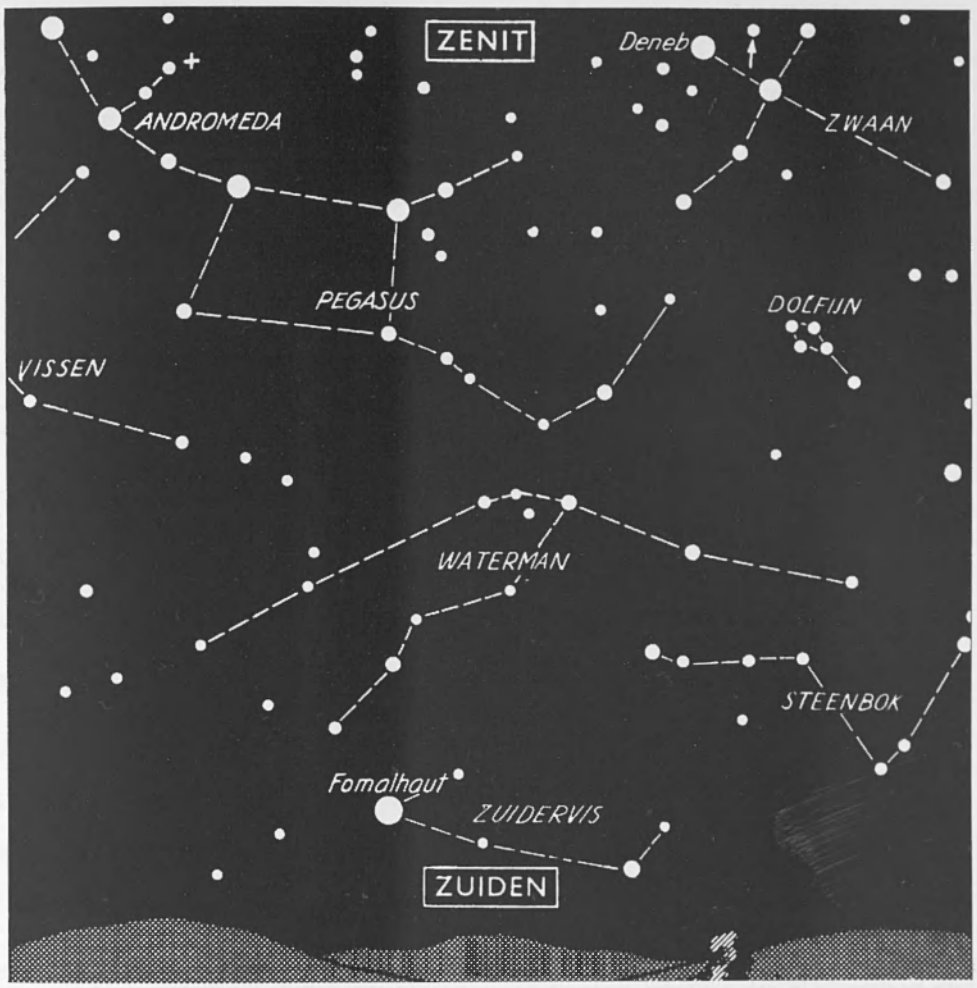


Fig. 81. Het ontstaan van het spectrum.
Midden: het ontstaan van een spectrum door breking van het licht door een prisma.
Boven: lijnenspectrum van een gasnevel.
Onder: de belangrijkste lijnen van Fraunhofer in het spectrum van de zon. Zie fig. 82b (blz. 129) spectrum van de zon.



De zuidelijke hemel op:

1 oktober	22 uur	15 oktober	21 uur
1 november	20 uur	15 november	19 uur
1 december	18 uur	15 december	17 uur
1 september	1 uur	15 september	24 uur
1 augustus	3 uur	15 augustus	2 uur
1 juli	5 uur	15 juli	4 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

de laatste tientallen jaren een ongekende vooruitgang mogelijk heeft gemaakt.
Al naar gelang hun spectrum deelt men de sterren in een aantal typen in, waarvan de aanduiding, ondanks latere verfijningen, nog steeds op de oorspronkelijke indeling van Pickering en Cannon van de Harvard sterrenwacht berusten. Met behulp van objectiefprismafoto's was het mogelijk het aantal sterren binnen ieder spectraaltype aanzienlijk te vergroten; de Henry Draper catalogus vermeldt tegenwoordig dan ook van 268 000 sterren tot de 9de grootte het spectrumtype.
Zonder op details in te gaan in onderstaande tabel de belangrijkste typen:

Type	Korte omschrijving	Ster
O	Heldere waterstoflijnen, heldere stikstofbanden	γ Velorum
B	Waterstof- en heliumlijnen (heliumsterren)	ε Orion
A	Sterke waterstoflijnen (geen helium)	Sirius
F	Waterstoflijnen minder sterk; calciumlijnen	δ Geminorum
G	Waterstoflijnen nog minder sterk; metaaldamplijnen	zon, Capella
K	Heldere calciumlijnen, ook cyaanbanden	Arcturus
M	Optreden van metaaloxydes	Betelgeuze
N	Brede donkere banden van koolwaterstoffen	19 Piscium

De volgorde van de typen blijkt tevens een temperatuurschaal. Hoe hoger in de rij, hoe heter ster. Een B-ster meet 22 000 °C, een M-ster 3000 °C (oppervlaktetemperatuur).
Voor fijnere verschillen is deze grove klassificatie niet voldoende. Men heeft elk type weer in 10 ondertypen verdeeld, die door de getallen 0–9 gekenmerkt zijn. Dan betekent F 5 een spectrumtype dat midden tussen F en G staat. Op verdere details gaan we niet in. Een beeld van de belangrijkste typen geeft fig. 82.
Het is niet moeilijk voor alle sterren van bekend spectraaltype de absolute helderheid te berekenen. Rangschikt men nu alle sterren met bekend spectraaltype en bekende absolute helderheid in een ruitjesnet, waarvan de horizontale X-as het spectrumtype en de verticale Y-as de absolute helderheid aangeeft, dan krijgt men het diagram dat eerst in 1907 door Hertzsprung en later door Russell in 1914 bestudeerd is en naar hen is genoemd (fig. 83, blz. 130). De sterren liggen hierin niet willekeurig verspreid, maar vormen hierin een patroon, dat de volgende kenmerken heeft:

1. De meeste sterren liggen op een band, die van linksboven naar rechtsonder dwars door het diagram verloopt. Deze band heet de *hoofdreeks* of *hoofdserie*, omdat het merendeel van de sterren op die band ligt. Onze zon is een normale ster op deze hoofdreeks, type G 2 met absolute helderheid m = +4,8.
2. Alle sterren in de naaste omgeving van de zon waarvan men de afstand kent, liggen op een rechte lijn, die in deze hoofdserie loopt.
3. Bij de absolute helderheid m = 0 buigt een tweede tak af, de zgn. *tak van de reuzensterren*. Behalve deze takken zijn nog 2 andere groepen aanwezig:
4. De groep van sterren waarvan de absolute helderheid 3–4 grootteklassen hoger is dan die van de gewone reuzensterren en die daarom *superreuzen* heten.
5. Een zeer kleine, maar zeer belangrijke groep vormen de *witte dwergen*, waarvan de absolute helderheid rond 10 grootteklassen te klein lijkt. Zij behoren tot de vroege spectraaltypen en moeten grote oppervlaktehelderheid hebben. Dat zij niettegenstaande dat zo lichtzwak (absoluut) zijn, wordt veroorzaakt doordat zij kleine

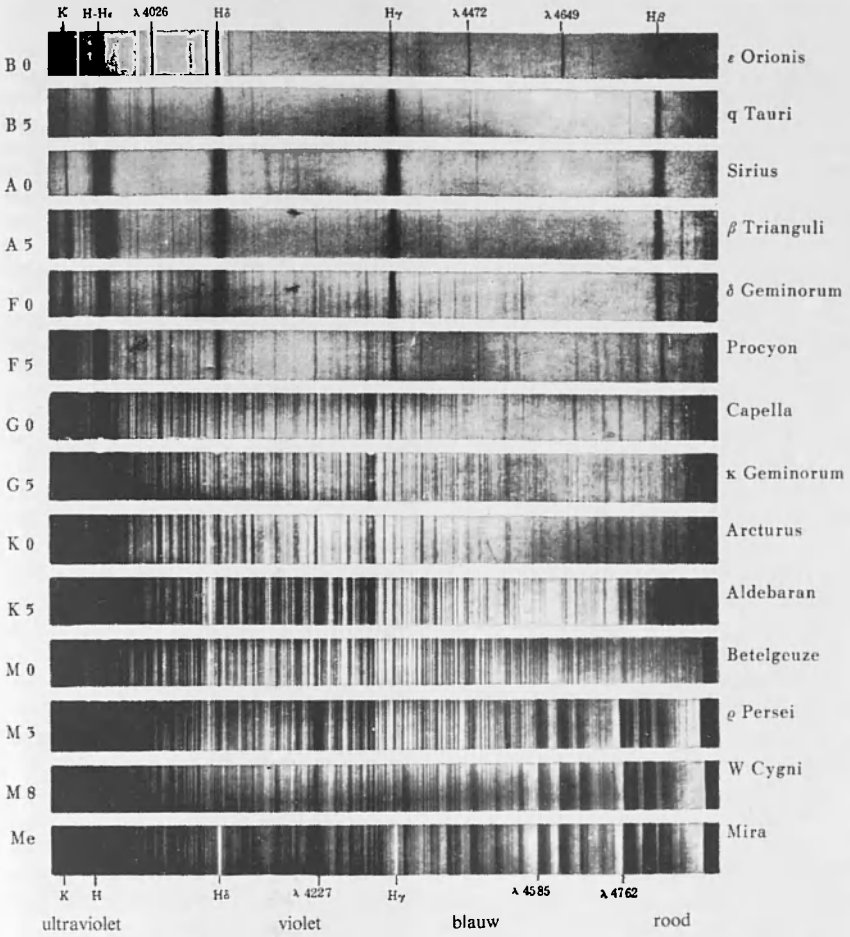


Fig. 82a. De belangrijkste spectra van enkele vaste sterren.

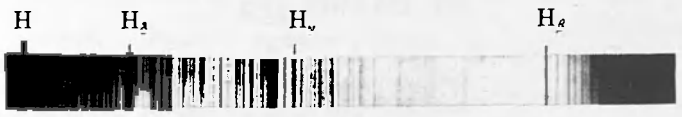


Fig. 82b. Spectrum van de zon (spectraalklasse G).

Een duidelijke sterrendriehoek beheerst de westelijke hemel, de driehoek bestaat uit de sterren: Wega in de Lier, Deneb in de Zwaan en Altair in de Arend. Heeft men die driehoek aan de hemel gevonden, dan zal men gemakkelijk de andere sterrenbeelden vinden. Op de plaats van de pijl staat in de Zwaan een dubbelster (fig. 5, blz. 11). Met het blote oog zien we één ster, met de verrekijker 2 sterren. Van Wega uit komt men aan Hercules. Vele volken zagen in die sterrengroep een knielende man; daarom heet het beeld ook wel de 'knielende'. Op de plaats van de pijl staat de bolvormige sterrenhoop M 13. Boven Hercules de Draak. De kop van de Draak is gemakkelijk te herkennen. De Slang ligt onder Hercules. De nauwkeurige vormen van Slang en Slangendrager zijn alleen op zeer heldere nachten zichtbaar, want beide sterrenbeelden bestaan uit zwakke sterren. Bovendien staan zij laag aan de kim en zijn ook door de nevel van de dampkring moeilijk te zien. Meer naar het z.w. staat de Schutter. In de Schutter de nevel M 8, bestaande uit open sterrenhoop met gasnevel, in lichtsterke verrekijkers te zien. De sterrenkundigen kennen in de Schutter ook M 20 (Trifidnevel) en M 17 (Omeganevel). De 5 sterren van de Dolfijn vormen een mooie groep. Hoewel de Dolfijn niet uit heldere sterren bestaat, vindt men hem gemakkelijk aan de hemel. Boven de Dolfijn ziet men Pegasus. In de Schutter zoeken we met de verrekijker M 23, een sterrenhoop van 120 sterren, afstand 4500 lichtjaar, en M 22, een bolvormige sterrenhoop, afstand 22 000 lichtjaar, m = 5,7. Onder de laatste ster van de Arend de open sterrenhoop M 11, afstand 4000 lichtjaar (met 200 sterren, m = 5,8).

oppervlakken, d.w.z. een kleine straal hebben. Men kent tot dusver 100 witte dwergen. Bekende voorbeelden: de begeleider van Sirius, idem van Procyon en Mira Ceti B. Hun straal is 1/100 van die van de zon, zodat ze ongeveer zo groot zijn als de Aarde. Ondanks deze kleine afmeting is hun gewicht nauwelijks kleiner dan dat van de zon. Hun dichtheid is dus enorm en ligt in de orde van grootte van 1 ton/cm³.

Belangrijk is het verband tussen de absolute helderheden en de massa's, daar met de absolute helderheid ook de massa toeneemt, wat in 1924 door Eddington langs theoretische weg werd gevonden.

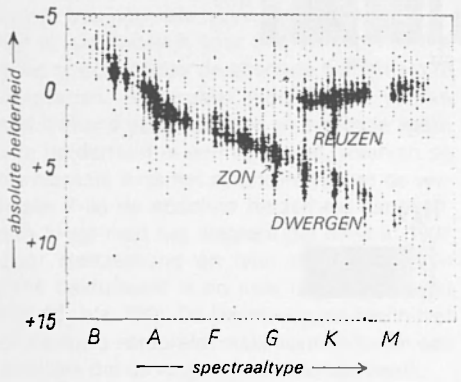


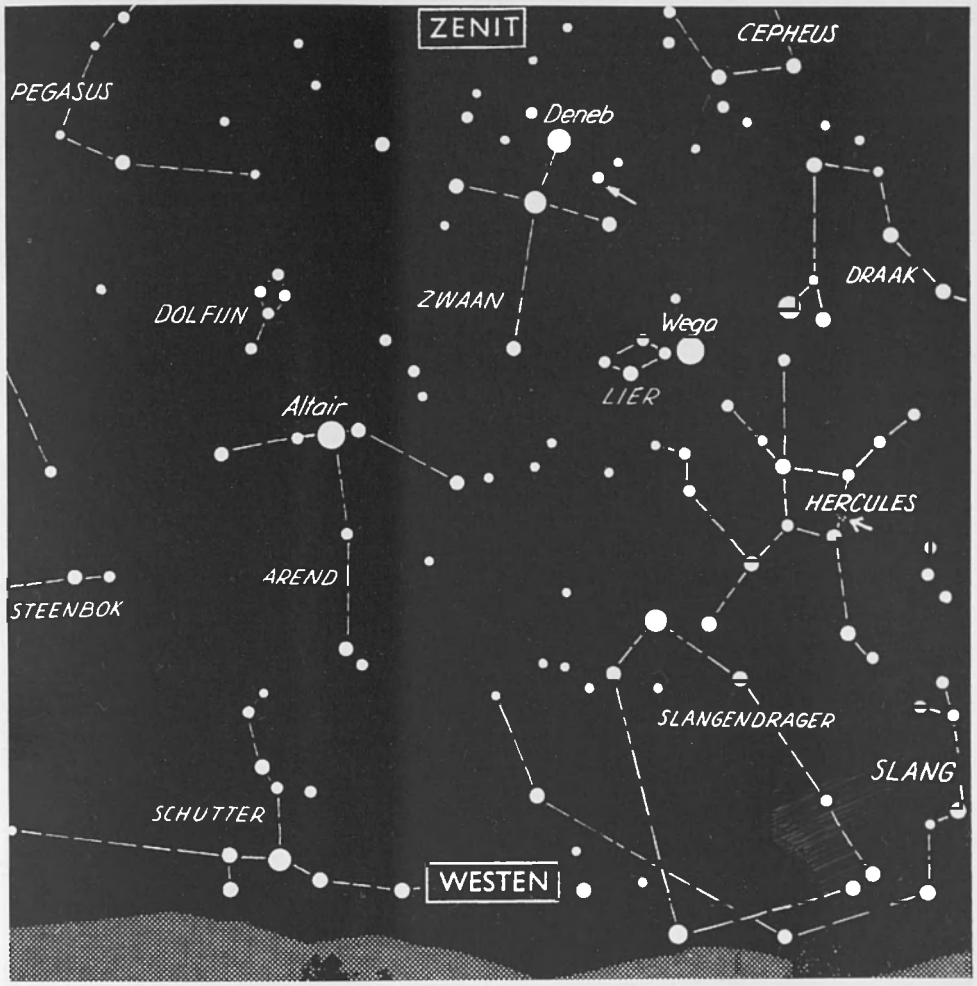
Fig. 83. Het Hertzsprung-Russell-diagram met ongeveer 6000 sterren in de omgeving van de zon.

Men moet zich hierbij goed realiseren dat de aanduiding reuzenster of dwergster op de middellijn van de ster slaat en niet op de massa. Er zijn superreuzen met 400× de diameter van de zon, maar met 30× de massa van de zon. Deze superreuzen hebben een buitengewoon geringe dichtheid en zijn veel ijler dan onze Aardse dampkring.

De sterren van de hoofdreeks hebben massa's van de grootteorde van onze zon en een overeenkomstige dichtheid, terwijl dus de witte dwergen door hun zeer kleine straal en hun massa die iets kleiner is dan die van de zon, een zeer hoge dichtheid hebben.

23. De Melkweg

De Melkweg omspant als een zwak lichtende, zilveren band de hemel (fig. 84, blz. 132). In ieder jaargetijde kan men de Melkweg in heldere, maanloze nachten zien. Alleen tijdens heldere nachten in mei, juni en juli is de Melkweg moeilijk te zien. De geleerden uit de oudheid en de middeleeuwen konden de Melk-



De westelijke hemel op:

1 oktober	22 uur	15 oktober	21 uur
1 november	20 uur	15 november	19 uur
1 december	18 uur	15 december	17 uur
1 september	1 uur	15 september	24 uur
1 augustus	3 uur	15 augustus	2 uur
1 juli	5 uur	15 juli	4 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

Recht in het n. staat het bekende sterrenbeeld de Grote Beer. De pijl op de kaart wijst op het ruitertje, een sterretje dat ieder die goede ogen heeft, kan zien. In de verrekijker zien we het ruitertje van de tweede staartster gescheiden (fig. 92, blz. 157). Het verlengde van de twee voorste sterren van de Grote Beer leidt naar de Poolster, die tot de Kleine Beer behoort. Tussen Grote en Kleine Beer loopt de Draak, de kop wijst naar Hercules. Onder de Grote Beer staan de zwakke Jachthonden. In de Jachthonden zien we met de verrekijker de sterrenhoop M 3, een bolvormige sterrenhoop, afstand 40 000 lichtjaar. Het verlengde van de staart van de Grote Beer wijst op Boötes. Het sterrenbeeld is niet geheel meer te zien, daar de heldere hoofdster onder de kim staat. Mooi is de Noorderkroon, de helderste ster heet Gemma (= edelsteen). In het beeld van Hercules is op de aangegeven plaats in de verrekijker de bolvormige sterrenhoop M 13 zichtbaar. De helderste ster van de hemel is nu Wega in de Lier. Boven de Lier zien we de Zwaan met de heldere hoofdster Deneb. In de Zwaan zien we een dubbelster (fig. 5, blz. 11), afstand componenten 24'', m = 5,5–6,3.
Hoog aan de hemel staat de W- of M-vormige Cassiopeia. Grote Beer en Cassiopeia staan het hele jaar aan de hemel (zie circumpolaire beelden, fig. 61, blz. 34). Van deze beelden gaat men uit om nieuwe sterrenbeelden te vinden. Cepheus kan men tussen Draak en Cassiopeia gemakkelijk vinden. Ten oosten van Cassiopeia staat Perseus met de veranderlijke ster Algol (fig. 79, blz. 96). Tussen Cassiopeia en Perseus staat een mooie dubbele sterrenhoop (fig. 94, blz. 158), die met een verrekijker is te zien (plaat 5, blz. 108). Meer naar het oosten staat de Voerman met als helderste ster Capella. Lager zien we nog Castor en Pollux van de Tweelingen. In de Tweelingen de open sterrenhoop M 35, met de verrekijker goed te zien, bestaande uit 120 sterren, afstand 1600 lichtjaar. De hoofdster Castor van de Tweelingen is dubbel; afstand componenten 2''. Eveneens dubbel β Lier, m componenten 3,4–6,7, afstand 46''. De helderste ster van de Lynx is α, m = 3,3, rood, afstand 170 lichtjaar. In Hercules voor de verrekijker de bolvormige sterrenhoop M 13 op 34 000 lichtjaar en M 92 op 36 000 lichtjaar (zie ook fig. 27 op blz. 20).

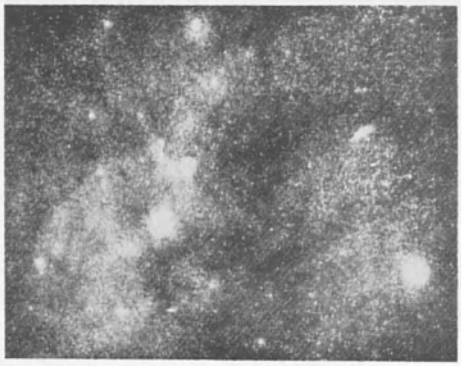
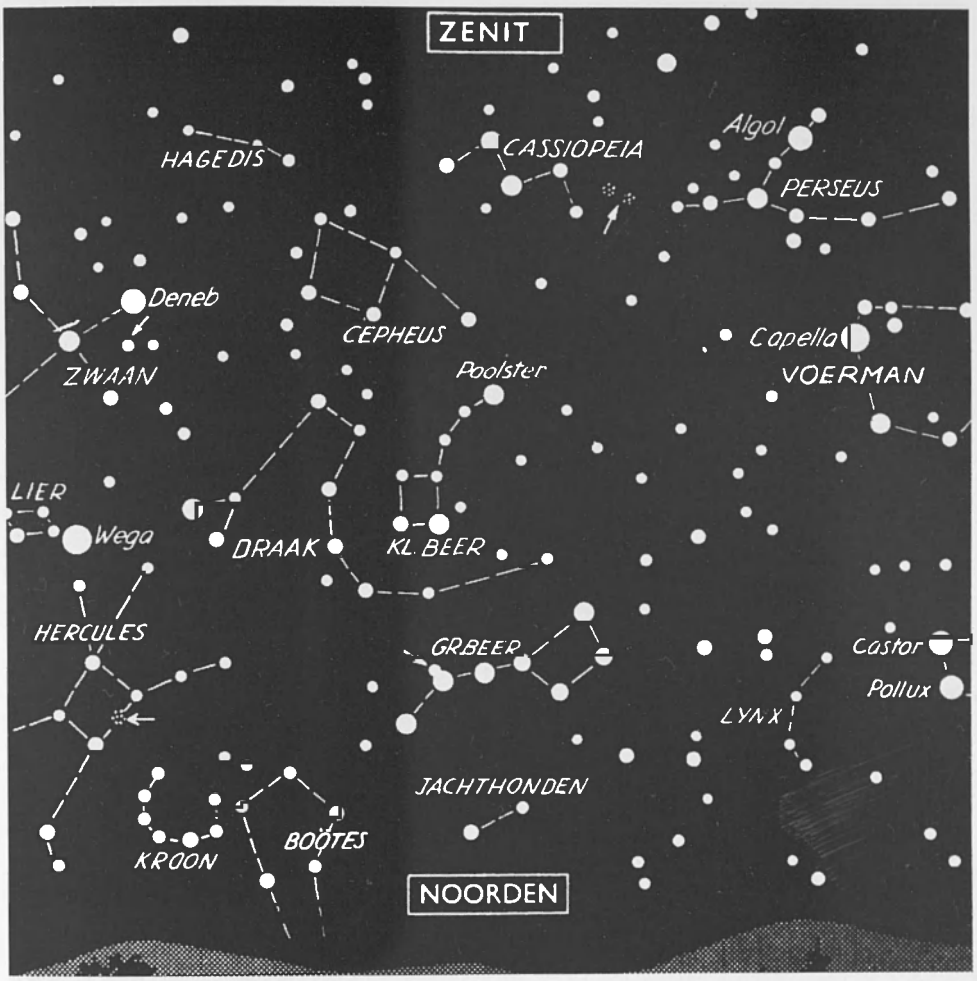


Fig. 84. Melkweg in Stier en Voerman.

weg niet verklaren. Pas de uitvinding van de sterrekijkers bracht opheldering. In die instrumenten bleek de Melkweg uit een ontelbaar aantal sterren te bestaan, die zo ver van de Aarde af staan dat zij te zwak zijn om afzonderlijk gezien te kunnen worden (fig. 85).
De Melkweg is niet regelmatig van vorm. Van

Fig. 85. Een foto van het noordelijk deel van de Melkweg met de Noord-Amerika-nevel, niet ver van Deneb in de Zwaan. De naam verwijst naar de vorm, die vagelijk op die van Noord-Amerika lijkt. Deze nevel is zeer diffuus en alleen zichtbaar met een lichtsterke verrekijker.



De noordelijke hemel op:

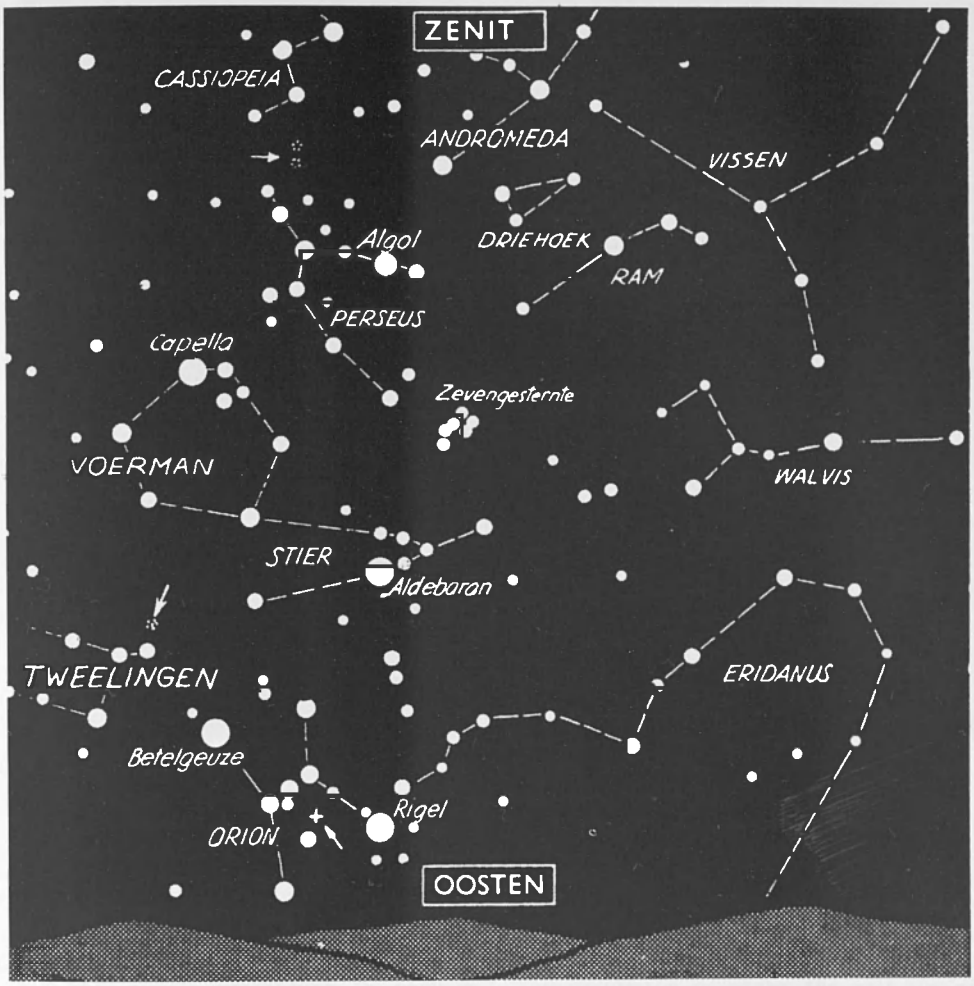
1 november	22 uur	15 november	21 uur
1 december	20 uur	15 december	19 uur
1 januari	18 uur	15 januari	17 uur
1 oktober	24 uur	15 oktober	23 uur
1 september	3 uur	15 september	2 uur
1 augustus	5 uur	15 augustus	4 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

Het bekende wintersterrenbeeld Orion komt nu in het oosten op. Betelgeuze vormt de schouder, Rigel de voet van Orion. Op de plaats van het kruis ziet men in de verrekijker op heldere nachten een licht wolkje, de Orionnevel M 42 (fig. 95, blz. 158). Hoger dan Orion staat de Stier met de rode ster Aldebaran, die het oog van de Stier vormt. Bij de oude volkeren was het oog van woede over de aanval van Orion rood geworden. De nek van de Stier wordt door het Zevengesternte gevormd, dat zich leent voor waarneming met de verrekijker (fig. 93, blz. 157). Merkwaardigerwijs bestaat het Zevengesternte met het blote oog maar uit 6 heldere sterren; in werkelijkheid bestaat het uit 150 sterren; afstand 410 lichtjaar (zie plaat 4, blz. 66).
Tot de helderste sterren in het o. behoort Capella in de vijfhoek van de Voerman. Hoger dan de Voerman staat Perseus met de veranderlijke ster Algol (= duivelsster, zie fig. 79, blz. 96). Tussen Perseus en Cassiopeia, waarvan nog een paar sterren hoog in het zenit te zien zijn, liggen twee kleine sterrenhopen die geschikt zijn voor waarneming met de verrekijker (fig. 94, blz. 158, plaat 5, blz. 108). Recht in het o., hoog aan de hemel zien we Andromeda. Onder Andromeda ligt de kleine Driehoek en daaronder de Ram.
Vissen, Walvis en Eridanus zijn 3 sterrenbeelden die weinig opvallende sterren bevatten. In het n.o. vanuit Orion zijn nog een paar sterren van de Tweelingen te zien. In de Tweelingen ligt de sterrenhoop M 35, die in gunstige omstandigheden reeds in de verrekijker als zodanig te zien is. M 35 bestaat uit 120 sterren, afstand 1600 lichtjaar. m = 5,8. Dubbelster: θ Orion, m = 4,9–5,0, afstand 135'' (verrekijker).

---

de Zwaan tot Centaurus op het zuidelijk halfrond is zij in *twee armen* verdeeld. In de Schorpioen heeft de Melkweg de grootste breedte, in de nabijheid van het Zuiderkruis (zuidelijk halfrond) de kleinste. Op veel plaatsen licht de Melkweg opvallend sterk, op andere plaatsen schijnen sterren te ontbreken, zodat midden in de Melkweg plotseling donkere plaatsen te zien zijn. Men heeft die plaatsen zonder sterren *'donkere wolken'* genoemd en kon ze lange tijd niet verklaren. Later bleek, dat ook op die donkere plaatsen sterren staan, maar dat tussen die sterren en onze Aarde *donkere gasmassa's* liggen die het licht tegenhouden, evenals de mist op Aarde het licht van een lantaarn niet doorlaat. Een grote, donkere wolk, de zgn. *'kolenzak'*, ligt bij *Deneb*. Tussen Arend en Schutter is met de verrekijker een aantal donkere nevels te vinden.
Alle sterren die wij aan de hemel zien, behoren tot ons Melkwegstelsel. De zwakke sterren van de Melkweg zijn uiteraard het verst van de Aarde verwijderd. De Melkweg is niet de enige ontzaglijke verzameling sterren. Wij kennen nog meer zulke Melkwegstelsels, maar met het blote oog is alleen de Andromedanevel (plaat 7, blz. 138) zwak zichtbaar.
Reeds een eerste blik op de Melkweg leert ons de onregelmatige verdeling van de sterren. Er is een sterke concentratie naar het vlak van de Melkweg. Herschel was de eerste die inzag dat stertellingen noodzakelijk waren voor het onderzoek naar de structuur. Hij voerde samen met zijn zoon tellingen uit in 3300 velden van de hele hemel. Tot de 14de grootte blijken er 20 miljoen sterren te zijn en in het galactische (Melkweg)vlak is de sterdichtheid 14× groter dan aan de polen. Herschel kwam tot de conclusie, dat al die sterren in een lensvormig stelsel lagen dat een lengte heeft van 14 000 en een dikte van 2500 lichtjaar. Zijn veronderstelling dat alle sterren even helder en gelijkmatig in de ruimte verdeeld zijn, is foutief gebleken (evenals de maten van de 'lens'). Herschel verkreeg echter toch een – zeer grof – beeld van het Melkwegstelsel. Tegenwoordig hebben we een beter, maar nog steeds grof beeld van de Melkweg.
Bij nadere beschouwing van de sterverdeling in het vlak van de Melkweg valt al met het blote oog op, dat in het sterrenbeeld Schutter een duidelijke opeenhoping van sterren te zien is. Daaruit volgt, dat de zon een sterk excentrische plaats in de Melkweg inneemt. Blijkbaar ligt het centrum van de Melkweg in de richting van de Schutter.
Later vond men, door vergelijking van de ster-



De oostelijke hemel op:

1 november	22 uur	15 november	21 uur
1 december	20 uur	15 december	19 uur
1 januari	18 uur	15 januari	17 uur
1 oktober	24 uur	15 oktober	23 uur
1 september	3 uur	15 september	2 uur
1 augustus	5 uur	15 augustus	4 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

renaantallen ten noorden en ten zuiden van de Melkweg, een merkbaar overheersen van het zuidelijk deel en hieruit volgt weer, dat de zon ook niet precies in het Melkwegvlak, maar iets ten noorden van dit symmetrievlak ligt. Men heeft de naaste omgeving van de zon bijzonder grondig bestudeerd en men kent tot op een afstand van 35 lichtjaar 254 grotendeels zwakke sterren. Het uitbreiden van dit onderzoek naar verder verwijderde sterren geeft aanzienlijke moeilijkheden door de aanwezigheid van interstellaire materie (stof tussen de sterren), waarvan het absorptievermogen op grote afstanden sterk is. Bovendien zou zich onderzoek van de Melkweg niet tot de structuur moeten beperken, maar zou ook de ruimtelijke beweging van de sterren met behulp van de eigen beweging en de radiale snelheid in beschouwing moeten worden genomen. Omdat dat nog steeds niet op grote schaal is gebeurd, verkeert onze kennis over de bewegingen in het Melkwegstelsel nog in het beginstadium. De beweging van de zon zelf kennen wij uit de eigen beweging en de radiale snelheid van een aantal andere sterren overigens tamelijk nauwkeurig; we weten dat de zon zich met een snelheid van 20 km/sec. t.o.v. de omgevingssterren naar een punt in het sterrenbeeld Hercules, de zgn. *'Apex'*, toe beweegt.

Verder weet men dat het Melkwegstelsel draait en wel in de omgeving van de zon met een rotatiesnelheid van 268 km/sec. Dichter bij het centrum van de Melkweg is de snelheid groter. De omlooprichting om het centrum van de Melkweg is tegengesteld aan die van de planeten om de zon.

Zo verkrijgen we een beeld van ons Melkwegstelsel; de tabel hieronder geeft enkele gegevens.

Gegevens over het Melkwegstelsel	
Diameter in het vlak van de Melkweg	100 000 lichtjaar
Diameter loodrecht op het vlak van de Melkweg	16 000 lichtjaar
Afplatting	1:6
Diameter van het stelsel bolvormige sterrenhopen	160 000 lichtjaar
Afstand van de zon ten noorden van het Melkwegvlak	50 lichtjaar
Afstand van de zon van het centrum	32 000 lichtjaar
Richting naar het centrum van de zon uit	325° galactische lengte
Rotatiesnelheid van het stelsel op de plaats van de zon	268 km/sec.
Rotatieperiode op de plaats van de zon	220×10^6 jaar
Massa in het centrum	1.7×10^{11} zonnen
Totale massa	2.2×10^{11} zonnen
Gemiddelde dichtheid van de massa	0.1 zon/pc^3
Absolute helderheid (ruwe schatting)	m = − 18
Massa van de zon	1.98×10^{33} g

24. Diffuse nevels, donkere nevels, planetaire nevels en spiraalnevels

Reeds Herschel kende enige indrukwekkende diffuse nevels die meestal in de nabijheid van heldere sterren zichtbaar zijn en vaak uitgestrekte gebieden vullen. Omstreeks 1880 begint met het toepassen van de hemelfotografie door Barnard en Wolf het nadere onderzoek van deze nevels. Tegenwoordig wordt het aantal diffuse nevels op 1000 geschat.

De bekendste is de *Orionnevel*, die dicht onder de gordel van Orion met het blote oog zichtbaar is. De afstand bedraagt 1700 lichtjaar en de grootte circa 100 lichtjaar. De massa bedraagt slechts 180 zonnen. Hij is dus buitengewoon ijl. Het oplichten wordt door sterren veroorzaakt, die bij de nevel horen of

Plaat 6. Een spiraalnevel. Van veraf gezien ziet ons Melkwegstelsel er waarschijnlijk ongeveer zo uit.

zich in de onmiddellijke nabijheid bevinden. Andere bekende diffuse nevels zijn de Noord-Amerikanevel en de nevel in het *Zevengesternte* (Plejaden, plaat 4, blz. 66).

Zoals gezegd zijn er ook *donkere wolken*, die geen licht uitstralen en daardoor onzichtbaar zijn voor directe waarneming. Dit heeft invloed op de daarachter staande sterren, waarvan het licht grotendeels wordt geabsorbeerd. De schijnbaar verscheurde structuur van de Melkweg en de scherp begrensde gebieden die arm zijn aan sterren, worden door zulke donkere wolken veroorzaakt. Zulke donkere wolken van een paar honderd vierkante graden bevinden zich in de volgende sterrenbeelden: Stier, Orion, Voerman, Cepheus, Cassiopeia en Zwaan.

De afstanden bedragen meer dan 2000 lichtjaar, de diameter tot 600 lichtjaar, de massa 100–1400× de massa van de zon en ze veroorzaken een absorptie van circa 1 grootteklasse. Er komen ook sterkere absorpties voor: in de zgn. *kolenzak* heeft men een absorptie van 4 grootteklassen gevonden. Het gaat hier om fijne stofvormige materie, waarvan de deeltjes een diameter hebben van $^1/_{1000}$ mm. Ter beoordeling van de totale absorptie in de interstellaire ruimte mag men echter niet over het hoofd zien dat er behalve deze donkere wolken bijna in de gehele Melkwegzone nog continu absorberende stofvormige materie aanwezig is, evenals gasvormige absorberende materie.

Een minder belangrijke rol spelen in dit ver-

Plaat 7. De Andromedanevel M 31.

band de rond 1000 *planetaire* nevels. Zij zijn zeer klein en hebben gewoonlijk een diameter tot 1'. Meestal bezitten zij een zeer hete centrale ster. De bekendste is de *ringnevel* in de Lier. De hele ringnevel is een gaswolk die in korte tijd uit de centrale ster is gestoten. Bij veel planetaire nevels heeft men een uitzetten van de nevel geconstateerd.

Van grote betekenis zijn verder de spiraalnevels, die men ook extragalactische nevels of Melkwegstelsels noemt. De bekendste spiraalnevel is de *Andromedanevel*, die onder gunstige omstandigheden met het blote oog zichtbaar is. De naam 'nevel' is gebleven, ofschoon zij in tegenstelling tot de bovengenoemde echte nevels in het geheel geen gasnevels zijn. Reeds lang weet men, dat de Andromedanevel een ophoping van sterren is.

In 1926 is het voor het eerst gelukt om in spiraalnevels de afzonderlijke sterren te zien. Er bestaat tegenwoordig geen twijfel meer dat elke spiraalnevel een apart Melkwegstelsel is.

De eerste catalogus van nevels van 1864 vermeldde 5079 nevels. Toen men in staat was kleinere helderheden waar te nemen, bleek het aantal spiraalnevels dat van de sterren te overtreffen. Het aantal spiraalnevels, dat met moderne instrumenten gezien kan worden, bedraagt tenminste 100 miljoen. Iedere spiraalnevel bevat miljarden sterren.

De heldere Andromedanevel, afstand 2 200 000 lichtjaar, is schijnbaar de grootste nevel omdat hij een naaste buurman van ons Melkwegstelsel is. Ongeveer even ver is nevel M 33 in de Driehoek. Andere nevels staan veel verder weg, honderden miljoenen lichtjaren ver. De methode van de afstandsmeting is hier een indirecte, bijv. met behulp van de Cepheiden (blz. 96).

De grootste verrassing van de spiraalnevels was hun grote radiale snelheid. In 1912 gelukte het Slipher van de Lowell Sterrenwacht uit de verschuiving van de absorptielijnen in het spectrum van de Andromedanevel een radiale snelheid van een honderdtal km/sec. te vinden (volgens nieuwe metingen is het −70 km/sec.). Met een aanzienlijk verbeterde cameraoptiek met een opening van 1:0,35 zijn de spectra van 150 extragalactische nevels opgenomen. De zgn. roodverschuiving van de spectrumlijnen blijkt na aftrek van de zonsbeweging *altijd* positief te zijn. Dit betekent dat spiraalnevels allemaal van ons vandaan vliegen. De radiale snelheid is des te groter naarmate de spiraalnevel verder van ons afstaat.
Bij de verst weg staande spiraalnevels heeft men een radiale snelheid van 130 000 km/sec. of meer waargenomen, wat overeenkomt met een afstand van 4,5 miljard lichtjaar. Deze 'vlucht van de spiraalnevels', die een uiting is van het uitzetten van het heelal sinds het ontstaan (20 miljard jaar geleden), is een van de intrigerendste verschijnselen die zich in de wereldruimte afspelen.

---

25. Radiostraling, radiosterren, Quasars en Pulsars

Het zichtbare licht omvat maar een zeer klein deel van het bereik van de totale elektromagnetische straling. Dit lichtgedeelte noemt men het 'optische venster' van de dampkring omdat deze stralen door de dampkring doorgelaten worden.
Er is nog een tweede gebied waarop de dampkring stralen doorlaat, dat is het zgn. 'radiovenster'. De doorgelaten straling loopt van golflengte 1 mm tot 20 of 30 meter, de zgn. radiostraling. Deze straling is uiteraard onzichtbaar, maar wel meetbaar.
Dit is bijzonder belangrijk, omdat radiostraling meestal door andere processen wordt opgewekt dan lichtstraling. Analyse van radiostraling kan dus facetten blootleggen over de samenstelling van hemellichamen die anders verborgen zouden blijven.
De ontdekking van kosmische radiostraling vond plaats in 1931 door Jansky. Na de Tweede Wereldoorlog kwam de radioastronomie tot bloei. Radiogolven worden vaak gekarakteriseerd met hun trillingsfrequentie in plaats van met hun golflengte. De eenheid van trillingsfrequentie noemt men Hertz; 1 Hertz is 1 trilling per seconde. Men rekent doorgaans in kiloHertz of MegaHertz.

1000 trillingen per sec. = 1 kiloHertz = 1 kHz
1 000 000 trillingen per sec. = 1 MegaHertz = 1 MHz
Het verband tussen golflengte en trillingsgetal is:

1 cm	30 000 MHz
1 m	300 MHz
15 m	20 MHz

Men onderscheidt in hoofdzaak 2 soorten kosmische radiostraling:

1. De zgn. *thermische straling:* hier beschouwt men de straler als 'zwart lichaam' en kan men de bijbehorende, zeer lage temperatuur van de straler berekenen.
2. *Niet-thermische straling:* straling door andere oorzaken dan de temperatuur alleen.

Radiogolven vanuit de ruimte kunnen met een radioschotel opgevangen worden en naar een ontvangapparaat gevoerd. Het vlak van de radioschotel kan veel groter zijn dan dat van een glazen spiegel; vaak is ook een net van gaas voldoende. Het andere grote voordeel van de radiotelescoop is dat het apparaat dag en nacht, onafhankelijk van de bewolking, gebruikt kan worden, omdat de zon geen heldere radiobron is. Het grote nadeel is dat het oplossend vermogen 100 000× kleiner is dan dat van de optische glasspiegel met dezelfde afmeting. Men ondervangt dit door de signalen van twee telescopen met grote onderlinge afstand met elkaar te mengen.

Het helderste sterrenbeeld in het zuiden is Pegasus, dat aan de grote vierhoek gemakkelijk is te herkennen. Andromeda is de voortzetting van Pegasus. Andromeda is beroemd door de Andromedanevel. Het kruis op de kaart geeft aan op welke plaats van de hemel wij die nevel (M 31) moeten zoeken. Op maanloze nachten zal men de Andromedanevel als zwak lichtende wolk in de verrekijker zien (fig. 7, blz. 12, plaat 7, blz. 138). Afstand M 31 2,2 miljoen lichtjaar.
Hoewel de sterrenkundige van Andromeda'nevel' spreekt, is het geen nevel, maar een opeenhoping van sterren, gelijkend op 'ons' Melkwegstelsel. Miljoenen sterren zijn hier tot een Melkwegstelsel buiten 'ons' Melkwegstelsel verenigd (zie blz. 138).
Onder Andromeda liggen de 3 sterrenbeelden Driehoek, Ram en Vissen. Daar zij niet uit heldere sterren bestaan, vallen zij niet in het oog. Hetzelfde geldt voor de Walvis, waarin de veranderlijke ster Mira (= de wonderbaarlijke) staat. Mira verandert, evenals Algol in Perseus (die nu hoog in het zenit staat), van helderheid (blz. 94). Ten tijde van de minimumlichtsterkte kan men Mira nagenoeg niet zien.
Meer naar het westen zien we de Waterman. In de Waterman staat de zgn. Saturnusnevel, afstand 2850 lichtjaar. Bij de kim fonkelt Fomalhaut in de Zuidervis. Zoals de naam zegt, kan de Zuidervis beter in zuidelijke streken waargenomen worden. Hoog in het zenit staat de kleine en onopvallende Hagedis.
In de Driehoek zoeken we met de verrekijker nevel M 33, afstand 1 800 000 lichtjaar, in Pegasus de bolvormige sterrenhoop M 15, m = 6,5. In de Waterman de bolvormige sterrenhoop M 2, afstand 46 000 lichtjaar, helderheid + 6,3.

Er zijn 100 radiotelescopen op Aarde, enkele zijn onbeweeglijk, andere in één richting instelbaar en weer andere vrij beweeglijk (in richting en hoogtehoek).
In Westerbork staat een aantal radiotelescopen op een rij opgesteld, die samen een groot oplossend vermogen hebben.
De *radiostraling van de zon* is zeer zwak. Deze straling werd toevallig ontdekt in februari 1942, omdat toen een sterke stralingsuitbarsting op de zon plaats had; deze radiostraling zou overigens niet eens meetbaar zijn als de zon niet zo dichtbij stond.
De *radiostraling van de maan* komt uit een diepere laag van de maan. Van de *radiostraling van de planeten* is die van Jupiter het sterkst; deze werd in 1950 ontdekt. Ook de andere grote buitenplaneten zenden radiostraling uit, ofschoon soms zo zwak dat deze pas door de Voyager ontdekt is. De variaties in deze straling leveren ons een waarde voor de rotatiesnelheid van het inwendige van de planeten. Verder zenden ook de *kometen* waarschijnlijk vaak radiostraling uit. Echter kon deze straling tot nu toe alleen bij de komeet *Arend-Roland* (= 1956 III) op de 11 meter golf aangetoond worden.
Voor de *Melkweg* heeft de Nederlandse astronoom Van de Hulst in 1944 een radiostraling van 21 cm golflengte voorspeld, veroorzaakt door waterstofatomen. Deze werd in 1951 gevonden. Nu zijn waterstofatomen min of meer

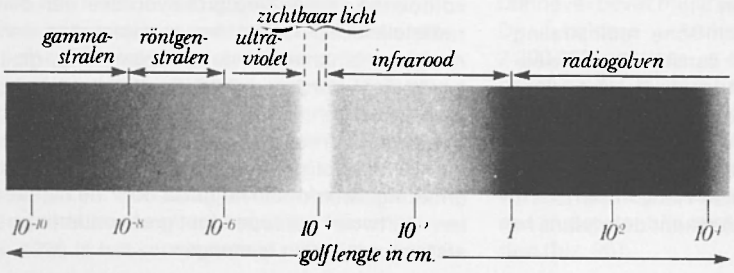
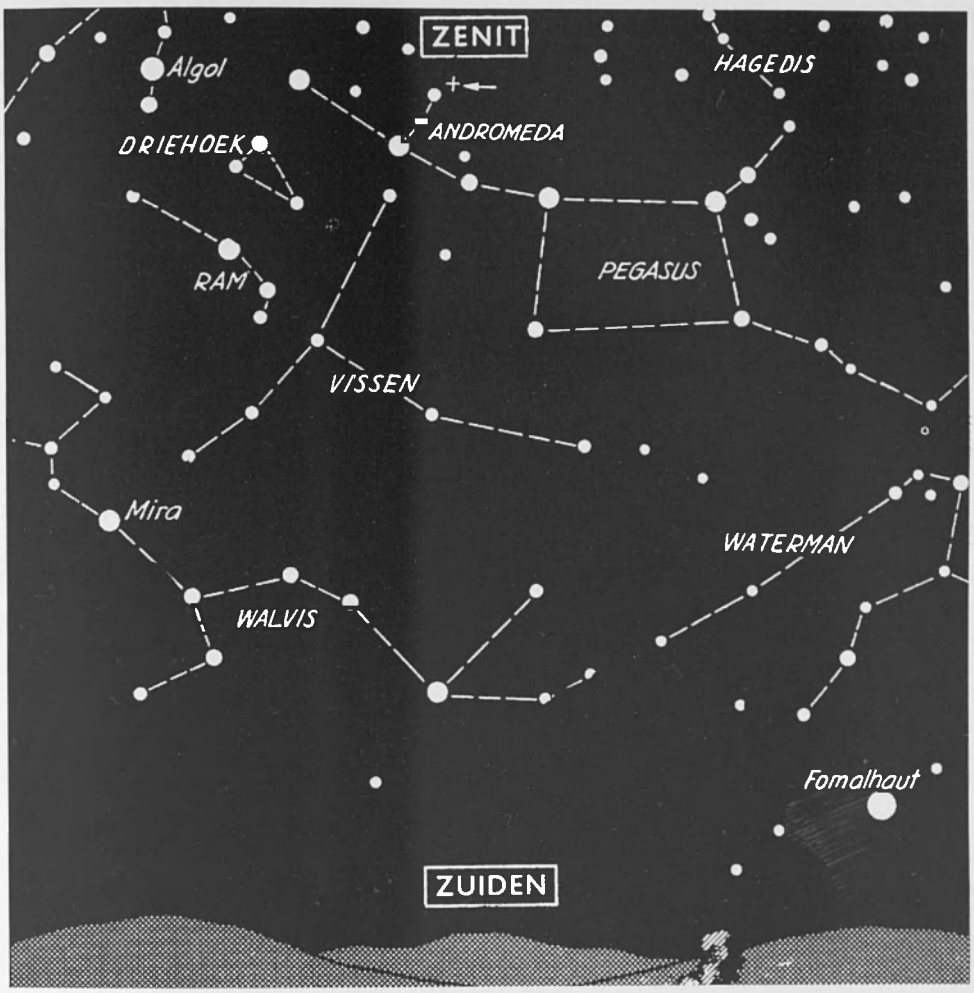


Fig. 86. Doorlaatbaarheid van de dampkring voor verschillende golflengten.



De zuidelijke hemel op:

1 november	22 uur	15 november	21 uur
1 december	20 uur	15 december	19 uur
1 januari	18 uur	15 januari	17 uur
1 oktober	24 uur	15 oktober	23 uur
1 september	3 uur	15 september	2 uur
1 augustus	5 uur	15 augustus	4 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

regelmatig verdeeld in de Melkweg en bovendien wordt hun 21-cm-straling maar weinig geabsorbeerd door 'donkere wolken'. Door systematisch de verdeling van de 21-cm-straling aan de hemel in kaart te brengen was het uiteindelijk mogelijk de structuur van ons Melkwegstelsel vast te leggen. Dit is een van de grote successen geweest uit de begintijd van de radioastronomie.
Bepaalde radiobronnen in de Melkweg noemde men aanvankelijk *radiosterren*. De eerste radiobron werd in 1946 ontdekt in de Zwaan en werd Cygnus A genoemd. Bij nadere beschouwing bleek deze zich buiten het Melkwegstelsel te bevinden. Dit gold niet voor de hierna ontdekte bronnen, waarvan de bekendste zijn Cassiopeia A, Taunus A en Sagittarius A.
Cassiopeia A is met golflengte 5 meter de helderste radiobron. Waarschijnlijk is het de rest van een supernova. Men kent in de Melkweg 12 000 gescheiden radiobronnen. De identificatie met optische strallers is in een aantal gevallen gelukt.

Tot de verrassende ontdekkingen van de laatste 25 jaar horen de *Quasars* en *Pulsars*. De term *Quasar* is een afkorting van *Quasi stellar radio sources*. In 1963 werden de eerste 3 dergelijke objecten ontdekt, in 1967 waren het er 150. Het gaat hier om puntvormige sterke radiobronnen. De spectrumlijnen van de Quasars tonen een sterke verschuiving in het rood: zij moeten dus zeer ver verwijderd zijn, wellicht miljarden lichtjaren. We weten niet welke natuurkundige processen de energiestraling veroorzaken.
Nog opzienbarender dan de Quasars zijn de in 1967 ontdekte *Pulsars*. Toen vonden Hewish en zijn medewerkers op een bepaalde plaats in het sterrenbeeld Vulpecula, dat op golflengte 3,68 m radiopulsen van 0,016 sec. uitgezonden werden, die zeer regelmatig elke 1,337 sec. terugkwamen.
Een één jaar later ontdekte Pulsar kon als de centrale ster van de Krabnevel geïdentificeerd worden. Men kon aantonen dat deze ster synchroon met de radiopulsen ook sterke lichtpulsen van 0,0033 sec. uitzendt. Deze Pulsar was de eerste waarbij een langzame toeneming van de variatieperiode vastgesteld werd.
Eind 1973 waren reeds 100 Pulsars bekend. Een Pulsar is een *neutronenster*, d.w.z. een ster van maar enkele kilometers in diameter, die toch ongeveer even zwaar is als de zon. Het is het restant van een supernova. Eigenlijk is het één enorme atoomkern. Eén cm^3 pulsarmaterie weegt maar liefst één miljard ton. Het licht (en de radiostraling) komt van één plek van de ster. Omdat deze snel ronddraait zien wij de ster als een vuurtoren aan en uit flitsen.
Een laatste voorbeeld van een spectaculaire ontdekking door de radiosterrenkunde is de zgn. 3K-achtergrondstraling, die in 1965 door Penzias en Wilson is gevonden. Deze alzijdige straling blijkt de nagalm te zijn van de Oerknal, waarmee het heelal 20 miljard jaar geleden werd geboren.
Ook van de extragalactische spiraalnevels werd intussen een intense radiostraling waargenomen. Er zijn ook radiostralingen van abnormale en op elkaar botsende stelsels en veel meervoudige radiobronnen, die meestal uit 2 dicht bij elkaar staande stelsels bestaan.

26. Kometen, vallende sterren, meteoren en kunstmanen

Af en toe duikt er een ster aan de hemel op met een lange *staart*: een *komeet* (fig. 87, blz. 144). Een tijd lang is hij zichtbaar, dan verdwijnt hij weer in het heelal. In vroeger tijd was het verschijnen van een komeet een voorteken van oorlog en hongersnood. De tegenwoordige sterrenkunde heeft dat bijgeloof opgeruimd. Wij weten dat de kometen bestaan uit een *kop*, waaraan een *staart* zit. De staart vormt zich pas in de nabijheid van de *zon* en is *altijd van de zon af gericht*.
De staart ontstaat uit de kop, daar de materie

Plaat 8. Twee kunstmanen die kort na elkaar overkwamen (Echo I en Echo II).
Foto: G. W. Hughes, Albuquerque, USA.

Recht in het westen zien we de Dolfijn. Hoewel het sterrenbeeld uit zwakke sterren bestaat, zal men het geleidelijk kunnen vinden. Tot de sterren die in de schemering al als eerste aan de hemel komen, behoren de 3 heldere sterren Deneb in de Zwaan, Wega in de Lier, Altair in de Arend. Zij vormen een driehoek aan de hemel die men gemakkelijk kan vinden. Heeft men de 3 heldere hoofdsterren gevonden, dan zoekt men de sterren van de beelden Zwaan, Arend en Lier op.
Hoog in het zenit staat Cepheus, die het hele jaar aan de hemel te vinden is (circumpolair beeld, zie fig. 61, blz. 34). Door de schijnbare draaiing van de hemel neemt dit beeld echter elke maand een andere plaats in. De Hagedis ziet men niet terstond. Pegasus springt meer in het oog; het beeld vormt een grote vierhoek. Naar het zuiden zien we nog een paar sterren van de Vissen.
Waterman en Steenbok zijn sterrenbeelden die geen opvallende sterren bezitten en slecht te zien zijn. In de Waterman bolvormige sterrenhoop M 2, helderheid + 6,3; de eveneens bolvormige sterrenhoop M 15 in Pegasus op 42 000 lichtjaar en in de Zwaan de open sterrenhoop M 39 (25 sterren) op 500 lichtjaar.

door de stralingsdruk van de zon uit de kop wordt geslingerd. De staart bestaat uit een zo uiterst ijle stof, dat we ons de dichtheid niet kunnen voorstellen, want als een komeet aan de hemel staat, ziet men zelfs de zwakste sterren nog door de staart (die miljoenen km lang is) heen (fig. 87). Een aantal kometen bezit een uitgesproken *elliptische baan.* Zij moeten daarom in bepaalde, vooruit te berekenen tijdruimten terugkeren. Men noemt ze *periodieke kometen.*
Elk jaar worden 8 tot 9 kometen ontdekt, waarvan er 3 teruggekomen kometen zijn. De beroemdste komeet is de komeet van Halley. In 1986 is deze komeet voor het laatst in de nabijheid van de zon gekomen. Men heeft toen de kans waargenomen door een ware batterij ruimtetoestellen erop af te sturen, waarvan de Russische Vega 1 en 2 en de Europese Giotto de komeet zeer dicht naderden. Voor het eerst werd de echte, vaste kern van een komeet gefotografeerd: een donker, aardappelachtig lichaam van slechts enkele kilometers afmeting. Op het komeetlichaam waren kraters zichtbaar; uit sommige spoot het gas dat de miljoenen kilometers lange staart vormde. In 1910, één omloop eerder, had men niet kunnen dromen dat bij deze terugkeer een dergelijk onderzoek mogelijk zou zijn. Hoe de wetenschap er bij de volgende terugkeer, in 2062, voor zal staan, kan men slechts gissen.

In november 1966 zag men een wonderlijk verschijnsel aan de hemel. Lichtende groepen *vallende* sterren vielen lang met duizenden tegelijk langs de hemel. Hier is sprake van kleine deeltjes die de Aardatmosfeer treffen en dan zo heet worden dat ze oplichten. Meestal ziet men er ten hoogste enkele tientallen per uur, maar in 1966 waren het er korte tijd tientallen per seconde. Wellicht krijgen wij in 1999 een herhaling van dit schouwspel te zien. Vallende sterren worden ook wel *meteoren* genoemd; het gebeurt maar zelden dat ze het Aardoppervlak bereiken. Vallende sterren zijn dikwijls afkomstig van de resten van een komeet. Veel meteorenzwermen vertonen

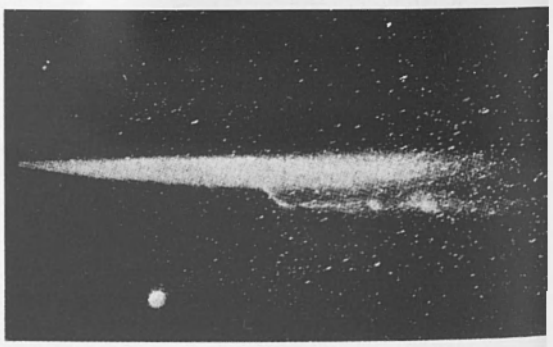
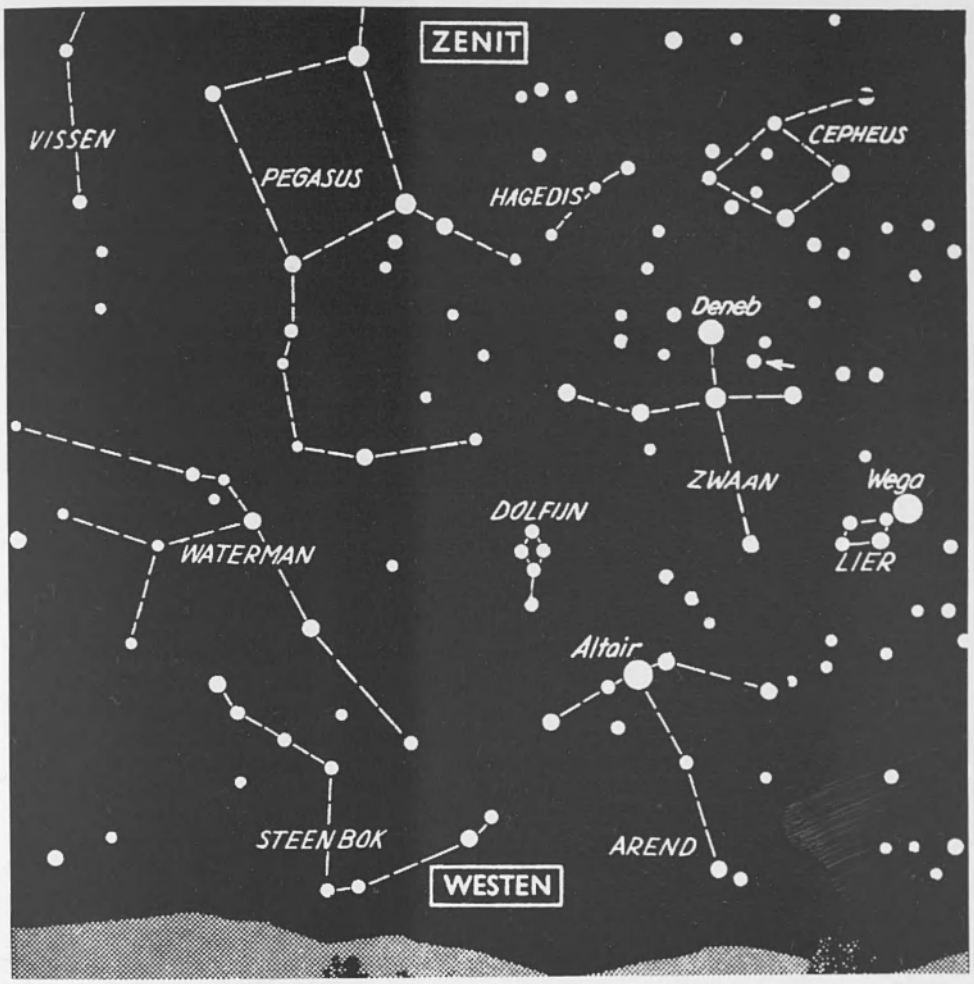


Fig. 87. Foto van een komeet. De staart van de komeet is zo ijl dat de sterren erachter door de staart van de komeet heen te zien zijn.



De westelijke hemel op:

1 november	22 uur	15 november	21 uur
1 december	20 uur	15 december	19 uur
1 januari	18 uur	15 januari	17 uur
1 oktober	24 uur	15 oktober	23 uur
1 september	3 uur	15 september	2 uur
1 augustus	5 uur	15 augustus	4 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

Wat de sterrenkaart toont –

Om de sterrenbeelden te leren kennen, zoekt men eerst de Poolster op, die het hele jaar op dezelfde plaats staat en waaromheen het hemelgewelf schijnbaar draait (fig. 3, blz. 9). Men vindt de Poolster van de Grote Beer uit als men de afstand tussen de beide voorste sterren verlengd denkt. De Poolster behoort tot de Kleine Beer. Tussen Kleine Beer en Grote Beer ligt de Draak. De kop wijst naar Hercules, waarin men op de aangegeven plaats in de sterrekijker de bolvormige sterrenhoop M 13 ziet. De helderste ster aan de kim is Wega in de Lier. Daarboven ligt de Zwaan met de heldere hoofdster Deneb. De pijl wijst op een dubbelster, die met de verrekijker als zodanig zichtbaar is (fig. 5, blz. 11). De vijf sterren van Cepheus zal men gemakkelijk vinden, maar het is moeilijker de Hagedis te vinden. Daarboven ligt de vierhoek van Pegasus, van waaruit men in Andromeda komt. Het kruis op de kaart wijst de plaats van de Andromedanevel (M 31) aan, dat een prachtig object voor de verrekijker is. M 31 heeft m = 4.3, de afstand is 2,2 miljoen lichtjaar.
De W-vormige Cassiopeia is gemakkelijk te vinden, daar het beeld het hele jaar aan de hemel staat (fig. 61, blz. 34). Zoekt men van daaruit Perseus, dan vindt men op de aangegeven plaats twee sterrenhopen (fig. 94, blz. 158, plaat 5, blz. 108). Algol in Perseus verandert regelmatig van helderheid (fig. 79, blz. 96).
De helderste ster, hoog aan de hemel, is Capella in de Voerman. Midden in de grote Voerman-vijfhoek 3 open sterrenhopen M 36, M 37 en M 38, in de verrekijker te zien, bestaande uit resp. 70, 120 en 200 sterren. De Jachthonden vallen niet op, evenmin als de Lynx. De Lynx dankt de naam aan het feit dat men 'lynxogen' moet hebben om het sterrenbeeld te vinden. Melkweg n.o.–n.w. via Cepheus.

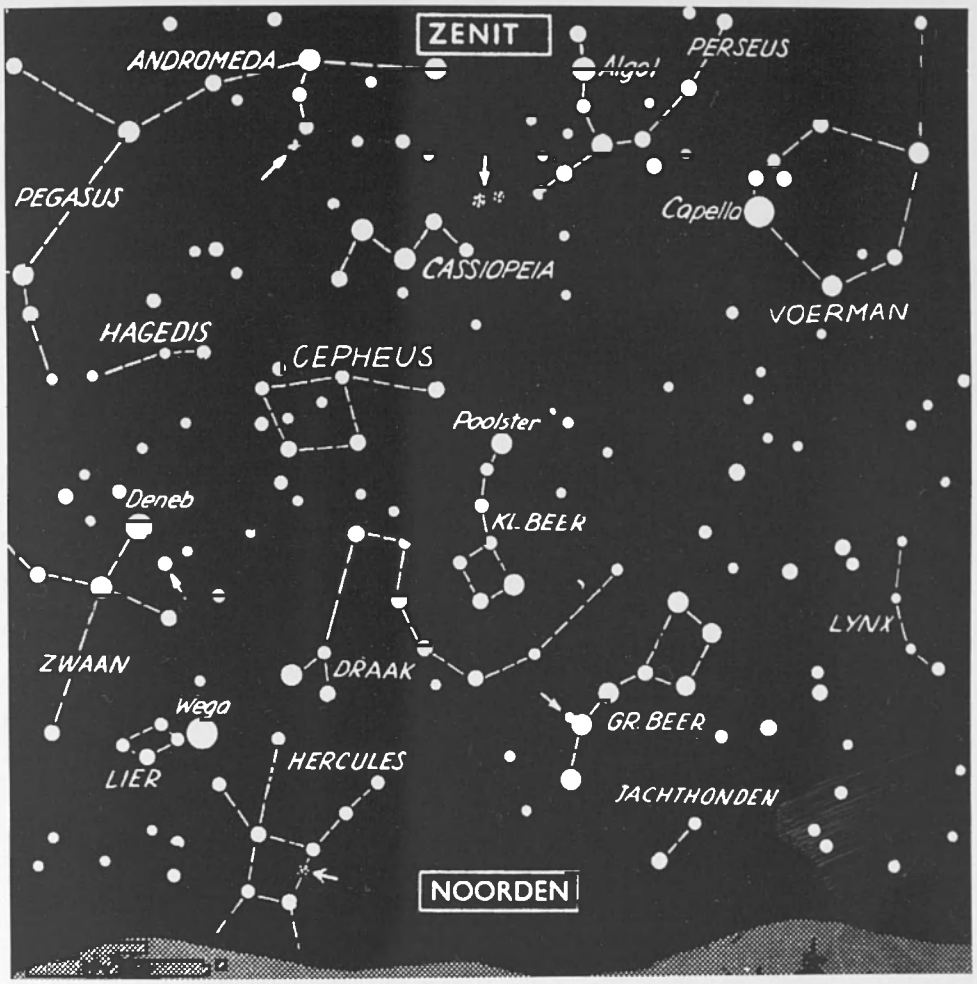
---

zich ieder jaar op dezelfde datum. De bekendste zijn de *Perseiden*, genoemd naar het sterrenbeeld Perseus; ze zijn ieder jaar rond 11 aug. te zien (zie blz. 166). In talrijke musea worden de stenen bewaard die uit de hemel op Aarde zijn gevallen. Het onderzoek van die *meteoren* bewijst dat deze buitenaardse stenen uit dezelfde stoffen bestaan als onze Aarde. De zwaarste meteoriet ligt in Afrika, in 1920 gevonden, gewicht 60 000 kg. In het American museum in New York ligt de bij Cape York (Groenland) in 1895 gevonden ijzermeteoriet van 59 500 kg. In 1871 viel bij Bacubirito (Mexico) een ijzermeteoriet van 17 000 kg. In 1958 viel bij Borken (Westfalen) een steenmeteoriet van 4,68 kg.
Tegenwoordig heeft men op Antarctica veel meteoorstenen verzameld, die daar duizenden tot miljoenen jaren hebben gelegen. Sommige zijn waarschijnlijk weggeslingerd van de maan tijdens inslagen. Van enkele wordt gedacht dat ze van de vulkanen op Mars afkomstig zijn.
Sinds 1957 ziet men aan de hemel een nieuw soort objecten, namelijk de *kunstmanen* (satellieten). Deze 'hemellichamen' vertonen zich als sterretjes die langs de hemel bewegen. Meestal gaan ze in vijf tot twintig minuten van horizon tot horizon; soms verdwijnen ze in de schaduw van de Aarde (een 'kunstmaanverduistering'). Sommige zijn helderder dan de helderste sterren (plaat 8, blz. 143).
Kunstmanen zijn door mensen gemaakte voorwerpen, die in de ruimte in een baan om de Aarde zijn geschoten. De meeste voltooien in ongeveer 90 minuten een omloop rond onze planeet. Behalve de eigenlijke satellieten bevinden zich ook uitgebrande raketten in een baan rond de Aarde, die om hun as tuimelen. Vanaf de Aarde herkent men deze aan hun variërende helderheid: ze flitsen aan en uit, meestal met een periode van een paar seconden.

---

27. Hoe meet men dat?

Vragen die men 25 jaar geleden voor onoplosbaar hield, zijn tegenwoordig beantwoord. Dingen waarover men niet durfde dromen zijn verwezenlijkt. Maar men mag niet vergeten dat ook eeuwen vóór ons heel grote zaken tot stand kwamen. Als we tegenwoordig lezen dat de omtrek van de Aarde aan de evenaar omstreeks 40 000 km is en de dichtstbijzijnde ster



De noordelijke hemel op:

1 december	22 uur	15 december	21 uur
1 januari	20 uur	15 januari	19 uur
1 februari	18 uur		
1 november	24 uur	15 november	23 uur
1 oktober	2 uur	15 oktober	1 uur
1 september	5 uur	15 september	4 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

Recht in het oosten zien we Sirius, de helderste van alle vaste sterren. Sirius behoort tot de sterren die het dichtst bij ons staan, want het licht is maar ongeveer 8 jaar onderweg om van Sirius tot ons te komen (zie blz. 151). Sirius behoort tot de Grote Hond. Links van Sirius, iets hoger, staat de Kleine Hond met de hoofdster Procyon. Grote en Kleine Hond begeleiden volgens de oude volkeren de jager Orion op zijn weg langs de hemel. Orion behoort tot de markantste sterrenbeelden. Betelgeuze is een schouderster. Rigel een voetster van de jager Orion. Wie een verrekijker heeft kan op de met een kruis aangegeven plaats de Orionnevel M 42 zien (fig. 7, blz. 12). De jager Orion vecht volgens het oude geloof met de hoger aan de hemel staande Stier. Aldebaran, de rode ster, is het oog van de Stier, rood van woede over de aanval van Orion. Het Zevengesternte M 45 dat merkwaardigerwijs voor het blote oog uit 6 heldere sterren bestaat, vormt de nek van de Stier. De sagen van vele volkeren handelen over deze sterrengroep, die in de verrekijker fraai is te zien (fig. 94, blz. 158, plaat 4, blz. 66). Van het sterrenbeeld Eridanus zijn rechts van Orion een paar sterren zichtbaar. De naam komt van de rivier van de onderwereld. Onder Orion staat de Haas.
Een heldere ster, hoog aan de hemel, is Capella van de Voerman. De vijfhoek van de Voerman kan men gemakkelijk herkennen. Van de Voerman uit vindt men Perseus met de veranderlijke ster Algol (fig. 79, blz. 96). In het oog vallend zijn Castor en Pollux van de Tweelingen. Op de aangegeven plaats op de kaart zien we in de verrekijker sterrenhoop M 35. Bij β van de Stier zien we met de verrekijker een vlekje: de nevel M 1, de zgn. 'Krabnevel', het restant van een ontplofte supernova uit het jaar 1054. In de Kreeft zien we met de verrekijker de open sterrenhoop M 44 (de Krib) op 500 lichtjaar, helderheid + 3,8, en de open sterrenhoop M 67, m = 6,2 op 3700 lichtjaar. Gasnevel in Orion (M 42) op 1700 lichtjaar. Tussen Orion en Kleine Hond de open sterrenhopen 2244 (16 sterren) en 2301 (60 sterren), afstanden respectievelijk 1500 en 1600 lichtjaar.

4,3 lichtjaar van de Aarde afstaat, vragen wij ons af: hoe meet men dat? Wij houden het meten van zulke zaken voor onmogelijk.
Toch zijn die twee feiten reeds lang bekend. Hoe de sterrenkundigen die metingen uitvoeren, zullen we met twee voorbeelden laten zien.

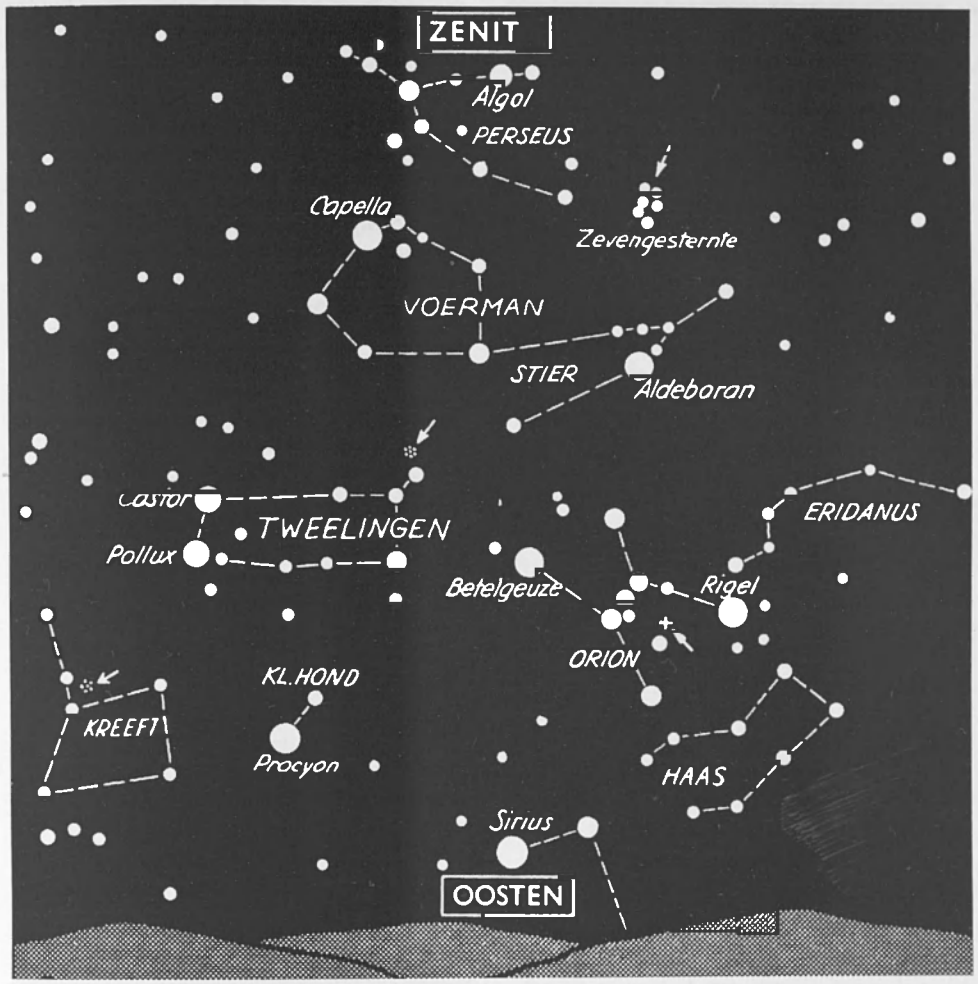
a. De omtrek van de Aarde bedraagt aan de evenaar ongeveer 40 000 km

Als we de omtrek van een *horloge* willen bepalen, kunnen we een touwtje om de kast leggen en langs een maatlat de lengte van het touwtje meten. We kunnen ook de afstand van 1 naar 2 meten en met 12 vermenigvuldigen.
Zo gaat men ook bij de Aardmeting te werk. De afstand BC in fig. 88 (blz. 150) meet men. Met een hoekinstrument meet men de hoek CAO. AO is de loodlijn die naar het middelpunt der Aarde O gaat. De hoek ACO moet dan een rechte hoek zijn en dus 90° bedragen. Daar in alle driehoeken de som van de hoeken 180 ° is, kennen wij zo hoek AOC. Een cirkel heeft 360 °. Wij weten daardoor nu hoeveel maal hoek AOC kleiner is dan de cirkel, en daarmee ook hoeveel maal de afstand BC kleiner is dan de Aardomtrek. Zo kan men de omtrek van de Aarde berekenen!

b. De ster die het dichtst bij de Aarde staat, is Proxima in het sterrenbeeld Centaurus op een afstand van 4,3 lichtjaar

De afstand van de sterren

Een van de grootste bezwaren tegen de leer van Copernicus dat de Aarde om de zon draait was, dat bij een jaarlijkse omloop de Aarde de ene keer dichter, de andere keer verder van de vaste sterren zou moeten staan en dat zich daardoor verschuivingen in de plaats van de vaste sterren zouden moeten voordoen, zoals wij dit bij de planeten zien. Copernicus beantwoordde dit met de onderstelling dat de vaste sterren zó ver weg staan, dat men zulke plaatsveranderingen niet kon waarnemen. Het bleef aan de sterrenkunde voorbehouden zulke schijnbare verschuivingen van de vaste sterren aan te tonen. Dat was een opgaaf die alleen met de sterrekijker en veel tijd opgelost kon worden. Vanwege de geringe verplaat-



De oostelijke hemel op:

1 december	22 uur	15 december	21 uur
1 januari	20 uur	15 januari	19 uur
1 februari	18 uur		
1 november	24 uur	15 november	23 uur
1 oktober	2 uur	15 oktober	1 uur
1 september	5 uur	15 september	4 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

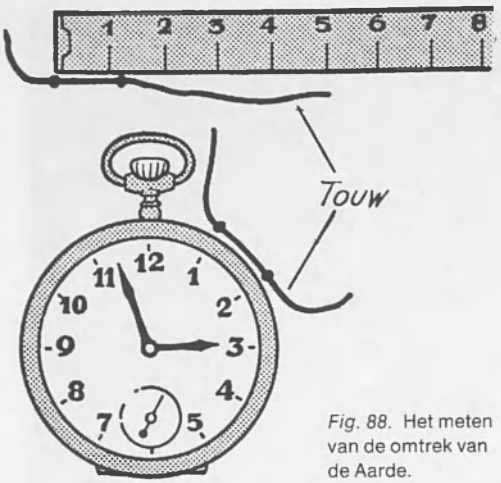
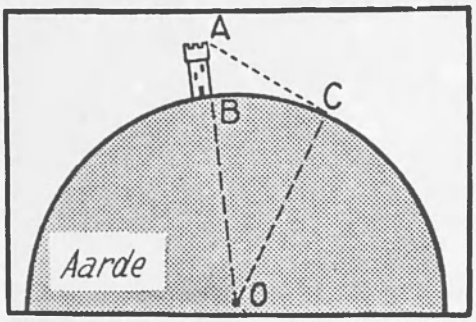


Fig. 88. Het meten van de omtrek van de Aarde.



singen mislukten lange tijd de pogingen om de afstand van de vaste sterren te bepalen. Men spreekt bij de vaste sterren van *parallax* in plaats van afstand; men verstaat daaronder de hoek onder welke, van de ster uit gezien, de straal van de Aardbaan verschijnt. De nieuwe basis is dus de straal van de Aardbaan, d.w.z. de afstand Aarde–zon.

Om nu de afstand tot een vaste ster te bepalen, neemt men de ster waar uit twee zo mogelijk diametraal tegenover elkaar liggende punten van de Aardbaan en neemt de verschuiving waar ten opzichte van de achtergrond (zie fig. 89). De middellijn van de baan van de Aarde bedraagt 300 miljoen km. Als wij een ster in de *zomer* zien, zien we haar onder een bepaalde hoek, die door ster–Aarde–Aardbaan gevormd wordt. Een half jaar later staat de Aarde aan het andere eind van haar baan en we zien de ster onder een *andere* hoek (fig. 89). Nu kennen wij 3 grootheden: twee hoeken en de middellijn van de Aardbaan van 300 miljoen km. Met de wiskunde kunnen wij nu hiermee de ontbrekende stukken uit de driehoek: ster–Aarde in de zomer–Aarde in de winter berekenen en we vinden dan de afstand ster–Aarde. Geschikt voor zulke bepalingen zijn sterren die door grote eigen beweging hun relatieve nabijheid reeds verraden. Zo gelukte het Bessel in 1838 in Koningsbergen de parallax van de ster Zwaan 61 te meten, die toen de ster met de grootst bekende eigen beweging was. Hij vond 0,35'', wat volgens nieuwe metingen iets te groot is. Gelijktijdig met Bessel gelukte het Struve in Dorpat de parallax van Wega en Henderson van de sterrenwacht aan Kaap de Goede Hoop de parallax van α Centauri te bepalen. De ons nu bekende grootste parallax heeft een zwakke ster in Centauri, die de naam Proxima Centauri draagt. De parallax is 0,762'', de afstand 4,3 lichtjaar of 300 000× de afstand Aarde–zon. Een *lichtjaar* is de weg, die het licht in een jaar aflegt. Dat is dus bij een lichtsnelheid van 300 000 km/sec., en 365 dagen van elk 24 uur van elk 60 min. van elk 60 sec.:

1 lichtjaar = 300 000·365·24·60·60 = 9,46 biljoen km of 63 240 Aardbaanstralen.

Men ziet, dat de Aardbaan een veel te kleine maatstaf is voor het meten van sterrenafstan-

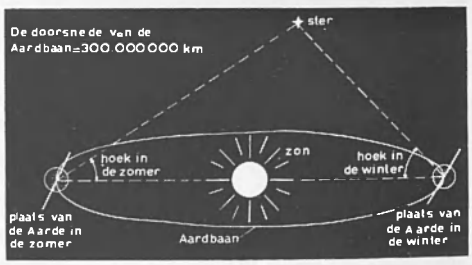


Fig. 89. Bepaling van de afstand ster-Aarde.

den. Naast het lichtjaar is er een andere eenheid voor de afstand van de sterren in gebruik, nl. de afstand die overeenkomt met een parallax van 1''. Deze eenheid heet *parsec* (afgekort pc). Voor grotere afstanden gebruikt men 1 kiloparsec (kpc) = 1000 parsec. Men heeft dan 1 parsec = 206 265 Aardbaanstralen = 3,26 lichtjaar = 30,86 biljoen km.

De kleinheid van de hoeken die hier in het geding zijn verklaart de moeilijkheid van de meting en het is dan ook niet verwonderlijk dat het pas in 1838 gelukte de eerste parallaxen van vaste sterren te bepalen. Deze methode van de trigonometrische parallaxbepaling is alleen maar mogelijk tot 100 parsec, dat komt overeen met een parallax van 0,01''.

Voor een paar duizend, meest heldere sterren zijn zulke parallaxen bepaald en hiervan hadden slechts 250 sterren een parallax van meer dan 0,1'' (en dus een afstand van minder dan 32 lichtjaar). De meeste aldus bepaalde parallaxen zijn zo klein en liggen daardoor zo dicht bij de meetnauwkeurigheid dat de gevonden getallen niet geheel betrouwbaar zijn. De meeste van deze sterren zijn erg zwak. De vroegere onderstelling, dat de schijnbare helderheid van een ster een maat voor de afstand is, is dus zeer grof gebleken. Er zijn namelijk veel, relatief zwakke sterren in de buurt van de zon. Voor de bij ons zichtbare 11 schijnbaar helderste sterren zijn de parallaxen bepaald; de afstanden zijn in lichtjaren in bijgaande tabel aangegeven. Men ziet dat de zeer heldere sterren Betelgeuze en Rigel in Orion veel verder weg staan dan hun schijnbare helderheid doet verwachten. Voor de afstanden boven 100 pc (= 326 lichtjaar) lukt de methode van de directe afstandsbepaling niet meer. Dan is men gedwongen indirecte methoden toe te passen, die in groot aantal ter beschikking staan. Zij berusten meestal op het feit dat de absolute helderheid van een ster langs een omweg bepaald kan worden. Is deze dan bekend, dan volgt door vergelijking met de waargenomen schijnbare helderheid de afstand van de ster.

De twee belangrijkste methoden zijn:

1. Bij veranderlijke sterren van het type δ Cepheiden (blz. 96) kan men volgens een wet uit de duur van de lichtwisseling de absolute helderheid bepalen. De Cepheiden zijn in zekere zin de 'normaalkaarsen'.
2. Vaak kan men uit bepaalde eigenschappen (intensiteiten) van de spectraallijnen van de sterren de absolute helderheid bepalen. De op die manier verkregen parallaxen noemt men daarom *spectroscopische parallaxen*.

Een van de vele andere methoden berust op een voorstel van de Nederlandse sterrenkundige Kapteyn uit 1900. Hij maakt gebruik van het feit dat de beweging van de zon in de ruimte, die per jaar 2 Aardbaanstralen bedraagt, een perspectivische verschuiving van de sterrenplaatsen veroorzaakt, waaruit men de afstand van die sterren kan bepalen *(secularе parallaxen)*.

Naam	Afstand in lichtjaar
Sirius	8,6
Wega	26
Betelgeuze	590
Capella	47
Arcturus	36
Rigel	880
Procyon	11
Altair	16
Aldebaran	68
Pollux	35
Spica	210

Vlak bij de kim zien we in het zuiden op de aangegeven uren maar weinig heldere sterren. Recht in het zuiden staat Mira in het sterrenbeeld Walvis, een ster die van helderheid wisselt. In de tijd van de minimumlichtsterkte kan men Mira niet met het blote oog zien. Het uitgestrekte beeld Eridanus is genoemd naar de rivier der onderwereld.
Heldere sterren zijn ook Aldebaran in de Stier en Capella in de Voerman. Men herkent Aldebaran aan de rode kleur. De vijfhoek van de Voerman kan men gemakkelijk vinden. In de sagen van vele volkeren vinden we het Zevengesternte genoemd. Merkwaardigerwijs draagt de sterrengroep altijd de naam Zevengesternte, hoewel er maar 6 sterren met het blote oog zichtbaar zijn! In de verrekijker is die groep M 45 prachtig en omvat 150 sterren.
Hoog in het zenit zien we Perseus met Algol, die op regelmatige tijden van helderheid verandert. Algol heeft een donkere, onzichtbare begeleider, die om Algol loopt en de ster, gezien vanuit de Aarde, gedeeltelijk bedekt (fig. 79, blz. 96). Zo bewijst Algol dat ook andere zonnen door planeten zijn omgeven. In het sterrenbeeld Andromeda ziet men op de aangegeven plaats in de verrekijker de grote Andromedanevel als een licht wolkje. De Andromedanevel (plaat 7, blz. 138, fig. 7, blz. 12) is niets anders dan een opeenhoping van miljoenen sterren, evenals onze Melkweg. Op Andromeda sluit Pegasus aan, waarvan nog een paar sterren zijn te zien. Driehoek, Ram en Vissen zijn sterrenbeelden die weinig opvallende sterren bezitten en daarom niet makkelijk te zien zijn. In de Driehoek nevel M 33, in lichtsterke verrekijker te zien, afstand 1 800 000 lichtjaar, helderheid + 6,7. In de Stier de Krabnevel M 1 op 1'' van β Stier, m = + 8,5, afstand 4000 lichtjaar, rest van de supernova uit 1054.

28. Andere hemellichamen, andere gewichten!

In gedachten hebben wij reeds reizen naar de maan, Mars of een ander ver hemellichaam gemaakt en doen daar de merkwaardigste ontdekkingen. Waarschijnlijk hebben wij echter vergeten, dat daar niet alleen andere temperaturen voorkomen en er een andere of geen dampkring is, maar al naar de massa van het hemellichaam *verandert ook ons lichaamsgewicht*. Een jongen die op Aarde 50 kg weegt, weegt op de zon 1400 kg. Het gewicht van 3 paarden zou op hem rusten. Op Mercurius, maan en Mars zouden wij als het ware door onzichtbare helpers gesteund worden, want op de maan zou de jongen 8,5 kg, en op Mercurius en Mars 19 kg wegen. Op Jupiter zouden we ± 2,5× zo zwaar als op Aarde zijn, daar zou de jongen 130 kg wegen (fig. 90).

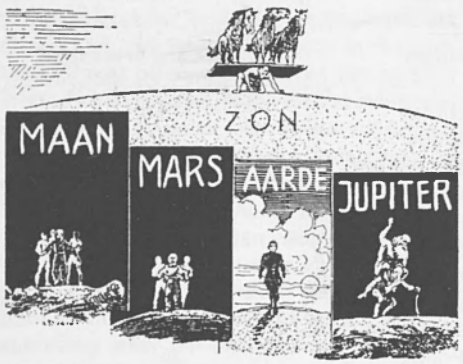
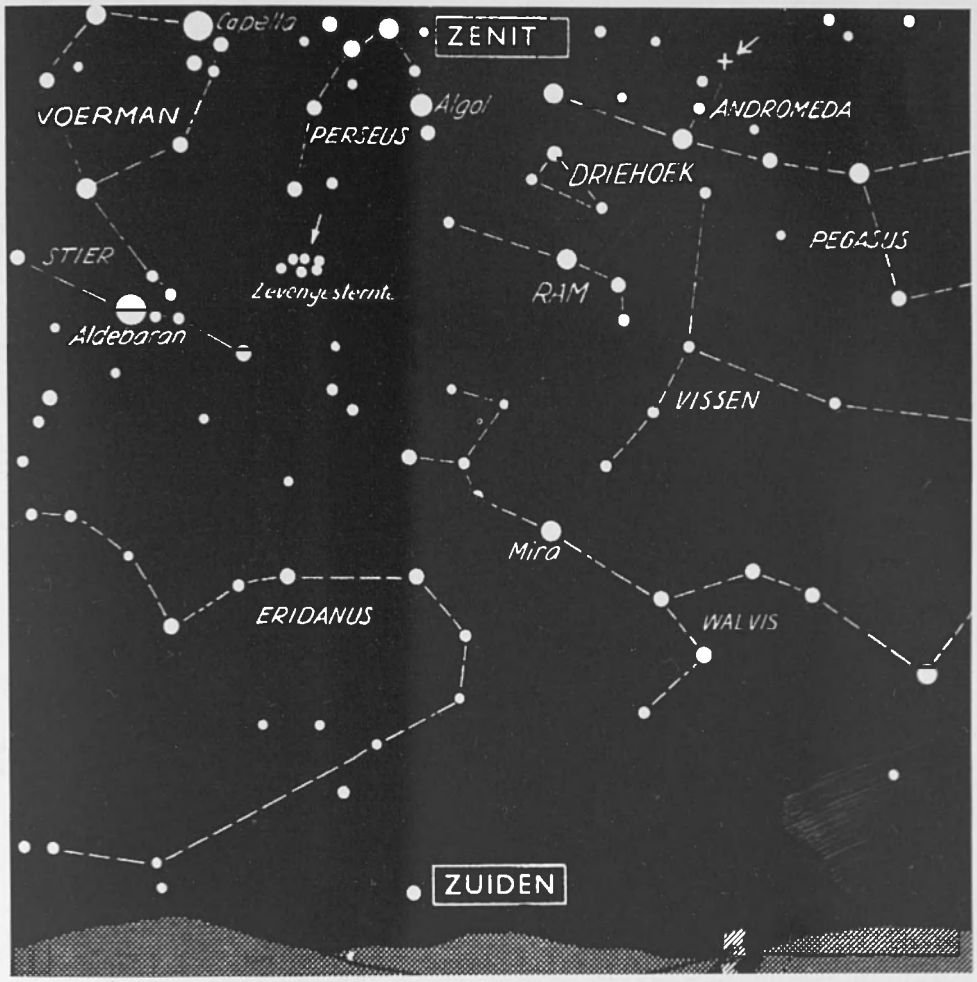


Fig. 90. Op andere hemellichamen is ons lichaamsgewicht anders.

29. Wat vermag een reuzentelescoop?

In Californië is een van de grootste telescopen ter wereld opgesteld: hij is 20 m lang en heeft een middellijn van 5 m. Men hoopt met die nieuwe kijker nog vele raadsels te kunnen oplossen. Het volgende voorbeeld geeft een goed denkbeeld van het vermogen van zulke reuzenkijkers:
Rotterdam ligt op ongeveer 75 km van Amsterdam. Een koffieboon heeft 1 cm middellijn. Als op de Euromast te Rotterdam een reuzentelescoop stond, zou men de koffieboon op de Westertoren te Amsterdam kunnen zien liggen.



De zuidelijke hemel op:

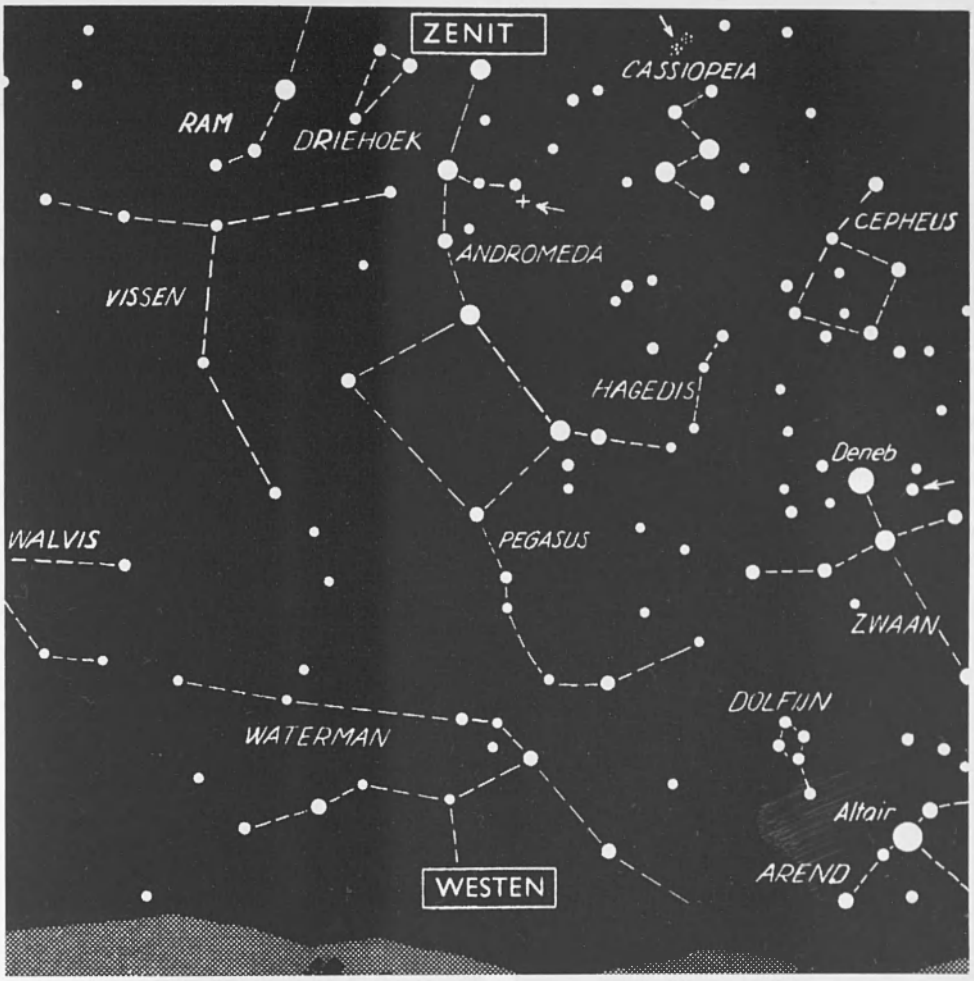
1 december	22 uur	15 december	21 uur
1 januari	20 uur	15 januari	19 uur
1 februari	18 uur		
1 november	24 uur	15 november	23 uur
1 oktober	2 uur	15 oktober	1 uur
1 september	5 uur	15 september	4 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

Recht in het westen zien we op halve hoogte de grote vierhoek van Pegasus. De naam is afkomstig van het paard Pegasus, het paard van de dichter. Op Pegasus sluit naar het zenit toe Andromeda aan, een sterrenbeeld dat bekend is door de Andromedanevel. Men kan de Andromedanevel reeds met de verrekijker op heldere, maanloze nachten op de aangegeven plaats als een licht wolkje herkennen (plaat 7, blz. 138, fig. 7, blz. 12). Tot de kenmerkende beelden in het westen behoort het M- of W-vormige beeld Cassiopeia. De pijl op de kaart wijst twee sterrenhopen aan die tot het, op de kaart niet meer zichtbare, beeld Perseus behoren (fig. 94, blz. 158 en plaat 5, blz. 108).
In het n.w. zien we de vijf sterren van Cepheus. Daaronder staat de Zwaan, gekenmerkt door de heldere ster Deneb (= staart). In de Zwaan staat een dubbelster, die men met de verrekijker kan zien (fig. 5, blz. 11). Voor het blote oog is het één ster, in de verrekijker ziet men er twee. Lager aan de kim staat Altair, de hoofdster van de Arend. Door Deneb en Altair zijn de sterrenbeelden gemakkelijk te vinden. Daartussen ligt de Dolfijn, die men aan de vorm kan herkennen. Recht in het westen staat de Waterman. Daar dit beeld geen heldere sterren bevat en vlak bij de kim staat, zal men het slecht herkennen. In het z.w. zijn nog een paar sterren van de Walvis te zien. Hoger staan de Vissen en in het zenit staan de onduidelijke beelden Ram en Driehoek. In de Driehoek nevel M 33, zichtbaar in een sterke verrekijker: afstand 1 800 000 lichtjaar, middellijn 26 000 lichtjaar, helderheid + 6,7. Boven Deneb de open sterrenhoop M 39, afstand 500 lichtjaar, helderheid + 5 (verrekijker).

30. Het heelal op begrijpelijke schaal

De astronomische getallen overtreffen elk menselijk voorstellingsvermogen. Pas door vergelijking gaan ze voor ons leven. Het volgende overzicht zal trachten de getallen van het heelal begrijpelijk te maken.
Denkt men zich de Aarde als een bol van 1 m middellijn, dan draait de maan op 30 m afstand als een bol van 30 cm middellijn om de Aarde. Op 12 km van die Aardbol van 1 m kwam dan de zon te staan, die op die schaal een middellijn van meer dan 100 m heeft. De dichtstbijzijnde ster is al weer zo ver weg, dat we de afstand zo niet kunnen voorstellen. Dus kiezen we een nieuw wereldbeeld.
Maken we de zon even groot als een zandkorreltje, dan is de Aarde een nietig stofje, dat op 15 cm afstand van de zandkorrel draait. De dichtstbijzijnde ster, die 'slechts' 4 lichtjaar van de Aarde verwijderd is, is ook een zandkorreltje, maar dan op 40 km afstand!
Denken we ons de zon als een zandkorreltje in Amsterdam, dan is de dichtstbijzijnde vaste ster een zandkorreltje in Leiden!
Daartussen is 'niets'. *Sirius* kwam als zandkorrel op 80 km, dat is ongeveer de afstand Amsterdam–Arnhem. De *Poolster* zou op die maatstaf nog verder liggen dan Delfzijl, als de zon zich als zandkorrel in Maastricht bevond! Op 9 miljoen km van die zandkorrel, dus 25× de echte afstand maan–Aarde, zou men op die schaal de Andromedanevel kunnen denken. Ook bij het verkleinen tot op een zandkorrel komt men op getallen die buiten ons voorstellingsvermogen liggen!
Het licht, dat per sec. 300 000 km aflegt, heeft voor de afstand maan–Aarde 1⅓ sec nodig. Van de zon is het licht 8 min onderweg naar de Aarde: van Sirius 8,9 jaar, van enige sterren van de Grote Beer ± 100 jaar, van Regulus 85 jaar, van Spica 210 jaar, van Deneb 1500 jaar. Het licht dat we nu zien, ging 100 jaar geleden weg van de Grote Beer, van Procyon 11,3 jaar geleden, van Altair 16 jaar, van Fomalhaut 25 jaar, van Aldebaran 68 jaar, van Wega 26 jaar, van Capella 47 jaar, van Pollux 35 jaar en het is aldoor met de snelheid van 300 000 km/sec onderweg geweest. Dat zijn alleen nog 'buren' in het heelal, want het licht doorloopt de afstand Andromedanevel–Aarde in 2 200 000 jaar!



De westelijke hemel op:

1 december	22 uur	15 december	21 uur
1 januari	20 uur	15 januari	19 uur
1 februari	18 uur		
1 november	24 uur	15 november	23 uur
1 oktober	2 uur	15 oktober	1 uur
1 september	5 uur	15 september	4 uur

De pijlen op de kaart wijzen op waarnemingen met de verrekijker of kleine sterrekijker.

31. Waarnemingen met de verrekijker

Elke nacht richt men op de sterrenwachten de kijkers naar de hemel en probeert wat nieuws te ontdekken. Iedere sterrenvriend zal wel eens gewenst hebben een blik door een grote sterrekijker te werpen, maar die wens zal vrijwel nooit in vervulling gaan. Veel sterrenwachten blijven voor de leek gesloten. We behoeven daarom niet van alle hemelwaarnemingen af te zien. Ook met de verrekijker of zelfgemaakte sterrekijker kan men hemelwaarnemingen uitvoeren, die Kepler of Galilei vroeger niet beter konden doen.
Het belangrijkste is natuurlijk dat men de weg aan het hemelgewelf kent. De sterrenkaarten van dit boek maken het u gemakkelijk. Alle objecten die in een verrekijker gezien kunnen worden, zijn op de sterrenkaarten afzonderlijk aangegeven. Daarenboven zal een verrekijker nog vele goede diensten doen en de vreugde aan de sterrenwaarnemingen verhogen. Met de verrekijker ziet men op de *maan* allerlei belangwekkende details. Het mooiste is de maan bij het Eerste of Laatste Kwartier. Dan valt het zonlicht schuin in, de maanbergen werpen schaduwen en de bijzonderheden zijn duidelijk en scherp. Bij volle maan is het hele oppervlak in licht gehuld, de contrasten ontbreken.

Fig. 91. Sterrenkundige objecten zijn het beste te zien als men de zijkant van de kijker tegen een muur, raampost of iets dergelijks drukt (tegen het trillen). Foto: Neeltje Hin.

De grote vlakten op de maan heten *Mare* (= zee); er is een Mare Imbrium (= regenzee), een Mare Nubium (= wolkenzee) en vele andere 'zeeën', die in werkelijkheid geen echte zeeën zijn. De bergen hebben dezelfde namen als de bergen op Aarde of dragen de naam van grote sterrenkundigen.
Eén bijzonderheid moet nog genoemd worden: ongeacht wanneer men de maan waarneemt, altijd hebben de 'zeeën' en bergen *dezelfde* plaats. Onze buurman in het heelal keert ons altijd dezelfde kant toe, hij draait dus *ten opzichte van de Aarde* niet om de as. Hoe de achterkant van de maan eruitziet, weten wij pas sinds de opkomst van de ruimtevaart.
Een verrekijker is maar net voldoende om de *sikkelvorm van Venus* waar te nemen. Men heeft daartoe eigenlijk de vergroting van een sterrekijker nodig. Daarentegen toont de verrekijker wel de 4 grote manen van *Jupiter*. Om de ring van *Saturnus* te zien, is ook een sterke vergroting nodig en hetzelfde geldt voor details op *Mars*. De *Melkweg* (blz. 130) is een dankbaar object voor de verrekijker. Men ziet er ontelbare sterren in. Vooral waar sterrenhopen staan geeft de verrekijker prachtige beelden. Dat valt waar te nemen in het *Zevengesternte* (fig. 93, blz. 157 en plaat 4, blz. 66), in de *Kreeft*, in het *Haar van Berenice*, in de *Stier*, in *Perseus*, *Voerman*, *Tweelingen*, *Grote Hond*, enz. Het beste kan men deze objecten zien als men de zijkant van de kijker tegen een muur drukt om het trillen tegen te gaan.
Van de genoemde objecten nemen we er nu een paar nader door. Dit om te illustreren hoe

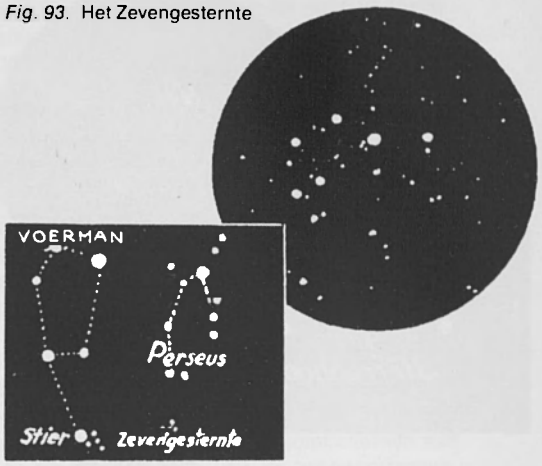
de amateur met eenvoudige hulpmiddelen door eigen aanschouwing van belangrijke objecten zich simpel een beeld van het heelal kan vormen.

a. Een eenvoudig voorbeeld: dubbelsterren

De *Grote Beer* is gemakkelijk op de kaart te vinden. Het is een overbekend sterrenbeeld. Laten we de tweede staartster eens nader bezien. Wie goede ogen heeft, ziet dat het eigenlijk 2 sterren zijn, die echter zó dicht bij elkaar staan dat ze één ster lijken. In de verrekijker zien we die sterren goed gescheiden (fig. 92). Men ziet in de verrekijker *Mizar* (zo heet de heldere ster in de staart van de Grote Beer) en *Alkor* (dat is de naam van het 'ruitertje') ver van elkaar (fig. 92). Mizar is dus een *dubbelster*, maar een *schijnbare*, want die beide sterren hebben *niets* met elkaar te maken, zij staan in werkelijkheid *achter* elkaar en zijn door een geweldige afstand van elkaar gescheiden. De schijnbare afstand is 705 boogseconden. Het zijn dus *optische* dubbelsterren. In een grote telescoop kunnen we zien dat *Mizar* zelf weer een meervoudige ster is. Het systeem Mizar–Alkor is 7-voudig. Mizar staat op 76 lichtjaar van Alkor af, m = 2,4; m

Fig. 92. De heldere ster Mizar uit de staart van de Grote Beer blijkt een (schijnbare) dubbelster te zijn: de begeleider heet Alkor.

Fig. 93. Het Zevengesternte



Alkor = 4,0. De omlooptijden van fysische dubbelsterren bedragen van enkele jaren tot vele eeuwen! Andere gemakkelijk te scheiden dubbelsterren zijn ε Lier, afstand 208'', θ Stier 337'', β Zwaan 35'', α Steenbok 375''.

b. De verrekijker toont een open sterrenhoop

Er staan niet alleen *dubbelsterren*, maar ook *drievoudige* en *meervoudige* sterren aan de hemel. Er zijn nog grotere sterrenopeenhopingen aan de hemel. Men noemt zo'n opeenhoping een *sterrenhoop*.
Een aardig beeld biedt het *Zevengesternte* (Plejaden) in de verrekijker. Met het blote oog ziet men 6 sterren (hoewel het *Zevengesternte* heet) vlak bij elkaar. In de verrekijker is het een prachtig beeld (plaat 4. blz. 66. fig. 93). Men ziet een open sterrenhoop: *open*, omdat de sterren verstrooid zijn. Er blijken 160 sterren tot de Plejaden te behoren: ze staan ongeveer 500 lichtjaar van de Aarde af. De meeste sterren zijn van de grootte-orde van onze zon.

c. We zien een dubbele open sterrenhoop

Men kan met de verrekijker een dubbele sterrenhoop zien. Midden tussen de sterrenbeelden *Perseus* en *Cassiopeia* ziet men met het

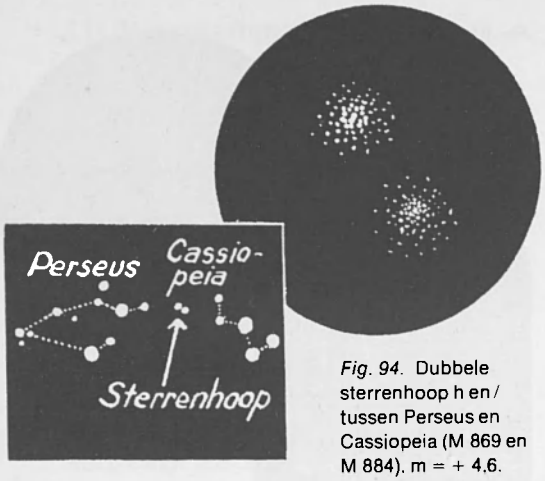


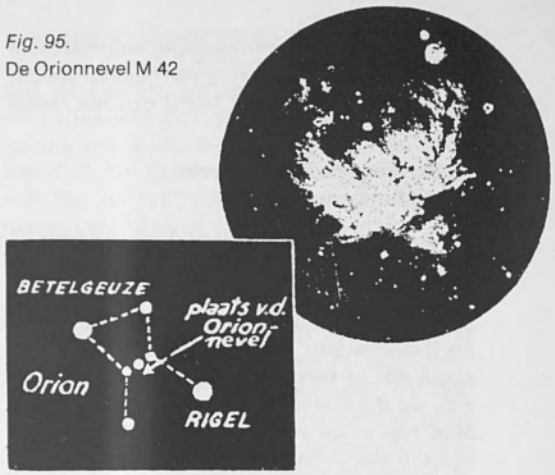
Fig. 94. Dubbele sterrenhoop h en / tussen Perseus en Cassiopeia (M 869 en M 884). m = + 4,6. Elke hoop 350 sterren, afstand: 4400 lichtjaar.

blote oog een wolkje. Met de verrekijker ziet men dat deze lichte wolk bestaat uit 2 sterrenhopen van elk 300 sterren. Dat is heel mooi te zien omdat de beide sterrenhopen *tegelijk* in het gezichtsveld van de kijker zichtbaar zijn (fig. 94). Hierin staan vele sterren zo dicht op elkaar, dat die afzonderlijke sterren niet te zien zijn. Zie ook plaat 5 (blz. 108).

d. Een nieuwe wereld ontstaat voor onze ogen

In *Orion* is zeer merkwaardig de *Orionnevel* (fig. 95), M 42, een gasnevel, een geweldige gaswolk, waaruit zich misschien over miljoenen jaren eens nieuwe sterren zullen vormen. De Orionnevel staat 1700 lichtjaar van ons af, heeft een diameter van circa 100 lichtjaar en is zeer ijl. In de Orionnevel ontstaat werkelijk voor onze ogen een nieuwe wereld. Men neemt aan, dat elke ster uit een dergelijke oernevel ontstaat. Resten van zulke oernevels zijn gevonden; ze bestaan, evenals de sterren, hoofdzakelijk uit waterstof. Ook de sterren ontstaan en vergaan, alleen in een proces van langere duur dan waarmee wij mensen gewoonlijk rekenen (zie blz. 106).

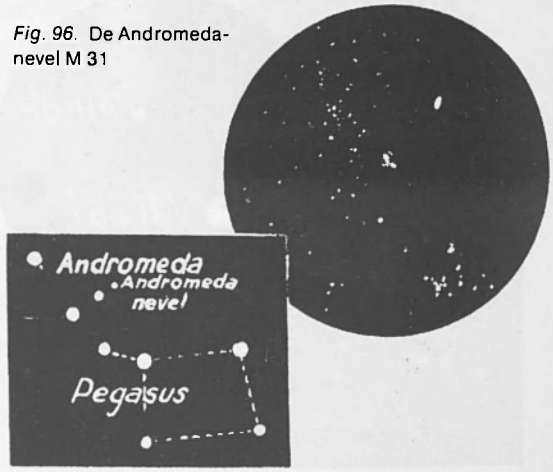
Fig. 95.
De Orionnevel M 42



e. Een Melkweg buiten onze Melkweg

Als een zwak lichtende band omspant de Melkweg de hemel (fig. 6, blz. 12). De Melkweg is niets anders dan een opeenhoping van sterren. De Melkweg is echter niet de enige dergelijke opeenhoping. De wetenschap kent nog meer van die vormen aan de hemel, die met het blote oog niet te zien zijn. Een dergelijke opeenhoping is de *Andromedanevel* in Andromeda. De nevel draagt de naam 'nevel' ten onrechte want we weten, dat het geen ne-

Fig. 96. De Andromedanevel M 31



vel, maar een opeenhoping van sterren, een Melkwegstelsel buiten 'onze' Melkweg is (plaat 7, blz. 138, fig. 96). In de verrekijker is op heldere, maanloze nachten dit verre Melkwegstelsel te zien. De afstand tot de Aarde bedraagt 2 200 000 lichtjaar, diameter 75 000 lichtjaar, m = 4,3. M 32 en NGC 205 horen hier als 'satellieten' bij. Ook 'ons' Melkwegstelsel heeft twee satellieten, zoals de zogenaamde Magelhaense Wolken. In juni 1976 ontdekte men overigens met infrarood techniek achter stofwolken nog 21 Melkwegstelsels, die bij 'ons' Melkwegstelsel horen (Calar Alto I, enz.).

32. De beweging van de heldere grote planeten

De heldere grote planeten, reeds duizenden jaren bekend, kunnen niet op de sterrenkaarten getekend worden, daar zij voortdurend van plaats veranderen. Om te weten of men met een planeet te maken heeft, moet men 2 punten in gedachten houden: zij zijn doorgaans erg helder, flikkeren niet zoals de sterren en staan altijd in de nabijheid van de ecliptica (zie fig. 1, blz. 8). Ziet men dus in de ecliptica een ongewoon heldere ster, die niet flikkert en niet op de sterrenkaart staat, dan zal het wel bijna altijd een van de grote planeten zijn.
Na één zogenaamde synodische omloop is de positie van een planeet ten opzichte van de zon weer hetzelfde geworden. De afzonderlijke fasen van zo n omloop hebben voor de binnen de Aardbaan om de zon lopende *binnenplaneten* (Mercurius en Venus) een iets ander verloop dan voor de buiten de Aardbaan lopende *buitenplaneten* (Mars, Jupiter, Saturnus). De binnenplaneten Mercurius en Venus kunnen zich tot een vastliggende grootste hoekafstand (grootste elongatie) aan beide kanten van de zon verwijderen. Bovendien kunnen zij in de zgn. boven- of benedenconjunctie tot de zon staan. Daar staan zij, van de Aarde uit gezien, in de richting Aarde–zon, de eerste keer ver aan de andere kant van de zon, de andere keer tussen Aarde en zon. In het eerste geval hebben zij de grootste, in het laatste geval de kleinste afstand van de Aarde. Zij kunnen echter niet in *oppositie* met de zon komen (d.w.z. tegenover de zon staan). Soms komt het voor dat een binnenplaneet bij benedenconjunctie als een zwart puntje over de zonneschijf trekt. Dit noemt men een *overgang*. In 2004 vindt er een Venus-overgang plaats, dit voor het eerst sinds 1882.

De *buitenplaneten* Mars, Jupiter, Saturnus, bevinden zich bij de conjunctie ook in de richting Aarde–zon, maar staan dan altijd aan de andere kant van de zon. Dit komt overeen met de bovenconjunctie van de binnenplaneten. Een benedenconjunctie bestaat niet voor de buitenplaneten. Zij kunnen wel in oppositie (tegenover de zon staand) met de zon raken en bereiken dan de minimum-afstand van de Aarde. Van conjunctie tot oppositie duurt de halve synodische omlooptijd. Het tijdsverloop tot enkele andere karakteristieke posities is aangegeven in de tabel hieronder.

De bewegingen van de binnenplaneten: (gerekend vanaf de bovenconjunctie)

Verschijnsel	Mercurius	Venus
	aantal dagen	
Bovenconjunctie	0	0
Verschijnen als avondster	12	35
Grootste oostelijke elongatie	36	221
Verdwijnen als avondster	53	286
Benedenconjunctie	58	292
Verschijnen als morgenster	63	298
Max. westelijke elongatie	80	362
Verdwijnen als morgenster	104	549
Bovenconjunctie	116	584

De beweging van de buitenplaneten:
(gerekend vanaf de conjunctie)

Verschijnsel	Mars	Jupiter	Saturnus
	aantal dagen		
Conjunctie	0	0	0
Verschijnen aan de morgenhemel	54	13	18
Begin teruglopende beweging	354	140	121
Oppositie	390	200	189
Einde teruglopende beweging	426	260	257
Verdwijnen van de avondhemel	726	386	360
Conjunctie	780	399	378

33. Tabellen

1. Belangrijke posities planeten 1990-2000

	Venus		Oppositie		
jaar	als morgenster max. w elongatie	als avondster max. o elongatie	Mars	Jupiter	Saturnus
1990	30 maart	–	27 november	–	14 juli
1991	2 november	13 juni	–	29 januari	27 juli
1992	–	–	–	29 februari	7 augustus
1993	10 juni	19 januari	7 januari	30 maart	19 augustus
1994	–	24 augustus	–	30 april	1 september
1995	13 januari	–	12 februari	1 juni	14 september
1996	20 augustus	1 april	–	4 juli	26 september
1997	–	6 november	17 maart	9 augustus	10 oktober
1998	27 maart	–	–	16 september	23 oktober
1999	30 oktober	11 juni	24 april	23 oktober	6 november
2000	–	–	–	28 november	19 november

Volgende oppositie na:	Mars	2 j. 50 d.
.. ..	Jupiter	1 j. 34 d.
.. ..	Saturnus	1 j. 13 d.

2. Zons- en maansverduisteringen zichtbaar in Nederland 1990-2010

a. Zonsverduisteringen (alle gedeeltelijk)

datum	tijdstip maximum
10 mei 1994	20.34
12 oktober 1996	15.22
11 augustus 1999	12.28*
31 mei 2003	5.33
3 oktober 2005	10.06
29 maart 2006	11.40
1 augustus 2008	11.26

* totaal op de lijn Plymouth-Cherbourg-Metz-Stuttgart-Salzburg

b. Maansverduisteringen

datum	tijdstip maximum	
9 februari 1990	20.13	totaal
10 december 1992	0.45	totaal
29 november 1993	7.26	totaal
25 mei 1994	5.32	gedeeltelijk
4 april 1996	2.11	totaal
27 september 1996	4.55	totaal
24 maart 1997	5.41	gedeeltelijk
16 september 1997	20.47	totaal
21 januari 2000	5.45	totaal
9 januari 2001	21.29	totaal
16 mei 2003	5.41	totaal
9 november 2003	2.20	totaal
4 mei 2004	22.32	totaal
28 oktober 2004	4.05	totaal
7 september 2006	20.52	gedeeltelijk
4 maart 2007	0.22	totaal
21 februari 2008	4.27	totaal
16 augustus 2008	23.11	gedeeltelijk
31 december 2009	20.24	gedeeltelijk
21 december 2010	9.18	totaal

3. De planeten

	Mercurius	Venus	Aarde	Mars	Jupiter	Saturnus	Uranus	Neptunus	Pluto
Gemiddelde afstand v.d. zon in miljoen km	57.9	108.2	149.6	227.9	778.3	1428	2872	4498	5910
(zon-Aarde = 1)	0.39	0.72	1.00	1.52	5.20	9.55	19.20	30.09	39.52
Equator diameter in km	4878	12104	12756	6786	142796	120660	52400	48600	2400
Omloopstijd (siderisch) in dagen of jaren	87.97	224.70	365.26	686.98	11.86 j.	29.46 j.	84.02 j.	164.79 j.	247.70 j.
Helling baanvak t/o ecliptica	7°0′	3°24′	–	1°51′	1°18′	2°29′	0°46′	1°46′	17°8′
Volume (Aarde = 1)	0.06	0.88	1.00	0.15	1347	770	51	43	0.1
Massa (Aarde = 1)	0.06	0.81	1.00	0.11	317.4	95.1	14.6	17.6	0.003
Dichtheid (Aarde = 1)	0.98	0.95	1.00	0.71	0.24	0.13	0.24	0.32	0.04
Aantal manen	0	0.	1	2	16	23	15	8	1
Gemiddelde helderheid *m =	−1.7	−3.8	–	−2.0	−2.6	+0.7	+5.5	+7.8	+14.9

* Voor Mercurius en Venus bij max. elongatie.
Voor de andere planeten bij gemiddelde oppositie.

4. De zon

Gemiddelde afstand van de Aarde (110 zonsmiddellijnen)	149 598 000 km
Schijnbare diameter op gemiddelde afstand	31'59.26''
Ware middellijn (109 Aarddiameters)	1 391 000 km
Aarde = 1: Oppervlakte	11918
Aarde = 1: Inhoud	1 301 200
Aarde = 1: Dichtheid	0.255
Aarde = 1: Massa	332 270
Massa in g	1.991×10^{33} g
Temperatuur aan de zonsoppervlakte	5950 °C
Temperatuur in de kern van de zon	20 miljoen °C
Temperatuur in de zonnevlekken	4700 °C
Periodiciteit van de zonnevlekken	11.07 jaar
Grootste ooit gemeten zonnevlekmiddellijn	230 000 km
Duur van de zonsrotatie	25-33 dagen
Grootste hoogte protuberansen	1 600 000 km
Grootst waargenomen snelheid van de protuberansen	700 km/sec.
Zonneconstante in gram-cal. per cm^2 per min	1.93
Snelheid van de zon in de baan om het centrum van de Melkweg	268 km/sec.
Ouderdom van de zon	ten minste 5 miljard jaar

5. Twintig heldere, veranderlijke sterren

Sterrenbeeld	Ster	Helderheid m =	Periode dagen	Soort lichtvariatie	Opmerkingen
Arend	η	3.7 – 4.4	7.1767	δ Ceph.	–
Beer, Kleine	α	2.1 – 2.3	3.9686	ζ Gem.	dubbelster, begeleider m = 9.0, A = 18''
Cassiopeia	α	2.1 – 2.6	–	u Ceph.	–
Cassiopeia	γ	1.6 – 3.0	–	onregelmatig	–
Cepheus	δ	3.7 – 4.4	5.3663	δ Ceph.	afst. 600 lj. diam. 33 × zon
Cepheus	u	4.0 – 4.8	–	μ Ceph.	–
Hercules	α	3.1 – 3.9	–	u Ceph.	dubbelster, begel. m = 6.1, A = 4.6''
Lier	R	4.0 – 4.5	–	μ Ceph.	–
Lier	β	3.4 – 4.3	12.9301	bedekking	opst. dubbelster, begel. m = 6.7, A = 46''
Orion	α	0.1 – 1.2	2070	μ Ceph.	afst. 905 lj. Rode reuzenster
Perseus	β	2.2 – 3.5	2.8673	bedekking	Algol, diam. 3.2 en 3.6 × zon
Perseus	ρ	3.2 – 4.1	910?	μ Ceph.	–
Stier	λ	3.8 – 4.1	3.95295	bedekking	–
Tweelingen	ζ	3.7 – 4.1	10.1510	ζ Gem.	–
Tweelingen	η	3.2 – 4.2	233.6	–	–
Voerman	ε	3.3 – 4.1	9883	bedekking	2 reuzensterren, laatste bedekking in 1982
Voerman	ζ	4.9 – 5.6	972	bedekking	K-superreus en hete B-ster, 32× en 13× zon
Walvis	o	2.0 – 10.0	331.6	Mira	dubbelster, begel. m = 10, A = <1'', 250 lj., 400 × zon
Waterslang	R	3.5 – 10.1	441.7	Mira	–
Zwaan	χ	4.2 – 14.0	412.9	Mira	–

6. Dubbelsterren (zie kaartjes Sterrenkundig ABC)

Sterrenbeeld	Ster	m	Afstand	Opmerkingen
I. Met blote oog zichtbaar (op de kaarten aangegeven met een pijl)				
Grote Beer	ζ	2,4 – 4.0	705''	Mizar-Alkor. Afst. 76 lj.
Lier	ε	4,5 – 4.7	208''	elke component dubbel
Stier	θ	3.6 – 3.9	337''	
II. Met verrekijker (op de kaarten aangegeven met een pijl)				
Boötes	μ	4.5 – 6.7	108''	begeleider dubbel. beide wit
Boötes	δ	3.5 – 7.7	105''	geel-blauw
Draak	ν	5.0 – 5.0	62''	–
Giraf	β	4,2 – 8.8	80''	–
Haar van Berenice	24	5,2 – 6.7	20''	–
Kreeft	ι	4,2 – 6.6	30''	oranje-blauw
Lier	β	3.4 – 6.7	46''	afstand 500 lj.
Lier	ζ	4,3 – 5.5	44''	geel-groen
Orion	θ	4.9 – 5.0	135''	–
Slang	θ	4,5 – 5.4	22''	geel-geel
Steenbok	α	3,8 – 4.6	375''	geel-geel elk dubbel
Stier	τ	4,3 – 7.8	63''	–
Vissen	ζ	5.6 – 6.5	24''	wit-grijs. A = 150 lj.
Vissen	ψ_1	5,5 – 5.8	30''	wit-wit
Vosje	6	4,4 – 5.7	400''	–
Waterman	ψ_1	4,5 – 9.1	50''	–
Weegschaal	α_2	2,9 – 5.3	230''	–
Zwaan	β	3.2 – 5.4	35''	oranje-blauw 320 lj.
Zwaan	μ	4,5 – 6.2	204''	wit-blauw
Zwaan	o_2	4,0 – 6.5 – 5.0	107'', 337''	drievoudig. blauw-blauw-oranje
III. Met kleine sterrekijker 50 mm objectief				
Andromeda	γ	2.3 – 5.1	10''	geel-groen. Omloop 56 jaar
Beer, Grote	ζ	2,4 – 4.0	14''	Alkor op 705''
Beer, Kleine	α	2.1 – 9.0	18''	geel-wit
Cassiopeia	η	3.7 – 7.3	11''	geel-rood. Oml. 480 j. A = 18 lj.
Cepheus	β	3.3 – 8.0	13''	wit-blauw
Cepheus	ξ	4.6 – 6.5	7''	geel-blauw
Dolfijn	γ	4.5 – 5.5	10''	geel-groen. A = 110 lj.
Hercules	α	3.5 – 5.4	4.6''	geel-blauw
Hercules	δ	3.2 – 8.3	10''	optisch dubbel. A = 100 lj.
Hercules	ρ	4.5 – 5.5	4''	wit-groen
Hercules	γ	3.5 – 9.5	38''	wit-rood
Jachthonden	12	2.9 – 5.4	20''	wit-geel. A = 142 lj.
Kreeft	ζ	5.6 – 6.0	5.5''	drievoudig. Oml. 1137 j.
Leeuw	γ	2.6 – 3.8	4''	oranje-geel. Oml. 620 j. A = 172 lj.
Lier	η	4.5 – 8.6	28''	rood-blauw
Maagd	γ	3.6 – 3.7	4,5''	wit-wit. Oml. 172 j. A = 37 lj.
Noorderkroon	ζ	5.1 – 6.0	6''	oranje-geel. A = 142 lj.
Orion	β	0,3 – 7.3	9''	geel-blauw
Orion	ι	2.9 – 7.0	11''	wit-blauw. A = 155 lj.
Orion	λ	3.7 – 5.6	4''	geel-rood
Orion	σ	3.8 – 7.5	13''	vijfvoudig
Orion	θ	5 – 8	8'' – 24''	–
Perseus	ε	2.9 – 8.1	9''	wit-blauw

Sterrenbeeld	Ster	m	Afstand	Opmerkingen
Perseus	ζ	2.9 – 9.5	13''	viervoudig
Perseus	η	3.9 – 8.4	28''	oranje-geel. A = 540 lj.
Pijl	ζ	5.0 – 8.7	9''	Oml. 25 jaar
Ram	γ	4.8 – 4.8	8''	wit-wit. A = 200 lj.
Schip Argo	κ	4.5 – 4.6	10''	wit-wit
Schorpioen	ξ	4.2 – 7.2	7''	Oml. 46 j.
Slang	β	3.7 – 9.5	31''	blauw-blauw
Slang	δ	4.2 – 5.2	4''	blauw-blauw
Slangendrager	70	4.2 – 5.9	4''	geel-rood. Oml. 88 j.
Tweelingen	α	2.0 – 2.8	2''	Castor. Oml. 420 j.

7. Sterrenhopen en nevels (op de kaarten Sterrenkundig ABC aangegeven met een pijl)

De helderheid hangt sterk van de plaats van waarneming af.

I. Met blote oog en verrekijker zichtbaar

Sterrenbeeld	Messier	Helderheid m =	Diameter in '	Afstand lj.	Radiale snelheid km/sec.	Aantal verander-lijke	Opmerkingen
1. Open sterrenhopen							
Grote Hond	M 41	4.9	30'	1 600	–	–	150 st. m = 8–11, 4° onder Sirius
Perseus	h	4.4	36'	4 400	–	–	350 st. m = 7–12
Perseus	χ	4.7	36'	4 400	–	–	350 st. m = 7–12
Schip Argo	2422	4.6	25'	2 300	–	–	50 st.
Stier Plejaden	M 45	1.0	100'	500	–	–	160 st. m = 3–14
2. Bolvormige sterrenhopen							
Hercules	M 13	5.8	10'	34 000	−228	7	30 000 st., massa 110 000 × zon
Hercules	M 92	6.1	8'	36 000	−118	14	–
Jachthonden	M 3	6.4	10'	30 000	−150	200	massa 70 000 × zon
Schutter	M 22	5.7	17'	22 000	–	21	70 000 st.
Schutter	M 55	6.4	10'	29 000	–	2	–
Slang	M 5	6.2	13'	36 000	+45	70	15 000 st.
Waterman	M 2	6.3	8'	46 000	−3	10	–
3. Spiraalnevels							
Andromeda	M 31	4.3	400 × 91'	2 200 000	−300	700	meer dan 130 novae. massa 3.7 × 10^{11} × zon
4. Gasnevels							
Orion	M 42	1.8	3°	1.700	–	–	massa 10 × zon

II. In de verrekijker of kleine sterrekijker

Sterrenbeeld	Messier	Helderheid m =	Diameter in ′	Afstand lj.	Radiale snelheid km/sec.	Aantal verander-lijke	Opmerkingen
1. Open sterrenhopen							
Andromeda	M 752	5,8	45′	1 300	–	–	70 st.
Kreeft Krib	M 44	3.8	95′	500	–	–	577 st. m = 6–17
Kreeft	M 67	6,2	15′	3 700	–	–	67 st.
Schip Argo	M 46	5,6	24′	3 700	–	–	150 st.
Schorpioen	M 6	4.7	25′	1 200	–	–	50 st.
Schorpioen	M 7	4,9	60′	800	–	–	50 st.
Tweelingen	M 35	5,8	40′	1 600	–	–	120 st.
Zwaan	M 39	5,2	30′	500	–	–	25 st.
2. Bolvormige sterrenhopen							
Haar van Berenice	M 53	7,6	3′	60 000	−112	–	–
Pegasus	M 15	6,5	7′	42 000	−114	–	–
Schorpioen	M 4	6,2	14′	23 000	–	–	–
Slangendrager	M 10	6,7	8′	36 000	+73	–	–
Slangendrager	M 12	6,6	9′	36 000	+94	–	–
Slangendrager	M 19	6.6	4′	53 000	+102	–	–
Steenbok	M 30	8.4	6′	47 000	−164	–	–
3. Spiraalnevels							
Driehoek	M 33	6,7	60′	1 800 000	−167	55	6 novae. massa 10^{10} × zon
Haar van Berenice	M 100	10.6	3′	14 000 000	+1650	–	–
Jachthonden	M 51	8,1	12′	6 000 000	+250	–	massa 10^{10} × zon
Leeuw	M 96	9,1	7′	11 400 000	+940	–	–
4. Gasnevel							
Schutter	M 8	5,8	25′	4 500	+8	–	–

8. De belangrijkste typen sterren

Type	Naam	Spectrum	Ware Ø zon = 1	Schijnb. Ø in ″	Massa zon = 1	Dichtheid water = 1
Superreuzen	Antares	M	285	0.040	30	3×10^{-7}
	Betelgeuze	M	300-420	0.048	15	6×10^{-7}
Reuzen	Capella	G	12	0.007	4.2	0.0024
	Arcturus	K	23	0.020	8	0.0003
	Aldebaran	K	36	0.020	4	2×10^{-5}
Dwergen	Sirius	A	1.8	0.006	2.4	0.42
	α Centauri	G	1.0	0.007	1.1	1.1
	70 Ophiuchi	K	1.0	0.002	0.9	0.9
Witte dwergen	o_2 Eridanus B	A	0.019	–	0.44	1×10^{5}
	Sirius B	wA	0.030	–	0.85	4×10^{4}
	v. Maanens ster	F	0.017	–	0.14	4×10^{5}

9. De achttien dichtstbijzijnde sterren

Naam	Schijnbare m =	Absolute m =	Parallax in ''	Afstand lichtjaar	Eigen bew. in ''	Spectrum
Prox. Centauri	11,3	15,7	0,762	4,27	3,36	M
α Centauri A	0,3	4,7	0,756	4,3	3,36	G
α Centauri B	1,7	6,1	0,756	4,3	3,85	K
+ 4° 3561	9,5	13,1	0,543	6,0	3,67	M
Luyten 726-8 A	12,4	16,2	0,500	6,5	3,67	M
Luyten 726-8 B	13,0	16,7	0,500	6,5	10,25	M
Wolf 359	13,5	16,5	0,403	8,0	4,76	M
+ 36.2147	7,5	10,4	0,388	8,4	4,78	M
Sirius A	−1,6	1,4	0,375	8,6	1,32	A
Sirius B	8,5	11,4	0,375	8,6	1,32	wA
Ross 154	10,5	13,2	0,350	9,3	0,67	M
Innes Ster	12	14,7	0,340	9,6	2,69	–
L 789-6	12,3	14,9	0,328	9,9	3,27	M
Ross 248	12,2	14,7	0,314	10,4	1,82	M
ε Eridani	3,8	6,2	0,305	10,7	0,98	K
τ Ceti	3,7	6,0	0,298	10,9	1,92	G
61 Cygni A	5,4	7,7	0,296	11,0	5,20	K
61 Cygni B	6	8,4	0,296	11,0	5,20	K

10. Overzicht van de belangrijkste in Europa zichtbare meteoorzwermen

Naam	Sterrenbeeld	Radiant		Verschijningsperiode	Maximum	Opmerking
Ouadrantiden	Boötes	227°	+46°	3 jan	3 jan	–
Hydraiden	Waterslang	184	−27	12 mrt-5 apr	25 mrt	tak van de Virginiden
Virginiden	Maagd	200	−6	1 mrt-10 mei	3 apr	–
Lyriden	Lier	273	+35	12-24 apr	22 apr	komeet 1861-I
Mei-Aquariden	Waterman	338	−1	29 apr-21 mei	5 mei	komeet Halley
Scorpius-Sagitariden	Schorpioen-Schutter	270	−30	20 apr-30 juli	14 juni	–
Juli-Aquariden	Waterman	343	−17	25 juli-10 aug	3 aug	–
Perseiden[1])	Perseus	43	+56	20 juli-19 aug	11 aug	komeet 1862-III
Cygniden	Zwaan	324	+51	25 juli-8 sept	16 aug	–
Cepheiden	Cepheus	308	+64	18 aug	18 aug	tak van de Cygniden
Pisciden	Vissen	0	+4	16 aug-8 okt	12 sept	–
Orioniden	Orion	94	+16	11-30 okt	19 okt	komeet Halley
Tauriden	Stier	58	+21	24 sept-10 dec	13 nov	–
Leoniden[2])	Leeuw	151	+21	11-20 nov	16 nov	komeet 1866-I
Geminiden	Tweelingen	113	+30	5-19 dec	12 dec	–

[1]) Sterkste zwerm van het jaar.

[2]) Eens in de 33 jaar kans op een enorme, echter kortdurende sterrenregen. De laatste keer gebeurde dat in 1966, de volgende kans doet zich voor in 1999.

11. Enige getallen betreffende Aarde en maan

1. De Aarde

Lengte van de Aardas aan de polen	12713,8 km
Lengte van de middellijn aan de equator	12756,8 km
Afplatting	1:297,0
Oppervlakte van de Aarde	509 950 700 km²
Wateroppervlakte	71%
Landoppervlakte	29%
Totale massa van de Aarde in g	$5{,}97 \times 10^{27}$ g
Totale inhoud	$1{,}08 \times 10^{12}$ km³
Gemiddelde dichtheid van de Aarde	5,53
Grootste hoogte boven de zeespiegel	8882 m
Grootste zeediepte	10793 m
Gemiddelde snelheid in de baan om de zon	29,8 km/sec
Duur van de beweging van de noordpool om de pool van de ecliptica (precessie)	26000 jaar
Helling van de ecliptica (1970,0)	23°26′35,47″
Ouderdom van de Aarde	ten minste 5 miljard jaar

2. De maan

Gemiddelde afstand van de Aarde (60,266 aardstralen)		384404 km
Schijnbare diameter op gemiddelde afstand		31′5,16″
Ware middellijn		3476 km
Aarde = 1	Oppervlakte	1:13,5
	Inhoud	1:49,4
	Dichtheid	0,606
	Massa	1:81,83
Grootste hoogte van de maanbergen		8500 m
Snelheid in de baan om de Aarde		1,023 km/sec
Helling maanbaan t.o.v. ecliptica		5°8′43,3″
Omloopstijd (siderisch, t.o.v. sterren)		27,32166 dagen
Omloopstijd (synodisch, t.o.v. dezelfde fase)		29,53059 dagen
Helderheid van de volle maan m =		~12,55
Intensiteitsverhouding VM*: Zon		1:468000
Aantal van de Aarde uit waargenomen maankraters aan de voorkant maan		33000
Aantal op de achterkant maan benoemde formaties		500

* Volle Maan.

Register

De cursieve cijfers verwijzen naar illustraties
e.v. = en volgende

Aarde 8
–, as 8
–, omtrek 148, *150*
Absorptiespectrum 126
Algol 24, *96*
Algolsterren 96
Alkor-Mizar 157, *157*
Almagest 70
Andromeda 15, *15*, *158*
Andromedanevel 12, 15, *138*, *158*
Apex 136
Apollo 52 e.v.
Arend 16, *16*
Arend-Roland, komeet 140
Asgrauw licht 50

Beker 16, *16*
Betelgeuze 24, *158*
Boötes 16, *16*

Cassiopeia 16, *17*, *158*
Centauri, Proxima 148, 150
Cepheiden 96
Cepheus 17, *17*
Charon 92
Chromosfeer 62, *62*
Circumpolair 33, *34*
Conjunctie 159
Corona 62

Deimos 78, 80
Dierenriem 31
Dolfijn 17, *17*
Donkere wolken 134, 137
Doppler, beginsel van 120
Draak 17, *18*
Driehoek 18, *18*
Dubbele sterrenhoop *108*, *158*
Dubbelsterren 11, 102 e.v.
–, fysische 102
–, optische 102
–, spectroscopische 102
–, visuele 102
Duif 18, *18*
Dumbellnevel 28
Dwergen, (witte) 128, *130*

Ecliptica 9
Eigen beweging 114 e.v.
Eridanus 18, *18*
Eros 68, 84
Evenaar 8

Fakkels 62
Fotosfeer 62, *62*
Fraunhofer, lijnen van 126

Galactica 134
Gasnevels 164
Giraf 18, *19*
Griekse alfabet 14
Grote Beer *9*, *10*, 18, *19*, *118*
Grote Hond 19, *19*

Haar van Berenice 19, *20*
Haas 20, *20*
Hagedis 20, *20*
Halley, komeet van 11, 144
Heelal 154 e.v.
Helderheid, absolute 110
–, schijnbare 110
Hemelas 8
Hemelbol 8
–, polen 8
Hemelequator 8
Hercules 20, *20*
Hyaden 20

Intensiteit 106, 110

Jachthonden 21, *21*
Jupiter 13, 36, 84 e.v., *86*
–, atmosfeer 84, 86
–, magneetveld 86
–, manen 12, 84, 86, 88
–, ring 86
–, rode vlek 84
–, stralingsgordel 86

Kepler, wetten van 64, 68
Kleine Beer 21, *21*
Kleine Hond 21
Kolenzak 134, 137
Kometen 11, 142 e.v.
Kompas 9, 10
Krabnevel 27, 100, 142
Kreeft 22, 22
Krib 22
Kunstmanen *143*, 146

Leeuw 22, 22
Lichtjaar 35, 150
Lier 22, 22
Lynx 23, *23*

Maagd 23, *23*
Maan *38*
–, achterkant 50, *58*, 59
–, bergen 46, 58
–, bodem *43*, 50
–, fasen 46, *50*
–, gesteente 58
–, kraters 44, *44*
–, landingen *48*, 50 e.v.
–, omloopstijd 38
–, radiostraling 140
–, verduistering 38, *40*, 161
–, zeeën 44
Magnitudo 110
Manen 6
Maren 56
Mars 13, 36, 76 e.v., *76*
–, atmosfeer 76, 80, 82
–, kanalen 76
–, manen 12, 78
–, oppervlakte 78, 80, *82*, *82*
–, temperatuur 78, 80
–, oppositie 78
Melkweg 12, *12*, 130 e.v., *132*
Melkwegstelsel 12
Mercurius 13, 36, 72 e.v., *75*
–, atmosfeer 74
–, magneetveld 74
–, oppervlakte 74
–, rotatie 74
–, temperatuur 74
Messier 14
Meteoren 12, 13, 142 e.v.
Meteorieten 146
Mira 29, 94
Mirasterren 94

Neptunus *90*, 91 e.v.
–, atmosfeer 92
–, manen 12, 91
Neutronenster 142
Nevels 12, 136 e.v.
–, diffuse 136
–, donkere 136
–, planetaire 138
–, spiraal- 12, *12*, *108*, *137*, 138
Noord-Amerikanevel *132*
Noorderkroon 23, *23*
Novae 98

Orion 23, *23*, *158*
Orionnevel 12, 24, 136, *158*

Parallax 150 e.v.
Parsec 151
Pegasus 24, *24*, *158*
Penumbra 60, *62*
Perseiden 146
Perseus 24, *24*, *157*, *158*
Phobos 78, 80
Planeten 13, 36, 68 e.v.
–, afstanden 161
–, binnen- 68, 159
–, buiten- 159
–, grote 68
–, omloop 159
–, omloopstijd 161
–, oppositie 159
–, symbolen *14*
Planetoïden 84
Pluto 92 e.v.
–, maan 12, 92
Poolster 9, 10, 32
Protuberansen 62, *62*
Pulsars 142

Quasars 142

Raaf 25, *25*
Radiale snelheid 120 e.v.
Radiosterren 142
Radiostraling 139, 140
Ram 25, *25*
Reuzensterren 128, *130*
Rigel 23
RR Lyrasterren 96

Sarosperiode 40
Saturnus 13, 36, 88 e.v., *89*
–, atmosfeer 88
–, manen 12, 88
–, ringen 88
Schip Argo 25, *25*
Schorpioen 25, 25
Schutter 26, *26*
Slang 26, *26*
Slangendrager 26, *26*
Spectrograaf 126
Spectroscoop 126
Spectrum 126, *126*
Steenbok 27, *27*
Sterredag 32
Sterren 106 e.v.
–, afstanden 148, *150*
–, drievoudige 157
–, grootteklassen 110
–, helderheid 106, 110
–, kleur 106
–, meervoudige 157
–, temperatuur 106
–, typen 165
Sterrenbeelden 15 e.v.
Sterrenhopen 13, *13*, 104, *158*
–, bolvormige *13*, 104
–, open 13, 104
–, radiale snelheid 104
Stier 27, *27*, *132*, *157*
Supernovae 98
Superreuzen 128

Titan 88
Triton 91, *91*, 92
Tweelingen 27, *27*

Umbra 60
Uranus 89 e.v.
–, atmosfeer 89
–, manen 12, 89

Vallende sterren 13, 142 e.v.
Vaste sterren 11
–, spectra *129*
Venus 13, 36, 74 e.v., *75*
–, atmosfeer 74, 75
–, fasen 74
–, oppervlak 74, 75
–, rotatie 75
Veranderlijken 13, 94 e.v.
–, bedekkings- 94, 96, 102
–, eruptieve 94
–, pulserende 94
Veulen 28, *28*
Vissen 28, *28*
Voerman 28, *28*, *132*, *157*
Vosje 28, *28*

Walvis 29, *29*
Waterman 29, *29*
Waterslang 29, *29*
Weegschaal 29, *29*

Zenit 35
Zevengesternte 30, *66*, 137, *157*
Zodiakale licht 31
Zon 13, 59, *130*
–, afstand tot Aarde 64
–, middellijn 59
–, plaats in de Melkweg 134
–, temperatuur 62
–, verduistering 40, *40*, *42*
Zonnedag 32
Zonneparallax 64, 68
Zonnevlekken 60, *60*, *61*, *62*
Zuidervis 30, *30*
Zwaan *11*, 30, *30*

WALTER WIDMANN

WELKE STER IS DAT?

Dit boek geeft antwoord op de vraag hoe de sterren en sterrenbeelden heten die we in onze streken 's nachts aan de hemel zien staan. Daartoe zijn 48 sterrenkaarten opgenomen: voor elk van de 12 maanden telkens één van de westelijke, noordelijke, oostelijke en zuidelijke sterrenhemel. Bij elke sterrenkaart is op de tegenoverliggende bladzijde beschreven welke opvallende sterren, sterrenbeelden, dubbelsterren en sterrenhopen op dat tijdstip in die bepaalde windrichting te zien zijn.

Het boek bevat ook een informatief gedeelte. Zonder gebruik te maken van geleerde termen worden hierin begrippen uit de sterrenkunde uitgelegd. Zo komt men te weten wat voor type hemellichamen er zijn, wat een lichtjaar en een spiraalnevel is, hoe groot de afstand is tussen zon en aarde, hoe men die meet, wat wordt bedoeld met een quasar en een pulsar, enzovoort.

In deze geheel herziene editie zijn de opzienbarende waarnemingen over onze planeten verwerkt, die de Voyager 1 en 2 in 1989 deden.

Achterin het boek zijn tabellen opgenomen met concrete gegevens over de belangrijkste posities van de planeten tot en met het jaar 2000 (planeten veranderen immers van positie en kunnen dus niet op de sterrenkaarten worden ingetekend), data van zons- en maansverduisteringen tot en met het jaar 2010, diameter, helderheid en afstanden van diverse hemellichamen, getallen betreffende aarde en maan enzovoort.

ISBN 90 5210 021 7

9 789052 100210

Thieme
BAARN

Thieme

WELKE STER IS DAT?