

Zie je sterretjes?

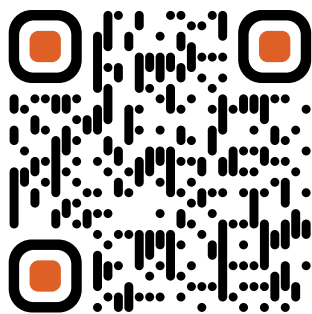
UITDAGING

Krijg jij alle sterrenbeelden
samengepuzzeld op de hemelbol?

Begin langs boven en eindig
met dit stuk onderaan ...



... of begin langs onder
met deze twee helften.



Je vindt deze bundel
ook op onze website.



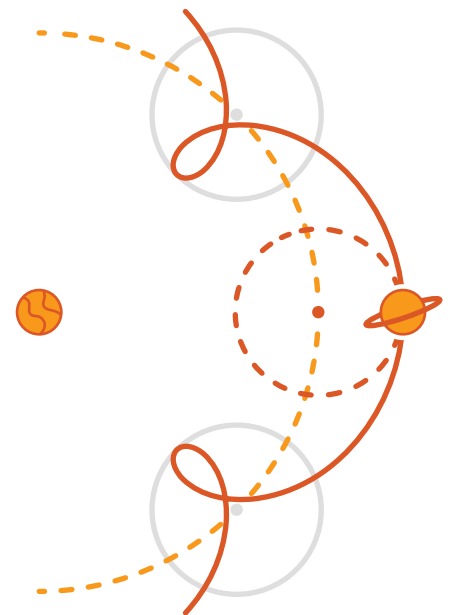
“En toch beweegt het”

Sinds mensenheugenis spreken de sterren tot de verbeelding. De dynamiek van de zon, maan, sterren en planeten werd millennia geleden al gebruikt om de tijd bij te houden of te navigeren. Minstens zo lang werden ook religieuze associaties gelegd — denk maar aan zonsverduisteringen of kometen. Het hoeft dan ook niet te verwonderen dat astronomie (letterlijk ‘de wetmatigheden in de sterren’) een van de alleroudste wetenschappen is.

Voor ons als waarnemers voelt de aarde stabiel aan en lijkt het alsof alle hemellichamen rondom de aarde bewegen. In de vroegere *geocentrische* modellen stond de aarde dan ook centraal in het universum. In zo’n 24 uur zouden alle sterren één keer cirkelen rond de aarde. Ten opzichte van de sterren roteert ook de zon traagjes over een andere cirkel aan een snelheid van één rotatie in één jaar. Ook de maan draait netjes in een eigen cirkel. Alleen de planeten vallen zo uit de toon: vanaf de aarde gezien lijken die op sterren, maar bewegen die soms een beetje achteruit tijdens hun tocht over de hemel. Het Griekse ‘πλανήτης’ (planétes) betekent dan ook ‘zwerfer’.

Er waren tal van alternatieve modellen en verregaande theorieën om die opvallende retrograde beweging te verklaren. Apollonius van Perge dacht dat de planeten niet zomaar in cirkels bewegen, maar in *epicykels*, cirkels die draaien rondom cirkels. Ptolemaeus verfijnde dat model in zijn werk de *Almagest* door de aarde ietwat uit het middelpunt van die grootste cirkel te zetten. Voor verdere afwijkingen werden dan weer nieuwe epicykels toegevoegd ...

Ook al werd het omslachtig, toch bleef het ptolemaeïsche model voor zo’n 1200 jaar toonaangevend, tot Copernicus pleitte voor het *heliocentrisme*. De zon centraal zetten was in eerste instantie niet accurater dan het epicykelmodel en ging tegen het religieuze dogma in, maar maakte alles wel stukken eleganter.



Galilei verdedigde het model van Copernicus na enkele observaties met zijn zelfgebouwde telescoop. Hij stelde vast dat Jupiter vier maantjes heeft (die duidelijk niet rondom de aarde draaien), dat Venus net als onze maan fases vertoont (die niet verklaarbaar zijn met alleen epicykels), en op basis van zonnevlekken dat ook de zon zelf roteert om haar as.

In Copernicus' tijd was de katholieke kerk een erg gezaghebbende instantie en werd het heliocentrische wereldbeeld — lijnrecht tegenover dat van de kerk — dan ook niet warm onthaald. Galilei werd zelfs veroordeeld wegens ketterij tot levenslang huisarrest en censuur na publicatie van zijn *Dialogo over de twee hoofdzakelijke wereldbeelden* in 1632.

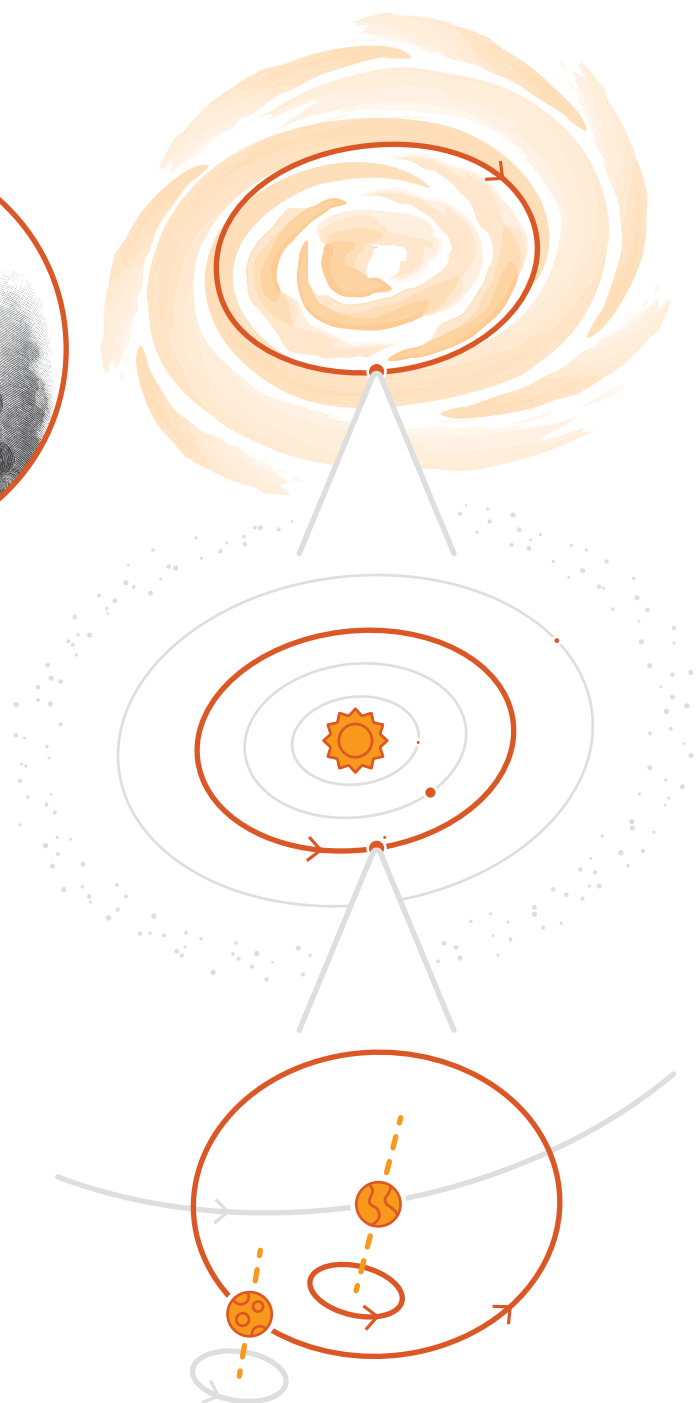
Toch was de wetenschappelijke revolutie ingezet. Vóór Galilei realiseerde Kepler in 1604 al dat de dynamiek van de planeten te verklaren was via *ellipsvormige banen*, met de zon in een brandpunt. Ironisch genoeg heeft Galilei de publicaties en correspondenties van Kepler daaromtrent haast volkomen genegeerd. Later verfijnde Kepler zijn model met meer wetmatigheden die ook de baansnelheden en periodes beschrijven, wetten die Newton in z'n *Principia* in 1687 wiskundig kon afleiden uit zijn universele gravitatiewet.



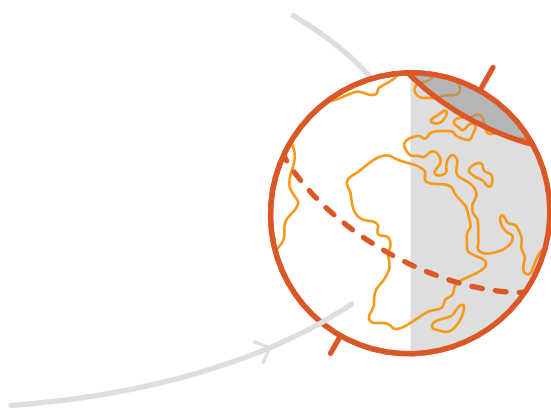
Alles draait ... vierkant

Intussen begrijpen we al beter wat er nu juist rond wat draait: onze maan cirkelt rondom de aarde, die samen met de andere planeten rond de zon gaat, die dan op haar beurt weer een baan beschrijft in ons Melkwegstelsel.

Maar zoals Kepler suggereerde, gebeurt dat allemaal niet in alledaagse eenparige cirkelbewegingen. Banen zijn ellipsen en liggen in verschillende vlakken, snelheden variëren, hemelobjecten draaien rondom hun eigen as en trekken aan elkaar ... En dan zijn er nog subtiele effecten zoals *precessie* en *nutatie* — meer gewiebel, zeg maar.



Het vlak waarin de baan van de aarde rondom de zon ligt, heet de *ecliptica*. De aarde zelf draait ook om haar eigen as. Die as staat niet loodrecht op de ecliptica maar in een hoek van zo'n 23° .



Die hoek is de verklaring voor de seizoenen: de helft van het jaar duurt een dag op het noordelijk halfrond langer dan de nacht. De andere helft van het jaar, of op het zuidelijk halfrond, is het juist omgekeerd.

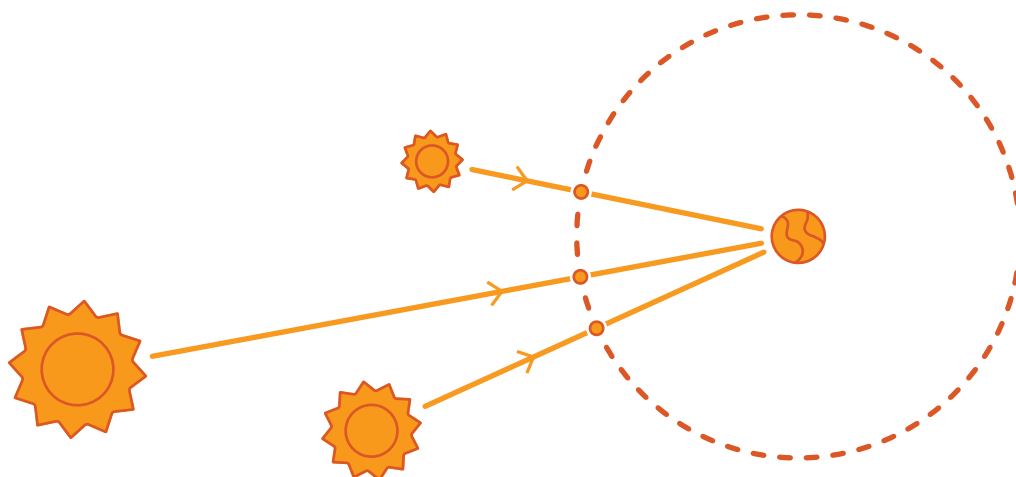
Binnen de poolcirkels, op 66° noorder- of zuiderbreedte, is het zelfs een half jaar lang volledig dag en een half jaar volledig nacht!

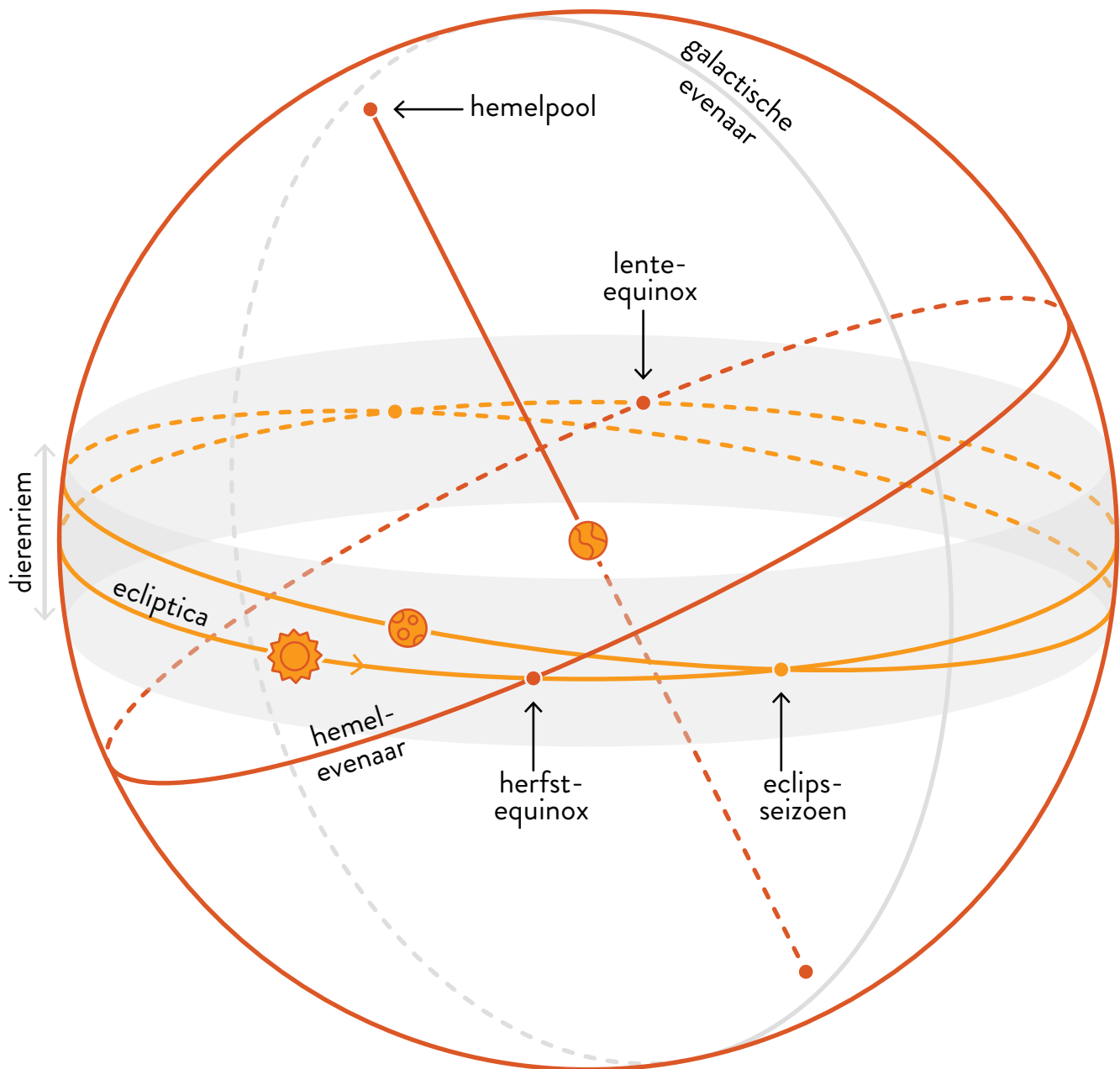
De seizoenen zijn dus géén gevolg van de variërende afstand tussen aarde en zon; het noordelijk halfrond staat 's winters zelfs dichterbij de zon dan 's zomers.

Nog een interessant gebeuren zijn zonsverduisteringen, wanneer de maan volledig voor de zon staat. De maan passeert elk jaar zo'n twaalf keer tussen de aarde en de zon, dus waarom maken we dan niet vaker een zonsverduistering mee? De reden is dat ook de maan nogal scheef draait, in een baan zo'n 5° op de ecliptica. Voor een zonsverduistering moet de maan ook nog eens juist op de ecliptica liggen, maar meestal passeert die dus schijnbaar "boven" of "onder" de zon.

De hemelbol

Ook onder het heliocentrisme is een model met de aarde centraal nog steeds bijzonder handig. Stel namelijk je rondom de aarde een gigantische bol voor, en bekijk de projecties van de sterren en planeten op die denkbeeldige bol. Vanop aarde zijn *afstanden* van sterren doorgaans lastig te bepalen, maar via dat bolmodel kunnen we wel eenvoudig hun posities aan de hemel beschrijven via bolcoördinaten. Net zoals we op de aarde gebruikmaken van lengte- en breedtegraden zijn er analoge coördinaten op de hemelbol: *rechte klimming* en *declinatie*.





De evenaar en polen kennen ook projecties op die bol, de *hemelevenaar* en de *hemelpolen*. Ook de ecliptica zelf kun je interpreteren als een grote cirkel op de hemelbol. In één jaar lijkt de zon dan één rotatie langsheen de ecliptica te beschrijven ten opzichte van de sterren aan de achtergrond. De *dierenriem* is een “band” rondom de ecliptica.

De hemelevenaar speelt dezelfde rol als de klassieke evenaar: daar is de declinatie gelijk aan 0° . De noordelijke hemelpool heeft declinatie $+90^\circ$ en de zuidelijke hemelpool -90° . Als basis voor de rechte klimming – het hemelse equivalent voor de nulmeridiaan, zeg maar – kiest men voor de *lente-equinox*: een van de twee snijpunten van de hemelevenaar met de ecliptica. Wanneer de zon zich in dat punt bevindt, duren dag en nacht precies even lang en begint op het noordelijk halfrond de astronomische lente.

Rechte klimming wordt traditioneel niet in graden uitgedrukt maar in uren: een gehele rotatie komt overeen met 360 graden of met 24 uur. Op de lente-equinox heeft de zon dus een rechte klimming van 0^h . Doorheen het jaar neemt dat toe tot de zomerzonnnewende (de langste dag van het jaar) met de zon op 6^h , daarna is er de herfstequinox op 12^h en de winterzonnnewende op 18^h (de kortste dag van het jaar).

Aangezien rechte klimming en declinatie van de sterren niet (significant) veranderen doorheen het jaar, maar die van de zon wel, kun je op basis daarvan berekenen op welke nachten de sterren het best te observeren zijn.

PLEIADVM CONSTELLATIO.



De Plejaden getekend door Galilei.

Electra, in sterrencluster de Plejaden in het sterrenbeeld Stier, heeft rechte klimming $3^h 45^m$ en declinatie 24° .

- Tijdens de lente-equinox staat *Electra* 3 uur en 45 minuten later aan de hemel dan de zon, te dicht om zichtbaar te zijn.
- Midden mei heeft ook de zon rechte klimming $3^h 45^m$ en zijn de Plejaden dus helemaal niet te zien (conjunctie).
- Zes maand verder, i.e. midden november, staat *Elektra* 12 uur later aan de hemel dan de zon (oppositie). In die periode zijn de Plejaden het best observeerbaar: ze bereiken rond middernacht hun hoogtepunt aan de hemel.

Declinatie 24° betekent dat de Plejaden op 24° noorderbreedte recht boven een waarnemer passeren (in het zenith). Voor ons Belgen op 50° bereiken ze een hoogte van 64° aan de hemel.

Natuurlijk is het niet zó rechtlijnig: op één jaar tijd blijven sterrenposities weliswaar stabiel, maar doorheen de eeuwen bewegen de sterren en wiebelt ook de aarde zelf genoeg om alsnog subtiele variaties in coördinaten te veroorzaken. Om die effecten tegen te gaan, is het daarom van belang om ook een referentiejaar of *epoche* te vermelden.

Neil deGrasse Tyson en Chuck Nice geven een overzicht van al het gedraai, gewiebel en geschommel dat de aarde ondergaat in deze aflevering van StarTalk. Om het in hun eigen woorden te zeggen, alles beweegt zoals een kurkentrekker in een rollercoaster!

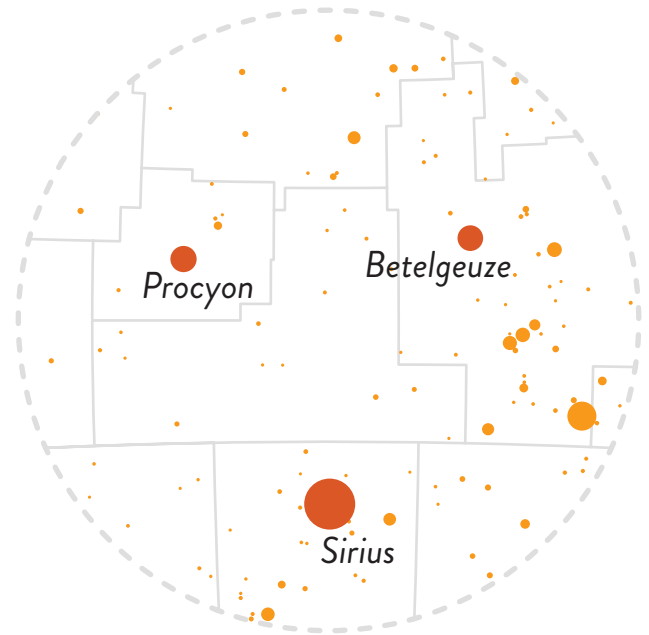


StarTalk, The Many
Motions of Mother Earth

Een scala aan sterren

Het is verleidelijk om te denken dat heldere sterren aan de hemelbol ook dichterbij staan in het heelal, maar dat klopt niet. De voor ons zichtbare sterren staan namelijk niet alleen op heel verschillende afstanden, maar vertonen ook veel variatie in (absolute) lichtsterkte of zijn zelfs systemen van meerdere sterren.

Een sprekend voorbeeld is de *winterdriehoek*. De allerhelderste ster aan de hemel is Sirius (in de Grote Hond), zo'n 8,6 lichtjaar van ons verwijderd. Procyon (in de Kleine Hond) en Betelgeuze (in Orion) lijken min of meer even helder maar staan hoegenaamd niet even ver: Procyon bevindt zich op 11,5 lichtjaar van ons, maar Betelgeuze staat 50 keer verder!



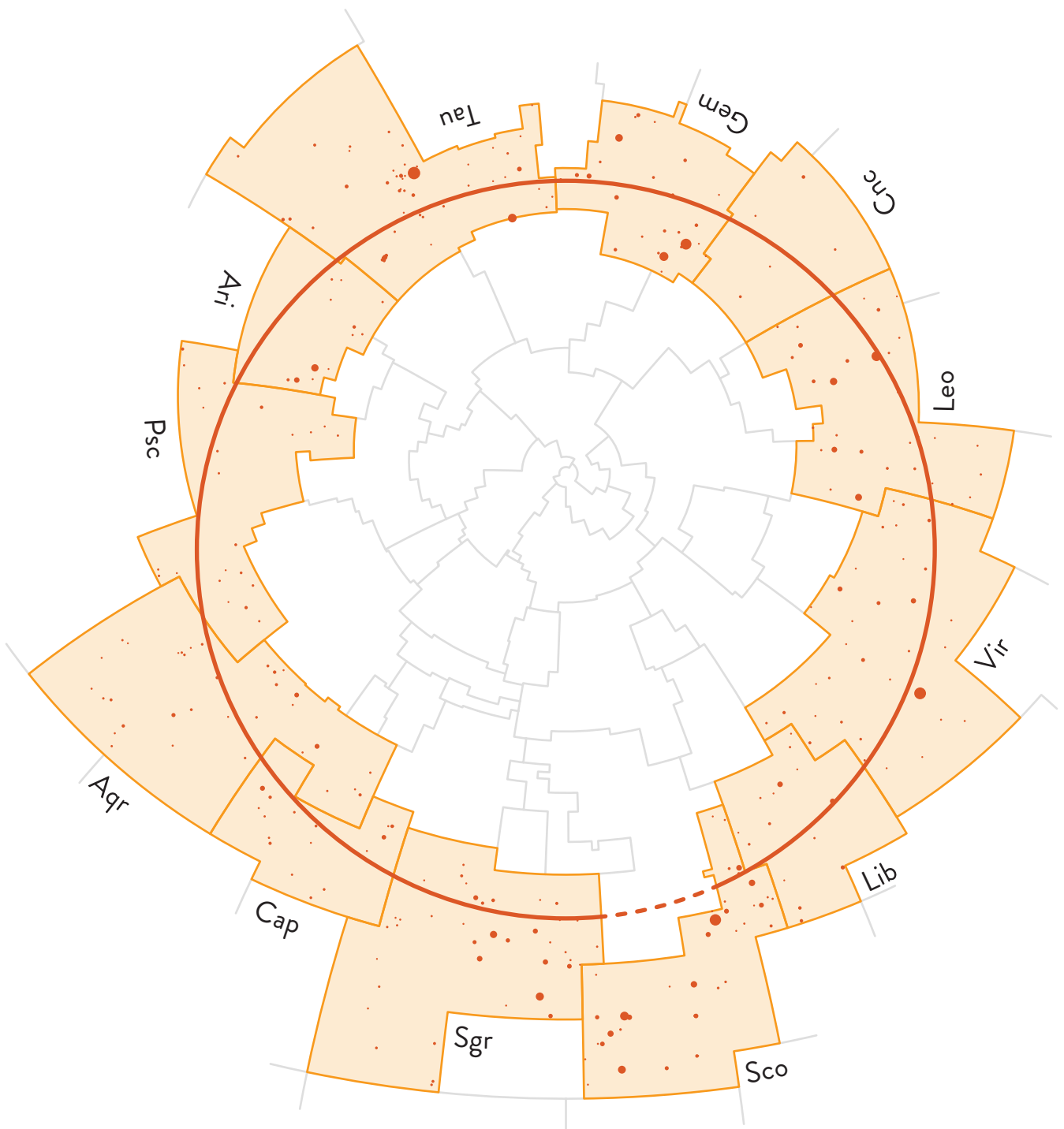
The Royal Observatory in Greenwich, het Verenigd Koninkrijk, is wereldwijd gekend als het ijkpunt van de nulmeridiaan. De sterrenwacht is tegenwoordig een museum, dat ook online een uitgebreid aanbod van educatief materiaal heeft. In deze video leggen astronomen de classificatie en evolutie van sterren uit via een van de meest befaamde diagrammen in de wetenschap: het Hertzsprung–Russelldiagram.

Kurzgesagt is een videoreeks die uitblinkt in toegankelijke video's met karakteristieke charmante animaties. In deze aflevering tonen ze hoe sterren variëren in grootte, massa, helderheid en leeftijd.



Sterrenbeelden

Het begrip is al een paar keer genoemd, maar het is niet vanzelfsprekend wat een sterrenbeeld nu eigenlijk juist is. Verschillende culturen herkenden verschillende figuren in patronen sterren aan het hemelgewelf. In werkelijkheid zijn die patronen slechts imaginair — sterren dichtbij op de hemelbol kunnen nog steeds erg ver uit elkaar liggen! De bekendste sterrenbeelden vandaag zijn waarschijnlijk de twaalf in de dierenriem: *Steenbok*, *Waterman*, *Vissen*, *Ram*, *Stier*, *Tweelingen*, *Kreeft*, *Leeuw*, *Maagd*, *Weegschaal*, *Schorpioen* en *Boogschutter*. De astrologie, de pseudowetenschap die het lot op aarde uit de sterren wicbelt, veegt men onder de mat dat er eigenlijk nog een dertiende is waar de ecliptica doorheen gaat: *Ophiuchus* of *Slangendrager*.



De sterrenbeelden gaan millennia terug. Ptolemaeus tabelleerde in de *Almagest* de 48 namen die in de klassieke oudheid in gebruik waren (en vandaag grotendeels nog steeds). Ontdekkingsreizigers zagen vanaf het zuidelijk halfrond ook nieuwe sterrenbeelden aan de hemel en gaven die modernere namen zoals de Telescoop.

Over de telescoop gesproken: toen men steeds meer sterren kon waarnemen, groeide de nood aan een systematische manier om die te benoemen. Johannes Bayer voerde in zijn sterrenatlas *Uranometria* in 1603 een methode in die vandaag nog gebruikt wordt: binnen elk sterrenbeeld sorteerde Bayer de sterren eerst min of meer op helderheid (voor zover dat toen mogelijk was) en kende hij in die volgorde Griekse letters toe, gevolgd door (de genitief van) de Latijnse naam van het sterrenbeeld. Zo is Vega, de helderste ster in sterrenbeeld Lier, gekend als Alpha Lyrae.

Het duurde eigenlijk opvallend lang al eer de sterrenbeelden gestandaardiseerd werden. In 1919 werd de Internationale Astronomische Unie opgericht die in 1922 de aanduidingen van alle 88 moderne sterrenbeelden vastlegde. In 1928 uiteindelijk werden ook de grenzen van de sterrenbeelden geofficialiseerd, op voorstel van de Belgische astronoom Eugène Delporte: hij bakende de 88* gebieden af aan de hand van meridianen in rechte klimming en parallellen in declinatie. Op die manier ligt ieder hemelobject eenduidig in een welbepaald sterrenbeeld. Eén subtiliteit: het sterrenbeeld Slang bestaat uit twee aparte gebieden.

Natuurlijk waren de traditionele sterrenbeelden verre van regelmatige blokjes aan de hemelbol. Delporte had bij sommige gebieden duidelijk wat moeite om de rand te beschrijven in termen van simpele parallellen en meridianen ... met een legpuzzel vol interessante stukken tot gevolg! Hieronder zie je hoe hij de Kleine Beer definieerde, waar de poolster toe behoort.

UMi = Ursa Minor (1 N, 5 N, 6 N)	
Méridien de 13 h. 0 m. de 77° 0' à 70° 0'	Draco
Parallèle de 70° 0' de 13 h. 0 m. à 14 h. 0 m.	
Méridien de 14 h. 0 m. de 70° 0' à 66° 0'	
Parallèle de 66° 0' de 14 h. 0 m. à 15 h. 40 m.	
Méridien de 15 h. 40 m. de 66° 0' à 70° 0'	
Parallèle de 70° 0' de 15 h. 40 m. à 16 h. 32 m.	
Méridien de 16 h. 32 m. de 70° 0' à 75° 0'	
Parallèle de 75° 0' de 16 h. 32 m. à 17 h. 30 m.	
Méridien de 17 h. 30 m. de 75° 0' à 80° 0'	
Parallèle de 80° 0' de 17 h. 30 m. à 18 h. 0 m.	
Méridien de 18 h. 0 m. de 80° 0' à 86° 0'	
Parallèle de 86° 0' de 18 h. 0 m. à 21 h. 0 m.	
Méridien de 21 h. 0 m. de 86° 0' à 86° 10'	Cepheus
Parallèle de 86° 10' de 21 h. 0 m. à 23 h. 0 m.	
Méridien de 23 h. 0 m. de 86° 10' à 88° 0'	Camelopardalis
Parallèle de 88° 0' de 23 h. 0 m. à 8 h. 0 m.	
Méridien de 8 h. 0 m. de 88° 0' à 86° 30'	
Parallèle de 86° 30' de 8 h. 0 m. à 14 h. 30 m.	
Méridien de 14 h. 30 m. de 86° 30' à 80° 0'	
Parallèle de 80° 0' de 14 h. 30 m. à 13 h. 35 m.	
Méridien de 13 h. 35 m. de 80° 0' à 77° 0'	
Parallèle de 77° 0' de 13 h. 35 m. à 13 h. 0 m.	

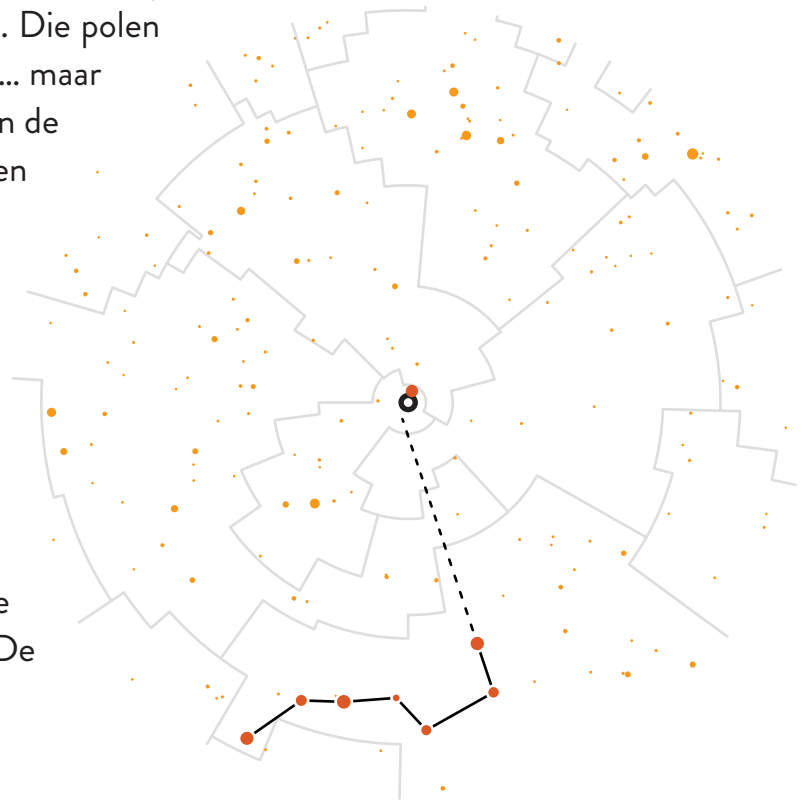
Een overzicht van alle 88 sterrenbeelden

Andromeda	And	Andromeda	Lacerta	Lac	Hagedis
Antlia	Ant	Luchtpomp	Leo	Leo	Leeuw
Apus	Aps	Paradijsvogel	Leo Minor	LMi	Kleine Leeuw
Aquarius	Aqr	Waterman	Lepus	Lep	Haas
Aquila	Aql	Arend	Libra	Lib	Weegschaal
Ara	Ara	Altaar	Lupus	Lup	Wolf
Aries	Ari	Ram	Lynx	Lyn	Lynx
Auriga	Aur	Voerman	Lyra	Lyr	Lier
Bootes	Boo	Ossenhoeder	Mensa	Men	Tafelberg
Caelum	Cae	Graveerstift	Microscopium	Mic	Microscoop
Camelopardalis	Cam	Giraffe	Monoceros	Mon	Eenhoorn
Cancer	Cnc	Kreeft	Musca	Mus	Vlieg
Canes Venatici	CVn	Jachthonden	Norma	Nor	Winkelhaak
Canis Major	CMa	Grote Hond	Octans	Oct	Octant
Canis Minor	CMi	Kleine Hond	Ophiuchus	Oph	Slangendrager
Capricornus	Cap	Steenbok	Orion	Ori	Orion, de Jager
Carina	Car	Kiel	Pavo	Pav	Pauw
Cassiopeia	Cas	Cassiopeia	Pegasus	Peg	Pegasus
Centaurus	Cen	Centaur	Perseus	Per	Perseus
Cepheus	Cep	Cepheus	Phoenix	Phe	Phoenix
Cetus	Cet	Walvis	Pictor	Pic	Schilder
Chamaeleon	Cha	Kameleon	Pisces	Psc	Vissen
Circinus	Cir	Passer	Piscis Austrinus	PsA	Zuidervis
Columba	Col	Duif	Puppis	Pup	Achterstevan
Coma Berenices	Com	Haar van Berenice	Pyxis	Pyx	Kompas
Corona Australis	CrA	Zuiderkroon	Reticulum	Ret	Net
Corona Borealis	CrB	Noorderkroon	Sagitta	Sge	Pijl
Corvus	Crv	Raaf	Sagittarius	Sgr	Boogschutter
Crater	Crt	Beker	Scorpius	Sco	Schorpioen
Crux	Cru	Zuiderkruis	Sculptor	Scl	Beeldhouwer
Cygnus	Cyg	Zwaan	Scutum	Sct	Schild
Delphinus	Del	Dolfijn	Serpens	Ser	Slang
Dorado	Dor	Zwaardvis	Sextans	Sex	Sextant
Draco	Dra	Draak	Taurus	Tau	Stier
Equuleus	Equ	Veulen	Telescopium	Tel	Telescoop
Eridanus	Eri	Eridanus	Triangulum	Tri	Driehoek
Fornax	For	Oven	Triangulum Australe	TrA	Zuiderdriehoek
Gemini	Gem	Tweelingen	Tucana	Tuc	Toekan
Grus	Gru	Kraanvogel	Ursa Major	UMa	Grote Beer
Hercules	Her	Hercules	Ursa Minor	UMi	Kleine Beer
Horologium	Hor	Slingenuurwerk	Vela	Vel	Zeilen
Hydra	Hya	Waterslang	Virgo	Vir	Maagd
Hydrus	Hyi	Kleine Waterslang	Volans	Vol	Vliegende Vis
Indus	Ind	Indiaan	Vulpecula	Vul	Vosje

Het noorden kwijt?

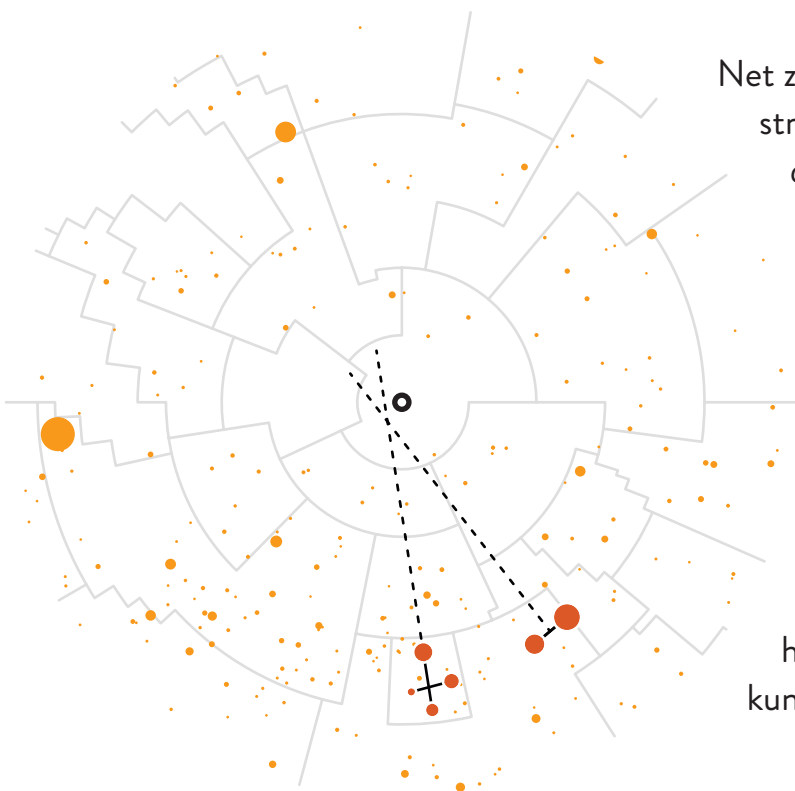
Navigeren kan gemakkelijk aan de hand van een kompas, die de magnetische polen van de aarde toont. Die polen fluctueren zelf meer dan een klein beetje ... maar ze bevinden zich voldoende in de buurt van de geografische polen om je veilig te kunnen oriënteren.

Heb je even geen kompas in de buurt? Op het noordelijk halfrond kan de poolster, Polaris, helpen om het noorden te vinden. Polaris is een heldere ster in de Kleine Beer die binnen 1° van het ware noorden ligt. Je kan die snel terugvinden vanuit het *steelpannetje*: een herkenbare vorm van zeven sterren in de Grote Beer. De uiterste sterren wijzen naar de poolster.



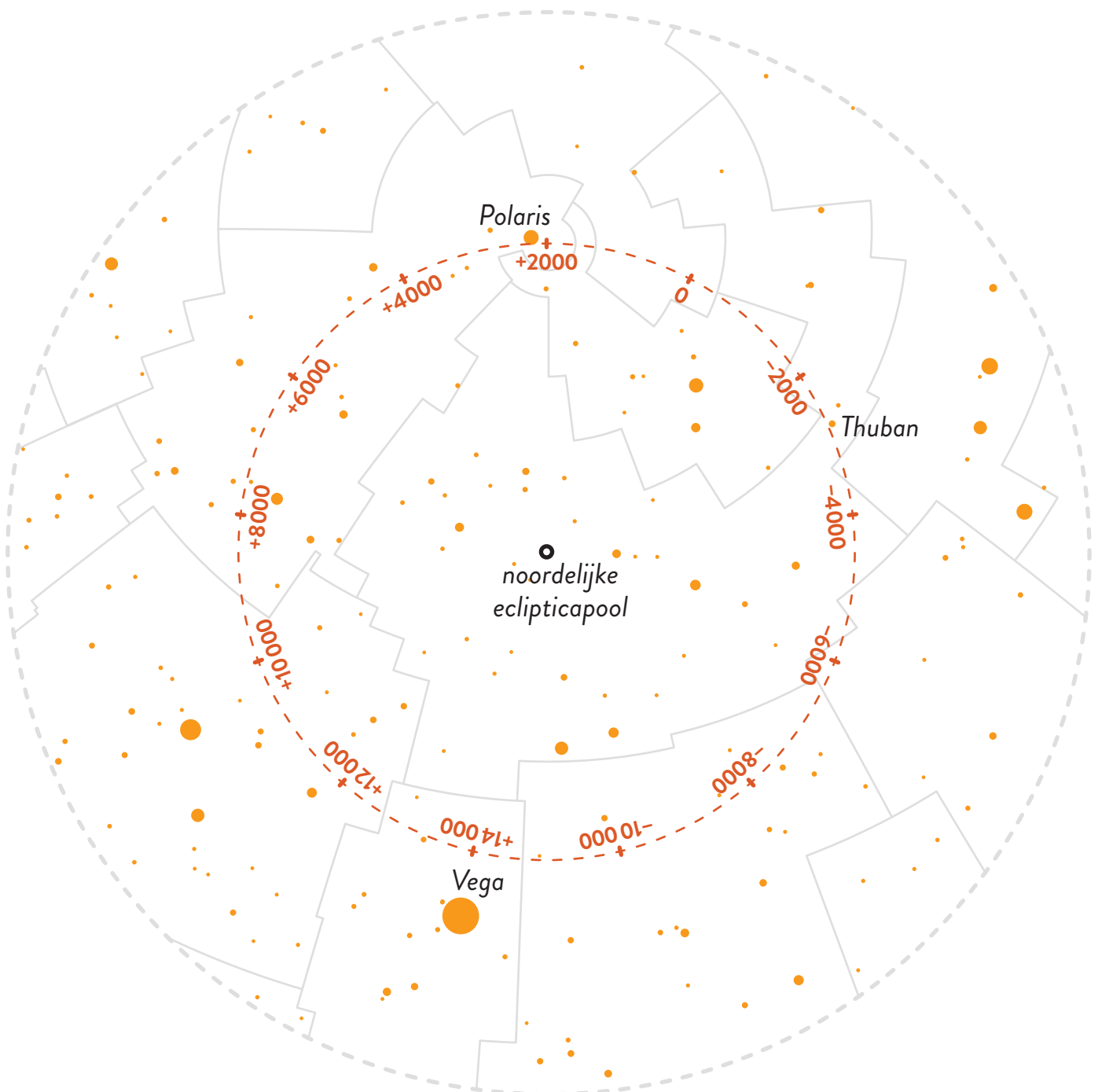
Net zoals de winterdriehoek is het steelpannetje strikt gesproken geen sterrenbeeld, maar een *asterisme*: een figuur van sterren die geen volledig sterrenbeeld hoeven te vormen en die uit verschillende sterrenbeelden afkomstig kunnen zijn.

In het zuiden is het lastiger, want daar is geen equivalent voor de poolster. Men kan er steunen op het Zuiderkruis, een klein maar opvallend sterrenbeeld dat in de richting van het zuiden wijst. De twee helderste sterren van Centaur daar vlakbij kunnen helpen om die thuis te wijzen.



Eigenlijk kunnen we niet zomaar spreken over dé poolster. Niet alleen is Polaris in werkelijkheid een systeem van drie sterren, maar bovendien gaat de rol van “poolster” rond langs verschillende sterren in een 26 000-jarige cykel. Precessie doet de rotatieas van onze aarde (en daarmee ook de hemelpool) zelf ook traagjes roteren, loodrecht op de ecliptica. De hemelpolen schuiven zo gaandeweg op langs een cirkel rondom de eclipticapolen.

Toen de Egyptenaren de Piramide van Cheops bouwden zo'n 4500 jaar geleden, was niet Polaris maar wel Thuban in sterrenbeeld Draak de gids naar het noorden. Over een jaar of 12 000 krijgt Vega in sterrenbeeld Lier de rol.



Meer weten?

In scifiboeken, -films en -games vallen vele echt bestaande sterren te spotten. Zo staan in *Project Hail Mary* de sterren **Tau Ceti** en **40 Eridani** centraal, die tweede is ook de thuisbasis van de *Star Trek*-planeet Vulcan, *Avatar* speelt zich af rondom **Alpha Centauri A**, er is de woestijnplaneet Arrakis in *Dune* rondom **Canopus**, *Aliens* vinden we in **Zeta Reticuli**, dan kennen we **Betelgeuze** uit *the Hitchhiker's Guide to the Galaxy*, zelfs de stamboom van **Sirius Zwarts** in *Harry Potter* staat vol sterrennamen ...

The Overview Effekt maakte enkele schitterende visualisaties over ruimtevaart. In deze video compileert hij een hele reeks sterren met een scifirol. Kijk zeker op www.overvieweffekt.com voor bijvoorbeeld een interactieve 3D sterrenkaart!



Effecten als precessie en nutatie blijven toch een beetje magisch. Er zijn tal van YouTubevideo's of experimenten met fietswielen en gyroscopen die de achterliggende fysica intuïtiever maken.

- Veritasium, *Gyroscopic precession* (YouTube).
- Physics Girl, *BIZARRE spinning toys* (YouTube).

Betelgeuze is een bijzonder interessante ster. Niet alleen staat die op het randje van een supernova, er is gewoon nog altijd veel ongeweten. De beste schattingen van bijvoorbeeld de afstand tot de aarde variëren van 350 tot 700 lichtjaar met verschillende technieken. Een voorgestelde verklaring was een "Betelbuddy": misschien is Betelgeuze wel een dubbelster met een zwakke begeleidende ster. Pas in 2025 heeft NASA concreet bewijs gevonden voor die theorie!

- Jane Beaufore, *Betelgeuse Betelgeuse? Bright Star Betelgeuse Likely Has a 'Betelbuddy' Stellar Companion*. Simons Foundation, 2024.
- Aaron McKinnon, *NASA Scientist Finds Predicted Companion Star to Betelgeuse*. NASA, 2025.

Bij de bouw van de Piramide van Cheops zo'n 4500 jaar geleden kenden de oude Egyptenaren een andere poolster. Over het hoe en waarom van de piramiden wordt nog steeds gespeculeerd, maar de kans is groot dat de sterrenhemel van toen significant was in de precieze constructie.

- Kate Spence, *Ancient Egyptian chronology and the astronomical orientation of pyramids*. *Nature*, vol. 408, no. 6810, 2000, p. 320–324.
- Virginia Trimble, *Astronomical investigation concerning the so-called air shafts of Cheops' pyramid*. *Mitteilungen der deutschen Akademie*, vol. 10, 1964, p. 183–187.