



Precessie

De sterrenbeelden staan niet altijd precies hetzelfde aan de hemel. In de loop van de eeuwen verschuiven ze langzaam. Hoe kan dat? En wat heeft een simpel tolletje te maken met het draaien van de aarde? Dit zijn vragen waar de leerlingen in deze les over nadenken en antwoord op krijgen.

Lesdoelen

De leerlingen leren:

- wat precessie is.
- hoe precessie ontstaat.
- hoe ze de precessie van de aarde aan de sterrenhemel kunnen waarnemen.

Voorbereidingen

- Zet de benodigdheden klaar.
- Zet een computer en beamer klaar voor de animatie Dierenriem

Benodigdheden

Per tweetal:

- Satéprikker
- Twee plastic doppen van verschillende grootte
- Kleibolletje
- Priem of passer
- Schaar
- Werkblad *De aarde als een grote tol?*
- Werkblad *Precessie en de sterrenhemel*
- Werkblad *Dierenriem*

Tijdsduur

45 minuten

Kerdoelen

31, 32, 33

Vakken

Natuurkunde



De aarde beweegt! Welke bewegingen maakt de aarde in het heelal? Laat de leerlingen er een aantal opnoemen.

- De aarde draait in een jaar om de zon.
- De aarde draait in een dag om haar eigen as, waardoor dag en nacht ontstaan.

De aarde maakt ook een 'tolbeweging'. Een beweging waarbij de richting van de aardas verandert. De verandering is te vergelijken met de beweging van een tol. Wanneer een tol om zijn eigen as draait is te zien dat de as van de tol ook langzaam om een punt heen draait.

Precies deze tollende beweging van de aarde is te zien aan de beweging van de sterren. Dit gaat heel langzaam. Hoe is dat waar te nemen over de loop van duizenden jaren?

- De hemelpool verandert. Nu staat de Poolster aan de hemelpool, maar over bijvoorbeeld 10.000 jaar is dat een andere ster.
- De seizoenen op aarde veranderen. Als de tolling van de draaias over ongeveer 13.000 jaar een halve omloop heeft gemaakt, zijn de seizoenen tegengesteld aan nu. Het zou in januari dan zomer zijn!



De leerling maken het werkblad *De aarde als een grote tol*. In dit deel maken ze een zo goed mogelijk werkende tol. Ze zien zelf hoe precessie werkt en bepalen door welke kracht precessie wordt veroorzaakt.



Vraag de leerlingen wat ze gezien hebben tijdens het tollen. Zagen ze dat het steeltje van de tol niet precies rechtop bleef staan maar rondjes draaide? Precies deze beweging maakt de aardas ook. Dit fenomeen heet precessie.

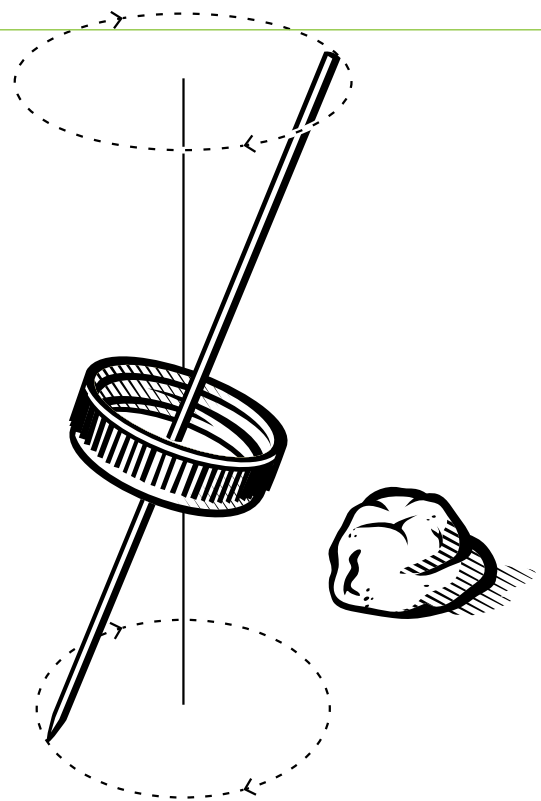


Vraag de leerlingen door welke variabelen de precessie beïnvloed kan worden. Dit kunnen ze deels uit hun eigen experiment met de tol halen. Vraag ze of dit enigszins te vergelijken is met de aarde. Vertel daarbij dat de aarde een iets afgeplatte bol is. Dat komt door de middelpuntvliedende kracht als gevolg de draaiing, waardoor delen rond de evenaar naar buiten worden gedrukt.



De leerlingen maken de werkbladen *Precessie en de sterrenhemel* en *De Dierenriem*. Op het werkblad *Precessie en de sterrenhemel* ontdekken ze hoe precessie zichtbaar is aan de nachthemel. De wetenschapper Hipparchus ontdekte in de tweede eeuw voor Christus als eerste de precessie van de aarde door sterrenbeelden in zijn tijd te vergelijken met de stand van de sterren zoals die werd beschreven in de oudheid. Doordat de as van de aarde langzaam van richting verandert, verandert ook de hemelpool. Over een paar duizend jaar hebben we daarom een andere poolster. De leerlingen maken een aantal berekeningen. Door de precessie zou de datum van het begin van de lente eigenlijk langzaam veranderen. Maar dat is niet zo. Eens in de zoveel tijd slaan we een schrikkel dag over. Hierdoor blijft de lente altijd rond 21 maart beginnen. De stand van de sterren verandert overigens wel onder invloed van de precessie.

Het werkblad *De Dierenriem* geeft uitleg over het verschil tussen astrologie en astronomie en het verschuiven van de sterrenbeelden van de dierenriem aan de hemel. De data van de sterrenbeelden uit dierenriem is 2.500 jaar geleden vastgesteld en vastgezet. Wanneer de zon in het sterrenbeeld staat is het de betreffende periode. Vanwege de precessie van de aardas is door de tijd heen de periode waarop de zon in een sterrenbeeld staat verschoven. De sterrenbeelden lopen nu achter op hun vastgestelde datum uit de astrologie.

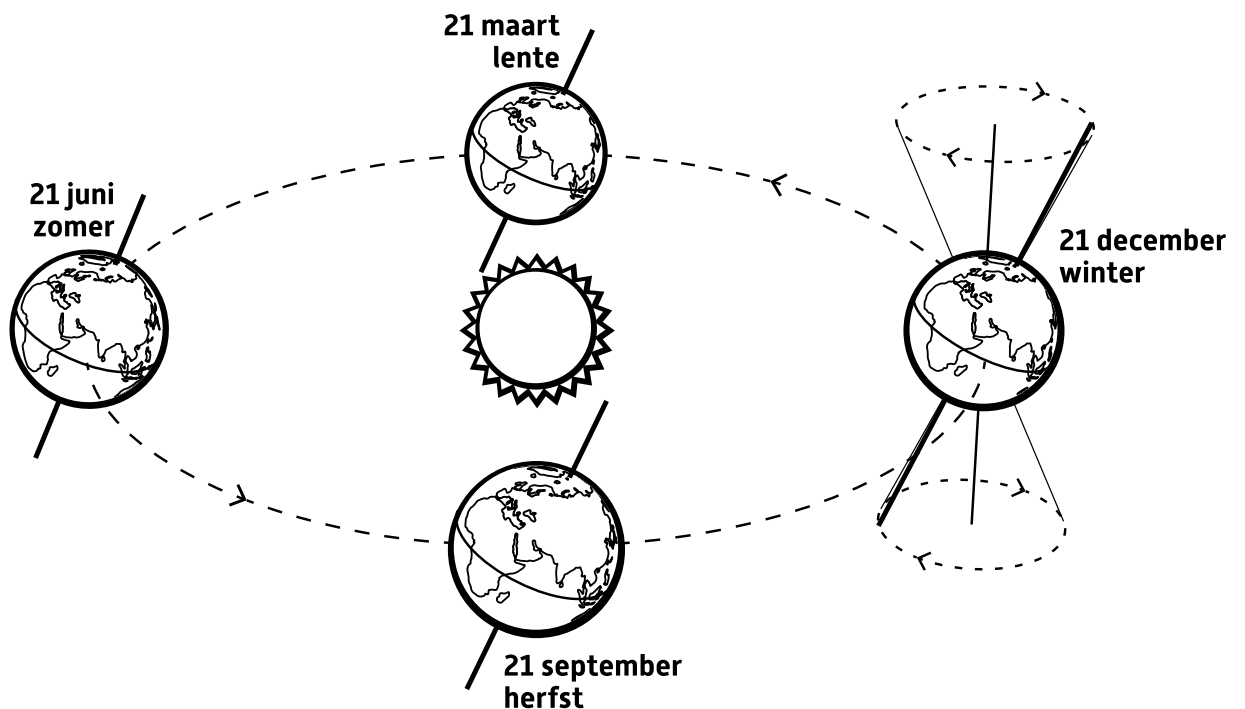


Achtergrondinformatie voor de docent

De aarde maakt verschillende bewegingen door het heelal. De drie belangrijkste zijn; de beweging rond de zon, de draaiing om haar eigen as en het langzame tollen van de aardas zelf. De laatste beweging wordt precessie genoemd en komt door de schuine stand van de aardas, in combinatie met het feit dat de aarde geen perfecte bol is (door de draaiing is zij bij de evenaar iets dikker).

Precessie zou er niet zijn als de zon er niet was. Zij oefent namelijk een kracht uit op het massaoverschot rond de evenaar. Dat is misschien nog het beste voor te stellen op de dagen dat de zon precies boven de evenaar staat, 21 maart en 21 september. Het massaoverschot rond de evenaar zit dan eigenlijk 'schuin' ten opzichte van de baan om de aarde om de zon. Hierop zal een kracht gaan werken die de aardas loodrecht op de baan van de aarde probeert te stellen. Dit lukt echter nooit, maar zorgt wel voor een precessiebeweging. Vanaf de aarde gezien beschrijft het verlengde van de aardas een cirkel aan de hemel van 23,5 graden.

Momenteel staat de Poolster het dichtst bij het verlengde van de aardas. Het lijkt daarom of alle sterren om de Poolster draaien. Maar dat was anders. In de tijd van het Oude Egypte (ongeveer 5000 jaar geleden) was de ster Thuban de meest noordelijke ster. De hemelpool zal ook langzaam weg bewegen van de Poolster en over 25.770 jaar weer op hetzelfde punt uit te komen.



Een tol op aarde ondervindt ook precessie. Zoals bij de aarde zit er bij een tol meer massa 'rond de evenaar' en met een beetje fantasie is de tol voor te stellen als een ronddraaiende schijf. Als een tol draait, dan staat de as van de tol ongeveer loodrecht op het aardoppervlak, maar nooit precies. De zwaartekracht van de aarde zorgt ervoor dat de draaias van oriëntatie verandert.

De grootte en richting van een precessiebeweging hangen van een aantal factoren af:

- De verdeling van de massa rond het middelpunt, oftewel de vorm van het object bepaalt de precessieperiode.
- Een grotere massa zorgt voor een langere precessieperiode.
- Een grotere draaisnelheid zorgt voor een langere precessieperiode.
- Een grotere externe kracht zorgt voor een kortere precessieperiode.
- Een grotere hoek van de draaias ten opzichte van de externe kracht zorgt voor een langere precessietijd.
- De draairichting van het object bepaalt de draairichting van de precessie.

Theoretisch zou je met de wet van behoud van impulsmoment ($L = r \times p$) kunnen berekenen hoe groot de precessie van de aardas is. Voor een object als de aarde is dit echter behoorlijk ingewikkeld. Deze les beperkt zich daarom tot een kwalitatief experiment met een tol. Simpel gezegd is de zwaartekracht de oorzaak van de tollende beweging. De snelheid van de precessie hangt af van die hierboven beschreven factoren.

Het onderstaande filmpje van een college van de Nederlands-Amerikaanse professor Walter Lewin laat zien hoe precessie werkt: <http://youtu.be/NeXIV-wMVUk>

Precessie in de sterrenhemel

De tollende beweging van de aarde is te ontdekken door te kijken naar de sterren. Een precessiecyclus duurt 26.000 jaar.

De Griekse astronoom Hipparchos (190-120 v.C.) ontdekte de precessie van de aarde voor het eerst en was daarmee zijn tijd ver vooruit. Hij ontdekte dat de posities van de sterrenbeelden niet meer overeen kwamen met de posities die overgeleverd waren uit de Babylonische en Alexandrische oudheid. Hij zag dat de sterrenbeelden niet meer 'gelijk liepen' met de jaargetijden.

Verder ontdekte hij een verschuiving in het tijdstip dat de zon recht boven de evenaar staat, de equinox. Op basis van zijn waarnemingen voorspelde hij een precessiecyclus van 23.000 jaar. Dat was niet helemaal correct, o.a. doordat het in die tijd gebruikelijk was om te denken dat alles om de aarde heen draait. Hierdoor was hij niet op de hoogte van de drijvende kracht achter precessie, de relatief sterke zwaartekracht van de zon.

De precessie van de aardas heeft tot gevolg dat in de loop der eeuwen de aanblik van de sterrenhemel geleidelijk aan verandert. We weten nu dat de precessieperiode ongeveer 26.000 jaar bedraagt. Zo kan het gebeuren dat de aardas nu ongeveer gericht is naar de Poolster, terwijl deze rond 3000 voor Christus gericht was naar de ster Thuban. Over 12.000 jaar zal de aardas gericht zijn naar Vega, de helderste ster in het sterrenbeeld Lier.

De sterrenbeelden uit de Westerse astrologie zijn 2500 jaar geleden gekoppeld aan de equinox. Dat is het moment waarop de zon recht boven de evenaar staat. Dit moment vindt tweemaal per jaar plaats, rond 21 maart en rond 23 september. Omdat de zon vroeger in sterrenbeeld Ram stond tijdens de equinox in maart, begint het astrologisch jaar nog steeds in maart met sterrenbeeld Ram. Terwijl de zon tegenwoordig in maart helemaal niet meer in Ram staat.

De equinox verschuift vanwege de precessie één dag per 70 jaar. In onze jaartelling zit de precessie verwerkt in het systeem van schrikkeljaren, zodat de equinox altijd rond 21 maart en 23 september blijft vallen. Maar de sterren zelf blijven natuurlijk gewoon op hun plek. De stand van de sterren loopt per 70 jaar een dag achter op de equinox. Dit betekent dat de zon bij de geboorte van mensen op dit moment niet meer in het sterrenbeeld staat dat volgens de astrologie bij de geboortedatum hoort. De stand van de sterren loopt ongeveer 30 tot 35 dagen achter op de equinox. Bij iemand die nu geboren wordt als Ram staat de zon eigenlijk in Vissen.

Disclaimer

Op het werkblad Precessie en de sterrenhemel berekenen de leerlingen met behulp van de precessieperiode en hoe lang de astrologie bestaat hun eigenlijke sterrenbeeld. Deze berekening is echter niet nauwkeurig. In de astrologie hebben de sterrenbeelden elk een periode van 30-31 dagen. In werkelijkheid staan de sterrenbeelden niet allemaal even lang in de zon. Zo staat Vissen (12 maart tot 19 april) 38 dagen in de zon, terwijl Ram (19 april tot 14 mei) slechts 25 dagen in de zon staat. Als leerlingen hun echte sterrenbeeld willen weten, dan kunnen ze dit beter opzoeken in plaats van berekenen.

De aarde als een grote tol



De aarde draait, maar tolt daarnaast ook heel langzaam. Precies zoals een tol. Dit gaat zo langzaam dat je er in een mensenleven niets van merkt. Deze beweging wordt precessie genoemd. Waar komt dat vandaan? Welke krachten zorgen ervoor dat de aarde tolt? Experimenteer zelf met een tol en ontdek waarom de aarde tolt.

Wat heb je nodig?

- Dop van een flesje
- Klei
- Satéprikker
- Priem of passer
- Schaar



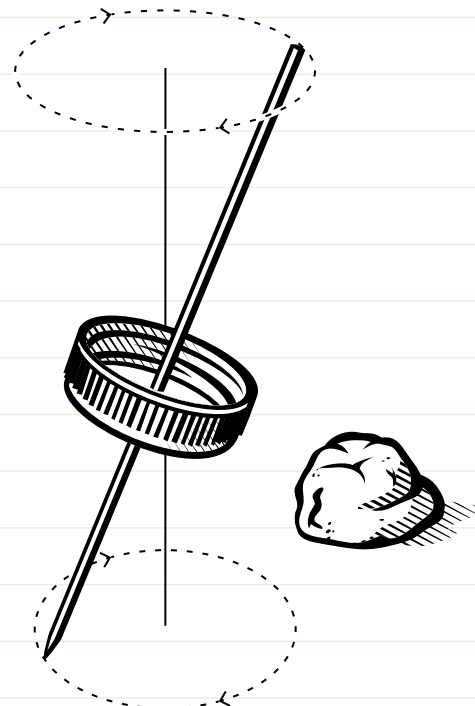
Wat ga je doen?

Je gaat zelf een tol maken. Een goede tol draait enkel om zijn as en heeft geen andere verstorende bewegingen, zoals precessie.

- 1 Welke factoren denk jij dat invloed hebben op de stabiliteit van de tol? Hieronder staat een complete voorbeeldzin en een zin die nog aangevuld moet worden. Bedenk zelf nog twee extra factoren die van invloed kunnen zijn.

Ondergrond: hoe gladder de ondergrond, hoe beter de tol werkt.

Massa: hoe zwaarder de tol, hoe _____ de tol werkt.



2 Neem de dop en maak met de priem een gaatje, precies in het midden.

3 Steek de satéprikker door het gaatje.

4 Je tol is klaar! Probeer hem uit. Schuif de dop langs de satéprikker om te kijken welke hoogte het beste werkt. Welke hoogte werkt het best?
_____ centimeter

5 Nu ga je de tol verbeteren met een stukje klei. Je mag zelf weten hoe je dat doet. Doe je voordeel met de tips in het kader.

hoe verbeter je de tol?

- Maak de tol lichter of zwaarder door klei in de dop te doen.
- Probeer het ook met een grotere of kleinere dop.
- Wat gebeurt er als je de tol onder een hoek laat draaien?
- Wat gebeurt er als je alleen de linker helft van de dop verzwart?
- Wat gebeurt er als je meer klei in het midden doet (in de buurt van de satéprikker)?
Of moet je juist meer klei aan de rand doen?

6 Schrijf drie voorwaarden op die ervoor zorgen dat je tol beter werkt.

7 Je hebt waarschijnlijk gezien dat de as van de tol soms ook draait. Dit noemen we precessie. Welke kracht veroorzaakt volgens jou de precessie op de tol?

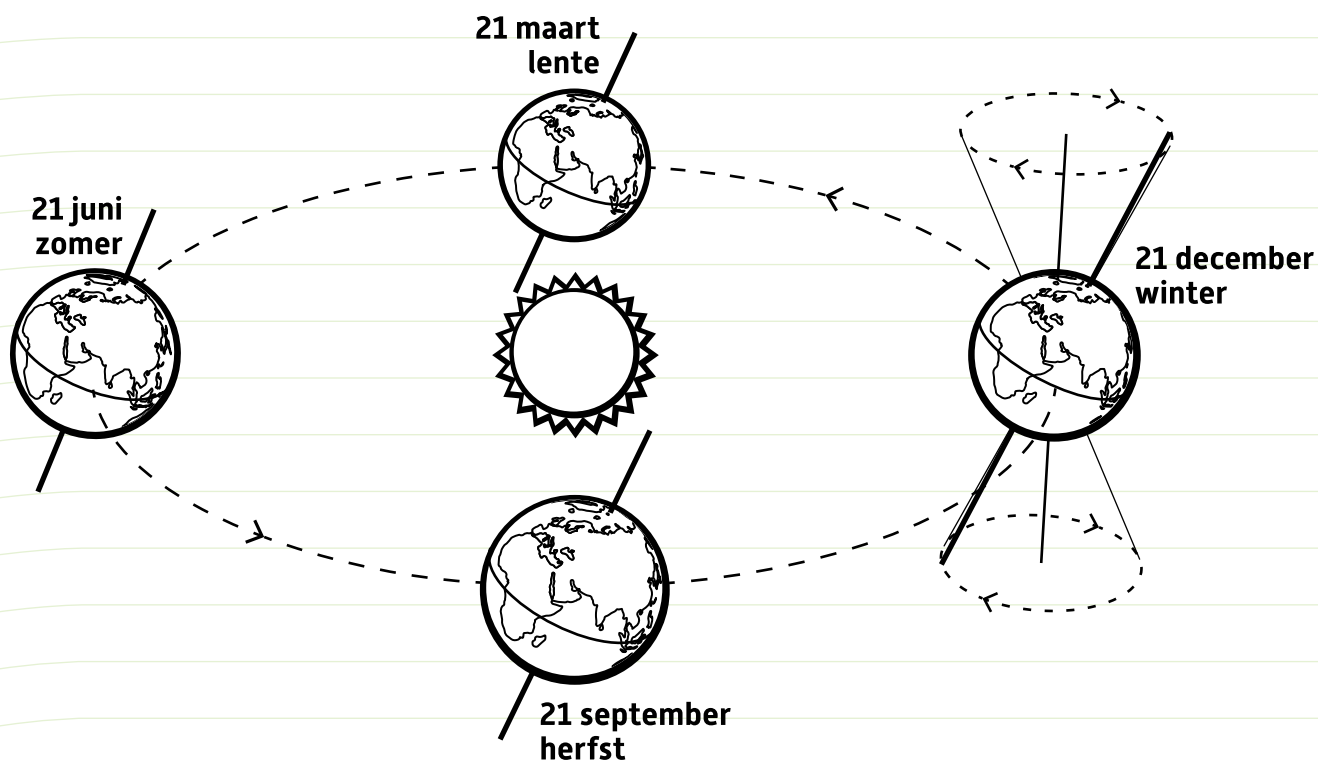
- 8** De aarde is te vergelijken met een tol die niet rechtop staat. De aarde is niet helemaal rond. Ze is een beetje plat op de polen en wat dikker langs de evenaar. Ook de aarde ondergaat precessie. Dat betekent dat er ook in de ruimte een kracht moet zijn die de aarde laat tollen. Welke kracht(en) zijn dat?



Precessie en de sterrenhemel



De aarde draait om haar as, maar de aardas tolt ook langzaam. Wat merken we daarvan op aarde? Niet zo heel veel. Het tollen gaat heel langzaam. De tijd die de aardas nodig heeft voor een rondje noemen we de precessieperiode. De precessieperiode van de aarde duurt 26.000 jaar! In een mensenleven draait de aardas slechts 1/300ste deel van zo'n rondje. Om precessie toch te kunnen zien, zouden we eigenlijk moeten weten hoe de sterrenhemel er duizenden jaren geleden uitzag.



- 1 De aardas loopt precies door de noord- en de zuidpool van de aarde. De aardas wijst dus naar het noorden. Welke ster staat bijna precies boven de noordpool?

- 2** Over 13.000 jaar heeft de aardas door de precessie een half rondje gemaakt ten opzichte van nu. Wijst hij dan nog steeds naar de ster uit vraag 1? Waarom wel/niet?

- 3** De oriëntatie van de aarde ten opzichte van de zon bepaalt welk seizoen het is. Kijk hiervoor goed naar de afbeelding hierboven. Als de aardas van richting verandert, veranderen dus ook de seizoenen. In de 21e eeuw begint de lente op 21 maart. Op welke dag denk je dat over 13.000 jaar de lente begint?

De seizoenen verschuiven elk jaar een beetje. Elke 70 jaar begint de lente een dag eerder. Dit corrigeren we door soms een schrikkeljaar over te slaan. Daarom blijft de lente toch altijd rond 21 maart beginnen.

De dierenriem



De dierenriem uit de astrologie is een band met sterrenstelsels aan de hemel. De dag van je geboorte bepaalt welk sterrenbeeld je bent. Hieronder staat het schema van sterrenbeelden dat de astrologen ongeveer 2500 jaar geleden hebben bedacht.

Teken	Naam	Wanneer
	Ram	21 maart tot 19 april
	Stier	20 april tot 20 mei
	Tweelingen	21 mei tot 20 juni
	Kreeft	21 juni tot 22 juli
	Leeuw	23 juli tot 22 augustus
	Maagd	23 augustus tot 22 september
	Weegschaal	23 september tot 22 oktober
	Schorpioen	23 oktober tot 21 november
	Boogschutter	22 november tot 21 december
	Steenbok	22 decembertot 19 januari
	Waterman	20 januari tot 19 februari
	Vissen	20 februari tot 20 maart

Bron: Wikipedia

Astronomie en astrologie verklaard

Astronomie is sterrenkunde, de wetenschap die gaat over alles wat met het heelal te maken heeft.

Astrologie is het geloof dat het lot van mensen afhangt van de stand van de sterren.

Een belangrijk moment in de astrologie is de dag waarop de lente begint. De tijden waarop de sterrenbeelden 'beginnen' liggen vast in de astrologie. Toen de lente begon 2500 jaar geleden begon, stond de zon in het sterrenbeeld Ram. Hierop zijn alle data van sterrenbeelden gebaseerd.

De echte sterrenbeelden veranderen door de precessie wel van positie. Elke 70 jaar beginnen de sterrenbeelden zo een dag later. De sterrenbeelden kloppen dan dus niet meer met de tabel hierboven.

- 1 De sterrenbeelden hebben in 2500 jaar lang een achterstand opgelopen van 1 dag per 70 jaar. Hoeveel dagen lopen de sterren nu uit de pas? Gebruik hiervoor onderstaande kruistabel.

Dagen verschil	1 dag	_____
Na hoeveel jaren	70 jaar	2500 jaar

- 2 In welk sterrenbeeld staat de zon nu echt op 21 maart?

3 Welk sterrenbeeld heb jij zelf volgens de tabel?

4 En welk sterrenbeeld zou je eigenlijk moeten hebben?

