



Navigeren

Om je positie op de aarde te bepalen, kunnen de sterren en de zon als hulpmiddel gebruikt worden. Als bekend is waar de sterren staan, kan de positie bepaald worden. In de middeleeuwen en de renaissance waren er verschillende meetinstrumenten voor plaatsbepaling op aarde. In deze les maken de leerlingen zelf een hoekmeter waarmee ze de hoogte van een object en hun positie op aarde kunnen bepalen.

tip

Doe deze les bij voorkeur in de herfst of in de winter. Het is dan lang donker buiten, zodat de leerlingen de poolster vroeg in de avond kunnen zien.

Lesdoelen

De leerlingen:

- maken kennis met het begrip breedte- en hoogtegraden en de relatie tot de eigen positie op de aarde.
- krijgen meetkundig inzicht in de relatie tussen hoeken en afstanden en maken daarbij gebruik van een rechthoekige driehoek.
- kunnen de positie van de sterren en de zon relateren aan hun eigen positie op aarde.

Vorbereidingen

- Benodigdheden per leerling klaarzetten.

Benodigdheden

- Geodriehoek
- Rietje
- Moer
- Rolmaat van 5 meter
- Potlood
- Gum
- Plakband
- Touw

Tijdsduur

45 minuten

Kerdoelen

20, 24, 33

Vakken

Wiskunde
Natuurkunde



Vraag de leerlingen hoe je je eigen positie op aarde kunt bepalen. Wat moet je daarvoor weten? Welke apparaten kun je daarvoor gebruiken? Schijf de uitkomsten op het bord.

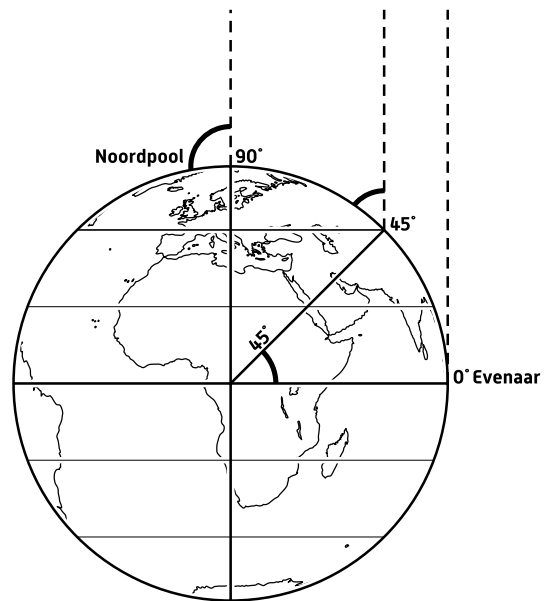
Hoe werken die apparaten? Wat moet je meten om je eigen plek te kunnen bepalen?

Leg uit dat je met de stand van de zon en de sterren handmatig kunt navigeren.

Het belangrijkste dat je moet weten voor een goede plaatsbepaling, is de hoek tussen jou, de horizon en bijvoorbeeld een ster of de zon.

Op deze afbeelding wordt uitgelegd wat een breedtegraad is en hoe je die kunt bepalen aan de hand van de poolster. De poolster staat altijd op dezelfde plek aan de hemel: precies boven het noorden. Door de hoek te meten tussen de poolster en de horizon kun je de breedtegraad bepalen. Je neemt dan 'poolshoogte'.

Poolshoogte is de hoogte van de hemelpool (bij benadering de poolster) ten opzichte van de horizon. Deze hoogte is gelijk aan de breedtegraad van de waarnemer. De poolshoogte kan worden bepaald aan de hand van de poolster en wordt gemeten met een sextant. Het bepalen van de poolshoogte of het 'nemen' ervan, zoals de uitdrukking luidt, is belangrijk geweest bij navigeren op plekken waar herkenningspunten of bakens ontbreken zoals op volle zee. In het gezegde ergens poolshoogte nemen wordt de term figuurlijk gebruikt. Het betekent het onderzoeken van een toestand op een bepaalde plaats of in een kwestie.



In het volgende filmpje is te zien hoe de sterren 's nachts bewegen en dat de poolster nagenoeg op dezelfde plek blijft: <http://bit.ly/TCbnr8>



Om een hoek te meten gebruikte men in het verleden een jakobsstaf of een sextant. De leerlingen maken in de les een vergelijkbare hoekmeter. Hoe dit moet, staat uitgelegd op het werkblad *Hoekmeter maken*.



Ga met de leerlingen naar het schoolplein. Met hun hoekmeter meten ze de hoogte van een zelf gekozen object. Hiervoor is enige kennis van hoeken en rechthoekige driehoeken nodig. Als oefening staan er enkele opgaven in het werkblad *Hoekmeter maken*. Deze kunnen ze maken voordat ze naar buiten gaan. De leerlingen kunnen het werkblad *Navigeren met de poolster* zelfstandig thuis maken. Op een heldere avond is de poolster goed zichtbaar. Ze meten de breedtegraad op met behulp van hun zelfgemaakte hoekmeter en de poolster.

Achtergrondinformatie voor de docent

Meetinstrumenten

Navigeren aan de hand van de zon en de sterren doen mensen al honderden jaren. Er bestaan vele meetinstrumenten, zoals de jakobsstaf en de sextant. Beide apparaten berusten op hetzelfde principe: ze meten de hoek tussen de horizon en de sterren. In deze les maken de leerlingen een vereenvoudigde versie van een hoekmeter.

De jakobsstaf is de eenvoudigste hoekmeter. Hierbij maakt de gebruiker met twee staven een rechthoekige driehoek, waarlangs naar een ster kan worden gekeken. De kijklijn loopt over de schuine zijde van de driehoek. Uit lengtes van de zijden van driehoek kan de gebruiker de hoek bepalen. Op de meeste jakobsstaffen staat een voorberekende schaalverdeling. Het nadeel van dit apparaat is dat hij alleen gebruikt kan worden voor sterren. Het is namelijk

onmogelijk om direct in de zon te kijken. Een ander nadeel is dat de kijker niet de horizon en de ster tegelijk kan zien waardoor er makkelijk onnauwkeurigheden ontstaan.



Jakobsstaf Foto: Scheepvaartmuseum, Amsterdam

Met de sextant is het wel mogelijk de hoek tussen zon en horizon te meten. Door de boog te draaien valt het zonlicht via een filter en twee spiegeltjes door de lens. Voor de kijker is het zo mogelijk om de zon en de horizon tegelijk te zien op dezelfde hoogte. Aan de onderkant kan de gebruiker dan de hoek aflezen. De spiegel op de boog zorgt ervoor dat de werkelijke hoek tweemaal zo groot is als de hoek die de boog maakt. Daarom is de schaalverdeling aangepast.

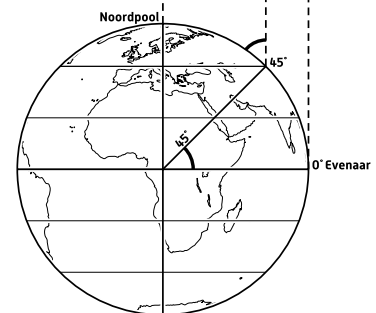


Sextant Foto: Scheepvaartmuseum, Amsterdam

Navigeren met de poolster

Het navigeren is het makkelijkst uit te leggen als de poolster als referentiepunt wordt genomen. Deze ster staat namelijk op elk moment van de nacht bijna exact boven de noordpool. Vanwege de bolling van de aarde verandert de hoek waarin de ster zichtbaar is. Deze hoek is precies gelijk aan de noorderbreedte.

De noorderbreedte van een plek op aarde is de hoek die de verbindingslijn tussen die plek en het middelpunt van de aarde met het vlak van de evenaar maakt.



Behalve je eigen positie, kun je met een hoekmeter ook de hoogte en afmetingen van grote objecten bepalen. Belangrijkste voorwaarde is dat je de afstand tot het te meten object weet. De afstanden kunnen exact berekend worden met behulp van hoekformules (sinus, cosinus, tangens), maar in deze les gebruiken de leerlingen in plaats daarvan lijnen op geruit papier.

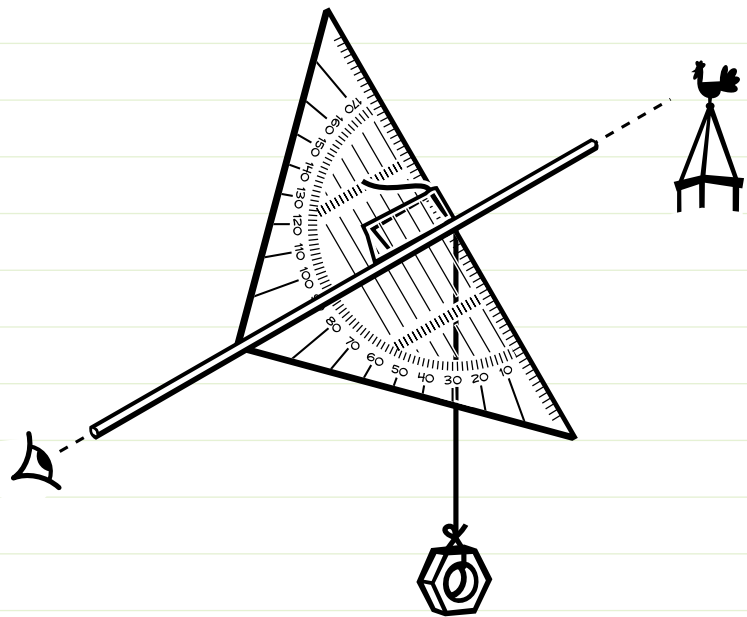
Hoekmeter maken



Met een sextant kun je de hoek tussen de zon of een ster meten met de horizon. Ook kun je er de hoogte van een boom of gebouw mee opmeten.

Wat heb je nodig?

- Geodriehoek
- Rietje
- Plakband
- Touw
- Moer



Wat ga je doen?



- 1 Meet een stuk touw van ongeveer 25 centimeter af. Knoop aan het uiteinde de moer vast.
- 2 Leg de geodriehoek op zijn kop en plak het uiteinde van het touwtje vast aan de achterkant van de geodriehoek. Kijk goed naar de tekening. Als je de driehoek oppakt, moet de moer altijd precies onder de 0 hangen.
- 3 Plak het rietje in het midden van de geodriehoek. Zorg ervoor dat aan beide kanten een even groot stuk van het rietje uitsteekt, zoals op de tekening. Ziet je hoekmeter er hetzelfde uit als de tekening? Dan is hij klaar voor gebruik.

Gebruik je hoekmeter

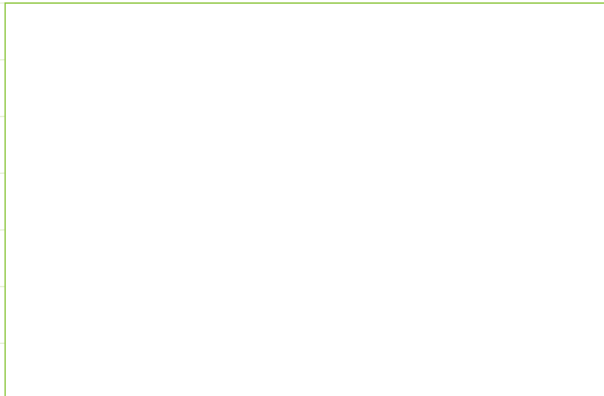
Kijk door het rietje naar een object hoog boven je, bijvoorbeeld het plafond of de deurpost. Hou de driehoek zoals op de tekening: het touwtje wijst een hoek aan. De hoek die je meet is gelijk aan de hoek tussen het object en de vloer.

Met de hoekmeter kun je de hoek tussen de grond en een punt in de lucht meten. Met de hoek die je meet, kun je bijvoorbeeld uitrekenen hoe hoog een gebouw is.

Eerst even oefenen.

Judith staat op precies 20 meter afstand van het schoolgebouw. Ze kijkt door haar hoekmeter naar het dak. Ze meet een hoek van 25 graden.

- 4** Teken hieronder een rechte driehoek met een hoek van 25 graden. De onderkant van de driehoek moet 5 centimeter zijn.



- 5** Meet de hoogte van de driehoek op. Hoe hoog is de driehoek?
_____ centimeter

- 6** Stel: je maakt de driehoek hierboven precies tweemaal zo groot. Hoe lang zouden dan de zijden van de driehoek worden? En hoe groot wordt de hoek dan? Reken de antwoorden uit en zet ze in de tekening.

- 7** Judith heeft voor haar berekening gebruik gemaakt van dezelfde driehoek als hierboven. Bereken hoe hoog de school van Judith is. Maak gebruik van de tabel hieronder.

	Breedte	Hoogte
Driehoek van opgave 1	5 centimeter	_____
Driehoek van Judith	20 meter	_____





Wat heb je nodig?

- Zelfgemaakte hoekmeter
- Rolmaat
- Potlood en gum



Wat ga je doen?

- 1 Zoek een object waarvan je de hoogte wilt meten. Bijvoorbeeld het schoolgebouw of de hoogste boom in de buurt. Het object moet hoger zijn dan 5 meter, maar mag niet hoger zijn dan 20 meter.
 - a Schrijf op welk object je hebt gekozen.

 - b Hoe hoog denk je dat het is?

- 2 Ga 10 meter van het object af staan. Meet dit goed na met de rolmaat.
- 3 Meet de hoek tussen jou en de bovenkant van het object met je hoekmeter. Check de volgende punten:
 - Hangt het touwtje van de hoekmeter goed naar beneden? ja / nee
 - Is het touwtje in het midden van de geodriehoek vastgeplakt? ja / nee
 - Heb je naar de bovenkant van het object gekeken? ja / nee
 - Is het cijfer van je hoek kleiner dan 90 graden? ja / nee

Als je bij één van deze vragen 'nee' hebt geantwoord, dan werkt je hoekmeter niet goed. Zoek uit waarom hij niet goed werkt en probeer het dan opnieuw.

De hoek tussen mij en de bovenkant van het object is _____ graden.

4 Meet je eigen lengte op (in centimeters).

a Mijn lengte is _____ centimeter.

b Trek 10 centimeter van je lengte af. Op deze hoogte staan je ogen.
Vanaf hier heb je de hoek gemeten.

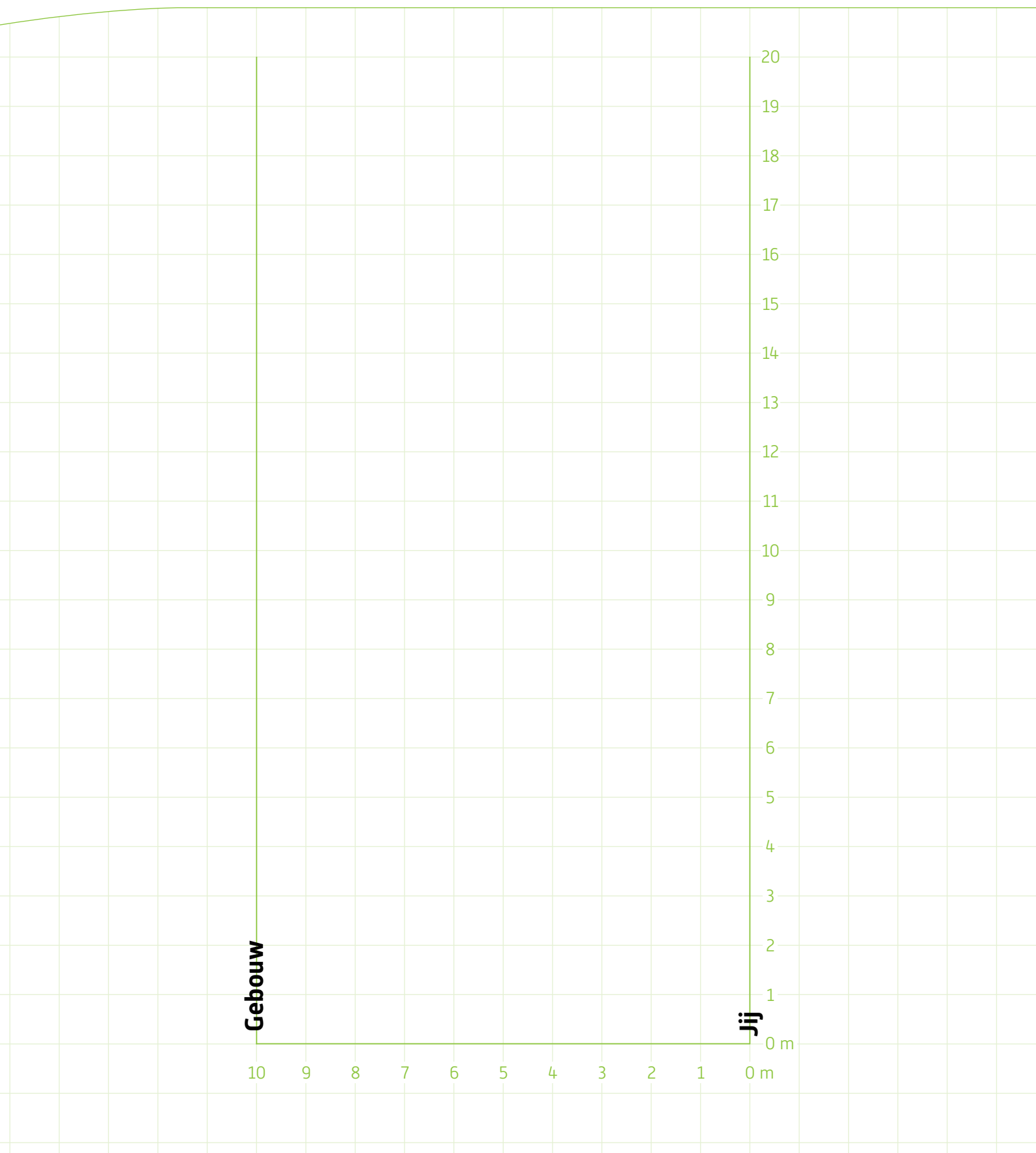
Mijn ogen staan op _____ centimeter.

5 Teken jezelf, het object en de hoek tussen jou en het object. De schaal is gelijk aan 1:100. Dus 1 centimeter op de tekening is 1 meter in het echt. Gebruik de antwoorden uit vraag 2 tot en met 4. Wat is de hoogte van het object?

_____ meter

tip

Teken eerst jezelf. **Denk aan de ooghoogte!** Teken daarna de hoek en trek een lijn vanuit de hoek naar het object. Pas daarna kun je het object tekenen.





Navigeren met de poolster



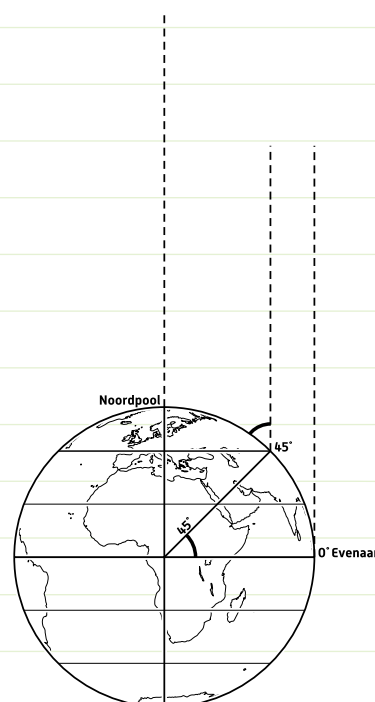
Wat heb je nodig?

- Zelfgemaakte hoekmeter



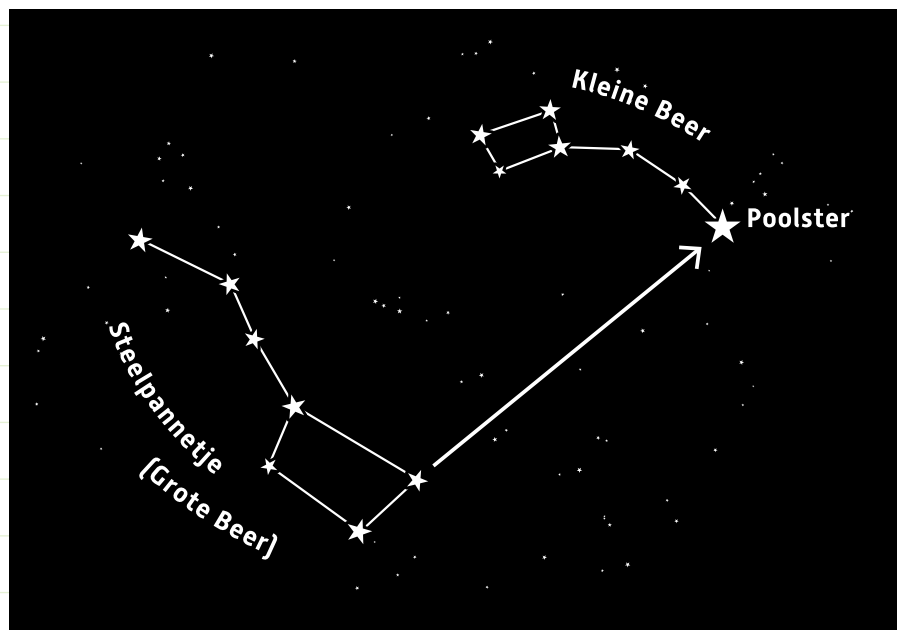
Op het plaatje zie je de aarde met daarboven de poolster. De poolster staat precies boven het noorden. De stippellijnen zijn de lichtstralen die van de poolster komen. In werkelijkheid staat de poolster heel ver weg. Daardoor lijken de lichtstralen evenwijdig te lopen. Doordat de aarde rond is, zie je hem op verschillende plekken onder een andere hoek.

De hoek die de poolster maakt met het aardoppervlak is gelijk aan de breedtegraad. De breedtegraad loopt van 0 graden bij de evenaar tot 90 graden op de noordpool. In de afbeelding staat een voorbeeldhoek van 45 graden. Dit is de breedtegraad van Zuid-Frankrijk en Noord-Italië, maar ook van het noorden van de Verenigde Staten.



- 1 Hans staat precies op de evenaar en hij meet de hoek van de poolster met zijn hoekmeter. Waar ziet hij de poolster? Omcirkel het juiste antwoord:
Aan de horizon / recht boven zich / de poolster kun je daar niet zien
- 2 Waar zie je de poolster als je in Australië bent?
Aan de horizon / recht boven je / de poolster kun je daar niet zien

- 3 Ga naar buiten en zoek de poolster. Gebruik eventueel een kompas als je niet weet waar het noorden is. De poolster staat in het sterrenbeeld Kleine Beer, naast het Steelpannetje. Als je een lijn trekt vanuit de zijkant van het Steelpannetje, dan kom je uit bij de poolster.



- 4 Meet met je hoekmeter de hoek tussen poolster en horizon. Op welke noorderbreedte bevind jij je? _____ graden

tip

Er bestaan apps, zoals Google Sky, waarmee je met je telefoon of tablet sterren kunt vinden in de nachthemel.