

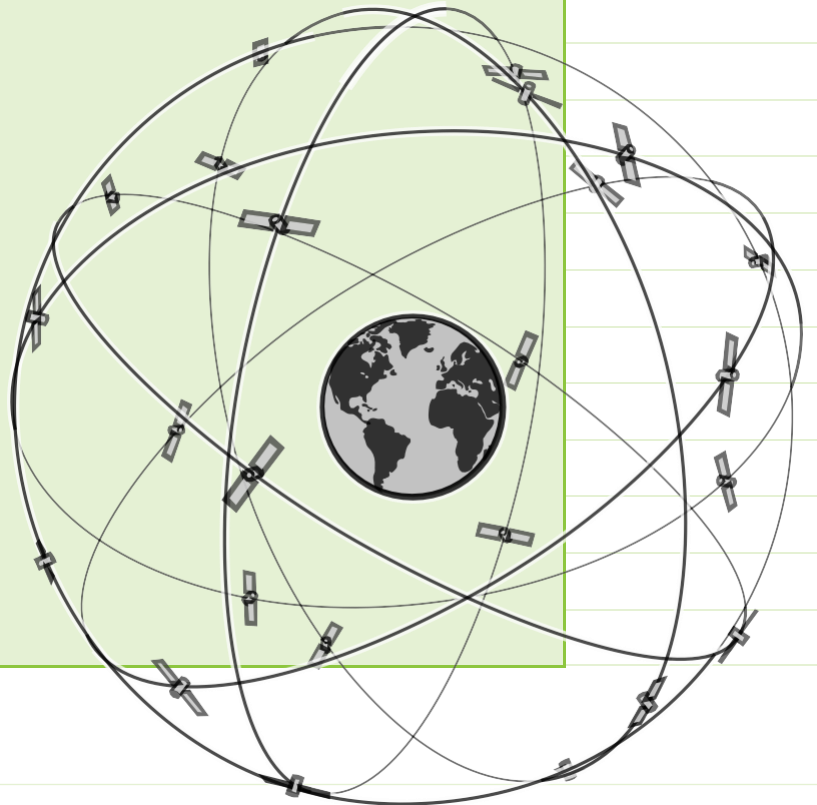
Rond de aarde met GPS

Veel mensen hebben een GPS-ontvanger in de auto of telefoon. Zo weet je altijd en overal precies waar je bent. Hoe kan zo'n apparaatje jouw plek op aarde weten? Dat ontdek je in deze les.

Wat heb je nodig?

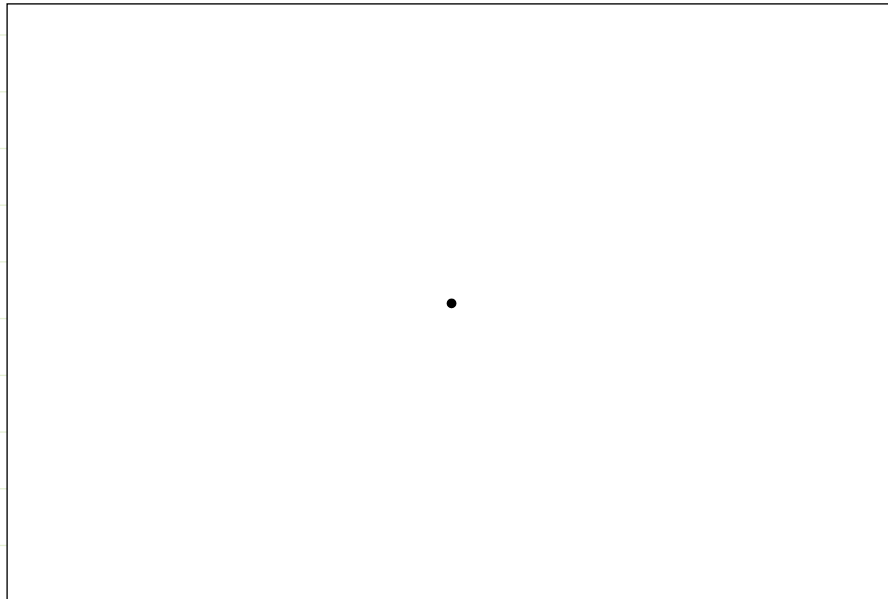
- Passer
- Geodriehoek

GPS staat voor Global Positioning System, wat letterlijk wereldwijd plaatsbepalingssysteem betekent. Het is een systeem van satellieten die rond de aarde draaien. Deze satellieten zenden continu een signaal uit van waar ze op dat moment zijn. Op aarde kan een GPS-ontvanger het signaal ontvangen en daarmee de afstand tot de satelliet bepalen. Als het apparaat de afstand weet tot drie satellieten en precies weet waar de satellieten zich bevinden, dan kan hij daarmee precies bepalen waar je staat.



Wat ga je doen?

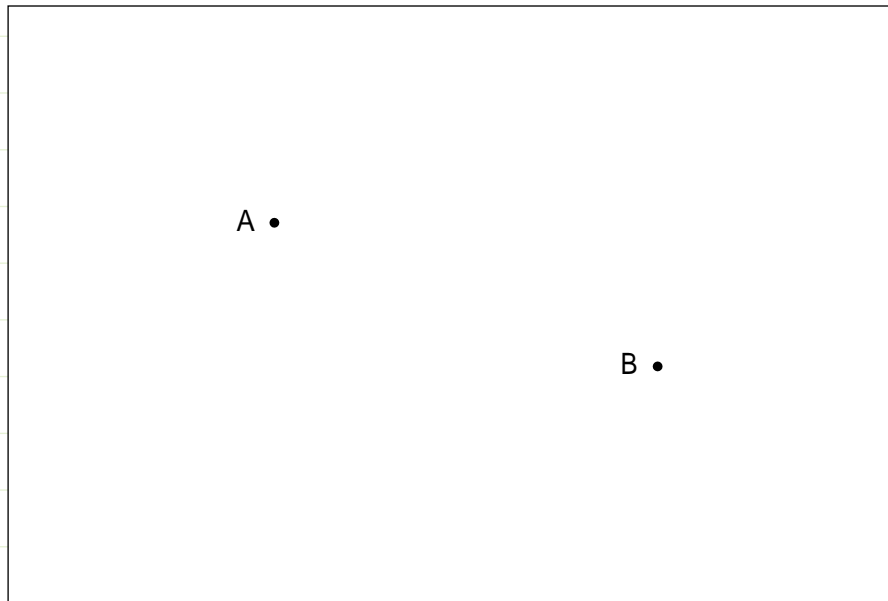
- 1 a In onderstaande vakje is een punt getekend. Teken een ander punt dat precies 3 centimeter van het eerste punt ligt. Gebruik hiervoor je geodriehoek. Je mag zelf weten waar je de punt neerzet.



- b Teken nog vier andere punten die precies 3 centimeter van het eerste punt afliggen. Je mag zelf weten waar je ze zet, als ze maar minimaal 1 centimeter uit elkaar liggen.
- c Teken alle mogelijke punten die 3 centimeter van de stip afliggen.
Hint: gebruik je passer.

*Met een passer kan je cirkels tekenen. De punt van de passer staat in het midden van de cirkel. De afstand van de rand tot het midden noemen we de **STRAAL** en die is over de hele rand hetzelfde. Als je ergens een punt hebt en je zoekt een ander punt op 3 centimeter afstand, dan kun je met je passer een cirkel met de straal 3 centimeter rondom het eerste punt tekenen. Het punt dat je zoekt moet dan ergens op de cirkel liggen.*

- 2 In onderstaande afbeelding staan twee punten, A en B. Er zijn een aantal andere punten die precies 3 centimeter van punt A verwijderd zijn en tegelijk 4 centimeter van punt B.



- a Teken alle punten die 3 centimeter van punt A liggen.
- b Teken alle punten die 4 centimeter van punt B liggen.
- c Kun jij nu aanwijzen welke plekken 3 centimeter van A én 4 centimeter van B ligt? Hoeveel plekken zijn er?
Er zijn _____ plekken die 3 centimeter van punt A én 4 centimeter van punt B liggen.

- 3 In de afbeelding hieronder zie je de aarde en twee GPS-satellieten. De satellieten zenden een signaal uit met hun locatie en de GPS-ontvanger berekent daaruit afstand tot de satellieten.



Deze tabel gebruik je voor opgave a en b.

| | schaal | Satelliet A | Satelliet B |
|---------------------|----------------|-------------|-------------|
| Echte afstand | 5000 kilometer | _____ | _____ |
| Afstand in tekening | 1 centimeter | _____ | _____ |

- a Satelliet A geeft een afstand aan van 32.000 kilometer. Teken in de tekening op schaal een cirkel met straal 32.000 kilometer. Reken eerst met behulp van de schaal in de tekening uit hoeveel centimeter dat is.
- b Satelliet B geeft een afstand aan van 20.000 kilometer. Reken om hoeveel centimeter dat is en teken alle mogelijke plekken waar de GPS-ontvanger zich kan bevinden.
- c Als het goed is, zijn er nu twee plekken waar de GPS-ontvanger zich kan bevinden. Toch weet je nu zeker waar hij zich bevindt. Waar is je GPS-ontvanger?

d Waarom weet je dat zo zeker?

Op de tekening heb je gezien dat je met twee satellieten in het plate vlak je plek kunt bepalen. In werkelijkheid heb je nog een extra satelliet nodig om de plaats te kunnen bepalen. Bedenk waarom dat nodig is.

4 Bij de vorige opdracht heb je gewerkt met de afstanden tot de satelliet. Maar hoe kan een GPS-ontvanger de afstand tot aan een satelliet weten? Hiervoor maakt het apparaat een berekening.

De GPS-satelliet stuurt twee signalen:

- Zijn eigen positie rond de aarde.
- Het exacte tijdstip waarop hij het signaal verstuurt.

a De GPS-ontvanger heeft ook een klok, die precies gelijk staat met de klok van alle satellieten. Maar de ontvanger ontvangt de signalen ietsje later dan dat ze verzonden zijn. Hoe kan dat?

- b Het signaal reist met de snelheid van het licht. De snelheid van het licht is 300.000 kilometer per seconde! Kijk nog eens naar de afstanden bij opgave 3. Bereken hoe lang de signalen van de satellieten erover doen om bij de GPS-ontvanger te komen.

| | Lichtsnelheid | Satelliet A | Satelliet B |
|---------|-------------------|-------------|-------------|
| Afstand | 300.000 kilometer | | |
| Tijd | 1 seconde | | |

Satelliet A: _____ seconden

Satelliet B: _____ seconden

- c De satellieten hebben atoomklokken. Die zijn extreem nauwkeurig: pas na 30 miljoen jaar lopen ze één seconde voor of achter. In de meeste GPS-ontvangers zit een kwartsuurwerk. Die kunnen al na een week een seconde voor of achter lopen. Voor een nauwkeurige GPS-meting is zo'n verschil veel te groot. Na een paar uur zijn de metingen al niet meer betrouwbaar.

Bedenk een idee om ervoor te zorgen dat je toch met een kwarts-klok afstanden kunt meten. Je hoeft niets te berekenen.