



Navigeren met GPS

Tegenwoordig hebben veel mensen een GPS-ontvanger in de auto, de telefoon of als los apparaatje. Zo kun je altijd met een behoorlijke precisie achterhalen waar je bent. Maar hoe werkt dit systeem? De leerlingen ontdekken in deze les dat voor GPS een flink aantal satellieten nodig zijn. Ze leren hoe het systeem werkt en doen zelf een plaatsbepaling.

Lesdoelen

De leerlingen:

- maken kennis met de techniek achter GPS.
- leren werken met een passer.
- leren wat de straal van een cirkel is.
- doen enkele rekenoefeningen met de concepten afstand, tijd en snelheid.

Voorbereidingen

Per leerling de benodigdheden

klaarzetten.

Een computer met beamer klaarzetten

Benodigdheden

- Passer
- Geodriehoek
- Werkblad *Rond de aarde met GPS*

Tijdsduur

45 minuten

Kerdoelen

20, 21, 24, 26, 27,
28, 29, 32

Vakken

Wiskunde
Natuurkunde



Vraag de leerlingen wie er een GPS-ontvanger heeft en of ze weten welke apparaten zo'n ontvanger bevatten. Vraag of ze weten hoe een GPS werkt. Laat daarbij onderstaande animatie van alle GPS-satellieten zien: <http://1.usa.gov/PPc4Bp>

Vertel dat elke satelliet een signaal uitzendt op vastgezette tijden. De GPS-ontvanger kan met dit signaal de afstand tot de satelliet berekenen. Als de ontvanger van een aantal satellieten de afstand en plaats weet, dan kan hij zijn eigen positie berekenen.



De leerlingen maken het werkblad *Rond de aarde met GPS*. Ze bootsen met behulp van een passer en een geodriehoek een plaatsbepaling van een GPS na. Dit doen ze in een tweedimensionale tekening, met twee satellieten. Daarna maken ze een aantal vragen over afstand, tijd en snelheid.

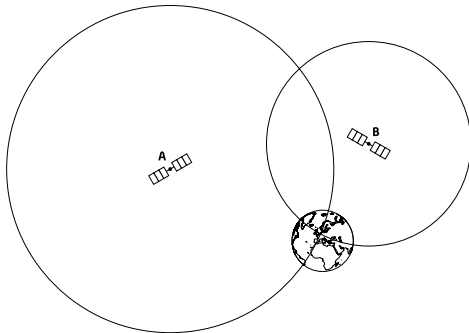


Besprek met de leerlingen de resultaten van hun metingen na. Waar bevindt de GPS-ontvanger zich? Laat eventueel zien hoe je met behulp van een passer een positie kunt bepalen. Ga middels een onderwijsleergesprek de vragen na (opgave 3d, e en opgave 4). Hoe kan een GPS-ontvanger de afstand tot een satelliet bepalen? Waarom heb je in de ruimte drie satellieten nodig, terwijl op papier twee satellieten voldoende zijn?

Achtergrondinformatie voor de docent

GPS staan voor Global Positioning System. Het is een systeem van satellieten die om de aarde draaien en in bepaalde tijdsintervallen een signaal uitzenden. Op dit moment vliegen er 32 GPS-satellieten rond de aarde. Hun banen zijn zo ontworpen, dat er op elk tijdstip en op elke plek op aarde altijd minimaal vier satellieten boven de horizon zijn. De satellieten begeven zich op een hoogte van ongeveer 20.000 kilometer. Een positiebepaling werkt als volgt: de GPS-ontvanger vangt een signaal van drie satellieten. De GPS-ontvanger kan de signalen omrekenen naar een nauwkeurige afstand tot elke satelliet. Door de afstanden tot verschillende satellieten te combineren kan de positie van de ontvanger bepaald worden.

Om dit inzichtelijk te maken voor de leerlingen, wordt de situatie voorgesteld op een plat vlak. Ze werken met cirkels op een papier. Stel: je hebt een satelliet in de ruimte. Je weet van de satelliet precies waar hij zich bevindt. Ook weet je precies de afstand tot de satelliet. Dan zijn alle mogelijke posities van de GPS weer te geven als een cirkel. Want: alle punten op de cirkel hebben dezelfde afstand tot de satelliet. Eén satelliet is dus niet voldoende om een exacte positie vast te stellen.



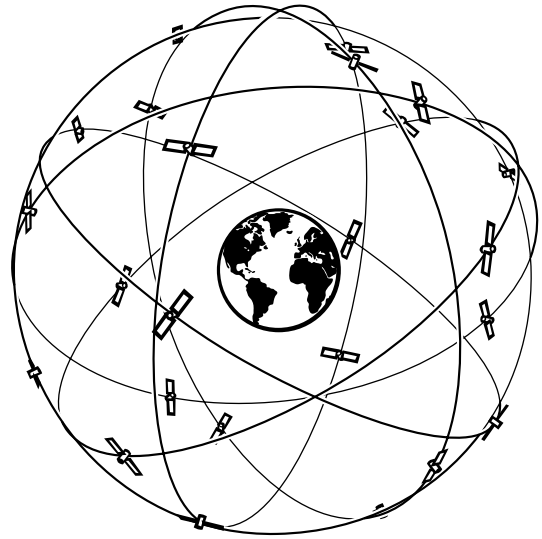
Op het plaatje staan twee satellieten waarvan de positie en de afstand bekend zijn. Er zijn twee mogelijke posities over waar de ontvanger zich kan bevinden: op de snijpunten van de cirkels. Omdat we weten waar de aarde zich bevindt, kan het punt ver buiten de aarde buiten beschouwing gelaten worden. In de werkelijke driedimensionale ruimte is er nog een derde satelliet nodig.

Afstandsbepaling met tijd

De afstand tussen de satellieten en de GPS-ontvanger wordt gemeten met behulp van tijd. Elke satelliet zendt een signaal uit met daarin informatie over zijn eigen positie en het tijdstip van verzending. Het exacte tijdstip van verzending bepaalt de satelliet met een precieze atoomklok die hij aan boord heeft.

De GPS-ontvanger op aarde vergelijkt dit tijdstip met zijn eigen tijdsbepaling. Omdat het signaal reist met de snelheid van het licht, ontvangt de GPS-ontvanger het signaal een fractie van een seconde nadat het is verzonden. De ontvanger berekent uit de tijdsduur dat het signaal onderweg is geweest de afstand die het heeft afgelegd.

Belangrijk voor een goede plaatsbepaling is dat niet alleen de satellieten precies weten hoe laat het is, maar ook de GPS-ontvanger. Een 'consumenten-ontvanger' heeft meestal een kwartsuurwerk, die veel minder nauwkeurig is dan een atoomklok. Daarom heeft zo'n ontvanger een vierde satelliet(signaal) nodig om de bepaling te controleren en zijn eigen klok te kalibreren. Hieruit ontstaat een tot op ongeveer 10 meter nauwkeurige plaatsbepaling. De meetonzekerheid ontstaat onder andere door de atmosfeer van de aarde die de signalen van de satellieten op onvoorspelbare manieren kan verstrooien.



Rond de aarde met GPS

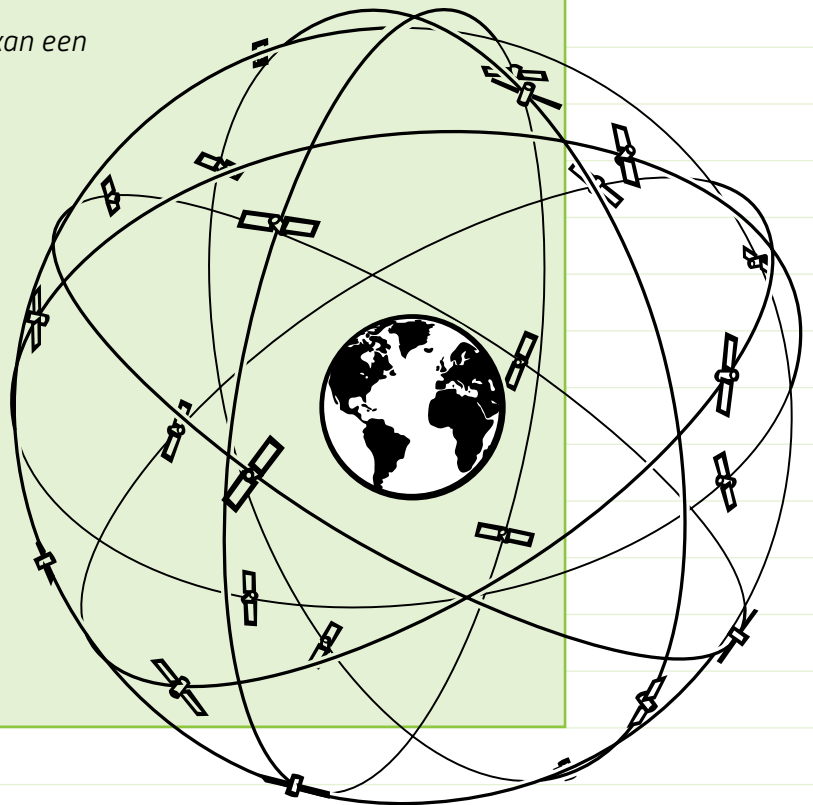


Veel mensen hebben een GPS-ontvanger in de auto of telefoon. Zo weet je altijd en overal precies waar je bent. Hoe kan zo'n apparaatje jouw plek op aarde weten? Dat ontdek je in deze les.

Wat heb je nodig?

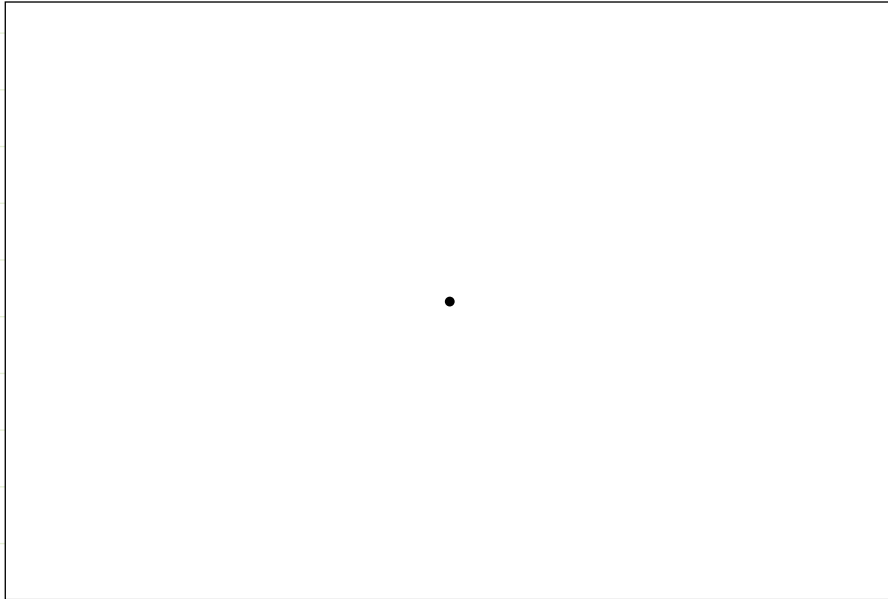
- Passer
- Geodriehoek

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?

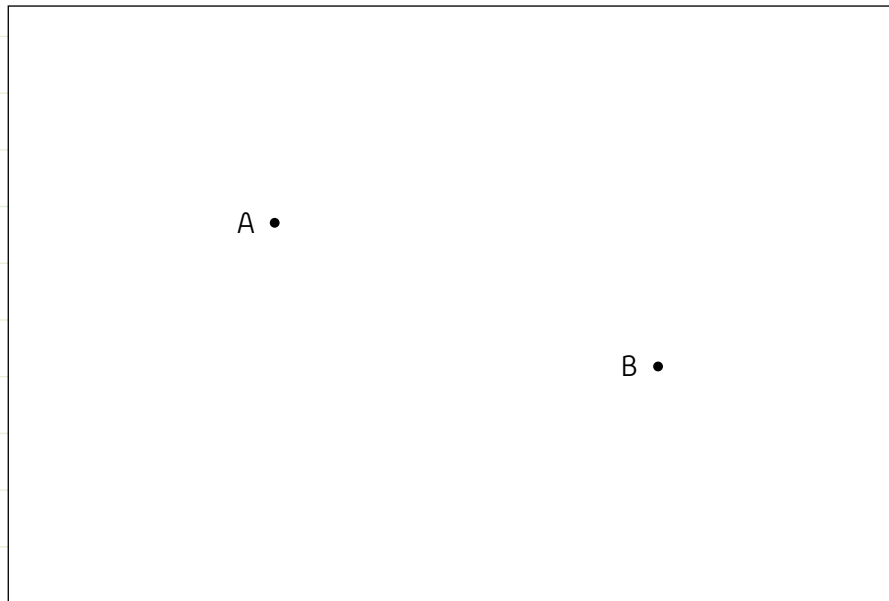
- 1 a** In onderstaande vakje is een punt getekend. Teken een ander punt dat precies 3 centimeter van het eerste punt ligt. Gebruik hiervoor je geodriehoek. Je mag zelf weten waar je de punt neerzet.



- 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.

hint

Er zijn veel meer dan drie satellieten in de lucht, die je allemaal kunt gebruiken. En ze hebben allemaal een atoomklok aan boord.