

# Grafieken in actie en modelleerkwartetten

## Samenhang zien en ervaren

Het begrijpen van de relaties tussen verschillende grafieken bij natuurkunde is voor veel leerlingen een uitdaging. Deze werkvormen waarbij leerlingen in teams punten kunnen verdienen, zorgen dat alle leerlingen actief nadenken over de conceptuele verbanden. Het rennen van plaats,tijd-grafieken met een afstandssensor koppelt de grafieken aan fysieke bewegingen en bij modelleerkwartetten worden bewegingen op een speelse manier verbonden met computermodellen.

Voor deze activiteit verdeelt de docent de klas in drie teams. Op het bureau van de docent staat een ultrasone afstandssensor en het gangpad tussen de tafels is vrijgemaakt van tassen zodat er veilig gerend kan worden. Uit team 1 komt de eerste vrijwilliger die op het bord een afstand,tijd-grafiek ( $s,t$ -grafiek) te zien krijgt die moet worden gelopen. De vrijwilliger krijgt een verticaal stuk karton in de handen zodat de afstandssensor een mooie duidelijke grafiek kan maken en mag even met het team overleggen hoe moet worden gelopen en waar hij moet beginnen. De docent toont nu de (nog lege) grafiek van de afstandssensor op het smartboard, telt af en start de meting. De vrijwilliger probeert in 10 seconde de eerder getoonde  $s,t$ -grafiek zo goed mogelijk te lopen (of rennen). Als dit lukt krijgt het team een punt en is team 2 aan de beurt. De docent verwijderd tussendoor steeds de oude metingen.

### Koppelen aan werkelijke bewegingen

Leerlingen krijgen al snel gevoel voor hoe ze moeten lopen, wanneer ze moeten versnellen of omdraaien en waar ze moeten beginnen. Doordat ze steeds even met het team mogen overleggen, ontstaat een goede discussie



Figuur 1. Grafieken rennen met de ultrasone afstandssensor

en zijn leerlingen die lopen niet als enige verantwoordelijk voor het resultaat. Het is verstandig om de eerste leerlingen wat succeservaringen te geven door met makkelijke grafieken te beginnen. De docent beslist of een punt is verdiend. Als de eerste helft van de beweging goed is dan kan de docent besluiten het team een half punt geven. In de bovenbouw laat de docent na een aantal afstand,tijd-grafieken ook snelheid,tijd-grafieken ( $v,t$ -grafieken) of versnelling,tijd-grafieken ( $a,t$ -grafieken) op het bord zien. Hierbij moet duidelijk worden vermeld met welke beginsnelheid en vanaf welke positie de beweging begint. Het is aan een nieuwe vrijwilliger om met het team te overleggen en vervolgens de  $s,t$ -grafiek te lopen. Leerlingen moeten nu dus inzien dat ze de oppervlakte onder de  $v,t$ -grafiek moeten gebruiken om



te redeneren (voorspellen) hoe de  $s,t$ -grafiek eruit ziet. Je kunt de leerlingen in tweetallen de  $s,t$ -grafiek steeds eerst op een whiteboard laten schetsen en na bespreken van de antwoorden een leerling aanwijzen die moet lopen. Tijdens het lopen zien ze zowel de snelheid (hun klasgenoot die de grafiek rent) als de plaats in de grafiek op het smartboard. De docent toont nu de theoretische  $s,t$ -grafiek naast de met de afstandssensor gemeten  $s,t$ -grafiek en geeft het team een punt als deze op elkaar lijken. Als het bij het niveau van de klas past laat de docent een computermodel met startwaardes zien en is het aan de leerlingen om de  $s,t$ -grafiek te rennen. Het lopen van  $s,t$ -grafieken is heel geschikt en kan prima in de onderbouw bij de start van het onderwerp 'kracht en beweging'. De uitdagende grafieken zijn geschikt voor de bovenbouw, bijvoor-

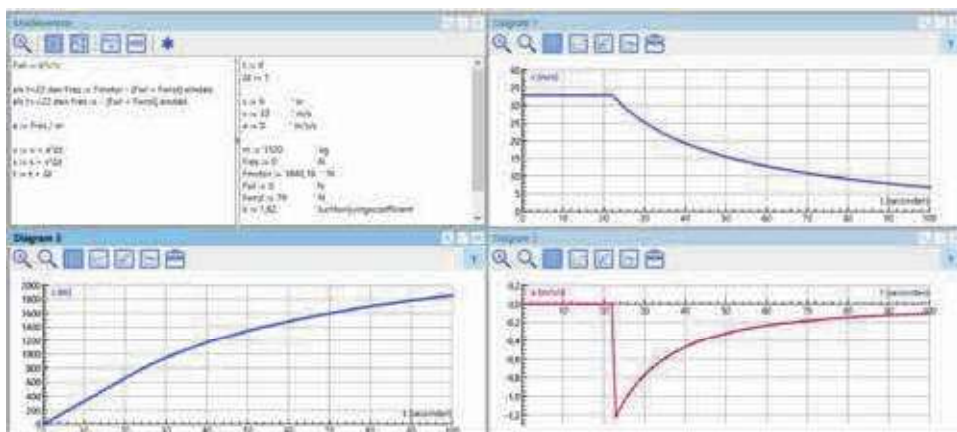


Figuur 2. Vier voorbeelden van grafieken waarvan een plaats,tijd-diagram moet worden gerend

beeld ter afsluiting van het onderwerp. Spreek vooraf af hoeveel rondes worden gedaan, laat het grafieken rennen niet langer dan een halve les uren en koppel een van de gelopen grafieken aan uitleg of een voorbeeldopgave. De werkvorm is interactief, dus zorg dat teams zo zitten dat ze kunnen overleggen. Leerlingen zien in dat deze activiteit leerzaam is om de steilheid en oppervlakte van grafieken beter te begrijpen en dat het, ondanks het competitie-element, niet erg is om fouten te maken. Veel leerlingen geven aan het competitie-element wel te waarderen, zolang vooraf maar duidelijk wordt afgesproken wanneer een gelopen grafiek goed is.

### Modelleer-kwartet

Voor deze tweede activiteit maakt de docent drietallen. Elk groepje krijgt een envelop met 24 kaartjes: zes  $s,t$ -grafieken, zes  $v,t$ -gra-



Figuur 3. Een compleet kwartet van 3 verschillende grafieken en bijbehorende model

fieken, zes  $a,t$ -grafieken en zes computer-modellen. Hiermee kunnen zes kwartetten worden gemaakt door de juiste grafieken en model bij elkaar te zoeken. Op alle kaartjes staat een letter en elk kwartet geeft een code die makkelijk te controleren is door de docent. Elk juist kwartet levert een punt op, het snelste groepje wint, maar een fout kwartet betekent een strafpunt van 1 minuut. Deze werkvorm kan door leerlingen op verschillende manieren worden aangepakt, maar veel groepjes starten vanuit de  $v,t$ -grafieken. Het gevoel dat de groepjes tegen elkaar spelen zorgt voor samenwerken en goede discussies binnen de groepjes. In de bovenbouw zijn de bewegingen en modellen gebaseerd op CE-opgaven, maar dan zo aangepast dat er in elk model op hetzelfde tijdstip een verandering is. Voor de onderbouw zijn de grafieken en modellen eenvoudiger en kan het kwartetten worden gebruikt aan het einde van het onderwerp 'kracht en bewegen' en als introductie van modelleren.

### Nabespreken

Formules invullen werkt in deze werkvormen niet, maar het gaat hier om het begrijpen van de conceptuele verbanden. Leerlingen hebben vooral moeite met het begrijpen van de helling (afgeleide) en de oppervlakte (integraal) van verschillende grafieken. In deze activiteiten oefenen ze met de inzichten dat:

1. de snelheid de helling is van de plaats-grafiek;
2. de versnelling de helling is van de snelheids-grafiek;
3. de plaats de oppervlakte onder de snelheids-grafiek is;
4. de snelheid de oppervlakte onder de versnellings-grafiek is.

De moeilijkheden in deze werkvormen zijn de kromme grafieken, omdat het lastig is om de helling op een bepaald punt te schatten of om de oppervlakte te schatten en deze tegelijkertijd te koppelen aan de juiste fysische grootheid. Grafieken met een negatieve snelheid of versnelling kunnen verkeerd geïnterpreteerd worden. Zo kunnen leerlingen denken dat negatieve versnelling 'naar achteren bewegen' betekent. Bespreek tussendoor de vorm en steilheid van de kromme lijnen van verschillende grafieken. Belangrijk is dat de docent bovenstaande vier voorbeelden uit het spel en laat zien wat er gebeurt bij negatieve hellingen of grafieken die onder de  $x$ -as komen. De docent kan gebruik maken van een conceptmap om de samenhang extra duidelijk te maken. Een moeilijkheid van het koppelen van grafieken aan de computermodellen is dat de verschillen tussen de modellen subtiel zijn. Bij het modelleer-kwartet moet ook goed naar de startwaarden worden gekeken. Als leerlingen zelf een model moeten bouwen kost dat vaak veel tijd. In deze werkvorm gaat het om het (snel) begrijpen van de modellen en het inzien welke grafieken een model produceert. Leerlingen willen de opdracht graag goed doen, het winnen wordt bijzaak. Als mijn moestuin het goed doet dan krijgen de leerlingen van het winnende team een courgette of pompoen en krijg ik een week later terug dat hun moeder er blij mee was.

Lesmateriaal is te downloaden bij dit artikel via de NVON-website. Veel plezier in de klas! ●