

Modeldidactiek: een effectieve docent-gestuurde aanpak voor de bètavakken

“Maar mijnheer, als een auto naar rechts beweegt dan moet er toch ook een kracht naar rechts werken?” Leerlingen vallen in de natuurkundeles steeds terug in oude denkpatronen. Met Modeldidactiek, een docentgestuurde aanpak voor de bètavakken, blijkt het wel degelijk mogelijk dit soort hardnekkige ideeën bij leerlingen te veranderen. Dat levert bovendien ook nog interessante en boeiende lessen op.

Denken in modellen

Het verklaren en voorspellen van de wereld om ons heen doen we via modellen, vereenvoudigde representaties van de werkelijkheid. Sommige modellen zitten in ons hoofd: mentale modellen. Voor communicatie over die modellen en de relatie met verschijnselen gebruiken we representaties. Denk aan schaalmodellen, schema's, diagrammen, formules en teksten. Al van jongs af aan ontwikkelen we door onze ervaringen mentale modellen van de wereld om ons heen, en die stellen ons in staat om te gooien, vangen, autorijden en te praten over verschijnselen. Bij modeldidactiek onderzoeken leerlingen verschijnselen en de modellen om die te verklaren en voorspellen. Leerlingen voeren in groepjes metingen uit. Ze noteren de resultaten en verklarin-

gen op whiteboards en proberen een wiskundig model (formule) te maken dat past bij de resultaten. Vervolgens gebruiken ze hun ontwikkelde model voor het doen van voorspellingen.

Hiermee oefenen ze met een wetenschappelijke aanpak terwijl ze inzicht in de concepten van het vakgebied ontwikkelen.

Alternatieve modellen

In de natuurkundeles lopen leerlingen ertegenaan dat hun mentale modellen op bepaalde punten verschillen van de geaccepteerde fysische modellen. In de literatuur wordt dit wel een 'misconcept' genoemd oftewel een 'fout idee', maar dat doet het probleem geen recht. In dat geval zou een eenvoudige uitleg moeten volstaan om het idee te corrigeren. Hoe schokkend het idee ook is, je hoeft een kind niet

twee keer te vertellen dat Sinterklaas niet bestaat. Waarom is het idee dat voorwerpen bewegen in de richting van de kracht op het voorwerp dan zo hardnekkig?

Een betere term voor misconcepten is 'alternatieve modellen'. Zulke modellen 'werken' namelijk in het dagelijks leven vaak goed. Met 'werken' bedoelen we dat je er voorspellingen mee kunt doen die in veel situaties kloppen, waarmee het model wordt bevestigd. Hierdoor zijn zulk soort alternatieve modellen erg hardnekkig, en het is dan ook een vraag voor natuurkundeleraars hoe ze hier effectief mee om kunnen gaan. Het traditionele onderwijs slaagt daar vaak niet goed in. Met een beetje geluk gaan leerlingen wel goede antwoorden op de toetsen geven, maar als je doorvraagt naar de samenhang tussen

hun dagelijkse ervaringen en dat wat ze op school leren, dan blijkt de verwarring. Een goed voorbeeld hiervan is het idee dat veel mensen hebben over valbewegingen. In een video van Veritasium [1] worden mensen gevraagd om te voorspellen of een voetbal of zware basketbal het eerst de grond zou raken. Hoewel veel mensen wel wisten dat beide ballen tegelijk de grond raakten, concludeerden ze daaruit dat de zwaartekracht op beide ballen hetzelfde moest zijn. Het mentale model hierachter (hoe groter de kracht op een voorwerp, hoe groter zijn snelheid) is iets waarvan je in het dagelijks leven regelmatig voorbeelden ziet. Als je op de fiets vooruit wil komen moet je immers trappen. Stop je daarmee, dan kom je tot stilstand. Hoewel het model geen goede voorspellingen oplevert in situaties zonder wrijving, stelt het je wel in staat om veel situaties in het dagelijks leven correct te voorspellen. Pas in de natuurkundeles word je geconfronteerd met situaties waarin dat niet zo is. Dit voorbeeld laat zien waarom alternatieve modellen in het natuurkunde-onderwijs zo hardnekkig zijn. Tegen de tijd dat leerlingen voor het eerst natuurkunde krijgen zijn ze dertien. Wij moeten de leerlingen overtuigen dat hun mentale model, dat dertien jaar lang uitstekend voor hen gewerkt heeft, onjuist is. Logisch dat een uitleg en een proefje lang niet voldoende zijn!

Onderzoek naar alternatieve modellen

David Hestenes [2] beschreef in 2006 de oorsprong van het probleem. Zijn artikel is een fascinerende combinatie van kennis uit de linguïstiek, hersenwetenschap, psychologie, filosofie en natuurkunde. Al in de jaren tachtig van de vorige eeuw testten Ibrahim Halloun en David Hestenes [3] het krachtbegrip van vier verschillende groepen van in totaal 1500 studenten (achttien jaar en ouder) voor en na instructie. Niet alleen haalden alle studenten lage cijfers, ook de manier van instructie leek weinig uit te maken. Of ze nou wiskundige afleidingen of demonstratieproeven hadden gezien of met opgaven hadden geoefend of gewoon het boek hadden gevolgd, het gemiddelde krachtbegrip was voor alle groepen gelijk en onvoldoende.

Hoe kun je mentale modellen veranderen

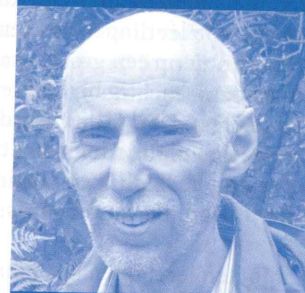
Modeldidactiek is de Nederlandse versie van het Amerikaanse *modeling instruction*, ontwikkeld door Malcolm Wells, David Hestenes en Gregg Swackhamer [4]. Modeling instruction is ontwikkeld om blijvende veranderingen te kunnen aanbrengen in de mentale modellen van leerlingen. Bij de eerste les van een nieuw onderwerp introduceert de docent een experiment. Het experiment moet eenvoudig zijn en goede uitkomsten opleveren. Een goed voorbeeld hiervan is een experiment met de hoverbal. Dit is een soort hovercraft in de vorm van een voetbal die redelijk wrijvingsloos over een gladde vloer kan bewegen. De docent demonstreert hoe de hoverbal beweegt als je die laat bewegen met of zonder de ventilator aan en als je die wel of juist niet voorttrekt aan een touwtje. De leerlingen maken als eerste een representatie van iedere beweging in de vorm van een geschetste v, t -grafiek. Doel van de les is de bewegingen van de hoverbal te verklaren met een krachtenmodel. Hierbij wordt kracht gedefinieerd als een interactie tussen twee voorwerpen. Op dit punt in de lessenserie weten leerlingen dat er verschillende soorten krachten zijn en hoe die worden genoemd, maar weten ze nog niet precies wat het effect van een kracht is op beweging. Om dit krachtenmodel op te bouwen tekenen de leerlingen hierna voor iedere beweging een systeemschema. Voorwerpen in de ruimte worden in dit schema gerepresenteerd als cirkels, interacties als lijntjes tussen de cirkels en een stippellijn geeft de grens aan van het systeem waarin we zijn geïnteresseerd (de hoverbal). Alleen lijntjes die deze stippellijn passeren kunnen krachten beschrijven die op dit moment op de hoverbal werken. De volgende stap is het tekenen van een krachtendiagram. Hierbij wordt het voorwerp (de hoverbal) gemodelleerd als een punt. Krachten worden (kwalitatief) aangegeven met een vector met label. Krachten die gelijk aan elkaar zijn worden aangegeven met een streepje door de vector. Een kernelement van de didactiek is



Onne Slooten is natuurkundedocent op Het Amsterdams Lyceum en kartrekker van het project Modeldidactiek. oslooten@amsterdams.com



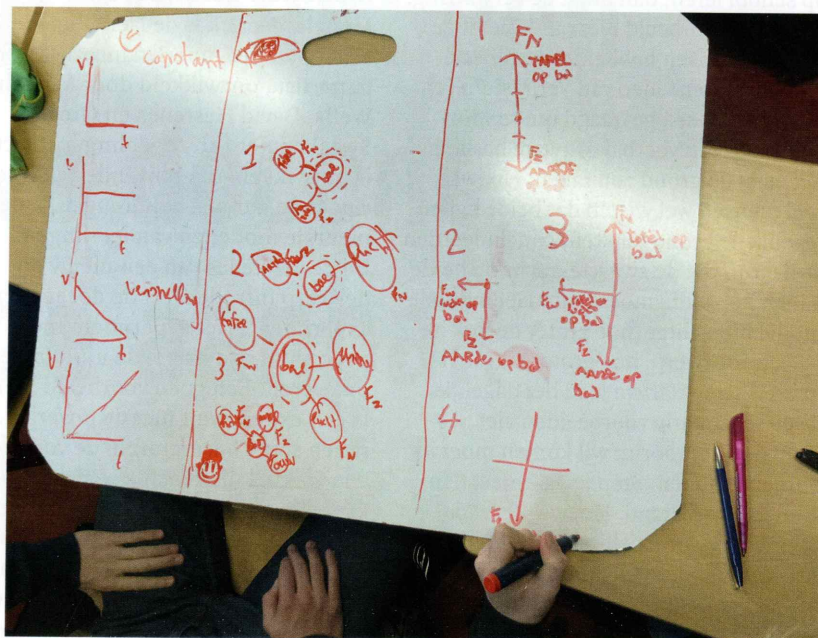
Liliane Bouma is voormalig docent natuurkunde en zelfstandig adviseur en procesbegeleider in het onderwijs. Zij is de projectmanager van het modeldidactiekproject.



Ed van den Berg is gepensioneerd lector en vakdidacticus natuurkunde. Hij is nog actief betrokken bij het ontwikkelen van modeldidactieklesmateriaal en de inhoud van de nascholingen.



Figuur 1. De hoverbal.



Figuur 2. Een whiteboard van leerlingen met links v,t -grafieken, in het midden de systeemschema's en rechts de krachtendiagrammen.

dat leerlingen met elkaar spreken over hoe de opdracht moet worden uitgevoerd. Spreken is immers een belangrijke manier om je eigen mentale modellen expliciet te maken. De leerlingen voeren hun opdrachten uit in groepjes van drie of vier leerlingen. Hierdoor is de drempel voor leerlingen om mee te discussiëren veel kleiner dan in een klassengesprek. De leerlingen werken hun opdracht uit op een groot, draagbaar whiteboard (tachtig bij honderd centimeter). Deze whiteboards zijn essentiële hulpmiddelen om discussie tussen de leerlingen te stimuleren [5]. Door de whiteboards:

- Moeten leerlingen het eens worden over wat er op het bord moet.
- Kan een fout makkelijk worden gewist.
- Kan de docent in één oogopslag zien bij welke groepjes het goed gaat en waar hulp nodig is.

Na het werken in kleine groepjes wordt de opdracht besproken in een grote kring. Deze opstelling

blijkt een positief effect te hebben op de bereidheid van leerlingen om mee te discussiëren. Doel van de bespreking is dat de leerlingen tot consensus komen over wat de juiste uitwerking is. Juist bij een opdracht als deze zul je zien dat veel leerlingen mentale modellen hebben die niet consistent zijn. Er zullen bijvoorbeeld leerlingen zijn die een kracht hebben getekend in de richting van de beweging, in het geval dat de hoverbal juist afremt, doordat de ventilator uit staat (bijvoorbeeld de oorspronkelijke kracht van een hand), die volgens hen doorwerkt zolang de hoverbal nog beweegt. Deze kracht staat dan vaak niet in hun systeemschema. Hiermee wordt gelijk het doel van het systeemschema duidelijk: leerlingen worden geconfronteerd met een inconsistent model. Voor de docent is het belangrijk er van tevoren op toe te zien dat in ieder geval een paar borden een antwoord laten zien dat klopt met het beoogde model. Vaak gebeurt dit wel vanzelf. Zo niet, dan kan de docent een of twee groepen tijdens

het maken van het bord al wijzen op de inconsistentie, waardoor ze hun uitwerking kunnen verbeteren. Tijdens het klassengesprek zullen docent en leerlingen elkaar bevragen, net zo lang tot ze het eens zijn over welke uitwerking consistent is met zichzelf.

De autoriteit van de docent kan hierbij in de weg zitten. Als een docent beweert dat er voor eenparige beweging geen kracht nodig is, dan zal geen leerling daaraan twijfelen (en zeker niet als de docent er aan toevoegt dat ze daar volgende week een toets over krijgen). Je zou dus kunnen zeggen dat hiermee het leerdoel van de docent ook is bereikt in heel wat kortere tijd. Het probleem is dat iemands mentale model pas verandert als hij of zij zelf de conclusie trekt dat het model niet nauwkeurig genoeg is of niet klopt. Als daarvan geen sprake is, blijft het oude mentale model bestaan. Als een medeleerling op basis van de uitwerking concludeert dat er voor een constante snelheid geen kracht nodig is, dan zal dat idee met



Figuur 3. Docenten van de Professionele Leergemeenschap (PLG) bespreken hun uitwerking van een practicum.

iets meer scepsis worden ontvangen door de rest, tenzij het bewijs hiervoor overtuigend is. De andere leerlingen kunnen alleen overtuigd raken als ze zelf goed nadenken over wat ze zien en horen van de andere groepen. Zo emuleren de leerlingen het wetenschappelijk proces en denken ze zelf op een dieper niveau na over de natuurkunde. De kans dat hun mentale modellen hierdoor blijvend worden gewijzigd is vele malen groter.

Niet alleen practicumlessen kunnen op deze manier worden gegeven. Ook bij het maken van opgaven is het heel zinvol om whiteboards te gebruiken. Ook nu moeten leerlingen met elkaar in gesprek over de juiste oplossing en moeten ze elkaar zien te overtuigen van hun gelijk. Om te voorkomen dat opgedane kennis verdwijnt is het raadzaam om de leerlingen een logboek bij te laten houden.

Het project Modeldidactiek

Om docenten te ondersteunen bij het lesgeven met modeldidactiek

zijn we een Professionele Leergemeenschap (PLG) gestart. Deze wordt georganiseerd door het netwerk van Bètapartners en de NVON en gefinancierd via Impuls Open Leermateriaal. De PLG is een groep van enthousiaste docenten die nieuwe modeldidactiekactiviteiten uitproberen in hun eigen lessen. Hiervan worden docentenhandleidingen gemaakt die worden gepubliceerd op Wikiwijs [6]. Via deze pagina is het ook mogelijk om je in te schrijven voor onze nieuwsbrief, waarop al onze activiteiten worden aangekondigd. De docenten van de PLG komen een paar keer per jaar bijeen om ervaringen uit te wisselen en nieuwe lessen te bespreken en uit te proberen.

Modeldidactiek is ook zeer geschikt voor het hoger onderwijs, onder andere de lerarenopleiding, als middel om goed vakbegrip en didactische vaardigheden op te bouwen bij toekomstige docenten. Voor de toekomst van het project willen we daarom graag samenwerken met lerarenopleiders om het gebruik van modeldidac-

tiek op de lerarenopleiding te introduceren. Ook zouden wij het project graag uitbreiden naar docenten biologie en scheikunde. Ook voor deze vakken is op de site van de American Modeling Teachers Association [7] veel materiaal beschikbaar dat vertaald en aangepast zou kunnen worden. Verder zouden wij graag samenwerken met vakdidactici om de impact van modeldidactiek op onze leerlingen te meten. Tot slot zijn wij altijd op zoek naar financiering om docenten blijvende ondersteuning te kunnen bieden bij het implementeren van deze mooie didactiek.

REFERENTIES

- 1 www.youtube.com/watch?v=_mCC-68LyZM.
- 2 D. Hestenes, Notes for a Modeling Theory, Proceedings of the 2006 GIREP Conference, 34-65 (2006).
- 3 I. A. Halloun en D. Hestenes, The initial knowledge state of college physics students, American Journal of Physics **53**, 11 (1985).
- 4 M. Wells en D. Hestenes, A modelling method for high school physics instruction, American Journal of Physics **65**, 7 (1995).
- 5 O. Slooten, Werken met whiteboards, NVOX **7**, 350-351 (2019).
- 6 <https://maken.wikiwijs.nl/203809/Modeldidactiek>.
- 7 www.modelinginstruction.org.