

Boekbespreking

Ideas of force: A study of the understanding of the concept of 'force' of secondary school students in Zimbabwe

J. Kuiper

Vrije Universiteit, Amsterdam, 1991

Dissertatie, pp. 213

Kuiper gaat in zijn promotieonderzoek uit van een constructivistische visie: "new knowledge is constructed in an active way by persons through the interpretation of information with the help of already acquired knowledge" (p.2). Daarom is het "noodzakelijk dat leraren de ideeën van hun leerlingen onderkennen zodat deze ideeën veranderd en ontwikkeld kunnen worden in de richting van het correcte school-begrip" (p.187).

De keuze van Zimbabwe houdt verband met de betrokkenheid van de Vrije Universiteit bij onderwijsprojecten in zuidelijk Afrika (exclusief Zuid-Afrika). Het veldwerk van Kuiper besloeg drie perioden van twee maanden, waarin hij gegevens verzamelde over denkbeelden van leerlingen en over de wijze waarop 'science' in het voortgezet onderwijs wordt gegeven. Dit onderwijs is op Engelse leest geschoeid en de voertaal is Engels.

De keuze van het begrip kracht als onderzoeksthema biedt de mogelijkheid aan te sluiten bij tal van andere studies. Kuiper ontleent daaraan o.a. een aantal probleemsituaties om aan leerlingen voor te leggen, maar hij wil in driërlei opzicht ook iets nieuws bijdragen:

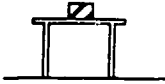
- door zijn onderzoek te betrekken op leerlingen uit alle klassen van het voortgezet onderwijs wil hij correlaties vaststellen tussen denkbeelden van leerlingen en variabelen als leeftijd en hoeveelheid ontvangen onderwijs;
- door vragen te stellen over verschillende typen situaties wil hij nagaan of bij de leerlingen 'alternative frameworks' voorkomen, in de zin van logisch samenhangende denkpatronen die afwijken van het natuurkundig correcte 'framework';
- door de situering in Zimbabwe wil hij nagaan of er verschillen optreden tussen de begripsontwikkeling van leerlingen daar en in westerse landen.

Toetsvragen en toetsresultaten

Het voornaamste instrument in dit onderzoek was een schriftelijke toets van 26 vragen, afgenomen aan 876 leerlingen in Zimbabwe (op acht scholen), 266 in Nederland (twee scholen) en aan enkele relatief kleine groepen in Botswana,

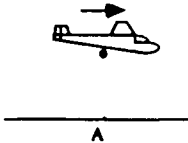
Lesotho en Swaziland. Een tweede toets, verbeterde versie van de eerste, is op veel kleinere schaal gebruikt: 143 leerlingen van één school in Zimbabwe.

De vragen in de eerste toets betreffen situaties van vier typen: 'Rest Situations', 'Moving Systems', 'Friction' en 'Launched Objects'. Ter verduidelijking van wat volgt geef ik van elk type één vraag verkort weer, met enkele scores (876 leerlingen in Zimbabwe, klas 2 t.m. 6).



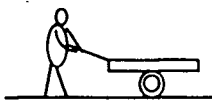
Eerste voorbeeld: een blok hout ligt op een tafel; gevraagd wordt naar de krachten. De antwoorden van de leerlingen vallen voornamelijk in drie categorieën: er werkt geen kracht (26%); alleen zwaartekracht (26%); zowel zwaartekracht als een kracht uitgeoefend door de tafel (34%).

Kuiper classificeert deze antwoorden als Intuitive, Intermediate en Correct, afgekort INT, MED en COR.



Tweede voorbeeld: uit een vliegtuig wordt een metalen kogel losgelaten boven punt A; gevraagd wordt te schetsen en te verklaren hoe de kogel verder beweegt, van de grond af gezien. Hier 'ziet' 42% een beweging recht omlaag; 16% een beweging achterwaarts en 30% een beweging voorwaarts.

Kuiper classificeert, na enige discussie, het eerste antwoord als INT en het tweede als MED. Bij het tweede antwoord kan gedacht zijn aan luchtweerstand die de kogel vertraagt t.o.v. het vliegtuig. Een ander argument is dat het eerstgenoemde antwoord vooral in de lagere klassen wordt gegeven.



Derde voorbeeld: een man duwt een kar met constante snelheid voort; de vraag betreft "the force which the man uses" en de wrijvingskracht. Volgens 68% is de eerste kracht groter; 19% geeft het correcte antwoord dat de krachten even groot zijn.

Kuiper constateert dat zijn driedeling hier niet toepasbaar is, omdat er maar één soort incorrect denkbeeld naar voren komt, als gevolg van de formulering van de vraag. Dat geldt ook voor de andere vragen van het type 'Friction'.



Vierde voorbeeld: een man gooit een bal op en die bal is bezig omhoog te bewegen; gevraagd wordt een of meer pijlen te tekenen, met een naam erbij, om de kracht(en) aan te geven.

Kuiper's gewenste driedeling levert hier geen moeilijkheden op. Kenmerkend voor INT is dat de leerlingen (25%) alleen een omhoog gerichte 'kracht van de man' zien. Kenmerkend voor MED (46%) is dat zij ook de zwaartekracht aangeven en voor COR (22%) dat zij alléén de zwaartekracht noemen, of eventueel ook de luchtweerstand.

Factoren, clusters en 'frameworks'

Opmerkelijk is de wijze waarop Kuiper de resultaten van de toets verder verwerkt. Eerst past hij factoranalyse toe om sterkere samenhang te krijgen in de resultaten per probleemtype. Dit leidt ertoe dat uit de oorspronkelijke lijst van 26 vragen slechts 9 'focus questions' overblijven: twee over 'Rest Situations', vier over 'Moving systems' en drie over 'Launched Objects'.

Vervolgens worden de leerlingen via een clusteranalyse ingedeeld in groepen, op basis van de meest voorkomende soort of soorten antwoorden. De negen clusters worden aangeduid als COR (11% van alle leerlingen), MED (10%), INT (21%), COR/MED (15%), MED/INT (15%), COR/INT (8%) en COR/MED/INT (20%). De eerstgenoemde drie clusters zijn 'zuiver' in die zin dat één type antwoord domineert; in de cluster MED bijvoorbeeld zijn de antwoorden voor 68% intermediair, naast 16% correct en 11% intuïtief.

De cluster MED krijgt speciale aandacht met het oog op de kwestie van 'alternative frameworks'. Kuiper ziet in de als MED geclassificeerde antwoorden geen "meaningful set of new ideas for the meaning of force which could be meaningful from a physicist's point of view" (p.60). Hij stelt echter niet de didactisch belangrijke vraag of deze denkbeelden voor de leerlingen zelf een 'meaningful set' vormen en of een 'framework' niet kan bestaan uit een combinatie van intermediaire en correcte denkbeelden. Het correcte antwoord bij de situatie 'een blok op een tafel' kan heel goed samengaan met het denkbeeld dat bij de situatie 'voortgeduwde kar' de krachten ongelijk zijn. Dat lijkt zelfs logisch: bij rust is de resulterende kracht nul, *dus* bij beweging is ze niet nul.

De invloed van het onderwijs

'Amount of science instruction received', afgekort ASIR, blijkt het grootste deel van de variantie in de scores te verklaren, veel meer dan de leerlingkenmerken, sexe of afkomstig van stad-platteland. Kuiper illustreert dit met een reeks figuren waarin scores op bepaalde probleemttypen of scores van bepaalde groepen leerlingen zijn uitgezet tegen ASIR. Zoals te verwachten was neemt het aantal correcte antwoorden gestadig toe met ASIR, evenals de bezetting van de cluster COR, terwijl het aandeel van INT afneemt.

Een interessante uitzondering doet zich voor bij de vraag over de voortgeduwde kar en andere vragen van het type 'Friction', waar ASIR nauwelijks invloed blijkt te hebben. "Friction is apparently a very difficult concept" concludeert Kuiper (p.78), maar dat lijkt mij geen voldoende verklaring. In gesprekken over dit soort situaties zeggen leerlingen vaak dat de ene kracht de andere *overwint* en dus groter moet zijn. Kuiper signaleert dit trouwens zelf ook in zijn interviews (p.100). In Kuiper's termen zou ik het een intermediair denkbeeld noemen, voorafgegaan door het intuïtieve denkbeeld dat de kar, en eventueel het wegdek ook, zich verzet tegen beweging.

Kuiper constateert dat de leerlingen in Zimbabwe veel meer intuïtieve denkbeelden vertonen en veel minder correcte denkbeelden dan de leerlingen in zijn Nederlandse steekproef. Dat kan liggen aan de geringere plaats die het begrip kracht ginds in de leerplannen en leerboeken inneemt, aan de ongunstiger omstandigheden (grotere klassen, minder goed opgeleide leraren, minder hulpmiddelen) en aan de lesstijl. Met behulp van het 'Science Teaching Observation Schedule' (Eggleston e.a.) stelt Kuiper vast dat de lesstijl van de science-leraren op de bezochte scholen overwegend bestaat uit vertellen van feiten en principes die de leerlingen passief tot zich nemen. Zelf heeft hij geëxperimenteerd met een meer constructivistische aanpak, in interviewsituaties met een of twee leerlingen, uitgaande van demonstraties. In die situaties bleek met de leerlingen in Zimbabwe heel goed te praten over hun denkbeelden en argumenten.

Het begrip 'kracht'

Kuiper heeft geen aanwijzingen gevonden dat bij de leerlingen in Zimbabwe andersoortige denkbeelden over kracht voorkomen dan bij die in Nederland. De weergave van zijn gesprekken met leerlingen is leerzame lectuur; hier blijkt weer duidelijk hoeveel moeite de ontwikkeling van het natuurkundige begrip vereist. Vooral hun 'impetus idea', het denkbeeld dat een weggeworpen voorwerp een kracht meekrijgt, blijkt heel moeilijk te veranderen. Kuiper probeert in zijn gesprekken duidelijk te maken dat die impetuskracht niet bestaat, maar ervaart het als een erg abstract probleem, want "to measure the non-existence of this force while the object is moving is very difficult" (p.128). Daarmee laat hij twee aspecten van het probleem onderbelicht, die ik kort zal aanduiden.

In de eerste plaats: ook natuurkundig gezien heeft een omhoog gegooide bal iets 'meegekregen'. Hij heeft impuls; hij heeft kinetische energie (door vroegere natuurkundigen 'levende kracht' genoemd) - maar kracht heeft hij niet. Wij kunnen ons zo genuanceerd uitdrukken, omdat wij op school geleerd hebben het globale begrip 'kracht' uit het dagelijks leven te differentiëren tot aparte natuurkundige begrippen: kracht, arbeid, vermogen, stoot, impuls, kinetische energie, potentiële energie. Leerlingen die nog aan het begin staan van dit proces zijn aangewezen op het woord kracht om aan te geven dat de bal 'iets' heeft meegekregen. Zij gebruiken ook wel het woord 'energie', maar soms is dat alleen maar een modern synoniem voor het oude, globale begrip 'kracht'.

In de tweede plaats is het van belang te vragen waar de oorspronkelijke denkbeelden van de leerlingen vandaan komen en waar die denkbeelden hun sterkte aan ontleen. Speciaal de ervaring met het voortduwen en trekken van voorwerpen - een tafel verschuiven, een auto aanduwen e.d. - lijkt me fundamenteel voor het idee dat iedere beweging een kracht in de bewegingsrich-

ting vereist. Die alledaagse ervaring moeten we dus in ons onderwijs betrekken als we constructivistisch willen werken.

Tot slot: in het korte bestek van een boekbespreking moet ik veel onvermeld laten wat tot nadenken en discussie stimuleert. Wie met soortgelijk onderzoek bezig is doet er goed aan nader kennis te nemen van het werk van Kuiper.

D. van Genderen
Vakgroep Natuurkunde Didactiek
Rijksuniversiteit Utrecht.