

**Voldoet een experiment waarmee een leerling het effect van cola op planten wilde onderzoeken aan de 'wetenschappelijke methode'? Een wetenschapsfilosofische reflectie.**

# Er is geen methode! Leve de colaproef!

Pleidooi voor realistisch leerlingenonderzoek

Michiel van Eijck

*If we knew what it was we were doing, it would not be called research, would it?*

- Albert Einstein

Het schooljaar was net begonnen. We werkten uit *Biologie voor Jou* in een van de eerste lessen in de eerste klas. De leerlingen moesten een onderzoek doen naar het effect van droogte op het overleven van planten. Natuurlijk wisten alle leerlingen dat een plant dood gaat zonder water. Maar we gebruikten de 'wetenschappelijke methode': we namen twee takjes van een plant en zetten de een in een buisje met water en de ander in een buisje zonder water. De leerlingen accepteerden dit, ook al wisten ze allang wat er ging gebeuren. Dit was namelijk biologisch onderzoek, waarbij we de 'wetenschappelijke methode' volgden.

Na afloop van de praktische handelingen was er nog één leerling druk bezig aan de practicumtafel. Hij vulde een reageerbuisje met cola en zette daar een stekje in. Ik vroeg hem wat hij aan het doen was. "Ik ga kijken wat cola met een plant doet." Op mijn vraag wat daarbij de hypothese was en of hij een controleproef had, keek hij me enigszins verstoord aan. Ik zag hem bijna denken: "Controleproef, hypothese, wat is dat?" Ik probeerde hem toen duidelijk te maken dat zijn colaproef zinloos was zonder hypothese en controleproef; iets dat hij had als het goed was had geleerd in deze les. Hij was duidelijk teleurgesteld in mijn preek.

Het zat me toen al niet lekker dat ik die leerling heb gevraagd naar de hypothese en de controleproef. Ik heb er ook vandaag de dag nog spijt van dat ik dat onzinnige experiment in een van de eerste lessen van de eerste klas deed. Hoe kun je meer enthousiasme om zeep helpen? Maar ik gaf nog niet zo lang les en dan is houvast wel prettig. En wat biedt meer houvast dan *Biologie voor Jou*?<sup>1</sup>

Tijdens het lezen van de laatste nummers van *Niche* moest ik terugdenken aan dit voorval. Er is namelijk een discussie losgebarsten over 'biologisch onder-

zoek', 'de wetenschappelijke methode' en de rol van een 'hypothese'. Ik wil hieraan bijdragen. Ik wil namelijk dat leerlingen het effect van cola op planten kunnen onderzoeken, zonder dat ze hun creativiteit en hun enthousiasme voor biologisch onderzoek verliezen. Daartoe heb ik me eerst verdiept in 'de wetenschappelijke methode'. Wat is dat eigenlijk? En hoe zou je dat kunnen onderwijzen?

## Er is geen methode!

In 'de wetenschappelijke methode' uit schoolboeken staan 'hypothese' en 'falsificatie' centraal. Het lijkt erop alsof vooral naar de methodologie van Popper is gekeken. Die stelde dat een wetenschappelijke theorie is ontsproten uit de menselijke geest en niet uit de wereld om ons heen. De enige manier om na te gaan of onze opvattingen over de wereld om ons heen juist zijn, is door empirische verificatie. De essentie van deze methodologie bestaat eruit dat we elk mogelijk denkbeeld over die wereld ter discussie stellen. Dit komt enigszins karikaturaal terug in de schoolboeken als een reeks van voorschriften die je moet toepassen om te onderzoeken hoe het 'werkelijk' zit.

Sinds Popper heeft de wetenschapsfilosofie niet stilgezeten. De filosoof Feyerabend uitte directe kritiek op Popper. Hij stelde dat empirische verificatie op zichzelf onvoldoende is om onjuiste denkbeelden te kunnen weerleggen. Het dogmatische karakter van onze denkbeelden legt namelijk beperkingen op aan de manier van onderzoeken. We moeten daarom vrij zijn om absurde denkbeelden en methoden te introduceren, zodat we een nieuw referentiekader creëren. Dat nieuwe referentiekader is noodzakelijk om onze oorspronkelijke denkbeelden te kunnen toetsen. Kort gezegd stelde Feyerabend dat wetenschappelijke doorbraken alleen kunnen worden bereikt door elke voorgeschreven methode of denkwijze op voorhand af te wijzen (*against all method*). Dat is ook ongeveer waar Einstein op doelde met zijn uitspraak die ik bovenaan dit artikel heb aangehaald. Deze kennistheorie wordt soms *anarchistisch* genoemd. Om het creatieve van een dergelijke non-

methode te benadrukken noemde Feyerabend het liever *dadaïstisch*. Feyerabend rekt ongenadig af met het nog steeds alomtegenwoordige idee dat we bij het genereren van een hypothese uit zouden moeten gaan van bestaande theorieën en waarne- mingen.

### Wetenschap als sociaal verschijnsel

De wetenschapsfilosoof Kuhn kwam op vergelijk- bare ideeën uit, maar dan vanuit een sociologisch perspectief. Kuhn liet zien dat wetenschappelijke doorbraken bereikt worden door een heersend denkbeeld, ook wel *paradigma* genoemd, ter discus- sie te stellen. Zo'n paradigma bepaalt eerst lange tijd de methode van wetenschappers. Maar op den duur blijkt het niet meer te werken. Er komen steeds meer anomalieën en het paradigma wordt steeds minder betrouwbaar. Een wetenschappelijke doorbraak bestaat uit een paradigmataverandering. Volgens Kuhn is er dus geen universele methode, maar werken wetenschappers binnen heersende opvattingen.

De wetenschapsfilosoof Bruno Latour<sup>2</sup> heeft de ideeën van Feyerabend en Kuhn empirisch onder- bouwd. Door wetenschappers lange tijd te volgen tijdens hun werk, heeft Latour aangetoond dat wetenschappelijke kennis inderdaad sociaal gecon- strueerd wordt. Grof gezegd is het wetenschaps- bedrijf volgens Latour een politieke strijd om cog- nitieve autoriteit. Wetenschappelijke kennis bestaat dan uit de opvattingen van een cognitieve elite. Een universele wetenschappelijke methode bestaat niet,

noch universele waarheid. Dat betekent overigens niet dat wetenschappelijke kennis onbruikbaar is. Integendeel, wetenschap is een exponent van de samenleving. De wetenschappelijke hiërarchie zorgt ervoor dat kennisconstructies die van belang zijn voor (een deel van) de samenleving, vanzelf komen bovendrijven. En dat vormt dan ons wereldbeeld, onze werkelijkheid. De theorie van Latour is niet helemaal onomstreden. Daarvoor is ze nog te vers. Maar we kunnen er in het wetenschappelijk onder- wijs wel iets van leren<sup>3</sup>.

### Controversen en belangen

Als voor een natuurverschijnsel verschillende tegen- strijdige verklaringen bestaan, spreken we van con- troversen. Wetenschappelijk onderzoek kan zulke controversen beslechten. Volgens Latour kun je wetenschappelijk onderzoek daarom zien als een manier om een ander onze verklaring op te leggen. Maar wetenschappelijk onderzoek is een kostbare zaak. Uitzonderingen daar gelaten, houdt de weten- schap zich alleen bezig met controversen waar *belangen* mee zijn gemoeid. Deze belangen kunnen variëren. Topwetenschappers werken bijvoorbeeld aan mogelijke vaccins om de mensheid te behoeden voor een pandemie. Maar wetenschappelijk onder- zoek kan ook bestaan uit het ontwerpen van een enkele schakeling in een kopieerapparaat. Ook dat dient een belang, zij het minder heroïsch. Dat soort belangen bepaalt de nauwkeurigheid en doortas- tendheid van het onderzoek om de controverses te beslechten. Kortom, wetenschappers dienen zich methodologisch te verantwoorden in het licht van de belangen die met hun onderzoek gemoeid zijn.

Welke belangen zijn er gemoeid met een onderzoek waarbij één plant wel en één plant niet in water wordt gestopt? Geen enkel belang, afgezien van het veronderstelde onderwijsbelang<sup>4</sup>. Elke leerling voelt aan dat het volkomen nutteloos is om zo'n experiment te doen. Er is ook helemaal geen sprake van een controverse – we zijn het er allemaal al over eens dat de planten zonder water het afleggen tegen de planten met water. Geen controverse en geen belangen, dus geen wetenschappelijk onder- zoek: de leerling leert met een dergelijk experiment alleen een karikatuur van wetenschappelijk onder- zoek.

### De wording van feiten

Een ander aspect van de theorie van Latour is het onderscheid tussen *science in the making* en *ready-made science*. Het laatste komen we vooral tegen in schoolboeken. Het zijn feiten die niet meer ter



discussie staan, verheven boven de controverse en ontdaan van de sociale context waarin ze tot stand zijn gekomen. Volgens Latour kunnen we daaruit onmogelijk de methode van onderzoek distilleren. In plaats daarvan moeten we kijken naar het moment dat de controverse nog bestaat en het 'feit', de uitkomst van de controverse, nog geboren moet worden. We moeten dus naar *science in the making* kijken. Latour heeft dit gedaan. En hij heeft aange-toond dat er een lange weg vol sociale hindernissen is tussen het moment van onderzoek op de werk-plaats (laboratorium, ontwerp bureau, etc.), en het moment waarop de controverse is beslecht en de uitkomst van het onderzoek als feit wordt geaccep-teerd. Begrippen als 'hypothese' en 'controleproef' spelen een marginale rol in dit proces. Van groter belang is de gemeenschap waarvan de onderzoeker deel uitmaakt. Er kunnen geldschieters zijn, die de geldkraan dichtdraaien bij gebrek aan hoopvolle resultaten. Er kunnen referenten zijn, die een artikel in een prominent tijdschrift onterecht afwijzen. Na het feitelijk onderzoek in de werkplaats is er dus een heel proces, waarbij vooral sociale factoren bepalen of het premature 'feit' overleeft.

Voor de sociale kanten van *science in the making* is weinig aandacht in het voortgezet onderwijs. Stel dat de leerling uiteindelijk zijn colaproef had uitge-voerd, dan zou een reflectie op de uitkomsten van het experiment door zijn medeleerlingen een uitzon-dering zijn. Nog uitzonderlijker is een beargumen-teerd oordeel van medeleerlingen over het werkplan of tussentijdse resultaten, dat bepalend is voor de verdere opzet van het onderzoek, of, uiteindelijk, het cijfer. De in de wetenschap allesbepalende *peer control* ontbreekt zo goed als volledig in het natuur-wetenschappelijk onderwijs.

### Hoe verder?

Moeten we überhaupt proberen een 'wetenschap-pelijke methode' te onderwijzen? Ik denk van wel, maar niet als een dwingend lijstje vaardigheden dat kan worden afgevinkt. We kunnen beter leerlingen enkele keren op enigszins realistische wijze een onderzoeksproces laten doorlopen, waarbij creati-viteit, belangen en *peer control* een rol spelen. Hoe kunnen we dat dan voor elkaar krijgen?

Een onderzoek van Wolff-Michael Roth toont ons een mogelijke richting. Het beginpunt van dit onder-zoek is een groep kinderen op de middelbare school van Oceanside, een klein stadje in Canada. Samen met geïnteresseerde docenten heeft Roth een open lessenserie ontwikkeld, met als centraal thema een



oproep van milieuactivisten in de lokale kranten. Deze oproep ging over een vervuilende fabriek, die loosde in Henderson Creek, de beek nabij het stadje. De milieuactivisten riepen de bevolking op al het mogelijke bewijs van vervuiling te melden. Naar aanleiding van deze berichten heeft Roth met de docenten samen een onderzoeksgemeenschap van leerlingen gevormd, die op zoek ging naar bewijs. De docenten hadden hierbij een organiserende en ondersteunende rol, waarbij ze bijvoorbeeld methoden onderwezen om vervuilende stoffen in het water en de bodem te kunnen aantonen. Of ze organiseerden conferenties, waarbij leerlingen hun resultaten presenteerden. Het uiteindelijke doel van de lessenserie was een serie rapporten waaruit onomstotelijk zou blijken dat het stroomgebied van Henderson Creek vervuild was door de fabriek. Roth heeft dit hele onderwijsproces vastgelegd en geanalyseerd; daaruit kwamen een aantal interes-sante resultaten naar voren. Leerlingen gingen zich gedragen als echte onderzoekers. Ze bekritiseer-den elkaar constructief, waardoor uiteindelijk de kwaliteit van de onderzoeksresultaten en van de conclusies sterk omhoog gingen. Tijdens discussies wisselden leerlingen allerlei methoden en ideeën uit, die ze vervolgens uitprobeerden in het veld en achteraf weer evalueerden. Juist bij zulke reflecties achteraf speelden de docenten een belangrijke rol. Ze konden met de leerlingen stilstaan bij gangbare methoden en eigenschappen van goed wetenschap-pelijk onderzoek. De moraal van het verhaal is duidelijk: er ontstond een lerende gemeenschap van onderzoekende leerlingen. Leerlingen hadden hierbij het idee dat ze veel relevante dingen leerden (**zie tabel 1**).

**Het gebied rond Henderson Creek.**  
Foto: Wolff-Michael Roth



8

**De leerlingen waren vooral geïnteresseerd in de dieren in vervuild water.**

Foto: Wolff-Michael Roth

### Lessen van Oceanside

Uit het onderzoek van Roth kunnen we twee lessen leren. Ten eerste moet er een sociale druk zijn die het onderzoek ook echt interessant maakt. Het romantische idee dat een onderzoeker zomaar naar buiten loopt en iets gaat onderzoeken dat zijn nieuwsgierigheid wekt, is natuurlijk heel mooi; maar het heeft nauwelijks iets te maken met de

werkelijke praktijk van hedendaags wetenschappelijk onderzoek. Het zou beter zijn als leerlingen ervoeren dat dit onderzoek ook daadwerkelijk van groot belang is voor de samenleving. Dat wordt ze vooral duidelijk als ze onderzoek doen voor het deel van de samenleving dat herkenbaar voor ze is: de lokale gemeenschap waarvan ze deel uitmaken. Het vinden van maatschappelijk relevante controversen, die voor leerlingen herkenbaar en onderzoekbaar zijn, is natuurlijk wél een erg grote uitdaging voor het huidige natuurwetenschappelijk onderwijs.

Een andere manier om het sociale belang van een onderzoek van leerlingen te vergroten zou ook een buitenschoolse presentatie van het onderzoek kunnen zijn, bijvoorbeeld voor familie, kennissen, plaatselijke bestuurders en onderzoekers. In de VS gebeurt dit al in wedstrijdverband, tijdens zogenaamde *science fairs*. Vergelijkbare initiatieven komen hopelijk ook in Nederland van de grond. De toename van prijzen die je kunt verdienen met profielwerkstukken wijst al in die richting.

De tweede les die we kunnen leren heeft te maken met het onderscheid tussen enerzijds het *doen* van onderzoek en anderzijds het *reflecteren op resultaten* van onderzoek. Het uitgangspunt is daarbij dat het doen van onderzoek wordt bijgestuurd door

#### What I Did and Learned:

- Researched three different sites, pollution
- What sites look like (grass, trees)
- Fish population decreased 100 years
- Testing to see which bugs like what water
- Working with university and Institute of Ocean Sciences
- Interviewed the mayor and ocean sciences rep
- Used to be spawning creek for salmon, only one fish found now
- Different places on sites: sandy or grassy or shallow site
- Used D-nets, microscopes, water sampler, buckets, nets
- Measuring speed of creek
- Measuring width of creek
- Testing water temperatures in different places
- Fish survived in cooler water
- Measure overhang
- Measure dissolved oxygen
- Seen what centre of stream was made of
- Riffles get water flowing faster
- Farms use water in spring and summer
- Found dragon flies, sun fish, crayfish, leeches, damsel flies, dragon fly larva
- Mostly found arthropods
- Animals have to be placed in ice overnight; always return them back to the creek

#### Tabel 1

**Een lijst van een leerlinge met activiteiten en dingen die ze geleerd had gedurende een veldwerkdag nabij Oceanside**

Tabel overgenomen van Roth<sup>6</sup>

de resultaten en methoden van uitgevoerd onderzoek. De rol van de docent is dus vooral van belang bij de reflectie over het onderzoek dat leerlingen *hebben gedaan*. In dit onderwijsproces zou je dan kunnen ingaan op karakteristieke elementen van goed wetenschappelijk onderzoek. Daarbij kun je bepaalde zaken een naam geven, zoals hypothese, betrouwbaarheid en validiteit. Maar dit moet vooral niet uitmonden in een karikaturaal keurslijf. Kortom, laat leerlingen nou maar eerst eens spelenderwijs iets onderzoeken, en reflecteer *daarna* op goede en slechte kanten van hun onderzoek.

### Tot slot

Ik denk dat het onderwijzen van wetenschappelijk onderzoek een langdurig proces is, dat al hoort te beginnen in het basisonderwijs. In dit proces moet creativiteit centraal staan. Leerlingen moeten elkaar bovendien kunnen beoordelen, en het gevoel hebben dat hun onderzoek er enigszins toe doet. Overigens wil ik daarmee niet zeggen dat 'belangenloze' onderzoeksactiviteiten, met bijvoorbeeld als doel om verwondering over de natuur op te wekken, of om instrumentele vaardigheden te leren, nutteloos zijn. Maar laten we ons daarbij beperken tot redelijke



doelen, en leerlingen niet meer uit naam van de 'wetenschappelijke methode' lastigvallen met dwingende voorschriften en karikaturale methodieken. Lang leve de colaproef! **n**

**Eén van de plekken waar leerlingen hun onderzoek deden.**

Foto: Wolff-Michael Roth

## Noten

- 1 In de nieuwste druk van *Biologie voor Jou* is het bewuste experiment gelukkig niet meer terug te vinden. Maar de hier geschetste karikatuur van de 'wetenschappelijke methode' is nog wel prominent aanwezig.
- 2 Het belangrijkste werk van Latour is in een prettig leesbare Nederlandse vertaling verschenen: Latour, B., 1988, *Wetenschap in actie. Wetenschappers en technici in de maatschappij*. Amsterdam, Uitgeverij Bert Bakker.
- 3 Dit geldt in het bijzonder voor het schoolvak biologie. Latour heeft namelijk zijn onderzoek vooral onder biologen uitgevoerd.
- 4 Het onderwijsbelang is in deze irrelevant, omdat het geen gevolgen heeft voor de doortastendheid van de onderzoeksmethode. Bovendien is het maar de vraag of de leerling dit onderwijsbelang ook ervaart, en inziet dat de methode gekarikaturiseerd is ten behoeve van het onde rwijs.
- 5 Met deze constatering wil ik niets afdoen aan de huidige producten van onderzoek van leerlingen. Integendeel, gelukkig kunnen vele docenten, ondanks de karikaturale methodieken in schoolboeken, hun leerlingen bewegen tot creatief en doortastend onderzoek.
- 6 Roth, W.M., (in druk), *Learning Science infor the Community*. Keynote lezing, VI Congreso Internacional de la Enseñanza de las Ciencias, 2001, Barcelona, Spanje. Zie [www.educ.uvic.ca/faculty/mroth](http://www.educ.uvic.ca/faculty/mroth) (preprints).