

Proefschrift Gjalt Prins

Teaching and learning of modelling in chemistry education. Authentic practices as contexts for learning

Bespreking door:

Martin Goedhart

Rijksuniversiteit Groningen

Op 9 juni 2010 promoveerde Gjalt Prins aan de Universiteit Utrecht. Uit de titel blijkt dat het modelleren in het scheikundeonderwijs centraal staat in dit onderzoek. Modelleren als leerlingactiviteit is de afgelopen jaren in de belangstelling komen te staan (Savelsbergh et al., n.d.) en de koppeling van dit onderwerp aan authentieke praktijken, die aansluiten bij het idee van onderwijs in een context-conceptbenadering, maakt dat het onderwerp relevant is voor de lopende vernieuwing van het bètaonderwijs. Ook in de wetenschappelijke literatuur is er steeds meer aandacht voor dit onderwerp, omdat erkend wordt dat modelleren in wetenschappelijk onderzoek een centrale activiteit is – vooral bij de bestudering van complexe systemen zoals klimaat of ecosystemen – en het leerlingen inzichten geeft hoe wetenschap werkt. Daarnaast is modelleren een activiteit waarbij computers op een productieve manier ingezet kunnen worden.

Het onderzoek van Gjalt Prins bouwt voort op de lijn die in het Freudenthal Instituut al geruime tijd geleden is ingezet om authentieke praktijken te gebruiken als setting waarbinnen leerlingen hun kennis en kunde ontwikkelen. Het onderzoek richt zich op drie hoofdvragen. Deze luiden als volgt (p. 279):

1. Welke authentieke chemische modelleerpraktijken zijn geschikt voor gebruik als leercontexten in het scheikundeonderwijs in de bovenbouw van het vwo?
2. Hoe ziet een onderwijsleerproces eruit, gebaseerd op het gebruik van een authentieke praktijk als leercontext in het scheikundeonderwijs in de bovenbouw van het vwo, waarin leerlingen leren over de epistemologie van modellen en modelleren, en wat zijn de implicaties daarvan voor het ontwerpraamwerk?
3. Wat is de heuristische waarde van het ontwerpraamwerk voor het structureren van onderwijsleerprocessen met gebruik van authentieke modelleerpraktijken als leercontexten in het scheikundeonderwijs in de bovenbouw van het vwo?

Deze vragen betreffen dus de vorm en de geschiktheid van een onderwijsontwerp (vragen 1 en 2) en de gebruikte werkwijze om het onderwijsontwerp te ontwikkelen (vraag 3).

Het onderzoek is opgezet volgens *design research*, waarbij volgens een bepaalde methode op basis van een probleemstellende benadering een onderwijsontwerp wordt gemaakt dat getest wordt in de klassenpraktijk. Veelal gebruikt men een vooraf opgesteld scenario of hypothetisch leertraject dat de verwachtingen van de ontwerpers vastlegt. Dit

scenario dient voor de onderzoeker als richtlijn om de gebeurtenissen in de klas te interpreteren.

De databronnen bestaan vrijwel geheel uit vastgelegde gesprekken in de klassenpraktijk en de ontwerppraktijk. Daarnaast wordt gebruik gemaakt van aantekeningen van leerlingen, klassenobservaties en in een enkel geval van vragenlijsten. De data zijn dus grotendeels kwalitatief van aard.

Het eerste hoofdstuk beschrijft de zoektocht naar geschikte authentieke modelleerpraktijken. Daartoe worden criteria geformuleerd die leidend moeten zijn bij de selectie van geschikte praktijken. Deze komen erop neer dat de praktijk de belangstelling van leerlingen moet hebben, dat ze zich eigenaar voelen van een gepresenteerd probleem, dat de gekozen modelleeractiviteit exemplarisch moet zijn voor modelleerprocessen in meer algemene zin, dat leerlingen enigszins bekend moeten zijn met het onderwerp, dat de complexiteit geschikt moet zijn en als extra voorwaarde dat er practicum bij gedaan kan worden. Een eerste selectie levert drie onderwerpen op, waarvan na nadere inspectie en overleg met experts 'drinkwaterbehandeling' en 'blootstelling aan stoffen' het meest geschikt lijken. De modellen binnen deze praktijken zijn mathematische modellen. Bij 'drinkwaterbehandeling' gaat het om de troebelheid van water na behandeling met een coagulant met als variabelen de hoeveelheid van de toegevoegde coagulant, de pH, temperatuur, zoutconcentratie en oorspronkelijke troebelheid. Bij 'blootstelling aan stoffen' gaat het om de opname in het lichaam van een op de huid aangebrachte stof als functie van oppervlakte, eigenschappen van de stof, en dergelijke.

Deze twee praktijken worden in een verkennend onderzoek voorgelegd aan groepjes leerlingen. Op basis van een mondelinge groepsevaluatie en vragenlijsten concludeert de onderzoeker dat de leerlingen positief waren over de onderwerpen en de modelleeractiviteiten, maar dat de leerlingen moeite hadden met de wiskundige kant van de modellen en met het testen en evalueren van de modellen.

In een volgend hoofdstuk beschrijft de onderzoeker het ontwerpproces van een module over drinkwaterbehandeling. Bij het ontwerpen wordt een heuristiek gebruikt die wordt aangeduid als ontwerpraamwerk. Daarbij wordt een drietal ontwerpprincipes gehanteerd die de context, de inhoud van het modelleren en de keten van onderwijsleeractiviteiten betreffen. Het onderwijsontwerp is in een team van zes docenten en drie onderzoekers gemaakt. Het ontwerpproces is nauwlettend gevolgd en geanalyseerd. De ontwerpprincipes worden door het ontwerpteam uitgewerkt tot ingewikkelde 'geconceptualiseerde schema's', waarin strategiecomponenten, (verwachte) didactische effecten en argumenten staan genoemd. De strategiecomponenten kunnen beschouwd worden als ontwerpbeslissingen, de didactische effecten geven aan welke effecten deze ontwerpbeslissingen beogen en de argumenten geven aan waarom de strategiecomponenten de beoogde effecten zullen hebben. Het resultaat van het ontwerpproces is dat voor vijf vooraf gekozen onderwijsfasen er onderwijsfuncties worden genoemd, en dat de drie ontwerpprinci-

pes worden uitgewerkt in strategiecomponenten, beoogde didactische effecten en argumenten. De hoofdconclusie van dit deel van het onderzoek is dat

‘the procedure functioned well. The participating chemistry teachers were confident with the procedure. The role of the teachers was clear at all stages’ (p. 118).

In het volgend deel van het proefschrift wordt het onderwijsontwerp ‘drinkwaterbehandeling’ getoetst in de 4-vwo-klassen op zes scholen, waarvan er bij twee een gedetailleerd onderzoek plaatsvindt. Leerlingen slagen er goed in het model over troebelheid uit te werken in tegenstelling tot het eerdere pilotonderzoek. Sommige onderdelen lukken minder goed, zoals het opstellen van een advies over een modelleerprocedure bij een soortgelijk probleem of de evaluatie van het gevonden model in het licht van het oorspronkelijke probleem. Het onderzoek leidt tot een aanpassing van de geconceptualiseerde schema’s van de drie ontwerpprincipes en het ontwerpraamwerk. Hoewel Prins de beperkte context noemt waarin het ontwerpraamwerk is getest, wijst hij op een mogelijk breder gebruik:

‘The design framework offers a valuable contribution to a knowledge base about designing context-based curricula.’ (p. 160).

Authentieke wetenschappelijke praktijken zijn uitermate geschikt om leerlingen kennis te laten maken met de wijze waarop wetenschap werkt. Daarom wordt gekeken naar veranderingen in de epistemologische visies van leerlingen over modelleren en de rol van modellen in wetenschap gedurende de uitvoering van het onderwijsontwerp. In dit onderzoek gaat het dan onder andere om de vraag of leerlingen de variabelen weten te noemen of ze de goede metingen uitvoeren en dat uitzetten in scatterplots, maar ook in hoeverre ze binnen de modelleerpraktijk begrippen als validiteit en betrouwbaarheid gebruiken. De ervaringen zijn wisselend. Sommige uitspraken duiden op de ontwikkeling van epistemologische visies door leerlingen, terwijl op andere momenten het onderwijsontwerp niet geschikt is om die visies te ontwikkelen. In de conclusies van dit hoofdstuk wordt de nadruk gelegd op de aanpassing van ontwerpprincipes bij het ontwikkelen van de epistemologische visies van leerlingen over modellen en modelleren.

Ook de andere geschikt bevonden praktijk ‘blootstelling aan stoffen’ wordt nader uitgewerkt door een ontwerpteam, bestaande uit dezelfde zes leraren en dit keer één onderzoeker. Opnieuw wordt het ontwerpraamwerk als heuristiek gebruikt. Er wordt geen volledig onderwijsontwerp gemaakt maar de authentieke praktijk wordt aangepast tot een ‘leercontext’. Ook wordt deze praktijk niet getest met leerlingen. Opvallend zijn de uiteenlopende ontwerpideeën die worden voorgesteld door de drie tweetallen van docenten. Uit dit deel van het onderzoek blijkt opnieuw dat docenten kunnen werken met het ontwerpraamwerk en de ontwerpprincipes, maar dat op een aantal punten aanvullingen nodig waren. Een belangrijke vraag die door de leraren werd opgeworpen was in hoeverre leerlingen het model zelf kunnen construeren dan wel dat het model of onderdelen daarvan aangereikt zouden moeten worden. Docenten uiten hun twijfels over de benodigde kennis

van leerlingen. Ik was benieuwd in hoeverre de leraren progressie hebben geboekt ten opzichte van het vorige ontwerpproces, maar deze vraag komt niet aan de orde.

Commentaar

Het gebruik van authentieke praktijken is een interessante maar ook uitdagende manier om leerlingen vertrouwd te maken met de natuurwetenschappen. Het probeert oplossingen te vinden voor kenmerkende problemen in het onderwijs van de natuurwetenschappen door het onderwijs voor leerlingen betekenisvol en relevant te maken. Dit onderzoek laat zien hoe authentieke praktijken uitgewerkt kunnen worden tot concreet onderwijs.

De uitdaging voor ontwerpers is dat authentieke praktijken gemodificeerd moeten worden om ze geschikt voor de klassenpraktijk te maken. Bij dit didactiseren moeten concessies worden gedaan die de authenticiteit verminderen. Het is daarom de vraag of de leerlingen de praktijk ook als authentiek hebben ervaren. De onderzoeker maakt hierover in het slothoofdstuk enkele opmerkingen. Zo wijst hij er op dat de reflectie op het model voor leerlingen minder betekenis heeft omdat er voor hen geen vervolgvactiteiten zijn, terwijl beroepsbeoefenaren meer belang hebben bij een continue evaluatie en verbetering van de modellen die ze gebruiken.

De titel van dit proefschrift wekt bij lezers mogelijk andere verwachtingen. Bij 'Modelling in chemistry education' ligt het voor de hand te denken aan het ontwikkelen en toepassen van molecuulmodellen. De stuurgroep nieuwe scheikunde heeft ook gesteld dat het micro-macro-denken het centrale thema van de chemie is en daarmee moet de verwerving van dit denken een belangrijk onderdeel van het scheikundeonderwijs zijn. Het is dan ook enigszins verrassend dat in dit proefschrift een heel andere vorm van modelleren centraal staat, namelijk het wiskundig modelleren, met andere woorden het in de vorm van wiskundige betrekkingen formuleren van verbanden tussen grootheden, hoewel die betrekkingen in dit onderzoek wel gaan over fysische en chemische processen. Overigens maakt dat de waarde van het proefschrift er niet minder op, want het wiskundig modelleren is binnen het scheikundeonderwijs een interessant onderwerp maar het is betrekkelijk nieuw en dat gebrek aan ervaring bij scheikundeleraren heeft ongetwijfeld consequenties voor hun bijdrage in het ontwerpproces dat centraal staat in dit proefschrift.

In dit proefschrift is het soms lastig om de getrokken conclusies te relateren aan de gepresenteerde data. De hoeveelheid data in de empirische hoofdstukken is beperkt en soms lijken conclusies niet in lijn met de data. Het slothoofdstuk 9 lezende (bijvoorbeeld op pagina's 249 en 254 e.v.) krijgt men de indruk dat het modellerenproces in de klas rimpelloos is verlopen, maar in de data uit hoofdstuk 6 komt soms een ander beeld naar voren, bijvoorbeeld als er wordt geconstateerd dat de leraren de theorie over coagulatie te moeilijk vinden voor de leerlingen en:

'thus introduced all five chemical process variables without further explanation. Due to this lack of understanding, the empirical investigation ... was not perceived as meaningful by the majority of the teams.' (p. 147).

Ook blijkt uit de data dat de formules (het model) als een black box fungeert voor de leerlingen. Het lijkt er dus op dat leerlingen moeite hebben met het vinden van de variabelen in het model en dat ze ook weinig inzicht hebben in de wiskundige aard van het model. Deze bevindingen staan op gespannen voet met de beschrijving van het onderwijsleerproces in hoofdstuk 9.

De beperkte presentatie van data is een trend geworden in bètadidactische proefschriften. Dit komt ongetwijfeld voort uit het 'promoveren op artikelen'. Hoewel er overduidelijke redenen zijn om deze werkwijze te volgen, heeft het ook een aantal nadelen. Het leidt vaak tot proefschriften met dupliceringen (vooral de inleiding en het theoretisch kader in elk hoofdstuk) en vanwege de eisen die tijdschriften stellen wordt maar een beperkt deel van de gebruikte instrumenten en data gepresenteerd en daarmee is de onderbouwing van de conclusies niet altijd te volgen. Dit probleem treedt vooral op bij kwalitatief onderzoek omdat datareductie, bijvoorbeeld door het presenteren van getalswaarden, niet altijd eenvoudig is.

Wat is het belangrijkste dat dit onderzoek oplevert? De onderzoeksvragen richten zich op twee zaken: het onderwijzen van modellen en het modellerenproces en daarnaast het gebruiken van het ontwerptraject door een team van onderzoekers en docenten. De eerste twee onderzoeksvragen richten zich niet zozeer op het onderwijsleerproces zelf, maar gaan over de keuzes die gemaakt zijn bij het ontwerpen van onderwijsmateriaal, met betrekking tot de authentieke praktijken en de gekozen structuur van het onderwijsleerproces. Deze keuze in onderzoeksfocus betekent dat het gebeuren in de klas wat naar de achtergrond verdwijnt. Ook in de hoofdstukken die rapporteren over het testen van het ontwerp in de klas ligt veel nadruk op de ontwerpkaart. Zo wordt weinig nadruk gelegd op de mogelijkheden en problemen van leerlingen bij het modellerenproces. Er is veel literatuur (onder andere Treagust et al., 2002; Ormel, 2010; Gobert et al., 2011) waaruit blijkt dat leerlingen moeite hebben met het construeren, toepassen en evalueren van modellen, maar er wordt weinig op deze literatuur aangesloten.

Interessant is de invulling die wordt gegeven aan de operationalisering van het begrip 'epistemologische visies van leerlingen'. In didactisch onderzoek wordt vaak gekeken naar algemene interpretaties van het modelbegrip door leerlingen (Grosslight et al., 1991; Treagust et al., 2002), bijvoorbeeld met vragenlijsten waarmee wordt nagegaan hoe leerlingen aankijken tegen de rol van modellen in wetenschapsbeoefening. Prins hanteert een meer gesitueerde betekenis van het begrip 'epistemologische visie' en kijkt met name naar de wijze waarop leerlingen een specifiek model construeren, toepassen en evalueren. Hij gebruikt daartoe gegevens uit transcripties van lessen, aangevuld met uitgeschreven antwoorden op opdrachten, observaties en interviews met leerlingen.

Het meest interessant vind ik het deel van het onderzoek dat gericht is op de validatie van het ontwerptraamwerk. Dit lijkt een goed hulpmiddel om een onderwijsleerproces te ontwerpen. Het brengt keuzes in relatie tot beoogde didactische opbrengsten in beeld en vormt daarmee een *rationale* voor het ontwerpen van onderwijs, een proces dat in de praktijk van leraren maar ook van onderwijsontwerpers vaak intuïtief verloopt. Hoewel de gemelde ervaringen in dit proefschrift positief zijn – zie bovenstaand citaat – is niet duidelijk of de aanwezigheid van de onderzoekers bij het ontwerpproces een grote rol heeft gespeeld. Daarom is het een interessante vraag voor de toekomst hoe overdraagbaar het ontwerptraamwerk is naar docenten en of het ook in professionaliseringstrajecten van docenten een leidraad kan zijn bij het ontwerpen van contextgebaseerd onderwijs.

Literatuur

- Gobert, J. D., O'Dwyer, L., Horwitz, P., Buckley, B. C., Tal Levy, S., & Wilensky, U. (2011). Examining the relationship between students' understanding of the nature of models and conceptual learning in biology, physics, and chemistry. *International Journal of Science Education*, 33(5), 653-684.
- Grosslight, L., Unger, C. M., Jay, E., & Smith, C. L. (1991). Understanding models and their use in science: conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799-822.
- Ormel, B. (2010). *Het natuurwetenschappelijk modelleren van dynamische systemen*. PhD thesis, Utrecht University.
- Savelsbergh, E., et al. (n.d.). *Modelleren en computermodellen in de β -vakken. Advies aan de gezamenlijke β -vernieuwingscommissies*. Utrecht: Freudenthal Institute for Science and Mathematics Education.
- Treagust, D., Chittleborough, G., & Mamiala, T. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(4), 357-368.