

Proefschrift Simone Löhner

Computer Based Modeling Tasks: the Role Of External Representation

Bespreking door:

Sylvia van Borkulo
Universiteit Twente

Inge Molenaar
Universiteit van Amsterdam

Amber Walraven
Open Universiteit

De computer speelt een grote rol in het leven van een hedendaagse VWO scholier; niet alleen thuis, maar in toenemende mate ook op school. Voor het vak natuurkunde is een verplicht computerexamen op komst. En één van de onderdelen in het computerexamen is het modelleren met de computer.

Computer modelleren is een activiteit waarbij leerlingen leren over een complex, dynamisch domein door er een (vereenvoudigd) model van te maken. Met de computer kan dit op verschillende manieren gedaan worden, bijvoorbeeld met wiskundige vergelijkingen of met een concept map. De computer wordt vervolgens gebruikt om de loop van de variabelen te berekenen over een bepaalde tijdsperiode. In haar proefschrift *Computer based modeling tasks. The role of external representation*, onderzoekt Simone Löhner wat het effect is van de representaties die gebruikt worden in het modelleren op het gedrag en het redeneren van leerlingen.

Modelleren is een nuttige activiteit, dat maakt Löhner duidelijk in het begin van haar proefschrift. Ze benadrukt het belang van actieve kennisconstructie. Verder noemt Löhner als reden voor de groeiende belangstelling voor modelleren de belangrijke rol van modelleren in het dagelijks leven (denk aan weersvoorspelling, economie, politiek), het introduceren van wetenschappelijke methoden, en de mogelijkheid om realistischer en complexere problemen aan te pakken met behulp van een computer die het rekenwerk overneemt. We zouden daar nog een algemene, vakoverstijgende reden aan kunnen toevoegen. Het vat krijgen op een complex domein door een vereenvoudigd model kan immers voor een scholier in het voortgezet onderwijs een zeer behulpzaam middel zijn, dat op verschillende gebieden toegepast kan worden.

Nadat Löhner ons overtuigd heeft van het nut van modelleren, geeft ze een definitie van modelleren: "the student constructs a model of a dynamic phenomenon with the help of a computer program. This model is then simulated and the computer produces a graph or a table with the outcomes of the model" (p.2). Het model kan gerepresenteerd worden door een plaatje of door vergelijkingen. Deze *externe representatie* speelt een belangrijke rol bij het integreren van kennis, omdat het een middel is voor discussie en reflectie. Het centrale doel in het proefschrift van Löhner is om te onderzoeken hoe deze externe representaties het proces van modelleren, het product van modelleren en de leerresultaten beïnvloeden.

Meteen neemt Löhner een markant standpunt in. In niet mis te verstane woorden stelt zij dat het onderzoek naar modelleren zich nu eens wat minder op retoriek moet richten en meer op de implementatie. Oftewel, wat minder holle praatjes en wat meer empirisch bewijs. Een dergelijke uitspraak spant de verwachtingen hoog voor dit onderzoek. Gelukkig worden we hierin niet teleurgesteld, want Löhner legt na een uitgebreid en helder theoretisch begin de nadruk op de praktijk van het modelleren en probeert gedegen bewijs te vinden voor ideeën uit de theorie.

De theorie wordt ingeleid aan de hand van Löhners onderzoeksvraag. De algemene hoofdvraag luidt in Löhners eigen woorden: "What educational benefits can be expected from using computer modeling as an educational activity?" Deze vraag is onderverdeeld in drie subvragen: 1) Welke theoretische claims worden er gedaan voor computer modelleren in het onderwijs? 2) Welke verschillende tools worden er gebruikt voor computer modelleren in het onderwijs? 3) Welk empirisch bewijs is er voor de gedane claims?

Löhner kiest hiermee een verfrissende aanpak: claims worden gescheiden van de empirische bewijzen en vervolgens weer met elkaar in verband gebracht. De claims die Löhner op een rij zet geven geen twijfel over het nut van de studie van dit proefschrift. Eén van de claims is dat het wetenschappelijk redeneren van de leerlingen verbeterd wordt door modelleren. Een belangrijk pluspunt van een model hierbij is, dat een model zichtbaar is en niet alleen in gedachten bestaat.

Maar hoe zit het met de empirische bewijzen voor de claims? Löhner moet tot haar (en onze) spijt concluderen dat er maar weinig gecontroleerde experimenten zijn gedaan. Löhners pleidooi voor meer empirisch bewijs is dus zeer welkom. Het gebrek aan empirisch bewijs zou moeten worden opgelost door middel van onderzoek op het gebied van 1) het meten van leeruitkomsten van modelleren, 2) redeneerprocessen, en 3) de interactie tussen modelrepresentatie en de redeneerprocessen. De drie door Löhner uitgevoerde studies dragen vooral bij aan de laatste twee punten.

In de eerste experimentele studie wordt het effect van de representatievorm van het model bestudeerd. Er wordt een tekstuele representatie vergeleken met een grafische representatie. Indien een model een externe representatie van kennis is en deze representatie heeft een sterke invloed op het redeneren, dan is het aannemelijk dat de representatievorm een belangrijke invloed heeft op het modelleringproces en het bijbehorende product. De verwachte effecten zijn: dat het model werkt als een verlengde van het werkgeheugen, zorgt voor een beeld van de probleemruimte, bepalend is voor het cognitieve gedrag en een referentiekader vormt voor de communicatie.

In het experiment werkten 42 leerlingen uit de VWO-3 gedurende drie uur aan een taak in de modelleeromgeving *SIMQUEST*. Om vast te stellen of alle leerlingen beschikten over gelijke redeneervaardigheden werd een korte pretest afgenomen. Daarna volgde een modelleringinstructie (45 minuten), waarna de leerlingen aan een modelleertaak werkten over de temperaturen van een huis (60 minuten). De modellen werden beoordeeld op de correcte en de incorrecte relaties tussen de variabelen.

Helaas moet Löhner concluderen dat de kwaliteit van alle modellen van de leerlingen laag is. De resultaten van de leerlingen in de grafische setting zijn wel beter: ze proberen meer verschillende relaties uit en laten de modellen vaker 'runnen' (doorrekenen) en creëren complexere modellen met meer

kwaliteit. Een bijzonder resultaat uit dit experiment is dat werken met een model zinvoller blijkt te zijn indien er minder relaties worden veranderd tussen opeenvolgende versies en dat het doorrekenen van het model niet leidt tot betere modellen.

In het algemeen maakten de leerlingen weinig gebruik van de mogelijkheden om hun simulaties door te rekenen en vonden ze het moeilijk om de resultaten van hun simulaties te interpreteren. Löhner concludeert daarom dat de verschillende representatievormen wellicht effectiever gebruikt kunnen worden in een gemixte modus: de grafische representatie ondersteunt experimenteelgedrag bij aanvang van het modelleerproces en de tekstuele representatie ondersteunt het verwoorden van het model.

In de tweede studie analyseert Löhner de protocollen van de gesprekken van de leerlingen uit experiment 1 om een beter beeld te krijgen van het proces in de twee condities. Het *inquiry modelleerproces* zoals gedefinieerd door de Jong et al. (2002) wordt als referentiekader voor de protocolanalyses gebruikt. De normatieve beschrijving van het modelleerproces wordt vergeleken met de redeneeractiviteiten van de leerlingen, de redeneerprocessen in de twee verschillende settings worden met elkaar vergeleken en de invloed van het redeneren op het modelleer product wordt geanalyseerd.

Uit de analyses blijkt dat de leerlingen niet het normatieve proces volgen en geen systematische volgorde in hun modelleerproces doorlopen. Er is ook geen sprake van een inquiry cirkel of een onderzoeksstrategie; het gedrag van de leerlingen is het beste te beschrijven als puzzelgedrag. Wel vond Löhner dat de tijd die besteed wordt aan de evaluatie van het model positief bijdraagt aan de kwaliteit van het model. In de grafische conditie werden de modellen meer geëvalueerd en werden er meer kwalitatieve hypothesen gebruikt dan in de tekstuele conditie. De leerlingen in de tekstuele condities reguleerden minder en formuleerden hun hypothese kwantitatief en zonder referentie naar het model. Vaak werden er zelfs helemaal geen hypothesen geformuleerd en concentreerden de leerlingen zich op een van de variabelen uit het model.

De resultaten van de eerste en tweede studie zijn ietwat teleurstellend: het feit dat leerlingen in de grafische conditie meer experimenteerden en meer evalueerden lijkt een open deur. Het feit dat je slechts een paar 'plaatjes' met elkaar moet verbinden lokt speelgedrag natuurlijk veel eerder uit dan dat je eerst alle formules moet intypen.

We kunnen ons afvragen of van VWO-3 leerlingen wel verwacht kan worden dat ze in staat zijn formules en relaties te formuleren. Een modelleringinstructie van slechts 45 minuten is vermoedelijk te weinig oefening. Dat de modellen daarom weinig kwaliteit hadden, lijkt logisch. Wellicht had Löhner er beter aangedaan een wat meer gevorderde doelgroep te gebruiken om zo de invloed van het leren modelleren uit te schakelen.

In de laatste studie staat het doorrekenen van de dynamische modellen centraal. Het voordeel van modelleren is dat leerlingen hun kennis over de relaties tussen concepten expliciet kunnen maken en daarna het model kunnen laten doorrekenen. Hierdoor kunnen leerlingen goed de oorzaak- en gevolgrelaties zien, wat bijdraagt aan het begrip van complexe fenomenen. De onderzoeksvraag in deze studie was: hoe draagt de mogelijkheid tot het doorrekenen van het model bij aan het begrip dat leerlingen ontwikkelen?

In het experiment werkten 44 leerlingen in twee sessies van drie uur in de *Co-Lab* omgeving. Er werd wederom een pretest gedaan op het gebied van

redeneer-vaardigheden, waarna leerlingen 75 minuten een modelleer-instructie kregen met een eenvoudig model. Daarna volgde een taak van 75 minuten over het broeikas-effect, waarin leerlingen eerst 40 minuten met een gedeeltelijk model werkten en daarna nog 60 minuten met een compleet model. Er waren twee condities in dit experiment: een met een doorrekenbare simulatie en een met een niet-doorrekenbare simulatie met een causaal diagram. De leerlingen kregen na afloop een toets met drie verschillende soorten open vragen: kennisvragen, voorspellingsvragen en uitlegvragen.

De resultaten laten zien dat leerlingen in beide condities significant verbeterden op de kennisvragen en de voorspellingsvragen. Op de uitlegvragen werd geen verbetering gevonden. Leerlingen in de conditie met de causale diagrammen waren significant beter in kennisvragen dan de leerlingen in de doorrekenconditie. Voor de voorspellingsvragen was het omgekeerde het geval.

Löhner legt deze bevinding als volgt uit: leerlingen in de causale diagrammen conditie hebben meer kennis opgenomen uit de gegeven teksten waardoor ze beter presteren op de kennisvragen. In de doorrekenconditie leerlingen voorspellen niet beter doordat ze beter redeneren met het model, maar doordat ze de situaties in de vragen herkennen. De slechte resultaten op de uitlegvragen worden verklaard door dat de leerlingen nieuw zijn in het modelleren en omdat de taak voor de causale diagram groep nogal kunstmatig was. Löhner concludeert dat de effecten die vaak worden toegeschreven aan het modelleren wellicht meer te maken hebben met het goed toepassen van het model dan met het modelleren zelf.

Aan het eind van haar proefschrift besluit Löhner met interessant advies. Terugkijkend naar haar drie studies, noemt zij aspecten van haar onderzoek die ze in retrospectief anders gedaan had. Openhartig geeft zij toe dat de onbekendheid van leerlingen met modelleren, de korte duur van de experimenten en de kleine aantallen leerlingen hebben bijgedragen aan de onverwachte en teleurstellende resultaten. Toch is het ook belangrijk om bij tegenvallend resultaat te blijven kijken naar de mogelijkheden voor vervolgonderzoek en dat doet Löhner dan ook. Zij stelt dat ondanks alle problemen sommige leerlingen wel degelijk goede resultaten hebben bereikt.

Maar dat niveau is onder meer behaald, doordat Löhner in de derde studie de leerlingen na enige tijd het complete model aanreikte. Wanneer leerlingen de vragen op basis van hun eigen model had moeten beantwoorden, waren de resultaten wellicht minder positief geweest. De vraag blijft dan ook, wat hebben de leerlingen nu echt opgestoken van het modelleren?

Goed modelleren is een mogelijkheid, maar daarvoor moet er wel aandacht besteed worden aan een aantal randvoorwaarden voor goed modelleeronderwijs. Deze les kunnen we leren uit dit proefschrift. Bovendien geeft dit onderzoek waardevolle inzichten in gedrag en redeneren bij modelleren en de invloed op de leerprestaties. En daarmee is Löhner er wel degelijk in geslaagd om een eerste stap te zetten in het modelleeronderzoek van retoriek naar concreet bewijs.

Referentie

de Jong, T., Joolingen, W. R. van, Lazonder, A., Ootes, S., Savelsbergh, E. R., & Wilhelm, P. (2002). *Co-Lab Specifications; Part 1 Theoretical background* (Technical Report). Enschede: Universiteit Twente.