

Modeltekenen

Samenvatting van de oratie van Prof. dr. Wouter van Joolingen

Bij het aanvaarden van de leerstoel 'Computationeel modelleren in onderwijssituaties'
Universiteit Twente, 4 februari 2010

Het basisidee van modelleren is dat leerlingen zelf computermodellen maken van verschijnselen die zij onderzoeken (Ogborn, 1999). Een computermodel kan het bestudeerde fenomeen simuleren volgens de regels die de leerling specificceert. Bijvoorbeeld kan met een model beschreven en berekend worden hoe een systeem van roof- en prooidieren zich gedraagt.

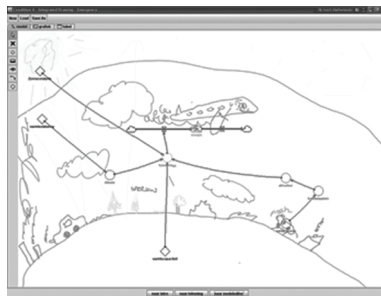
Het mooie van dit computationeel modelleren is dat leerlingen het model verschillende soorten vragen kunnen stellen. Eén soort vraag betreft het type 'Wat als?', bijvoorbeeld: 'Wat gebeurt er als er minder voedsel beschikbaar komt door droogte?' of: 'Is de voortplanting van de roofdieren wel realistisch weergegeven als je rekening houdt met dominantie van slechts enkele mannetjes?'. Door parameters en modelregels aan te passen en de gevolgen van die veranderingen te beoordelen kunnen dergelijke vragen worden beantwoord.

De opkomst vanaf de tweede helft van de jaren tachtig in de vorige eeuw, van de zogenoemde *computational science* als aparte tak van wetenschap laat zien dat het onderzoeken van modellen door ze te simuleren, nieuwe inzichten biedt die alleen op basis van experimenten en observaties niet verkregen zouden kunnen worden. Zo laten astronomen sterrenstelsels botsen en berekenen fysici het gedrag van vloeistoffen met behulp van krachtige rekenprogramma's. Dergelijke modelberekeningen confronteren de onderzoekers met de effecten van hun theorieën op een manier die zonder computationele tools onmogelijk zou zijn. Helaas richt het huidige voortgezet onderwijs zich nog maar erg beperkt op modelleren. Middelbaar onderwijs in de natuurwetenschappen richt zich vooral op verschijnselen die in gesloten vorm oplosbaar zijn en we lopen daarmee het gevaar dat vakken als natuurkunde gezien worden als het leren van een reeks standaard recepten voor het oplossen van standaard problemen. In het examenprogramma Natuurkunde staat onder het kopje 'Moderne Fysica' nog steeds de natuurkunde die in de jaren 20 van de vorige eeuw is ontwikkeld. Ik denk dat de huidige staat van de wetenschap, inclusief *computational science*, een kans biedt om een veel spannender beeld van natuurwetenschap te geven dan nu gebeurt. Dit beeld zou binnen het bereik van leerlingen in het middelbaar onderwijs gebracht moeten worden.

Een belangrijke vraag is met welke *modelrepresentaties* leerlingen kunnen werken. Een veelgebruikte is die van System Dynamics, waarin een systeem wordt gemodelleerd in termen van *stocks* (toestandsvariabelen), *flows* (eerste orde differentiaalvergelijkingen) en *auxiliaries* (overige variabelen weergegeven als algebraïsche vergelijkingen)¹. De

representatievorm legt een bepaalde denkwijze op en beïnvloedt het modellerproces en de leerresultaten, zoals onder andere gevonden door Simone Löhner (Löhner, Van Joolingen & Savelsbergh, 2003). Leerlingen die een grafische representatie gebruikten bleken veel meer modellen te maken, en dichter in de buurt te komen van een correct model dan leerlingen die met een tekstuele representatie werkten. Nadere inspectie van het modellerproces liet wel zien dat leerlingen in de grafische conditie oppervlakkiger werkten. Blijkbaar hangt het gedrag van leerlingen in hoge mate af van het modellerformalisme dat gebruikt wordt. Dat is een vloek en een zegen tegelijk. Enerzijds kunnen we door het zorgvuldig kiezen van de representatie de leerling met zachte hand sturen in de richting die we willen, anderzijds lopen we het gevaar door vóóraf een representatie te kiezen, modelleren te reduceren tot het leren van die ene representatie en de systemen waarvoor die representatie geschikt is. Een dergelijke situatie lijkt nu ontstaan rond System Dynamics, maar zou net zo goed ontstaan kunnen zijn rond iedere andere representatie.

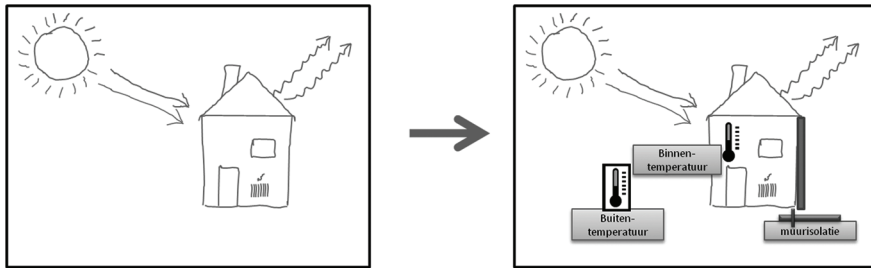
De essentie van modelleren is dat leerlingen denken in termen van modellen, en niet noodzakelijk dat ze een specifieke modelrepresentatie leren. In mijn onderzoek probeer ik modeldenken te ondersteunen met het maken van tekeningen. Net zoals experts vaak hun redeneringen ondersteunen met tekeningen, kan dat voor leerlingen ook goed werken. Allereerst kunnen leerlingen met behulp van tekeningen de belangrijkste objecten en hun eigenschappen in kaart brengen. De tekening ondersteunt op die manier het modellerproces. Een stap verder is de tekening *zelf het model laten zijn*.



Figuur 1. Geïntegreerde tekening in een modelleertool. De variabelen in het System Dynamics model kunnen visueel aan elementen in de tekening worden gekoppeld.

Wanneer tekeningen als ondersteuning voor modelleren worden gebruikt is het interessant leerlingen ook andermans tekeningen te laten bestuderen en ze te ondersteunen bij het omzetten van hun tekeningen naar een model. Figuur 1 toont hoe tekeningen aan een model kunnen worden gekoppeld. Met een dergelijk systeem onderzoeken we of op deze wijze leerlingen completer en nauwkeuriger kunnen modelleren.

Voor het gebruik van tekeningen als modellen werken we aan systemen die de tekeningen van de leerling herkennen, en vervolgens uit de herkende tekenelementen een model genereren². In een dergelijk systeem kan de leerling in feite zelf zijn modelrepresentatie ontwikkelen. De verwachting is dat met deze informele representatiewijze het denken in modellen meer aandacht kan krijgen dan het leren van een modelleertaal.



Figuur 2. Modeltekenen. Elementen uit de tekening worden herkend en voorzien van gedrag, zodat uit de tekening een model ontstaat.

Computational science heeft het karakter van een groot deel van de natuurwetenschap fundamenteel veranderd. Leerlingen verdienen het daarvan iets in hun opleiding te zien. Door modelleren goed te ondersteunen bijvoorbeeld met tekeningen, kan de leerling op een intensieve manier kennis maken met één van de belangrijkste aspecten van moderne wetenschap. Computationeel modelleren laat zien dat je met behulp van de formules voor het berekenen van de valsnelheid van een steen en wat extra rekenkracht een sterrenstelsel kunt laten evolueren. Door te laten zien dat er veel meer besloten ligt in de formules die we op school leren dan alleen het uitrekenen hoe een karretje van een helling rolt, kunnen we leerlingen motiveren om die basisnatuurkunde beter te bestuderen.

Noten

1. Onze modelleertool heet scydynamics, zie www.scy-net.eu/scydynamics (gratis te downloaden).
2. en <http://www.youtube.com/watch?v=xh8mai5FFgM>

Literatuur

- Löhner, S., Joolingen, W. R. van & Savelsbergh, E. R. (2003). The effect of external representation on constructing computer models of complex phenomena. *Instructional Science*, 31, 395-418.
- Ogborn, J. (1999). Modelling Clay for Thinking and Learning. In W. Feurzeig & N. Roberts (Eds.), *Modelling and Simulation in Science and Mathematics Education*. New York: Springer.

