

*Proefschrift Axel Westra*

### **A new approach to teaching and learning mechanics**

*Bespreking door:*

Ruurd Taconis

Eindhoven School of Education

Technische Universiteit Eindhoven

Op 30 oktober 2006 is aan de Universiteit Utrecht Axel Westra gepromoveerd op het proefschrift "*A new approach to teaching and learning mechanics*". Daarin wordt verslag gedaan van een 'ontwerpexperiment' (ontwikkelingsonderzoek) gericht op een introductie cursus mechanica met een omvang van 10 lessen voor de 4<sup>e</sup> klas van het vwo. De wetten van Newton dus, een onderwerp dat – mede gezien het aantal proefschriften en onderzoeken op dit gebied – rustig mag worden beschouwd als de heilige graal van de natuurkundedidactiek.

In het proefschrift wordt voorgebouwd op werk van Kees Klaassen, Marjolien Vollebregt en Koos Kortland die eerder de 'probleemstellende didactiek' ontwierpen en ontwikkelden. Basisidee daarvan is dat de dialoog met leerlingen over de wederzijdse denkbeelden over natuurkundige zaken alleen tot de gewenste begripsvorming kan leiden als daarvoor eerst een basis is gelegd door het zoeken en vaststellen van gemeenschappelijke uitgangspunten. Een dergelijk gemeenschappelijk uitgangspunt is in het proefschrift van Westra geconcretiseerd in wat hij noemt 'het basale schema voor verklaring van bewegingen'. Kort gezegd: leerlingen en vakmensen delen de mening dat het verklaren van bewegingen drie (impliciete) componenten omvat:

- het vaststellen van hoe dingen (zouden) bewegen als er geen invloeden op werken,
- het vaststellen van de invloeden van buitenaf die bewegingen (kunnen) beïnvloeden op basis van een te ontwikkelen 'interactietheorie',
- het verklaren van geconstateerde afwijkingen van de invloedloze bewegingen op grond van deze interactietheorie.

Dit schema geeft een hoofdlijn weer in zowel alledaagse als Newtoniaanse verklaringen van beweging, en – zo stelt de auteur – "kan daarom wellicht nuttig gebruikt worden in onderwijzen en leren van mechanica" (p. 304). In het proefschrift wordt dit in een ontwikkelingsonderzoek uitgewerkt tot een concreet onderwijsmodel.

In hoofdstuk 2 verankert de auteur deze benaderingswijze in de onderzoeksliteratuur door een gedetailleerd relaas dat ook voor docenten interessant kan zijn. Helder wordt dat er behoefte is aan een geïntegreerde aanpak van de signaleerde problemen en dat de in de inleiding aangekondigde opzet daarvoor een goede kandidaat is.

In hoofdstuk 3 worden de fundamentele van het voorgestelde 'basale schema voor verklaring van bewegingen' beschreven. In een pilotonderzoek met interviews met drie leerling-duo's wordt getoond dat het basale schema inderdaad bij de leerlingen kan worden geactiveerd. Ten slotte wordt aangegeven hoe het werk voortbouwt op eerder werk van met name Vollebregt en

wordt de daaruit afgeleide didactische structuur beschreven die als uitgangspunt van het ontwerpproces dient. Bovendien bespreekt de auteur sterkere en zwakkere aspecten van de gekozen benadering. Voor mij treden daarbij vooral op de voorgrond: 'de noodzaak om met meer te komen dan richtlijnen' namelijk 'concreet ontwikkeld onderwijs' (p. 71) en de vraag 'hoe we leerlingen vragen kunnen laten stellen en op waarde schatten die voor hen betekenisvol zijn en tegelijkertijd aanleiding geven tot het ontwikkelen van wetenschappelijke ideeën en concepten die antwoord op deze vragen kunnen geven' (p. 73).

Het vervolg van het proefschrift beschrijft het feitelijke 'ontwerpexperiment'. Hierbij wordt onderwijs ontworpen en beproefd in een cyclisch proces van: (her)ontwerp, testen, analyseren, en bijstellen (p. 306). Wetenschappelijk doel hiervan is antwoord te geven op de vraag (in mijn vertaling van p. 4): hoe kan het idee van een gemeenschappelijk verklaringsschema voor beweging in alledaagse en Newtoniaanse mechanica productief gebruikt worden in het onderwijs/leren van mechanica? In de praktijk heeft dit geleid tot een initieel ontwerp van een didactisch model, de evaluatie daarvan, en een éénmaal bijgesteld didactisch model. Uiteindelijk vindt een evaluatie van onderwijs op basis van dit bijgestelde ontwerp plaats.

In hoofdstuk 4 worden zowel het initiële didactische model als het bijgestelde didactische model uitvoerig en gedetailleerd beschreven. Ook wordt in detail weergegeven hoe de diepgaande evaluatie (lesobservaties, transcripties van de docent en van discussies in leerling-groepjes, analyse van de aantekeningen van leerlingen) aanleiding is geweest tot bijstellingen in het didactische model. Dit deel bevat interessante en verrijkende beschrijvingen en analyses van de reacties van de leerlingen op het ontworpen onderwijs.

Aan het eind van het hoofdstuk wordt uitgebreid beschreven hoe de docent is voorbereid op de implementatie van het didactische model. Dit vergt op verschillende punten dat hij zijn gebruikelijke werkwijze aanpast om de didactische strategie zo veel mogelijk conform de bedoelingen in concreet onderwijs om te zetten. Gewaarschuwd door ervaringen van onder andere Kortland en Vollebregt wordt hier flink wat energie in gestoken. Desalniettemin blijkt in de eerste ronde dat het onderwijs op een aantal belangrijke punten geen recht doet aan het model. Het onderwijs schiet nog tekort in 'het hebben van aandacht voor input van de leerlingen', 'het geven van goede – inhoudsgerichte – introducties en evaluaties' en het 'de leerlingen eigenaar maken van de opgeworpen vragen en problemen'. In de tweede ronde worden de docent daarom interactiestructuren aangereikt (p. 136). Dit zijn gedetailleerde voorschriften voor de docent-leerlinginteractie. Doel daarvan is bovengenoemde problemen in de tweede ronde te voorkomen.

In hoofdstuk 5 wordt beschreven hoe het bijgestelde didactische model met de docent wordt uitgewerkt tot op het concrete niveau van beoogde onderwijsepisodes. In hoofdstuk 6 dienen deze als basis voor een vergelijkende analyse van de feitelijke onderwijsepisodes in de klas. Deze worden net als in de eerste ronde grondig en systematisch gemonsterd via observaties, transcripties en documentanalyses. In dit hoofdstuk wordt ook opnieuw de voorbereiding van de docent ter sprake gebracht, en hier blijkt dat deze niet kon worden overtuigd om gebruik te maken van voorgestelde interactiestructuren. Deze "(...) *accepteerde het idee om interactiestructuren als gereedschap voor de praktische invulling van de al ontworpen inhoud te gebruiken niet*" (p. 312). Belangrijke reden hiervoor (p. 199) is dat de docent hierin geen meerwaarde

ziet voor de verbetering van het onderwijs mede doordat hij niet Westra's perceptie deelt ten aanzien van de tekortkomingen in de eerste ronde. Uiteindelijk concludeert Westra dat weliswaar met de docent een concreet lesscenario is vastgesteld, maar dat door het wegvallen van de interactiestructuren niet zeker is of het onderwijs in de klas ook in alle facetten het didactische model zal volgen.

In het vervolg blijkt dat er inderdaad tamelijk essentiële afwijkingen van het didactische model optreden, terwijl ook niet alle onderwijs doelen worden gerealiseerd (p. 219). Het 'basale schema' wordt weliswaar door de leerlingen begrepen, maar het wordt door hen niet beschouwd of gebruikt als gereedschap om bewegingen te verklaren (p. 313). De auteur ziet de oorzaak vooral in de afwijkingen van het onderwijs ten opzichte van het didactische model (p. 261) en met name in het niet volgen van de voorgestelde interactiestructuren waardoor introductie en evaluatie van diverse onderwijsonderdelen inadequaat zijn. De auteur concludeert ten slotte geen eensluidend antwoord te kunnen geven op de door hem gestelde vraag en geeft in hoofdstuk 7 een aantal richtingen aan voor een verder onderzoek en ontwikkeling.

Al met al wordt in het proefschrift een positief maar beperkt resultaat geboekt. Mijns inziens heeft vooral de gekozen werkwijze tot twee beperkingen geleid die ook Westra signaleert (p. 112 en 113). De eerste beperking is dat de evaluatie van het *onderwijs* niet op alle punten conclusies over het didactische *model* toe laat. Volgens de auteur vanwege met name het afwijzen van de interactiestructuren door de docent met als gevolg "*dat het erg moeilijk is om fouten in de afwijkingen in de uitvoering te onderscheiden van fouten in de didactische structuur*" (p. 313).

Als oorzaak zie ik dat in dit onderzoek is gekozen voor een werkwijze vanuit de RDD-benadering (Broekkamp & van Hout-Wolters, 2006). RDD staat voor: Research Development Diffusion. In deze benadering doen experts (ontwikkelings-)onderzoek wat tot een didactisch model leidt dat – bijvoorbeeld aan de hand van onderwijsmateriaal – ter implementatie aan docenten wordt voorgelegd. Die worden geschoold of ondersteund zodat zij het onderwijs zo nauwkeurig mogelijk volgens de bedoeling van de ontwerper vormgeven.

Ik kan de keuze voor deze aanpak begrijpen vanuit de kennelijke bedoeling om een vooraf op theoretische gronden geformuleerd onderwijsconcept uit te bouwen en te beproeven. Het RDD-procédé heeft echter laten zien een zeer grote kans te lopen om te falen, en weinig effectief te zijn in het vernieuwen van het onderwijs (Walrecht, 2006). Ten eerste omdat de implementatie *zelden* leidt tot onderwijs dat precies de bedoelingen van de ontwerpers volgt. Ten tweede omdat het ontwerpproces de neiging vertoont zich vooral theoretisch te oriënteren waardoor het model van de praktijk 'losgezongen' kan raken.

In het proefschrift zijn daarvan sporen terug te vinden. Het initiële ontwerp is overheersend in eerder wetenschappelijk werk geworteld, en refereert veel minder aan de actuele probleemperspectie van leraren. De theoretische inleiding is eigenlijk een apologie voor een reeds gekozen perspectief: de probleemstellende benadering. Daarbij vind ik het jammer dat relevante en recente bijdragen van meer onderwijspsychologisch georiënteerde onderzoekers van internationale naam zoals Pintrich, Marx en Boyle (1993), Staphopoulou en Vosniadou (ingediend) en Chi (2005) onbesproken blijven, terwijl veel

nadruk ligt op publicaties uit eigen school (20 van de 74). Naar mijn mening zijn bij de opzet van het proefschrift de problemen die de RDD-benadering met zich meebrengt onderschat. Wie deze benadering kiest, moet eigenlijk van begin af aan docenten intensief in het ontwerpproces betrekken. Zo wordt de stap naar de praktijk versoepeld en ontstaat een eenheid van ontwerp en onderwijs.

Er is nog een tweede reden die eraan heeft bijgedragen dat de centrale vraag in het proefschrift niet beantwoord wordt. In het promotietraject is ervoor gekozen de onderzoeksvraag te beantwoorden door één didactische structuur uit te werken in samenwerking met één docent. Hierdoor is eigenlijk alleen beantwoording mogelijk van de onderzoeksvraag in enge zin: 'is *dit* gemeenschappelijke verklaringsschema voor beweging in alledaagse en Newtoniaanse mechanica *in onderwijs volgens deze didactische structuur* productief voor het onderwijs/leren van mechanica?' Gezien de plaatsing van het proefschrift in de lijn Klaassen is dit vermoedelijk in overeenstemming met de bedoeling van het proefschrift. Juist door de te verwachten afwijkingen bij de implementatie is het werken met maar één docent eigenlijk ontoelaatbaar risicovol voor een promotietraject. Daarnaast is het ontwerpexperiment uitgevoerd met maar één revisie, waardoor de kans op het realiseren van werkelijk adequaat en modelmatig uitgevoerd onderwijs verder wordt verkleind.

Volgens mij zou een goed alternatief zijn geweest om *samen* met docenten fase voor fase te ontwerpen. Begin met alleen de eerste episodes, tot die goed functioneren. Pas als zo een adequate praktische interpretatie van de eerste lessen tot stand is gebracht, worden de volgende episodes samen met de docenten in detail ontwerpen. Hierbij dient het didactische model dan vooral als richtlijn.

De tweede beperking is dat het ontwerptraject nog niet is voltooid. De beoogde resultaten in termen van motivatie, probleemeigenaarschap (p. 219) en verdieping van inzicht (p. 241) zijn nog niet volledig gerealiseerd. Dat is geen drama, want wat ik voorstel is het toevoegen van meer rondes aan het ontwerpexperiment. Maar - anders dan Westra - veronderstel ik dat een verdere ontwikkeling van het onderwijs wel degelijk een flinke bijstelling van het achterliggende didactische model zal vergen.

Ten eerste denk ik aanwijzingen te zien dat de leerlingen moeite hebben met de intellectuele eisen die het volgen van het didactische model aan hen stelt (Westra zelf stipt dit punt aan op p. 271), bijvoorbeeld met het parallel hanteren en onderling vergelijken van de verklaringssystemen voor hemelbewegingen van Kepler en Newton (p. 252). Maar ook met de meer subtiele elementen van het 'basale schema' zoals de plaats van traagheid daarbinnen (p. 237) en het theoretische karakter van het concept 'beïnvloedingsloze beweging' (p. 244). Leerlingen lijken zich te beperken tot *feitelijk* beïnvloedingsloze bewegingen. Die zijn in de ruimte voorstelbaar maar op aarde contra-intuïtief. Een ander punt vind ik persoonlijk dat de in het didactische model uitgestippelde strategie nogal veel lijkt te vragen van het formele denkvermogen van leerlingen omdat deze zwaar leunt op denkhandelingen als 'mathematiseren' en het 'specificeren' van modellen.

Een tweede aspect is de motivatie. Het lijkt erop dat de leerlingen bij het volgen van de in de didactische structuur uitgezette leerroute steeds dáár afhaken waar een stap naar een theoretische verdieping zou moeten worden gemaakt, bijvoorbeeld wanneer zij niet herkennen 'dat zulke invullingen van

het algemene verklaringsschema zullen leiden tot potentiële verklaringen voor bewegingen' (p. 313). Een nadere beschouwing van het didactische model zoals weergegeven in het schema op pagina 308 laat zien dat alle genoemde beweegredenen van intellectueel georiënteerd zijn (bijvoorbeeld: 'gevoel van theoretische uitdaging', 'waardering van het Newtoniaanse schema') en dat er een sterk accent ligt op 'verklaren'. Westra signaleert 'een structurele tekortkoming om een goede beweegreden voor het leren van de bulk van de mechanica te geven' (p. 314). Volgens mij suggereert het proefschrift dat deze beweegredenen en het verklaringsmotief voor de leerlingen onvoldoende sterk zijn om hen aan te zetten tot de intellectuele inspanning van het op zoek gaan naar diepere, gedetailleerde en theoretische modellen en theorieën over bewegingen. Ik zou daarom willen bepleiten om binnen de probleemstellende benadering meer ruimte te geven aan andere dan de klassieke natuurkundige motieven. Vooral motieven die dichter bij de leerlingen staan. Het kan gaan om meer sociaal georiënteerde motieven zoals competitie, aanzien, succes, 'blits', status, maar ook motieven die zijn verbonden met meer eigentijdse natuurkundige of technische activiteiten zoals: ontwerpen, modelleren, beproeven, bouwen, of repareren.

Het proefschrift van Westra is een gedegen, informatief, zorgvuldig en soms minutieus geschreven specialistisch werk. Jammer dat enigszins onduidelijk blijft in hoeverre het didactische model werkt. Ook moet het onderwijs nog verder ontwikkeld worden. Dat laatste is overigens logisch: er mag immers niet worden verwacht dat de heilige graal van de natuurkunde didactiek ('begripsvorming rondom de wetten van Newton') zich eenvoudig laat vinden. Het proefschrift biedt aanknopingspunten voor een verdere zoektocht.

Westra, A.S. (2006). *A new approach to teaching and learning mechanics*. Proefschrift Universiteit Utrecht [ISBN 13: 978-90-4368-5]. Utrecht: CD-β Press.

### Referenties

- Broekkamp, B. & van Hout-Wolters, B. (2006). *De kloof tussen onderwijsonderzoek en onderwijspraktijk*. Amsterdam: Vossiuspers.
- Chi, M.T.H. (2005). Common sense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. *Journal of the Learning Sciences*, 14, 161-199.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63(2), 167-199.
- Staphopoulou, Ch. & Vosniadou, S. (ingediend). Exploring the Relationship between Epistemological Beliefs and Physics Understanding. *Journal of Educational Psychology*.
- Walrecht, E.S. (2006). *Brede innovatie, passende strategie. De Groninger Vensterschool als casus van onderzoek naar strategie en invoering*. Proefschrift. Groningen: Rijksuniversiteit Groningen,.