

# Ontwikkelingsonderzoek als methode voor onderzoek rond innovatieve leergangen

K. P. E. Gravemeijer en P. A. Cobb

## Samenvatting

In dit artikel bespreken we ontwikkelingsonderzoek, de onderzoeksmethode die is toegepast in een aantal van de onderzoeksprojecten waarover in dit themanummer wordt gerapporteerd. Dit betreft meer specifiek de methodiek van ontwikkelingsonderzoek rond het ontwikkelen van leergangen, zoals die in de loop van een reeks van onderzoeksprojecten op het gebied van het reken-wiskundeonderwijs door beide auteurs is uitgewerkt. Het doel van dit type onderzoek is het ontwikkelen van theorieën over het leerproces rond een bepaald onderwerp en over de manieren waarop dit leerproces tot stand kan worden gebracht. De kern van dit type onderzoek wordt gevormd door het zogeheten onderwijsexperiment, dat wordt voorafgegaan door een voorbereidende fase en wordt gevolgd door een retrospectieve fase. In dit artikel beschrijven we deze drie fasen en gaan we in op het specifieke karakter van de doelen van ontwikkelingsonderzoek en de daarmee samenhangende kenmerken van de verantwoording van de opbrengst van ontwikkelingsonderzoek.

## 1 Inleiding

Verskillende bijdragen aan dit themanummer zijn gebaseerd op een onderzoeksbenadering die in Nederland bekend is geworden onder de naam *ontwikkelingsonderzoek*. Ontwikkelingsonderzoek is echter allang geen nationale aangelegenheid meer. Op verschillende plaatsen zijn in de loop der tijd vergelijkbare onderzoeksbenaderingen ontstaan die in het algemeen worden aangeduid als *design research* of *design experiments* (zie Van den Akker, Gravemeijer, McKenney & Nieveen, 2006). En in de afgelopen jaren besteedde zowel de *Educational Researcher* (2003), als het *Journal of the Learning Sciences* (2004) er een themanummer aan.

De concrete uitwerking van ontwikkelingsonderzoek die we hier bespreken is tot stand gekomen in een reeks van onderzoeken die beide auteurs gezamenlijk hebben uitgevoerd en die we eerder en uitgebreider beschreven in Gravemeijer en Cobb (2006). Deze vorm van ontwikkelingsonderzoek is in grote lijnen ook de onderzoeksmethode die in de meeste van de onderzoeken is gevolgd, waarover in dit themanummer wordt gerapporteerd. In deze variant gaat het om onderzoek rond leergangen op het gebied van het reken-wiskundeonderwijs. In dit themanummer treffen we nog een tweede, sterk verwante, variant van ontwikkelingsonderzoek aan (Hoek, in dit nummer), die zich richt op het leren van leraren. Die zullen we hier echter niet apart bespreken. Bij leergangen zijn we in eerste instantie geneigd te denken aan leermiddelen en handleidingen, maar het gaat uiteindelijk om de wijze waarop deze worden gebruikt. Wat beoogd wordt is immers het tot stand brengen van een bepaald leerproces.

Het doel van ontwikkelingsonderzoek is dan ook het ontwikkelen van theorieën over (leerstofspecifieke) leerprocessen. Een onderzoek van dit type richt zich op het ontwikkelen van een theorie over hoe het leren rond een bepaald onderwerp zou kunnen verlopen en hoe dit leerproces tot stand kan worden gebracht. In die zin verschilt de hier beschreven vorm van ontwikkelingsonderzoek van de variant die Van den Akker en collega's hebben ontwikkeld en die meer het karakter heeft van een algemene ontwerptheorie (Van den Akker, 1999).

Wanneer het om de rationale achter een leergang gaat, spreken we ook wel van een lokale onderwijstheorie, waarbij 'lokaal' verwijst naar een positie op de dimensie algemeen – specifiek. Naast algemene onderwijstheorieën onderscheiden we zo domeinspecifieke onderwijstheorieën, die betrekking hebben op een bepaald leerstofgebied (zoals bijvoorbeeld rekenen-wiskunde) en

lokale onderwijstheorieën die betrekking hebben op specifieke onderwerpen (zoals bijvoorbeeld optellen en aftrekken onder de twintig). De grondslag voor de samenhang tussen onderwijzen en leren vormt hier de gedachte dat de leerlingen hun eigen kennis construeren en dat de beïnvloeding hiervan door onderwijs slechts indirect kan plaatsvinden. Dit socio-constructivistische uitgangspunt sluit naadloos aan bij de domeinspecifieke onderwijstheorie voor realistisch reken-wiskundeonderwijs, die uitgaat van de idee van wiskunde als menselijke activiteit. Via deze activiteit van horizontaal en verticaal mathematiseren ontwikkelt de leerling zelf wiskunde. Het principe van geleid heruitvinden moet er daarbij voor zorgen dat de leerling conventionele wiskunde uitvindt. Een lokale onderwijstheorie bestaat in deze opzet uit twee componenten: de ene betreft de vraag hoe het leerproces waarmee een leerling zich een bepaald onderwerp eigen maakt zou kunnen verlopen en de andere betreft de vraag hoe we kunnen bevorderen dat dit proces daadwerkelijk optreedt.

We kunnen dit toelichten met een voorbeeld, de lokale onderwijstheorie voor het leren optellen en aftrekken onder de twintig. Bij het optellen en aftrekken onder de twintig is eerst gekeken naar hoe goede rekenaars rekenen (zie bijvoorbeeld Van Eerde, 1996; Groenewegen & Gravemeijer, 1988; Treffers, 1990; Gravemeijer, 1994). Die goede rekenaars blijken gebruik te maken van getalrelaties die ze goed kennen, zoals de dubbelen en de vijf- en de tienstructuur, om de gevraagde getalrelaties af te leiden. Zo wordt  $6 + 7$  bijvoorbeeld uitgerekend als  $6 + 6 + 1 = 12 + 1 = 13$  (gebruik dubbelen), of via  $6 = 5 + 1$  en  $7 = 5 + 2$ , dus  $6 + 7 = 5 + 1 + 5 + 2 = 10 + 3$  (gebruik vijfstructuur), of door uit te gaan van  $7 + 3 = 10$  en  $6 = 3 + 3$ , dus  $7 + 6 = 7 + 3 + 3 = 10 + 3$  (gebruik tienstructuur). Het veronderstelde leerproces nu verloopt van het tellen en structureren van hoeveelheden, via het ontwikkelen van eenvoudige getalrelaties, naar het afleiden van nieuwe getalrelaties uit bekende getalrelaties – met dubbelen en vijf- en tienstructuur als belangrijke steunpunten. Dit leerproces kan worden bevorderd door het werken met vingerbeelden – waarbij acht kan worden opgezet als  $5 + 3$ ,  $4 + 4$ , of

$2$  minder dan  $10$  – en het gebruik van het rekenrek (Treffers, 1990) als hulpmiddel om bekende getalrelaties te representeren en te combineren (zie Gravemeijer, Cobb, Bowers, & Whitenack, 2000, voor een uitgebreide beschrijving). De lokale onderwijstheorie voor het leren optellen en aftrekken onder de twintig beschrijft dus zowel het beoogde leerproces als de manier waarop dit leerproces kan worden gefaciliteerd. De lokale onderwijstheorie beschrijft niet de leergang zelf, maar de rationale voor de leergang.

Kenmerkend voor dit type ontwikkelingsonderzoek is verder dat men bij theorieën over hoe een bepaald leerproces tot stand gebracht kan worden, uitgaat van een holistische benadering van onderwijssituaties. Cobb, Confrey, diSessa, Lehrer, en Schauble (2003) proberen dit tot uitdrukking te brengen met de term *learning ecology*, die verwijst naar een complex systeem van gevarieerde, met elkaar interacterende elementen. Deze elementen betreffen zaken als de taken of opgaven die de leerlingen moeten maken, de aard van de interactie, de klassencultuur, het beschikbare materiaal en dergelijke. Een belangrijk element van ontwikkelingsonderzoek is het creëren en begrijpen van *learning ecologies*.

Daarmee raken we aan de twee centrale componenten van ontwikkelingsonderzoek: creëren en begrijpen. Deze twee componenten kunnen we verbinden met twee verschillende bronnen van ontwikkelingsonderzoek: curriculumontwikkeling en constructivistisch onderwijsonderzoek. De ene bron betreft innovatieve curriculumontwikkeling, waar het creëren van nieuw onderwijs de primaire drijfveer vormt. Het innovatieve karakter van dit ontwikkelwerk brengt echter met zich mee dat er weinig direct toepasbare theorieën voor handen zijn. Dit betekent in de praktijk dat er tijdens het ontwikkelwerk zelf op het innovatieve onderwijs toegesneden theorieën ontwikkeld worden. Ontwikkelingsonderzoek kan vanuit dit perspectief worden gezien als een systematisering en verwetenschappelijking van dit type ontwikkelwerk. In Nederland is binnen het Freudenthal Instituut aan deze verwetenschappelijking gewerkt<sup>1</sup>. De tweede bron betreft socio-constructivistisch onderzoek, waar de wens om

te begrijpen hoe onderwijsleerprocessen verlopen voorop staat. Socio-constructivistische analyses van conventioneel onderwijs leiden veelal tot negatieve adviezen: doe dit niet, doe dat niet. Uit de behoefte een alternatief te bieden ontstond de wens om innovatief onderwijs te ontwikkelen. Hierbij werd voortgebouwd op de eerder ontwikkelde *one-to-one teaching experiment methodology* (Cobb & Steffe, 1983), waarin een experimentele onderwijssituatie met één leerling en één leraar – in de persoon van de onderzoeker – wordt gebruikt om meer zicht te krijgen op het denken van de leerling. In een dergelijk onderwijsexperiment wordt gewerkt met een reeks van opdrachten, waarbij de leraar/onderzoeker zich terughoudend opstelt maar wel door middel van doorvragen en het vragen om uitleg zicht probeert te krijgen op het denken van de leerling. Deze methode van een één-op-één onderwijsexperimenten werd uitgebreid naar onderwijsexperimenten met één of meer klassen, om op die manier uit te kunnen vinden hoe een alternatief voor het conventionele reken-wiskundeonderwijs eruit zou kunnen zien.

Deze twee ontwikkelingen vormen de basis voor het ontwikkelingsonderzoek dat we hier beschrijven. Het onderwijsexperiment neemt hier een centrale plaats in. Een onderwijsexperiment bestaat uit drie fasen: een voorbereidingsfase, het onderwijsexperiment zelf en een retrospectieve analyse. We zullen deze fasen hierna één voor één toelichten. We richten ons daarbij, zoals gezegd, op ontwikkelingsonderzoek rond leergangen. Hierbij kan het ontwikkelen van een met de leergang samenhangende lokale onderwijstheorie het doel zijn, maar de leergang kan ook een middel zijn om een innovatieve *learning ecology* te creëren waarvan je bepaalde elementen wilt onderzoeken.

## 2 Voorbereidende fase

Een van de eerste stappen in de voorbereiding is het vaststellen van de einddoelen van de leergang. In het algemeen is het zo dat de wijze waarop de doelen voor een bepaald leerstofgebied geïnterpreteerd worden, bepaald wordt door zaken als traditie en de

gangbare toetsen. Deze doelen zullen dus niet zonder meer worden overgenomen. In plaats daarvan is een vakdidactische door-denkning gewenst waarin wordt nagegaan wat de werkelijke kern is van het desbetreffende leerstofgebied. Als voorbeeld kunnen we een analyse van de doelen van aanvankelijk statistiekonderwijs nemen (Gravemeijer, 2002; zie ook de bijdrage van Bakker in dit themanummer). Gangbaar is hier dat het onderwijs zich richt op statistische kengetallen als gemiddelde, mediaan, modus, kwartielen en spreiding, aangevuld met standaardrepresentaties als histogram en boxplot. De functie van deze kengetallen en representaties is echter het beschrijven van kenmerken van verdelingen van datapunten. Dan is het dus een voorwaarde dat de leerlingen een verdeling als een wiskundig object beschouwen dat bepaalde kenmerken heeft, die je vervolgens met kengetallen en representaties kunt beschrijven. Op basis van deze analyse kan worden besloten dat niet de kengetallen en representaties het primaire doel van het aanvankelijk statistiekonderwijs dienen te zijn, maar de notie van een verdeling als object.

Wanneer de beoogde doelen zijn vastgesteld kan worden gekeken naar de beginsituatie. De literatuur kan hiervoor de nodige aanwijzingen geven, maar daarnaast is eigen onderzoek vaak noodzakelijk. De interesse gaat hier niet zozeer uit naar wat leerlingen goed of fout doen, als wel naar statistische inzichten waarop kan worden voortgebouwd. Vervolgens kan worden begonnen aan een voorlopige uitlijning van de leergang, annex voorlopige theorie over een mogelijk leerproces en daarmee samenhangende ideeën over de manieren waarop de totstandkoming van dit leerproces zou kunnen worden bevorderd. Bij dit laatste dienen we te denken aan onderwijsactiviteiten, materialen en computerprogramma's enerzijds en ideeën over de rol van de leraar anderzijds. Dit geheel kunnen we opvatten als een voorlopige lokale onderwijstheorie over het desbetreffende onderwerp. Deze voorlopige theorie geeft richting aan het onderwijsexperiment, maar laat door het voorlopige karakter ook ruimte open voor aanpassingen aan de ervaringen die in het onderwijsexperiment worden opgedaan. Voor we tot de bespreking van het onderwijsexpe-

riment over gaan willen we echter nog twee punten bespreken.

Het eerste punt betreft het doel van het onderzoek. Vaak zal het ontwikkelen van een lokale onderwijstheorie een van de doelen van het onderzoek zijn. Maar tegelijkertijd kunnen er ook andere doelen worden nagestreefd, zoals meer zicht krijgen op de rol van de leraar bij dit type innovatief onderwijs, op de rol van symbolen en modellen, of op het gebruik van computer tools. Het vooraf expliciteren van het doel van het onderzoek is van belang met het oog op het tweede punt: het doordenken van de dataverzameling: welke data moeten er verzameld worden en hoe gaat dit gebeuren. Overigens kan het gebeuren dat onvoorziene, interessante onderzoeksthema's opkomen tijdens het onderwijsexperiment.

### 3 Het onderwijsexperiment

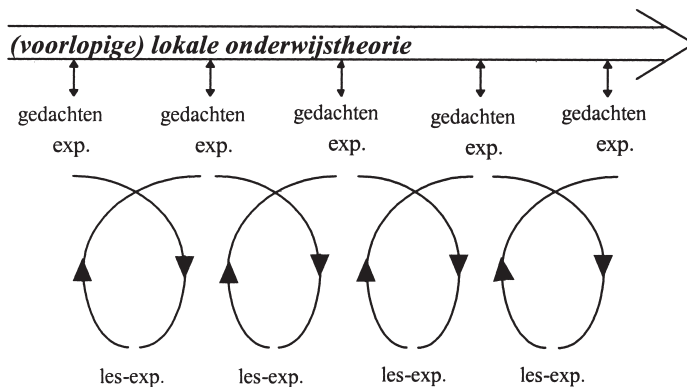
Alvorens het onderwijsexperiment zelf te bespreken, staan we eerst stil bij de terminologie. Binnen de onderwijskunde wordt bij het woord experiment al snel gedacht aan een experimenteel of quasi-experimenteel onderzoeksdesign waarin twee of meer groepen met elkaar worden vergeleken, maar bij een experiment hoeft geen sprake te zijn van een vergelijking. Zo zijn experimenten in de natuurkunde zelden vergelijkend. In het geval van ontwikkelingsonderzoek is het experiment bedoeld om (a) te onderzoeken hoe de voorlopige lokale onderwijstheorie verbeterd kan worden en (b) processen die zich binnen dit experiment afspelen beter te begrijpen. Meer algemeen kan worden gesteld dat het bij ontwikkelingsonderzoek gaat om het ontwikkelen van een empirisch gefundeerde theorie over hoe de interventie werkt.

De kern van het onderwijsexperiment wordt gevormd door een cyclisch proces van ontwerpen en uitproberen. Elke les vormt een onderdeel van een micro-ontwerpcyclus die bestaat uit het anticiperen op wat er in die les gaat gebeuren in de vorm van een gedachte-experiment, de les zelf, die het karakter heeft van een toetsend lesexperiment, en een reflectie op het geheel die tot een nieuw gedachte-experiment en lesexperiment leidt.

Op zich kan hier een vergelijking worden gemaakt met de bekende empirische cyclus van het testen en bijstellen van hypothesen. Een complicatie is echter wel dat de nieuwe lesexperimenten in dezelfde proefgroep worden uitgevoerd. Bovendien kenmerkt de micro-ontwerpcyclus zich door hypothesen die niet alleen de waarneembare effecten betreffen, maar ook de daaraan ten grondslag liggende processen – een aspect waar we nog op terugkomen bij het bespreken van de idee van procesgerichte causaliteit.

We kunnen deze micro-ontwerpcyclus van gedachte-experiment en lesexperiment toelichten met Simons (1995) analyse van wat hij constructivistisch onderwijs noemt. Het constructivisme creëert een probleem voor de onderwijsgevende, omdat we ervan uit moeten gaan dat de leerling zijn of haar kennis zelf construeert. Hoe kun je dit proces dan nog sturen? Als oplossing voor dit probleem introduceert hij – op basis van een analyse van zijn eigen onderwijsgedrag – het hypothetisch leertraject, waarmee de leraar in zijn lesvoorbereiding anticipeert op de leerprocessen die zouden kunnen gaan optreden. Dit hypothetische leertraject omvat verwachtingen over de mentale activiteiten van de leerling wanneer deze aan de geplande onderwijsactiviteiten deelneemt en over de bijdrage die deze mentale activiteiten kunnen leveren aan het bereiken van de beoogde leerdoelen. Uiteraard zal in de praktijk moeten blijken of deze verwachtingen uitkomen, vandaar het hypothetische karakter. De leraar zal tijdens de uitvoering van de onderwijsactiviteit op zoek gaan naar aanwijzingen of de verwachte mentale activiteiten zich wel of niet voordoen. Bovendien dient hij of zij een open oog te houden voor onverwachte aanpakken of redeneringen. Deze observaties en analyses zullen in veel gevallen leiden tot een bijstelling van het hypothetisch leertraject. Simon (1995) spreekt in dit verband van een *mathematical teaching cycle*. Een micro-ontwerpcyclus komt dan overeen met een *mathematical teaching cycle* voor één les.

Een onderwijsexperiment bestaat uit een serie van zulke micro-ontwerpcycli, waarin allerhande veronderstellingen over het leerproces en de ondersteuning daarvan getoetst worden (zie Figuur 1). De voorlopige lokale



Figuur 1. Micro-ontwerpcycli

onderwijstheorie stuurt dit proces. De gedachte-experimenten hebben immers betrekking op een keuze van onderwijsactiviteiten op basis van verwachtingen over de bijdrage die kan worden geleverd aan het bereiken van bepaalde doelen. Anders gezegd, die keuzes gaan uit van een theorie over het leerproces en de middelen waarmee dit leerproces kan worden ondersteund, de voorlopige lokale onderwijstheorie. Tegelijkertijd wordt deze theorie beïnvloed door de uitkomsten van de lesexperimenten. Er is dus een reflexieve relatie tussen de micro-ontwerpcycli en de voorlopige lokale onderwijstheorie. Het cyclische proces van anticiperen, observeren, analyseren en reflecteren op onderwijsactiviteiten vormt de kern van het onderzoeksproces. Het expliciteren en vastleggen van de gehanteerde veronderstellingen, de empirische bevindingen en de rationale voor de bijstellingen vormen dan ook een belangrijk onderdeel van het ontwikkelingsonderzoek. In de praktijk zal het overigens niet altijd mogelijk zijn om de onderwijsactiviteiten van dag tot dag grondig bij te stellen en zullen de bijstellingen soms beperkt blijven tot een aangepaste uitvoering van de eerder ontworpen activiteiten. Er kan dan gekozen worden voor herhaalde uitvoeringen van een op onderdelen aangepast onderwijsexperiment. Voor de analyse kan het geheel echter nog steeds worden opgevat als een reeks van micro-ontwerpcycli.

De dataverzameling zal meer omvatten dan registratie van wat er zich in het onderwijsleerproces afspeelt. Om het cyclische proces van anticiperen, observeren, analy-

seren en reflecteren – dat de kern van het onderwijsexperiment vormt – volledig te beschrijven, zal ook het denken van de onderzoeker of het onderzoeksteam zo goed mogelijk moeten worden vastgelegd. De onderzoeker kan onder meer voor- en nabesprekingen van lessen protocolleren en, in het geval van een onderzoeksteam, audio-opnamen maken van de projectbijeenkomsten. De dataverzameling zal verder onder meer bestaan uit video-opnamen van de lessen, leerlingmateriaal, toetsen en eventuele pre- en postinterviews met leerlingen, aangevuld met al dan niet systematische observaties en logboekantekening van de lessen. Daarnaast kunnen er nog specifieke data nodig zijn om aanvullende onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden. Een methodiek die zeer bruikbaar is gebleken is die van de mini-interviews (Bakker, 2004; Drijvers, 2003). De onderzoeker die de lessen observeert, heeft een minidiskrecorder bij zich, die hij of zij gebruikt om de leerlingen tijdens de les kort te interviewen over vooraf geselecteerde activiteiten. Terzijde kan hierbij worden opgemerkt dat de vragen uiteraard invloed op het leerproces kunnen hebben. Dit betekent dat deze interventies dienen te worden opgevat als een onderdeel van de interventie en als zodanig moeten worden meegenomen in de analyse.

Een nauw met de dataverzameling samenhangende kwestie is die van de interpretatie van de data. In kwantitatief onderzoek wordt de relatie tussen de empirische verschijnselen en de interpretatie daarvan uitgewerkt in de operationalisering van de relevant geachte variabelen. Ook in ontwikkelingsonderzoek

dient expliciet gemaakt te worden hoe de onderzoeker de waarnemingen vertaalt. Het gaat immers om complexe zaken als het interpreteren van wat zich allemaal in een klas afspeelt. De onderzoeker kan dit interpretatieproces toegankelijk en beoordeelbaar maken voor buitenstaanders door zijn of haar interpretatieve framework expliciet te maken.

Een voorbeeld van zo'n interpretatief framework is het zogeheten *emergent perspective* van Cobb en Yackel (1996), dat zich richt op de rollen en verwachtingen van leraar en leerlingen ten opzichte van elkaar. Uitgangspunt is dat het voor het interpreteren van uitspraken en gedragingen van leerlingen nogal uitmaakt of we mogen aannemen dat de leerlingen denken dat ze de antwoorden moeten geven die de leraar verwacht of dat ze hun eigen denken moeten verwoorden. Ook algemene leertheorieën en een domeinspecifieke onderwijstheorie zoals de realistische onderwijstheorie, kunnen als interpretatiekader dienen. Ten slotte kunnen theorieën als het (socio-)constructivisme een rol spelen als achtergrondtheorie. Overigens zullen veel van deze theorieën een dubbelrol spelen omdat ze niet alleen de interpretatie van wat er in de klas gebeurt sturen, maar ook een rol spelen bij het ontwikkelen en aanpassen van de lokale onderwijstheorie. Zo kan het vaststellen van het klassenklimaat met behulp van het interpretatieve framework van Cobb en Yackel een basis bieden om klassenobservaties te interpreteren, terwijl dit framework ook kan worden gebruikt om de klassencultuur te beschrijven die essentieel wordt geacht voor het realiseren van het beoogde onderwijs.

#### 4 De retrospectieve analyse

Een eerste opbrengst van het onderzoek bestaat uit een uitgewerkte leergang en een verbeterde onderwijstheorie. Vanwege de cumulatieve interactie tussen de data die worden verzameld en het ontwerpen van de onderwijsactiviteiten, zal het samenstellen van de optimale lokale onderwijstheorie echter het karakter van een reconstructie hebben. De lokale onderwijstheorie zal immers gebaseerd worden op de onderwijsactiviteiten waarvan

is gebleken dat ze de effectieve elementen van de leergang vormen, terwijl onderwijsactiviteiten die niet effectief bleken in principe verwijderd worden maar wel invloed zullen hebben gehad op het leerproces. Deze reconstructie steunt primair op de observaties en reflecties van de onderzoekers. Dit proces van observeren en reflecteren betreft, wat nauwkeuriger geformuleerd, het toetsen en bijstellen van theorieën over hoe het leren van de leerlingen verloopt en hoe dit kan worden ondersteund. Dit toetsen en bijstellen gebeurt in de eerste ronde gedurende het onderwijsexperiment. Tijdens de retrospectieve analyse zullen de verzamelde data echter opnieuw geanalyseerd worden, op zoek naar patronen die de ontwikkeling van de leerlingen kunnen verklaren. Methoden van data-analyse die hier worden gebruikt, zijn verwant aan de constant comparatieve methode van Glaser en Strauss (1967).

De beoogde opbrengst van het onderzoek is primair de theorie, niet de leergang als zodanig, maar de theoretische onderbouwing daarvan. Er wordt niet gemikt op een curriculum dat op een voorgeschreven manier kan worden uitgevoerd in andere klassen. Nog afgezien van de vraag of volledige replicatie wenselijk zou zijn, is dat niet reëel. In de praktijk zullen leraren het onderwijs immers steeds moeten aanpassen aan wat de leerlingen aan inzicht ontwikkelen. Vanuit een oogpunt van bruikbaarheid wordt daarom gestreefd naar een theorie die informeert over het leerproces en de ondersteuning daarvan, en niet naar kant-en-klare interventies. Zo'n informatieve theorie biedt leraren de ruimte voor aanpassingen. De leraren kunnen de opbrengst van ontwikkelingsonderzoek opvatten als hypothese die ze in de eigen klas kunnen beproeven en aanpassen. In die zin kunnen we spreken van voortgezet ontwikkelingsonderzoek en idealiter worden de ervaringen van de leraren ook weer teruggekopieerd naar de onderzoekers.

De theorie waar het hierboven om gaat betreft de lokale onderwijstheorie. Ontwikkelingsonderzoek kan echter ook andere onderzoeksdoelen hebben dan het ontwikkelen van een lokale onderwijstheorie. Het kan bijvoorbeeld ook gaan om het begrijpen van de rol die de klassencultuur speelt, of van de rol van



de leraar bij het tot stand brengen van een gewenste klassencultuur, of bijvoorbeeld van de rol van symbolen en modellen. Ook hier zal het gaan om een informatieve theorie die inzicht geeft in hoe bepaalde aspecten zich ontwikkelen en hoe deze het onderwijsleerproces beïnvloeden, of kunnen ondersteunen.

## 5 Macrocycli

Een van de uitkomsten van de retrospectieve fase kan zijn dat een herhaling van het onderwijsexperiment geïndiceerd is. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer blijkt dat de gehanteerde uitgangspunten niet houdbaar zijn of wanneer mogelijk productieve, alternatieve uitwerkingen een nieuw experiment rechtvaardigen. Zo ontstaan macro-ontwerpicycli waarin het hele onderzoeksproces in een nieuwe klas wordt herhaald. De toegevoegde waarde van dergelijke macro-ontwerpicycli past bij het bescheiden karakter van de claims die horen bij een individueel onderwijsexperiment. De kracht ligt in het cumulatieve karakter van de methode. In de eerste plaats versterken de macrocycli de lokale onderwijstheorie die daarmee steeds verder ontwikkeld wordt. Dit hoeven niet altijd sterk gewijzigde ontwerpen te betreffen. Zo worden de resultaten van ontwikkelingsonderzoek vaak door anderen gebruikt om hetzelfde experiment nog eens over te doen; soms in een iets andere setting, met een ander type leerlingen, of met iets andere accenten. Daarbij gaat het niet altijd om strak en precies uitgevoerd onderzoek, maar gezamenlijk kunnen dergelijke ervaringen de uitkomsten van ontwikkelingsonderzoek wel versterken en verbreden; verbreden in de zin dat er meer inzicht ontstaat in welke aanpassingen er in bepaalde situaties wenselijk zijn. In die zin kunnen we spreken van een versterking van de ecologische validiteit. Het kan echter ook een bewuste strategie zijn om hetzelfde experiment meerdere keren te herhalen. Het onderzoek van Bakker (2004) is hier een voorbeeld van.

De opbrengst van ontwikkelingsonderzoek kan ook cumulatief zijn door te kapitaliseren op een reeks onderwijsexperimenten binnen een bepaald onderzoeksprogramma.

Zo zijn er onder de noemer realistisch reken-wiskundeonderwijs tal van leerstofspecifieke, maar op dezelfde uitgangspunten gebaseerde onderwijsexperimenten uitgevoerd, die de basis vormen voor het ontwikkelen van een meer algemene, maar toch domeinspecifieke theorie – specifiek voor het domein van het (realistisch) reken-wiskundeonderwijs. Zo werd het principe van het zogeheten progressief mathematiseren door Treffers (1987) uitgewerkt op basis van een retrospectieve analyse van verscheidene lokale onderwijstheorieën, terwijl het idee van *emergent* modelleren is uitgewerkt aan de hand van een reeks van onderwijsexperimenten (Gravemeijer, Cobb, Bowers, & White-nack, 2000). Ten slotte kan de domeinspecifieke theorie weer benut worden in nieuwe ontwikkelingsonderzoeksprojecten, die een bijdrage kunnen leveren in een verdere ontwikkeling van deze meer algemene theorie over realistisch reken-wiskundeonderwijs.

## 6 Methodologische overwegingen

De beoogde opbrengst van dit type onderzoek bestaat zoals gezegd uit theorieën over hoe het leren van de leerlingen verloopt en hoe de voorgestelde onderwijsactiviteiten kunnen helpen om dit leerproces tot stand te laten komen. De onderbouwing is niet zozeer gelegen in kwantitatieve gegevens over de prestaties van de leerlingen aan het begin en eind van de leergang, maar in een empirisch gefundeerde rationele analyse. Het gaat daarbij niet om het vaststellen van causale relaties tussen geïsoleerde variabelen, maar om een beter begrip te krijgen van de eigenlijke interventie door de onderliggende mechanismen bloot te leggen. In navolging van Maxwell (2004) kunnen we in dit verband spreken van ‘procesgerichte causaliteit’. Deze maakt een onderscheid tussen twee verschillende manieren van vaststellen van causale relaties, één waarbij causaliteit wordt verbonden met waargenomen regelmatigheden en één die meer procesgericht is. In de procesgerichte benadering wordt causaliteit volgens hem geconcipieerd als inzicht in de causale mechanismen die ervoor zorgen dat een bepaalde combinatie van omstandigheden

tot bepaalde gevolgen leidt. Hierbij verwijzen de causale mechanismen naar “the mechanisms through which and the conditions under which that causal relationship holds” (Shadish, Cook, & Campbell, 2002, geciteerd in Maxwell, 2004, p. 4). Hij voegt hieraan toe dat een causale verklaring binnen de procesgerichte benadering in principe kan worden vastgesteld aan de hand van de bestudering van één geval. Wel zal men op het niveau van causale mechanismen binnen leerprocessen – die men slechts indirect kan vaststellen – informatie over meerdere leerlingen willen hebben. Op het niveau van het onderwijsexperiment is er echter wel sprake van een enkele casus.

De onderzochte situatie wordt opgevat als een specifiek geval, als een paradigmatische casus van een bepaald type verschijnselen. De notie van een paradigmatische casus is nauw verbonden met het idee van generaliseerbaarheid, hoewel niet in de zin van het generaliseren over verschillende gevallen door af te zien van de specifieke kenmerken van de individuele gevallen. In plaats daarvan wordt de generaliseerbaarheid gezocht in het theoretische model dat wordt ontwikkeld om deze specifieke casus te kunnen begrijpen. Het is dit theoretische model dat relevant wordt geacht voor het begrijpen van andere casussen. De idee is dat het juist het begrijpen van de onderzochte onderwijs-leersituatie is, dat je in staat stelt om andere onderwijs-leersituaties te begrijpen.

De data-analyse die gericht is op het begrijpen van een paradigmatische casus heeft een eigenstandig karakter. Claims worden in dit geval gebaseerd op een grondige, systematische, retrospectieve analyse van alle data die tijdens het onderwijsexperiment zijn verzameld. Om de geloofwaardigheid van de analyse te waarborgen, dienen alle fasen van deze analyse te worden vastgelegd. Dit laatste omvat ook beschrijvingen van het aanpassen van oorspronkelijke vermoedens en het verwerven van oorspronkelijke vermoedens. De empirische fundering van de uiteindelijke claims en beweringen kan dan worden gecontroleerd door de weg terug te volgen door de verschillende niveaus van analyse.

Methodologisch gezien kan worden aangesloten bij de gangbare methoden van meer

kwalitatief, etnografisch onderzoek (Smaling, 1987). Betrouwbaarheid wordt hier verbonden met virtuele herhaalbaarheid. Virtuele herhaalbaarheid wil hier zeggen dat er op een zodanige wijze verslag wordt gedaan van het onderzoek, dat het onderzoeksproces door andere onderzoekers gereconstrueerd kan worden en navolgbaar is. Smaling spreekt in dit verband van ‘trackability’. De onderzoekers kunnen verder de validiteit van hun oordelen en interpretaties vergroten, door serieus te zoeken naar tegenvoorbeelden en alternatieve verklaringen, of door een buitenstaander te vragen de rol van ‘advocaat van de duivel’ te spelen. Een belangrijke toevoeging die we hierboven presenterden is het expliciet maken van het interpretatieve framework. Dit geeft de buitenstaander immers informatie over hoe de data zijn geïnterpreteerd.

## 7 Besluit

Ontwikkelingsonderzoek kenmerkt zich door de combinatie van begrijpen en creëren; het gaat om het creëren van innovatieve onderwijsleersituaties, of *learning ecologies*, die in het onderzoek tot stand worden gebracht om ze te kunnen bestuderen. Een van de kenmerken is dat het onderzoek plaatsvindt in reële praktijksituaties en probeert recht te doen aan de complexiteit van de onderwijspraktijk. Die complexiteit wordt ook in de verslaggeving betrokken, specifieke omstandigheden worden expliciet gemaakt en waar mogelijk wordt verhelderd welke invloed deze specifieke omstandigheden hebben gehad. Dit resulteert vaak in zogeheten *thick descriptions*. Het idee is dat hiermee ook tegemoet kan worden gekomen aan een hardnekkig probleem bij onderwijsonderzoek: de kloof tussen theorie en praktijk. We kunnen dit toelichten met het onderscheid dat Kessels en Korthagen (1996) aanbrengen tussen wetenschappelijke kennis, die ze aanduiden met het Griekse woord *epistème*, en meer narratieve praktijkkennis, waarvoor ze het woord *phronèse* gebruiken. Kenmerkend voor ontwikkelingsonderzoek is dat geprobeerd wordt om zowel wetenschappelijke als narratieve kennis op te leveren en om de sa-



menhang daartussen te laten zien. We moeten daar wel een relativerende opmerking bij maken. Hoewel het theorie-praktijkprobleem met ontwikkelingsonderzoek kan worden verkleind, is de problematiek van het implementeren van een vernieuwing daarmee nog niet opgelost. Zeker niet wanneer het experimentele onderwijs sterk verschilt van de gangbare praktijk.

## Noot

- 1 Een vergelijkbare ontwikkeling vond plaats in de natuurwetenschappen (Lijnse, 1987).

## Literatuur

- Akker, J. van den (1999). Principles and methods of development research. In J. van den Akker, R. M. Branch, K. Gustafson, N. Nieveen & T. Plomp (Eds.), *Design approaches and tools in education and training*. (pp. 1-14). Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Akker, J. van den, Gravemeijer, K., McKenney, S., & Nieveen, N. (Eds.) (2006). *Educational design research*. London: Routledge, Taylor Francis Group.
- Bakker, A. (2004). *Design research in statistics education: On symbolizing and computer tools*. Utrecht: CD-β-Press.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher*, 32(1), 9–13.
- Cobb, P., & Steffe, L. P. (1983). The constructivist researcher as teacher and model builder. *Journal for Research in Mathematics Education*, 14, 83-95.
- Cobb, P., & Yackel, E. (1996). Constructivist, emergent, and sociocultural perspectives in the context of developmental research. *Educational Psychologist*, 31, 175-190.
- Drijvers, P. (2003). *Learning algebra in a computer algebra environment: Design research on the understanding of the concept of parameter*. Utrecht: CD-β-Press.
- Eerde, H. A. A. van (1996). *Kwantiwijzer. Diagnostiek in reken-wiskundeonderwijs*. Tilburg: Zwijssen.
- Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. New York: Aldine.
- Gravemeijer, K. (1994). *Developing realistic mathematics education*. Utrecht: CdB press.
- Gravemeijer, K. (2002). Developmental research, a course in elementary data analysis as an example. In: F. Lin (Ed.), *Common sense in mathematics education* (pp. 43-68). Taipei, Taiwan: National Taiwan Normal University.
- Gravemeijer, K., & Cobb, P. (2006). Design research from a learning design perspective. In J. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney, & N. Nieveen (Eds.), *Educational design research* (pp. 17-51). London: Routledge, Taylor Francis Group.
- Gravemeijer, K., Cobb, P., Bowers, J., & Whitenack, J., (2000). Symbolizing, modeling, and instructional design. In P. Cobb, E. Yackel, & K. McClain (Eds.), *Communicating and symbolizing in mathematics: Perspectives on discourse, tools, and instructional design* (pp. 225-273). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Groenewegen, J. K. A., & K. P. E. Gravemeijer. (1988). *Het leren van de basisautomatismen voor optellen en aftrekken*. Rotterdam: project OSM.
- Kessels, J. P. A. M., & Korthagen, F. A. J. (1996). The relation between theory and practice: Back to the classics. *Educational Researcher*, 25, 17-22.
- Lijnse, P. L. (1987). Onderzoek, ontwikkeling en ontwikkelingsonderzoek: in en na het PLON. *Panama-Post. Tijdschrift voor nascholing en onderzoek van het reken-wiskundeonderwijs*, 6(1), 35-43.
- Maxwell, J. A. (2004). Causal explanation, qualitative research, and scientific inquiry in education. *Educational Researcher*, 33(2), 3-11.
- Shadish, W. R., Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Boston: Houghton Mifflin.
- Simon, M. A. (1995). Reconstructing mathematics pedagogy from a constructivist perspective. *Journal for Research in Mathematics Education*, 26, 114-145.
- Smaling, A. (1987). *Methodologische objectiviteit en kwalitatief onderzoek*. Lisse: Swets en Zeitlinger.
- Treffers, A. (1987). *Three dimensions. A model of goal and theory description in mathematics*

*education. The Wiskobas Project.* Dordrecht: Reidel.

Treffers, A. (1990). Rekenen tot twintig met het rekenrek. *Willem Bartjens*, 10(1), 35-45.

Manuscript aanvaard: 20 juli 2007

## Auteurs

**Koeno Gravemeijer** is hoogleraar Domeinspecifieke onderwijstheorieën rekenen-wiskunde aan het Freudenthal Instituut en aan het Langeveld Instituut (Universiteit Utrecht).

**Paul Cobb** is professor of Mathematics Education aan Vanderbilt University, Nashville (USA) en adjunct-professor of Education aan Southern Cross University, Lismore (Australia).

*Correspondentieadres:* K. Gravemeijer, Freudenthal Instituut, Universiteit Utrecht, Postbus 9432, 3506 GK Utrecht. E-mail: K.Gravemeijer@fi.uu.nl.

## Abstract

### **Design research as a method for research on instructional sequences**

In this article we discuss the research method – known as design research – that was applied in a number of the research projects reported in this special issue. This concerns a method for research on instructional sequences, which has been elaborated in a series of design experiments that were carried out by the two authors in the field of mathematics education. The goal of this type of design research is to develop theories about the learning process on a given topic and on how this learning process might be supported and organized. The core of this type of design research is formed by classroom teaching experiments, which are preceded by a preliminary design phase, and are followed by a phase of retrospective analysis. In this article, we describe these three phases, and we address the specific character of the goals of design research and the corresponding characteristics of the justification of the yield of design research.