

Ontwikkelingsonderzoek in uitvoering

J. Kortland & C.W.J.M. Klaassen – Flsme-nw | Universiteit Utrecht

Een introductie op de uitvoering van ontwikkelingsonderzoek
binnen het onderzoeksprogramma van het Flsme-nw



Mei 2009

Freudenthal Instituut voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen
Afdeling Natuurwetenschappen
Universiteit Utrecht

Ontwikkelingsonderzoek in uitvoering

Een introductie op de uitvoering van ontwikkelingsonderzoek binnen het onderzoeksprogramma van het Flsme-nw

Onderzoekskatern Flsme-nw 2009/oz_01
J. Kortland & C.W.J.M. Klaassen

© 2009 Flsme-nw | Universiteit Utrecht

Overname van (delen uit) deze publicatie met bronvermelding is mogelijk na toestemming van het Flsme-nw.

Flsme-nw | Universiteit Utrecht
Postbus 80.000
3508 TA Utrecht

Dr.ir. J. Kortland

☎ 030 253 4258

✉ j.kortland@uu.nl

Dr. C.W.J.M. Klaassen

☎ 030 253 1176

✉ c.w.j.m.klaassen@uu.nl

Ontwikkelingsonderzoek in uitvoering

J. Kortland & C.W.J.M. Klaassen – Flsme-nw | Universiteit Utrecht

Voorwoord

Opmerking

In dit onderzoekskatern wordt ervan uitgegaan dat de probleemstelling voor het ontwikkelingsonderzoek en de bijbehorende onderzoeksvraag bekend zijn.

Dit onderzoekskatern geeft een algemene beschrijving van de fasering van een ontwikkelingsonderzoek en de invulling van de verschillende fasen, waar mogelijk geïllustreerd door voorbeelden uit al uitgevoerd ontwikkelingsonderzoek. Zowel de algemene beschrijving als de voorbeelden zijn ontleend aan het ontwikkelingsonderzoek zoals dat is uitgevoerd in wat nu het Freudenthal Instituut afdeling Natuurwetenschappen (Flsme-nw) heet.

Het doel van dit onderzoekskatern is het bieden van ondersteuning aan beginnende aio's bij een efficiënte uitlijning en uitvoering van hun ontwikkelingsonderzoek en het bieden van ondersteuning aan de daarbij betrokken stafleden bij het versterken van de samenhang binnen het onderzoeksprogramma van het Flsme. Het katern is daarnaast mogelijk ook bruikbaar voor studenten die hun bachelor- en/of masteronderzoek bij het Flsme uitvoeren. Voor een dergelijke ondersteuning is echter meer nodig dan alleen dit katern. Dat betekent dan ook dat dit katern niet meer is dan de start van een voorgenomen serie katernen over ontwikkelingsonderzoek.

De algemene beschrijving van de fasering van een ontwikkelingsonderzoek en de invulling van de verschillende fasen is gebaseerd op ervaringen met ontwikkelingsonderzoek gericht op lesmodules voor het voortgezet onderwijs in de natuurwetenschappelijke vakken. De in dit katern gebundelde ervaringen kunnen dan ook op zijn minst retrospectief worden ingezet voor een reflectie op de kwaliteit van vergelijkbaar afgerond en/of lopend ontwikkelingsonderzoek, maar zijn mogelijk ook prescriptief bruikbaar als richtinggevende aandachtspunten voor vergelijkbaar nieuw ontwikkelingsonderzoek. Daarnaast zijn deze ervaringen mogelijk ook bruikbaar op andere terreinen, zoals ontwikkelingsonderzoek gericht op scholingstrajecten voor docenten.

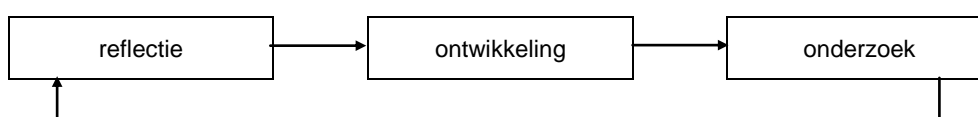
Ten slotte moet worden opgemerkt dat dit onderzoekskatern niet meer biedt dan – zoals hierboven al enkele malen gesteld – een 'algemene beschrijving van de fasering van een ontwikkelingsonderzoek en de invulling van de verschillende fasen'. Over het grootste deel van het werk in een ontwikkelingsonderzoek – het tot in de kleinste details ontwerpen van een lesmodule (of een scholingstraject) op het niveau van onderwijsleeractiviteiten en opdrachten met het bijbehorende scenario – zegt dit onderzoekskatern niets. Dat blijft voor elk nieuw onderwerp een kwestie van 'ploeteren'.

Mei 2009 | Koos Kortland & Kees Klaassen

De fasering van ontwikkelingsonderzoek

Het doel van ontwikkelingsonderzoek (developmental research) of ontwerp onderzoek (design research) is *domeinspecifieke vakdidactische theorievorming*: op welke manier kan onderwerp X worden onderwezen, zodanig dat de gestelde leerdoelen in voldoende mate worden bereikt? Het middel om dat doel te bereiken is het op grond van theoretische inzichten ontwikkelen van lesmateriaal en het onderzoeken van het functioneren van dat lesmateriaal in de lespraktijk. Om het onderwijsleerproces te optimaliseren is meestal meer dan één ronde van ontwikkelingsonderzoek nodig.

Ontwikkelingsonderzoek is daarmee een cyclisch proces van *reflectie, ontwikkeling en onderzoek* (Gravemeijer, 1994; Lijnse, 1995; Cobb *et al*, 2003) zoals weergegeven in figuur 1: een eerste fase van theoretische reflectie op de gewenste inhoud en het gewenste verloop van het onderwijsleerproces, gevolgd door een tweede fase van kleinschalige lesmateriaalontwikkeling en inscholing van docenten, en afgesloten met een derde fase van onderzoek naar het functioneren van dat lesmateriaal in de lespraktijk.



Figuur 1 – De fasering van ontwikkelingsonderzoek.

De opbrengst van de derde fase vormt een startpunt voor de reflectiefase van de volgende cyclus in het ontwikkelingsonderzoek.

Hierbij moet alvast worden opgemerkt dat de verschillende fasen van een ontwikkelingsonderzoek niet altijd even scherp van elkaar te onderscheiden zijn en dat het proces zich kenmerkt door een 'heen-en-weer denken' tussen de verschillende fasen.

Regelmatig blijkt dat de eerste cyclus van een ontwikkelingsonderzoek – en dan met name de reflectie- en ontwikkelingsfase daarin – op een nogal intuïtieve manier wordt aangepakt, waardoor de opbrengst van deze cyclus niet veel meer is dan de constatering dat 'nog eens grondig moet worden nagedacht' over de uitgangspunten, inhoud en structuur van het lesmateriaal en over de door het lesmateriaal gestuurde didactische aanpak in de lespraktijk (Kortland, 2001; Engelbarts, 2008). Dat lijkt enigszins inefficiënt, zeker gezien de tijd die een aio voor zijn of haar ontwikkelingsonderzoek ter beschikking heeft – een tijd waarin meestal niet meer dan twee rondes van ontwikkeling en onderzoek passen.

Een start met een grondiger uitvoering van de reflectie- en ontwikkelingsfase lost dit probleem met de eerste cyclus van ontwikkelingsonderzoek niet helemaal op, maar vergroot waarschijnlijk wel de kans dat het ontwikkelingsonderzoek in twee cycli binnen de beschikbare tijd een bijdrage levert aan de bedoelde domeinspecifieke vakdidactische theorievorming.

De vraag is nu wat er in de drie fasen van de eerste cyclus van een ontwikkelingsonderzoek moet gebeuren.

Opmerking

De vraag wat 'domeinspecifieke vakdidactische theorievorming' is, vormt het onderwerp van het geplande onderzoekskatern *Ontwikkelingsonderzoek en vakdidactische theorievorming*.

1 De reflectiefase

In de eerste fase van een ontwikkelingsonderzoek gaat het allereerst om het expliciteren van een *visie* op 'goed natuurwetenschappelijk onderwijs', gevolgd door of in samenhang met het ontwikkelen van een onderwerpspecifieke *didactische structuur*.

Visie

De in dit onderzoekskatern gekozen visie op 'goed natuurwetenschappelijk onderwijs' is die van *educational constructivism*, nader uitgewerkt in de vorm van de *probleemstellende benadering* en de *cultuurhistorische benadering* – al dan niet in combinatie.

Hierbij moet worden opgemerkt dat deze keuze niet moet worden gezien als een door het Flsme-nw als instituut gemaakte keuze.

Educational constructivism – Deze visie op 'goed natuurwetenschappelijk onderwijs' is als volgt samengevat door Ogborn (1997, p. 131):

- The importance of the pupils' active involvement in thinking if anything like understanding is to be reached.
- The importance of respect for the child and for the child's own ideas.
- The design of teaching should give high priority to making sense to pupils, capitalising and using what they know and addressing difficulties that may arise from how they imagine things to be.

Het onderwijs zou leerlingen moeten stimuleren om zelf na te denken, en de daaruit voortkomende ideeën van leerlingen moeten waarderen en productief moeten gebruiken voor hun verdere kennis- en vaardigheidsontwikkeling.

Het probleem met een dergelijke visie is dat deze heel algemeen geformuleerd is, en dus geen concrete aanwijzingen geeft voor de uitwerking van iets als een onderwijsontwerp. Daarom zijn daarnaast binnen (verschillende delen van) het Flsme-nw wat meer concrete benaderingen van zo'n uitwerking gekozen: de *probleemstellende benadering* (of *problem-posing approach*) (Klaassen, 1995) en de *cultuurhistorische benadering* (of *cultural-historical approach*) (Van Aalsvoort, 2000). Beide benaderingen zijn ondergebracht in het deelprogramma *Context-based Science and Mathematics Education* van het Flsme onderzoeksprogramma 2008-2012.

Probleemstellende benadering – De kern van de probleemstellende benadering is leerlingen tijdens het onderwijsleerproces in een zodanige positie te brengen dat ze voortdurend weten waar ze mee bezig zijn en waarom. Of, met andere woorden: dat ze op inhoudelijke gronden intentioneel handelen (Klaassen, 1995) – met als achterliggend idee dat de leerlingen daardoor de leerstof beter zullen leren begrijpen. Dit probleemstellende karakter wordt allereerst bereikt door een *globale motivering* van het onderwerp X te geven. Daarbij krijgen de leerlingen een globaal zicht op waarom het onderwerp persoonlijk, maatschappelijk en/of wetenschappelijk van belang is, waarom het onderwerp voor hen (de leerlingen) van belang is, wat ze gaan leren en hoe ze dat gaan doen. Het resultaat daarvan moet zijn dat leerlingen met het bestuderen van onderwerp X willen beginnen (dus: daarvoor 'inhoudelijk gemotiveerd zijn'). Voordat nu echter een begin kan worden gemaakt met (de door de ontwerper gewenste) kennisuitbreiding, moet deze kennisuitbreiding eerst inhoudelijk worden gemotiveerd. Dat wordt bereikt door de leerlingen een probleemsituatie aan te

bieden (van praktische en/of theoretische aard) die enerzijds aanleiding geeft tot het oproepen en expliciteren van hun relevante voorkennis (van inhoudelijke en/of procedurele aard), maar die anderzijds met die geëxpliciteerde voorkennis niet volledig oplosbaar is. Dat vormt een *lokaal motief* voor kennisuitbreiding: welke kennis is nog nodig om de probleemsituatie aan te pakken? De leerlingen formuleren deze opgeroepen *kennisbehoefte* bij voorkeur zelf, maar moeten – als dat om uiteenlopende redenen (van bijvoorbeeld complexiteit of onbekendheid met het onderwerp) niet lukt – op zijn minst de door het lesmateriaal en/of de docent geformuleerde behoefte aan kennisuitbreiding wel als logisch kunnen herkennen en waarderen. En logisch is hier dan: een kennisuitbreiding die naar verwachting gaat leiden tot een oplossing van de probleemsituatie. Bij het op deze manier oproepen van een lokaal motief voor kennisuitbreiding wordt dus productief gebruik gemaakt van de (daardoor gewaardeerde) voorkennis van de leerlingen.

De ervaring leert dat het hierboven geschetste begin van een onderwijsleerproces heel lastig concreet is vorm te geven – zie ook de onderdelen 'didactische structuur' en 'lesmateriaal' later in dit katern. Maar als dat lukt, is het vormgeven aan de kennisuitbreiding en de toepassing van die uitgebreide kennis voor het doel waarvoor deze is uitgebreid (het oplossen van de gepresenteerde probleemsituatie) minder problematisch en zijn leerlingen zich – met enige sturing door het lesmateriaal en/of de docent in de vorm van terug- en vooruitblikken – voortdurend bewust van waarom ze wat doen.

Cultuurhistorische benadering – De kern van de cultuurhistorische benadering is leerlingen tijdens het onderwijsleerproces de uitvoering van een maatschappelijke activiteit (zoals het maken van een product, het uitvoeren van een kwaliteitscontrole) te laten simuleren – met als achterliggend idee dat de leerlingen daardoor de leerstof als relevant of op zijn minst relevanter zullen ervaren. In de cultuurhistorische benadering gaat het, met andere woorden, om het nadoen van wat een expert doet, zij het in een aan het onderwijs aangepaste en vereenvoudigde praktijksituatie. Dus: in een gedidactiseerde versie van een authentieke handelingspraktijk. Hulpmiddelen bij het vormgeven van het onderwijsleerproces zijn het doel van zo'n handelingspraktijk, de daarin gehanteerde karakteristieke denk- en werkwijze(n) en de criteria waaraan het proces en het product in die handelingspraktijk moeten voldoen. Daarnaast kan in een authentieke handelingspraktijk sprake zijn van een combinatie van experts op verschillende terreinen, wat aanleiding kan geven tot het toedelen van verschillende rollen aan leerlingen in het onderwijsleerproces.

De cultuurhistorische benadering is te zien als een specifieke vorm van de *context-concept-context* benadering (of context-based approach) van het onderwijs in de natuurwetenschappelijke vakken – een benadering die ook in het Nederlandse voortgezet onderwijs al een lange traditie heeft (Eijkelhof & Kortland, 1988; Kortland, 2005). In de cultuurhistorische benadering wordt het brede begrip context als een praktijksituatie uit het dagelijks leven waarmee op de een of andere manier natuurwetenschappelijke kennis in verband te brengen is ingeperkt tot de praktijk van professionals die werkzaam zijn op het gebied van natuurwetenschap en technologie.

Didactiseren van handelingspraktijken – Beide benaderingen – de probleemstellende en de cultuurhistorische – zijn in eerste instantie los van elkaar ontwikkeld, maar later aan elkaar gekoppeld (Klaassen, 2005; Kortland, 2007) en uitgewerkt tot een schets van een onderzoeksprogramma (Klaassen, 2006) – een koppeling die ook in het deelprogramma *Context-based Science and Mathematics Education* van het FIsme onderzoeksprogramma 2008-2012 zichtbaar is. De kern daarvan is dat authentieke handelingspraktijken een rijke bron van inspiratie kunnen vormen voor het uitwerken van een probleemstellende benadering. Het doel van een authentieke handelingspraktijk is (gedeeltelijk) om te vormen tot een voor leerlingen herkenbaar en te waarderen *doel* in de beginfase van het onderwijsleerproces – de fase van globale motivering dus. Daarop aansluitend zijn de in een authentieke handelingspraktijk gehanteerde *karakteristieke denk- en/of werkwijze(n)* – als leerlingen daarmee rudimentair bekend zijn – bruikbaar om hen een globaal beeld te geven van wat ze gaan doen en hoe ze dat gaan doen. Of, met andere woorden: de intuïtieve ideeën van leerlingen over een voor de betreffende handelingspraktijk karakteristieke denk- en/of werkwijze kunnen dienst gaan doen als *advance organiser* (Ausubel, 1968) waarmee ze een dragend en sturend element gaan vormen voor het leerproces van de leerlingen. Dit dragende en sturende karakter van zo'n karakteristieke denk- en/of werkwijze komt ook tot uitdrukking bij het oproepen van lokale motieven: het zetten van bijvoorbeeld een stap in de uitvoering van een (voor leerlingen nog intuïtieve) karakteristieke procedure vraagt om bepaalde, voor die stap *functionele natuurwetenschappelijke kennis en/of vaardigheden* – waarbij leerlingen zich realiseren dat hun voorkennis voor het zetten van die stap niet toereikend is, maar zich tegelijkertijd daardoor ook wel een beeld vormen van de richting waarin die voorkennis moet worden uitgebreid. Waarna de leerlingen hun kennis kunnen uitbreiden om het zetten van

Opmerking

De koppeling tussen de probleemstellende en de cultuurhistorische benadering zal nader worden uitgewerkt in het geplande onderzoekskatern *Didactische structuren in ontwikkeling*.

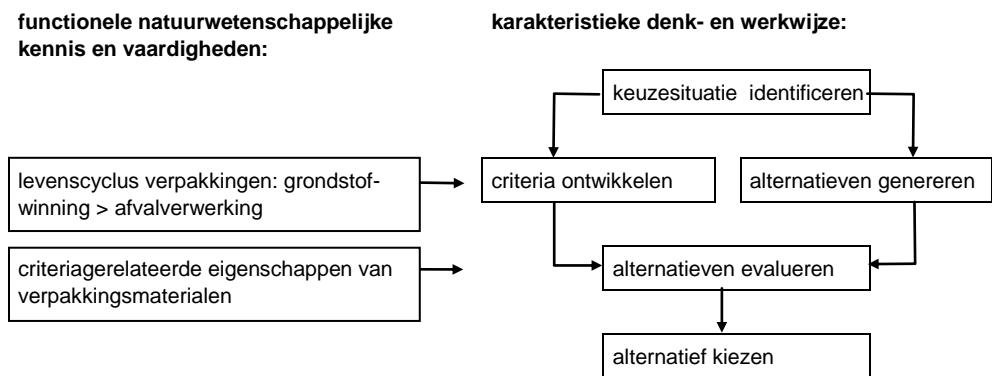
die stap te kunnen afronden.

Voorbeelden van een uitwerking van deze ideeën zijn het ontworpen lesmateriaal over verpakingsafval (Kortland, 2001) en over waterkwaliteitsbeoordeling (Westbroek, 2005), waarin de dragende en sturende elementen bestaan uit een in de betreffende leefwereld-respectievelijk beroepspraktijk gehanteerde basale denkwijze en (vooral) een karakteristieke procedure. Een derde voorbeeld is het ontwikkelde en nog in ontwikkeling zijnde lesmateriaal over bewegingsverklaring in de mechanica, gebaseerd op een wetenschappelijke praktijk waarin een karakteristieke denkwijze wordt gehanteerd (Westra, 2006; Klaassen *et al*, 2008), maar waarin ook een karakteristieke procedure herkenbaar is.

De dragende en sturende elementen van deze lesmaterialen worden hieronder kort beschreven.

Verpakkingsmaterialen

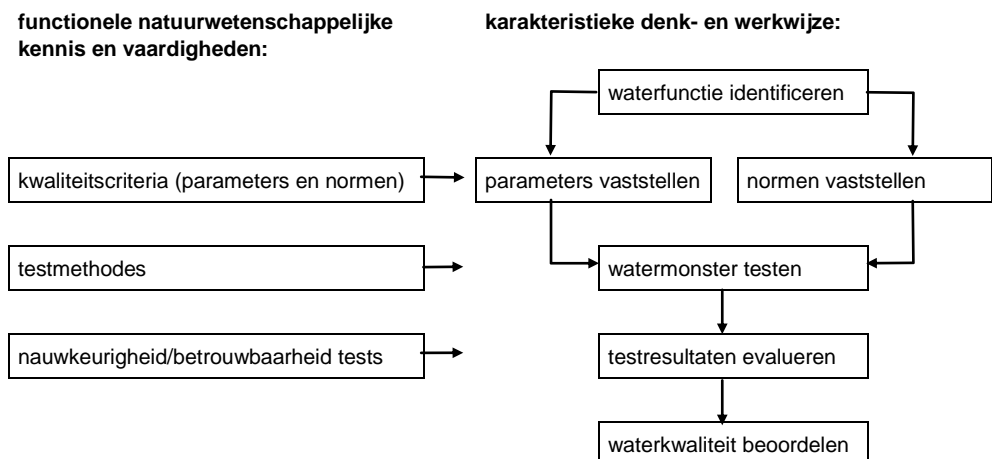
Deze module kan gezien worden als een – hoewel dat destijds niet bewust de bedoeling is geweest – gedidactiseerde leefwereldpraktijk over het omgaan met huishoudelijk verpakingsafval. De met die praktijk verbonden conatie (dat wat een actor – in dit geval de leerling – nastreeft) is het willen bijdragen aan 'een beter milieu'. De dragende en sturende elementen zijn een basale procedure voor besluitvorming in keuzesituaties en basale kennis over de levenscyclus van verpakingsmaterialen. De besluitvormingsprocedure zoals weergegeven in figuur 2 maakt duidelijk dat milieugerelateerde criteria nodig zijn om verpakingsmaterialen te kunnen beoordelen op hun milieu-effect, en de kennis over de levenscyclus van die materialen levert die criteria: uitputting en vervuiling. Het dragende en sturende van deze elementen is dat het leerlingen op basis hiervan duidelijk is wat ze gaan doen en waarom: eerst kennis opdoen over hoe het wat betreft de relevante criteria gesteld is met enkele veel gebruikte verpakingsmaterialen en vervolgens die kennis toepassen bij het nemen van concrete beslissingen.



Figuur 2 – De dragende en sturende karakteristieke denk- en werkwijze (rechts) en de benodigde natuurwetenschappelijke kennis en vaardigheden (links) in de module over verpakingsafval.

Waterkwaliteitsbeoordeling

Deze module is een voorbeeld van een gedidactiseerde beroepspraktijk op het gebied van maatschappelijke dienstverlening: het beoordelen van waterkwaliteit. De met die praktijk verbonden conatie is het willen weten hoe dat in zijn werk gaat, uit praktische nieuwsgierigheid maar ook uit overwegingen van praktisch nut zoals belang van een permanente bewaking van de waterkwaliteit in het kader van de volksgezondheid.



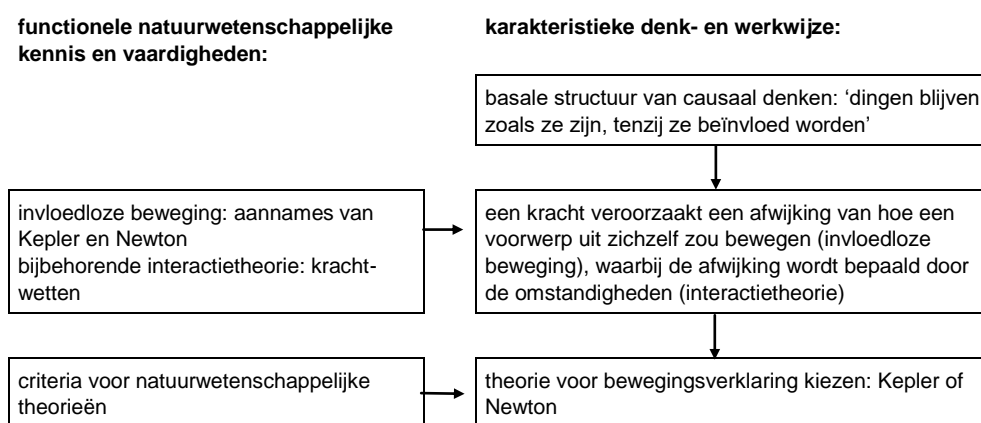
Figuur 3 – De dragende en sturende karakteristieke denk- en werkwijze (rechts) en de benodigde natuurwetenschappelijke kennis en vaardigheden (links) in de module over waterkwaliteitsbeoordeling.

De met die conatie verbonden dragende en sturende elementen zijn een – voor leerlingen intuïtief invoelbare – basale inhoudelijke denkwijze en een karakteristieke procedure. Bij deze denkwijze gaat het om het idee dat water (of een ander product) 'verontreinigingen' bevat, waarbij de aard en de hoeveelheid van die 'verontreinigingen' bepaalt voor welke functie het water geschikt is. De karakteristieke procedure is een aan de authentieke praktijk ontleende opeenvolging van functionele activiteiten zoals weergegeven in figuur 3. De voor het uitvoeren van deze procedure benodigde en dus functionele natuurwetenschappelijke kennis en vaardigheden (en daarmee de natuurwetenschappelijke opbrengst) is enerzijds kennis van voor deze handelingspraktijk specifieke testparameters en testmethoden (zij het in aangepaste, voor leerlingen uitvoerbare vorm) inclusief een idee van hun betrouwbaarheid en nauwkeurigheid, maar daarnaast ook kennis van een waarschijnlijk ook binnen andere, vergelijkbare handelingspraktijken bruikbare procedure voor kwaliteitsbeoordeling van bijvoorbeeld voedsel en andere producten.

Opgemerkt moet worden dat – hoewel het betreffende ontwikkelingsonderzoek inmiddels is afgerond – het nog de vraag is in hoeverre de aan de authentieke handelingspraktijk ontleende elementen – doel, karakteristieke denk- en werkwijze en functionele natuurwetenschappelijke kennis en vaardigheden – op een bevredigende manier in de module zijn uitgewerkt.

Bewegingsverklaring

Deze module over bewegingsverklaring als introductie in de mechanica is gebaseerd op het argument dat de verschillende manieren waarop het begrip 'kracht' wordt gebruikt (bijvoorbeeld door Kepler en Newton en in het dagelijks leven) een gemeenschappelijke basis hebben in een basale structuur van causaal denken. Elk van de genoemde gevallen heeft het volgende gemeenschappelijk: het idee dat een kracht een afwijking veroorzaakt van hoe een voorwerp uit zichzelf zou bewegen (een invloedloze beweging), en de noodzaak om, als de beweging afwijkt van de veronderstelde invloedloze beweging, te zoeken naar herhaald optredende configuraties waarmee zulke afwijkingen kunnen worden gecorrigeerd (een interactietheorie). Wat betreft de invloedloze beweging zijn verschillende aannames mogelijk: Keplers semi-impliciete intuïtie is 'rust', Newtons expliciete aanname is de 'eenparige rechte beweging', terwijl in de alledaagse verklaringen een diversiteit aan pragmatische suggesties herkenbaar is. In de module doet dit algemene krachtbegrip, geëxpliciteerd door een beroep te doen op de intuïtieve kennis van leerlingen, dienst als een algemeen maar nog nader in te vullen denkschema. Voor elk van de aannames over de invloedloze beweging – die van Kepler en Newton – gaan de leerlingen aan de slag met het testen en aanpassen van interactietheorieën om de planeetbeweging te verklaren, geleid door evaluatiecriteria zoals geloofwaardigheid, empirische adequaatheid en algemeenheid. In een modelleerproces van fitten en aanpassen van parameters wordt van de leerlingen verwacht dat ze komen tot meer of minder adequate theorieën binnen zowel Keplers als Newtons denkschema, de verdiensten van beide schema's tegen elkaar afwegen in het licht van de gewenste algemeenheid en ten slotte een beargumenteerde keuze maken voor Newtons denkschema. Hierin is, zoals weergegeven in figuur 4, een aanzet tot een voor de authentieke praktijk karakteristieke procedure – in dit geval het ontwikkelen en testen van wetenschappelijke theorieën – herkenbaar.



Figuur 4 – De dragende en sturende karakteristieke denk- en werkwijze (rechts) en de benodigde natuurwetenschappelijke kennis en vaardigheden (links) in de module over bewegingsverklaring.

De module kan worden gezien als een gedidactiseerde wetenschappelijke handelingspraktijk. De met die praktijk verbonden conatie is het willen verklaren van bewegingen uit theoretische nieuwsgierigheid, maar ook uit overwegingen van praktisch nut in termen van beter presteren (bijvoorbeeld in de sport) of veilig leven (bijvoorbeeld in het verkeer) door het berekenen, voorspellen en verklaren van bewegingen. De met die conatie verbonden dragende en sturende elementen zijn een bij leerlingen intuïtief aanwezige basale structuur van causaal denken (iets als 'dingen blijven zoals ze zijn, tenzij ze beïnvloed worden', in dit geval te specificeren tot een denken in termen van invloedloze beweging en de bijbehorende interactietheorie) en een karakteristieke procedure voor het ontwikkelen en testen van alternatieve theorieën. De voor het uitvoeren van deze procedure benodigde en dus functionele natuurwetenschappelijke kennis en vaardigheden (en daarmee de natuurwetenschappelijke opbrengst) is een inzicht in Newtons schema van bewegingsverklaring en het belang daarvan op grond van aan de

authentieke wetenschappelijke handelingspraktijk ontleende – ook voor leerlingen invoelbare – criteria waaraan een wetenschappelijke theorie idealiter zou moeten voldoen. Met die natuurwetenschappelijke opbrengst levert de module niet alleen een aanloop naar het berekenen, voorspellen en verklaren van bewegingen in praktijksituaties met meer of minder praktisch nut, maar ook naar het evalueren van alternatieve theorieën binnen andere deelgebieden van de natuurwetenschappen.

Ook hier moet worden opgemerkt dat de vraag naar een bevredigende uitwerking van de eerder genoemde, aan de authentieke handelingspraktijk ontleende elementen nog open staat – maar in dit geval in verband met het feit dat het ontwikkelingsonderzoek nog loopt.

In deze voorbeelden is zichtbaar dat de probleemstellende en cultuurhistorische benadering elkaar wederzijds kunnen versterken. Enerzijds vormt een authentieke handelingspraktijk een rijke inspiratiebron voor het uitwerken van een probleemstellende benadering (in termen van een globaal motief, lokale motieven en functionele natuurwetenschappelijke kennis en vaardigheden), anderzijds levert de probleemstellende benadering een kader voor het didactiseren van die authentieke handelingspraktijk.

Hierbij moet overigens – om misverstanden te voorkomen – wel worden opgemerkt dat het koppelen van de probleemstellende en cultuurhistorische benadering geen absolute noodzaak is. Een probleemstellende benadering kan zonder meer – zij het niet probleemloos – worden uitgewerkt zonder een authentieke handelingspraktijk als inspiratiebron. Een voorbeeld daarvan is de lesmodule over radioactiviteit (Klaassen, 1995), waarin de initiële probleemsituatie is ontleend aan de toenmalige actualiteit (het ongeluk met de kerncentrale bij Chernobyl). Hetzelfde geldt voor het uitwerken van een gedidactiseerde authentieke handelingspraktijk zonder een probleemstellende benadering als leidraad voor de didactische uitwerking. Een voorbeeld daarvan is de samenhangende verzameling lesmodules 'chemie in producten' (Van Aalsvoort, 2000), waarin het bereiden, verbeteren en controleren van alledaagse producten zoals appelmoes, koffie, drinkwater en medicijnen centraal staat zonder de uitvoering van deze werkzaamheden expliciet door de leerlingen te laten problematiseren. In dit onderzoekskatern nemen we echter een dergelijke koppeling wel als uitgangspunt, met name vanwege de te beargumenteren wederzijdse versterking van beide benaderingen. Dat betekent dan wel dat in het vervolg van dit katern bepaalde aspecten van het uitvoeren van ontwikkelingsonderzoek niet relevant zijn, afhankelijk van de gemaakte keuze voor één van beide benaderingen.

De ervaring wijst uit dat het didactiseren van een authentieke handelingspraktijk – het omvormen van zo'n handelingspraktijk tot een voor leerlingen aantrekkelijk, logisch en coherent onderwijsleerproces – niet eenvoudig is. Het vraagt allereerst om een grondige analyse van de betreffende authentieke handelingspraktijk wat betreft doel, manier van denken en/of werken en de daarbij benodigde natuurwetenschappelijke kennis en vaardigheden – zaken die meestal niet zo direct aan de oppervlakte van een authentieke handelingspraktijk liggen. Daarna komt de vraag hoe dit te vertalen naar een onderwijsontwerp: wat wordt het doel voor de leerlingen, welke intuïtieve kennis hebben leerlingen over de manier van denken en/of werken, hoe roep je die kennis op, hoe maak je die opgeroepen kennis productief (of: hoe gebruik je die kennis voor het oproepen van de gewenste kennisbehoefte bij leerlingen), hoe moeten de karakteristieke manier van denken en/of werken en de benodigde (aan te leren) natuurwetenschappelijke kennis en vaardigheden vereenvoudigd worden tot iets wat voor de leerlingen nog te begrijpen is enzovoort.

Niets van dit alles is – zoals eerder gezegd – eenvoudig, en dat betekent ook dat het omvormen van het doel van een authentieke handelingspraktijk naar een doel voor de leerlingen niet zo eenvoudig is als vaak wordt voorgesteld. Het voor leerlingen herkenbaar zijn van het maatschappelijk of wetenschappelijk – en soms zelfs ook persoonlijk – belang van een authentieke handelingspraktijk is niet voldoende. Leerlingen zijn geen experts, maar worden geacht dat binnen een gedidactiseerde handelingspraktijk tot op zekere hoogte te worden. De vraag is dan: *waarom* zouden ze dat moeten worden? Die vraag is lastig – en misschien zelfs wel niet – te beantwoorden.

Didactische structuur

De hierboven geschetste visie op 'goed natuurwetenschappelijk onderwijs' moet uiteindelijk in de tweede fase van ontwikkelingsonderzoek worden uitgewerkt tot (onder andere) concreet lesmateriaal. Maar de ervaring leert dat het verstandig is om daaraan voorafgaand eerst de *didactische structuur* van dat lesmateriaal te ontwerpen. Zo'n didactische structuur geeft op hoofdlijnen een *beschrijving* en *verantwoording* van het gewenste en verwachte onderwijsleerproces. Om dat te kunnen doen is een *terreinverkenning* nodig (met als onderdelen het vaststellen van het vakdidactische probleem, het maken van een conceptuele analyse van het onderwerp, het zoeken van een gerelateerde authentieke handelingspraktijk en het opstellen van verwachtingen over de voorkennis van leerlingen en de gewenste

leerdoelen), gevolgd door of in samenhang met het maken van een *didactische uitlijning*.

Terreinverkenning – Gegeven het onderwerp X is de eerste stap in een terreinverkenning het vaststellen van wat nu eigenlijk het aan te pakken vakdidactische probleem is: waarom onderwerp X, welke problemen hebben leerlingen met dit onderwerp, welke oplossingen zijn daarvoor (in het verleden) bedacht, waarom werken die oplossingen niet of slechts gedeeltelijk? Dat vraagt om verkenning van de onderzoeksliteratuur, en (waarschijnlijk) om verheldering en aanscherping van de – eerder in dit kader bekend veronderstelde – probleemstelling voor het ontwikkelingsonderzoek en de bijbehorende onderzoeksvraag. De volgende vier stappen zullen meestal niet in een lineaire volgorde maar in onderlinge wisselwerking moeten worden uitgewerkt.

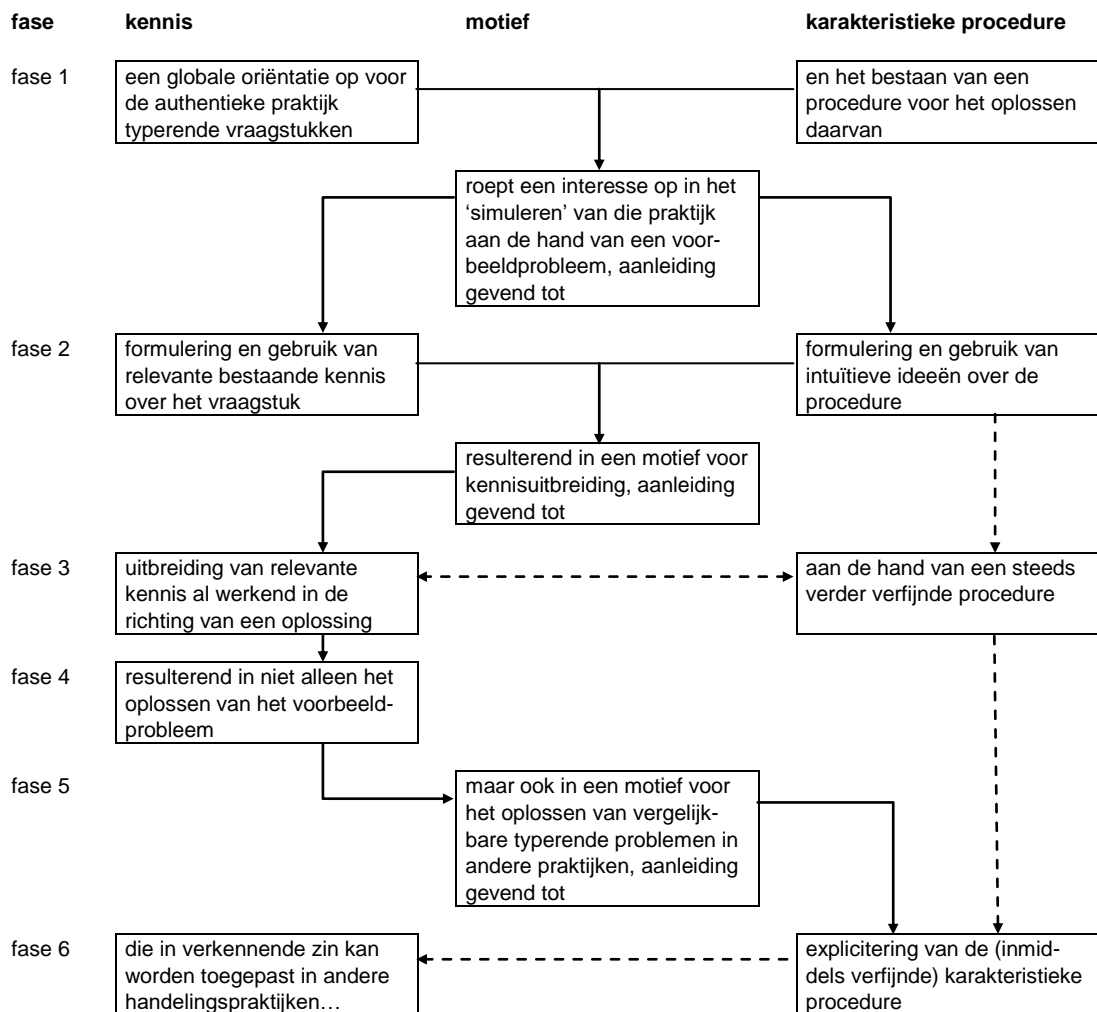
- Het maken van een *conceptuele analyse* van onderwerp X: wat zijn daarin de belangrijke vakspecifieke begrippen, relaties, modellen en/of vaardigheden?
- Het zoeken van een gerelateerde authentieke handelingspraktijk: in welke authentieke handelingspraktijken is onderwerp X relevant, wat is het doel van die handelingspraktijken, welke karakteristieke denk- en/of werkwijzen worden daarin gehanteerd en van welke natuurwetenschappelijke kennis en vaardigheden wordt daarin gebruik gemaakt? Een dergelijk vooronderzoek levert een inventarisatie van authentieke handelingspraktijken, waaruit op grond van een aantal criteria – zoals de verwachte bijdrage aan de motivatie van leerlingen, de duidelijkheid van en de intuïtieve vertrouwdheid van leerlingen met de karakteristieke denk- en/of werkwijze, de complexiteit van en relatieve bekendheid van de leerlingen met de functionele natuurwetenschappelijke kennis – een beargumenteerde keuze voor een geschikte te didactiseren authentieke handelingspraktijk worden gemaakt (Prins *et al*, 2008).
- Het opstellen van verwachtingen over – of het maken van een redelijke inschatting van – de *voorkennis* van de leerlingen: wat weten en kunnen ze al. Hier dreigt het gevaar van zowel onder- als overschatting. Als er in de onderzoeksliteratuur weinig tot niets over te vinden is, kan een vooronderzoek (bijvoorbeeld door middel van interviews met leerlingen) verhelderend zijn. Als er in die literatuur wel iets over te vinden is, dan moet goed worden nagedacht over de daarin gegeven interpretaties. Vakdidactische onderzoekers willen de denkbeelden van leerlingen nogal eens afzetten tegen de algemeen geaccepteerde natuurwetenschappelijke denkbeelden, waarbij ze het woordgebruik van de leerlingen interpreteren als natuurwetenschappelijk woordgebruik en op grond daarvan tot de conclusie komen dat de denkbeelden van de leerlingen fout zijn en door middel van onderwijs moeten worden vervangen – de benadering van *conceptual change* (Hewson *et al*, 1998). Van een dergelijke conclusie kan echter geen sprake zijn, omdat leerlingen dat natuurwetenschappelijk woordgebruik nog moeten leren – dat is één van de functies van onderwijs. Er moet dus worden gezocht naar een interpretatie van leerlinguitspraken die recht doet aan wat ze ermee bedoelen, een interpretatie die uitgaat van de leerling als rationeel denkend wezen (Klaassen, 1995; Klaassen & Lijnse, 1996). Dan zal blijken dat die leerlingdenkbeelden meestal correct zijn, en daarmee een geschikt vertrekpunt vormen voor verdere kennisuitbreiding. Een vergelijkbare opmerking is natuurlijk te maken over het interpreteren van de resultaten van het bovengenoemde vooronderzoek.
- Het opstellen van de naar verwachting haalbare *leerdoelen* van het te ontwerpen onderwijsleerproces: wat moeten de leerlingen na afloop weten en kunnen?

Didactische uitlijning – De laatste stap in de eerste fase van de eerste cyclus van ontwikkelingsonderzoek is het maken van een globaal ontwerp van de sequentie van samenhangende *onderwijsleeractiviteiten* die moet leiden tot het realiseren van de leerdoelen. Een hulpmiddel bij het maken van zo'n didactische uitlijning – of mogelijk een globale ontwerpheuristiek daarvoor – is een *fasering* van het onderwijsleerproces, waarbij elk van de zes fasen een specifieke *didactische functie* heeft binnen de probleemstellende benadering (Kortland, 2001; Lijnse & Klaassen, 2004). Met een authentieke handelingspraktijk als inspiratiebron leidt dat tot de volgende fasering van het onderwijsleerproces in een gedidactiseerde authentieke handelingspraktijk.

- Fase 1 – Introductie: oriënteren op en oproepen van een globale interesse in en een globaal motief voor een studie van het betreffende onderwerp – In een brede oriëntatie op de authentieke handelingspraktijk gaan leerlingen de voor die praktijk typerende problemen herkennen, formuleren ze hun intuïtieve ideeën over de voor die praktijk karakteristieke denk- en/of werkwijze voor het oplossen van die problemen, en raken ze geïnteresseerd in het uitvoeren van een 'gesimuleerde' praktijk als ze hun aandacht richten op een specifiek voorbeeldprobleem omdat ze de karakteristieke doelen verbonden met het oplossen van dat probleem waarderen (globaal inhoudelijk motief). Daarmee krijgen de leerlingen tegelijkertijd een globaal beeld van wat ze zullen gaan doen en hoe ze dat dan gaan doen (advance organiser).
- Fase 2 – Kennisbehoefte: inperken van dit globale motief tot een inhoudspecifieke

behoefte aan meer kennis – Bij een eerste analyse van het voorbeeldprobleem gaan de leerlingen hun bestaande kennis over het probleem en hun intuïtieve ideeën over een karakteristieke denk- en/of werkwijze – dit laatste in termen van een karakteristieke procedure – formuleren en gebruiken, en realiseren zich dat die kennis nog onvoldoende is om het voorbeeldprobleem op te lossen en dus in een bepaalde richting moet worden uitgebreid – met de verwachting dat die kennisuitbreiding het oplossen van het voorbeeldprobleem mogelijk zal maken (lokaal inhoudelijk motief).

- Fase 3 – Kennisverwerving: uitbreiden van de bestaande kennis in het licht van het globaal motief en de meer specifiek geformuleerde kennisbehoefte – De leerlingen doorlopen de opeenvolgende stappen van hun intuïtieve karakteristieke procedure, waarbij ze hun kennis geleidelijk uitbreiden en zo nodig de verschillende stappen van de procedure verfijnen tot een niveau dat voldoende is om het voorbeeldprobleem op te lossen.
- Fase 4 – Kennistoepassing: toepassen van de verworven kennis in situaties waarvoor die kennisverwerving nodig was – De leerlingen gebruiken hun uitgebreide kennis om het voorbeeldprobleem op te lossen, en realiseren zich dat die kennisuitbreiding – zoals verwacht in de tweede fase – succes heeft gehad.
- Fase 5 – Reflectie: scheppen van een behoefte aan reflectie op de betreffende vaardigheid in het licht van het globale motief – De leerlingen gaan zich realiseren dat ze de verschillende stappen in de doorlopen procedure expliciet moeten formuleren om in staat te zijn andere, maar met het voorbeeldprobleem vergelijkbare, voor de praktijk typerende problemen op te lossen.
- Fase 6 – Metacognitie: ontwikkelen van een (nog mogelijk gecontextualiseerd) metacognitief instrument voor een betere beheersing van deze vaardigheid (voor latere toepassing) – Op basis van hun ervaringen tot nu toe expliciteren de leerlingen de complete karakteristieke procedure, en gebruiken deze in verkennende zin voor (het plannen van) het oplossen van die andere voor de praktijk typerende problemen.



Figuur 5 – Structuurschema van de gegeneraliseerde didactische uitlijning voor een probleemstellende benadering van het onderwijsleerproces in een gedidactiseerde authentieke handelingspraktijk.

Deze didactische uitlijning is met een indicatie van de zes fasen gevisualiseerd in het structuurschema van figuur 5, met in de linkerkolom de ontwikkeling van natuurwetenschappelijke kennis, in de rechterkolom de ontwikkeling van een algemene vaardigheid (in termen van een karakteristieke procedure) en in de middenkolom de inhoudsgerelateerde motieven die het leerproces van de leerlingen 'aandrijven'.

Bij deze didactische uitlijning moeten echter nog de volgende kanttekeningen worden geplaatst.

- Deze didactische uitlijning lijkt vooral van toepassing te zijn op leefwereldpraktijken en op maatschappelijke beroepspraktijken die gekenmerkt worden door praktische problemen en een identificeerbare karakteristieke procedure die bovendien voor leerlingen tot op zekere hoogte intuïtief duidelijk (of in elk geval voorstelbaar) is – en (nog) niet of in elk geval minder op wetenschappelijke praktijken die gekenmerkt worden door theoretische problemen en waarbij het (nog) de vraag is of er sprake is van iets als een karakteristieke procedure – en als dat wel het geval zou zijn, is het daarnaast nog de vraag of die voor leerlingen voorstelbaar kan zijn.
- In deze didactische uitlijning kan het voorkomen dat fase 1 t/m 4 in een aantal cycli met opeenvolgende en dus uit elkaar voortvloeiende lokale inhoudelijke motieven wordt doorlopen.
- De didactische uitlijning kan in principe ook beperkt blijven tot fase 1 t/m 4. Fase 5 en 6 zijn naar leerlingen toe alleen te motiveren als er inderdaad sprake is van een karakteristieke procedure die toepasbaar is in andere handelingspraktijken (en als dat in een later stadium van het curriculum ook inderdaad gaat gebeuren). Een voorbeeld is de karakteristieke procedure bij het beoordelen van waterkwaliteit, die ook toepasbaar is op bijvoorbeeld het beoordelen van voedselkwaliteit en productveiligheid – maar waarbij het de leerlingen tegelijkertijd ook duidelijk zal zijn dat er in dat geval nog steeds iets te leren valt omdat de daarbij gehanteerde parameters, normen en testmethoden anders zullen zijn.
- In plaats van deze fasering wordt ook wel een kortere fasering in termen van 'kop-midden-staart' gebruikt, waarbij de 'kop' ruwweg samenvalt met fase 1 en 2, het 'midden' met fase 3 en 4 en de 'staart' met fase 5 en 6.

Het probleem is nu om deze gegeneraliseerde didactische uitlijning met voldoende kwaliteit onderwerpspecifiek in te vullen en verder uit te werken tot lesmateriaal en een bijbehorend scenario. Dat eerste ligt echter buiten het bereik van dit onderzoekskatern, en het tweede is een activiteit in de tweede fase – de ontwikkelingsfase – van de eerste cyclus van ontwikkelingsonderzoek. Overigens moet hierbij worden opgemerkt dat het de vraag is in hoeverre een beginnende aio in staat zou moeten zijn om zelfstandig een dergelijke invulling en uitwerking te geven, en welke inbreng hierbij dus van (begeleidende) staffleden mag worden verwacht anders dan het gebruikelijke leveren van commentaar.

Samenvatting

In de eerste fase – dus: de reflectiefase – van de eerste cyclus in ontwikkelingsonderzoek gaat het om het formuleren van een visie op 'goed natuurwetenschappelijk onderwijs' en om het in samenhang daarmee ontwerpen van een onderwerpspecifieke didactische structuur. De hoofdactiviteiten bij het ontwerpen van zo'n onderwerpspecifieke didactische structuur zijn – in samenvatting weergegeven in figuur 6 – het vaststellen van het vakdidactische probleem, het maken van een conceptuele analyse van het onderwerp, het zoeken van een gerelateerde authentieke handelingspraktijk, het opstellen van verwachtingen over de voorkennis van leerlingen en de haalbare leerdoelen en het maken van een didactische uitlijning.



- onderwijsvisie
- onderwerpspecifieke didactische structuur: probleem, conceptuele analyse, handelingspraktijk, voorkennis, leerdoelen > didactische uitlijning

Figuur 6 – De hoofdactiviteiten in de eerste fase van de eerste cyclus van ontwikkelingsonderzoek.

Een hulpmiddel bij het maken van een didactische uitlijning – of mogelijk een globale ontwerpheuristiek daarvoor – is de gegeneraliseerde fasering van het onderwijsleerproces,

zoals gevisualiseerd in het structuurschema van figuur 5.

Hierbij moet overigens worden opgemerkt dat de ontworpen onderwerpspecifieke didactische structuur méér is dan het onderwerpspecifiek ingevulde structuurschema van figuur 5. De onderwerpspecifieke didactische structuur bestaat uit een beschrijving en verantwoording van de conceptuele analyse, de authentieke handelingspraktijk, de voorkennis van de leerlingen, de haalbare leerdoelen en de didactische uitlijning. En dat alles natuurlijk ook nog eens in onderlinge samenhang: hoe en waarom geven de conceptuele analyse van het onderwerp en de verwachte voorkennis van de leerlingen aanleiding tot welke verwachtingen over haalbare leerdoelen, hoe en waarom wordt de verwachte voorkennis van de leerlingen opgeroepen en productief ingezet in de didactische uitlijning, hoe en waarom zal de didactische uitlijning naar verwachting leiden tot de geformuleerde leerdoelen enzovoort. Een structuurschema als dat van figuur 5 geeft niet meer dan een visuele samenvatting van 'het verhaal' achter het ontworpen onderwijsleerproces – een samenvatting die overigens ook functioneel kan zijn als controle op de logica en coherentie van het ontworpen leerproces. De ervaring wijst uit dat heen-en-weer denken tussen 'het verhaal' en het structuurschema – en in een later stadium ook tussen 'het verhaal', het structuurschema en het lesmateriaal-in-ontwikkeling – noodzakelijk is om die logica en coherentie in voldoende mate te realiseren.

► Een concreet en vrij volledig voorbeeld van de beschrijving van een onderwerpspecifieke didactische structuur (in dit geval over het vanuit milieuoogpunt maken van een keuze uit verpakkingsmaterialen) is te vinden bij Kortland (2001) op pp. 42-49, met de daaraan voorafgaande terreinverkenning op pp. 31-42 en het op grond van de onderzoeksresultaten bijgestelde structuurschema op pp. 168-170. Hierbij moet worden opgemerkt dat het in dit proefschrift (nog) niet gaat om een gedidactiseerde authentieke handelingspraktijk – al had dat achteraf gezien met enkele aanpassingen wel gekund, waarmee het een voorbeeld van de uitwerking van een leefwereldpraktijk zou zijn geworden. Daarnaast moet een vraagteken worden geplaatst bij het natuurwetenschappelijk gehalte van de benodigde natuurwetenschappelijke kennis: de criteriagerelateerde eigenschappen van verpakkingsmaterialen (zie figuur 3) zijn over het algemeen traditioneel niet als zodanig 'erkend'.

Andere concrete voorbeelden van de beschrijving van een onderwerpspecifieke didactische structuur (over respectievelijk het beoordelen van waterkwaliteit en het ontwikkelen van een meetmethode voor de lichtsnelheid) zijn te vinden bij Westbroek (2005) op pp. 110-115 en bij Engelbarts (2009) op pp. 68-79, waarbij in beide gevallen wel een relatie met een authentieke handelingspraktijk is gelegd (namelijk die van een chemisch analist respectievelijk die van een experimenteel fysicus). De door Engelbarts (2009) op pp. 216-218 gepresenteerde gegeneraliseerde didactische uitlijning is bovendien een voorbeeld van het in meerdere cycli doorlopen van fase 2 t/m 4 van het onderwijsleerproces.

Hierbij moet worden opgemerkt dat het lezen van een uit de context van een proefschrift gelicht fragment vaak niet eenvoudig is. Het gaat hier echter om het krijgen van niet meer dan een indruk van wat de beschrijving van een onderwerpspecifieke didactische structuur kan inhouden. Overigens zijn (delen van) dit soort beschrijvingen ook in andere proefschriften wel aanwezig, maar dan minder volledig, minder duidelijk afgebakend en/of aan de lange kant (Vollebregt, 1998; Knippels, 2002; Verhoeff, 2003; Westra, 2006) – te verspreid en te lang om relatief snel een beeld te vormen van wat zo'n beschrijving kan inhouden. Overigens gaat het in deze proefschriften ook niet om gedidactiseerde authentieke handelingspraktijken, en is de probleemstellende benadering in wisselende mate en op verschillende manieren uitgewerkt.

► Alle genoemde proefschriften zijn te vinden in de Flsme-nw bibliotheek en/of bij de betreffende auteurs (voor zover nog bij het instituut werkzaam).

Het resultaat van de hoofdactiviteiten in de reflectiefase zoals samengevat in figuur 6 vormt het startpunt voor de tweede fase – dus: de ontwikkelingsfase – in de eerste cyclus van ontwikkelingsonderzoek. Overigens kan desgewenst het onderwerpspecifiek invullen van de gegeneraliseerde didactische uitlijning inclusief het structuurschema van figuur 5 tot de ontwikkelingsfase worden gerekend – zo scherp is de scheiding tussen de opeenvolgende fasen van ontwikkelingsonderzoek nu ook weer niet.

2 De ontwikkelingsfase

In de tweede fase van de eerste cyclus van ontwikkelingsonderzoek moet de onderwerpspecifieke didactische structuur worden uitgewerkt tot *lesmateriaal* en een bijbehorend *scenario*, met daarnaast aandacht voor *inscholing* van de docent(en) die met het lesmateriaal in de klas zullen gaan werken.

Lesmateriaal

Het ontwikkelen van het lesmateriaal is (uiteraard) ook een sterk onderwerpspecifieke activiteit, waarover in zijn algemeenheid slechts een paar dingen te zeggen zijn. Het gaat hierbij om aandachtspunten bij het uitwerken van de ontworpen didactische structuur op het niveau van *onderwijsleeractiviteiten* en de verdere uitwerking daarvan op het niveau van *leerlingopdrachten*.

Onderwijsleeractiviteiten – De vier hieronder genoemde aandachtspunten hebben betrekking op het invullen van de grote lijn van een onderwerpspecifiek onderwijsleerproces – op het niveau van wat we voor het gemak maar de onderwijsleeractiviteiten zullen noemen (waarbij de uitwerking van elk van de zes fasen in het onderwijsleerproces als een onderwijsleeractiviteit wordt gedefinieerd).

Het lesmateriaal moet een uitwerking zijn van de ontworpen didactische structuur. Dit lijkt een open deur, maar de ervaring wijst uit dat dit helemaal nog niet zo makkelijk en vanzelfsprekend is, met name in de fasen 1, 2, 3 en 5 van het onderwijsleerproces.

- Het uitwerken van de eerste twee fasen van het onderwijsleerproces (*introductie* en *kennisbehoefte*) tot onderwijsleeractiviteiten blijkt erg moeilijk te zijn – en dat zou één van de redenen kunnen zijn voor het meestal ontbreken van deze fasen in gangbaar lesmateriaal, naast het niet onderkennen van het mogelijke belang van deze fasen in een onderwijsleerproces. Het is vooral lastig om het onderwerp inhoudelijk te motiveren (waarom zou een *leerling* zich hiermee bezig moeten gaan houden), een aansprekend praktisch of theoretisch probleem te bedenken dat de leerlingen met hun voorkennis wel gedeeltelijk maar niet volledig kunnen oplossen, om de voorkennis van de leerlingen op te roepen en deze functioneel te gebruiken voor het vaststellen van een kennisbehoefte – en al helemaal als dat zou moeten in de vorm van leerlingactiviteiten, ondersteund door een sturende rol van de docent.
- Een meer specifiek probleem in de eerste twee fasen is het vormgeven van de advance organiser: de karakteristieke denk- en/of werkwijze die dragend en sturend zou moeten zijn in het onderwijsleerproces. Wat betreft de karakteristieke denkwijze kan worden verwezen naar het eerder in figuur 4 gegeven voorbeeld over bewegingsverklaring, maar er kan ook sprake zijn van bijvoorbeeld iets als een algemeen 'input > output' model zoals in milieu-keuzesituaties (Kortland, 2001) wat in het lesmateriaal aanleiding geeft tot het identificeren van de milieucriteria (uitputting en vervuiling) waarop bijvoorbeeld verpakkingsalternatieven kunnen worden vergeleken. Een vergelijkbaar algemeen 'input > output' model is in principe herkenbaar bij het modelleren van waterzuivering (Prins, 2008), waarbij de kwaliteit van de output afhangt van de input en de 'instelling' van een aantal (zuiverings)procesvariabelen. Wat betreft de karakteristieke werkwijze of procedure kan worden verwezen naar de eerder in figuur 2 en 3 gegeven voorbeelden over verpakkingsmaterialen en waterkwaliteitsbeoordeling.
- In de derde fase van het onderwijsleerproces (*kennisverwerving*) blijkt de verleiding groot om – als de creativiteit eenmaal heeft toegeslagen, en geïnspireerd door de gangbare onderwijspraktijk – allerlei 'leuke' en op zich misschien best nuttige uitstapjes te maken – die de leerlingen dus afleiden van de hoofdlijn, waardoor het onderwijsleerproces voor hen minder transparant wordt. Of, met andere woorden: waardoor leerlingen zich – in het licht van het globale motief en de meer specifiek geformuleerde kennisbehoefte – gaan afvragen waarom ze dat eigenlijk doen. Dat soort uitstapjes zijn overigens niet 'verboden', maar moeten dan op zijn minst wel als zodanig worden gepresenteerd, bijvoorbeeld in de vorm van 'facultatieve' onderwijsleeractiviteiten. Het kan hierbij gaan om het aanbieden van aanvullende, verdiepende informatie of theorie, om een illustrerend practicum (met als functie het realiseren van een noodzakelijke afwisseling van werkvormen), om meer praktijkvoorbeelden enzovoort. Het is overigens niet onmogelijk om dat wat in eerste instantie niet meer is dan een uitstapje om te vormen tot een functioneel onderdeel van het onderwijsleerproces (bijvoorbeeld door het te verplaatsen).
- De fase die (in elk geval in het ontwikkelingsonderzoek tot nu toe) voortdurend problemen blijkt op te leveren is de uitwerking van de vijfde fase van het onderwijsleerproces (*reflectie*). Het blijkt heel lastig om leerlingen de zin te laten inzien van een reflectie op wat ze gedaan hebben in het licht van wat ze er later (mogelijk) mee gaan doen. Een mogelijke oplossing daarvoor is het verplaatsen van de vijfde en zesde fase van het onderwijsleerproces in een module naar de tweede fase van het onderwijsleerproces in een daarvoor in aanmerking komende vervolgmodule, waarbij het dan inmiddels zal gaan om het oproepen van functionele voorkennis. Het is echter de vraag hoe gemakkelijk dat oproepen zal gaan zonder reflectie op en explicitering van die (voor)kennis in een (veel) eerder al afgesloten module. Vooral nog lijkt het gewenst om die vijfde en zesde fase van het onderwijsleerproces in een module te handhaven en daarvan in een daarvoor in aanmerking komende vervolgmodule – onder terugverwijzing – functioneel gebruik te maken, en te berusten in een mogelijk beperkte uitwerking van deze fasen.

- Ten slotte zal de opeenvolging en logische samenhang door de docent en/of in het lesmateriaal moeten worden geëxpliciteerd, bijvoorbeeld bij de start en de afsluiting van elk van de onderwijsleeractiviteiten – om leerlingen zicht te laten houden op de grote lijn van het onderwijsleerproces.

Leerlingopdrachten – De onderwijsleeractiviteiten (gedefinieerd als uitwerking van elk van de zes fasen van het onderwijsleerproces) vormen als gevolg van het denkwerk bij het maken van de didactische structuur ‘automatisch’ een sequentie van logisch samenhangende onderdelen. Elk van die onderwijsleeractiviteiten zal echter bestaan uit een sequentie van leerlingopdrachten – een sequentie waaraan dezelfde ‘eis’ van logische samenhang kan worden gesteld. Dit leidt tot de volgende twee aandachtspunten.

- Elke leerlingopdracht is enerzijds een logisch vervolg op de voorgaande en anderzijds een noodzakelijke voorbereiding op de volgende leerlingopdracht. Dit is echter niet altijd direct zichtbaar. Er moet dus voor de leerlingen bij elke opdracht bij de start een verbinding worden gelegd met de vorige opdracht en aan het eind een overgang worden gemaakt naar de volgende opdracht – en dat dan op een manier die voor de leerlingen logisch is. Dat laatste wil zeggen: aansluitend bij wat leerlingen in de vorige respectievelijk de betreffende opdracht naar voren hebben gebracht. Het leggen van deze verbindingen en het maken van deze overgangen kan op twee manieren: door de docent of in het lesmateriaal. Het voordeel van de eerste manier is dat de docent in staat is om in te spelen op wat de leerlingen naar voren hebben gebracht. De ervaring leert echter dat dit voor de docent geen gemakkelijke taak is, en snel tot uitvoeringsproblemen kan leiden omdat een te groot beroep wordt gedaan op de capaciteiten van de docent: het tegelijkertijd bewaken van de grote lijn in het onderwijsleerproces, het luisteren naar wat leerlingen naar voren brengen, het daarop doorvragen en interpreteren van wat zij naar voren brengen en het (nadenken over) de openingen die dat biedt voor het maken van een overgang naar de volgende opdracht. De docent kan hierbij ondersteund worden door het opnemen van verbindende teksten tussen de opdrachten in het lesmateriaal. Dat levert het probleem – zeker in het lesmateriaal van de eerste cyclus van ontwikkelingsonderzoek – dat deze teksten mogelijk niet of onvoldoende aansluiten bij wat door de leerlingen naar voren is gebracht en daardoor niet functioneel zijn en de leerlingen zelfs in verwarring kunnen brengen.
- Als het de taak van de docent is om voortdurend de verbindingen tussen de opeenvolgende opdrachten te leggen, dreigt het gevaar van een ‘eentonig’ onderwijsleerproces: de docent leidt klassikaal een opdracht in onder verwijzing naar de vorige opdracht, de leerlingen voeren de opdracht (individueel of in groepen) uit en de docent maakt klassikaal een overgang naar de volgende opdracht – en dat in ‘eindeloze herhaling’. Er moet dus rekening worden gehouden met voldoende variatie in werkvormen, waaronder demonstratie-experimenten, practicum, literatuuronderzoek, discussie, leerlingpresentaties, arbeidsverdelend groepswork enzovoort.

Scenario

Het lesmateriaal wordt ontwikkeld in samenhang met een *scenario*. Dat scenario geeft een gedetailleerde beschrijving en verantwoording van de uitwerking van de opeenvolgende onderwijsleeractiviteiten tot leerlingopdrachten en vormt daarmee iets wat een hypothetisch leertraject genoemd zou kunnen worden. Zo'n scenario heeft twee functies. Het ontwikkelen van het scenario vormt allereerst een ondersteuning bij het ontwikkelen van het lesmateriaal en een hulpmiddel bij de inscholing van de docent die met dat lesmateriaal gaat werken. Waarbij direct moet worden benadrukt dat het scenario inderdaad niet meer is dan een *hulpmiddel* bij die inscholing en voor de docent niet zonder meer hanteerbaar blijkt bij het voorbereiden en uitvoeren van de lessen. Daarnaast vormt het scenario de basis voor de activiteiten in de derde fase van de eerste cyclus ontwikkelingsonderzoek – maar daarover later meer.

Onderwijsleeractiviteiten – De sequentie van onderwijsleeractiviteiten (zoals gedefinieerd onder lesmateriaal) is – als het goed is – in de eerste fase van de eerste cyclus ontwikkelingsonderzoek al voldoende uitgebreid beschreven en verantwoord. Op het niveau van een scenario komt daar echter een aandachtspunt bij.

- In het scenario moet op daartoe geschikte plaatsen – en dat zal met name het geval zijn bij de afsluiting van een onderwijsleeractiviteit – worden aangegeven wanneer en in welke zin een terugblik op het tot dan toe verlopen onderwijsleerproces en een vooruitblik op het vervolg van het onderwijsleerproces nuttig is (voor de leerlingen met het oog op de transparantie van het onderwijsleerproces) en wat er op dat moment naar verwachting aan leerdoelen gerealiseerd zou moeten zijn.

Leerlingopdrachten – Bij de uitwerking van de onderwijsleeractiviteiten tot leerlingopdrachten – rekening houdend met de didactische functie van elk van die onderwijsleer-

activiteiten – gelden de volgende aandachtspunten.

- Bij elke leerlingopdracht moet ter verantwoording worden beschreven wat het doel of de functie van deze opdracht is, waarom deze opdracht een logisch vervolg vormt van de voorgaande opdracht, wat de verwachtingen zijn van het verloop van de uitvoering en de opbrengst van deze opdracht (dus: wat de leerlingen naar verwachting naar voren zullen brengen – en zo mogelijk ook waarop die verwachtingen gebaseerd zijn) en waarom deze verwachte opbrengst een voorbereiding op de volgende opdracht vormt. Daarmee vormt het scenario een beschrijving en verantwoording van het gewenste en verwachte onderwijsleerproces op detailniveau. De ervaring wijst uit dat het ontwikkelen van zo'n scenario leidt tot een regelmatig heen-en-weer denken tussen niet alleen het in ontwikkeling zijnde lesmateriaal en scenario, maar ook tussen het lesmateriaal, het scenario en de didactische structuur – leidend tot een verdere verscherping van de samenhang tussen deze drie onderdelen. Concreet betekent dit dat het ontwikkelen van het lesmateriaal en het bijbehorende scenario kunnen leiden tot aanpassingen in de eerder ontworpen onderwerpspecifieke didactische structuur.
- Bij elke leerlingopdracht moet worden aangegeven welke werkvorm bij de opdracht past en wat daarbij de rol van de docent en van de leerlingen is, samen met een ruwe schatting van de tijd die de uitvoering van de opdracht op die manier naar verwachting zal vragen.

Inscholing

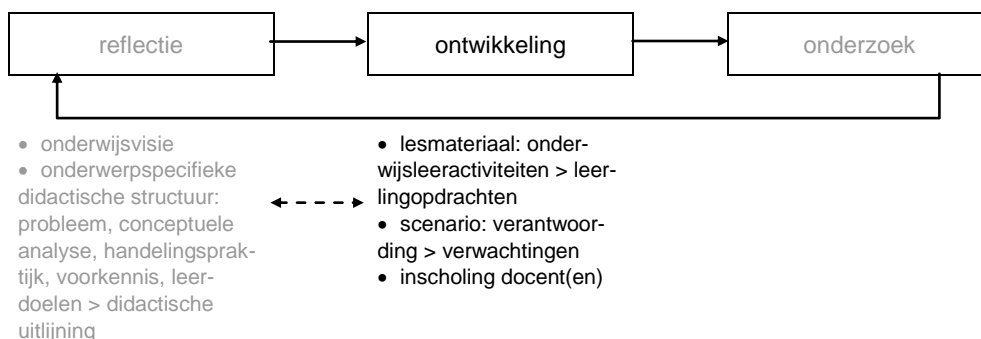
In het voorafgaande zijn al enkele opmerkingen gemaakt over de rol van de docent bij ontwikkelingsonderzoek. Alle tot nu toe ontwikkelde producten – de onderwijsvisie, de didactische structuur, het lesmateriaal en het scenario – vormen de basis voor de inscholing van de docent die met het lesmateriaal gaat werken. De ervaring wijst uit dat het lezen van deze producten door de docent en het naar aanleiding daarvan bespreken van deze producten met de docent een onvoldoende voorbereiding is op de gewenste uitvoering van het onderwijsleerproces. Voor dit probleem is nog geen oplossing voorhanden.

Mogelijke oplossingsrichtingen zijn het betrekken van de docent bij het ontwikkelen van de vier genoemde producten (maar dat legt een waarschijnlijk onverantwoord groot beslag op de tijd van de docent) of het betrekken van de docent bij een eerste testuitvoering van het lesmateriaal door de ontwerper/onderzoeker zelf of door een andere, goed met de gewenste invulling van de docentrol vertrouwde ontwerper/onderzoeker. En dat laatste dan al dan niet in een reële klassensituatie of (deels) in een laboratoriumsituatie waarvoor de leerlingen worden 'ingehuurd'.

Samenvatting

In de tweede fase – dus: de ontwikkelingsfase – van de eerste cyclus in ontwikkelingsonderzoek gaat het om het uitwerken van de onderwerpspecifieke didactische structuur tot lesmateriaal en het bijbehorende scenario en om het in samenhang daarmee vormgeven van de inscholing van de docent die in de volgende fase – dus: de onderzoeksfase – van het ontwikkelingsonderzoek met het lesmateriaal gaat werken.

De hoofdactiviteiten bij het ontwerpen van zo'n onderwerpspecifieke didactische structuur zijn in samenvatting weergegeven in figuur 7, waarin de streeplijnpijl het noodzakelijke heen-en-weer denken tussen lesmateriaal, scenario en didactische structuur weergeeft.



Figuur 7 – De hoofdactiviteiten in de tweede fase van de eerste cyclus van ontwikkelingsonderzoek.

- Een concreet en vrij volledig voorbeeld van het lesmateriaal en een deel van het bijbehorende scenario is te vinden bij Kortland (2001) op pp. 53-83, met daarbij wel de herhaling van de eerdere opmerking dat het in dit proefschrift (nog) niet gaat om een gedidactiseerde authentieke handelingspraktijk. Hoewel het volledige scenario niet in dit proefschrift is opgenomen, bevat het wel voorbeelden van het scenario op detailniveau bij een aantal 'sleutelopdrachten'. Uit deze voorbeelden zal blijken dat geprobeerd is aan te sluiten bij of te

Opmerking

De vraag naar de rol en de bijbehorende facilitering van de docent vormt het onderwerp van het geplande onderzoekskatern *Ontwikkelingsonderzoek en de docent*.

anticiperen op de testuitvoering van het lesmateriaal door de docent, waardoor de naamgeving van de verschillende inhoudselementen van het scenario per leerlingopdracht enigszins afwijkt van de hierboven gebruikte terminologie.

Andere voorbeelden van scenario's zijn te vinden bij Klaassen (1995) op pp. 141-177 (met daarbij de kanttekening dat wat daar de 'didactische structuur' wordt genoemd het karakter heeft van een scenario zoals hierboven beschreven), Vollebregt (1998) op pp. 45-78, Westbroek (2005) op pp.117-152, Westra (2006) op pp. 145-194 en Engelbarts (2009) op pp. 90-104.

Andere concrete voorbeelden van de combinatie van lesmateriaal en scenario zijn in proefschriften lastig te vinden, enerzijds omdat er sprake is van een globale beschrijving van lesmateriaal en scenario verweven met de presentatie van de resultaten van de testuitvoering, maar anderzijds omdat het scenario zich beperkt tot een beschrijving van de globale uitlijning van het onderwijsleerproces zonder duidelijke verantwoording van de onderwijsleeractiviteiten en leerlingopdrachten en/of een explicitering van de gewenste en verwachte opbrengst daarvan.

Uit een nadere beschouwing van de genoemde voorbeelden van scenario's blijkt overigens een zekere mate van diversiteit in de manier van beschrijving. In het kader hieronder is geprobeerd hieruit een 'algemene lijn' te destilleren in de vorm van een verzameling vragen die richting kunnen geven aan het opstellen (of lezen) van een scenario. Het is overigens de vraag of al deze vragen door de ontwerper/onderzoeker moeten worden beantwoord, met name de vragen per leerlingopdracht. De vragen naar het doel en de leeropbrengst per opdracht en de vragen naar de koppeling met de voorgaande en volgende opdracht zijn een essentieel onderdeel van het ontwerpproces, omdat het beantwoorden daarvan zicht geeft op de coherentie van het ontworpen onderwijsleerproces. De andere vragen kunnen in wisselwerking met de docent worden beantwoord.

► Het lesmateriaal van Klaassen (1995) en Kortland (2001) is te vinden op de website van het Flsme: <http://www.cdbeta.uu.nl/vo/onderwijsmateriaal> > radioactiviteit | verpakkingen. Bij het laatstgenoemde lesmateriaal staat ook het volledige scenario. Het lesmateriaal van Engelbarts (2009) is te vinden op internet: <http://www.phys.uu.nl/~moa> > lichtsnelheid (maar ook in niet-interactieve vorm in haar proefschrift op pp. 240-266). Andere lesmaterialen zijn helaas (nog) niet digitaal beschikbaar.

Scenario

Een ideaaltypisch scenario geeft per fase/onderwijsleeractiviteit resp. leerlingopdracht antwoord op de volgende verzameling vragen.

Per fase/onderwijsleeractiviteit:

- Wat is de didactische functie binnen de ontworpen didactische structuur?
- Hoe en waarom zorgen de leerlingopdrachten voor het realiseren van deze didactische functie?
- Hoe en waarom vormen de leerlingopdrachten een coherent en logisch onderwijsleerproces? Of, met andere woorden: hoe en waarom is een opdracht een logisch vervolg op de voorgaande opdracht en een noodzakelijke voorbereiding op de volgende opdracht?
- Hoe krijgt de terugblik op de voorgaande en een vooruitblik naar de volgende fase/onderwijsleeractiviteit – of: de explicitering van het onderwijsleerproces – vorm?

Per leerlingopdracht:

- Wat is het doel van de opdracht?
- Hoe wordt de opdracht ingeleid door de docent en/of het lesmateriaal, gekoppeld aan de leeropbrengst van de voorgaande opdracht?
- Welke werkvorm past bij de uitvoering van de opdracht?
- Welke hulpmiddelen zijn bij de uitvoering van de opdracht nodig?
- Wat is de verwachte leeropbrengst van de opdracht? Of, met andere woorden: wat zullen de leerlingen naar verwachting in eerste instantie en uiteindelijk (na het inzetten van de bij het volgende punt genoemde technieken) naar voren gaan brengen bij deze opdracht?
- Welke technieken – zoals de richting van doorvragen op verwachte leerlingantwoorden, het presenteren van voorbeelden, analogieën en modellen – kan de docent inzetten om deze verwachte leeropbrengst te realiseren?
- Hoe wordt de opdracht afgesloten door de docent en/of het lesmateriaal, gekoppeld aan de leeropbrengst van de opdracht en daarmee vooruit verwijzend naar (of overlopend in de inleiding van) de volgende opdracht?
- Hoe lang duurt de uitvoering van de opdracht?

Het resultaat van de hoofdactiviteiten in de ontwikkelingsfase zoals samengevat in figuur 7

vormt het startpunt voor de derde fase – dus: de onderzoeksfase – in de eerste cyclus van ontwikkelingsonderzoek.

3 De onderzoeksfase

In de derde fase van de eerste cyclus van ontwikkelingsonderzoek wordt het lesmateriaal en het bijbehorende scenario getest in de lespraktijk, gericht door een *onderzoeksvraag* die moet worden beantwoord met behulp van een verzameling *onderzoeksinstrumenten*.

Onderzoeksvraag

In zijn algemeenheid is de onderzoeksvraag de volgende: *in hoeverre verloopt het onderwijsleerproces in de lespraktijk zoals gewenst en verwacht volgens het scenario?* En waar dat niet het geval is: ligt dat aan toevallige omstandigheden, aan gebreken in de uitvoering, aan de vorm en/of inhoud van de leerlingopdrachten en onderwijsleeractiviteiten, aan onrealistische verwachtingen in het scenario en – in laatste instantie – aan structurele ontwerpfouten in de didactische structuur? Uiteraard kan het wel nuttig zijn om de bovengenoemde algemene onderzoeksvraag nader te specificeren, bijvoorbeeld in termen van de vraag of elk van de opeenvolgende fasen in het onderwijsleerproces aan zijn didactische functie voldoet.

Hiermee vormt het scenario de basis voor de activiteiten in de derde fase van de eerste cyclus ontwikkelingsonderzoek. Of, met andere woorden: zonder scenario is de kwaliteit van het onderwijsleerproces in de lespraktijk niet te onderzoeken.

Onderzoeksinstrumenten

Voor het beantwoorden van de hierboven genoemde algemene onderzoeksvraag kan een aantal onderzoeksinstrumenten worden ingezet, waarvan *observaties* en *interviews* de belangrijkste zijn. Dit onderzoeksinstrumentarium kan desgewenst worden aangevuld met bijvoorbeeld (belevings)vragenlijsten en (inhouds)toetsen.

Observaties – Een eerste informatiebron is het observeren van het lesverloop (en het registreren daarvan door middel van audio- en/of video-opnamen met de bijbehorende aantekeningen van de observator). Hierbij gaat het niet alleen om klassikale interacties tussen docent en leerlingen, maar ook om de interactie tussen leerlingen onderling (en de eventuele inbreng van de docent daarbij) in het geval van groepswerk. Een tweede informatiebron is het verzamelde werk van de leerlingen. Beide informatiebronnen maken een vergelijking tussen het in het scenario beschreven gewenste/verwachte en het actuele verloop van het onderwijsleerproces mogelijk.

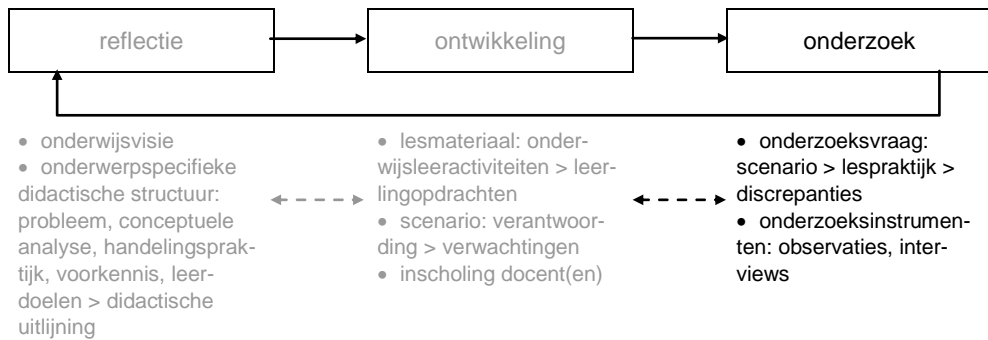
Interviews – Een derde informatiebron is het houden van interviews met de docent (na afloop van elke les en na afronding van de lessenserie) en met enkele leerlingen (na afloop van een onderwijsleeractiviteit en na afronding van de lessenserie). De interviews met de docent zijn met name gericht op zijn/haar waarneming van discrepanties tussen het gewenste/verwachte en het actuele verloop van het onderwijsleerproces en zijn/haar interpretatie van de oorzaken daarvan. Dit kan leiden tot noodzakelijke bijstelling van de plannen voor de volgende les(sen). De interviews met de leerlingen zijn voornamelijk gericht op hun waarneming van de coherentie van het onderwijsleerproces: weten ze wat ze waarom (net) gedaan hebben en wat ze (dus) als volgende stap gaan doen? Het lijkt nuttig om leerlingen hierop tussentijds te bevragen en niet alleen – zoals vaak het geval is – in terugblik na afronding van een lessenserie als hun waarneming van de coherentie in de eerste fasen van het onderwijsleerproces is 'bijgekleurd' door wat er daarna in latere fasen is gebeurd en/of wat uit hun geheugen is weggezaakt. Ook deze interviews kunnen in overleg met de docent leiden tot bijstelling van de plannen voor de volgende les(sen), met name wat betreft het geven van een terug- en vooruitblik op het onderwijsleerproces door de docent of (docent-gestuurd) door de leerlingen. Deze informatiebron levert niet alleen een bijdrage aan de vergelijking tussen het in het scenario beschreven gewenste/verwachte en het actuele verloop van het onderwijsleerproces, maar levert mogelijk ook aanwijzingen voor de oorzaken van eventuele afwijkingen.

Samenvatting

In de derde fase – dus: de onderzoeksfase – van de eerste cyclus in ontwikkelingsonderzoek gaat het om het testen van het lesmateriaal en het bijbehorende scenario door het vergelijken van het in het scenario geschetste gewenste/verwachte en het actuele verloop van het onderwijsleerproces.

De hoofdactiviteiten bij het testen van het lesmateriaal en het bijbehorende scenario zijn in samenvatting weergegeven in figuur 8, waarin de streeplijnpijl het noodzakelijke heen-en-

weer denken tussen scenario en lespraktijk weergeeft.



Figuur 8 – De hoofdactiviteiten in de derde fase van de eerste cyclus van ontwikkelingsonderzoek.

Het resultaat van de hoofdactiviteiten in de onderzoeksfase zoals samengevat in figuur 8 vormt het startpunt voor de eerste fase – dus: de reflectiefase – in de tweede cyclus van ontwikkelingsonderzoek.

Afsluiting

De vergelijking tussen het in het scenario beschreven gewenste/verwachte (of: hypothetische) en het actuele verloop van het onderwijsleerproces vormt de basis voor de reflectiefase in de tweede cyclus ontwikkelingsonderzoek: welke afwijkingen zijn gesignaleerd, hoe zijn die afwijkingen te verklaren en welke mogelijkheden zijn er om die afwijkingen – naar beargumenteerde verwachting – te verhelpen? Dat zal in eerste instantie leiden tot bijstellingen van het lesmateriaal, van het scenario en van de inscholing van de docent. Dat laatste kan nu overigens op een diepgaander manier gebeuren dan in de eerste cyclus van ontwikkelingsonderzoek, vanwege de mogelijkheid van een gezamenlijke reflectie van onderzoeker/observator en docent op de eerste uitvoering van de lessenserie en vanwege de geleidelijk groeiende duidelijkheid over het gewenste/verwachte verloop van het onderwijsleerproces en de daarmee te realiseren leerdoelen – in de eerste cyclus ontwikkelingsonderzoek is dit vaak toch nog omgeven met onduidelijkheden. Als dit gesleutel aan lesmateriaal, scenario en inscholing tot onbevredigende resultaten leidt, kan in tweede instantie worden gezocht naar structurele ontwerpfouten – dus: naar ontwerpfouten in de didactische structuur. In tweede instantie, omdat – als de reflectiefase van de eerste cyclus ontwikkelingsonderzoek volledig en zorgvuldig is uitgevoerd, of in elk geval vollediger en zorgvuldiger dan nu regelmatig het geval lijkt – het minder waarschijnlijk is dat de toen ontworpen didactische structuur structurele fouten in zich zou dragen. Daarom gaat meer dan de helft van dit onderzoekskatern dan ook juist over die eerste fase van de eerste cyclus ontwikkelingsonderzoek, in de verwachting dat daarmee zo'n vollediger en zorgvuldiger doorlopen van die fase beter mogelijk zal zijn – maar in hoeverre dat ook inderdaad het geval is, zal in de praktijk nog moeten blijken.

Ondanks een vollediger en zorgvuldiger doorlopen van de eerste fase van de eerste cyclus ontwikkelingsonderzoek zijn structurele ontwerpfouten natuurlijk altijd mogelijk. Echter, de kans dat de didactische structuur niet goed is uitgewerkt naar lesmateriaal en bijbehorend scenario en/of dat er fouten zitten in het gedetailleerde ontwerp van onderwijsleeractiviteiten en leerlingopdrachten en/of de uitvoering daarvan in de lespraktijk is aanzienlijk groter. Uitwerkingsfouten die overigens onvermijdelijk zijn en daarom de moeite van het rapporteren waard lijken...

Ten slotte nog een opmerking over de 'status' van ontwikkelingsonderzoek. Dit onderzoek is gericht op domeinspecifieke vakdidactische theorievorming: op welke manier kan onderwerp X worden onderwezen, zodanig dat de gestelde leerdoelen in voldoende mate worden bereikt? Die domeinspecifieke vakdidactische theorie is de ontwikkelde onderwerpspecifieke didactische structuur. Daarbij is het overigens nog de vraag in hoeverre deze onderwerpspecifieke didactische structuur – al dan niet ge(her)formuleerd in termen van iets als een onderwerpoverstijgende didactische structuur – richtinggevend kan zijn voor het ontwerpen van onderwijs over onderwerp Y. Of, met andere woorden: in hoeverre hier sprake is van een bruikbare theoretische opbrengst.

Tegelijkertijd levert ontwikkelingsonderzoek een concreet uitgewerkt en empirisch onderbouwd voorbeeld van deze theorie: het lesmateriaal en het bijbehorende scenario. Deze empirische onderbouwing vraagt om een doordacht en intensief proces van reflectie, ontwikkeling en onderzoek, met een grondige vergelijking van het gewenste/verwachte en het

actuele verloop van het onderwijsleerproces. Ontwikkelingsonderzoek is daardoor niet alleen *kwalitatief* maar ook noodzakelijkerwijs *kleinschalig* van aard: er wordt (samen)ge- werkt met slechts enkele docenten in een beperkt aantal klassen – in sommige gevallen zelfs beperkt tot één docent in één klas. De ontwikkelingsonderzoeker behoort daarmee tot de stroming van de ‘voorbeeldgravers’ in de sociologie. Het kwalitatieve en kleinschalige karakter van ontwikkelingsonderzoek vraagt echter om een kwantitatief en grootschalig vervolg, waarbij een overstap wordt gemaakt naar de sociologische stroming van de ‘cijfer- vreters’: ‘werkt’ het product ook als een grote, gevarieerde groep docenten ermee in hun klassen aan de slag gaat? Die vraag is echter alleen zinvol te beantwoorden als in kwalita- tief en kleinschalig ontwikkelingsonderzoek is gebleken dat het product ‘goed genoeg’ is voor kwantitatief en grootschalig testen. Overigens moet hierbij worden opgemerkt dat ‘kwalitatief en kleinschalig’ en ‘kwantitatief en grootschalig’ zoals hierboven beschreven de twee uiteinden van een continuüm zijn waarop het ontwikkelingsonderzoek een geschikte positie zal moeten innemen.

Dankwoord

Dit onderzoekskatern is mede mogelijk gemaakt door Piet Lijnse met zijn denkwerk en publicaties over ontwikkelingsonderzoek en didactische structuren, Astrid Bulte met haar inbreng over het leren in authentieke handelingspraktijken en alle stafleden en aio's die de afgelopen jaren hun bijdrage hebben geleverd aan de gevoerde discussies over ontwikke- lingsonderzoek – met een aparte vermelding van Marjon Engelbarts en Bart Ormel voor hun commentaar op een eerdere versie van dit onderzoekskatern. Uiteraard hebben wij aan al die bijdragen onze eigen inperking en interpretatie gegeven. Een inperking en interpretatie die mogelijk niet altijd overeenkomt met de oorspronkelijke ideeën. Ten slotte dank aan alle aio's die hun ontwikkelingsonderzoek door middel van een proef- schrift toegankelijk hebben gemaakt – waardoor in dit onderzoekskatern de ideeën over het doen van efficiënt ontwikkelingsonderzoek konden worden samengevat en van zoveel mogelijk concrete voorbeelden konden worden voorzien.

Literatuurverwijzing

Over het karakter en de methodologie van ontwikkelingsonderzoek is meer te zeggen dan in dit onderzoekskatern wordt gedaan. Daarvoor verwijzen wij naar een serie artikelen uit 2003 onder het thema ‘The Role of Design in Educational Research’ in *Educational Researcher* 32 (1), pp. 3-34, een serie artikelen uit 2004 onder het thema ‘Design-based Research’ in *The Journal of the Learning Sciences* 13 (1), pp. 1-128 en de door Van den Akker *et al* (2006) geredigeerde publicatie *Educational Design Research*. In deze publicaties is meer te vinden over het doel van ontwikkelingsonderzoek, over de rol van ‘theorie’ als uitgangspunt voor en als opbrengst van ontwikkelingsonderzoek, over het gebruik van (een combinatie van) kwalitatieve en kwantitatieve onderzoekstechnieken, over de betrouwbaarheid, validiteit en generaliseerbaarheid van de onderzoeksresultaten enzovoort.

Referenties

- Ausubel, D.P. (1968), *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Cobb, P., J. Confrey, A. diSessa, R. Lehrer & L. Schauble (2003), Design experiments in educational research. *Educational Researcher* 32 (1), 9-13.
- Eijkelhof, H.M.C. & J. Kortland (1988), Broadening the aims of physics education. In P.J. Fensham (Ed.), *Development en dilemmas in science education* (pp. 282-305). London: Falmer Press.
- Engelbarts, M.B.A. (2009), *Op weg naar een didactiek voor natuurkunde-experimenten op afstand – Ontwerp en evaluatie van een via internet uitvoerbaar experiment voor leerlingen uit het voortgezet onderwijs*. Utrecht: CDBeta Press.
- Gravemeijer, K.P.E. (1994), *Developing realistic mathematics education*. Utrecht: CDBeta Press.
- Hewson, P.W., M.E. Beeth & N.R. Thorley (1998), Teaching for conceptual change. In B.J. Fraser & K.G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 199-218). Dordrecht: Kluwer.
- Klaassen, C.W.J.M. (1995), *A problem-posing approach to teaching the topic of radioactivity*. Utrecht: CDBeta Press.
- Klaassen, C.W.J.M. & P.L. Lijnse (1996), Interpreting students' and teachers' discourse in science classes: an underestimated problem? *Journal of Research in Science Teaching*

- 33 (2), 115-134.
- Klaassen, C.W.J.M. (2005), De beargumenteerde opvatting dat 'handelingspraktijk' en 'probleemstellend' elkaar wederzijds versterken. Utrecht: CDBeta – intern discussiestuk.
- Klaassen, C.W.J.M. (2006), Een natuurwetenschappelijk curriculum gebaseerd op gedidactiseerde handelingspraktijken – Schets van een onderzoeksprogramma. Utrecht: CDBeta – intern discussiestuk.
- Klaassen, C.W.J.M., A.S. Westra, K. Emmet, H.M.C. Eijkelhof & P.L. Lijnse (2008), Introducing mechanics by tapping core causal knowledge. *Physics Education* 43 (4), 433-439.
- Kortland, J. (2001), *A problem-posing approach to teaching decision making about the waste issue*. Utrecht: CDBeta Press.
- Kortland, J. (2005), Physics in personal, social and scientific contexts – A retrospective view on the Dutch Physics Curriculum Development Project (PLON). In P. Nentwig & D. Waddington (Eds.), *Making it relevant – Context-based learning of science* (pp. 67-89). Münster: Waxmann.
- Kortland, J. (2007), Context-based science curricula – Exploring the didactical friction between context and science content. Paper ESERA Conference 2007.
- Knippels, M.C.P.J. (2002), *Coping with the abstract and complex nature of genetics in biology education*. Utrecht: CDBeta Press.
- Lijnse, P.L. (1995), 'Developmental research' as a way to an empirically based 'didactical structure' of science. *Science Education* 79 (2), 189-199.
- Lijnse P.L. & C.W.J.M. Klaassen (2004), Didactical structures as an outcome of research on teaching-learning sequences? *International Journal of Science Education* 26 (5), 537-554.
- Ogborn, J. (1997), Constructivist metaphors of learning science. *Science & Education* 6, 121-133.
- Prins, G.T., A.M.W. Bulte, J.H. van Driel & A. Pilot (2008), Selection of authentic modelling practices as contexts for chemistry education. *International Journal of Science Education* 30 (1), 1-24.
- Van Aalsvoort, J.G.M. (2000), *Chemistry in products – A cultural-historical approach to initial chemistry education*. Proefschrift UU.
- Van den Akker, J., K. Gravemeijer, S. McKenney & N. Nieveen (Eds.) (2006), *Educational Design Research*. London: Routledge.
- Vollebregt, M.J. (1998), *A problem-posing approach to teaching an initial particle model*. Utrecht: CDBeta Press.
- Verhoeff, R.P. (2003), *Towards systems thinking in cell biology education*. Utrecht: CDBeta Press.
- Westbroek, H.B. (2005), *Characteristics of meaningful chemistry education*. Utrecht: CDBeta Press.
- Westra, A.S. (2006), *A new approach to teaching and learning mechanics*. Utrecht: CDBeta Press.