

Samenvatting

Dit onderzoek is voortgekomen uit het probleem van leerstofselectie bij het vak natuuronderwijs. Het inhoudelijk aanbod van natuuronderwijs wordt aangegeven in documenten zoals kerndoelen en domeinbeschrijvingen. Ook binnen deze kaders is echter het aantal mogelijke onderwerpen veel groter dan waar de geringe beschikbare tijd ruimte voor biedt. Bovendien is een belangrijk didactisch uitgangspunt van natuuronderwijs dat leerlingen door eigen onderzoek antwoord vinden op zelf geformuleerde vragen. Naast een inhoudelijk aanbod moet daar in natuuronderwijs dus ook voldoende ruimte voor zijn. Een probleem bij de leerstofselectie is verder dat het vak natuuronderwijs geen heldere vakinhoudelijke structuur heeft. Een dergelijke structuur zou enerzijds richting kunnen geven aan de leerstofkeuze, en anderzijds de leerervaringen die de leerlingen door eigen onderzoek opdoen kunnen structureren. De probleemstelling waar dit onderzoek mee begonnen is, betreft de vraag hoe leerlingen en leerkrachten geholpen kunnen worden bij het structureren van leerervaringen, zonder dat daarmee de vragen van en de verkenning door de leerlingen in het gedrang komen.

In dit onderzoek wordt een oplossing voor dit probleem voorgesteld in de vorm van het gebruik van perspectieven in het onderwijs. Met perspectieven worden domeinspecifieke denk- en werkwijzen aangeduid waarmee deskundigen in hun beroepspraktijk de verschijnselen benaderen. Voorbeelden zijn de perspectieven van 'vorm en functie' en van 'eenheid en verscheidenheid'. Perspectieven bepalen daarbij zowel de vragen die aan de verschijnselen zijn te stellen, als de heuristieken om antwoorden op die vragen te vinden. Door perspectieven in het onderwijs in te zetten als metacognitieve strategie, zouden kinderen kunnen leren welke vragen er aan de verschijnselen te stellen zijn en hoe zij deze zelf kunnen beantwoorden. Doordat perspectieven de domeinspecifieke wijzen aangeven waarop deskundigen tegen de werkelijkheid aankijken, kunnen perspectieven tevens de vakinhoudelijke structuur vormen waarmee de leerlingen hun leerervaringen kunnen structureren.

De mogelijkheid om perspectieven als domeinspecifieke metacognitieve strategie binnen natuuronderwijs te laten verwerven, is in dit onderzoek onderzocht door exemplarisch het vormfunctieperspectief uit te werken voor gebruik in het onderwijs. De vraagstelling van dit onderzoek is:

Hoe kunnen leerlingen in het basisonderwijs het vormfunctieperspectief als metacognitief instrument verwerven?

Deze vraagstelling is onderzocht door middel van ontwikkelingsonderzoek. Hiertoe is een onderwijsleerstrategie voor groep 7/8 ontworpen die gericht is op het verwerven en toepassen van het vormfunctieperspectief. Om deze onderwijsleerstrategie te kunnen ontwikkelen is eerst onderzocht wat het vormfunctieperspectief inhoudt in het biologisch onderzoek en in het technisch ontwerpen, omdat natuuronderwijs zowel biologische als technische onderwerpen omvat. Vervolgens is onderzocht welke theorieën over leren en onderwijzen relevant zijn voor het opzetten van een onderwijsleerstrategie voor het verwerven van een perspectief. De onderwijsleerstrategie die op basis van de resultaten van deze twee deelonderzoeken is ontwikkeld, is vervolgens uitgewerkt in een gedetailleerd scenario. Dit scenario is in de onderwijspraktijk uitgevoerd om de adequaatheid ervan voor het verwerven van het vormfunctieperspectief vast te kunnen stellen. Daarbij is nagegaan in hoeverre het beoogde leerproces is opgetreden.

In hoofdstuk 2 wordt het onderzoek beschreven naar de inhoud van het vormfunctieperspectief in biologisch onderzoek en in technisch ontwerpen. Hiertoe is literatuur verzameld over dit onderwerp en zijn deskundigen geraadpleegd. De uitkomsten

van dit onderzoek zijn geïntegreerd in een model van het vormfunctieperspectief.

Het bij elkaar passen van vorm en functie is in de historische ontwikkeling van de biologie op verschillende wijzen verklaard. Totaan Darwin's evolutietheorie bestond de verklaring uit een Schepper of een doelgerichte factor, waarbij de te vervullen functies bepaalden welke vorm ontstond. Darwin's evolutietheorie verklaart het bij elkaar passen van vorm en functie door de voortdurende selectie op die eigenschappen die de bezitter een grotere kans geven op overleving en nakomelingschap. In die theorie is de functie geen oorzaak van de vorm, maar het gevolg ervan. Functies leken daarmee als verklarende factor uitgespeeld en onderzoek naar de functie van een verschijnsel leek niet meer zinvol. Dat veranderde met name door het onderzoek van Tinbergen, waarin werd aangetoond dat de vraag naar de functie van gedrag beantwoord kan worden door de overlevingswaarde ervan te onderzoeken. Inmiddels hebben functionele verklaringen naast causale verklaringen weer een plaats gekregen in de biologie. Functionele verklaringen geven aan welk probleem ten aanzien van de overleving het betreffende organisme zou krijgen indien het bestudeerde verschijnsel anders of afwezig zou zijn, en maken daarmee aannemelijk dat het verschijnsel door natuurlijke selectie is ontstaan. Een recente discussie betreft de kwestie of de vraag naar de functie wel bij elke structuur of proces gesteld kan worden. Er zijn namelijk veel voorbeelden waarbij andere factoren dan natuurlijke selectie de vorm hebben bepaald, zoals het founder principle en gene linkage. Zolang de vraag naar de functie echter toetsbare hypothesen oplevert is er geen bezwaar tegen om deze te stellen.

In dit onderzoek wordt onder vorm de verschijningsvorm van een kenmerk in ruimte, materiaal en tijd verstaan. Hierbij worden onder kenmerk zowel structuren als processen gerekend, op alle organisatieniveaus tot en met het organisme. Onder functie wordt in dit onderzoek zowel de bijdrage aan het functioneren van het suprasysteem als de overlevingswaarde verstaan. De functie als overlevingswaarde is nader gespecificeerd in vier functies ten aanzien van het medium, voeding, vijanden en voortplanting.

De vragen die biologen vanuit het vormfunctieperspectief aan verschijnselen stellen zijn te herleiden tot de volgende vier typen:

I. Waarvoor dient kenmerk X?

Dit betreft het zoeken van een onbekende functie bij een bekend kenmerk

II. Welke oplossing is er voor functie Y?

Dit betreft het zoeken van een onbekend kenmerk bij een bekende functie

III. Hoe werkt kenmerk X?

Dit betreft het verklaren op welke wijze een bekend kenmerk bijdraagt aan een bekende functie.

IV. Waarom heeft kenmerk X vorm A en niet vorm A'?

Dit betreft het verklaren waarom een bekende vorm een betere oplossing is voor een bekende functie dan plausibele alternieven (counterfactuals).

Om antwoord te vinden op deze vragen worden in biologisch onderzoek verschillende heuristieken gehanteerd. Deze heuristieken hebben gemeen dat zij in hun redenering heen en weer gaan tussen vorm en functie. Er is een 'weg bovenlangs' van vorm naar functie waarbij de vraag gesteld wordt via welk effect de vorm bijdraagt aan de functie, en er is een 'weg onderlangs' van functie naar vorm. De vraag die daarbij gesteld wordt, is welke ontwerpeisen zijn af te leiden uit de te vervullen functie. De heuristieken kunnen zowel bij de vorm als bij de functie starten, en boven- of onderlangs in beide richtingen gaan. Vandaar dat de denkwijze in het vormfunctieperspectief hier aangeduid wordt met heen-en-weer-denken.

De definities van vorm en functie in technisch ontwerpen en biologisch onderzoek blijken goed op elkaar aan te sluiten doordat in beide terreinen het systeemdenken een belangrijke rol speelt. Ook in de techniek wordt als functie van een product de causale rol ten opzichte van het suprasysteem gehanteerd. Het begrip ontwerp komt overeen met het begrip vorm zoals dat in de biologie wordt gehanteerd. Het ontwerp legt enerzijds de structuur vast in voorschriften voor de ruimtelijke vorm, het materiaal en de bewerking. Daarnaast bevat een ontwerp beschrijvingen van het proces, namelijk de interactie van de onderdelen. Hierbij horen ook de voorschriften voor het gebruik, waarbij de mens deel uitmaakt van het systeem product + gebruiker.

Bij technisch ontwerpen gaat het in eerste instantie om het zoeken van een nog niet bestaande vorm bij een bekende functie. Dit komt overeen met vraag II, waarbij het in biologisch onderzoek gaat om het zoeken van een bestaande oplossing, en bij technisch ontwerpen om het bedenken van een nieuwe oplossing. Bij het ontwerpproces worden heuristische gehanteerd waarbij evenzeer als in biologisch onderzoek heen-en-weer-denken wordt toegepast. Deze heuristiek komen deels overeen met de heuristiek binnen biologisch onderzoek. Het blijkt mogelijk het vormfunctieperspectief voor biologisch onderzoek en technisch ontwerpen te beschrijven met hetzelfde model. Dit is in wezen een intentioneel model, waarbij voor biologisch onderzoek geldt dat termen zoals ontwerp in de 'alsof-vorm' worden gebruikt.

In hoofdstuk 3 is onderzocht welke theorieën over leren en onderwijzen relevant zijn voor het opzetten van een onderwijsleerstrategie voor het verwerven van een perspectief. Perspectieven blijken al of niet met dezelfde term ook door andere auteurs en in andere vakken te worden gehanteerd als domeinspecifieke metacognitieve strategieën. Perspectieven zijn bij uitstek methoden voor eigen kennisconstructie, en sluiten daarmee aan bij een constructivistische visie op leren, waarbij de leerling zelf kennis construeert op basis van de aanwezige voorkennis. De expliciete aandacht die er via perspectieven wordt gegeven aan de wijze van kennisconstructie, sluit ook goed aan bij de cultuurhistorische visie op leren, waarin de leerkracht een taak heeft in het leren construeren van kennis. Zowel het sociaal constructivisme als de cultuurhistorische visie wijzen op het belang van gezamenlijke kennisconstructie, waarbij de leerling met de medeleerlingen en leerkracht in dialoog gaat. Hierbij moeten leerkracht en leerling beiden hun denken en handelen expliciteren om communicatie daarover mogelijk te maken. Perspectieven moeten inzetbaar zijn in een reeks uiteenlopende situaties. Dat betekent dat de transfer van het geleerde erg belangrijk is. Vanuit de theorieën over transfer komt naar voren dat perspectieven het beste aangeleerd kunnen worden in een realistische context, waarna vervolgens door toepassen in andere contexten het perspectief zichtbaar wordt als het gemeenschappelijke in de werkwijze in beide contexten. Om de leerling het vormfunctieperspectief als metacognitieve strategie te laten verwerven, is het verder nodig dat de leerling regelmatig reflecteert op haar/zijn handelen. Ook hiervoor is het expliciteren van denken en handelen weer van belang. Tenslotte wordt voor het aanleren van complexe vaardigheden en relaties in de literatuur aangeraden om te werken met een kleine inhoudelijke kern, die in de loop van het leerproces wordt uitgebreid.

Hoofdstuk 4 beschrijft de onderwijsleerstrategie die is ontwikkeld voor het verwerven van het vormfunctieperspectief. Eerst is vanuit de beschrijving van het vormfunctieperspectief in hoofdstuk 2 een vertaling gemaakt naar leerdoelen voor natuuronderwijs, waarbij het heen-en-weer-denken als metacognitieve strategie is beschreven. Hiervoor is belangrijk dat de leerling niet alleen de afzonderlijke handelingen uitvoert, maar ook in staat is om het heen-en-weer-denken in verschillende contexten toe te passen, en over deze handelingen te communiceren. Een belangrijk element in de onderwijsleerstrategie is het gebruik van

cognitive apprenticeship. Deze aanpak voldoet aan een groot deel van de criteria die in hoofdstuk 3 zijn aangegeven, namelijk het aanleren in een realistische context, het expliciteren van denken en handelen door leerkracht en leerling, en de reflectie op het eigen handelen. Daarbij demonstreert de leerkracht eerst hardopdenkend de handeling, waarna de leerlingen zelf de handeling uitvoeren. De begeleiding van de leerkracht neemt hierbij geleidelijk af. Een tweede belangrijk element is de keuze voor een inhoudelijke kern van het vormfunctieperspectief in de vorm van de ontwerpersbril. De ontwerpersbril is een schema, gebaseerd op het model van het vormfunctieperspectief, waarin de leerling de leerervaringen noteert en zo geleidelijk het vormfunctieperspectief gestalte ziet krijgen. De onderwijsleerstrategie bestaat uit 12 activiteiten, waarbij in de eerste helft technische objecten worden ontworpen en bestudeerd, en in de tweede helft biologische verschijnselen. Het technische deel start met een ontwerpactiviteit, dus met een vraag van functie naar vorm (vraag type II). Bij de presentatie van de ontwerpen expliciteren en becommentariëren de leerlingen hun ontwerpen, waarbij vragen van type III en IV een rol spelen. Dit wordt aangeduid als ontwerpdiscussie. Vervolgens bestuderen de leerlingen voorwerpen, waarbij ze onderdelen onderscheiden en daarbij de vraag stellen waar deze voor dienen (vraag type I). Ook hier wordt verdergegaan met vragen van type III en IV, waarbij het de bedoeling is dat het heen-en-weer-denken leidt tot nieuwe waarnemingen en nieuwe vragen. Het biologische deel begint met de analyse van biologische verschijnselen op dezelfde manier als ze gedaan hebben met de technische ontwerpen (vraag I, III en IV). Vervolgens worden de vier hoofdfuncties ten aanzien van het overleven geïntroduceerd als de vier V's van Voeding, Verdediging tegen vijanden, Verdedigen tegen schade en Voortplanting. Tenslotte wordt vanuit deze functies weer de vraag van functie naar vorm (vraag II) gesteld door de leerlingen een dier te laten ontwerpen dat kan overleven in gegeven omgevingscondities. Bij de presentatie en het commentaar van de medeleerlingen spelen weer de vragen III en IV een rol. De eerste en tweede helft worden beide afgesloten met een vragenlijst waarmee de leerling wordt uitgenodigd om te reflecteren op het vormfunctieperspectief.

In hoofdstuk 5 is de onderzoeksprocedure beschreven die gevolgd is om de adequaatheid van het scenario te testen. Hierbij is de vraag naar de adequaatheid van het scenario vertaald in de vraag of de leerling gedurende het onderwijsleerproces leert te redeneren van vorm naar functie en andersom, en in de vraag of de leerling het vormfunctieperspectief als metacognitief instrument kan hanteren.

Voor onderdelen van het vormfunctieperspectief is het scenario adequaat gebleken. Hierbij heeft het scenario deels nieuwe handelingen aangeleerd, deels handelingen waarover leerlingen al beschikten, gearticuleerd. In het algemeen blijken leerlingen in staat om bekende vormfunctierelaties onder te brengen in het schema van de ontwerpersbril. Leerlingen blijken echter vaak kenmerken over het hoofd te zien als zij daarvoor geen functie weten. Een uitgebreide begeleiding van de leerkracht is nodig om leerlingen te leren onderdelen en hun deelfuncties te onderscheiden van het geheel en van de functie van het geheel. Het scenario heeft leerlingen gestimuleerd tot ontwerpen, waarbij zowel technische als biologische ontwerpen zijn gemaakt. Leerlingen blijken daarbij goed in staat om deze ontwerpen te verdedigen en te becommentariëren. Bij deze ontwerpdiscussies kon de rol van de leerkracht beperkt blijven tot het structureren en benoemen van elementen uit de discussie. Bij ontwerpdiscussies over bestaande ontwerpen was coaching door de leerkracht wel nodig. In groepjes lukt het de leerlingen nog niet om zelfstandig deze discussies te voeren. Het voeren van een ontwerpdiscussie gaat overigens beter indien meerdere ontwerpen vergeleken kunnen worden. Als één bestaand ontwerp verklaard moet worden via vergelijking met plausible alternatieven (counterfactuals), verloopt de discussie moeizamer. Met name voor biologische verschijnselen hebben leerlingen moeite met het bedenken van counterfactuals en vinden ze

een discussie daarover weinig zinvol. Het gebrek aan kennis over planten bemoeilijkt ontwerpdiscussies over plantaardige verschijnselen. Een factor die het leggen van vormfunctierelaties vergemakkelijkt, is het verkleinen van de zoekruimte door het laten kiezen uit gegeven alternatieven, bijvoorbeeld door een specifieke counterfactual te plaatsen naast het bestaande ontwerp. In het algemeen is gebleken dat een ontwerpdiscussie even goed kan starten vanuit de vorm als vanuit de functie. In deze ontwerpdiscussies zijn meerdere typen van heen-en-weer-denken naar voren gekomen.

Het gebruik van het vormfunctieperspectief om *nieuwe* kennis mee te verwerven bleef in deze uitvoering nog afhankelijk van de coaching door de leerkracht. Dat wil zeggen dat dit leerdoel in principe wel haalbaar is, maar dat het scenario nog niet adequaat gebleken is om het vormfunctieperspectief door de leerlingen te laten verwerven als onderdeel van hun eigen denken en handelen. Hierbij speelt niet alleen het begrip van het vormfunctieperspectief een rol, maar ook de erkenning van dit soort leerresultaten door de leerlingen. Hoewel naar het oordeel van de onderzoeker en de leerkrachten interessante ontwerpdiscussies plaatsvonden, waarin het heen-en-weer-denken leidde tot nieuwe kennis, ervoeren de leerlingen het op deze manier kijken naar verschijnselen maar ten dele als zinvol. Een ander probleem dat zich voordeed is dat leerlingen niet uit zichzelf veronderstellingen formuleren, en evenmin geneigd waren om hun kennis ter discussie te stellen. Verder blijkt het schema van de ontwerpersbril nog te ingewikkeld om zelfstandig mee te werken. Ten aanzien van de metacognitie heeft het scenario ertoe geleid dat de leerlingen een redelijk beeld verwerven van de objecten waarop het vormfunctieperspectief van toepassing is, zonder dat zij daar expliciet het functiecriterium bij betrekken. Daarbij blijken sommige leerlingen in staat het werken met het vormfunctieperspectief te verwoorden als een procedure. Een deel van de leerlingen ervaart de ontwerpdiscussies en het terugkerend schema van de ontwerpersbril als negatief. Een ander deel van de leerlingen geeft juist aan door de lessen opmerkzamer te zijn geworden, en vindt de ontwerpdiscussies interessant.

Hoofdstuk 6 bevat de discussie over de resultaten het onderzoek van het scenario, en een aanzet tot een vervolg. In een aantal opzichten week het onderwijsleerproces af van de verwachting. Belangrijke factoren die hierbij een rol speelden waren de voorkennis van leerlingen en de opvattingen van leerlingen over kennis en leren. Ontbrekende onderdelen in de voorkennis waren onder andere inzicht in de samenwerking van onderdelen in een systeem, waardoor onderdelen vaak over het hoofd werden gezien of genegeerd. Leerlingen bleken verder onzekere kennis niet te accepteren, waardoor zij weinig geneigd waren veronderstellingen te formuleren, en evenmin om kennis ter discussie te stellen.

Ten aanzien van de haalbaarheid van perspectieven als leerdoel kan uit dit onderzoek geconcludeerd worden dat met begeleiding van de leerkracht veel leerdoelen toch haalbaar blijken, maar dit betekent een grote tijdsinvestering van zowel leerlingen als leerkrachten. Of deze tijdsinvestering de moeite waard wordt gevonden hangt af van de visie die men op het leergebied natuuronderwijs heeft. De rol van perspectieven daarin zou met name kunnen inhouden dat vragen en opdrachten worden gegenereerd, die verschillende leerervaringen met elkaar in verband kunnen brengen, en op die manier zowel structuur bieden aan de vakinhoud als aan het leren zelf.

De ervaringen met dit scenario geven aanleiding tot herziening van de onderwijsleerstrategie. Daarbij wordt uitgegaan van een opzet die meer gespreid over het leerplan verloopt. Het analyseschema heeft goed gewerkt om de diverse uitingen te categoriseren, en heeft slechts een kleine herordening nodig.

Dit onderzoek heeft bijgedragen aan een domeinspecifieke visie op leren en onderwijzen, door helder te maken welke vragen en heuristieken verbonden zijn met het vormfunctieperspectief, en door dit perspectief te vertalen naar het onderwijs. Daarmee is

aannemelijk gemaakt dat het in principe mogelijk is om een verbinding te leggen tussen de denk- en werkwijze van deskundigen en het onderwijs in het betreffende leergebied.

Daarnaast heeft het scenario een reeks materialen opgeleverd die in diverse vormen van onderwijs te gebruiken en aan te passen zijn.

Vervolgonderzoek zou zich kunnen richten op de verdere uitwerking van het vormfunctieperspectief in natuuronderwijs. Daarnaast is het vormfunctieperspectief uit te breiden naar het opleidingsonderwijs en voortgezet onderwijs, waarbij aansluiting moet worden gezocht bij andere gehanteerde strategieën. Ten derde kunnen andere perspectieven op vergelijkbare wijze worden ontwikkeld. Tenslotte kan aansluiting gezocht worden bij ander onderzoek naar de ontwikkeling van metacognitie en opvattingen over kennis bij leerlingen in het basisonderwijs.