



ONDERZOEKEND & ONTWERPEND LEREN



LEREN ONDERZOEKEND en ONTWERPEND LEREN



BIJ NATUUR & TECHNIEK

Onderzoekend en Ontwerpend Leren bij Natuur en Techniek

Basisdocument over de didactiek voor onderzoekend en ontwerpend leren in het primair onderwijs



Maart 2007

Marja van Graft
Pierre Kemmers

Verantwoording

© 2007 Stichting Platform Bèta Techniek, Den Haag

Auteurs: Marja van Graft en Pierre Kemmers

Eindredactie: Marja van Graft

Dit document maakt onderdeel uit van het VTB-project 'Leren Onderzoekend en Ontwerpend Leren'

Projectgroep:

- Leo van den Bogaert (NEMO, Amsterdam)
- Thomas van Eijck (Pabo, Educatieve Hogeschool van Amsterdam, Amsterdam)
- Ton Ellermeijer (AMSTEL Instituut, Universiteit van Amsterdam, Amsterdam)
- Roos Franse (NEMO, Amsterdam)
- Marja van Graft (AMSTEL Instituut, Universiteit van Amsterdam, Amsterdam, gedetacheerd vanuit SLO, Enschede)
- Frank Hoefnagels (Basisschool De Nieuwe Kring, Diemen)
- Pierre Kemmers (AMSTEL Instituut, Universiteit van Amsterdam, Amsterdam; thans SLO, Enschede)

Met dank aan de leraren:

- Ria Swart en Anneke van Vugt (Basisschool de Zwerm, Sint Maarten)
- Jolanda Zeilemaker (Basisschool Kawama, Purmerend)
- Karin Fontijn, Ellen van der Gullik, en Frank Hoefnagels (Basisschool De Nieuwe Kring, Diemen)
- Carlien van de Berg en Ruud Pelser (Basisschool het Klaverblad, Amsterdam)
- Renée Bolhuis en Lisenka Entrop (De Burghtschool, Amsterdam)
- Gerda Pool en Mirjam Titulaer (Theo Thijsenschool, Amsterdam)
- Marijn Lodewijks en Ellen Schilder-Woudenberg (Basisschool de Bijenkorf, Oudesluis)

en natuurlijk hun leerlingen!

Amsterdam, maart 2007

In opdracht van: Programma Verbreding Techniek Basisonderwijs, Den Haag

Uitgevoerd aan: AMSTEL Instituut, Universiteit van Amsterdam, Amsterdam

Voorwoord

Den Haag, januari 2007

Het landelijk project Verbreding Techniek Basisonderwijs (VTB) streeft er onder meer naar dat

- o alle basisscholen in staat zijn om techniek een vaste plek in het onderwijsprogramma te geven, en dat
- o de invoering van techniek wordt gevoed door moderne didactische inzichten en instrumenten.

Het project 'Leren Onderzoekend en Ontwerpen Leren' heeft betrekking op deze twee programmadoelen. In dit project, dat is uitgevoerd aan het AMSTEL Instituut van de Universiteit van Amsterdam, is voor natuur en techniek lesmateriaal ontwikkeld met als doel om de nieuwsgierige en kritische houding van leerlingen in het basisonderwijs te stimuleren en te ontwikkelen.

De didactische aanpak die hiervoor is gekozen is onderzoekend en ontwerpend leren, waarbij wordt voortgebouwd op de aanpak zoals die in de jaren '80 en '90 van de vorige eeuw in het project Natuuronderwijs voor de basisschool (NOB) door SLO is ontwikkeld. Bij het onderzoekend en ontwerpend leren werken kinderen als 'onderzoeker' en 'ontwerper' en ontwikkelen ze met elkaar hun begrip van concepten uit natuur en techniek. Onderzoeken en ontwerpen zijn daarbij geen doel op zich, maar een manier van werken die vanuit de verwondering en nieuwsgierigheid kinderen (samen) laat waarnemen, nadenken, handelen en reflecteren. De onderliggende gedachte is dat kinderen door deze activiteiten op sociaal-constructivistische wijze tot kennisconstructie komen als zij - onder deskundige begeleiding van de leraar - met elkaar inhoudelijk in gesprek raken over hun waarnemingen en de daaruit voortvloeiende ideeën en gedachten die zij tijdens het onderzoeks- en ontwerpproces ontwikkelen. Naast de cognitieve ontwikkeling geeft dit proces hen ook ruimte voor creativiteit, kritisch nadenken en handelen, samenwerken en informatie delen en biedt zodoende mogelijkheden aan te sluiten bij de talenten van de kinderen en hun brede ontwikkeling. Tevens biedt het léraren de kans om de aanwezige talenten bij kinderen te benutten en de brede ontwikkeling te volgen.

In het **Basisdocument** is beschreven wat wordt verstaan onder onderzoekend en ontwerpend leren op de basisschool en wat de meerwaarde ervan is. Hierin is een didactische leerlijn voor groep 1 tot en met 8 uitgewerkt. Omdat dit project voortkomt uit het programma Verbreding Techniek Basisonderwijs, is in het Basisdocument en het lesmateriaal gefocust op het onderwijs in natuur en techniek. Deze aanpak kan echter ook worden toegepast bij aardrijkskunde- en geschiedenisonderwijs. Onderzoekend en ontwerpend leren blijken als didactiek zeer waardevol te zijn en zijn nauw met elkaar verweven. Bovendien bieden ze mogelijkheden voor integratie met taal- en rekenen/wiskundeonderwijs.

Het onderzoekend en ontwerpend leren is uitgewerkt in lesmateriaal, dat eveneens is te downloaden vanaf www.slo.nl. Dit document bevat **lesmateriaal** voor groep 3 tot en met 6. In samenwerking met leraren zijn twee lessenseries voor groepen 3/4 en twee voor groepen 5/6 ontwikkeld. Deze leraren hebben de lessen zelf in de praktijk uitgevoerd. In de handleiding wordt ingegaan op verschillende aspecten die van belang zijn bij het onderzoekend en ontwerpend leren, o.a. het Zevenstappenmodel, het indelen van groepen en het leiden van een gesprek in de groep.

De lessen bevatten praktische aanwijzingen als materiaal, een overzicht van de verschillende lesdoelen, een tijdschema en inhoudelijke achtergrondinformatie. De lessen zelf zijn ingedeeld in fasen en zijn geschreven in de vorm van een scenario.

Jeroen Gommers,
Programmamanager VTB

Ten geleide

Op weg naar de Lissabon 2000 en Barcelona 2002 doelstellingen van de Raad van de Europese Unie — een concurrerende kenniseconomie resp. 3 % van het BBP besteden aan R&D — vertaalt Nederland op dit moment deze ambities naar de basisschool met het programma 'Verbreding Techniek Basisonderwijs' (VTB).

Het VTB-programma sluit aan bij de inspanningen die de afgelopen decennia door verschillende onderwijsinstellingen zijn gedaan om in Nederland de positie van de natuurwetenschappen en onderzoekende competenties in het primair onderwijs te verstevigen, zoals in het project Natuuronderwijs voor het Basisonderwijs (NOB-project, zie Kamer-*Peeters*, 1991).

Medio 2004 nam het Platform Bèta/Techniek, waar het VTB-programma onderdeel van is, het initiatief om deze krachten te bundelen en een expertgroep in het leven te roepen voor een visiedocument over de samenhang tussen natuurwetenschap en techniek in het primair onderwijs (Expertgroep Wetenschap en Techniek Basisonderwijs, 2005). Tevens vond in het kader van het Nederlands Voorzitterschap van de Europese Unie in oktober 2004 op initiatief van het AMSTEL Instituut, NEMO en de KNAW de internationale conferentie 'Science is Primary'¹ plaats. Tijdens deze conferentie stond naast de praktijk van science onderwijs, het belang ervan voor het stimuleren van deelname van studenten aan natuurwetenschappelijke en technische studies, centraal.

Zowel de aanbevelingen van de Expertgroep als de conferentie waren voor het VTB-programma aanleiding tot de opzet van het project 'Leren Onderzoekend Leren', dat is gestart op 1 maart 2005. Met dit project wordt beoogd een eerste stap te zetten naar een duurzame implementatie van kwalitatief verantwoord natuur- en techniekonderwijs in het basisonderwijs, waarin vanuit didactisch perspectief nadrukkelijk aandacht is voor een wetenschappelijke houding die hand in hand gaat met *hands-on* activiteiten. Omdat bij techniekonderwijs wordt gewerkt met de ontwerpaanpak, wordt in dit project ook het ontwerpend leren meegenomen en is de naam van het project veranderd in Leren Onderzoekend en Ontwerpend Leren (LOOL).

In dit rapport, 'Onderzoekend en Onderzoekend Leren bij Natuur en Techniek: Basisdocument over de didactiek voor onderzoekend en ontwerpend leren in het primair onderwijs', is beschreven wat wordt verstaan onder onderzoekend en ontwerpend leren op de basisschool en wat de meerwaarde ervan is. Dit is ten slotte uitgewerkt in een didactische leerlijn voor groep 1 tot en met 8. Hierbij is gefocust op het onderwijs in natuur en techniek. Onderzoekend en ontwerpend leren blijken als didactiek zeer waardevol te zijn. Ondanks enkele essentiële verschillen tussen ontwerpend en onderzoekend leren zijn deze twee aanpakken met elkaar verweven. Bovendien leveren de instrumentele vakken taal en rekenen/wiskunde een waardevolle bijdrage.

De ervaring leert dat er (inter-)nationaal gezien verschillende opvattingen over dit vakgebied bestaan. Vandaar dat hier de term 'natuur- en techniekonderwijs' expliciet gedefinieerd wordt. De opvatting van dit vakgebied in dit project is gelijk aan de Engelstalige opvatting van het vakgebied *science and technology*. In concreto wordt hieronder verstaan dat het natuur- en techniekonderwijs onderdelen behelst uit de vak/vormingsgebieden biologie, scheikunde, natuurkunde, techniek / technologie, milieukunde en aardwetenschappen. De Nederlandse opvatting komt hier grotendeels mee overeen, zij het dat in Nederland aardwetenschappen en scheikunde niet of nauwelijks zijn opgenomen in het formele curriculum (*Boersma et al.*, 2003).

Tot slot dient er nog vermeld te worden dat in de vorige alinea niet voor de laatste keer gebruik is gemaakt van Engelstalige termen. Vanwege de grote voorsprong van de An-

¹<http://www.science.uva.nl/scienceisprimary/>

gelsaksische landen in het natuur- en techniekonderwijs op de basisschool, is het overgrote deel van de vakliteratuur alleen in het Engels beschikbaar. De meeste termen zijn echter zo ingeburgerd en veelal onvertaalbaar, dat hier dan ook niet getracht zal worden alle termen in het Nederlands te vertalen.

Marja van Graft
Projectleider LOOL
Oktober 2006



Inhoud

Ten geleide.....	7
1 Inleiding.....	11
2 Onderzoekend en ontwerpend leren.....	13
2.1 Natuur en techniek.....	14
2.2 Onderzoeken en ontwerpen.....	15
2.3 Onderzoekend leren.....	17
2.4 Ontwerpend leren.....	21
2.5 Vrij of gestructureerd onderzoeken en ontwerpen?.....	23
2.6 Onderzoekend en ontwerpend leren en aanwezige kennis.....	24
3 De meerwaarde van onderzoekend en ontwerpend leren.....	25
3.1 Wat is er al gedaan op dit gebied?.....	25
3.2 Conceptontwikkeling.....	26
3.3 Wetenschappelijke houding en brede ontwikkeling.....	27
3.4 Wat leren kinderen bij onderzoekend en ontwerpend leren en wat is de rol van de leraar?.....	29
3.5 De leraar als onderzoeker.....	33
3.6 Bronnen en materialen.....	33
3.7 Inhoud of proces?.....	34
3.8 De organisatie van onderzoekend en ontwerpend leren.....	34
4 Een Leerlijn Onderzoekend en Ontwerpend Leren in samenhang met leerlijnen van andere leergebieden in het basisonderwijs.....	37
Bijlage 1: Leerlijnen.....	38
Literatuur.....	47

1 Inleiding

Het basisonderwijs in Nederland heeft als kenmerk dat bij de meeste vakken wordt gewerkt vanuit een aanpak van directe instructie. Leerlingen krijgen — doorgaans plenair — uitleg over wat ze gaan doen en hoe ze geacht worden daarbij te handelen. Vervolgens voeren ze hun taken op de voorgestelde manier uit. In het hedendaagse basisonderwijs is nauwelijks sprake van onderzoekend en ontwerpnd leren, hoewel er in de jaren 80 van de vorige eeuw voor natuuronderwijs (inclusief techniek) een goede basis voor is gelegd bij de ontwikkeling van de visiestukken over natuuronderwijs en natuurwetenschap en ook Boerwinkel daar recentelijk op teruggrijpt (Both, 1984, 1985; Boerwinkel, 2003). Deze visiestukken zijn de basis geweest van het project Natuuronderwijs voor het Basisonderwijs (NOB). Het NOB-project heeft niet alleen geleid tot een didactiek van onderzoekend leren, maar heeft ook de inhoud van natuur- en techniekonderwijs gedefinieerd in zeven aandachtsgebieden en op basis daarvan leerlijnen uitgewerkt (Kamer-Peeters, 1991). Tevens zijn er lesmateriaal en lessuggesties ontwikkeld².

Door onder meer de regelgeving in die periode heeft het NOB-project uiteindelijk niet geleid tot implementatie van natuur- en techniekonderwijs met als aanpak onderzoekend en ontwerpnd leren, hoewel op de meeste lerarenopleidingen onderzoekend leren nog steeds wordt aangeboden (zie hoofdstuk 9 in De Vaan & Marell, 2006). Momenteel zijn natuur- en techniekonderwijs net als de vakken aardrijkskunde en geschiedenis verbanden naar de marge van het curriculum.

Taal en rekenen is waar het in het primair onderwijs om — en dus over — gaat. Echter, taal en rekenen zijn gebonden aan situaties: bij taal gaat het ergens over en rekenen doe je ergens aan. Zijn er kansen om natuur- en techniekonderwijs met deze vakgebieden te combineren? En is het niet zo dat juist onderzoekend en ontwerpnd leren aanknopingspunten bieden?

Met deze gedachte is de afgelopen jaren het huidige wereldoriëntatieonderwijs, waar natuur- en techniekonderwijs onderdeel van is, kritisch bezien. Brouwer en Van Graft (2003) hebben onder andere in natuuronderwijsmethoden naar de aandacht voor taalactiviteiten gezocht. Didactische aanwijzingen voor talige activiteiten tijdens de lessen, zoals het voeren van — interactieve — gesprekken, of het mondeling presenteren door kinderen, ontbreken, evenals instructies voor begrijpend leesstrategieën en het verwerven en verwerken van informatie. Het schrijven (stellen) bestaat slechts uit het invullen (soms het zetten van kruisjes) op kopieerbladen van antwoorden op vragen die betrekking hebben op de leestekst. Uit deze analyse komt het beeld naar voren dat natuur- en techniekonderwijs op een traditionele wijze wordt uitgevoerd met de leraar als spil, waar alle vragen centraal vanuit de leraar gericht zijn op de kinderen, die hun antwoorden weer centraal naar de leraar terug sturen (zonmodel versus kaatsmodel, zie Brouwer, 2000). Deze werkwijze is niet uitnodigend voor actieve participatie door en het stimuleren van een onderzoekende houding bij kinderen. De conclusie was dat de onderzochte methoden leraren niet ondersteunen bij het begeleiden van onderzoeksactiviteiten door kinderen, en daarmee kon worden verondersteld dat onderzoekend leren nauwelijks plaats vindt.

In het evaluatieonderzoek naar het natuurkunde- en techniekonderwijs door Cito (Thijssen *et al.*, 2003b) komt een vergelijkbaar beeld naar voren. Hoewel bijna 50% van de

² In de projectperiode is een tijdschrift ontwikkeld met lessuggesties, *De Grabbelton*. Hiervan is in 2002 een herziening uitgebracht (Bleijerveld & Van Graft, 2002). Daarnaast zijn er in de projectperiode Bronnenboeken met lesvoorbeelden uitgegeven voor de kleuter-, onder-, midden- en bovenbouw.

leraren aangeeft bij natuurkundeonderwijs³ wel proefjes uit te voeren, is het maar de vraag of de aanpak tot het 'onderzoekend leren' gerekend mag worden. In het onderzoek naar het biologieonderwijs (Thijssen *et al.*, 2003a) worden 'onderzoekend leren' en 'proefjes doen' beide niet genoemd⁴. Uit beide onderzoeken blijkt overigens dat de tijd die besteed wordt aan natuurkunde-, techniek- en biologieonderwijs ongeveer een uur per week bedraagt. Het huidige onderwijs in natuur- en techniek blijft op de meeste scholen beperkt tot het — veelal technisch — lezen van leerlingteksten in de methode, waarbij de leraar vertelt of vragen stelt en de kinderen haar antwoord geven. Dit leidt noch tot actieve participatie van leerlingen die vragen stellen, met elkaar in gesprek of in discussie gaan, noch tot informatie verwerving en verwerking naar aanleiding van vragen of mondelinge en schriftelijke presentaties. Voor de afdeling primair onderwijs van SLO was dit aanleiding om binnen het taalonderwijs van koers te veranderen en zich te richten op taalgericht vakonderwijs⁵. Duidelijk is dat bij het natuur- en techniekonderwijs in Nederland op dit moment nauwelijks sprake is van onderzoekend en ontwerpnd leren.

Het lijkt erop dat het huidige onderwijs door het ontbreken van de onderzoekende en ontwerpnde aanpak binnen natuur- en techniekonderwijs, zichzelf, maar vooral kinderen, te kort doet.



³ Het is in dit onderzoek onduidelijk of leraren een onderscheid hebben gemaakt tussen natuurkunde en biologie, waardoor de waarde van de conclusies dubieus is.

⁴ Onduidelijk is of het een open of gesloten vraag betrof, waarbij leraren de alternatieven kregen voorged. Omdat er geen categorie 'anders' is benoemd, is het waarschijnlijk dat het om een open vraag ging.

⁵ Dit heeft geleid tot een beleidsdocument voor de afdeling primair onderwijs (Van Graft & Paus, 2003). Voorts heeft SLO in 2005 het initiatief genomen tot de oprichting van het Platform Taalgericht Vakonderwijs voor het primair onderwijs, i.s.m. het Expertisecentrum Nederlands.

2 Onderzoekend en ontwerpnd leren

Het is op de basisschool erg belangrijk dat de leerling met concreet materiaal aan de slag kan. Het *doen* wordt in de Engelstalige literatuur vaak aangeduid als *hands-on science*. Vaak wordt dit *hands-on* principe verward met onderzoekend leren. Het simpelweg aan de slag gaan met materialen betekent echter niet dat er onderzoekend wordt geleerd. Werken met concreet materiaal is een waardevolle activiteit, maar *hands-on* betekent niet dat er ook gericht geëxperimenteerd wordt. *Hands-on science* is een voorwaarde voor onderzoekend leren: het is echter niet hetzelfde.

Wat is *onderzoekend en ontwerpnd leren* dan wel? Duidelijk is in ieder geval dat het verwijst naar een manier van leren die op onderzoeken en ontwerpen is gebaseerd. Duidelijk is ook dat *onderzoekend leren* of de Engelse variant *inquiry-based learning* grote aandacht geniet en vaak als toverwoord gebruikt wordt: als trefwoorden in elektronische databases leveren ze een schat aan waardevolle én waardeloze informatie. Ook over de inhoud van deze beladen term lijken de meningen verdeeld. Deze constatering en van daaruit de conclusie dat overeenstemming over de betekenis van onderzoekend leren noodzakelijk is kwam ook naar voren tijdens een workshop in de onlangs gehouden Europese conferentie over natuur en techniek onderwijs op de basisschool (Ellermeijer & Kemmers, 2005, p. 105).

In zijn algemeenheid heeft onderzoekend en ontwerpnd leren als doel om kinderen competenties te laten ontwikkelen die samenhangen met de (natuur-)wetenschappelijke manier van werken of te werken als ontwerper. Het gaat daarbij om de ontwikkeling in samenhang van concepten, vaardigheden en houding over natuurwetenschappelijke en technische onderwerpen. Het onderzoeks- en ontwerpproces wordt daarbij als 'spel' gebruikt. Leerlingen 'spelen' dat zij onderzoeker of ontwerper zijn. Zij worden door de leraar gestimuleerd te handelen en zich te gedragen als nieuwsgierige, kritische en creatieve onderzoekers en/of ontwerpers (Van Oers, 2005). Ontwerpnd leren ofwel *learning by design* kan worden opgevat als een inductieve manier van werken. Bij het oplossen van problemen zullen kinderen keuzes moeten maken ten aanzien van het toepassen van technische principes, materialen en gereedschappen.

Belangrijk is een onderscheid te maken tussen *onderzoekend en ontwerpnd leren* en *leren onderzoeken en ontwerpen*. Onder het laatste wordt verstaan dat leerlingen leren onderzoek te doen of leren ontwerpen en dus kennis en vaardigheden opdoen over het proces. Om het onderscheid duidelijk te maken verstaan we onder onderzoekend leren dat de leerlingen met behulp van een proces (nl. onderzoeken) leren over een vakgebied. Bij 'onderzoekend leren' is onderzoeken een *middel*; bij 'leren onderzoeken' is onderzoeken een *doel*. Op een vergelijkbare manier wordt bij het ontwerpnd leren het ontwerpen ingezet als middel en niet als doel.

Het inzetten van leren onderzoeken en ontwerpen als middel betekent niet dat er binnen het onderzoekend en ontwerpnd leren geen aandacht kan zijn voor de ontwikkeling van vaardigheden, zoals die zijn vermeld in Tabel 2.2 en Tabel 2.3 in paragrafen 2.3 resp. 2.4. Het ontwikkelen van vaardigheden gaat dan zelfs hand in hand met het opdoen van kennis over natuur en techniek.

Dit hoofdstuk dient om inzichtelijk te maken wat onderzoekend en ontwerpnd leren wél en niet is en hoe er in dit project tegenaan wordt gekeken. Naast het leren over voor natuur en techniek relevante inhoud is een meerwaarde van onderzoekend respectie-

lijk ontwerpend leren bij natuur- en techniekonderwijs dat dit bij kinderen kan bijdragen aan inzicht in de beroepspraktijk van onderzoekers en ontwerpers en technici. Door te leren op een manier zoals onderzoekers, ontwerpers en technici te werk gaan, krijgen kinderen een beeld van deze beroepspraktijken. Om dit te realiseren zullen leraren wél op metacommunicatief niveau met de kinderen over de manier van werken het gesprek moeten voeren. Nu wordt eerst ingegaan op de inhoud van natuurwetenschappen ten opzichte van techniek.

2.1 Natuur en techniek

Natuur- en technische wetenschappen worden samen vaak in één adem genoemd. Volgens een populaire kijk wordt in de natuurwetenschap getracht de wereld te beschrijven en te doorgronden, terwijl technische wetenschappers juist met deze kennis deze wereld trachten aan te passen. De werkelijkheid is echter veel genuanceerder dan dit. Zo komen zowel in de technologie als de natuurwetenschappen veel aspecten van de andere discipline terug en zijn ze veel meer verweven dan vaak beweerd wordt (vgl. Boerwinkel, 2003; Ellermeijer & de Beurs, 2004). Gemeenschappelijkheid bij natuur en techniek is te vinden in begrippen van hoger orde, zoals 'eenheid en verscheidenheid' en 'oorzaak en gevolg', door Fred Janssen (2000) perspectieven genoemd. Boerwinkel (2003, p. 11) heeft deze perspectieven vergeleken met internationale bronnen en vindt daarin vergelijkbare *unifying concepts*. In dit rapport worden deze perspectieven opgevat als gemeenschappelijk kader dat zowel voor natuur- als voor techniekonderwijs de basis kan zijn voor vragen en opdrachten. In Tabel 2.1 is het schema dat Boerwinkel in zijn proefschrift heeft opgenomen voor natuuronderwijs aangevuld met een voorbeeld voor techniekonderwijs.

Tabel 2.1. Perspectieven als bron van vragen en opdrachten voor natuur- en techniekonderwijs (naar Boerwinkel, 2003)

Perspectief	Hoofdvraag bij bestudering van een verschijnsel / product vanuit dit perspectief	Voorbeeldvragen bij de bestudering van een wegberm vanuit dit perspectief	Voorbeeldvragen bij de bestudering van een verzameling verschillende knijpers vanuit dit perspectief
Eenheid en verscheidenheid	Wat is anders, wat is hetzelfde?	Hoeveel soorten staan er op dit stukje? Waar moet je op letten om daar achter te komen?	Hoeveel verschillende knijpers zijn er? Waar moet je op letten om daar achter te komen?
Deel en geheel	Waar bestaat het uit en waar maakt het deel van uit?	Welke verschillende plekken onderscheid je in deze wegberm? Waar is het nest waar deze mieren bijhoren?	Uit welke onderdelen bestaan de knijpers?
Verandering en continuïteit	Wat is veranderd, wat is hetzelfde gebleven?	Welke stadia van bloei zie je aan deze plant? Hoe zou dat er volgende week uitzien?	Is er een ontwikkeling in de vorm van de knijpers te zien? Hoe zou een volgend ontwerp eruit kunnen zien?

Vorm en functie	Hoe ziet het eruit en waar dient het voor?	Waarvoor zouden de haren op deze plant dienen? Welke van deze planten zou er beter tegen kunnen dat erop getrapt wordt?	Waarvoor zouden de openingen en uitsparingen in de knijpers dienen? Welke knijper zou de kleding aan een waslijn het beste vasthouden?
Oorzaak en gevolg	Wat heeft het veroorzaakt en wat is het gevolg daarvan?	Waardoor staat het gras hier veel hoger dan daar? Wat zou er gebeuren als je hier elke week zou maaien?	Waardoor zijn er verschillen tussen de knijpers ontstaan? Wat zou er gebeuren met de vorm van knijpers als de was aan een (horizontaal) rond-draaiend systeem zou worden gedroogd?
Organisme / product en omgeving	Hoe wordt het organisme / product beïnvloed door de omgeving en hoe beïnvloedt het organisme / product de omgeving?	De grond onder deze planten ziet er anders uit dan de grond in dat kale stuk. Hoe zou dat komen?	De materialen waarvan de knijpers zijn gemaakt verschillen. Hoe zou dat komen?

Daarnaast bevatten de onderzoeks- en ontwerpcyclus gemeenschappelijke onderdelen (zie paragrafen 2.3 en 2.4).

Bij natuuronderwijs gaat het om biologische en fysische concepten. Kinderen blijken vasthoudend te zijn als het om aanpassen van hun concepten gaat. Ze behouden het inzicht dat ze zelf hebben ontwikkeld als dat blijkt te werken in hun dagelijks leven. Ook zijn (jonge) kinderen nog niet in staat om meerdere factoren te combineren en te wegen, of om op een andere manier naar de wereld te kijken dan vanuit hun eigen perspectief. Bij kinderen kunnen tegenstrijdige waarheden naast elkaar bestaan. Voor hen is kennis situatie: de ene waarheid hoort bij de ene context en de andere waarheid bij de andere context. Consistentie en verbanden zijn hen vreemd.

Overigens hebben concepten binnen verschillende contexten ook verschillende betekenissen, een gegeven dat aan de basis ligt van een nieuw curriculum voor biologieonderwijs dat door de Commissie Vernieuwing Biologie Onderwijs (Boersma *et al.*, 2005; Boersma *et al.*, 2006) wordt uitgewerkt voor leerlingen van 4 tot 18 jaar. Uitgangspunten zijn daarbij dat het onderwijs wordt gedefinieerd vanuit *contexten* (handelingspraktijken) waar kinderen — op verschillende manieren — aan deelnemen. Uit de contexten worden relevante *concepten* afgeleid die kinderen nodig hebben om in die context te kunnen handelen. Daarnaast zijn *activiteiten* benoemd die in de contexten door kinderen kunnen worden uitgevoerd. Bij het uitvoeren van die activiteiten leren kinderen over de concepten. Voor het basisonderwijs zijn onder meer de contexten *natuuronderzoek*, *tuinieren* en *gezin* genoemd en als activiteiten onder andere *onderzoeken*, *ontwerpen* en *modelleren*. Gezien de aard van de contexten en activiteiten kan het onderzoekend en ontwerpnd leren als didactiek goed ingepast worden in dit nieuwe curriculum voorstel.

2.2 Onderzoeken en ontwerpen

Natuurwetenschappers *doen* onderzoek om de wereld om hen heen te begrijpen. Ze stellen zichzelf vragen of kampen met een probleem. Voortbouwend op verworven resultaten ontstaan in een open, maar op het onderzoeksonderwerp gerichte oriëntatiefase, ideeën

die eventueel in een experiment getest kunnen worden. Op basis van de resultaten uit deze experimenten worden verklaringen opgesteld voor hun vragen of problemen. Deze lineaire voorstelling van onderzoeken is niet geheel waarheidsgetrouw. Verscheidene wetenschapsfilosofen zullen het zelfs in zijn geheel betwisten. Wat er in ieder geval bij opgemerkt moet worden is dat onderzoeken een associatief en iteratief proces is dat veelal door toevalligheden wordt richtinggegeven. De oplossing van een probleem leidt vaak tot nieuwe vragen of problemen, zodat het hele onderzoeksproces opnieuw begint. Vandaar dat vaak wordt gesproken van de *onderzoekscyclus*. Het lineaire 'stappenplan' (zie Figuur 2.1) is echter wel vaak een leidraad waarmee onderzoekers over hun werk rapporteren, en biedt veel duidelijkheid en houvast voor 'beginnende' onderzoekers. Het komt dan ook veel terug in wetenschappelijke opleidingen, op middelbare scholen, en waarom niet op de basisschool?

Naast deze vorm van onderzoeken bestaan ook andere onderzoeksvormen, waarbij niet met experimenten, maar op een meer beschrijvende of explorerende manier wordt gewerkt. Voor kinderen in de basisschoolleeftijd zijn handelingen met concreet materiaal echter van wezenlijk belang om tot begripsvorming te komen, om letterlijk 'grip' te krijgen op hun omgeving. Daarom is in dit basisdocument het onderzoekend leren uitgewerkt met het focus op experimenteren met concrete materialen, objecten of organismen.

Kinderen *doen* van nature namelijk op een soortgelijke manier 'onderzoek'. Exploreren ze direct na de geboorte hun omgeving visueel, later wordt dat ook tactiel (van Geert, 1988, p. 57). Eerst liggend in wieg of box, maar als ze gaan kruipen en lopen exploreren ze hun omgeving met al hun zintuigen: voelen, ruiken, proeven, kijken en luisteren. Bij deze exploratieve activiteiten zoeken kinderen misschien niet doelbewust naar verklaringen uit de 'grotmensenwereld', maar ze proberen op hun eigen wijze hun omgeving te leren kennen en betekenis te geven (zie bijvoorbeeld Gopnik *et al.*, 2001). In de 'kinderwereld' heeft onderzoeken eigenlijk meer de betekenis van 'verkennen' en 'uitzoeken'. Het opdoen van kennis over het vakgebied natuur en techniek met behulp van deze manier van leren wordt gezien als *onderzoekend leren*. In het volgende doorkijkje staat een verhaal van Joey, die in zijn eigen woorden vertelt over het begrip *dichtheid*.

Doorkijkje

Aan het eind van een lessenreeks over 'drijven en zinken' presenteert een groepje leerlingen (groep 3/4) hun ontwerptekening met de op basis daarvan gemaakte boot die 40 knikkers moest kunnen dragen. Na de presentatie zegt een van de kinderen, Joey, nog iets over de grootte van het gat dat ze in de boot hebben gemaakt om de knikkers in te kunnen doen. Zijn opmerking dreigt verloren te gaan bij de wisseling van de groepjes, maar de leraar vraagt de kinderen te gaan zitten omdat Joey nog wat wil vertellen. Joey vertelt dan dat ze het gat klein hebben gehouden, "want als 'ie (het gat) heel erg groot was, kon er ook water in komen, en dan kon 'ie het niet houden ik bedoel het water Want als het ging stormen en er kwam heel veel regen in, dan kwam er dus water in, en dan werd de boot zwaarder dan het water en dan gaat 'ie zinken!" Als de leraar vraagt hoe dat kan zegt hij: "Als het groot is, zinkt het heel vaak. Als het klein is, drijft het heel vaak. Maar bij sommige dingen, dat zijn zelfs lichte dingen..... die zinken, zoals een paperclip."

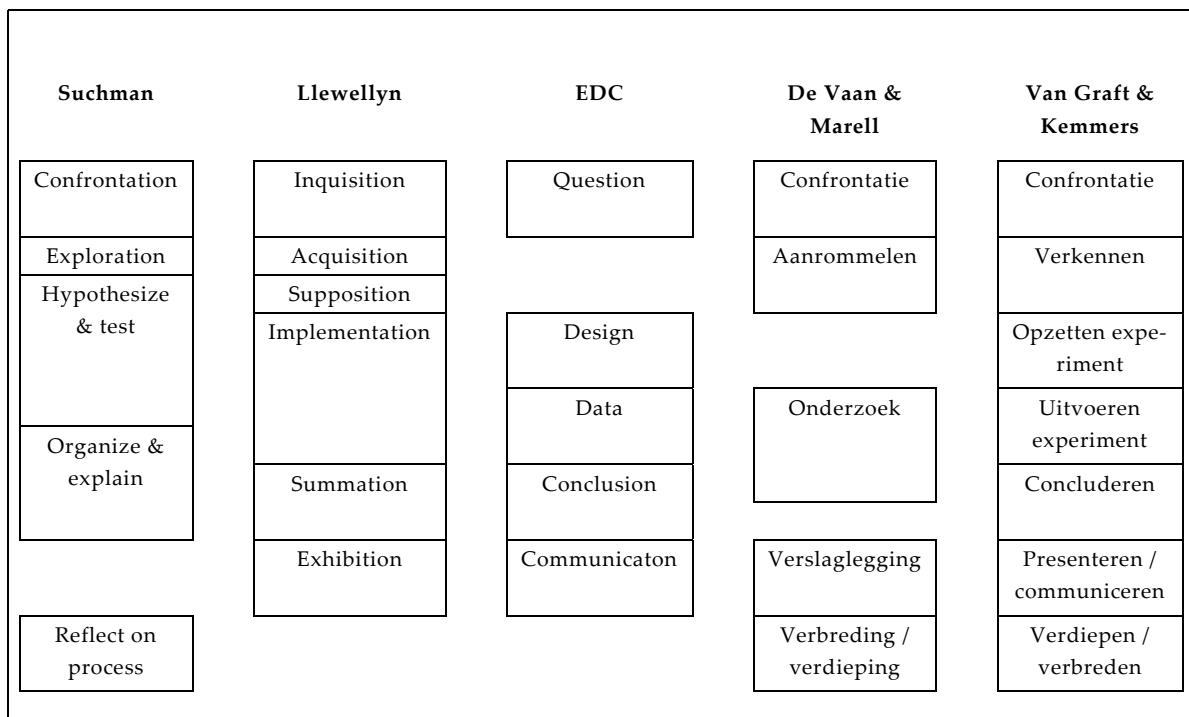
Bij techniek wordt met een soortgelijk proces gewerkt. Voor een geconstateerd probleem of een behoefte wordt naar een oplossing gezocht. Na een fase waarin eisen aan het ontwerp worden gesteld en informatie wordt verzameld, wordt gericht een oplossing of product *ontworpen*. Om aan te sluiten bij het kind wordt onderwijs in techniek dan ook bij voorkeur aan de hand van *ontwerpend leren* gedaan.

Ontwerpend leren en onderzoekend leren komen in veel opzichten overeen: het zijn beide activerende werkvormen waarmee inhoudelijke (wetenschappelijke) kernconcepten

en (technische) inzichten worden opgedaan. Desondanks verschillen ze op een erg belangrijk aspect. Aan beide processen ligt namelijk een essentieel andere vraag ten grondslag, te weten een vraag naar een product respectievelijk een vraag naar kennis (de Beurs, 2003). De context waarbinnen bij ontwerpnd leren wordt geleerd, verschilt aanzienlijk van de context bij onderzoekend leren en spreekt hoogst waarschijnlijk andere leerlingen aan. Kinderen die wellicht niet uitgedaagd worden door een vraag naar een abstract begrip (waardoor drijft iets?), worden dat misschien wel door een vraag naar het ontwerpen van een concreet product (maak een boot die 40 knikkers kan dragen). Voor beide vragen zijn echter creativiteit, nieuwsgierigheid en kritisch vermogen nodig.

2.3 Onderzoekend leren

Net zoals de fasering van onderzoeken in het begin van de vorige paragraaf, wordt het onderzoekend leren vaak in verschillende fasen opgedeeld. Dit komt bijvoorbeeld tot uiting in het *Inquiry Training Model* van de Amerikaanse leerpsycholoog Richard Suchman (1963), de *inquiry cycle* van Llewellyn (2002), of in het model van het Education Development Center, de ontwerpers van het populaire Amerikaanse 'INSIGHTS' curriculum (The Inquiry Synthesis Project, 2004). Ook in Nederland is in het NOB-project een stappenplan uitgewerkt (Kamer-Peters, 1991), dat vergelijkbaar is met bovengenoemde modellen. In het verlengde hiervan hebben De Vaan en Marell (2006) een uitwerking gemaakt voor de lerarenopleiding basisonderwijs.



Figuur 2.1. Enkele verschillende onderzoekendlerencycli grafisch weergegeven. Per kolom wordt een traject weergegeven in blokken. De grootte van de blokken correspondeert met de activiteiten die erin worden behelst. Bij EDC wordt bijvoorbeeld de stap verkennen 'overgeslagen'

De verschillende onderzoekendlerencycli zijn weergegeven in Figuur 2.1. Zoals in deze figuur goed te zien is, zijn er verschillende manieren waarop deze cyclus of dit stappenplan geïnterpreteerd kan worden. Het afbakenen van fasen lijkt tamelijk arbitrair. Deze constatering biedt de vrijheid om zelf een consistente(re) cyclus voor te stellen, zoals die

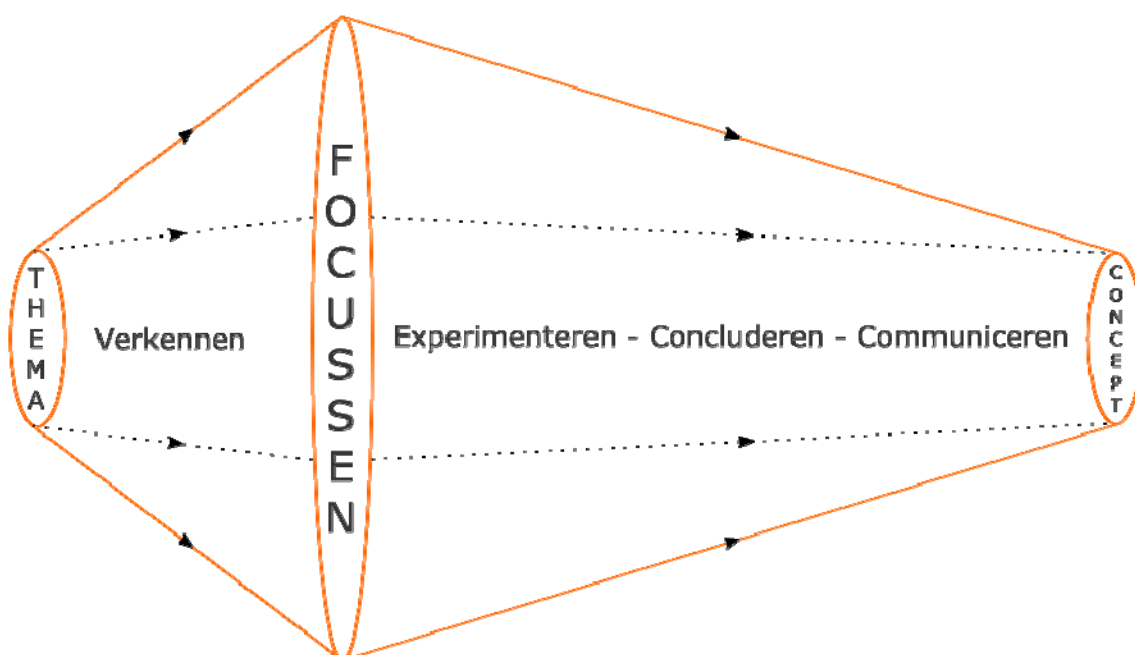
ook te zien is in de figuur. Hieronder wordt de voorgestelde onderzoekendlerencyclus nader toegelicht:

1. Confrontatie:
Introductie of confrontatie met een probleem, verschijnsel of object/organisme dat nieuw is, maar aansluit bij de wereld van de kinderen. Verwondering en nieuwsgierigheid worden gestimuleerd door objecten en verschijnselen aan te bieden die net boven het kennisniveau van het kind zitten (zone van de naaste ontwikkeling, zie Vygotsky, 1978, p. 86) en die ze daarmee uitdagen en motiveren om 'op onderzoek uit te gaan'.
2. Verkennen:
Het verschijnsel of probleem wordt zo breed mogelijk verkend. Deze vrije exploratie vindt bij voorkeur aan het materiaal / voorwerp / organisme zelf plaats. In dat geval wordt er vaak over de aanrommelfase gesproken. Het aanrommelen voorziet in het opdoen van impressies, het ophalen van voorkennis en uitwisselen van ervaringen over het aangeboden materiaal of fenomeen. Deze creatieve fase roept vragen, ideeën, en/of voorspellingen op en is belangrijk voor het kennisnemen en leren van elkaars (pre-)concepten. Voor jonge kinderen (groep 1 en 2) is dit niet haalbaar; zij zullen vooral hardop verwoorden wat ze waarnemen.
Deze brede verkenning leidt tot verschillende typen vragen. Niet alle vragen lenen zich voor onderzoekend leren, soms kunnen antwoorden op vragen worden opgezocht of aan een deskundige worden gevraagd. De leraar zal daar regie in moeten nemen en er voor moeten zorgen dat kinderen niet teleurgesteld worden. Een andere werkwijze is 'guided reinvention' (Freudenthal, 1991), waarbij in deze fase wordt gefocust op een vooraf gesteld doel. Dit 'geleid heruitvinden' wordt als term veel gebruikt in het (realistisch) rekenonderwijs. Analoog hieraan bij de natuurwetenschappelijke vakken is de probleemstellende benadering (Vollebregt *et al.*, 1999).
3. Opzetten van een experiment:
De onderzoekbare vragen worden omgezet naar een uitvoerbaar experiment. Er wordt een plannetje gemaakt over wat er in het experiment bekeken of gemeten gaat worden, welke materialen en meetinstrumenten ervoor nodig zijn, en wie wat wanneer doet.
4. Uitvoeren van het experiment:
Het experiment wordt uitgevoerd zoals van tevoren was bedacht. Waarnemingen worden vastgelegd in een logboek en de betekenis ervan wordt besproken in het groepje (eventueel met de leraar erbij). Ze leiden uiteindelijk tot resultaten.
5. Concluderen
Op basis van de resultaten trekken de leerlingen conclusies, die leiden tot oplossingen en misschien tot vervolgvragen, waarna opnieuw de stappen 1 tot en met 4 worden uitgevoerd.
6. Presenteren van resultaten:
De opzet, resultaten en conclusies worden als tekeningen, foto's, teksten en tabellen of grafieken verwerkt tot een presentatie. De uitkomst van het experiment en daarmee het antwoord op de vraag wordt aan de rest van de klas kenbaar gemaakt. Het delen van opgedane ervaringen met leeftijdsgenoten is erg belangrijk voor de ontwikkeling van eigen en andermans kennis.
7. Verdiepen en verbreden:
Uit de gesprekken en presentaties heeft de leraar een beeld gekregen van het begripsniveau van de leerlingen. In deze fase verzilvert de leraar deze opbrengst door de begrippen verder te conceptualiseren. Dit doet ze door de inhoudelijke opbreng-

sten te verbreden en betekenis te geven in andere contexten en samenhang aan te brengen met andere concepten.

Een belangrijk punt dat uit deze verschillende aanpakken naar voren komt, is het onderscheid tussen een *open* fase en een *gerichte* fase. In de open fase wordt zoveel mogelijk informatie verzameld om het probleem te onderzoeken of het fenomeen in kaart te brengen. Voor de basisschoolleeftijd wordt hier vaak over de 'aanrommelfase' gesproken. Dit is een bijzonder belangrijke fase waarin aanspraak wordt gemaakt op de creativiteit van kinderen, die vanuit bij hen al bestaande kennis over het verschijnsel gaan redeneren en/of fantaseren.

In deze fase, die zich kan ontpoppen als een ongerichte fase en die bijzonder associatief, willekeurig, en 'van de hak op de tak' is, kan het leerdoel uit het oog worden verloren. De leraar heeft als taak om voor een zeker focus te zorgen en de vragen te concentreren op het leerdoel. In Figuur 2.2 is dat in het zogenaamde 'lensmodel' weergegeven.



Figuur 2.2. Het focussen van vragen naar onderzoekbare vragen. Het gedeelte tussen de zwarte stippellijnen geeft de situatie aan die verwacht wordt als wordt gewerkt vanuit 'guided reinvention'.

Deze ongerichte fase leidt tot ideeën, vragen of voorspellingen die beantwoord kunnen worden met een *gericht* experiment. Daarvoor is het nodig de vragen eerst te vertalen naar onderzoekbare vragen. Met een doel voor ogen zetten kinderen, daarbij geholpen door de leraar, een experiment op en voeren het uit. Dit is de fase die gecontroleerd en gestuurd kan worden en waarin kinderen leren observeren, systematisch gegevens verzamelen en ordenen. De resultaten leveren al dan niet bewijs voor de voorspellingen, en kunnen daarom leiden tot van tevoren vastgestelde kennis over leerdoelen. Deze uitvoerende fase maken kinderen in hun 'spel' nauwelijks door. Veelal lopen opzetten en uitvoeren door elkaar heen. Door deze fase expliciet toe te voegen aan de eerder genoemde onderzoeks-cycli, komen de leerlingactiviteiten (zie Tabel 2.2, fase 4) beter tot hun recht .

Ter illustratie toont Tabel 2.2 bij deze fasen leerlingactiviteiten. Ze zijn terug te vinden in de leerlijn onderzoekend en ontwerpnd leren (zie Hoofdstuk 4). Let wel, hier is niet een onuitputtelijke lijst van activiteiten opgesteld – voor zover die al bestaat.

Tabel 2.2. Leerlingactiviteiten per onderzoeksfase.

Fase	Activiteiten
1. Confrontatie	Waarnemen (H)erkennen Vergelijken
2. Verkennen	Aanrommelen Gegevens verzamelen Vragen stellen Ideeën opperen Voorspellingen doen
3. Opzetten experiment	Ontwerpen experiment: materiaal en meetinstrumenten / gereedschap bijeenzoeken Eerlijk meten Plannen
4. Uitvoeren experiment	Waarnemen: kijken, luisteren, ruiken, voelen, proeven Metingen uitvoeren Noteren uitkomsten (in labjournaal / logboek) Ordenen Vergelijken Data verwerken Constateren
5. Concluderen	Argumenteren Conclusies formuleren
6. Presenteren resultaten	Verslag maken Presenteren Uitleggen Portfolio aanleggen
7. Verdiepen/verbreden	Reflecteren Discussiëren Vergelijken (experiment anderen, bijv. klasgenoten)

Met betrekking tot het primair onderwijs, kan er al snel worden ingezien dat sommige van deze activiteiten wellicht niet uitvoerbaar zijn in alle groepen en niet haalbaar zijn voor alle leerlingen. Bij het toepasbaar maken van onderzoekend leren voor de basisschool moet rekening gehouden worden met de intellectuele ontwikkeling van het kind. Elk kind is hierin uniek. De Zwitserse psycholoog Jean Piaget heeft veel onderzoek gedaan naar de cognitieve oftewel intellectuele ontwikkeling van kinderen (Piaget, 1970). Vooral tijdens de basisschool leeftijd maken kinderen belangrijke veranderingen door.

Robert Karplus heeft onderzoek gedaan naar de invloed van de mate van intellectuele ontwikkeling op het natuurwetenschappelijk redeneren van kinderen (Karplus, 1977). Ook hierin is terug te vinden dat sommige concepten mentaal (nog) niet begrepen kunnen worden door kinderen. Wel wordt hierbij aangemerkt dat het onderwijs zo stimulerend moet zijn dat kinderen een volgend ontwikkelingsstadium bereiken, en niet passief wacht totdat het kind deze stap zelf heeft gemaakt (p. 174).

In bijvoorbeeld de traditie van het ontwikkelingsgericht onderwijs worden leerlingen juist uitgedaagd om activiteiten en vaardigheden te ondernemen, die boven hun niveau liggen, doch binnen de zone van de naaste ontwikkeling. Voorwaarde is wel, dat de activiteiten betekenisvol zijn en dat de leraar een leidende rol aanneemt (Van Oers, 1988, 2005).

De ontwikkeling van deze cognitieve, maar ook van andere competenties van jonge kinderen, is uitgebreid geschreven (Jongerius & Markus, 2002). Duidelijk is dat bij basisschoolleerlingen logische activiteiten slechts mogelijk zijn als ze betekenisvol kunnen handelen en communiceren, waarbij het voorhanden zijn van concreet materiaal van belang is.

De logische opeenvolging van inhouden en vaardigheden wordt doorgaans in een leerlijn verwerkt. Zoals uit bovenstaande blijkt, is de plaatsing van vaardigheden hierin tot op zekere hoogte arbitrair. In hoofdstuk 4 wordt voor onderzoekend en ontwerpend leren een dergelijke leerlijn uitgewerkt, zie aldaar.

2.4 Ontwerpend leren

Bij techniek wordt met een soortgelijk proces gewerkt als bij natuurwetenschappen, maar het vertrekpunt is een geconstateerd *probleem* of een *behoefte* waarvoor naar een oplossing wordt gezocht. Na een — ongerichte — fase waarin zoveel mogelijk oplossingen en informatie worden verzameld, focussen leerlingen uiteindelijk gericht op een oplossing of product. Ze maken daar een *ontwerp* voor, eerst schetsmatig, maar nadat de schets is besproken in de klas maken ze een definitieve ontwerptekening met meer detail. Om aan te sluiten bij het kind wordt onderwijs in techniek dan ook bij voorkeur aan de hand van *ontwerpend leren* gedaan.

Veel meer dan alleen technische problemen kunnen met een ontwerpmatige benadering opgelost worden. We spreken in deze gevallen van 'ontwerp' problemen (Boekholt, 1994). We spreken van technisch ontwerpen wanneer een artefact of product als oplossing wordt beoogd. Vanaf hier zullen we ons bij ontwerpend leren beperken tot technisch ontwerpen.

Ontwerpen is net zoals onderzoeken een proces dat in verschillende fasen verloopt. Er wordt aan het ontwerpproces vaak een cyclisch karakter toegeschreven. De ontwerpcyclus kan als volgt worden weergegeven.

1. Probleem constateren:

De aanleiding tot het ontwerpen is vaak een probleem of een mismatch tussen de bestaande wereld en de behoeften van de opdrachtgever of een doelgroep. In deze fase wordt het probleem afgebakend en een programma van eisen vastgesteld waaraan het ontwerp moet voldoen.

2. Verkennen:

Creatieve fase waarin naar verschillende oplossingsmogelijkheden wordt gezocht, informatie wordt gezocht en beoordeeld waarna meerdere (deel)uitwerkingen worden overdacht.

3. Ontwerpvoorstel maken:

Het beste idee wordt uitgewerkt in een ontwerpschets. Er worden materialen en gereedschappen bij gezocht waarmee het ontwerp kan worden uitgevoerd.

4. Uitvoeren:

Het ontwerp wordt — eventueel op schaal — tot een prototype uitgevoerd. Bij problemen in de uitvoering wordt teruggegaan naar stap 2 en/of 3.

5. Testen en evalueren:

Het prototype wordt getest en is goed (genoeg) wanneer het aan het programma van eisen en dus aan de opdracht voldoet. Wanneer het niet voldoet komt men vanzelf weer bij stap 1, 2, 3 en/of 4 terecht.

6. Presenteren:

Het ontwerp en de relatie met de behoefte worden gepresenteerd en/of gedemonstreerd

aan de klasgenoten en de leraar. Door te ervaren hoe andere groepjes een ontwerp hebben gevonden voor een probleem worden kinderen gestimuleerd in hun vindingrijkheid.

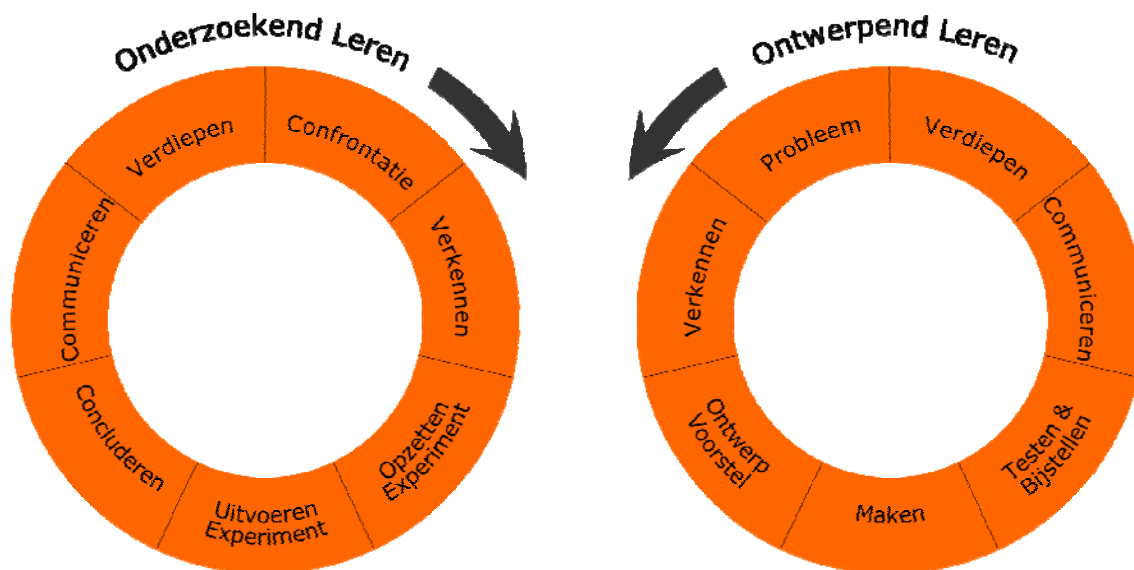
7. Verdiepen:

Indien gewenst kan de leraar plenair met de kinderen praten over juiste en onjuiste aanpakken of methodes, of wijzen op inhoudelijke onvolkomenheden dan wel zorgen voor verdieping, verbreding of toepassing van de prototypen. Indien er 'echte' apparaten bestaan voor dit probleem kan hier uitvoerig naar gekeken worden. Wat hebben de technici anders gedaan dan wij? Wat is hetzelfde? Ook het ijken van instrumenten kan hier aan de orde komen.

Wanneer leerlingen dit ontwerpproces doorlopen zijn er tal van mogelijkheden om te leren. Het ontwerpen van een product dient als context voor het leren van inhouden en/of technieken (Fortus *et al.*, 2004). In dit geval wordt er van *ontwerpend leren* gesproken, oftewel *learning by design* (Kolodner *et al.*, 1998). Analoog aan Tabel 2.2, kunnen er ook voor de verschillende fasen in de ontwerpcyclus activiteiten gedefinieerd worden. Dit is te zien in Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Leerlingactiviteiten per ontwerpfase.

Fase	Activiteiten
1. Probleem constateren	(H)erkennen probleem/behoefte Probleem verwoorden en verhelderen Eisen formuleren
2. Verkennen	Gegevens verzamelen Oplossingsmogelijkheden overdenken Vragen stellen Voorspellingen doen Oplossingen formuleren
3. Ontwerpvoorstel maken	Geschikt materiaal en gereedschappen kiezen Herkennen constructie- en bewegingsprincipes Plannen Schematisch uitwerken
4. Uitvoeren	Gereedschappen gebruiken Materialen bewerken Volgens plan werken
5. Testen en evalueren	Testen prototype aan de hand van eisen Relatie leggen tussen oplossing en gestelde eisen (vorm-functie) Onvolkomenheden herkennen
6. Presenteren	Verslag maken Presenteren Demonstreren / uitleggen Portfolio aanleggen Oplossing / product van anderen beoordelen
7. Verdiepen/verbreden	Reflecteren Discussiëren Vergelijken (met 'echte' apparaten of producten van klasgenoten) Ijken



Figuur 2.3. Schematische weergave van de overeenkomsten tussen onderzoekend en ontwerpend leren.

Ontwerpend leren is – net als onderzoekend leren – een didactiek waar aan de hand van een levensechte methode uit de beroepspraktijk vakinhoud, vaardigheden en attitudes geleerd worden. Natuurwetenschap en techniek zijn nauw verbonden. In de ontwerpcyclus zijn natuurwetenschappelijke en technische kennis, inzichten en vaardigheden nodig. Evenzogoed zijn in de onderzoeksacyclus natuurwetenschappelijke en technische kennis en vaardigheden nodig. Door ontwerpend en onderzoekend te leren zouden kinderen werkenderwijs deze natuurwetenschappelijke en technische kennis, inzichten en vaardigheden ontwikkelen. In Figuur 2.3 zijn de overeenkomsten tussen de werkwijzen schematisch weergegeven. Op sommige momenten in de onderzoekendlerencyclus kan het blijken dat een ontwerpfase nodig is. Op andere momenten tijdens het ontwerpend leren kan blijken dat een stuk onderzoek nodig is.

Bovendien worden ook creatieve, taalkundige en rekenkundige vaardigheden ontwikkeld (vgl. Roth, 2001). Ontwerpend leren is – net zoals onderzoekend leren – een zeer activerende werkvorm voor het vakgebied natuur en techniek. In de Engelstalige wereld wordt er dan ook vaak gesproken van *learning science through design* (Hauray, 2002). Dat ontwerpend leren inderdaad prima ingezet kan worden binnen de natuurwetenschappen, blijkt ook uit het werk van Boerwinkel en Janssen. Boerwinkel (2003, zie ook paragraaf 2.1) laat zien dat in het basisonderwijs ontwerpend leren in zowel techniek- als natuuronderwijs kan worden gehanteerd. Janssen heeft biologielessen uitgewerkt – weliswaar voor de Tweede Fase van het voortgezet onderwijs – waarin leerlingen biologische systemen herontwerpen, zoals het immuunsysteem (Janssen & Voogt, 1996).

2.5 Vrij of gestructureerd onderzoeken en ontwerpen?

Onderzoek levert inzicht in zaken die vooraf niet vastliggen. Hoe kan dan door middel van onderzoekend leren worden voldaan aan leerdoelen? Bovendien, als leerlingen vrij worden gelaten in hun onderzoekjes, worden ze dan niet te veel in het diepe gegooid? Aan de andere kant, wanneer teveel wordt vastgehouden aan kookboekachtige voorschriften en uitkomsten van tevoren al vastliggen, anders gezegd, wanneer de schijn wordt gewekt dat er ‘maar één goede manier en uitkomst’ zijn, is er dan nog wel sprake

van *onderzoek*? Hetzelfde geldt voor ontwerpen: het maken of reproduceren van artefacten versus het realiseren van een verscheidenheid aan verschillende creatieve oplossingen.

In de literatuur wordt deze discussie vaak gevoerd aan de hand van de termen *open(-ended) inquiry* in tegenstelling tot *structured inquiry* (vgl. Colburn, 2000). Als gulden middenweg komt vaak *guided inquiry* naar voren. In deze vorm van onderzoekend leren dragen de leerlingen vragen en oplossingen aan. Om aan doelen te kunnen voldoen, brengt de leraar onderwerpen in en is de leraar bezig met het (*bege-*)leiden van de verschillende onderzoekjes. De leraar moet hierbij twee dingen accepteren. In de eerste plaats dat kinderen (mee-)bepalen wat op welke manier wordt onderzocht of ontwikkeld én dat er meerdere goede vragen, goede werkwijzen en goede uitkomsten bestaan.

2.6 Onderzoekend en ontwerpend leren en aanwezige kennis

Kinderen leren voortdurend. Niet alleen op school, maar ook thuis via de verschillende media, tijdens het buiten spelen (voor zover dat nog gebeurt), uitstapjes met familie en vrienden naar onder andere musea, science centra, dierentuinen, komen ze in aanraking met dingen die nieuw voor hen zijn. Wat kinderen op deze 'informele' manier te weten komen is erg afhankelijk van de omgeving waarin kinderen opgroeien en is erg divers. Maar wat nemen kinderen daadwerkelijk op van het informele aanbod? Wat betekent het voor de ontwikkeling van concepten? Informeel opgedane kennis reikt tot een zeker kennisniveau. Veel mensen kennen de naam van inwendige organen en weten doorgaans de plaats in het lichaam, maar de onderlinge relaties tussen de organen zijn onbekend.

De leraar wordt met deze verschillen geconfronteerd en zal er rekening mee moeten houden. Zij zal tijdens haar lessen moeten achterhalen over welke kennis kinderen beschikken om vervolgens manieren moeten bedenken hoe nieuwe kennis aan bestaande kennis kan worden toegevoegd (Tunnicliffe, 2006).

De open manier van werken tijdens het onderzoekend en ontwerpend leren met veel verbale interactie tussen leerlingen tonen de leraar welke kennis, inzichten en vaardigheden bij de verschillende leerlingen aanwezig zijn. Het geeft haar een beeld van de bagage van elke leerling, terwijl de kinderen tijdens deze manier van werken hun concepten kunnen bijstellen. Het is wel van belang dat kinderen aan het eind van een dergelijke les-serie getoetst worden op de aangeboden concepten.



3 De meerwaarde van onderzoekend en ontwerpnd leren

Bij natuur- en techniekonderwijs in het basisonderwijs gaat het erom bij kinderen kennis van en waardering voor de natuur en hun omgeving bij te brengen en ze (be-)grip te laten krijgen (over) op organismen, voorwerpen en verschijnselen in de wereld om hen heen, waar ze in het dagelijks leven mee te maken hebben. Voorwaarde daarbij is dat kinderen de mogelijkheid krijgen zich betekenissen van concepten eigen te maken. Onderzoekend en ontwerpnd leren bij natuur- en techniekonderwijs biedt kinderen mogelijkheden om hun inhoudelijke concepten op het gebied van de (niet-)levende natuur en techniek verder te ontwikkelen. Ten opzichte van de reguliere methoden, waar elke week een ander onderwerp wordt aangeboden, verdiepen ze zich bij OOL langduriger en interactief in een concept aan de hand van hun eigen vragen. Hoewel kinderen geneigd zijn om de wereld te benaderen vanuit hun onderzoekende, observerende en interactieve houding, zal het onderwijs structuur en inhoud moeten bieden om kinderen die dingen te laten leren die ze in het leven tegenkomen en nodig hebben.

Het primaire doel van onderzoekend en ontwerpnd leren (OOL) is om de wetenschappelijke houding van kinderen te stimuleren en te ontwikkelen. Ten opzichte van het natuur- en techniekonderwijs, zoals dat momenteel op de meeste basisscholen, werkend vanuit natuuronderwijsmethoden (met daarin opgenomen enkele technieklessen), is de meerwaarde van OOL dat er meer mogelijkheden zijn voor de brede ontwikkeling van kinderen, inclusief conceptontwikkeling op het gebied van natuur en techniek.

3.1 Wat is er al gedaan op dit gebied?

De in de inleiding beschreven huidige aanpak van natuur- en techniekonderwijs in het Nederlandse basisonderwijs, staat in schril contrast met het meer op onderzoekend leren gerichte *science & technology* onderwijs, zoals dat in de jaren 80 en 90 in Nederland is ontwikkeld (het NOB-project, zie ook hoofdstuk 1) en momenteel op een aantal andere plaatsen in de wereld wordt uitgevoerd. In de Verenigde Staten zijn bijvoorbeeld op drie verschillende plekken curricula ontworpen, gebaseerd op een *hands-on* en/of *inquiry-based* aanpak. Het gaat hier om het FOSS materiaal, ontwikkeld door de Lawrence Hall of Science in Berkeley⁶, het STC materiaal afkomstig van het National Science Resources Center⁷, en het INSIGHTS curriculum van het Education Development Center⁸.

Het materiaal van INSIGHTS heeft model gestaan voor de ontwikkeling van een groot-schalig Frans project, namelijk 'La main à la pâte'⁹. Op soortgelijke wijze is het STC materiaal gebruikt voor de ontwikkeling van een grootschalig Zweeds project, te weten NTA¹⁰. Alhoewel de grootschalige aanpak van deze buitenlandse projecten bewonderenswaardig te noemen is, is de bruikbaarheid van de materialen voor dit project slechts gering. Zoals al eerder is opgemerkt (zie hoofdstuk 2) verschillen (internationaal) de opvattingen over *inquiry-based learning* flink. Overeenstemming hierover wordt uiteraard ook bemoeilijkt door een taalprobleem. Belangrijker is echter, dat er binnen het LOOL-project gekozen is voor een andere didactische uitwerking dan de uitwerking die gekozen is in de bovengenoemde buitenlandse lesmaterialen. In de aanpak bij OOL is gebaseerd op een opener aanpak waarin de vragen die bij leerlingen leven over het aangeboden onderwerp centraal staan. Deze aanpak sluit meer aan bij de aanwezige kennis van leerlingen en doordat het eigen vragen zijn van kinderen zijn zij 'problemeigenaar' waardoor meer betrokken-

⁶ <http://www.lawrencehallofscience.org/foss>

⁷ http://www.nsrconline.org/curriculum_resources/elementary.html

⁸ <http://cse.edc.org/products/curricula/insights.asp>

⁹ <http://www.lamap.fr>

¹⁰ <http://www.nta.nu>

heid en motivatie tijdens de lesactiviteiten worden verwacht. De aanpak bij OOL heeft daarnaast een opbouw van activiteiten in kleine groepjes of tweetallen afgewisseld met plenaire reflectie over de bevindingen van de verschillende leerlingen, met inbreng van de leraar. Ook is er veel aandacht voor mondelinge communicatie, omdat het met elkaar in gesprek zijn over en delen van gedachten over concepten tot conceptontwikkeling leidt dan wel tot kritische reflectie leidt op wat kinderen observeren of doen. Ten slotte sluit het LOOL-project aan bij de gedachte dat tijdens onderzoekend en ontwerpend leren kinderen cultuurhistorisch bepaalde activiteiten uitvoeren, namelijk de stappen die in de Tabellen 2.2 en 2.3 zijn beschreven. Omdat deze stappen geen vooraf vastgestelde volgorde kennen (zie par. 2.3), zal het onderwijs een minder voorgestructureerd karakter hebben.

3.2 Conceptontwikkeling

Kinderen ontwikkelen van jongs af aan eigen beelden van de wereld. Bekend is dat kinderen denken dat planten 's nachts groeien, omdat ze overdag de groei (door het trage groeitempo) niet waarnemen. Of dat de harde onderdelen van armen en benen zijn gemaakt van hout: ze voelen immers dat er iets hard is in hun armen zit? Waarnemingen van kinderen zijn beperkt, immers in hun korte leven hebben ze onvoldoende kennis en ervaringen opgedaan die veelal oppervlakkig van aard zijn. Aanvankelijk zoeken ze naar bevestiging van hun waarnemingen door handelingen te herhalen; later zoeken ze zelf naar verklaringen van fenomenen of gebeurtenissen in hun omgeving. Met deze – voorlopige – verklaringen, of ze nu fout of onvolledig zijn of niet, ontwikkelen kinderen beelden van concepten, die zij zolang ze er in de praktijk mee kunnen werken, handhaven. Deze concepten, die zijn gebaseerd op eigen waarnemingen en ervaringen van kinderen, zijn veelal logisch en rationeel van aard. Op deze manier bouwen kinderen hun eigen schema's, structuren en concepten.

Omdat hun denkvermogen nog onvoldoende is ontwikkeld zijn verklaringen en theorieën van kinderen vaak onvolledig en/of onjuist. De zogenaamde 'preconcepten' van kinderen, ook wel 'alternatieve' of 'naïeve' concepten genoemd, interfereren met de – wetenschappelijk – juiste inhoudelijke betekenis van concepten. Het zijn echter déze concepten, die kinderen zelf ontwikkeld hebben, waar het onderwijs op moet voortbouwen. Deze preconcepten verdienen daarom aandacht en beslist geen negatieve connotatie. Volwassenen bouwen immers op dezelfde manier, aan de hand van waarnemingen, informatie en ervaringen, hun concepten op? Zoals is beschreven in paragraaf 3.4.2, zijn deze preconcepten voor leraren het startpunt voor hun onderwijsaanbod. In een literatuurstudie zijn door Boersma *et al.* (2003) preconcepten van kinderen beschreven uit het domein natuur.

Sommige verschijnselen geven aanleiding tot contra-intuïtieve waarheden, waardoor het beeld dat kinderen van die verschijnselen hebben niet klopt met de 'waarheid'. Daarom is voor kinderen de directe waarneming van verschijnselen bij experimenten zo belangrijk. Ze zien dan met eigen ogen wat volstrekt tegengesteld is aan hun gevoel, hetgeen bijdraagt aan de ontwikkeling van concepten over die verschijnselen (Van Geert, 2001). Om die reden hecht het LOOL-project ook aan koppeling van het gesprek over eigen ideeën en gedachten aan het direct waarnemen door eenvoudige experimenten of het maken van producten.

3.3 Wetenschappelijke houding en brede ontwikkeling

Dit project is erop gericht dat kinderen bij onderzoekend en ontwerpend leren actief bezig zijn met verschillende handelingen (zie paragrafen 2.3 en 2.4). Maar welke vaardigheden en kennis verwerven kinderen bij onderzoekend en ontwerpend leren en wat is de meerwaarde ervan ten opzichte van het onderwijs in natuur en techniek zoals dat in veel scholen momenteel wordt uitgevoerd?

De Amerikaanse cognitieve psycholoog Jerome Bruner betoogde in de zestiger jaren van de vorige eeuw dat het belangrijker is dat leerlingen onderliggende conceptuele structuren begrijpen dan dat zij losse feiten onthouden (Bruner, 1966). Volgens bioloog Wilson (1998) speelt het ervaren daarbij een belangrijke rol. Bovendien blijkt dat een vakinhoudelijke instructie, bijvoorbeeld het vertellen van een verhaal door een leraar, slechts kort wordt onthouden. Echter, er is de afgelopen veertig jaar groeiend bewijs dat instructie, die ontworpen is om tot zorgvuldige bestudering van echte fenomenen te komen, en het stellen van relevante vragen door zowel de leraar als de leerling, uitmonden in emotionele betrokkenheid, blijvende herinneringen en cognitief begrip. Deze zienswijze is een uitdaging voor het vakdidactisch onderwijs.

Nieuwsgierigheid en reageren op prikkels in de omgeving, zijn de basale menselijke eigenschappen, waardoor we als soort hebben kunnen overleven en waardoor we een constante culturele evolutie hebben beleefd en nog steeds beleven. Chak (2002) geeft aan dat tussen nieuwsgierigheid als intense motivatie en onderzoeken als gedragsuiting daarvan een hecht verband bestaat. Door onderwijs vanuit een onderzoeksmatige aanpak te organiseren wordt gebruik gemaakt van die motivatiekracht. In de Westerse maatschappij is natuurwetenschappelijk onderzoek de bron voor onze technologische superioriteit en ons economisch welzijn. Het is dus niet vreemd dat onderzoeksvaardigheden een centrale plaats krijgen in ons onderwijs. Psycholoog / filosoof John Dewey geloofde dat wetenschappelijk redeneren in de complexe maatschappij een voorwaarde is om te (over-)leven en om weerstand te bieden tegen totalitaire en autoritaire systemen (Dewey, 1997). Volgens Dewey behouden kinderen hun natuurlijke nieuwsgierigheid door onderzoekend onderwijs, omdat het natuurwetenschappelijke proces de ingrediënten bevat voor creatief denken.

Naast nieuwsgierigheid is de ontwikkeling van kritisch vermogen een belangrijk aspect van onderzoekend en ontwerpend leren. Volgens Ennis (2002) is kritisch denken een redelijke, logische en reflectieve manier van denken die is toegespitst op het achterhalen van het juiste of de 'waarheid'. Onderzoekend en ontwerpend leren biedt goede mogelijkheden voor de ontwikkeling van het kritisch denken.

Door kinderen problemen voor te leggen en te laten zoeken naar verschillende oplossingen, daar bij te laten handelen en afwegingen laten maken over bewijzen, leren ze op een actieve manier hun talenten te gebruiken en verder te ontwikkelen. In het onderwijs zouden kinderen de gelegenheid moeten krijgen om plezier te ervaren bij het doen van ontdekkingen en eigenschappen te ontwikkelen als kritische houding, doorzettingsvermogen, nieuwsgierigheid, inventiviteit en het nemen van risico's. Met deze vaardigheden kunnen kinderen effectief functioneren in het dagelijks leven, eerst tijdens hun schoolloopbaan en later als volwassene in de maatschappij (National Science Foundation, 2000, p. 1).

Naast deze wetenschappelijke houding kunnen kinderen tijdens OOL verschillende vaardigheden ontwikkelen. Wat betreft taal komen vaardigheden aan bod zoals het voeren van gesprekken en discussies, waarbij kinderen leren te luisteren en inhoudelijk te reageren; schrijfvaardigheden bij de verslaglegging en mondeling presenteren bij de afronding van de lessen. Door het samen naar oplossingen te zoeken wordt er ook een beroep gedaan op het sociaal handelen en door het werken met concreet materiaal op moto-

rische vaardigheden. Door dit scala aan activiteiten kunnen leraren kinderen enerzijds aanspreken op hun sterke kanten; anderzijds kunnen leraren op bepaalde momenten kinderen juist stimuleren aan activiteiten deel te nemen waarmee ze hun zwakke kanten kunnen ontwikkelen.

3.3.1 Vertaling naar het basisonderwijs

Bovenstaande houdingsaspecten kunnen worden gezien als onderdelen van een *wetenschappelijke houding*. Het zijn enkele attitudes die ten grondslag liggen aan de richtingen in het wetenschappelijk proces. Eén van de voornaamste doelen van het project 'Leren Onderzoekend en Ontwerpend Leren' is dat deze wetenschappelijke houding bij kinderen wordt gestimuleerd en ontwikkeld.

Onder een wetenschappelijke houding kan veel worden verstaan. Op basis van de hierboven vermelde bronnen en 'Kijk op Ontwikkeling' (Jongerius & Markus, 2002) ligt het echter voor de hand om de wetenschappelijke houding op de basisschool te interpreteren als een combinatie van de volgende gedragskenmerken:

- Cognitief-kritische;
- Nieuwsgierige;
- Creatieve en;
- Sociaal-emotionele gedragskenmerken.

Een moeilijk tastbare *houding* is op deze manier vertaald naar gedragskenmerken. Door deze gedragskenmerken te operationaliseren naar observeerbaar gedrag wordt het voor leraren mogelijk om het tijdens de lespraktijk vast te leggen. Daardoor kan na verloop van tijd duidelijk worden in welke mate het kind de *dispositie* ontwikkelt om te willen onderzoeken of ontwerpen.

De onderstaande leeswijzer geeft een overzicht van operationalisaties van de vier gedragskenmerken in gedrag dat bij kinderen kan worden waargenomen, zoals bijvoorbeeld het gedrag dat bij een kind wordt waargenomen als hij of zij nieuwsgierig is.

Leeswijzer wetenschappelijke houding op de basisschool

Overzicht van leerlinggedrag

Leerlingen zijn:

- **Cognitief / kritisch**, wanneer zij o.a.:
 - o handelen vanuit eigen inzicht,
 - o systematisch werken,
 - o nuances benoemen,
 - o hoofd- en bijzaken onderscheiden,
 - o beweringen en conclusies onderscheiden..
- **Nieuwsgierig**, wanneer zij o.a.:
 - o geïntrigeerd raken door onbekende dingen,
 - o met aandacht de omgeving waarnemen,
 - o zoeken naar nieuwe uitdagingen.
- **Creatief**, wanneer zij o.a.:
 - o verrassende oplossingen hebben,
 - o vindingrijk handelen,
 - o verworven vaardigheden en inzichten op originele wijze gebruiken.
- **Sociaal-emotioneel**, wanneer zij o.a.:
 - o doorzetten;
 - o een open houding hebben;
 - o subjectieve en objectieve beweringen van zichzelf en anderen onderscheiden
 - o informatie delen.

3.4 Wat leren kinderen bij onderzoekend en ontwerpend leren en wat is de rol van de leraar?

Niet alleen voor de kinderen schept onderzoekend en ontwerpend leren veel mogelijkheden, maar ook voor de leraar liggen er naast uitdagingen ook veel kansen om de opbrengst uit hun onderwijs te vergroten.

3.4.1 Kinderen

Er is een intens verlangen bij de mens om te weten en antwoorden te zoeken en te vinden op vragen over organismen, voorwerpen en verschijnselen die ze tegenkomen in hun omgeving of in hun denkwereld, eventueel hun fantasie. Maar hoe vind je antwoorden op vragen over dingen die je ziet of denkt? Ga je ze onder(uit)zoeken of krijg je antwoorden van iemand die het al weet? Of is het een combinatie van beide? Het onderzoeken van de juistheid van antwoorden en beweringen is een manifestatie van onze nieuwsgierigheid. Omdat nieuwsgierigheid centraal staat bij het onderzoeken, behoren deze vragen ook tot de menselijke aard en manier van leren. Door kinderen te motiveren tot het stellen van vragen en te laten reageren op elkaars gedachten en activiteiten ontwikkelen kinderen een kritische, onderzoekende houding.

Onderzoeken is een praktische en intellectuele bezigheid die aanspraak maakt op verschillende intelligenties. Aanvankelijk 'onderzoeken' kinderen of een praktische handeling elke keer dezelfde uitkomst heeft. Door de handeling te herhalen komen ze daar achter. Het gaat dan om handelingen die vooral zintuiglijk zijn gestuurd. Er wordt nog geen verklaring gezocht. Dat gebeurt als kinderen wat ouder zijn en ze meer expliciet een cognitieve activiteit koppelen aan de uitkomsten van handelingen of proefjes, 'experimenten'. Het ontwikkelen van verklaringen is een essentiële component van natuurwetenschappelijke onderzoeksactiviteiten. Onderzoeken en ontwerpen doen een beroep op verschillende aspecten van de ontwikkeling van kinderen. Beide aanpakken doen een beroep op, en dragen daardoor bij aan de ontwikkeling van verschillende competenties (kennis, houding en vaardigheden) van kinderen door hen specifieke activiteiten uit te laten voeren (zie Tabel 2.2 & Tabel 2.3).

Om een beeld te geven van mogelijke ontwikkelingen van kinderen bij onderzoekend en ontwerpend leren zijn aspecten hiervan globaal en niet uitputtend beschreven in overzichten (zie hoofdstuk 4). Deze overzichten zijn in bijlage 1 opgenomen en zijn per twee jaargroepen beschreven. De overzichten betreffen aspecten van:

- A. onderzoekend leren;
- B. ontwerpend leren;
- C. taal;
- D. reken/wiskunde ;
- E. kunstzinnige oriëntatie;
- F. houding;
- G. inzichten en instelling.

Leerlingen leren nauwgezet, geduldig bezig te zijn bij het waarnemen, uitvoeren van proefjes en ontwerpen (Overzicht F). Bij het vragen stellen, het zoeken naar verklaringen, het leggen van verbanden en het formuleren van conclusies wordt een beroep gedaan op hun intellectuele vermogen (Overzicht G). Voor het zoeken naar oplossingen van vragen en problemen wordt ook een beroep gedaan op hun creativiteit (Overzicht E), evenals bij het ontwerpen en uitvoeren van experimenten en voorwerpen, waar ook nog de (fijn-)motorische vaardigheid om de hoek komt kijken. Op verschillende momenten wordt

een beroep gedaan op hun taalvaardigheid (zie Overzicht C). Enkele voorbeelden hiervan zijn de mondelinge taalvaardigheden bij het formuleren van vragen, het verwoorden van observaties en tijdens het discussiëren en presenteren en het luisteren naar groepsgenoten; schriftelijke vaardigheden bij het zoeken naar en verwerken van informatie, het lezen van instructies, het beschrijven van waarnemingen en het maken van een presentatie.

Doorkijkje

Taal en Science

In de Verenigde Staten zijn de afgelopen jaren enkele projecten uitgevoerd waarbij taal en science-onderwijs zijn gecombineerd. Redenen voor deze projecten waren de slechte prestaties van kinderen op het gebied van taal. In Florida is begin negentiger jaren het project 'In Depth Education of Active Science' (IDEAS, zie Romance & Vitale, 2001) gestart. In het IDEAS-project zijn de uren voor taal afgeschaft en samengevoegd met science-onderwijs. Daardoor kregen kinderen per dag twee uur science-onderwijs. Tijdens het science-onderwijs is er expliciet aandacht voor activiteiten op het gebied van begrijpend lezen en schrijven en ook mondelinge communicatie komt aan de orde.

Hoewel de insteek niet het onderzoekend leren is geweest, is uit deze projecten naar voren gekomen dat science-onderwijs veel mogelijkheden biedt voor taal. In vervolgstudies is inmiddels gebleken dat kinderen die bij dit project betrokken zijn geweest en volgens deze aanpak hebben gewerkt tot betere prestaties komen op het gebied van science én taal. Inmiddels zijn ook de leraaropleidingen betrokken bij het project en worden toekomstige leraren geschoold in deze gecombineerde aanpak.

Ook op het analytisch vermogen wordt een beroep gedaan, bijvoorbeeld bij de uitwerking van de resultaten in een presentatie (Overzicht D), reken- en wiskundeaspecten komen aan de orde tijdens het ontwerpend en onderzoekend leren. Bij onderzoeksactiviteiten kunnen kinderen hun gegevens verwerken in tabellen en grafieken, bij het meten gebruik maken van standaardmaten en leren ze meetinstrumenten op de juiste manier te gebruiken. Bij ontwerpend leren kunnen ze bovendien ontwerpen op schaal tekenen en een driedimensionaal voorwerp omzetten in een tweedimensionale tekening.

Een ander aspect van onderzoekend en ontwerpend leren is dat kinderen leren zelf beslissingen te nemen. Welke vragen gaan ze stellen en uitwerken? Welke materialen gaan ze gebruiken bij hun proefjes en ontwerp? Welke gegevens gaan ze verzamelen en hoe werken ze die uit? Welke conclusies kunnen ze trekken en hoe presenteren ze de resultaten uit hun onderzoek? Door in groepjes te werken leren ze beslissingen te nemen in samenwerking (coöperatief) met hun groepsgenoten.

In de onderzoekend- en ontwerpend lerencycli komen vaardigheden voor die aansluiten bij verschillende leerstijlen van kinderen, zoals die door Kolb (1984) en Vermunt (1992) zijn gedefinieerd. Kolb gaat uit van vier fasen in een leerproces en dat leerlingen die fasen op een verschillende manier doorlopen. Kinderen met een voorkeur voor handelen beginnen hun leertaak met de fasen 'concreet ervaren' en 'actief experimenteren', terwijl andere leerlingen eerst willen nadenken voordat ze tot handelen overgaan en 'reflecteren' en 'conceptualiseren'. Vermunt onderscheidt reproductieve, toepassingsgerichte, betekenisgerichte en ongerichte leerstijlen, waarin de fasen van Kolb deels terug te vinden zijn.

Naast deze leerstijlen zijn competenties bij kinderen verschillend ontwikkeld. Sommige kinderen zijn sterk cognitief gericht, terwijl andere juist meer sociaal-emotioneel gericht zijn en weer andere kinderen beschikken over een goed ontwikkelde (fijne) motoriek (zie de meervoudige intelligentie theorie van Howard Gardner, 2001). Enerzijds kan de leraar

kinderen aanspreken op hun specifieke, goed ontwikkelde competentie, anderzijds kan een leraar juist situaties creëren die kinderen stimuleren ook andere competenties te ontwikkelen.

Deze verschillen in leerstijlen en competenties zijn dan ook een reden waarom onderzoekend en ontwerpend leren zo geschikt is om in kleine groepjes plaats te laten vinden. Door groepjes te vormen waarin kinderen met de verschillende leerstijlen en competenties bij elkaar zijn gebracht, kunnen ze elkaar aanvullen en gebruik maken van elkaars sterke kanten. Dat het samenwerkend leren ook bijdraagt aan de begripsvorming door de belangrijke sociale interactie tussen 'peers' komt hier nog eens bij.

Daarnaast zullen leerlingen bij onderzoekend en ontwerpend leren plannen, meten, observeren, gegevens analyseren en resultaten moeten evalueren. Op basis van deze kenmerken kunnen verschillende typen onderzoek, passend bij verschillende leerstijlen, worden onderscheiden, zoals:

1. Eerlijk testen
Variëren van een factor, terwijl andere factoren hetzelfde blijven
2. Classificeren en identificeren
3. Patronen zoeken
4. Exploreren
5. Modellen onderzoeken
6. Ontwerpen, ontwikkelen en maken van producten

Onderzoekend en ontwerpend leren levert kinderen een kritische context voor discussie en reflectie waarbinnen ze een vollediger begrip ontwikkelen over de aard van wetenschap en techniek (Schwartz & Crawford, 2004).

Samengevat kan worden gesteld dat onderzoekend en ontwerpend leren meer is dan het doorgeven van feiten en het volgens een gesloten instructie uitvoeren van een proefje of maken van een product. Het dient kinderen te voorzien van een kennisbasis en een manier van werken waarmee ze in staat zijn:

- een kritische, nieuwsgierige houding te ontwikkelen;
- zich relevante biologische, fysische en technische concepten eigen te maken;
- zich een beeld te vormen van de aard van wetenschap en techniek en de plaats ervan in de maatschappij.

Desalniettemin is inzicht verkrijgen in (eigen) leerprocessen een mentale activiteit die pas in het cognitieve ontwikkelingsstadium van de formeel-operationele operaties beheerst wordt (althans, volgens Piaget, 1970). Dit is echter een ontwikkelingsstadium dat doorgaans niet door leerlingen — op heel misschien een enkeling na — op de basisschool bereikt wordt. Onderzoeken op de basisschool gaat meer in de vorm van 'iets uitzoeken'. Het zelfstandig en bewust doen van onderzoek is dan ook niet een doel dat nagestreefd moet worden op de basisschool. Het onder begeleiding en deels onbewust onderzoeken van de leefwereld — het *guided inquiry-based learning* — is echter wel realiseerbaar. Van daar ook dat de rol van de leraar zo essentieel is bij het onderzoekend leren.

3.4.2 Leraren

Leerlingen hebben bij aanvang van een onderwerp hier vaak al-dan-niet foutieve of onvolledige ideeën over. De leraar zal in het algemeen, en bij onderzoekend leren in het bijzonder, bereid moeten zijn om uit te gaan van die al aanwezige concepten, de onvolledige en / of onjuiste ideeën of preconcepten (zie par. 3.2). De leraar zal moeten begrijpen waar het kind mee worstelt en kinderen de ruimte geven om 'fouten' te maken. De leraar moet

proberen de 'kaart' in het hoofd van kinderen te leren begrijpen. Daarom is het belangrijk dat leraren inzicht hebben in verschillende preconcepten van kinderen¹¹, waardoor zij deze kan herkennen en kan proberen bij te sturen, maar waar ze ook het aanbod op kan afstemmen. Zo is het niet erg zinvol om jonge kinderen het begrip 'dichtheid' aan te bieden als massa per volume-eenheid, als zij nog niet op de hoogte zijn van eenheden. Door kinderen zorgvuldig te observeren en goed naar ze te luisteren komt een leraar er achter vanuit welke preconcepten de kinderen redeneren. Dit vereist van veel leraren een andere aanpak. Het vertrekpunt is niet langer datgene dat in het leerboek staat, maar de ideeën die kinderen op dat moment over een concept hebben staan centraal. De leraar zal meer dan nu gebeurt in gesprek moeten gaan met haar leerlingen en daarbij vooral moeten luisteren en opletten naar wat kinderen te vertellen hebben over het onderwerp dat ze aanbiedt.

Doorgaans verschillen die preconcepten ook nog eens van kind tot kind! Over thema's als 'omgaan met verschillen', 'diversiteit', en 'adaptief onderwijs' zijn bibliotheken vol geschreven. We willen hier volstaan met de attendering dat cognitieve verschillen in conceptuele ontwikkeling ook in het reguliere basisonderwijs aanwezig zijn waar de leraar rekening mee moet houden door bijvoorbeeld aanpakken te kiezen die bij het omgaan met verschillen worden gehanteerd.

Door kinderen een gestructureerd programma aan te bieden wordt de omgeving voor kinderen overzichtelijk en kunnen ze gericht kijken naar voorwerpen en fenomenen. Leraren kunnen kinderen begeleiden door hun vraagstelling te ordenen en te structureren, waardoor ze gericht gebruik maken van verschillende leermiddelen. Maar leraren kunnen ook relevante ervaringen en experimenten selecteren, en ze uitdagen om hun bestaande ideeën in te wisselen voor nieuwe.

Ook voor leraren is bij het onderzoekend en ontwerpend leren een meerwaarde te behalen, met name waar het gaat om een het verkrijgen van een beeld van de ontwikkeling van verschillende competenties van kinderen (Jongerijs & Markus, 2002). Onderzoekend en ontwerpend leren verschaft hen als het ware een 'venster' waardoor ze het kind kunnen observeren: ze zien het kind handelen, communiceren, denken, analyseren en ordeningen aanbrengen in haar activiteiten. Ze zien welke materialen en technieken kinderen gebruiken, hoe ze gegevens verzamelen en uitwerken. Bij het volgen van de gesprekken krijgen ze van de individuele kinderen een beeld van het taalgebruik en de ontwikkeling van hun ideeën van wat ze onderzoeken. Ze luisteren naar de weging van de gevonden resultaten, de redeneringen en argumentaties over de waarnemingen. Ze nemen waar hoe de samenwerking verloopt: wie neemt initiatieven, wie is de leider, wie voert opdrachten uit, wie ondersteunt en, hoe motorisch vaardig zijn de kinderen? En ze zien hoe sommigen kinderen doorzetten en volharden, hoe anderen afhaken en welke kinderen proberen deze er weer bij te betrekken. Hoewel het niet het primaire doel is van onderzoekend en ontwerpend leren, kan geconcludeerd worden dat onderzoekend en ontwerpend leren ook de leraar een *rijke werkomgeving* biedt. Zij kunnen daarin reken- en taalvaardigheden, alsmede de sociale, motorische, creatieve en cognitieve ontwikkeling van kinderen volgen en beoordelen. Het geeft hen tevens de mogelijkheid om daar waar kinderen tekortkomingen laten zien, bij te sturen¹².

¹¹ Zie Boersma, Van Graft, en Knippels (2003). Deze publicatie bevat preconcepten van kinderen binnen de domeinen biologie, scheikunde, natuurkunde en aardwetenschappen.

¹² Om de ontwikkelingen van kinderen vast te kunnen leggen is evenwel een instrument in de vorm van een leerlingvolgsysteem nodig dat aansluit bij de kennis- en vaardigheden die bij het onderzoekend en ontwerpend leren aan de orde komen. In een dergelijk instrument is in dit project vooralsnog niet voorzien.

Onderzoeken en ontwerpen zijn krachtige strategieën die kinderen in staat stellen de stand van zaken omtrent hun kennis te communiceren. Het geeft de leraar de mogelijkheid om daarop te reageren, om hen te helpen die kennis verder op te bouwen.

In de huidige maatschappij zullen kinderen later in het dagelijks leven ook dingen moeten uit- en onderzoeken. In deze complexe wereld maken mensen meer dan voorheen hun eigen keuzes. Alternatieven zullen op een onderzoeksmatige manier met elkaar worden vergeleken om keuzes te verantwoorden. Met andere woorden: een onderzoekende houding is een vereiste om in de huidige, complexe maatschappij te kunnen (over-)leven. In deze technologische wereld die zich steeds verder ontwikkelt, krijgen kinderen te maken met nieuw ontwikkelde producten, die zij zullen moeten begrijpen. Het ontwerpend leren geeft ze inzicht in basale technische oplossingen voor problemen en behoeften. Daarbij maken ze kennis met materialen en gereedschappen. Het ontwerpend en onderzoekend leren geeft kinderen ook een beeld van het werken als onderzoeker, ontwerper of technicus en kan in die zin bijdragen aan een positieve beeldvorming voor technische en wetenschappelijke beroepen.

3.5 De leraar als onderzoeker

Een van de beperkingen bij de uitvoering van onderzoekend leren in de lespraktijk is dat leraren zelf geen of in beperkte mate ervaring hebben om als onderzoeker middels onderzoeksprocessen (wetenschappelijke) kennis te genereren. Om het proces te kunnen begeleiden, dient de leraar zelf bewust vaardig te zijn in het onderzoekend en ontwerpend leren. De leraar moet dus *wél leren onderzoeken* en *ontwerpen*. Door het overzicht dat de leraar daarmee over de onderzoekend en ontwerpend lerencycli verwerft is zij in staat de benodigde regie in de klas in handen te nemen.

Hoewel veel leraren tijdens hun opleiding kennis gemaakt met de onderzoeks- en ontwerpcyclus volgens De Vaan en Marell (2006), is dat voor de meeste leraren geen dagelijkse lespraktijk. Daardoor is de leraar onderzoeker van het onderzoekend leren (zie Roth *et al.*, 2001). Om die reden is het verstandig dat leraren starten met leraar-gestuurde, gestructureerde *hands-on* activiteiten over een onderwerp of thema waarmee ze bekend zijn. Geleidelijk aan kunnen ze overgaan naar leerling-gestuurde, *open-ended hands-on* activiteiten (van Graft, 2006). Leraren zullen hun eigen manier van onderzoekend leren moeten vinden. Bij onderzoekend leren staan de kinderen centraal, wat betekent dat de leraar de kinderen proceseigenaar maakt en daarmee, zij het beperkt, een deel van de regie bij hen neerlegt. Daarmee krijgen kinderen de gelegenheid om aan vragen te werken die voor hen interessant zijn. De leraar behoudt daarin een sturende rol, in die zin, dat zij bepaalt welke concepten voor kinderen belangrijk zijn. Van haar wordt verlangd dat zij in staat is variatie aan te brengen in de manier waarop kinderen door middel van onderzoekjes aan eenzelfde concept werken.

3.6 Bronnen en materialen

Bij ontwerpend en onderzoekend leren leren kinderen gebruik te maken van materialen, (analoge en digitale) meetinstrumenten en gereedschappen. Bronnen als boeken, internet, tijdschriftartikelen of interviews kunnen zowel voor het genereren van vragen als bij het onderzoeken van de vraag of het oplossen van een probleem worden gebruikt. Een belangrijke andere bron zijn de Tussendoelen en Leerlijnen van SLO (2006), een vertaling van de Kerndoelen Basisonderwijs (Ministerie van OCW, 2006) naar praktische handreikingen voor leraren basisonderwijs.

Het gebruik van de computer is in de hedendaagse beroepspraktijk van natuurwetenschappers en technici niet meer weg te denken. Niet alleen is communicatie makkelijker en sneller geworden via het internet, belangrijker is dat de computer een voorname rol heeft gekregen in de ontwerp- en onderzoeksprocessen zelf.

De inzet van de computer kan bij onderzoekend en ontwerpend leren op een aantal punten ondersteunend zijn: (1) het real-time meten van echte gebeurtenissen door middel van sensoren; (2) de mogelijkheid om leerlingen te monitoren; (3) het communiceren over onderzoek en ontwerp en (4) het gebruik van interactieve modellen (Concord Consortium, 2003). Op basis van wat Van Geert (1988) beweert, zijn voor jonge kinderen echte ervaringen te prevaleren boven modellen en simulaties. Daarom wordt bij natuur en techniekonderwijs op de basisschool het modelleren en simuleren buiten beschouwing gelaten.

Met name het koppelen van fenomenen aan directe veranderingen op het computerscherm is een sterk punt. Vooral wanneer met grafieken wordt gewerkt, stimuleert deze directe koppeling een positieve ontwikkeling van begrijpen en interpreteren van grafieken. Gelet op de mate waarin gegevens in het dagelijks leven visueel gerepresenteerd worden, is dit een zeer belangrijk aspect van het gebruik van de computer in het onderwijs. Daarnaast kan de computer worden gebruikt als bron van informatie, het verwerken ervan en het rapporteren en communiceren over verkregen resultaten. Tenslotte kan de computer worden gebruikt bij simulaties van processen of het toetsen van variabelen bij bijvoorbeeld bouwtekeningen van huizen of bruggen.

3.7 Inhoud of proces?

Wat is belangrijk: de inhoud of het proces? Wynne Harlen (1985) zegt daarover dat natuuronderwijs een dubbel voordeel heeft omdat het zowel een manier van werken behelst als ook een aantal ideeën: het betreft zowel een proces als een product. De proceskant van natuuronderwijs houdt in dat kinderen leren informatie te verwerken, ideeën te testen en verklaringen te vinden. Het product van natuuronderwijs zijn ideeën die kunnen worden gebruikt om nieuwe ervaringen te begrijpen. Ook voor ontwerpend leren geldt dat zowel het proces (de ontwerpcyclus en alles wat daar bij komt kijken) als de productkant bijdragen aan de kennis- en vaardigheidsontwikkeling van kinderen.

Idealiter gaan onderzoekend en ontwerpend leren en de ontwikkeling van begrippen samen, maar veel hangt af van de ervaring en het vertrouwen van kinderen en leraar in deze werkwijze. In het begin zal de aandacht meer liggen bij de ontwikkeling van vaardigheden, maar na verloop van tijd zullen inhoudelijke vorming en het onderzoekend en ontwerpend leren hand in hand gaan.

3.8 De organisatie van onderzoekend en ontwerpend leren

De leraar zal een omgeving moeten creëren die uitnodigt tot het doen van onderzoek. Dat vraagt veel organisatie, planning en structuur. De omgeving moet ondersteunend zijn in het onderzoeksproces. Naast de fysieke omgeving, waarin kinderen leren materialen en hulpmiddelen te hanteren, zal de leraar ook voor een intellectueel uitdagende, verwondering oproepende omgeving moeten zorgen in de vorm van relevante onderwerpen, van waaruit kinderen verschillende onderzoekjes kunnen doen om zo gezamenlijk tot een verdieping van fysische en biologische concepten en technische inzichten te komen. De leraar is ondersteuner en begeleider en draagt bij aan een sociale, vertrouwde omgeving waarin kinderen in kleinere en grotere groepen kunnen samenwerken, deelnemen aan gesprekken en leren om elkaars ideeën te respecteren. Die veilige omgeving is ook essen-

tiel om kinderen uit de tent te lokken zodat zij, en niet de leraar, de (onderzoeks)vragen gaan stellen. De leraar zal ruimte moeten geven aan de leerlingen om zelf vragen te gaan stellen en belangstelling moeten tonen in de gestelde vragen. De leerlingen moeten leren dat hun inbreng en vragen relevant zijn en het onderwijs richting geven. Dit betekent een 'cultuuromslag' in het denk- en werkproces van leerlingen en leraren. Het komt er op neer, dat dit proces, het komen tot goede onderzoeksvragen, voor leraar én leerling een leerproces zal zijn.

De onderzoeks- en ontwerpfasen die respectievelijk in de paragrafen 2.3 en 2.4 zijn beschreven dienen daarbij in eerste instantie als heuristiek voor de leraar en niet voor de leerlingen, immers, onderzoeken en ontwerpen worden ingezet als middel en niet als doel. De leraar begeleidt de kinderen door de fasen heen als is het een spel, het spel van onderzoekers en ontwerpers. Ze kan wel tijdens de gesprekken die ze met de kinderen voert begrippen die bij de aanpak horen geleidelijk introduceren, waardoor zij zich de terminologie eigen kunnen maken en zelf ook gaan gebruiken.

Doorkijkje

Groep 3/4, lessenserie Drijven en zinken

Juf Ria heeft de kinderen in drietallen *voorspellingen* laten maken of bepaalde objecten zouden drijven of zinken als ze in het water worden gelegd. Nadat ze dat hadden *onderzocht* in een bak water en de *resultaten* waren besproken in de hele groep mochten de kinderen in een 'denkwolkje' een vraag opschrijven over wat ze nog heel graag zouden willen weten (*onderzoeksvraag*).

Door de gecursiveerde begrippen uit het bovenstaande doorkijkje te gebruiken, leren kinderen spelenderwijs met deze begrippen om te gaan. Dat bleek wel bij de tweede lessenserie, toen kinderen zelf riepen dat ze 'gingen onderzoeken of zaadjes beter groeiden als ze meer licht kregen.....





4 Een Leerlijn Onderzoekend en Ontwerpend Leren in samenhang met leerlijnen van andere leergebieden in het basisonderwijs

In dit hoofdstuk is in Tabel 4.1 een schema uitgewerkt voor activiteiten die bij onderzoekend en ontwerpend leren kunnen worden toegepast (Overzicht A t/m E) en voor houding/gedrag dat van kinderen kan worden verwacht (Overzicht F en G). De overzichten zijn uitgewerkt per twee opeenvolgende groepen in het basisonderwijs, namelijk groep 1 en 2 (kleuterbouw), groep 3 en 4 (onderbouw), groep 5 en 6 (middenbouw) en groep 7 en 8 (bovenbouw). De overzichten zijn gebaseerd op de Tussendoelen en leerlijnen van de Kerndoelen Basisonderwijs 2006 (2006).

Zoals eerder beschreven komen kinderen die bij natuur- en techniekonderwijs met onderzoekend en ontwerpend leren bezig zijn, ook met andere vakken zoals rekenen/wiskunde, taal en kunstzinnige oriëntatie aan bod. Daarom zijn ook van deze vakgebieden in de overzichten, hoewel niet uitputtend, activiteiten opgenomen. De overzichten ondersteunen leraren bij de integratie van het ene leergebied binnen het andere. Ze bieden hen de mogelijkheid om in een taal- of rekenles terug te komen op datgene dat ze bijvoorbeeld bij het onderzoeken van het weer met hun eigengebouwde meetinstrument hebben gedaan aan het maken van tabellen en grafieken.

Tevens is aangegeven met welke inzichten en houdings-aspecten in de verschillende groepen rekening kan worden gehouden. Dat geeft de volgende opbouw van de leerlijn te zien (Tabel 4.1).

Tabel 4.1. Overzicht aspecten onderzoekend en ontwerpend leren. De invulling van de tabel is opgenomen in bijlage 1.

	Groep 1 en 2	Groep 3 en 4	Groep 5 en 6	Groep 7 en 8
Overzicht A Onderzoekend leren				
Overzicht B Ontwerpend leren				
Overzicht C Taalactiviteiten				
Overzicht D Rekenen/wiskunde activiteiten				
Overzicht E Kunstzinnige activiteiten				
Overzicht F Houding				
Overzicht G Inzichten en instelling				

Bij deze tabel kunnen de volgende kanttekeningen worden geplaatst. De bij de groepen beschreven activiteiten of houdingen/gedrag zijn arbitrair. Ze zijn afhankelijk van de ontwikkeling van de competenties van individuele of groepen leerlingen, het thema dat of de context waarin iets wordt onderzocht of ontwikkeld, het karakter van de opdracht aan leerlingen (open of gesloten) en de mate van zelfstandig werken van de leerlingen.

De formuleringen in de overzichten zijn taalkundig gebaseerd op de zin: "De leerlingen (leren)" gevolgd door de formulering uit het overzicht.

Bijlage 1: Leerlijnen

Overzicht A: Onderzoekend leren	39
Overzicht B: Ontwerpend leren	40
Overzicht C: Taalactiviteiten.....	41
Overzicht D: Rekenen/wiskunde activiteiten.....	42
Overzicht E: Kunstzinnige activiteiten	43
Overzicht F: Houding.....	44
Overzicht G: Inzichten en instelling	45



Overzicht A: Onderzoekend leren

Groep 1 en 2	Groep 3 en 4	Groep 5 en 6	Groep 7 en 8
<p><i>Waarnemen:</i> Aan de hand van concrete organismen, materialen en verschijnselen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kenmerken, onderdelen en gedragingen onderscheiden - Verschillen en veranderingen constateren - Vergelijken en ordenen - Objecten herkennen - Classificeren (één eigenschap) <p><i>Experimenteren:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Vrij exploreren (niet doelgericht) m.b.v. zintuigen - Handelen met levend en niet-levend materiaal <p><i>Verwerken en concluderen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Vanuit menselijk handelen redeneren - Inzien dat iets bedoeling heeft i.p.v. oorzaak - 'Eigen' resultaten formuleren 	<p><i>Waarnemen:</i> Vanuit bewuste, feitelijke aandacht:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Overeenkomsten en verschillen (detail), herhalingen (regelmaat in tijd), patronen (regelmaat in ruimte) constateren - Classificeren (meerdere eigenschappen na elkaar; aangeboden of zelfbedachte kenmerken) - Het verborgene waarnemen - Afbeeldingen herkennen <p><i>Experimenteren:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Vragen formuleren - Inzien dat volgorde van handelen belangrijk is - Werken met hulpmiddelen (loep) - Variabelen toepassen - Handelingen herhalen (verdieping) <p><i>Verwerken en concluderen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Waarnemingen opschrijven, vertellen, tekenen, boetsen (Zie Overzicht E) - Als.....dan relaties aangeven - Waarnemingen in juiste volgorde beschrijven - Verslag doen van waargenomen feiten 	<p><i>Waarnemen</i> Vanuit 'weetgierigheid':</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ter zake doende aspecten kiezen - Bij classificeren zelf criteria bedenken - Meerdere criteria tegelijkertijd toepassen - Dichotome determineersleutels toepassen - Situaties op ander tijdstip en plaats vergelijken <p><i>Experimenteren</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Onderzoekbare vragen stellen - Voorspellingen en hypothesen opstellen - Werken met hulpmiddelen (balans, maatbekers, kompas en thermometers) - Vergelijkend onderzoek doen met een variabele - Voorwaarden voor eerlijk onderzoek herkennen <p><i>Verwerken en concluderen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Resultaten beïnvloed door voorkeur leerling herkennen - Als – dan redeneringen formuleren en redeneringen omdraaien 	<p><i>Waarnemen</i> Vanuit 'beschouwende instelling':</p> <ul style="list-style-type: none"> - Classificeren aan de hand van relevante (abstracte) begrippen - Herhaald meten om meetfout te verifiëren - Herhaald meten om variatie zichtbaar te maken - Meetinstrument ijken <p><i>Experimenteren</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Werken met modellen - Onderzoek doen met geleidelijke veranderingen van een variabele - Onderzoek doen naar effecten van twee variabelen - Experiment ontwerpen als toets voor eigen verklaring / voorspelling / hypothese <p><i>Verwerken en concluderen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Gegevens verwerken in lijngrafieken met x- en y-as - Verbanden leggen tussen waargenomen verschijnselen - Tussenliggende waarden aflezen - Conclusies trekken uit grafiek - Conclusies trekken die ingaan tegen verwachtingen - Erkennen dat geen of tegengestelde resultaten ook resultaten zijn

Overzicht B: Ontwerpend leren

Groep 1 en 2	Groep 3 en 4	Groep 5 en 6	Groep 7 en 8
<p><i>Ontwerpen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Problemen inzien - Materialen benoemen - Eigenschappen (functie) benoemen <p><i>Maken</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Een oplossing spelenderwijs uitvoeren - Ervaring opdoen met materialen - Inzicht hebben in verbindingen - Eenvoudige vormen nabouwen - Eenvoudige producten bouwen <p><i>Gebruiken</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Een oplossing/product tonen - Eenvoudige producten bedienen <p><i>Technische principes</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Eenvoudige constructies maken - Eenvoudige verbindingen maken - Energiebronnen herkennen 	<p><i>Ontwerpen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Eenvoudig problemen verwoorden - Een oplossing met impliciete eisen formuleren - Producten categoriseren naar gebruiksomgeving en functie <p><i>Maken</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Al doende oplossing uitvoeren - Materialen onderscheiden op basis van eigenschappen - Ervaring opdoen met gereedschappen - Onderdelen van een oplossing/product kennen <p><i>Gebruiken</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Op oplossingen en producten reflecteren en het beoordelen - Eenvoudige producten uit- en in elkaar zetten - Materiaal onderscheiden voor afval en hergebruik - Energiebronnen gebruiken <p><i>Technische principes</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Eenvoudige bewegingsprincipes gebruiken 	<p><i>Ontwerpen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Problemen verhelderen - Eisen voor een oplossing formuleren - Een oplossing voor een probleem schematisch uitwerken <p><i>Maken</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Oplossingen uitvoeren volgens schema - Constructies en verbindingen toepassen - Geschikt gereedschap/materiaal kiezen en gebruiken - Het maakproces verwoorden <p><i>Gebruiken</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Relaties leggen tussen oplossing en gestelde eisen (vorm-functie) - Controleren of product aan gestelde eisen voldoet - Oplossingen van anderen beoordelen - Verbeteringen voorstellen - Reflecteren op toegepaste technische principes - De bediening apparaten uitleggen - Voor- en nadelen producten aangeven <p><i>Technische principes</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Eenvoudige overbrengingsprincipes toepassen - Pneumatiek toepassen 	<p><i>Ontwerpen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Een probleem verkennen - Eisen voor een oplossing formuleren - Oplossingen m.b.v. informatie gestructureerd uitwerken - Een behoefte naar oplossing vertalen - Eisen analyseren van een oplossing/product - De samenhang tussen onderdelen aangeven <p><i>Maken</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Zelf tussenstappen bedenken - Zelf werkschema opstellen - Een werkschema uitvoeren - Eenvoudig productieproces begrijpen - Een model bouwen om de werking te begrijpen <p><i>Gebruiken</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Tussenstappen beargumenteren - Elkaars oplossing/product beoordelen en vergelijken a.d.h.v. materiaal, vorm, functie, bewerking, gekozen technische principe(s) <p><i>Technische principes</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Besturingssystemen toepassen

Overzicht C: Taalactiviteiten

Groep 1 en 2	Groep 3 en 4	Groep 5 en 6	Groep 7 en 8
<p><i>Spreken</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ervaringen vertellen - Praten met andere leerling over onderzoeks- of ontwerpactiviteit - Vertellen over resultaten/producten <p><i>Stellen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Tekenend noteren <p><i>Lezen</i></p> <p>n.v.t.</p> <p><i>Woordenschat</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Woordenschat uitbreiden met begrippen behorend bij natuur en techniek 	<p><i>Spreken en luisteren</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Gedachten/ideeën vertellen - Luisteren naar ideeën en gedachten van anderen en daarop reageren - Vragen en antwoorden formuleren - Inhoudelijke gesprekken voeren in klein groepje - Resultaten presenteren <p><i>Stellen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Gegevens noteren - Begrippen noteren - Verslag over observaties schrijven <p><i>Lezen</i></p> <p>n.v.t.</p> <p><i>Woordenschat</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Woordenschat uitbreiden met schooltaalwoorden behorend bij onderzoeken en ontwerpen 	<p><i>Spreken</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Onderzoeksvragen formuleren - Ontwerpschetsen toelichten - Onderzoekscriteria bediscussiëren - Redeneren en argumenteren over resultaten en conclusies - Conclusies formuleren - Met groepje onderzoek of product presenteren in de groep <p><i>Stellen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Resultaten beschrijven - Oplossingen beschrijven - Informatie samenvatten - Gedachten/ideeën beschrijven <p><i>Lezen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Informatie opzoeken - Samenvatten - In teksten kernwoorden opzoeken <p><i>Woordenschat</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Begrippen verdiepen 	<p><i>Spreken</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Gesprekken voeren over onderzoeksvraag of technisch probleem, oplossing - Eisen aan ontwerp formuleren - Vragen stellen aan een deskundige <p><i>Stellen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Experimenten beschrijven zodat iemand het na kan doen - Oplossingen van een probleem schriftelijk uitwerken in stappen - Verslag maken van gesprek met deskundige <p><i>Lezen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Informatie verzamelen en verwerken

Overzicht D: Rekenen/wiskunde activiteiten

Groep 1 en 2	Groep 3 en 4	Groep 5 en 6	Groep 7 en 8
<p><i>Classificeren:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Vergelijkend ordenen <p><i>Meten:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Met natuurlijke maten meten - Direct afpassen (voorwerpen op elkaar leggen) 	<p><i>Basisvaardigheden:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Concrete situaties vertalen naar rekenactiviteiten <p><i>Meten:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Lengte, omvang en gewicht meten met standaardmaten (km, cm, kg) <p><i>Meetkunde:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Patronen herkennen - Windrichtingen in plattegrond gebruiken - Symmetrie en meetkundige vormen herkennen - Schema's (plattegrond) lezen <p><i>Tijd:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Hele en halve uren aangeven - Analoge en digitale tijd kunnen onderscheiden <p><i>Tabellen en grafieken:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Gegevens structureren in rijen en kolommen - Gegevens verzamelen in een tabel 	<p><i>Basisvaardigheden:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Schatten (in getallen) <p><i>Meten:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Meten en wegen in standaardmaten (kg, g, l, cl, ml, km, m, dm, cm en mm) <p><i>Meetkunde:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Regelmaat en patronen aanvullen/uitbreiden - Driedimensionaal vertalen naar tweedimensionaal (aanzicht) en omgekeerd - Afmetingen onderdelen aangeven in tekening - Gegevens overbrengen op materiaal <p><i>Tijd:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Klokkijken - Tijdmeter <p><i>Tabellen en grafieken:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Verhoudingstabel gebruiken - Staafgrafieken samenstellen en interpreteren 	<p><i>Basisvaardigheden:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Schatten (in procenten, verhoudingen) <p><i>Meten:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Geijkt meetinstrumenten gebruiken - Samengestelde grootheden meten (snelheid: tijd en afstand, oppervlakte en kubieke maten) - Herhaald meten i.v.m. meetfouten en – biologische – variatie <p><i>Meetkunde:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Tekenen op schaal - Schema's en doorsneden tekenen <p><i>Tabellen en grafieken:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Staaf- en lijngrafiek samenstellen en interpreteren - Verhoudingen afleiden uit waarnemingen - Tabellen maken en aflezen - Sectordiagrammen maken en aflezen

Overzicht E: Kunstzinnige activiteiten

Groep 1 en 2	Groep 3 en 4	Groep 5 en 6	Groep 7 en 8
<p><i>Tekenen en handvaardigheid:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Onderwerpen uit natuur en techniek (bijv. mens, dier, gebouw) gebruiken - Ruimtelijk bouwen - Vormsoorten onderscheiden (~2d) - Potlood, pen, en schaar gebruiken - Starre constructies maken <p><i>Drama:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Spel: doen als of; borstel wordt dier 	<p><i>Tekenen en handvaardigheid:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Symbolen en decoraties toevoegen - Vormsoorten onderscheiden (~3d) - Weef- en vlechttechniek toepassen - Constructie- en verbindingstechnieken toepassen - Bewegende constructies maken 	<p><i>Tekenen en handvaardigheid:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Perspectief aangeven door: <ul style="list-style-type: none"> o overlapping van objecten o voor groter dan achter - Objecten in verhouding weergeven - Geluid, beweging aangeven - Digitaal tekenen - Eenvoudige naaibewerkingen toepassen - Hout bewerken (zagen, spijkeren, schuren) - Op schaal bouwen - Eenvoudige ontwerpschets tekenen - Details van ontwerp of object vergroot weergeven - Aanbrengen van schaduw, textuur aan tekening 	<p><i>Tekenen en handvaardigheid:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Onderwerpen uit techniek tekenen - Tentoonstelling inrichten - Producten vormgeven - Diepte aangeven - Kleding maken - Verbindingen maken tussen hout, metaal en kunststof - Beredeneerde mening geven over eigen en andermans product - Experimentele opstelling tekenen/fotograferen - Diepte suggereren door aanbrengen van schaduw, lijnen, textuur

Overzicht F: Onderzoekende en ontwerpende houding

Groep 1 en 2	Groep 3 en 4	Groep 5 en 6	Groep 7 en 8
<ul style="list-style-type: none"> - Zijn nieuwsgierig naar objecten in omgeving - Nemen waar door zintuigen te gebruiken - Handelen verkennend en manipulerend - Stellen vragen over hoe iets werkt of in elkaar zit - Zijn doorgaans behoudend en weinig flexibel in hun opvattingen 	<ul style="list-style-type: none"> - Zijn kritisch in hun waarnemingen - Denken na en redeneren over consequenties van hun oplossingen - Zijn nieuwsgierig naar hoe iets kan - Hebben of zoeken naar creatieve oplossingen en verklaringen - Werken volhardend en doelgericht 	<ul style="list-style-type: none"> - Redeneren en argumenteren over resultaten en mogelijke oplossingen - Werken zorgvuldig en nauwgezet bij onderzoeken en ontwerpen - Gebruiken herhaling en precisie in hun handelen - Stellen ontwerp/experiment tussentijds bij - Zijn nieuwsgierig naar en juistheid van begrippen, redeneringen en argumenten 	<ul style="list-style-type: none"> - Werken systematisch, eerlijk en volhardend - Delen informatie met elkaar - Brengen waardering op voor regelmaat en wetmatigheden in (niet-) levende natuur - Formuleren van gefundeerde oordelen - Staan open voor meningen van anderen

Overzicht G: Inzichten en instelling

Groep 1 en 2	Groep 3 en 4	Groep 5 en 6	Groep 7 en 8
<ul style="list-style-type: none"> - Redeneren antropomorf - Beperken waarnemingen tot direct waarneembare fenomenen - Fantaseren over de werkelijkheid en zijn (nog) niet geneigd objectief te zijn. - Gaan verantwoord en met zorg om met objecten in omgeving - Maken iets af - Ruimen na afloop spullen op - Zijn behoudend in hun opvattingen - Werken graag met concreet (levend) materiaal 	<ul style="list-style-type: none"> - Worden weetgierig en minder nieuwsgierig - Denken in orde en volgorde en in oorzaak-gevolg relaties - Formuleren eigen (soms onjuiste) verklaringen - Nemen details en ook het niet direct waarneembare waar - Werken met zorg en respect voor materialen en levende organismen 	<ul style="list-style-type: none"> - Herkennen eenheid in verscheidenheid: structuren, regelmaat, patroon en regels - Leggen geordende verzamelingen aan - Maken generalisaties - Hanteren abstracte begrippen gerelateerd aan patroon en regelmaat (individu, soort, levensgemeenschap) - Denken in vorm-functie relatie - Herkennen verschijningsvormen in materiaal - Vergelijken eerlijk en letten op relevante kenmerken - Geven als – dan redeneringen aan en draaien redeneringen om - Denken vooruit en voorspellen 	<ul style="list-style-type: none"> - Vinden abstracte begrippen te moeilijk - Onderkennen hiërarchie in eigenschappen - Meten eerlijk door het ijken van meetinstrument en herhalen van metingen - Denken modelmatig - Erkennen dat geen, tegengestelde of niet verwachte resultaten ook resultaten zijn - Geven verklaringen en doen voorspellingen

Literatuur

- DE BEURS, C., 2003. *Techniek in het leergebied mens en natuur*. Paper behorend bij: VeDoTechconferentie, Lunteren, 28 Nov 2003.
- BLEIJERVELD, K., & VAN GRAFT, M., 2002. *Uit de Grabbelton*. Enschede: SLO.
- BOEKHOLT, J.T., 1994. Ontwerpend leren, leren ontwerpen. *Beeldaspecten*, 6(4), 14–19.
- BOERSMA, K.T., VAN GRAFT, M., & KNIPPELS, M.-C., 2003. *Natuuronderwijs: curricula en concepten van kinderen*. Enschede: SLO.
- BOERSMA, K.T., et al., 2005. *Vernieuwd Biologieonderwijs van 4 tot 18 jaar: Basisdocument van de Commissie Vernieuwing Biologieonderwijs over ontwikkeling en invoering van samenhangend biologieonderwijs*. Utrecht: CVBO.
- BOERSMA, K.T., et al., 2006. *Leerlijn biologie van 4 tot 18 jaar vanuit de concept-contextbenadering (concept 31 mei 2006)*. Utrecht: CVBO.
- BOERWINKEL, D.J., 2003. *Het vormfunctieperspectief als leerdoel van natuuronderwijs: leren kijken door de ontwerpersbril*. Academisch Proefschrift: Universiteit Utrecht.
- BOTH, K., 1984. *De natuur van natuuronderwijs, een visie in ontwikkeling* (Natuur Milieu Techniek, deel 1). Enschede: SLO.
- BOTH, K., 1985. *De natuur van de natuurwetenschap en natuuronderwijs in de basisschool* (Natuur Milieu Techniek, deel 2). Enschede: SLO.
- BROUWER, T., 2000. Een hoge betrokkenheid door interactief onderwijzen. *JSW*, 85(5), 28–31.
- BROUWER, T., & VAN GRAFT, M., 2003. *Taal in andere vakken: verrijken of ver-reiken?* Enschede: SLO.
- BRUNER, J.S., 1966. *Studies in cognitive growth*. New York: Wiley.
- CHAK, A., 2002. Understanding Children's Curiosity and Exploration through the Lenses of Lewin's Field Theory: on Developing an Appraisal Framework. *Early Child Development and Care*, 172(1), 77–87.
- COLBURN, A., 2000. An Inquiry Primer. *Science Scope*, (March), 42–44.
- CONCORD CONSORTIUM, 2003. *TEEMSSII: Technology Enhanced Elementary and Middle School Science II*. Concord, MA: Concord Consortium.
- DEWEY, J., 1997. *Experience and Education*. (© 1938). New York: Touchstone.
- ELLERMEIJER, A.L., & DE BEURS, C., 2004. Technology Enhanced Physics Education. In: E. MECHLOVÁ, ed., *GIREP 2004 Conference Proceedings, Ostrava, Czech Republic, 19–23 July 2004*. Ostrava: University of Ostrava, pp. 11–16.
- ELLERMEIJER, A.L., & KEMMERS, P. (eds.), 2005. *Science is Primary: European Conference on Primary Science and Technology Education, NEMO, Amsterdam, 15–16 Oct 2004*. Amsterdam: AMSTEL Instituut.
- ENNIS, R.H., 2002. *A Super-Streamlined Conception of Critical Thinking*. Champaign, IL: College of Education, The University of Illinois at Urbana-Champaign. Toegankelijk via <URL: <http://faculty.ed.uiuc.edu/rhennis/>> [Geraadpleegd 16-12-2005].

- EXPERTGROEP WETENSCHAP EN TECHNIEK BASISONDERWIJS, 2005. *Visie op wetenschap en techniek in het basisonderwijs*. Toegankelijk via <URL: http://www.platformbetatechniek.nl/nieuws/persberichten/files/visie_wetenschap_basisonderwijs.pdf> [Geraadpleegd 24-03-2005].
- FORTUS, D., et al., 2004. Design-based science and student learning. *Journal Of Research In Science Teaching*, **41**(10), 1081–1110.
- FREUDENTHAL, H., 1991. *Revisiting mathematics education* (China Lectures). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- GARDNER, H., 2001. *An Education for the Future: The foundation of science and values*. Paper behorend bij: The Royal Symposium, Amsterdam, 13-03-2001. Toegankelijk via <URL: <http://www.pz.harvard.edu/Pis/>> [Geraadpleegd 23-03-2004].
- VAN GEERT, P.L.C., 1988. De ontwikkeling van de waarneming. In: W. KOOPS & J.J. VAN DER WERF, eds., *De ontwikkeling van functies en cognitie* (Overzicht van de empirische ontwikkelingspsychologie, deel 2). Groningen: Wolters-Noordhoff, p. 41–70.
- VAN GEERT, P.L.C., 2001. *Een ontwikkelingspsychologische kijk op natuur-, milieu- en techniekeducatie*. Paper behorend bij: Studiedag Pabo-netwerk Natuuronderwijs, NME en Techniek, Utrecht, 21-11-2001.
- GOPNIK, A., MELTZOFF, A.N., & KUHL, P.K., 2001. *The Scientist in the Crib: What early learning tells us about the mind*. (© 1999). New York: Harper Perennial.
- VAN GRAFT, M., & PAUS, H., 2003. *Wereldoriënterende vakken en Taal*. Enschede: SLO.
- VAN GRAFT, M. (ed.), 2006. *Natuur en Techniek op de Pabo: didactiekontwikkeling in fasen*. Enschede, SLO.
- HARLEN, W., 1985. *Primary science, taking the plunge*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- HAURY, D.L., 2002. *Learning Science Through Design*. ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education. Toegankelijk via <URL: <http://www.stemworks.org/digests/EDO-SE-02-06.pdf>> [Geraadpleegd 10-05-2005].
- JANSSEN, F.J.J.M., 2000. Biologie in perspectief. *NVOX*, **25**(6), 283–286.
- JANSSEN, F.J.J.M., & VOOGT, P., 1996. Ontwerpend leren in het biologie-onderwijs: een doe-het-zelf handleiding. *NVOX*, **21**(2), 42–47.
- JONGERIUS, J., & MARKUS, I. (eds.), 2002. *Kijk op ontwikkeling in de onderbouw*. Enschede: SLO.
- KAMER-PEETERS, T., 1991. *Natuuronderwijs in grote lijnen: een voorstel voor een leerplan*. Enschede: SLO.
- KARPLUS, R., 1977. Science teaching and the development of reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, **14**(2), 169–175.
- KOLB, D.A., 1984. *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, NJ: Financial Times Prentice Hall.
- KOLODNER, J.L., et al., 1998. *Learning by Design from Theory to Practice*. Paper behorend bij: International Conference of the Learning Sciences, Atlanta, 17 Dec 1998. Toegankelijk via <URL: http://www.cc.gatech.edu/edutech/projects/lbd_icls98/icls_LBD.html> [Geraadpleegd 10-05-2005].

- VAN DE LINDE, G., 2006. *Oriëntatie op jezelf en de wereld. Tussendoelen en leerlijnen (TULE)*. Enschede: SLO.
- LLEWELLYN, D., 2002. *Inquire within: implementing inquiry-based science standards*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- MINISTERIE VAN OCW, 2006. *Kerndoelen Primair Onderwijs*. Den Haag: Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap.
- NATIONAL SCIENCE FOUNDATION (ed.), 2000. *Inquiry: thoughts, views, and strategies for the K-5 classroom* (Foundations: a monograph for professionals in science, mathematics, and technology education, deel 2). Arlington, VA: Division of Elementary, Secondary, and Informal Education; NSF.
- VAN OERS, B., 1988. Modellen en de ontwikkeling van het (natuur-)wetenschappelijk denken van leerlingen. *Tijdschrift voor Didactiek der B-wetenschappen*, 6(2), 115-143.
- VAN OERS, B., 2005. *Carnaval in de kennisfabriek: De positie van het spel in ontwikkelingsgericht onderwijs*. Inaugurele Rede, 27-04-2005: Vrije Universiteit Amsterdam.
- PIAGET, J., 1970. Extracts from Piaget's theory. In: K. RICHARDSON & S. SHELDON, eds., *Cognitive Development to Adolescence*. Hove, East Sussex: Lawrence Erlbaum Associates in association with The Open University, 1988, p. 3-18.
- ROMANCE, N.R., & VITALE, M.R., 2001. Implementing an in-depth expanded science model in elementary schools: Multi-year findings, research issues, and policy implications. *International Journal Of Science Education*, 23(4), 373-404.
- ROTH, W.-M., 2001. Learning science through technological design. *Journal Of Research In Science Teaching*, 38(7), 768-790.
- ROTH, W.-M., TOBIN, K., & RITCHIE, S.M., 2001. *Re/Constructing Elementary Science* (Counterpoints: Studies in the Postmodern Theory of Education, deel 177). New York: Peter Lang.
- SCHWARTZ, R.S., & CRAWFORD, B.A., 2004. Authentic Scientific Inquiry as Context for Teaching Nature of Science: Identifying Critical Elements for Success. In: L.B. FLICK & N.G. LEDERMAN, eds., *Scientific Inquiry and Nature of Science* (Science & Technology education library, deel 24). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004, p. 331-356.
- SUCHMAN, J.R., 1963. Learning Through Inquiry. *NEA Journal: The Journal of the National Education Association*, 52(3), 31.
- THE INQUIRY SYNTHESIS PROJECT, CENTER FOR SCIENCE EDUCATION; EDUCATION DEVELOPMENT CENTER, 2004. *Technical report 2: Conceptualizing Inquiry Science Instruction*. Toegankelijk via <URL: <http://www.cse.edc.org/work/research/inquiryynth>> [Geraadpleegd 30-03-2005].
- THIJSSSEN, J., VAN DER SCHOOT, F., & HEMKER, B., 2003a. *Balans van het biologieonderwijs aan het einde van de basisschool 3: uitkomsten van de derde peiling in 2001* (PPON-reeks, deel 25). Arnhem: Citogroep.
- THIJSSSEN, J., et al., 2003b. *Balans van het natuurkunde- en techniekonderwijs aan het einde van de basisschool 3: uitkomsten van de derde peiling in 2002* (PPON-reeks, deel 26). Arnhem: Citogroep.
- TUNNICLIFFE, S.D., 2006. The importance of research to biological education. *Journal of Biological Education*, 40(3), 99-100.

- DE VAAN, E., & MARELL, J., 2006. *Praktische Didactiek voor natuuronderwijs*. 6^e druk (© 1994). Bussum: Coutinho.
- VERMUNT, J.D.H.M., 1992. *Leerstijlen en sturen van leerprocessen in het hoger onderwijs. Naar procesgerichte instructie in zelfstandig denken*. Academisch Proefschrift: Katholieke Universiteit Brabant.
- VOLLEBREGT, M., et al., 1999. Leerlingen motiveren via probleemstellend onderwijs. *NVOX*, 24(7), 339–341.
- VYGOTSKY, L.S., 1978. *Mind in Society: Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge: MA: Harvard University Press.
- WILSON, E.O., 1998. *Consilience: The unity of knowledge*. New York: Alfred A. Knopf.