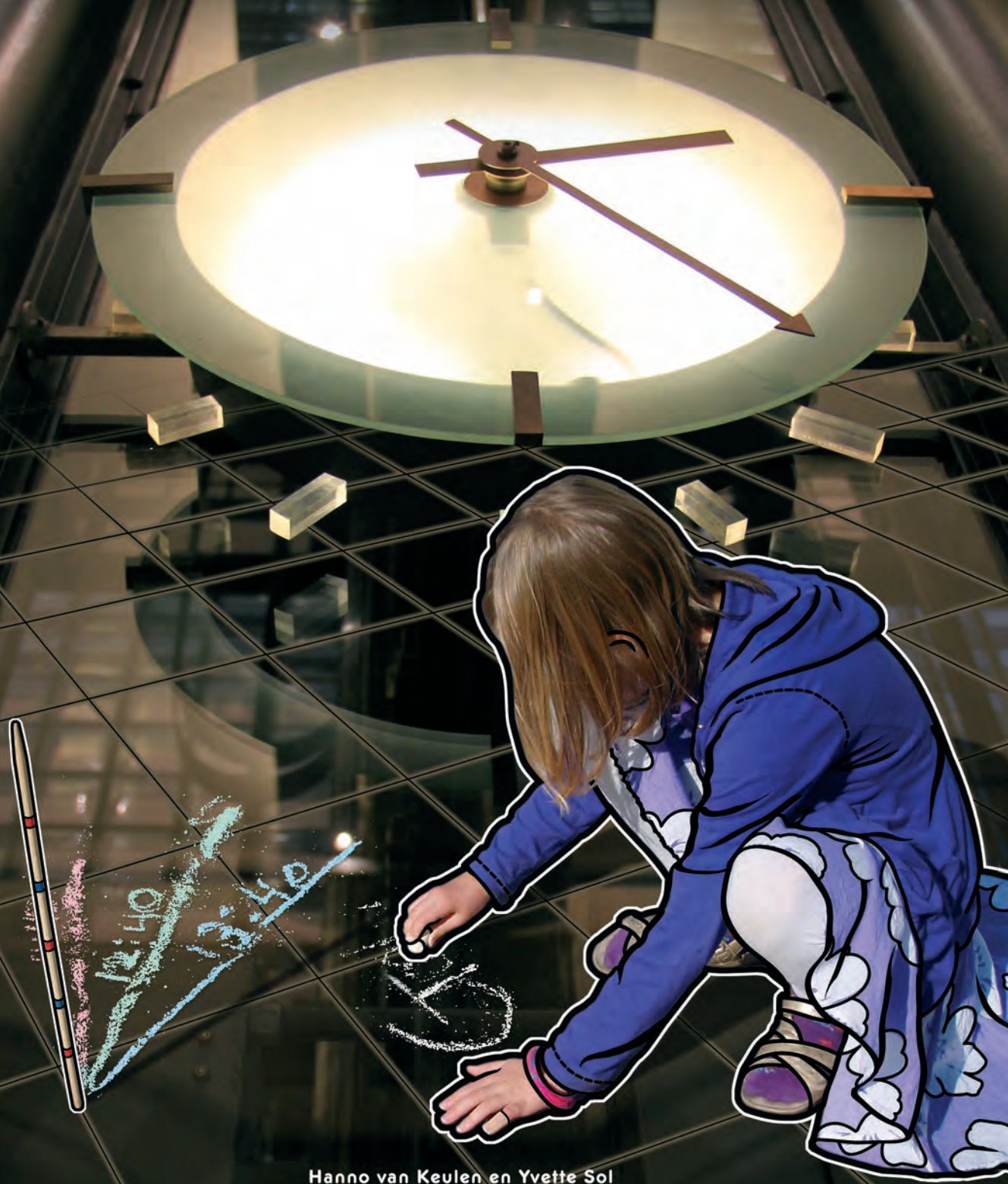


# TALENT ONTWIKKELEN

MET WETENSCHAP  
EN TECHNIEK ©



Hanno van Keulen en Yvette Sol





# INHOUDSOPGAVE

|                                                                           |            |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|
| Inleiding                                                                 | 7          |
| <b>Deel A – Over talent, talentontwikkeling en ervaringsleren</b>         | <b>10</b>  |
| A1     Onderzoek doen naar talent en talentontwikkeling                   | 13         |
| A2     Wat is talent?                                                     | 14         |
| A3     Wat is talentontwikkeling?                                         | 15         |
| A4     De empirische cyclus                                               | 18         |
| A5     Een lichamelijke ervaringsbasis                                    | 23         |
| <b>Deel B – Talenten van kinderen voor wetenschap en techniek</b>         | <b>26</b>  |
| B1     Nieuwsgierigheid en verwondering                                   | 29         |
| B2     Vragen stellen                                                     | 31         |
| B3     De empirische cyclus volgen                                        | 33         |
| B4     Ervaringen en waarnemingen begrijpen                               | 38         |
| B5     Oplossingen beredeneren                                            | 41         |
| B6     Verklaringen geven                                                 | 44         |
| B7     Modellen maken en gebruiken                                        | 47         |
| B8     Handelen                                                           | 49         |
| B9     Vastleggen, presenteren en bespreken                               | 52         |
| <b>Deel C – Talenten in de context van wetenschap en techniek</b>         | <b>56</b>  |
| C1     Taal ontwikkelen en gebruiken                                      | 59         |
| C2     Verbeelden                                                         | 63         |
| C3     Mathematiseren                                                     | 64         |
| C4     Algemene vaardigheden                                              | 67         |
| <b>Deel D – De leraar en de onderwijsorganisatie</b>                      | <b>70</b>  |
| D1     Talent en talentontwikkeling van en door leraren en scholen        | 73         |
| D2     Attitude voor wetenschap en techniek                               | 76         |
| D3     Nieuwsgierigheid cultiveren                                        | 78         |
| D4     Kansen zien en benutten                                            | 80         |
| D5     Vragen vertalen naar een onderwijsleerproces                       | 84         |
| D6     Onderzoekend en ontwerpnd onderwijzen volgens de empirische cyclus | 87         |
| D7     Materiële voorwaarden scheppen                                     | 90         |
| D8     Interactie in onderzoekend en ontwerpnd leren                      | 93         |
| D9     De context en het verhaal                                          | 95         |
| D10    Kennis hebben van wetenschap en techniek                           | 97         |
| D11    Aansluiten bij de behoeven en mogelijkheden van ieder kind         | 99         |
| D12    Opbrengstgericht werken                                            | 102        |
| D13    Samenhang en leerlijnen aanbrengen                                 | 104        |
| D14    Talenten uitlokken door schoolorganisatie                          | 105        |
| <b>Suggesties voor boeken over wetenschap en techniek</b>                 | <b>111</b> |
| Literatuur                                                                | 113        |
| Colofon                                                                   | 116        |



# SPRANKEL

Kinderen sprankelen. Kinderen hebben de toekomst. De basisschoolleerlingen van nu zijn de volwassenen van morgen, die onze wereld gaan gebruiken en bewaren. Wanneer we stimuleren dat kinderen zich op jonge leeftijd oriënteren op deze wereld en hun talenten om met de wereld om te gaan, dan hebben we daar allemaal plezier van.



# Talent Ontwikkelen MET WETENSCHAP EN TECHNIEK ©

## Inleiding

Kinderen sprankelen. Kinderen hebben de toekomst. De basisschoolleerlingen van nu zijn de volwassenen van morgen, die onze wereld gaan gebruiken en bewaren. Wanneer we stimuleren dat kinderen zich op jonge leeftijd oriënteren op deze wereld en hun talenten om met de wereld om te gaan, dan hebben we daar allemaal plezier van.

Dit boek, de titel zegt het al, gaat over talent ontwikkelen met wetenschap en techniek. Wetenschap en techniek is belangrijk, omdat onze wereld een materiële wereld is, vol met de producten en processen van wetenschap en techniek. Als mondige burgers zullen kinderen straks beslissen over nieuwe ontwikkelingen. Als bewoners van deze wereld zullen ze allerlei nieuwe technologie meemaken, gebruiken en willen begrijpen. Een groot aantal kinderen zal een beroep kiezen waarin wetenschap en techniek een bepalende rol speelt. Voor voeding, gezondheidszorg, wonen, transport en communicatie zijn we straks allemaal afhankelijk van hen.

*Talent ontwikkelen met wetenschap en techniek* komt voort uit de zorg die onze samenleving heeft over de afgenomen interesse van kinderen voor wetenschap en techniek (zie ook het rapport Rocard dat geschreven is in opdracht van de Europese Commissie). Te weinig kinderen, en zeker te weinig meisjes, kiezen opleidingen in deze richting. Dat is niet goed voor onze economie, omdat vele vacatures niet vervuld worden. Het is ook niet goed voor onze cultuur, omdat belangrijke inzichten en manieren van denken niet worden doorgegeven. En we doen onze kinderen tekort omdat een deel van hun talenten niet ontwikkeld wordt. Om hier iets aan te doen heeft de overheid vele initiatieven genomen. Basisscholen, pabo's en universiteiten worden aangemoedigd om onderwijs over wetenschap en techniek te ontwikkelen dat aanspreekt en dat kinderen zich goed laat oriënteren op zichzelf en de wereld.

*Talent ontwikkelen met wetenschap en techniek* is het resultaat van het Vindplaatsenprogramma van TalentenKracht. TalentenKracht is een onderzoeksprogramma dat door zeven universiteiten wordt uitgevoerd, in samenwerking met scholen in alle delen van Nederland. Het gaat om de Universiteit Utrecht, de Rijksuniversiteit Leiden, de Rijksuniversiteit Groningen, de Radboud Universiteit Nijmegen, de Katholieke Universiteit Leuven, de Vrije Universiteit Amsterdam en de Universiteit van Amsterdam. Er wordt zowel fundamenteel als praktijkgericht onderzoek gedaan naar talenten van kinderen voor en door wetenschap en techniek. De onderzoeksprogramma's richten zich op de wetenschappelijke en technische competenties van kinderen, de bronnen van individuele verschillen hierin, de kenmerken van rijke leeromgevingen, en de interacties tussen volwassenen en kinderen in de context van wetenschap en techniek (Van Geert, 2012). Door op vele plaatsen, onder verschillende omstandigheden, en naar vele kinderen te kijken hopen we inzichten te ontwikkelen



Omslag van het rapport Rocard

die leraren, schoolleiders, ouders, pabostudenten en pedagogisch begeleiders in de kinderopvang handvatten geven om talenten van kinderen door goed onderwijs mogelijk te maken, te herkennen en tot bloei te brengen.

Aan *Talent ontwikkelen met wetenschap en techniek* hebben indirect vele scholen meegewerkt. In alle provincies zijn Vindplaatsen: plekken waar wetenschap en techniek op een opvallende manier verbonden wordt met talentontwikkeling van kinderen en waar onderzoekers samen met leraren, ouders en begeleiders deze talenten in kaart brengen. De onderlinge uitwisseling van inzichten en ervaringen was van groot belang om het kader voor dit boek te ontwikkelen. Meer direct hebben vooral zes basisscholen en één organisatie voor kinderopvang in de regio Utrecht een grote bijdrage geleverd. Dit zijn:



- Kinderopvang Baarn, locatie De Kleine Stad
- SBO De Evenaar, Nieuwegein
- De Klokbeker, Ermelo
- De Ontdekkingsreis, Doorn
- Parkschool, Utrecht
- Daltonschool Rijsweerd, Utrecht
- Daltonschool De Twijn-Pieterskerkhof, Utrecht



Zij waren onze Vindplaatsen. De voorbeelden die we geven komen hier voor het overgrote deel vandaan. Dankzij deze samenwerking kunnen we illustreren wat de kenmerken van krachtige leeromgevingen kunnen zijn, hoe de interactie tussen leraar en kinderen kan verlopen, welke talenten kinderen kunnen ontwikkelen, en welke verschillen er toe doen. Er zijn voorbeelden over het jonge kind, kinderen met ontwikkelingsachterstanden, rekenen, taalontwikkeling, onderzoekend leren, de rol van het materiaal, interactie, de leerkracht en de schoolorganisatie. Telkens hebben we de theorie kunnen toetsen aan de onderwijspraktijk, en heeft de echte praktijk de theorievorming geïnspireerd.

In de tweede helft van 2011 hebben onderzoekers het onderwijs in wetenschap en techniek in deze Vindplaatsen geobserveerd en, samen met de leerkrachten en de begeleiders, geanalyseerd. Dat heeft geresulteerd in zeven rapporten over talentontwikkeling met wetenschap en techniek, die los van dit boek verschenen zijn en ook als pdf beschikbaar zijn op diverse websites. *Talent ontwikkelen met wetenschap en techniek* is echter geen bundel van de zeven Vindplaatsrapporten. Niet de unieke vondsten in deze scholen staan centraal, want die zijn door andere scholen maar beperkt na te volgen. Elke school heeft andere leraren, andere kinderen, andere mogelijkheden. We hebben geprobeerd algemene lessen te trekken over talenten en de talentontwikkeling van kinderen. Dat proces begint overal met verwondering en nieuwsgierigheid. Als de interesse van de kinderen eenmaal gewekt is, dan kan de talentontwikkeling op vele manieren verder gaan, waarbij telkens nieuwe en andere talenten een rol spelen.

In dit boek staat onderwijs dat de leermogelijkheden van kinderen structureert met de 'empirische cyclus' centraal. De empirische cyclus is een universele manier om een vraag te beantwoorden, of een probleem op te lossen. Het is wat nieuwsgierige kinderen doen. Het is wat wetenschappers doen. Het is wat alle mensen doen die een probleem willen oplossen, of dat probleem nu groot of klein is, moeilijk of makkelijk, en daar ook van willen leren voor een volgende keer. Dat is een krachtige leeromgeving in het basisonderwijs!

Maar er zijn nog veel vragen. In de praktijk van het leven en van het onderwijs komt niet iedereen tot een antwoord op een vraag, of tot een bruikbare oplossing. Betekent dit dat sommige kinderen geen talent hebben voor het doen van onderzoek of het oplossen van problemen? Of komen talenten niet bij iedereen tot ontwikkeling? We beginnen daarom in deel A met een overzicht te geven van wat we bedoelen met talent en talentontwikkeling. We gaan vervolgens in op talentontwikkeling in de specifieke context van wetenschap en techniek, waarin de empirische cyclus een belangrijke plaats inneemt. De empirische cyclus van onderzoeken, ontdekken en ontwerpen begint met verwondering over een waarneming of ervaring met iets in de materiële wereld om je heen. Waarnemen doe je met je zintuigen, en dat betekent dat alle begrip van de materiële werkelijkheid een lichamelijke, zintuiglijke basis heeft. Ook hier gaan we dieper op in.

Na deze theoretische overwegingen gaan we in deel B concreter in op de empirische cyclus. We beginnen met het talent om je te verwonderen, en gaan verder met talent voor vragen stellen en de verschillende vormen van 'doen' en 'denken' die een rol spelen wanneer je vragen of problemen uit de wereld van wetenschap en techniek aanpakt.

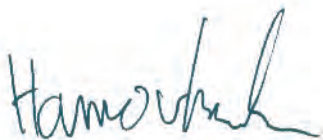
In deel C gaan we na wat goed onderwijs in wetenschap en techniek kan betekenen voor de ontwikkeling van andere talenten die kinderen gedurende hun basisschoolloopbaan kunnen ontwikkelen, zoals talenten voor taal, rekenen of sociale vaardigheden.

In deel D verschuiven we de aandacht van de talenten naar de omstandigheden die talentontwikkeling mogelijk maken. Er is materiaal nodig, een leraar, ouders, andere begeleiders, collega's, tijd, visie en een organisatie. Hoe kun je de talenten van kinderen uitlokken en ontwikkelen, als leraar, als school, als netwerk van scholen en/of organisaties voor kinderopvang?

Waar mogelijk geven we bij elke factor die belangrijk is voor talentontwikkeling suggesties om de theorie met de praktijk te verbinden door concrete voorbeelden uit de Vindplaatsen te geven en suggesties te doen voor het onderwijs, professionalisering en schoolontwikkeling. We sluiten af met verwijzingen naar literatuur, websites en programma's voor verdere professionalisering.

Wij hopen dat dit boek een bijdrage zal leveren aan het inzicht om talenten van kinderen in de context van wetenschap en techniek te stimuleren. Maar bovenal hopen we dat het de onderwijspraktijk helpt om het beste uit kinderen te halen!

Hanno van Keulen



Yvette Sol



Utrecht, mei 2012

# DEEL A

---

## Over talent, talentontwikkeling en ervaringsleren

|    |                                                  |    |
|----|--------------------------------------------------|----|
| A1 | Onderzoek doen naar talent en talentontwikkeling | 13 |
| A2 | Wat is talent?                                   | 14 |
| A3 | Wat is talentontwikkeling?                       | 15 |
| A4 | De empirische cyclus                             | 18 |
| A5 | Een lichamelijke ervaringsbasis                  | 23 |



## DEEL A Over talent, talentontwikkeling en ervaringsleren

*In dit deel staan we stil bij de vraag wat we bedoelen met talent en met talentontwikkeling. De rol van aanleg en de bijdrage van de omstandigheden worden uitgewerkt. Veel kennis heeft een lichamelijke basis die door ervaring kan worden verworven. Daarom is wetenschap en techniek een goede context voor een brede talentontwikkeling omdat dit een werkwijze voor het verwerven van inzichten en het oplossen van problemen kent (de zogenaamde 'empirische cyclus') die erg verwant is met het natuurlijke ervaringsleren van kinderen. Onderwijs dat de 'empirische cyclus' volgt kan veel talenten ontwikkelen.*

### A1 Onderzoek doen naar talent en talentontwikkeling met wetenschap en techniek

Het lijkt op het eerste gezicht misschien vreemd om de ontwikkeling van talenten van kinderen op de basisschool te onderzoeken in de context van wetenschap en techniek, want dit is toch niet meer dan een klein onderdeelje van het domein Oriëntatie op Jezelf en de Wereld? Een domein dat bovendien niet zwaar meeweegt in het oordeel van de Inspectie over de prestaties van de school of voor het schooladvies aan het eind van groep acht. Toch zijn er goede redenen om eens te kijken naar wat wetenschap en techniekonderwijs kan betekenen voor de ontwikkeling van talenten van kinderen.

Veel wetenschap- en techniekonderwijs is heel aanschouwelijk en sluit aan bij de directe, zintuiglijke ervaring. Vragen dringen zich daardoor gemakkelijk op. Je kunt ergens met je handen aan zitten, iets maken, uitproberen en uitzoeken. Dit is voor kinderen een heel natuurlijke manier om te leren en zich te ontwikkelen (Bransford, Brown & Cocking, 2000). Iedereen kijkt wel eens met verwondering en bewondering naar jonge kinderen. Ze zijn enthousiast en nieuwsgierig. Ze kunnen scherp waarnemen en slimme en onverwachte vragen stellen of antwoorden geven. Ze kunnen problemen op een originele manier oplossen. Kinderen kunnen logisch redeneren, ruimtelijk denken, en nieuwe woorden en begrippen gebruiken om hun ervaringen en inzichten in de materiële wereld uit te drukken, zeker wanneer ze hier de ruimte voor krijgen (Laevers & Heylen, 2011).

- 40 De leerlingen leren in de eigen omgeving veel voorkomende planten en dieren onderscheiden en benoemen en leren hoe ze functioneren in hun leefomgeving.
- 41 De leerlingen leren over de bouw van planten, dieren en mensen en over de vorm en functie van hun onderdelen.
- 42 De leerlingen leren onderzoek doen aan materialen en natuurkundige verschijnselen, zoals licht, geluid, elektriciteit, kracht, magnetisme en temperatuur.
- 43 De leerlingen leren hoe je weer en klimaat kunt beschrijven met behulp van temperatuur, neerslag en wind.
- 44 De leerlingen leren bij producten uit hun eigen omgeving relaties te leggen tussen de werking, de vorm en het materiaalgebruik.
- 45 De leerlingen leren oplossingen voor technische problemen men te ontwerpen, deze uit te voeren en te evalueren.
- 46 De leerlingen leren dat de positie van de aarde ten opzichte van de zon, seizoenen en dag en nacht veroorzaakt.

Kerdoelen natuur en techniek

Wetenschap en techniek gaat niet alleen over natuurlijke verschijnselen en technologische producten. Wetenschap en techniek heeft ook altijd sociale aspecten zoals communiceren, overleggen, meningsverschillen uitwerken en samenwerken. Het heeft handelingsaspecten zoals technische vaardigheden om iets te maken, en het doorlopen van een onderzoeks- of ontwerp-cyclus neemt een belangrijke plaats in. Ook affectieve aspecten spelen een rol, zoals nieuwsgierigheid, plezier en motivatie. Wetenschap en techniek gaat over de hogere controlefuncties van onze hersenen (executieve functies) zoals zelfsturing, planning, vasthoudendheid en reageren op nieuwe dingen. Er zijn algemene cognitieve, talige en wiskundige aspecten zoals waarnemingen onder woorden brengen, resultaten in de vorm van 'kennis' onthouden, redeneren, afwegingen maken, meten en rekenen. Deze aspecten staan voor even zovele mogelijkheden voor

talentontwikkeling die je als leerkracht als het ware cadeau krijgt wanneer je onderwijs geeft met wetenschap en techniek. En ze liggen allemaal binnen het bereik van kinderen, ook van jonge kinderen en ook van kinderen in het speciaal basis onderwijs.

Met al deze talenten die bevorderd kunnen worden, leent de context van wetenschap en techniek zich bijzonder goed voor het bestuderen van ontluikend talent van kinderen. Welke gedrags- en denkmogelijkheden hebben kinderen wel en niet, wat sluit aan bij hun zone van naaste ontwikkeling, hoe hangt dit samen met hun leeftijd en met de ontwikkeling van hun hersenen? Welke gewenste en ongewenste verschillen zijn er tussen kinderen en de manier waarop het onderwijs hun talenten al dan niet ontwikkelt (denk bijvoorbeeld aan genderspecifieke aspecten)? Hoe bouwen kinderen inzicht op in een concreet verschijnsel vanuit hun waarnemen en handelen? Hoe generaliseert en stabiliseert dit inzicht zich? Hoe drukken kinderen hun inzichten uit in woorden en in symbolische representaties? En wat is de invloed van het materiaal en andere kenmerken van de onderwijsleeromgeving? Kunnen alle kinderen excelleren? Wat werkt bij hoogbegaafde kinderen? Wat is mogelijk voor kinderen die speciale zorg nodig hebben? In dit gedeelte gaan we nader in op de theorie van talent en talentontwikkeling.

## A2 Wat is talent?

Wat bedoelen we eigenlijk met 'excelleren' en 'talent'? Veel mensen denken dat talent een aangeboren eigenschap is. Je hebt het, of je hebt het niet. En als je het hebt, dan komt het er vanzelf wel een keertje uit. Deze voorstelling is te simpel. Wij sluiten nauw aan bij het kader van het onderzoeksprogramma TalentenKracht zoals dat door de Groningse hoogleraar ontwikkelingspsychologie Paul van Geert namens dit consortium van onderzoekers is opgeschreven (Van Geert, 2012; zie ook De Lange, 2010; Curious Minds Consortium, 2011). In overeenstemming hiermee gaan wij er van uit dat talent niet zo'n latent aanwezige eigenschap is die 'vanzelf' wel een keertje ontbolstert, maar dat het *emergent* is (Simonton, 1999). Of talent zich ontwikkelt, hangt sterk af van de omstandigheden. Daardoor hebben talent en excellentie mede het karakter van een proces (Van Geert, 1998; Fischer & Bidell, 2006).



Natuurlijk spelen ook factoren mee die in de *persoon*, in het kind zelf liggen. Dat zijn met name een groot geloof in eigen kunnen, een hoge leersnelheid, en sterke drijfveren om een activiteit lang vol te houden. Een vuistregel is dat het, zelfs als je veel aangeboren aanleg hebt, tienduizend uur of tien jaar van oefenen

vergt om echte topprestaties te leveren. Wie minder aanleg heeft en gericht oefent, wordt misschien geen Mozart of Einstein, maar zal het toch ver kunnen brengen. Dat is van groot belang omdat we in het onderwijs niet van alle kinderen een Mozart kunnen maken, terwijl we ze wel in staat willen stellen het beste uit zichzelf te halen.

Talent is *domeinspecifiek*: het ontluikt en kan worden ontlokt in concrete interacties met concrete materialen in concrete situaties. Talent is niet iets universeels, waarmee je elke uitdaging aankunt. Als je aanleg voor muziek ver ontwikkeld is door Bach te spelen op het clavecimbel, dan betekent dit niet dat je ook goed kunt rappen of aan een jazz improvisatie mee kunt doen. Een dokter met veel talent voor probleemoplossen kan een patiënt snel onderzoeken en een juiste diagnose stellen, maar voor kortsluiting onder de motorkap van je auto ga je toch liever naar een automonteur. De monteur wordt voortdurend geconfronteerd met concrete problemen in concrete auto's, en oefent zijn of haar aanleg voor het opsporen en oplossen van dit soort problemen voortdurend. Als je er aanleg

voor hebt en je oefent je talent in een bepaald domein, dan presteer je op den duur veel beter in dat domein. We zien in de praktijk dan ook dat talent 'scheef' verdeeld is. Modale mensen (en dat is, per definitie, de groep waar de meeste mensen in zitten) presteren maar heel matig in vergelijking met geoefende zangers, voetballers, bloemschikkers, gamers of redenaars. De uitdaging voor het onderwijs is kinderen in staat te stellen een veel hoger niveau te bereiken dan waar ze, zonder stimulans, in zouden blijven hangen.

Om echt goed te worden moet je ook de *mogelijkheden* die zich voordoen benutten. Ook dit leervermogen richting excellentie is een talent: een kwaliteit om de wereld naar je hand te zetten, bijvoorbeeld door de hulp van de beste leraren te organiseren. Leervermogen is een gevoeligheid voor instructiesignalen.

Talent is verder niet enkelvoudig, maar bestaat uit vele delen die elkaar kunnen versterken of juist verzwakken. Het is eerder een *vermenigvuldiging* dan een optelsom. Je kunt bijvoorbeeld aanleg hebben voor logisch redeneren, maar als je dit wilt ontwikkelen helpt het als je je ook wilt en kunt concentreren op een probleem, als je aanwijzingen die anderen geven opmerkt en begrijpt en als je kritisch bent op jezelf. Talent leidt tot betere prestaties, prestaties roepen extra ondersteuning op, extra ondersteuning versterkt talent. Dit staat bekend als de *opwaartse talentspiraal*: een dynamisch proces dat een beroep doet op talentkenmerken bij het kind en talentkenmerken bij de leerkracht.

Dit wordt ook wel, met een knipoog naar een parabel uit de Bijbel, het Matteüseffect genoemd: "Wie heeft, zal gegeven worden". Laten we er van uit gaan dat elk kind aanleg heeft waar we in het onderwijs op voort kunnen bouwen. Elk kind kan excelleren binnen de grenzen van zijn of haar aanleg als de omstandigheden goed zijn! Ontwikkelen wat er inzit, dat is de opdracht van het onderwijs.



Excellentiekaart Daltonschool Rijnsweerd

### A3 Wat is talentontwikkeling?

Talentontwikkeling lijkt op goed onderwijs geven: al ben je nog zo'n getalenteerde leraar, je hoeft maar één ding fout te doen en het kan een grote puinhoop in de klas worden. Onderwijs is een samenhangend systeem en geen optelsom van losse factoren. Dat is dus lastig. Alles moet precies passen om er uit te halen wat er in zit.

Het goede nieuws is dat er veel aanknopingspunten zijn om het proces van talentontwikkeling te beginnen (Iran-Nejad, McKeachie & Berliner, 1990). Kinderen hebben voortdurend ervaringen met de materiële werkelijkheid om hen heen, met wat er in de klas gebeurt, met henzelf. De context van wetenschap en techniek dringt zich, al dan niet toevallig, voortdurend op. Kinderen zitten met hun handen overal aan. Kinderen stellen vragen. Plotseling is het daar: een mogelijkheid om kinderen iets te leren. Het is dus de vraag of je talentontwikkeling in alle opzichten moet willen sturen. Door de vele componenten die op elkaar inwerken, krijgt talentontwikkeling vanzelf een dynamisch, zelf-organiserend karakter. De kunst is niet alleen om rijke leeromgevingen te creëren, maar ook om de toevallige leermomenten te herkennen en te benutten.

Als talent een emergente eigenschap is, dat wil zeggen een eigenschap die opkomt onder gunstige omstandigheden, dan is het belangrijk te weten wat precies gunstige omstandigheden zijn voor talentontwikkeling. Eén van de beste manieren om leerpotentieel vast te stellen, is het monitoren van situaties waarin optimale condities worden gecreëerd. Dit is wat we in het onderzoek op de Vindplaatsen gedaan hebben. We hebben de situaties op deze scholen onderzocht en geanalyseerd om zo representatieve en toch concrete kenmerken van de condities voor talentontwikkeling te kunnen benoemen waar leraren en schoolleiders van andere scholen zich door kunnen laten inspireren.

Om een talent te ontwikkelen moet het kind iets doen. Je kunt het talent er niet ingieten. 'Doen' omvat niet alleen het fysieke doen met de handen maar ook luisteren, praten en denken: het sociale en mentale 'doen'. Talent ontwikkelen betekent deze cognitieve, materiële en sociale actiemogelijkheden organiseren en uitlokken in een wisselwerking tussen het kind dat ervaart, denkt en betekenis geeft aan de handelingen (het cognitieve aspect), de verschijnselen, voorwerpen en andere fysieke elementen waarmee en waaraan gehandeld wordt (het materiële aspect) en de anderen, zoals andere kinderen, ouders, en leraren waar het kind mee praat en naar luistert (het sociale aspect)(Van den Heuvel-Panhuizen & Leseman, 2011).

In wetenschap en techniek zijn het in de eerste plaats de materiële aspecten, zoals verschijnselen die de aandacht trekken, waarmee je talentontwikkende acties kunt uitlokken (Andersson, 1986). Je kunt wel met je ogen dicht in een hoekje nadenken over de vraag of een ijzeren boot blijft drijven of niet, maar je kunt het veel beter uitproberen als je het juiste materiaal hebt. Dan doe je een directe ervaring op en dit kan het startpunt zijn van ontwikkeling. Om dit proces gaande te houden is de kwaliteit van de interactie tussen leerkracht en kind belangrijk. Hoe nieuwsgierig en ondernemend kinderen ook kunnen zijn, ze kunnen hulp gebruiken. Er zijn ook andere mensen nodig. Soms is dat een ander kind, dat iets niet begrijpt of gelooft en je dwingt het anders, beter, te zeggen, of een overtuigender experiment te doen. "Kijk maar, een ijzeren knikker zinkt, maar deze ijzeren boot blijft drijven. De boot is echt zwaar, voel maar!" Vaak is er een volwassene nodig, een ouder, een leerkracht, om geduldig door te vragen, de aandacht te richten en het kind te helpen de ervaringen en ideeën onder woorden te brengen. Deze activiteiten van reflecteren en expliciteren helpen om ervaringen om te zetten in leerresultaten.



Parkschool waar elk talent telt



Gunstige leeromstandigheden scheppen



Parkschool talentontwikkeling

Het is een grote uitdaging om alle kinderen kansen te geven. Het is een bekend gegeven dat kinderen die niet alleen interesse hebben maar dit ook tonen en vragen stellen, meer aandacht krijgen dan kinderen die dit niet doen. Zo ontwikkelen zij zich sneller dan kinderen die minder aandacht krijgen. Die zullen zich minder gestimuleerd voelen om na te denken en misschien wel de interesse verliezen. Voordat je het weet, zijn de omstandigheden voor de kinderen ongelijk en zijn er daadwerkelijk prestatieverschillen ontstaan. Uit internationaal vergelijkend onderzoek zoals PISA en TIMSS komt naar voren dat in Nederland meisjes minder goed presteren dan jongens in het domein van wetenschap en techniek, terwijl dit in andere landen om ons heen niet het geval is. De oorzaak kan alleen liggen in een andere bejegening van meisjes. Er zijn ook daadwerkelijk aanwijzingen dat leerkrachten in Nederland onbewust meer doorvragen in reactie op jongens dan op meisjes als het om iets technisch gaat (Geerdink, Haijer & De Vries, 2010; Kuipers, Van den Hoeven, Folmer, Van Graft & Van den Akker, 2010; Meelissen & Luyten, 2011). Daarmee benadelen we meisjes in hun mogelijkheden. Het is zaak om voor elk kind, jongen of meisje, met veel of weinig aanleg, een opwaartse talentspiraal te creëren en het kind te helpen om te presteren in de eigen excellente-prestatierange.

En hoe kan de leerkracht zelf presteren in zijn of haar onderwijsprestatierange en zo een rolmodel en een topcoach worden? Het is de taak van de leerkracht om de omstandigheden zo gunstig mogelijk te maken. Het ligt voor de hand de talentontwikkeling van de leerkracht op dezelfde manier te beschouwen als de talentontwikkeling van kinderen. Onderwijsvermogen is een talent voor het scheppen van gunstige leeromstandigheden met hoge kwaliteit in de interactie tussen kind, materiaal en leraar.

Leerprocessen van leraren zijn niet zo heel veel anders dan leerprocessen van kinderen. Als 'langer-lerenden' zijn ze wat meer geoefend en kennen ze zichzelf wat beter. Een leerproces over hoe je goed wetenschap en techniekonderwijs geeft begint ook met verwondering en nieuwsgierigheid. Verwondering over die sprankeling die je ziet wanneer kinderen helemaal opgaan in een wetenschap en techniekactiviteit. Vervolgens komen vragen op over didactiek, over welke natuurlijke verschijnselen en technische problemen relevante leerprocessen kunnen ontlokken, waarna je als leraar vervolgens gaat experimenteren met je lessen en op zoek gaat naar kennis die je niet paraat hebt. Als je net als kinderen plezier ervaart in en betrokken raakt bij het onderwerp (het cognitieve aspect), dan ga je dieper graven en kom je tot betere lessen (het materiële aspect). Dit kan dan weer motiverend en aanstekelijk zijn voor collega's (het sociale aspect). Zo worden de actiemogelijkheden in de school vergroot.

In de professionele ontwikkeling van leraren gaat het daarom, net als bij kinderen, om geschikte ervaringen met wetenschap en techniek te genereren en daar indringend over spreken (De Winter, 2011). Nieuwsgierigheid en interesse kunnen gewekt worden!

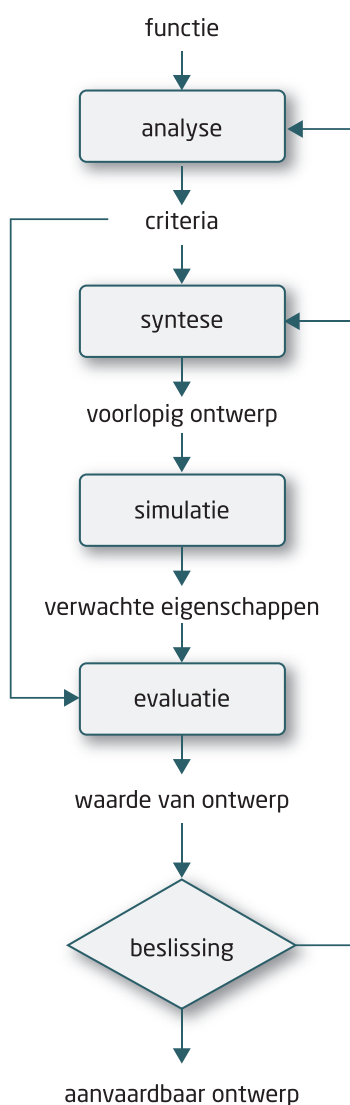


Leerkracht, rolmodel en topcoach???

## A4 De empirische cyclus

In wetenschap en techniek begint bijna elke ontwikkeling met een vraag of een probleem. “Hoe werkt dat eigenlijk?” “Kan dat beter?” Daarbij kijkt de onderzoeker, ontwerper of technicus nieuwsgierig, verwonderd of misschien juist geërgerd naar iets in de materiële wereld.

De weg van verwondering naar oplossing of antwoord is in de werkelijkheid vaak lang en grillig. Er is geen vast stappenplan dat je, wanneer je dit maar volgt, gegarandeerd bij het gewenste eindpunt brengt. Wel heeft de weg een aantal herkenningpunten waar je vroeg of laat, en vaak meerdere malen, langs komt (Kemmers & Van Graft, 2007). Wanneer je deze vereenvoudigt en schematiseert ontstaat ‘de empirische cyclus’. Die cyclus kent twee varianten. Als je vooral iets wilt weten of begrijpen, volg je de onderzoekscyclus. Als je een probleem wilt oplossen door iets (nieuws) te maken, volg je de ontwerpcyclus.



De basiscyclus van het ontwerpen volgens  
Rozenburg en Eekel

Onderzoekers en ontwerpers zijn er niet in de eerste plaats op uit om veel te leren. Ze willen problemen oplossen, vragen beantwoorden. Dat staat centraal, maar het leidt geen twijfel dat het proces ook leerzaam is. De empirische cyclus is een goed model om krachtige leeromgevingen te ontwikkelen. ‘Onderzoekend en ontwerpend leren’ is de didactiek die hierbij hoort. Met onderzoekend en ontwerpend leren bereid je kinderen goed voor op de wereld van wetenschap en techniek, en kun je de talenten van kinderen op een veelzijdige manier aanspreken en ontwikkelen (Van Keulen & Oosterheert, 2011).

In onderzoekend en ontwerpend leren gaat het niet in de eerste plaats om de oplossing van het probleem of het antwoord op de vraag. Het gaat om leren, om talentontwikkeling. Dat heeft een aantal consequenties. Je kunt kinderen uitdagen met vragen en problemen waar allang een oplossing voor is, maar waarvan je weet dat de weg er naar toe erg leerzaam is. Als leraar of begeleider kun je je inhoudelijk voorbereiden en kinderen meer steun bieden dan wanneer werkelijk niemand weet hoe het moet. Zo kun je het leerproces effectiever en efficiënter maken.

Een gevaar is dat je je in je begeleiding te veel laat beïnvloeden door ‘het goede antwoord’. De kunst is om leerlingen in een authentieke empirische cyclus te brengen, waarin zij hun eigen vragen stellen en proberen te beantwoorden. Wanneer kinderen vragen: “Is het zo goed?”, dan gaat er eigenlijk iets mis. Kinderen zijn hun eigen opdrachtgever. Ze beantwoorden hun eigen vraag en hebben zelf (bewust of nog onbewust) criteria opgesteld waar de oplossing aan moet voldoen. Ze weten dus zelf of ‘het’ zo goed is. Als begeleider speel je eigenlijk een rol, namelijk die van de meer ervaren, maar net zo goed op dit specifieke terrein onwetende collega, of belanghebbende, of geïnteresseerde leek. Dat is een leuke maar ook lastige rol!

Het gaat er dus om dat je de kinderen helpt hun eigen empirische cyclus te doorlopen. Op enig moment moet er een onderzoeksvraag of een ontwerp-probleem geformuleerd worden. Ergens in het proces moeten uitkomsten



Denken en doen over drijven en zinken

vergeleken worden met bedoelingen en criteria, et cetera. De begeleider kan daar gericht naar vragen en kinderen ook aanmoedigen de volgende stap te zetten binnen de empirische cyclus (Mercer, Dawes, Wegerif & Sams, 2004).

Kenmerkend voor talentontwikkeling in de context van wetenschap is een afwisseling van doen en denken (Van den Berg, 2010). Het eerste 'doen' is opdoen van een ervaring. Die ervaring zet je aan het denken. In een volgende fase ontwikkel je al denkend een oplossing, die je vervolgens al doende gaat uitproberen. Over de resultaten ga je weer nadenken, je trekt voorlopige conclusies die je in de praktijk nader gaat onderzoeken, enzovoort

In het doen en denken van kinderen in de context van wetenschap en techniek kunnen we verschillende niveaus en niveau-overgangen onderscheiden. In de literatuur wordt voor dit proces wel een driedeling gehanteerd die we hier overnemen: ervaren, relateren en theoretiseren (Van Hiele, 1973; Driver, Leach, Scott & Wood-Robinson, 1994, Tytler & Peterson, 2005).

Het eerste, meest basale niveau, is gebaseerd op de directe zintuiglijke ervaring met fenomenen. Kinderen kijken, wijzen en gebruiken vooral aanwijzende termen zoals 'dat daar', en 'ik ben hier'. De materiële werkelijkheid dringt zich aan ons op, we doen bewust of onbewust waarnemingen, en er ontstaat in dit aanwijzend benoemen een eerste, impliciete, nog niet van de persoonlijke ervaring los te maken impressie (Pylyshyn, 2007). Termen als 'dat' en 'daar' hebben alleen betekenis in de context waarin de uitspraak gedaan wordt. Ze verwijzen naar 'iets' in de werkelijkheid zonder dat het nodig is eigenschappen van dit iets te benoemen. Kinderen blijven in dit niveau nog sterk bij observeren en onberedeneerd handelen. Ze handelen als het ware nog weinig 'in hun hoofd'. Ze zijn wel nieuwsgierig maar niet altijd verwonderd, want ze hebben nog geen concrete verwachtingen. Ze breiden hun ervaringen uit en accepteren de dingen zoals ze zich voordoen. Zo leren kinderen de materiële werkelijkheid steeds beter kennen en begrijpen. Ook heel jonge kinderen lopen bijvoorbeeld niet tegen een dichte deur aan want ze weten ondertussen dat die hard is, ook al kunnen ze nog niet praten (Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007; Goswami, 2008).



Na een tijd (dat kan overigens jaren duren en zelfs volwassenen realiseren zich regelmatig dat ze over bepaalde natuurlijke verschijnselen nooit nagedacht hebben) zijn kinderen niet meer gebonden aan het ondergaan van een verschijnsel en kunnen ze aandacht krijgen voor wat het verschijnsel kenmerkt. 'Dat daar' wordt een ding of een proces met eigenschappen. Dit niveau maakt gebruik van het herkennen en beschrijven van relaties: aspecten die anders zijn of juist hetzelfde bij een ander verschijnsel of ding. Overeenkomsten worden patronen, patronen krijgen een naam en worden geordend in categoriën. Zo krijgen we in dit beschrijvend niveau veel meer greep op onze leefwereld en wordt het mogelijk te praten over je ervaringen op een manier die ook begrijpelijk is voor wie niet in diezelfde concrete situatie is. 'Ik doe dit' wordt: 'Je schaduw wordt groter als je dichterbij de lamp gaat staan'. Pas als je verbindingen legt en relaties tussen waarnemingen ziet, ga je tegenstrijdigheden herkennen die opnieuw geduid moeten worden. Daarbij speelt kennis een rol: nieuwe kennis wordt voor-kennis voor een nieuwe ervaring. Zo ontstaat verwondering en nieuwsgierigheid: "Hoe doet die goochelaar dat?"

De wisselwerking tussen doen en denken wordt steeds sterker, bewuster en 'taliger' (Siegal, 2008). Kinderen kunnen op zoek gaan naar meer beschrijvende kenmerken, maar ze kunnen ook de consequenties van een patroon in de praktijk gaan onderzoeken: "Die knikker van ijzer zonk, zou deze boot van ijzer dan ook zinken?". Kinderen ontdekken de kracht van abstracties en logisch redeneren. "Als iets van ijzer is, zinkt het". Zo gaan kinderen over naar het niveau van theoretisch redeneren met behulp van concepten en komen dan (misschien, en zeker niet in de onderbouw) uit bij een begrip zoals 'dichtheid': "Als de dichtheid van een voorwerp lager is dan van water, dan blijft het drijven, ongeacht van welk materiaal het gemaakt is". Wanneer je woorden hoort zoals 'nooit', of 'altijd', dan weet je dat er een theoretische uitspraak wordt gedaan, want zulke uitspraken kun je niet baseren op zintuiglijke ervaringen. Je kunt er wel heel goed ideeën uit afleiden die je in de praktijk kunt onderzoeken en waar je nieuwe ervaringen door op kunt doen. Zoals de Oostenrijker Kurt Lewin in de jaren dertig al opmerkte: "Niets is zo praktisch als een goede theorie".

Het is niet zo dat jonge kinderen overwegend op het aanwijzend niveau zitten en volwassenen overwegend op het theoretisch niveau. Dit heeft meer te maken met 'leertijd' dan met leeftijd (Ten Voorde, 1977). Talentontwikkeling met wetenschap en techniek betekent leertijd benutten, verlengen en de aangeboren aanleg maar ook de verschillen productief maken. Sommige kinderen hebben eerder dan anderen oog voor overeenkomsten en verschillen, sommige kinderen durven meer te experimenteren en bieden hun klasgenoten daarmee een kans de ervaringshorizon te vergroten. Hoe reageer je op verwachtingen die niet uitkomen? Vind je dat wel best of zet het je aan het denken? Wie toont de meeste volharding? Wie komt tot originele denk-beelden die inspireren tot nieuwe ontwerpen of oplossingen?

Onderzoekend en ontwerpend leren via een empirische cyclus kost de nodige tijd. Je doet het niet om de feiten-kennis van leerlingen te vergroten maar om moeilijke en belangrijke leerdoelen te bereiken die samenhangen met het proces. Je wilt kinderen leren hun omgeving te ervaren, vragen of problemen te leren herkennen en die te leren aanpakken. Het belangrijkste resultaat is niet het antwoord of de oplossing, maar het ontwikkelen van een onderzoekende houding en het vermogen nieuwe problemen op te lossen.

Wanneer feiten en goede antwoorden centraal staan, zoals in zoveel instructiegeleid onderwijs, ontstaat het gevaar van 'napraten' op basis van de autoriteit van de ander, meestal de methode of de leraar. Kinderen kunnen heel goed feiten uit hun hoofd leren, maar de transfer daarvan naar nieuwe situaties is dan vrijwel altijd een probleem. Kunnen ze deze kennis straks ook verbinden met verschijnselen in een andere omgeving, met nieuwe ervaringen, met keuzes die ze bijvoorbeeld als burger moeten gaan maken? Je hebt een goede conceptuele basis nodig die ontwikkeld is op basis van eigen, lichamelijke ervaringen en eigen mentale overwegingen. Op zo'n fundament

kun je dan voortbouwen met kennis die niet uit eigen ervaring komt maar uit informatiebronnen zoals boeken, internet en uitleg. Ook voor 'opzoekend' leren is plaats in de context van wetenschap en techniek en dit kan wezenlijk bijdragen aan de ontwikkeling van informatievaardigheden en andere '21st century skills' (Baartman & Gravemeijer, 2011; Boswinkel & Schram, 2011).

Talentontwikkeling in de context van wetenschap en techniek betekent met redeneringen en acties volgens de ontwerp- of onderzoekscyclus voortbouwen op een ervaring. Dat leidt niet alleen tot een beter begrip van de materiële werkelijkheid en talent voor onderzoeken of probleemoplossen, want begrip kristalliseert zich bijvoorbeeld ook uit in taal. Er is inbeeldingsvermogen voor nodig om tot betekenisvolle woorden en concepten te komen en tot nieuwe ideeën te komen voor de praktijk. Vaak hebben oplossingen van problemen en antwoorden op vragen bijvoorbeeld ook een mathematische kant. Voor dit hele proces moet je jezelf kunnen aansturen, motiveren, met frustratie om leren gaan en met anderen leren samenwerken. Daarom is wetenschap en techniek zo'n rijke leeromgeving (Kuijpers & Walma van der Molen, 2007)!

### Voorbeeld

#### van het kennismaken van leerlingen met de empirische cyclus

De kinderen op deze school gaan onderzoek leren doen en komen voor het eerst in aanraking met de empirische cyclus. Ze gaan deze cyclus een keer doorlopen met de vraag "Waarvoor zorgt ei in een pannenkoek". De kinderen denken dat het ei ervoor zorgt dat een pannenkoek aan elkaar plakt. Door uit te gaan proberen of dit klopt kunnen ze antwoord gaan geven op deze vraag. De kinderen gaan een pannenkoek met ei en zonder ei bakken. Ze komen erachter dat hun hypothese niet klopt en bedenken vervolgens nieuwe vragen. Zorgt dan de melk in de pannenkoek dat deze plakt?

Na afloop van het bakken van de pannenkoeken zorgt de juf ervoor dat aan het einde van de middag de kinderen met elkaar nog een keer nadenken over wat ze gedaan hebben en welke stappen ze gezet hebben. De kinderen vonden het niet alleen leuk om te doen, maar hebben ook de stappen van de cyclus geleerd.

#### Stap 1: Wat willen we weten?

#### Stap 7:

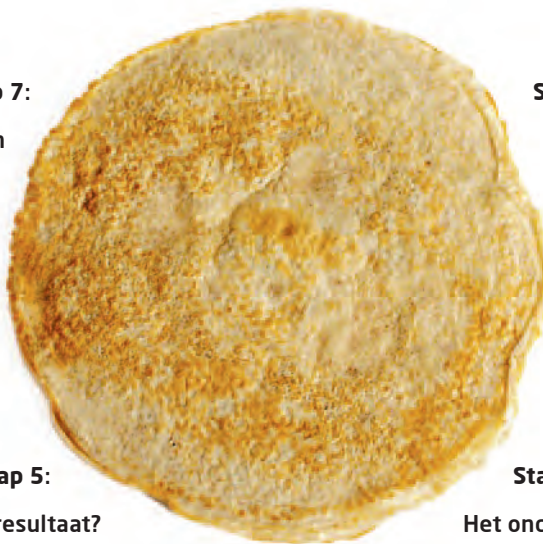
Nieuwe vragen formuleren

#### Stap 6:

Is dat wat je had verwacht?

#### Stap 5:

Wat is het resultaat?



#### Stap 2:

Hoe denken we dat het zit?

#### Stap 3:

Hoe ga je onderzoeken of dat klopt?

#### Stap 4:

Het onderzoek uitvoeren

## Voorbeeld

### van een eigen onderzoek van een leerling

**Vraag:** waarom is er een ring rond een planeet

#### Uitslag

Waar de kraal ook hangt, hij gaat altijd naar het midden. Getest op de pool, evenaar en daartussen

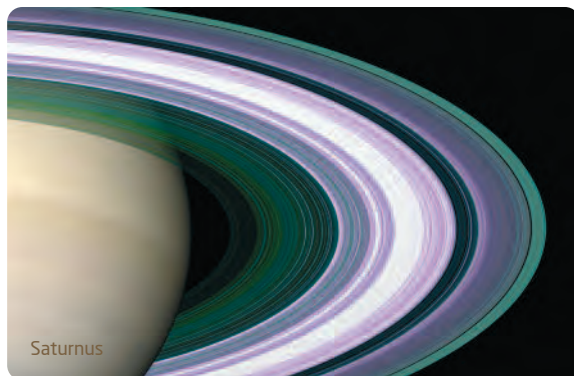
**Materiaal:** piepschuim, touw, ijzerdraad, wiel

#### Hypothese

De ring rondom een planeet bestaat uit verschillende manen. Die manen hebben vaart en willen rechtdoor vliegen, maar ze worden aangetrokken door de planeet

#### Wat ga ik doen?

Ik ga een experiment doen. Ik ga een planeet maken van piepschuim. Daaraan hang ik een touwtje met een kraal. Ik maak de planeet vast met ijzerdraad op een wiel. Dan ga ik heel hard draaien aan het wiel, zodat de kraal naar de zijkant vliegt. Zo vormt hij een ring



## A5 Een lichamelijke ervaringsbasis

Als volwassene ben je gewend aan overdracht van kennis en informatie via taal. Je leest iets in de krant of op internet, je hoort mensen ergens over spreken, en je kunt je er meestal wel een voorstelling bij maken en op basis van de gegeven informatie allerlei conclusies trekken. Heel gewoon. Toch is dit vermogen heel bijzonder en gaat er een belangrijke ontwikkeling aan vooraf. We geven een voorbeeld: Op tafel zie je een kopje koffie staan en zonder het aan te raken weet je dat dit voorwerp hard is. Je weet ook dat het kapot kan vallen op de stenen vloer en dat de spetters hete koffie je dan om de oren vliegen. Als de tafel schuin staat zal het gaan glijden. Hoe weet je dit? Je ziet immers wel een kopje maar je 'ziet' niet dat het hard is of breekbaar, of glad van onderen. Wat er gebeurt is, is dat je, zonder er maar een seconde over na te denken, een inzicht doortrekt dat je hebt ontwikkeld, ook weer zonder na te denken, op basis van allerlei lichamelijke ervaringen. Je hebt in je leven heel wat koffiekopjes in je handen gehad. Met je tastzin heb je ervaren dat dit materiaal een bepaalde hardheid heeft, net als veel andere materialen. Je hebt een patroon herkend en een mentale categorie aangemaakt, van de 'harde, breekbare materialen en voorwerpen'. Zonder dat je hier nog bewust over hoeft na te denken, zonder het echt aan te hoeven raken, heb je het kopje hierin geplaatst. Als iemand het van tafel stoot, zal je waarschijnlijk als in een reflex achteruit deinzen, in de verwachting dat de scherven en de nattigheid je om de oren gaan vliegen. Deze reflex is aangeleerd, want die krijg je niet wanneer iemand een pingpongballetje van tafel stoot. Daar heb je andere zintuigelijke ervaringen mee opgedaan zodat je op de een of andere manier weet dat je van een vallend pingpongballetje niet hoeft te schrikken. Je lichaam heeft begrepen hoe de materiële werkelijkheid in elkaar zit en functioneert (Gallese & Lakoff, 2005).

Dit leren begrijpen begint vanaf het allereerste moment in ons leven. Hoe het precies werkt weten we niet, maar er is een intrinsieke, grote drang om die dingen te doen die ons in leven houden. Ervaring opdoen met de omgeving hoort daarbij. Het is letterlijk van levensbelang om zo snel mogelijk en zo goed mogelijk te begrijpen hoe het allemaal werkt om ons heen.

Baby'tjes in de wieg slaan voorwerpen tegen elkaar aan en leren daarvan, en wel dat het niet mogelijk is vaste dingen door elkaar heen te bewegen. Een belangrijk inzicht: als ze wat ouder zijn zullen ze niet proberen door een dichte deur heen te lopen. Dit begrip van een deel van de materiële werkelijkheid zal hen ook helpen te anticiperen, bijvoorbeeld dat je maar beter je hand terug kan trekken van de deurpost wanneer iemand de deur dichtgooit. Zo zijn er vele aspecten aan de materiële wereld waar kinderen door lichamelijke ervaring greep op krijgen.

### Voorbeeld

Kinderen gaan bij deze opdracht onderzoeken of blokken van verschillende materialen goed glijden. Op de eerste foto voelt de leerling welk blok beter glijdt: het blok van hout of het blok met aluminiumfolie er omheen. Op de tweede foto laten kinderen blokjes met verschillende materialen van een schuine plank afglijden en onderzoeken ze welk blokje het snelst naar beneden glijdt en dus de minste weerstand heeft.





Probeer je eens voor te stellen hoe het zou zijn als je opgroeit zonder zwaartekracht en zonder de invloed hiervan op je lichaam. Dingen vallen niet. Je kunt geen thee inschenken. Links en rechts zouden hetzelfde betekenen als boven en onder. Inderdaad zijn veel organismen die zo klein en licht zijn dat de zwaartekracht er geen vat op heeft naar alle kanten toe ongeveer hetzelfde gebouwd, maar probeer jij maar eens op je linkerhand te lopen! Daar zijn wij niet op gebouwd. Wij zijn gebouwd op een wereld waarin de zwaartekracht aanwezig is. Het heeft grote invloed op hoe wij de werkelijkheid verstaan.

Fundamentele manieren om de wereld te begrijpen komen voort uit lichamelijke ervaringen met evenwicht, hard en zacht, vast en vloeibaar, licht en donker, stil en luid, ver weg en dichtbij, warm en koud, beweging en stilstand, links en rechts versus boven en onder, eerder en later, zoet en zuur, en vele andere dimensies. Wij leren via onze waarnemingen en ervaringen om de werkelijkheid buiten ons in ons hoofd te representeren (Merleau-Ponty, 1945). En dat doen we verrassend goed! Door de vorderingen in de waarnemingspsychologie en het hersenonderzoek begrijpen we ook steeds beter hoe we dit precies doen (Jolles, 2010; Wolfe, Kluender, & Levi, 2009; Carter, 2010). Mededelingen, zoals 'dit is heet', verwerken onze hersenen op een andere manier dan de zintuiglijke ervaring van iets dat heet is. De combinatie van ervaring en benoeming maakt de neurale netwerken krachtiger, dat wil zeggen: dit versterkt het leereffect.

Door associaties en analogieredeneringen kunnen we bestaande inzichten proberen toe te passen op onbekende verschijnselen (Lakoff, 1987; Nercegian, 2008). Zo weet iedereen dat elektriciteit niet 'stroomt' zoals water stroomt, maar deze metafoer helpt wel om een aantal eigenschappen van elektrische spanning, stroom en weerstand te begrijpen en te voorspellen. Niet alle, want water heeft geen gesloten stroomkring nodig om van hoog naar laag te stromen.

Als je er oog voor krijgt, valt het je op hoe antropomorf (letterlijk: gevormd naar de mens) wij vaak spreken over de materiële werkelijkheid. Het is onze natuurlijke manier van begrijpen! Een robot uitgerust met een ultrasone sensor 'ziet' niet zoals wij zien. Er zit niet een soort kabouter in die naar een televisiescherm kijkt en dan bepaalt wat de robot moet doen. Het vraagt ruime ervaring en flinke mentale kracht om op basis van alleen maar een print van de computerinstructies van een robot je voor te stellen wat die robot precies 'is' en gaat doen.

### Voorbeeld

Kinderen van groep 1 en 2 gaan een riolering nabouwen met rioleringsbuizen. Ze gaan onderzoeken hoe water door de buizen gaat. Op een kleedje liggen rioolbuizen. De kinderen proberen eerst uit hoe het een en ander in elkaar past. Er zitten allerlei dopjes aan de buizen. Als de kinderen een aantal buizen in elkaar hebben gezet, proberen ze bij de gootsteen uit hoe het water er door loopt en wat er gebeurt als je een dopje losmaakt. De leerkracht probeert daarbij de kinderen telkens eerst te laten voorspellen waar het water uit zal komen. De kinderen zien vervolgens of het klopt wat ze hadden bedacht.



Talentontwikkeling in de context van wetenschap en techniek is een constructief proces van lichamelijk en mentaal handelen aan concrete dingen en fenomenen. Dit proces vindt zijn oorsprong in de drang tot overleven van het pasgeboren kind en wordt gaandeweg bewuster en cognitiever. Onderwijs kan helpen om het proces ook doelgerichter en effectiever te maken, door kinderen fenomenen voor te schotelen die goed passen bij de mogelijkheden van het kind om waar te nemen, te handelen en te denken, en die relevant zijn in het kader van de oriëntatie op onze hoogtechnologische wereld. Jonge kinderen beginnen met nadoen en imiteren van anderen, maar vroeger of later, en in meer of mindere mate, gaan ze hun eigen denkbeelden nabootsen. Dat is onderzoekend leren!

Niet alle kinderen hebben evenveel aanleg en ook ontwikkelt zich het talent niet bij alle kinderen op dezelfde manier, maar directe, zintuiglijke ervaring is altijd de basis en is altijd nodig voor begrip en begripsontwikkeling, ook van feiten en kennis die, zoals zo vaak voorkomt, meegedeeld wordt en niet ervaren is (Pulvermüller, 2005).

# DEEL

---

## Talenten van kinderen voor wetenschap en techniek

|           |                                             |    |
|-----------|---------------------------------------------|----|
| <b>B1</b> | <b>Nieuwsgierigheid en verwondering</b>     | 29 |
| <b>B2</b> | <b>Vragen stellen</b>                       | 31 |
| <b>B3</b> | <b>De empirische cyclus volgen</b>          | 33 |
| <b>B4</b> | <b>Ervaringen en waarnemingen begrijpen</b> | 35 |
| <b>B5</b> | <b>Oplossingen beredeneren</b>              | 38 |
| <b>B6</b> | <b>Verklaringen geven</b>                   | 41 |
| <b>B7</b> | <b>Modellen maken en gebruiken</b>          | 47 |
| <b>B8</b> | <b>Handelen</b>                             | 49 |
| <b>B9</b> | <b>Vastleggen, presenteren en bespreken</b> | 52 |



# SPETTERS

Door zintuiglijke ervaringen op te doen ontwikkel je een repertoire van regels over dingen die zich volgens een bepaald patroon gedragen. Als je je hiervan bewust bent, kunt je deze regels toepassen in nieuwe situaties en daar bepaalde verwachtingen bij hebben. Redeneren is een soort handelen in je hoofd.



## DEEL B Talenten van kinderen voor wetenschap en techniek

*Onderwijs in wetenschap en techniek heeft als doel kinderen zich te laten oriënteren op zichzelf en de wereld. Heb ik talent voor wetenschap en techniek? Kan ik de wereld begrijpen, er in leven en er aan bijdragen? De lijn waarlangs we deze talentontwikkeling in dit deel onderzoeken is de empirische cyclus. Alles begint met verwondering, waarna een veelzijdig proces van uitzoeken, onderzoeken, ontwerpen maken, en nadenken volgt.*

### B1 Nieuwsgierigheid en verwondering

Nieuwsgierigheid is een, waarschijnlijk aangeboren, neiging om onderzoekend gedrag te vertonen, om de wereld te verkennen. Voor jonge kinderen is verkennen van hun omgeving een manier om te leren overleven (Fleer, 2007). Waar moet je op letten als het gaat om veiligheid en voedsel? De hersenactiviteit die gepaard gaat met dit verkennen, leidt tot de aanleg van neurale netwerken waardoor processen van herkenning en bijbehorend gedrag (bijvoorbeeld blij kijken of zo snel mogelijk wegwezen) vastgelegd worden en op den duur snelle, foutloze en soms onbewuste routines kunnen worden. Mensen kunnen bijvoorbeeld volkomen gedachteloos de weg naar hun eigen huis vinden en tegelijkertijd moeite hebben anderen de route uit te leggen.



Aandachtig kijkende kinderen

Al vanaf de geboorte vertonen kinderen nieuwsgierig gedrag: ze kijken langer naar plaatjes die nieuw zijn. Het duurt een hele tijd voordat we onze hersenen zo georganiseerd en ontwikkeld hebben dat we de meeste dingen in de wereld om ons heen herkennen, ons er bewust van zijn en er namen en woorden voor hebben (Huijbregts & Swaab, 2010). Neurale netwerken die je niet (meer) gebruikt worden op den duur weer afgebroken, maar je blijft je leven lang ook nieuwe netwerken aanleggen. Dit is niet voorbehouden aan kinderen. 'Levenslang leren' is voor iedereen mogelijk. Een nieuwe omgeving, bijvoorbeeld tijdens een vakantie, zorgt er voor dat je met een frisse blik rondkijkt en weer nieuwe dingen ontdekt.



Verwondering treedt op wanneer een waarneming niet strookt met de verwachting. Dat kan ook onbewust zijn en onafhankelijk van taal. Zonder verwachting kan er wel sprake zijn van nieuwsgierigheid, maar niet van verwondering. Stap maar eens, als niet-kunstkenner, een museum voor moderne kunst binnen. Je kijkt je ogen uit, maar je zult het waarschijnlijk niet merken als een bepaald schilderij op de kop hangt. Het is lastig je te verbazen over dingen die je niet kent. Je reageert anders wanneer het een schilderij van Rembrandt is dat op de kop hangt. Het schilderij houdt zich niet aan een patroon dat je hersenen klaar hebben staan, en dat trekt je aandacht.

Lang niet altijd is het patroon zo bekend en bewust en dringt een afwijking van een patroon zich zo nadrukkelijk op als in het voorbeeld hierboven. Tijdens een onbewolkte nacht ziet iedereen sterren, maar de meeste mensen letten nauwelijks op de kleur. Pas als je daar op gaat letten, zie je dat

### Voorbeeld

De kinderen van een Columbusgroep gaan starten met een project over rivieren en dijken. Google Earth staat geprojecteerd op de beamer en geeft hun eigen omgeving weer.

De kinderen lopen meteen naar een scherm. Ze reageren enthousiast en roepen: "Ik zie mijn huis", "Ik zie mensen", en later als ze zelf verder zijn gaan zoeken "Ik zie de grootste woestijn, de Sahara". Je merkt dat deze kinderen meteen enthousiast zijn en met het materiaal aan het werk gaan (in- en uitzoomen met Google Earth). Het roept herkenning op en kennis en ervaring over wat ze al weten. Niet alleen over onze aarde. Ze halen ook meteen de actualiteit erbij als de associatie bij ze is gewekt. Door de kinderen ook zelf te laten zoeken op onze aarde zie je de verwondering van wat er allemaal te zien is. De nieuwsgierigheid om zelf ook dingen te gaan ontdekken groeit. Een van de kinderen ontdekt dat je ook kan vliegen over de aarde. De rest wil dit ook wel eens kunnen en binnen korte tijd vliegt iedereen over de aarde.



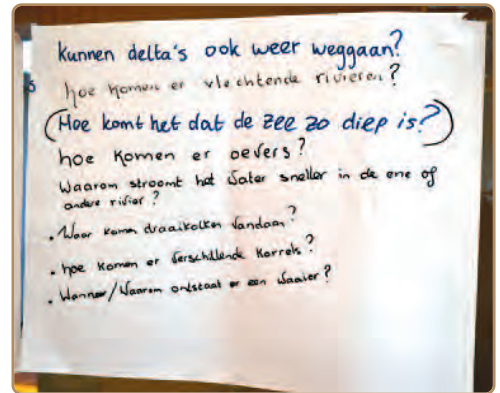
sommige sterren wat witter zijn en andere wat roodachtiger dan anderen. Sterren zijn kennelijk geen gele puntjes!

In het onderwijs maken we graag gebruik van de aandacht en de hersenactiviteit die nieuwe ervaringen uitlokken. Het onbewuste leren is niet meer de enige weg: kinderen kunnen denken en praten over iets en proberen hun waarnemingen onder woorden brengen (Baeyens, 2011). De wereld van wetenschap en techniek is vol van verschijnselen die in potentie de aandacht kunnen trekken en aanleiding kunnen geven tot nieuwsgierige verkenning en verwondering. Niet alle kinderen kijken met evenveel aandacht om zich heen en niet alle kinderen vergelijken direct hun waarnemingen met bekende patronen of schema's. In het onderwijs kunnen we ze helpen hun talent voor nieuwsgierigheid onderzoeken en verwondering over een niet uitgekomen verwachting te ontwikkelen.



## B2 Vragen stellen

Op vrijdag 11 maart 2011 werd de Oostkust van Japan getroffen door een tsunami, veroorzaakt door een zware aardbeving. Ongetwijfeld hebben miljoenen kinderen in de hele wereld de beelden van deze indrukwekkende en schrikwekkende natuurverschijnselen gezien op televisie en internet. Hun aandacht zal zeker getrokken zijn. Iedereen die aan zee is geweest en de branding heeft ervaren, heeft een basis om de kracht van de golven te begrijpen en te vrezen. "Wat is een tsunami?" "Hoe kan je je tegen een tsunami beschermen?" Dit zijn vragen die ongetwijfeld bij veel kinderen op zijn gekomen. Toch zullen niet alle kinderen op maandagochtend op school vragen hebben gesteld. De drang om door te vragen en meer te willen weten is verschillend, evenals de durf om het woord te nemen. Vragen stellen is een belangrijk talent, want kinderen die vragen stellen wordt vaak beloond met aandacht en als het meezit een leerproces dat aansluit bij de eigen ontwikkelingsmogelijkheden van dat moment. Sommige kinderen houden van het vraagteken: het onbekende schrikt hen niet af, maar trekt hen juist aan. Dat verdient aanmoediging.



Vragen over delta onderzoek

Een vraag stellen en echt willen weten hoe het zit, maakt je eigenaar van het leerproces dat volgt. Dat is belangrijk voor de intrinsieke motivatie. Kinderen (en ook volwassenen) die zelf iets willen weten zijn veel volhardender en gericht op zoek naar het antwoord dan kinderen voor wie het zoekproces niet meer is dan een schoolse opdracht.

Daar komt bij dat de eigenaar van de vraag ook in de gelegenheid is om criteria voor het 'goede' antwoord te formuleren. In goed onderwijs gaat het er niet om dat kinderen alleen maar bestaande kennis opzoeken of napraten maar dat ze nadenken over de kenmerken van een antwoord dat hen zelf tevreden zal stellen (Driver, 1983). Zo weten ze zelf of ze goed bezig zijn en weten ze ook wanneer ze klaar zijn.

Veel vragen beginnen met 'waarom'. 'Waarom is de lucht blauw?' Op deze vraag kun je allerlei prachtige, betekenisvolle antwoorden geven die niet voortkomen uit empirisch onderzoek. Het is goed om te bedenken dat de waarom-vraag in de wereld van wetenschap en techniek meestal een 'waardoor' vraag betreft, bijvoorbeeld: 'Wat veroorzaakt het verschijnsel dat de lucht er meestal blauw uit ziet?'

Vragen naar de zin van het bestaan, naar schoonheid of waarheid vragen echter om een eigen en andere aanpak en moet je niet verwarren met vragen naar hoe iets werkt.

De aard van de vraag richt het leerproces dat daarna komt. De vraag: "Hoe werkt dat?" leidt tot andere activiteiten dan de vraag: "Kunnen we daar iets beters voor maken?" Sommige kinderen willen weten: bijvoorbeeld hoe een verschijnsel verklaard kan worden. Andere kinderen worden uitgedaagd door problemen en vragen zich af welke oplossing ze kunnen ontwerpen. Maar of je nu de empirische cyclus ingaat met een onderzoeksmotief of een ontwerp-motief, een vraag die kinderen gesteld hebben en waar ze eigenaar van zijn, hoort aan het begin te staan van het proces.

Een goede vraag zorgt voor inperking en helpt je daardoor om dieper door te dringen. Je moet niet alles tegelijk willen weten en willen onderzoeken. De vraag "Hoe bak je een goede cake?" leent zich prima voor een onderzoek in de klas, maar met de vraag: "Wat is de functie van eieren (of bakpoeder, of margarine, of de mixer, of ...) bij het bakken

van een goede cake?" krijg je meer focus en wordt het onderzoek beheersbaarder. Zo maak je die onbekende 'black box' open zodat je er beter in kunt kijken. Of het nu gaat om een cake, een fototoestel of een rivier: het proces van inperken en inzoomen is hetzelfde. Kinderen zeggen dan wel: "Je moet de vraag uitpellen". Een consequentie van inperken van de vraag is dat je antwoord ook een meer ingeperkte geldigheid heeft. We weten bijvoorbeeld straks alles over de functie van eieren, maar niet veel over de functie van bakpoeder.

Een goede vraag sluit ook aan bij wat je al weet. Wetenschappers beginnen een onderzoek daarom meestal met het lezen van wat er al bekend is. Ontwerpers passen bestaande technologie toe (Arthur, 2009). Dat is veel efficiënter dan alles zelf nog een keertje onderzoeken of uitvinden. Vragen gericht op begripsontwikkeling zijn vaak interessanter maar ook moeilijker dan beschrijvende vragen. Vergelijk: 'Welke vogel komt het meest voor in de tuin?' met: 'Waarom worden er veel minder mussen geteld dan vroeger?' Als je ergens nog maar weinig van af weet is het zinvol om veel beschrijvende vragen te stellen: "Hoe ziet het er uit?"; "Hoe veel ....?"; "Hoe vaak ....?" Zulke vragen helpen je om scherper waar te nemen. Dan dringen zich meer eigenschappen en verbanden op, zodat je daarna met meer kans op succes de verklaringsvragen kunt stellen.



De black box openmaken

Ook talent voor vragen stellen is een talent. Sommige kinderen hebben meer talent voor zorgvuldig waarnemen en voor het beantwoorden van beschrijvingsvragen; anderen zijn beter in het leggen van verbanden.

### Voorbeeld

Leerlingen hadden eerst de vraag waarom de auto rijdt als je er benzine in doet. Door er met elkaar over te praten, kwamen ze er achter dat dit toch wel een hele ingewikkelde vraag was om te onderzoeken. Uiteindelijk pelden ze de vraag uit tot de volgende vraag: hoe maak je vuur in een gasfornuis?

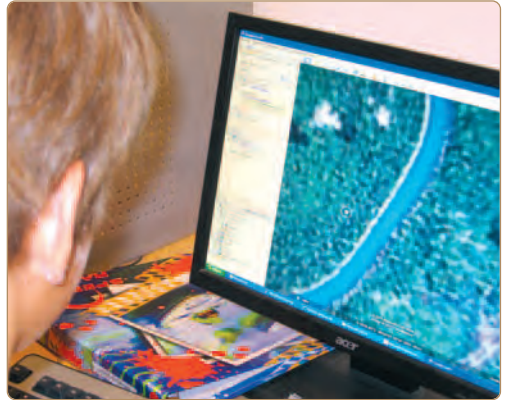
### Voorbeeld

Een les in groep 8 heeft als onderwerp palmolie (ter voorbereiding op een les waarin een echte wetenschapper die in Indonesië onderzoek doet naar de invloed van palmolieplantages op de omgeving, ondervraagd mag worden door de kinderen). Het doel van de les is dat kinderen leren wat onderzoeksvragen zijn en proberen om deze op te stellen. De leerkracht start de les met een overzicht van wat er aan de orde komt. Daarbij is de hoofdvraag: wat is een echte goede vraag? Ze laat een korte video zien over het tropisch regenwoud en vraagt de kinderen na te denken over een vraag bij de video die te onderzoeken zou zijn. De vraag die een van de kinderen opwerpt: 'Hoe ontstaat het tropisch regenwoud?', wordt benoemd als een goede vraag. Het gesprek gaat richting de palmolie, het hoofdonderwerp. Allerlei informele kennis over palmolie, zoals waar het in zit en hoe het gemaakt wordt, wordt geactiveerd in een leerkrachtgeleide interactie met de klas. Vragen van verschillend niveau, zoals: 'Wie weet waar de evenaar op de wereldkaart te vinden is?', 'Wonen er ook mensen in het regenwoud?' en 'Waarom is het slecht om het regenwoud te vervangen door palmolieplantages?', houden het gesprek levendig. De kinderen zijn heel betrokken.

### Voorbeeld

Bij het bekijken van ons landschap en water op aarde met Google Earth worden de kinderen met behulp van opdrachten gestimuleerd om bepaalde plekken op aarde te bekijken. De kinderen worden bijvoorbeeld gestuurd naar een bocht in de Rijn bij Doesburg. Hier zie je veel gaten om de rivier heen waar gebaggerd wordt naar zand en grind. De kinderen worden gevraagd na te denken waarom ze daar gaan baggeren en wat er gebeurt in een bocht van een rivier. Vragen die de kinderen anders laten kijken naar onze aarde zijn: "Hoe komt dat?" of "Wat zie je nu?".

Als opdracht krijgen de kinderen ook om straks allemaal één vraag te hebben die ze echt (met een experiment in een waterbak) kunnen gaan onderzoeken. Enkele vragen die ze dan hebben zijn: Hoe ontstaat een bocht in een rivier? Of Waarom heeft een rivier bochten? Of Hoe ontstaat een vlechtende rivier? En maakt warm of koud water verschil?



## B3 De empirische cyclus volgen

De kunst van het vragen stellen is ook om de vraag of het probleem zó te formuleren dat je er mee aan de slag kunt. 'Operationaliseren' heet dat: praktisch uitvoerbaar maken. Bij de vraag: "Welke kleur heeft de tijd?" heeft nog niemand een succesvol onderzoek bedacht, omdat (voor zover we nu denken te weten!) kleur geen kenmerk van tijd kan zijn. Sommige vragen komen voort uit eigenbelang ("hoe kun je naar school fietsen zonder moe te worden?") of juist vanuit medeleven ("hoe zorgen we er voor dat niemand meer ziek wordt?"), en ook die vragen zijn lang niet altijd te operationaliseren. Maar met een onderzoekbare vraag kun je aan het werk.

Veel kinderen popelen om in actie te komen wanneer ze iets willen weten. Dat is lang niet altijd verkeerd. Door uitproberen en 'aanrromelen' doe je namelijk ervaringen op waar je je voordeel mee kunt doen. Sommige kinderen hebben geluk of zetten intuïtief meteen de juiste stappen. En niet alle vragen hebben een uitgebreid of goed doordacht plan van aanpak nodig. Toch zal het heel vaak niet meteen duidelijk zijn hoe je te werk moet gaan. Dan helpt het als je een plan kunt maken en de verschillende stappen om van vraag tot antwoord te komen met elkaar in verband weet te brengen. Veel kinderen moeten echter nog leren dat de beloning, in dit geval de oplossing of het antwoord op de vraag, vaak pas later komt, na de nodige geconcentreerde en systematische inspanning.

Kinderen met talent voor het volgen van de empirische cyclus hebben het geduld en het vermogen om zichzelf aan te sturen. Het betekent ook dat ze goed overzicht hebben over de verschillende onderdelen die



Van vraag naar hypothese

vroeg of laat in het onderzoeken of ontwerpen aandacht moeten krijgen. Het betekent dat je aanvoelt aan welk onderdeel je je tijd en energie op dit moment het beste kan besteden. Onderzoekend en ontwerpend leren is niet een kookboekrecept volgen, want al lijkt het logisch om de empirische cyclus als een vast stappenplan te beschouwen dat je van begin tot eind doorloopt, in werkelijkheid pendelen goede onderzoekers en ontwerpers voortdurend heen en weer tussen de verschillende stappen. Soms weet je pas na een paar half gelukke experimenten of ontwerpen hoe je het probleem eigenlijk had moeten formuleren. Je mag, nee, je moet vaak improviseren. Je staat soms langer stil bij een bepaalde stap dan je van plan was. En het is een teken van talent wanneer kinderen bij de eerste stappen in de cyclus direct alvast nadenken over de vraag welke onderdelen ze in het verslag willen zetten, zodat ze niet vergeten de goede foto's of tekeningen te maken.

Talent voor empirisch werken kan ook betekenen dat je een specifiek talent hebt voor één of meer van die verschillende onderdelen of fases. Voor een groot deel kom je die talenten tegen in andere paragrafen in dit boek. We zetten ze hier op een rij:

- Een open oog hebben voor wat opmerkelijk is.
- Goede, onderzoekbare vragen of problemen kunnen formuleren.
- Een probleem kunnen verkennen.
- Eisen kunnen formuleren waar een antwoord of oplossing aan moet voldoen.
- Experimenten kunnen verzinnen; oplossingen kunnen ontwerpen
- Verwachtingen en hypothesen kunnen formuleren.
- Experimenten kunnen uitvoeren; oplossingen kunnen bedenken
- Gegevens kunnen verzamelen.
- Nauwgezet kunnen waarnemen en beschrijven.
- Data kunnen verwerken.
- Verbanden kunnen leggen en verklaringen kunnen opperen.
- Kunnen argumenteren.
- Resultaten kunnen presenteren.



Ontwerp maken



Hypothesen bedenken



Eigen onderzoek uitvoeren

### Voorbeeld

Door vanaf de onderbouw – niet altijd met zoveel woorden, maar wel in de benadering van het onderwerp – gebruik te maken van de empirische cyclus, leren de kinderen al vroeg om systematisch te werk te gaan. In de periode dat deze cyclus nog nieuw voor ze is, wordt regelmatig – binnen en buiten de technieklessen – teruggegrepen op het onderzoeksproces: “Wat zijn we nu aan het doen?” “Hebben we dan niet een stap overgeslagen?” Soms komen kinderen ook zelf tot de conclusie dat het soms handiger is om dingen in de volgorde van de cyclus te doen, dan in de volgorde die ze aanvankelijk intuïtief gekozen hadden.

## Vervolg

Op één van de Vindplaatscholen is de empirische cyclus leidraad bij het W&T-onderwijs. De kinderen vanaf groep 5 hebben hier aan het begin van het schooljaar kennis mee gemaakt. In alle W&T-lessen worden ze gestimuleerd deze stappen te volgen en ook te herkennen in hun handelen ('waar zijn we nu?'). De belangrijke elementen - koppelen van een observatie aan wat ze al weten; het afpellen van een vraag tot een enkelvoudig probleem dat je kunt toetsen; het nadenken over hoe je zo'n toets 'eerlijk' kunt uitvoeren, het 'eerlijk' meten, het zorgvuldig registreren van je resultaten en het verslag uitbrengen aan anderen - komen steeds expliciet ter sprake. De verwachting is dat de kinderen deze cyclus gedurende hun schoolperiode verinnerlijken zodat dit de basis wordt van waaruit ze hun nieuwsgierigheid kunnen volgen.

De empirische cyclus helpt ook bij de begeleiding van kinderen tijdens hun 'onderzoek'. Door vragen te stellen die terugrijpen op de empirische cyclus, kan de leerkracht hen helpen om op eigen kracht verder te komen. In de eigen onderzoeksprojecten kregen de kinderen vaak begeleiding bij het 'afpellen' van hun onderzoeksvraag tot een enkelvoudige en onderzoekbare vraag. Door vragen te stellen als: "Hoe kan je dat meten?"; "Wat meet je dan?"; "Weet je dan zeker dat het verschil daardoor komt?"; ervoeren de kinderen dat de aanwezigheid van meerdere variabelen in een onderzoeksvraag onwenselijk was. Doordat ze na afloop van een onderzoeksopdracht moesten rapporteren, werden ze zich ook bewust van het belang van zorgvuldig noteren van de onderzoeksresultaten. Als alle uitkomsten samen bijvoorbeeld moesten leiden tot een grafiek, was het van belang om te kunnen reproduceren hoe ze tot hun waarden waren gekomen (bv. niet alleen een eindwaarde, maar ook de drie meetresultaten waar het een gemiddelde van was).



## Voorbeeld

### van het gebruik van de ontwerpcyclus

Om zelf onderzoeksexperimenten te kunnen doen over rivieren en delta's moest er een grote zandbak gemaakt worden waar de omstandigheden op aarde op kleine schaal nagebootst kon worden. De stroomgoten die op de Universiteit Utrecht worden gebruikt voor onderzoek hebben de kinderen al een keer gezien. Nu moeten ze zelf gaan nadenken over hoe ze hier op school ook een stroomgoot kunnen maken. De kinderen gaan in drie groepen nadenken over de bak, de ondergrond (opvangbak onder de stroomgoot voor als er iets misgaat) en de waterkringloop.



De docent vraagt naar hun ideeën en de kinderen worden uitgedaagd oplossingen te verzinnen voor de problemen die ze tegen komen.

De kinderen leren samenwerken, hun beelden en ideeën naast elkaar te leggen en af te wegen wat de beste oplossing is. De begeleider geeft bijvoorbeeld aan dat er aan de waterpomp een slang moet worden aangesloten

## Vervolg

### van het gebruik van de ontwerpcyclus

en vraagt aan de kinderen hoe dat moet. De kinderen proberen uit en vertellen hardop hoe ze hierover nadenken. De kinderen worden uitgedaagd mee te denken vanuit het eindresultaat. Er wordt aangegeven hoe het eruit moet komen te zien en van daaruit zetten ze stappen terug naar wat ze moeten maken of gaan doen. Als het dan eindelijk zover is dat de stroomgoot wordt gevuld met water en de waterpomp wordt aangezet, blijkt dat het water niet naar beneden stroomt. De kinderen komen op het idee de bak schuin te zetten.

De kinderen gaan op een later moment, in aanwezigheid van een onderzoeker, werken aan een eigen onderzoek rondom een vraag over rivieren en delta's. Eerst wordt nog even opgefrist wat ook al weer onderzoek doen is en welke stappen de kinderen allemaal moeten zetten om onderzoek te kunnen gaan doen.

De kinderen krijgen dia's te zien met uitkomsten van onderzoeken van onderzoekers op de Universiteit Utrecht. De kinderen worden uitgedaagd met vragen als: "Wat zie je?" en "Wat denk je dat ze hebben onderzocht?". Ze denken hard mee en gaan steeds meer die dingen zien, die er iets toe doen. De onderzoeker benadrukt steeds dat je, als je iets wilt onderzoeken en met experimenten gaat kijken hoe het werkt, maar één ding tegelijkertijd moet veranderen, omdat je anders nog niet weet waardoor een resultaat dat je ziet wordt veroorzaakt.

De eerste proef gaan de kinderen gezamenlijk doen. Ze willen weten hoe een dijkdoorbraak in zijn werk gaat en welke processen hier een rol bij spelen. In het schrift vullen ze de volgende kopjes in: Titel, onderzoeksvraag, hypothese, methode, uitkomst, test hypothese en nieuwe vragen. De **titel** is: Dijkdoorbraak.

De **onderzoeksvraag** is: Hoeveel water heb je nodig om een dijk door te laten breken?



**Hypothese:** De kinderen denken dat als de bak halfvol is deze door zal breken.

**Methode:** Er wordt een dijk gebouwd in de bak als er al een meer is ontstaan onderin de bak bij de overloop. Als de bak volgelopen is met water, meten de kinderen met een stopwatch hoe lang het duurt voordat de dijk doorbreekt. Met emmers vangen ze het water dat door de dijkdoorbraak stroomt weer op.

**Resultaten** experiment: na 7.22 minuten breekt de dijk door. De doorbraak duurt 4.09 minuten en er stroomt 28 liter water door. Met deze resultaten gaan de kinderen kijken of hun verwachte antwoord (de **hypothese**) klopt en welke **nieuwe vragen** opkomen.

Voor het bedenken van vragen voor hun eigen onderzoek helpt de onderzoeker de kinderen en geeft ze de tip om te gaan zoeken naar één verschil zodat je met twee opstellingen een verschil kunt meten. Een kind bedenkt: "Wat breekt sneller: een dunne dam of een brede dam?". De onderzoeker zegt "Heel goed" en: "Hoe gaan we dat dan meten?". Op deze manier bedenken en formuleren de kinderen allemaal een onderzoeksvraag en hebben ze nagedacht hoe ze dat in de bak willen gaan onderzoeken.



**Vervolg****van het gebruik van de ontwerpcyclus**

Ook worden de kinderen bij hun vragen uitgedaagd na te denken over waarom ze dat willen weten en waarom dat belangrijk is.

Enkele voorbeelden van onderzoeksvragen die de kinderen hebben onderzocht zijn:

- Wat is het verschil in deltavorming in een diepe of in een ondiepe zee?
- Wat is het verschil in het deltaprofiel bij de eerste dijkdoorbraak en daaroverheen een tweede?
- Waar stroomt het water sneller: in een brede of in een smalle geul?
- Wat is het effect van plantengroei op de stroming van het water?

De kinderen ontdekken dat het formuleren van goede onderzoeksvragen nog niet zo makkelijk is. De meeste vragen van de kinderen beginnen eerst met 'Hoe ...', bijvoorbeeld: "Hoe ontstaat een vlechtende rivier?".

De onderzoeker leert ze dat een onderzoeksvraag goed is als je niet nog een vraag kan stellen. Vragen die beginnen met 'Wat' zijn makkelijk te onderzoeken in een experiment waarin één iets verschilt. Bij het formuleren van onderzoeksvragen is duidelijk verschil te merken tussen de oudere en jongere leerlingen. De jongste leerlingen blijven voornamelijk verzinnen wat al gezamenlijk is voorgedaan of wat ze al eens hebben gehoord. De oudere leerlingen zijn in staat na te denken over wat ze interessant vinden in dit vakgebied om verder uit te zoeken.



De kinderen vinden het prachtig om te zien, zijn enthousiast en doen goed mee. Ze zien wel veel gebeuren, maar hebben de wetenschapper nodig om de processen te leren zien die van invloed zijn op het ontstaan van rivieren en delta's op deze aarde, zoals bijvoorbeeld het verweken van de grond van de dijk, waardoor deze zwakker wordt. Er wordt een groot gat (wiel) geslagen in het land achter de dijkdoorbraak; het meegesleurde zand krijgt weer een plek op de bodem in een golvend patroon (ribbels). Door de eerste experimenten gezamenlijk te doen maken de kinderen kennis met het vakjargon dat bij het wetenschapsgebied 'rivieren en delta's' hoort. De kinderen maken spelenderwijs kennis met dit vakgebied, leren op een andere manier kijken en maken kennis met de onderliggende mechanismen waar zij in hun eigen proeven ook mee te maken krijgen, denk hierbij aan mechanismen als zwaartekracht, stroming, grondwater (verzakken) of wrijving.

## B4 Ervaringen en waarnemingen begrijpen

Alle dieren, zelfs ook minuscule eencellige levende wezens zoals bacteriën, nemen hun omgeving waar en reageren adequaat op allerlei prikkels. Ze vinden eten, ontlopen gevaar, planten zich voort, en doen de meest ingewikkelde dingen zonder zich daarvan bewust te zijn of daarover te redeneren.

Ook mensen doen heel veel zonder bewust na te denken of te redeneren. Kinderen van een jaar of één leren lopen. Dat gaat met veel vallen en opstaan gepaard, maar niet met veel redeneren. Door ervaringen leren kinderen onbewust om te gaan met de zwaartekracht en hun evenwicht te bewaren. Zoiets gebeurt ook wanneer kinderen leren fietsen. Kinderen leren hun spieren aan te sturen en correct te reageren op signalen van hun zintuigen. Door je lichaam en je zintuigen te gebruiken ontwikkel je allerlei vaardigheden die je kunt toepassen in je omgeving. Op deze manier krijg je grip op je leven. Onze hersenen zijn bij zulke leerprocessen wel degelijk hard aan het werk, maar we worden ons lang niet altijd bewust van deze belichaamde kennis op het moment dat deze geautomatiseerd is.



Ervaringen en waarnemingen begrijpen

Het bijzondere van mensen is dat ze ook het talent hebben om bewust na te denken, begrippen in woorden uit te kunnen drukken en te vangen in 'denk'beelden (Collins, 2010). We leggen verbanden tussen verschillende waarnemingen en ervaringen en geven dat verband een naam, bijvoorbeeld 'evenwicht', of 'zwaartepunt'. Dat is moeilijk en het lukt niet altijd. Probeer maar eens uit te leggen hoe het komt dat je niet omvalt als je fietst.

De ontwikkelingspsycholoog Piaget schonk water over van een hoog en smal glas in een laag en breed glas, en weer terug. De kinderen mochten vertellen in welk glas meer water zat. Voor de meeste volwassenen is dit niet erg spannend. Zij begrijpen deze situatie met behulp van een wetmatigheid die ze misschien niet allemaal even goed onder woorden kunnen brengen, maar die hen wel in staat stelt snel en juist te oordelen, namelijk dat de hoeveelheid die je van een bepaalde stof hebt niet afhangt van waar je het in bewaart. Jonge kinderen weten dit nog niet en moeten dit inzicht nog ontwikkelen. Zij denken dat hoge glazen meer volume bevatten dan lage glazen en hebben de handeling van het overschenken nodig om te ontdekken dat dit niet zo is. Op kinderfeestjes merk je dit: de hoogste glazen zijn het eerste weg!



Kan iets van ijzer blijven drijven?

Door zintuiglijke ervaringen op te doen ontwikkel je een repertoire van regels over dingen die zich volgens een bepaald patroon gedragen. Als je je hiervan bewust bent, kun je deze regels toepassen in nieuwe situaties en daar bepaalde verwachtingen bij hebben. Redeneren is een soort handelen in je hoofd. Als je dit goed kunt, hoeft je sommige handelingen niet meer echt in de praktijk te brengen, omdat je je kunt voorspellen hoe het zal gaan. Of kom je op het idee bepaalde handelingen uit te voeren die je niet rechtstreeks afleidt uit je ervaringen.

Door te redeneren in je hoofd overtuig je jezelf. Door hardop te redeneren kun je anderen overtuigen, maar dan moet je redenering

wel geldig zijn. “Daarom is geen reden” luidt een bekend gezegde. Kinderen die goed kunnen redeneren gebruiken uitsprakenschema's als 'omdat ....., 'want ....' en 'als .... dan .....'. Een goede redenering kan berusten op een ervaringskenmerk ('dit is van ijzer dus het is zwaar, want alles van ijzer is zwaar'), op een vergelijking ('dat moet zwaar zijn, omdat het ook van ijzer is'), of op een oorzakelijk verband ('als iets zwaar is, dan zinkt het').

Veel redeneerregels die je hebt ontwikkeld op basis van ervaring voelen aan als 'logisch'. Je bent er zo mee vertrouwd geraakt dat je het gevoel hebt dat de dingen niet anders dan zó kunnen zijn. Kinderen met talent voor redeneren in wetenschap en techniek kunnen goed logisch denken. Een belangrijke regel uit de logica is bijvoorbeeld de regel van de uitgesloten derde. Iets blijft drijven, of het blijft niet drijven. Het is onmogelijk dat iets tegelijk blijft drijven en zinkt. Het is het één of het ander, de derde mogelijkheid is uitgesloten. En zo is het met veel zaken in de wereld. Als iets eerder is gebeurd, is het niet later gebeurd; als iets groter is is het niet kleiner; als iets echt gebeurd is, is het niet verzonnen. Kinderen weten dat levende wezens uit zichzelf kunnen bewegen, dus als iets spontaan beweegt, leeft het. Sommige kinderen zijn buitengewoon goed in deze vorm van redeneren en slaan je met ijzeren logica om de oren.



Vallende appel

Ervaringen met wetenschap en techniek dragen sterk bij aan de verdere ontwikkeling en verankering van redeneerregels (Gimbel, 2011). Wetenschap en techniek maakt veel gebruik van logisch redeneren, maar logisch redeneren alleen is niet voldoende. Het is niet 'logisch' dat ijzer zwaar is, of dat de dingen op aarde naar beneden vallen. Dat zijn zaken waar je door ervaring achter moet komen. Pas als kinderen hebben ontdekt dat ijzer zwaar is, en dat zware voorwerpen zinken, dan kunnen ze een algemeen verband leggen. Het is knap wanneer kinderen verbanden leggen, maar hiermee houdt het redeneren niet op. Het is helemaal knap wanneer kinderen er blijk van geven dat je een verband dat je ziet niet zomaar tot een algemene wetmatigheid mag verheffen, maar dat er misschien uitzonderingen of beperkingen zijn. “Alle ijzeren voorwerpen die we tot nu toe hebben onderzocht blijken te zinken, dus we denken dat iets zinkt als het van ijzer is”. Er blijken inderdaad uitzonderingen op deze regel te zijn. Dit daagt kinderen weer uit om tot een nog betere regel te komen, waarmee je nog meer verschijnselen in de greep krijgt. En ze leren ook uit ervaring dat je een geldige redenering niet zomaar mag omdraaien. Robots bewegen spontaan maar blijken bij nader inzien toch niet te leven. Niet elk gevolg blijkt dezelfde oorzaak te hebben.

Al te enthousiast logisch redeneren wordt dus in toom gehouden door de empirie: ervaring als bron van kennis. Dit speelt een belangrijke rol wanneer je een verklaringsvraag hebt. “Waarom zinken zware voorwerpen eigenlijk?” Of “Waarom smaakt zout eigenlijk zout?” Je kunt hiervoor scherpzinnige verklaringen verzinnen en anderen proberen met woorden te overtuigen. Maar als je de proef op de som niet kunt nemen, is je redenering speculatief. Een leuk voorbeeld komt van de Romeinse schrijver Lucretius, die in de tweede eeuw voor Christus opperde dat alle stoffen zijn opgebouwd uit ondeelbare kleine deeltjes, die door hun vorm bepaalde verschijnselen veroorzaken. Hij veronderstelde bijvoorbeeld dat zout prikkelend is, omdat het bestaat uit puntige atomen (Lucretius, 50 VC). Een creatief idee, maar het hield geen stand toen empirisch onderzoek naar de bouw van stoffen mogelijk werd.

De grote natuurwetenschapper Newton heeft een aantal wetten opgesteld waarmee je kunt berekenen met welke kracht de aarde en de maan elkaar aantrekken, en ook de aarde en een vallende appel, maar op de vraag waarom

ze elkaar nu eigenlijk aantrekken, gaf hij geen antwoord en hij wilde daar zelfs niets over zeggen. Hij schreef: "Ik verzin geen hypothesen". Hij wilde zich richten op de waarneembare en onderzoekbare verschijnselen en zich niet laten meeslepen door fraaie, maar onbewijsbare veronderstellingen.

De meeste mensen zijn het er echter over eens dat hypothesen wel degelijk nuttig zijn, omdat ze je op ideeën voor verklaringen en experimenten kunnen brengen. Maar het hoort ook bij het talent voor redeneren om voorzichtig te worden wanneer je ideeën niet meer proefondervindelijk te toetsen zijn.

### Voorbeeld

Kinderen gaan experimenten met lucht en de kracht van lucht. Ze gaan onderzoeken wanneer met lucht iets verplaatst kan worden en wanneer niet. De kinderen hebben met een rietje een boon opgezogen en die blijft plakken. Als ze dit ook met een knikker mogen doen, vraagt de Juf: "Kan je ook een knikker opzuigen?" "Nee", zegt een kind, "die is veel te zwaar." Als ze verder experimenteren met twee spuitjes en een slangetje ertussen ervaren ze dat lucht wel sterk genoeg is om dingen in beweging te zetten. De ene spuit is leeg en in de andere zit lucht. Als je de spuit met lucht leeg spuit, gaat de andere spuit bewegen.



### Voorbeeld

De kinderen uit groep 5 voeren een proef uit met een fles met water. Ze oefenen met inhoudsmaten (liter, milliliter) en ervaren wat hierbij groter en kleiner is. De kinderen krijgen in duo's een maatcilinder van 250 ml en een literfles en een anderhalve literfles. Aan hen wordt gevraagd om de anderhalve literfles te vullen met water door zo min mogelijk naar de kraan te lopen. Ze moeten nadenken over de vraag hoe vaak je naar de kraan moet lopen als je de anderhalve literfles met de maatcilinder moet vullen.

De kinderen mogen daarna de anderhalve literfles gaan vullen met water. Op een instructieblad staat wat ze daarna moeten gaan doen. Ze moeten met een rietje en een stukje klei aan dit rietje gaan uitproberen hoeveel klei nodig is om ervoor te zorgen dat het rietje nog net blijft drijven in de fles. Als ze de fles daarna dicht doen met de dop erop en er in knijpen zien ze dat het rietje met stukje klei naar beneden gaat. Als ze de fles weer loslaten, komt het rietje weer naar boven tot het nog net blijft drijven. De kinderen proberen met elkaar te verklaren waardoor het komt dat dit rietje net een duikertje is en naar de bodem zakt als je knijpt in de fles.



## B5 Oplossingen beredeneren

Ontwerpen kun je zien als een doelgerichte manier van denken en doen om van een probleem naar een oplossing te komen (Roozenburg & Eekels, 1991). Redeneren speelt hierbij vaak een belangrijke rol. Je kunt een probleem weliswaar aanpakken door lukraak wat uit te proberen, maar voor veel problemen is dit niet erg kansrijk. Ook heeft het geen zin te proberen alle bestaande oplossingen voor problemen uit je hoofd te leren in de hoop dat je zo elk probleem aan kunt: er zijn eenvoudig te veel problemen en oplossingen, en dan ook nog in oneindig veel verschillende omstandigheden. Er zijn tientallen manieren om een plank op te hangen of een knoop te leggen: je onthoudt alleen wat je regelmatig toepast. Je hebt meer baat bij een algemene manier van redeneren van probleem naar oplossing, als die bestaat. Wat zijn de kenmerken van dergelijk technisch of ontwerpend redeneren (Verkerk, Hoogland, Van der Stoep, De Vries, 2007)?



Knoop

Als je een probleem wilt oplossen dan betekent dit dat je een probleem hebt. Je bent bijvoorbeeld ergens ontevreden over, of je realiseert je dat iets beter kan. Dit daagt je uit en zet je aan tot handelen, zodat het probleem in de toekomst verdwijnt. Dit werkt natuurlijk alleen wanneer je ook werkelijk iets aan het probleem kunt doen. Als het regent tijdens de sportdag is dat vervelend maar niet op te lossen. Maar als regen tot lekkage in het klaslokaal leidt, is actie geboden. Regelmatig komen er nieuwe mogelijkheden om bepaalde, voorheen onoplosbare problemen aan te pakken. Daardoor kan de ontevredenheid en de actiebereidheid toenemen.

Ontevredenheid is niet objectief, maar een persoonlijke waardering. Wat de één een groot probleem vindt, vindt de ander niet erg. Je kunt aan problemen wennen waardoor ze minder erg lijken, maar je kunt je er ook steeds meer aan gaan ergeren. Of kinderen iets als een probleem zien en in actie komen, hangt dus af van hun waardering, en deze kan sterk verschillen.

Of het een talent is wanneer je je snel ergert aan problemen valt te bezien. Belangrijker is dat sommige kinderen beter dan anderen in staat zijn hun onvrede productief te maken, want de woorden van waardering of afkeuring die we gebruiken om gevoelens uit te drukken zijn lang niet altijd geschikt als startpunt voor een oplossing. "Het is een bende op het schoolplein met al die fietsen zo". Dat klopt vast, maar wat ga je daar aan doen?

Een belangrijke stap in het technisch redeneren is daarom de overgang van waarderingen en gevoelswoorden naar concrete doelstellingen. Met de opdracht om een robot te ontwerpen die 'het leven aangenaamer maakt' kun je weinig beginnen. Door expliciet te maken wat je met 'aangenaam' bedoelt kom je een stap verder en kun je als ontwerper in actie komen: "De robot moet het huis stofzuigen zonder dat het mensen tijd en inspanning kost". Of dit echt een goed doel is, is ook een vraag waarover je kunt nadenken. Misschien wordt het leven wel aangenaamer wanneer iedereen meer lichaamsbeweging krijgt en moet je een stofzuiger ontwikkelen waarmee stofzuigen aanvoelt als een leuk spel? Dit is een andere, even belangrijke wijze van redeneren!

We gaan er nu van uit dat het probleem is vertaald in een concreet doel. Heel kenmerkend voor het technisch redeneren is nadenken over de middelen waarmee je dat doel kunt realiseren. Als je naar de overkant van de sloot wilt, kun je een plank neerleggen. Je kunt ook een touw vastmaken aan de tak van een boom en daarmee over de

sloot slingeren. Dit is een 'doel-middelredenering'. Het wordt ook wel 'functie-vormdenken' genoemd. De oplossing van je probleem moet een bepaalde functie vervullen ('naar de overkant brengen') en de oplossing heeft bepaalde eigenschappen met een bepaalde vorm (een plank heeft een andere vorm dan een touw aan een boom).

Het voorbeeld van de plank en het touw maakt ook duidelijk dat er vrijwel altijd meer dan één manier is om een doel te bereiken. Een ontwerpprobleem is fundamenteel open. Waar komen die ideeën vandaan? Een ontwerpprobleem oplossen is in ieder geval niet een kwestie van door logisch redeneren de oplossing afleiden (deductie). Want dan zou elk probleem maar één oplossing hebben. Oplossingen moet je voorstellen, niet afleiden. Goede ideeën lijken vaak uit de lucht te komen vallen. Ze zitten opeens in je hoofd. Kinderen hebben vaak een talent voor creatieve, ongebruikelijke oplossingen omdat ze minder dan volwassenen vertrouwd zijn met bestaande oplossingen. Creatieve ontwerpers verwijzen vaak naar hun vermogen analogiën te zien en oplossingen uit een ander domein te gebruiken. 'Out-of-the-box-denken', wordt dat wel genoemd. Een rijke zintuiglijke ervaring met voorwerpen, materialen en verschijnselen in combinatie met een rijke herinnering aan beelden is behulpzaam om je hersenen te laten associëren.

Oplossingen komen dus voort uit je inbeeldingsvermogen, maar kunnen daarna door redeneren verder worden onderzocht. Dat is ook nodig, want lang niet altijd is het mogelijk een goed idee op een goede manier in de praktijk te brengen. De geschiedenis van de techniek is vol vernuftige mislukkingen. Na het concept komt de uitwerking, en daar speelt redeneren weer een belangrijke rol. De plank moet breed genoeg zijn om er niet af te vallen en het touw sterk genoeg om niet te breken. Sommige kinderen zijn juist hier goed in.

Stel dat je een houten bak wilt maken die niet mag lekken. Conceptueel prachtig maar niet erg praktisch is het idee om een grote boomstam uit te hollen. Je komt op een tweede idee, om een stapel planken te gebruiken die je toch hebt liggen en de naden tussen de planken dicht te kitten. De redenering die hier achter zit is als volgt:

Stelling 1: Als je de naden van deze houten bak goed opvult met kit, lekken ze niet.

Stelling 2: De naden van deze houten bak zijn goed gekit.

Implicatie: Deze bak lekt niet.



Een waterdichte bak maken

Dit is een deductie, een logische redenering vanuit een aantal juiste uitspraken naar een conclusie of implicatie, die daarmee automatisch ook juist is.

Als je een waterdichte houten bak wilt maken, doe je er goed aan de naden te kitten, dat is logisch, maar als nu blijkt dat de bak toch lekt? Volgt dan logischer wijs dat de naden niet goed gekit zijn? Nee, want het probleem kan ook een andere oorzaak hebben. Het hout kan bijvoorbeeld verrot zijn, of de bak kan beschadigd zijn bij een val, of misschien was je te ongeduldig en was de lijm nog niet droog?

Toch zijn redeneringen van het soort: "De bak lekt, dus de naden zijn niet goed gekit" in de ontwerppraktijk heel belangrijk. Deze redenering is een vorm van 'trouble shooting'. Je redeneert dan vanuit een concreet probleem terug naar de meest waarschijnlijke oorzaak. Het wordt ook wel 'abductie' genoemd. De redenering is niet waterdicht, maar je zult in de praktijk vaak gelijk krijgen. En: er zijn heel vaak maar een paar realistische oorzaken voor een probleem, zodat de zoektocht naar alle mogelijke oplossingen niet oneindig lang hoeft te duren. Als een cake

niet goed gerezen is, dan was er misschien te weinig bakpoeder gebruikt, of het beslag is niet luchtig genoeg geslagen, of de oventemperatuur was te laag, of je hebt roomboter gebruikt in plaats van margarine. Dan heb je alle opties wel zo'n beetje gehad.

Systematisch nadenken over wat er mis kan gaan en wat je kunt doen om deze problemen te voorkomen, is kenmerkend voor het redeneren van ontwerpers. Een ontwerpredenering is eigenlijk een omgedraaide vorm van een trouble-shooting redenering: "Als je een bak wilt maken die niet lekt, kun je het beste een goede kwaliteit hout gebruiken, de naden kitten en goed laten drogen en zorgen dat de bak niet door vallen of stoten kapot gaat". Je formuleert iets wat in de techniek ook wel een 'programma van eisen' genoemd wordt. Een goed programma van eisen kunnen opstellen, is een groot talent.

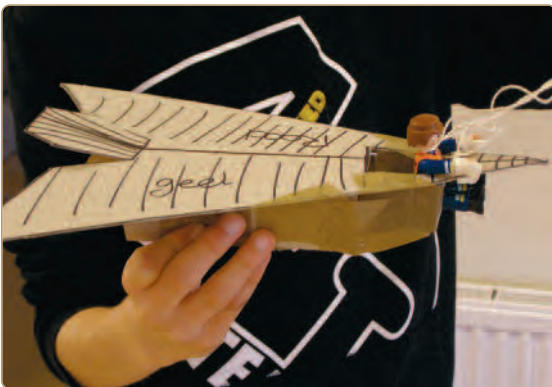
Samenvattend: talent voor redeneren bij ontwerpen omvat het herkennen en benoemen van een probleem, de vertaling van het probleem in de doelen en functies die de oplossing moet realiseren, een idee voor een oplossing, het opstellen van een programma van eisen waar de oplossing aan moet voldoen, en een terugredenering op de mogelijke zwakke punten van de oplossing.

### Voorbeeld

Doel van deze lessen is dat kinderen gaan ontdekken welke aspecten maken dat een voorwerp naar beneden kan zweven in plaats van loodrecht naar beneden te vallen. De kinderen gaan nadenken over wat zweven is en welke omstandigheden het zweven kunnen beïnvloeden. Ze maken een ontwerp voor een voorwerp waarmee ze een poppetje van lego of playmobil zo langzaam mogelijk naar beneden kunnen laten zweven. Ze voeren het ontwerp ook zelf uit.

Tijdens het ontwerpen en uitvoeren van het ontwerp zetten de kinderen hun denkstappen op papier in een boekje dat hoort bij dit project. In dit boekje kunnen ze hun ontwerp ook tekenen. Tijdens de verschillende workshops testen de kinderen af en toe hun ontwerp, zodat ze het kunnen bijstellen als dit nodig is. In de laatste workshop laten alle kinderen hun ontwerp vanaf een bepaalde hoogte naar beneden zweven, waarbij met een stopwatch wordt geklokt hoe lang het erover doet om op de grond te komen. Aan het einde van de workshopserie worden de verschillen en de conclusies die de kinderen daaruit trekken klassikaal besproken.

In de testfase constateren sommige kinderen dat hun toestel veel korter in de lucht blijft dan ze hadden verwacht. Zij gaan hun ontwerp aanpassen. Voor de ene leerling betekent dit dat hij iets toevoegt, de andere leerling verandert het materiaal. Zo heeft een van de jongens gezien dat zijn papieren vliegtuig veel sneller naar beneden



## Vervolg

kwam dan de andere toestellen (waarvan de meeste aan ballonnen hingen) waardoor hij besloot om er een parachute van stof aan vast te maken. Een meisje komt tot de slotsom dat ze het met ander materiaal moet proberen: *'Hij blijft niet lang in de lucht, hij heeft een slechte vorm. Ik neem iets anders dan karton, want hij is te zwaar.'* Wanneer uiteindelijk aan het eind van de derde workshop de echte test plaatsvindt met de officiële tijdregistratie, zijn er drie winnaars. Volgens sommige kinderen was hun eigen ontwerp zeker beter geworden als ze meer tijd hadden gehad. Of het zweeftoestel nu goed of minder goed bleek te blijven zweven: iedereen heeft zich vol trots op de foto laten zetten met zijn eigen ontwerp.



## B6 Verklaringen geven

In de wereld van wetenschap en techniek is het niet moeilijk om kinderen met een verschijnsel te confronteren dat ze niet begrijpen. Dit nodigt uit om een verklaring te geven. Als kinderen hierover een vraag hebben, willen ze antwoord. Je kunt kinderen het goede antwoord natuurlijk vertellen als jij dat weet. Dan weten de kinderen het ook en kunnen ze het reproduceren, maar net als in de vorige paragraaf geldt dat er te veel vragen en antwoorden zijn om uit je hoofd te leren. Je kunt kinderen beter op een algemene manier leren hoe door met redeneren van een vraag naar een antwoord te komen. Wat zijn de kenmerken van dit redeneren en de uitspraken die kinderen doen wanneer ze iets willen verklaren?

Een eerste aspect van talent voor wetenschappelijk redeneren is de manier waarop kinderen exploreren. Wetenschap en techniek is 'empirisch': ervaring is de belangrijkste bron van kennis (Daston & Galliston, 2007). Die ervaring moet je proefondervindelijk, door empirisch onderzoek, opdoen en op basis daarvan kun je proberen iets te verklaren. Empirisch onderzoek gaat een stuk verder dan de onbewuste zintuiglijke omgang die alle kinderen en mensen met de materiële werkelijkheid hebben. Dit soort exploreren leidt tot een intuïtief verstaan van de wereld: je kunt leren lopen zonder te begrijpen hoe het zit met zwaartekracht, zwaartepunt en evenwicht. Wetenschappelijk redeneren is dit intuïtief verstaan bewust maken en willen begrijpen. Wie over dit redeneervermogen beschikt,

kan het ook toepassen op de vele verschijnselen die we niet intuïtief verstaan, zoals waarom ijs blijft drijven in plaats van te zinken, of wat een regenboog is.

Sommige kinderen missen de empirische instelling. Ze geven zomaar, 'ad hoc', een verklaring zonder te exploreren, nader onderzoek te doen of systematisch te observeren. Ze zeggen maar wat, in de hoop het te raden. Ze filosoferen als het ware met de handen op de rug.

Andere kinderen gaan eerst goed kijken en beschrijven het verschijnsel. Ze experimenteren om te zien wat er gebeurt. Verklaaren en beschrijven zijn nog niet zo gescheiden. Als je ze vraagt een verklaring te geven, zeggen ze vooral wat ze doen en zien.

Weer andere kinderen proberen bepaalde waarnemingen en ervaringen in te passen in een idee voor een verklaring. Je zou kunnen zeggen dat ze een theorie hebben. Als ze gaan exploreren, gebruiken ze die ideeën om bepaalde verwachtingen uit te spreken en die te onderzoeken (Tytler & Peterson, 2003).



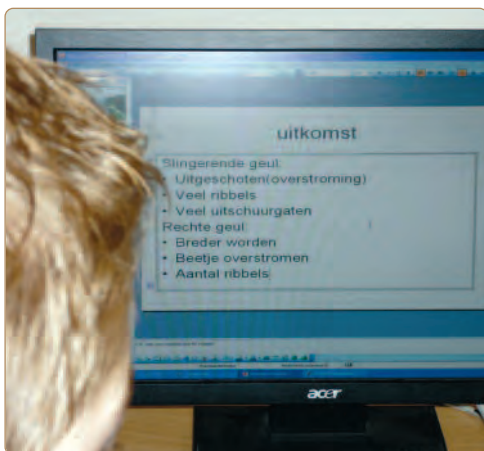
Een fossiel onderzoeken

Een tweede aspect is het niveau waarop kinderen hun waarnemingen en gegevens verwerken. Wanneer ze iets hebben onderzocht, laten sommige kinderen het bij beschrijven van hun waarnemingen. "De robot rijdt rond. De robot botst niet tegen de muren.". Andere kinderen proberen actief relaties te leggen en patronen te herkennen in wat ze hebben waargenomen. Je hoort dan redeneringen van het type 'als ... dan ....': "Elke keer als de robot dicht bij een muur is, draait hij om".

Nog een stapje verder gaan kinderen die redeneren over oorzaken van de verschijnselen en waarnemingen. Dan hoor je woorden zoals 'omdat': "De robot botst niet tegen de muur omdat de sensor de muur ziet".

Voor verklaren heb je alle drie de niveaus nodig. Talent voor goed waarnemen, talent om de samenhang te zien tussen verschillende fenomenen en talent om een onderliggend principe te zien. Hierin zien we goed dat talent multiplicatief en multidimensioneel is

Een derde aspect is hoe kinderen omgaan met ervaringen en waarnemingen die niet kloppen met hun verwachtingen. Sommige kinderen negeren onverwachte gebeurtenissen totaal, omdat ze zich concentreren op waarnemingen die hun verwachtingen juist bevestigen. Ze zien die ene zwaluw die, helaas, volgens het spreekwoord nog geen zomer maakt.



Versillen benoemen

Ze kunnen de waarnemingen ook ontkennen, omdat erkennen ervan teveel een conflict in hun hoofd oplevert: "Dat kan niet". Punt. Een mooiere manier van ontkennen is om situationele, desnoods bovennatuurlijke verklaringen te opperen: "Sinterklaas kan wél door de schoorsteen". Hoe Sinterklaas dat precies doet is intrigerend, maar ga je niet verder exploreren, dat hoort niet bij het scenario.

Het is natuurlijk altijd moeilijk om dingen die je niet begrijpt te verklaren. Veel verschijnselen en apparaten zijn een 'black box', waarvan je niet weet hoe het eigenlijk werkt. Veel mensen en zeker kinderen, gebruiken onbewust de zogenaamde 'kabouter-verklaring': ergens in het apparaat zit een klein mensje dat er voor zorgt dat het werkt. In de motor van een auto zit iets of iemand

die de wielen ronddraait; in een robot zit iets of iemand met ogen die de muur ziet en bijstuurt, et cetera. Je moet de black box open durven maken om echt verder te komen met je verklaringen.

Kinderen kunnen ook erkennen dat de waarneming onverwacht en gek is. De zware ijzeren boot zinkt niet, en dat brengt in eerste instantie verwarring met zich mee. In een volgend stadium kunnen ze proberen de bestaande theorie een beetje aan te passen: "Ijzer zinkt wel maar niet als je er een boot van maakt, want boten kunnen niet zinken". Nog iets meer talent tonen kinderen die bereid zijn een nieuw soort verklaring te ontwikkelen. "Als er veel lucht in zit, dan is het lichter en blijft het toch drijven".

Kinderen zijn hierin niet echt anders dan volwassenen. In december 2011 was het groot nieuws dat onderzoekers elementaire deeltjes hadden gemeten met een snelheid groter dan het licht. Verwarring alom. "Kan niet, want het past niet in de theorie", zeiden de meeste wetenschappers. "Dat moet een meetfout zijn". En dat bleek later ook het geval te zijn.

Nog een aspect is hoe kinderen reageren op verklaringen die andere kinderen aandragen. Ze kunnen deze andere verklaring negeren of zonder reden verwerpen. Ze kunnen de andere verklaring accepteren, maar zonder er zelf iets mee te doen. En ze kunnen zich uitgedaagd voelen de verklaringen te vergelijken en nader te onderzoeken welke de beste is.

Globaal kun je het talent voor verklaren van kinderen onderbrengen in drie niveaus.

In het eerste niveau (grondniveau of fenomenen niveau) redeneren kinderen nog niet empirisch. Ze geven ad hoc verklaringen en zijn er niet op gericht waarnemingen met elkaar of met een theorie in verband te brengen. Hier past geduld, want wanneer je deze kinderen teveel onder druk zet om 'echt' te gaan verklaren, raken ze misschien in verwarring en haken ze misschien daardoor af. Je moet echt iets willen begrijpen en je daar bewust van zijn om een stap verder te komen met redeneren.

In het tweede niveau (beschrijvend of relationeel niveau) zijn kinderen op zoek naar patronen en relaties tussen wat ze ervaren en waarnemen. Ze zien en verklaren vooral en proberen dat zo goed mogelijk te beschrijven. Ze zijn vooral gericht op waarnemingen die hun verwachtingen bevestigen. Deze kinderen kun je uitdagen door ze te wijzen op kenmerken of aspecten waar ze nog geen oog voor hebben of hebben gehad en ze vragen daar eens over na te denken.

In het derde niveau (theoretisch of conceptueel niveau) redeneren kinderen vanuit verwachtingen en theorieën. Waarnemingen doen ze ook om te kunnen kiezen tussen verschillende verklaringen. Deze kinderen kun je uitdagen door ze te wijzen op dingen die afwijken van hun denkbeelden.

### Voorbeeld

Twee leerlingen onderzochten de volgende vraag: Wat gebeurt er als iets snels of iets langzaams langs een magneet gaat?

Ze hadden de volgende hypothese: een snel balletje gaat langs de magneet en een langzaam balletje gaat naar de magneet toe.

Het materiaal dat ze hebben gebruikt was: een magneet, papier, metalen balletjes, een plank en een liniaal.

Ze legden een papier op een plank en hielden een liniaal langs de magneet. De balletjes rolden er langs en ze keken wat er gebeurde.

Ze kwamen tot de volgende uitkomsten, die ze wetten noemden:

wet 1: "Als het langzaam gaat, maakt het een scherpe bocht en snel niet zo'n scherpe bocht."

Wet 2: "Als je snel en dichtbij de magneet gaat, gaat het alsnog tegen de magneet."



**Voorbeeld**

Twee leerlingen onderzoeken hoe strak je een elastiekje en een touwtje moet spannen voordat er geluid uit komt. De vraag komt voort uit hun kennis van hun eigen snaarinstrumenten. Hun hypothese is dat een touwtje geluid maakt als hij knapt en een elastiekje als hij terugveert. De uitkomst van hun onderzoek was dat je een touwtje ook kunt spannen en terug kunt laten veren en dat deze dan ook geluid maakt. Ze leerden dat ze het touwtje en het elastiekje even ver moesten spannen met 1 kilo trekkracht. Tijdens de discussie met de leerkracht bleek dat ze goed wisten dat de toon lager wordt als je een snaar bij een viool of een harp niet strak genoeg spant. In de discussie hielden ze aanvankelijk echter stug vol dat minder spanning alleen effect had op het volume en niet op de toonhoogte, pas later begrepen ze echt hoe het zat.

**Voorbeeld**

Kinderen hebben zelf een zonnewijzer gemaakt en noteren op welk tijdstip de schaduw van de stok op welk punt staat. Ze proberen te beredeneren hoe het komt dat de schaduw zich verplaatst. Dat is niet eenvoudig, want daarmee wordt een beroep gedaan op het vermogen van de kinderen om verschijnselen die wij op aarde waarnemen te koppelen aan en te verklaren met behulp van processen die zich in het heelal afspelen: het draaien van de aarde om zijn eigen as - wat dag en nacht verklaart - en de draaiing van de aarde om de zon - die de seizoenen veroorzaakt. Ze moeten dan leren dat de lengte van de schaduw van hun zonnewijzer te maken heeft met de hoek van de aarde t.o.v. de zon. Dit doet een flink beroep op hun abstractie-vermogen. De leerkracht helpt in dit proces door gebruik te maken van een bal met daarin een potlood (als zonnewijzer), zodat de kinderen zien welk effect de stand van de bal - lees: het potlood - heeft op de lengte van de schaduw. Uiteraard leidt dit - met name in groep 4 - tot discussies over wat er nu draait en hoe je dat zou kunnen zien.

**B7 Modellen maken en gebruiken**

Wat gebeurt er als de zeespiegel in de toekomst stijgt? Of als het harder gaat regenen en de rivieren voller zijn dan nu? Belangrijke vragen om te beantwoorden, maar je kunt dit niet rechtstreeks onderzoeken. Je kunt immers niet bij wijze van experiment het niveau van de zee verhogen. Ook in de techniek heb je het probleem dat je niet alles in de echte praktijk kunt of wilt uitproberen. Zou het verkeer echt beter doorstromen wanneer je een rotonde aanlegt? Hoe sterk zal de brug zijn die je van plan bent te bouwen? Zouden kinderen hun fiets netjes parkeren als er meer klemmen geplaatst worden?

Wat je dan kunt doen is een model maken van een stromende rivier met een zandbak en een tuinslang of van een stenen boogbrug met blokken of van het verkeer, met behulp van een simulatieprogramma op de computer.

De kunst van het modelleren is om datgene waarin je geïnteresseerd bent zo goed mogelijk te behouden en verder zoveel mogelijk weg te laten (Zawojewski, Diefes-Dux & Bowman, 2008). Als je talent hebt voor modelleren, voel je aan wat je weg kunt laten en wat zeker niet. Een goed model maken begint vaak bij het observeren van de praktijk. Wat moet je waarnemen of meten aan een stromende rivier om de essentie te vangen?

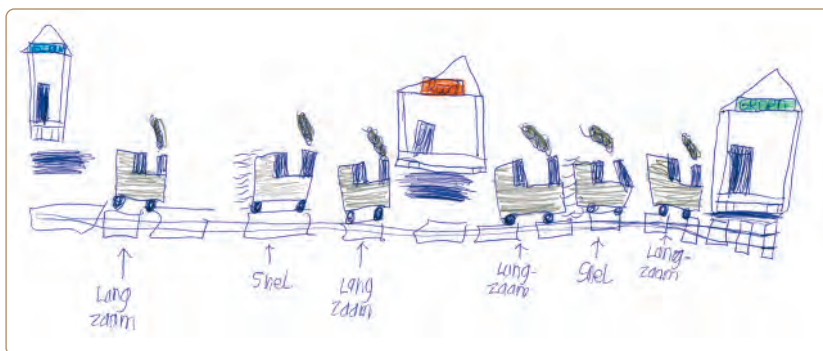
Schetsen, kaartjes en grafieken maken is een goede manier om je te leren concentreren op de hoofdzaken. Een kaart is geen foto. Kinderen kunnen hun eigen symbolen ontwikkelen en gebruiken om de belangrijkste dingen weer te geven. Dit vraagt om een talent voor abstract denken. Ervaringen en waarnemingen op deze manier representeren is een goede manier om informatievaardigheden onder de knie te krijgen. Als je om je heen kijkt, zie je overal symbolensystemen zoals letters, muziekschrift en verkeersborden.



Een brug van rietjes

Veel modellen zijn schaalmodellen. Kleine dingen, zoals moleculen of cellen, maak je groter. Grote dingen, zoals een gebouw of een boot, maak je kleiner. Je past ze aan aan de menselijke maat. Kinderen bouwen bijvoorbeeld een dam in een riviertje. Je kunt een brug bouwen van rietjes. Zo kunnen kinderen zintuiglijke, empirische indrukken opdoen. Je kunt ook een model maken door andere materialen te gebruiken die goedkoper zijn of waarmee je sneller kunt werken. Je kunt het allebei doen, bijvoorbeeld met een papieren vliegtuigje. Je behoudt zo de vorm, en de eigenschappen die van de vorm afhangen, kun je met het model onderzoeken. Als je wilt weten hoe een rivier stroomt als er bomen langs de oever groeien, kun je dit modelleren door eerst een rivier op schaal na te bootsen met een zand- en waterbak en dan tuinkers langs de rand te zaaien. Maar als je de sterkte van een brug wilt onderzoeken met een model dat gemaakt is van rietjes, spelden en touw, dan behoud je waarschijnlijk niet de eigenschappen die er toen doen voor het bepalen van de sterkte.

Je kunt ook een model maken waarin niet de vorm, maar andere eigenschappen behouden blijven. Een computermodel van een stromende rivier heeft niet de vorm van een rivier, is niet nat, stroomt niet echt, maar kan je veel informatie geven die in de werkelijkheid lastig te meten is. Op Rekenweb.nl vind je bijvoorbeeld het programma *Trein - machinist*, waarmee je de snelheid van een trein kunt simuleren (Van Galen & Gravemeijer, 2010). Op een abstracte manier kun je ervaren wat er gebeurt wanneer je niet op tijd remt voor een station.



Representatie van snelheid

Modellen hebben hun beperkingen en het is ook een kunst je te realiseren welke eigenschappen bij het model horen en welke eigenschappen 'echt' zijn. Zo hebben alle schaalmodellen en afbeeldingen van atomen zichtbare vormen en kleuren. Anders kunnen we ze immers niet zien. Maar atomen en moleculen zijn te klein om met gewoon

licht te zien. De golflengte van licht is groter dan het atoom en spoelt er langs, zoals een golf zich weinig aantrekt van een stok die je op het strand in het zand steekt. Atomen hebben dus ook geen kleur, ze zijn niet zwart, ze zijn niet wit, ze zijn niet doorzichtig, ze zien er letterlijk niet uit. Best verwarrend.

### Voorbeeld

Twee jongens willen weten wat eerder omwaait: een dikke paal of een dunne paal. Ze zetten twee palen van hetzelfde gewicht naast elkaar. Ze zorgen voor wind met behulp van een ventilator en zien dat de dikke paal het eerste omwaait. Dit kwam overeen met wat ze al hadden voorspeld.



## B8 Handelen

Handelen, iets doen, is een soort denken met je handen. Jonge kinderen die zich normaal ontwikkelen bouwen door te handelen een rijke ervaringsbasis op waar ze hun leven lang plezier van hebben. Je weet pas echt wat 'hard' of 'nat' of 'glad' is als je dit met je lichaam hebt ervaren. Je 'ziet' als het ware dat een glas hard en breekbaar is, ook al heb je dat specifieke glas nooit in je handen gehad. Leren door doen is dus belangrijk om de wereld te begrijpen en kinderen die graag met hun handen ergens aanzitten hebben een voorsprong.

Doen is ook belangrijk om motorische vaardigheden te ontwikkelen. Hoe vaker je iets doet, hoe beter de coördinatie tussen je hersenen en je spieren wordt, en hoe 'handiger' je wordt. Aanleg speelt een rol; oefenen nog meer.



Doen

Oefenen kost wel veel tijd. Het is de vraag of je op de basisschool veel handvaardigheden op hoog niveau kunt ontwikkelen en of dit nodig is. Maar je kunt wel zien welke kinderen er plezier in hebben iets te maken.

In wetenschap en techniek gebruik je vaak hulpmiddelen en gereedschap. Met een steen kun je harder slaan dan met je handen. Een hamer is niet alleen hard, maar maakt ook gebruik van het principe van de hefboom, waardoor je met minder moeite hard kunt slaan. Je maakt je arm langer. Met een kwast kun je verven zonder vieze handen te krijgen. Met een schuurpapiertje kun je een gladde dop of deksel open krijgen.

Talent voor doen is dus ook dat kinderen begrijpen welk soort hulpmiddel of gereedschap je nodig hebt en welk principe daar achter zit. Nog knapper is het wanneer kinderen zelf een hulp-

middel verzinnen waardoor ze beter kunnen waarnemen of handelen. Wie heeft ooit bedacht om een steel aan een steen te bevestigen? Of een naald met een gat erin om een draad door stof te trekken?

Kinderen die over dit soort dingen nadenken zijn niet per se motorisch begaafd. Ze zijn niet handiger in het gebruik van gereedschap, maar wel slimmer in het redeneren van een doel naar een bijpassend middel.

### Voorbeeld

Een meisje wilde nieuw papier maken van oud papier en ging aan de slag met papiersnippers. Ze gebruikte daarvoor een vierkanten bak, een zeef, een mixer en een doek. Papiersnippers mixte ze met water, waarna ze de smurrie zeefde en het water eruit wrong. Toen het was gedroogd, had ze weer nieuw papier. Dat bleek echter niet zo sterk. Ze ging onderzoeken of het papier sterker werd als ze met kleine stukjes papier begon. Dit bleek het geval te zijn.



### Voorbeeld

De kinderen worden uitgedaagd een machine te gaan maken. Als de kinderen een werkje hebben gemaakt vraagt de techniekdocente "Wat heb je voor machine gemaakt?". Bram zegt "Ik heb een hamburgermachine gemaakt". Colin heeft een treinmachine gemaakt. Het materiaal bestaat uit tandwielen die op een plaatje vastgezet kunnen worden en als je dat goed doet kunnen ze allemaal gaan draaien als je aan de eerste draait. Als de kinderen aan het bouwen zijn, zie je dat ze het materiaal verkennen. In het begin maken ze iets en merken dat het niet draait. Al spelend verbeteren ze zichzelf en ze hebben snel in de gaten hoe je iets moet bouwen dat als een geoliede machine kan werken. De gemaakte machines worden door de kinderen meegenomen naar hun klas.



### Voorbeeld

Een les voor leerlingen uit groep 7, waarin kinderen zelf shampoo gaan maken. Het nauwkeurig volgen van de stappen speelt een belangrijke rol in dit proces.

De kinderen zitten in tweetallen aan tafeltjes. Het werkblad ligt klaar, evenals de benodigde voorwerpen zoals een pipet, maatbeker, trechter, roerstaafje en lepeltje. De kinderen gaan de shampoo in tweetallen maken. Na afloop mogen ze de shampoo om de beurt mee naar huis nemen om uit te proberen. >>>



### Vervolg

Eerst benoemt de leerkracht de verschillende objecten die op tafel liggen. De woorden zijn nog niet voor alle kinderen goed bekend. Eén jongen haalt de 'trechter' en de 'pipet' even later door elkaar. Vervolgens neemt de leerkracht het eerste deel van het werkblad met de leerlingen door. Er moet 20 milliliter detergent in de maatbeker en vervolgens 20 milliliter water. De leerkracht legt uit dat er twee manieren zijn om de tweede 20 millimeter af te meten: tot 40 milliliter bijschenken of eerst zorgen dat je 20 milliliter water in de tweede maatbeker overhoudt (door het overige water weg te gieten). De kinderen kiezen een geurstof en een kleurstof voor hun shampoo. Wanneer de shampoo klaar is, schrijven ze op een plaketiket de naam en de uiterste houdbaarheidsdatum van de shampoo. Sommige kinderen kijken op de kalender om de datum over 14 dagen op te zoeken.



### Voorbeeld

De leerkracht gaat samen met een groepje kleuters naar buiten om slakken te zoeken. Er zitten heel veel slakken in de tuin op het schoolplein, dus ze hebben er zo enkele gevonden. De slakjes worden op een placemat gezet en meegenomen naar de klas. De leerkracht neemt ook een blaadje van een struik mee waar nog een slijmspoor van een slak op te zien is.

In de klas zitten de kinderen om een ronde tafel en observeren de slakken met een loep. Sommige slakjes blijven in hun huisje zitten, maar andere kruipen over de tafel heen. Dat vinden de kinderen best een beetje spannend. De leerkracht laat de slakken over een zwart stuk papier heen kruipen waarop hun slijmspoor mooi zichtbaar wordt. Ze wijst de kinderen ook op het slijmspoor op het blaadje van de struik. De kinderen kijken door hun loep naar de slakken en bestuderen hun huisje, lijfje en voelsprietten. Vervolgens proberen ze de slak zo goed mogelijk na te maken met klei. Tijdens de activiteit laten twee slakken een poepspoor achter; dat vinden de kinderen erg leuk om te zien, maar ook wel een beetje vies.

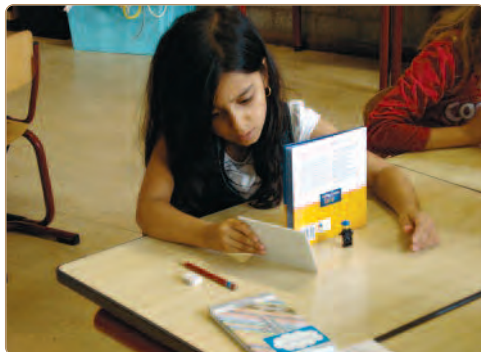


### Voorbeeld

De leerkracht start met de vraag: 'Wat kan je allemaal zien in een spiegel?' Ieder kind krijgt een spiegeltje en mag even experimenteren met wat het allemaal in de spiegel kan zien. Vervolgens vraagt de leerkracht aan verschillende kinderen wat ze gezien hebben toen ze in hun spiegeltje keken, en of ze hun spiegeltje zo kunnen draaien dat ze een bepaald object of kind in de klas kunnen zien. Ze controleert het met vragen als: > > >

## Vervolg

'Wat staat er op de wasbak?', 'Hoeveel vingers steekt ... op?', etc. Vervolgens tekent de leerkracht een halve figuur op het digibord ter introductie van een werkblad met halve figuren. Ze legt uit dat de kinderen deze vormen heel kunnen maken door hun spiegeltje er tegenaan te leggen. Eerst vraagt ze aan de kinderen om te voorspellen hoe de hele figuur eruit zal zien. De kinderen gaan vervolgens in tweetallen met het werkblad aan de slag. Elk kind doet dit samen met zijn/haar schoudermaatje; om de beurt tekenen ze een figuur af. De figuren variëren in moeilijkheidsgraad (voorkant eenvoudiger, achterkant moeilijker).



Tot slot krijgt elk kind een Lego-poppetje. De leerlingen zetten het poppetje achter een muurtje, dat ze maken met behulp van een boek. Ze moeten proberen om met hun spiegeltje 'om een hoekje te kijken', en het spiegeltje zodanig te plaatsen dat ze het poppetje in het spiegeltje kunnen zien. Veel jonge kinderen plaatsen hun spiegeltje in eerste instantie achter het poppetje.

## B9 Vastleggen, presenteren en bespreken

Als je begint met een vraag of een probleem, dan wil je het liefst eindigen met een antwoord of oplossing. We zijn niet klaar als de tijd om is, als alle opdrachten netjes gedaan zijn en we leuk bezig zijn geweest, maar als je aan jezelf en aan anderen duidelijk kunt maken dat je iets bereikt hebt. Wat heb je geleerd? Daarom is een onderzoek nooit af zonder een presentatie en bespreking van de resultaten.

Om de kennis en inzichten die je opdoet te kunnen delen, moet je je er bewust van worden en jezelf helpen alles te onthouden. Hardop praten helpt hierbij en dat is een goede reden om kinderen veel samen te laten werken en

ze regelmatig vragen te stellen, want vaak denken kinderen dat ze iets begrijpen, maar valt dit reuze tegen wanneer ze proberen hun ideeën onder woorden te brengen. Wat ook helpt is om dingen die je waarneemt of bedenkt vast te leggen op een blaadje, in een logboek, met een computer, met een camera, door een schets te maken of op een andere manier iets doen dat je geheugen ontlast en waardoor je de waarnemingen als het ware in je zak kunt stoppen en mee kunt nemen (Klentschy, 2008),.



Notitieboekje met potloden

Op deze manier maken kinderen van hun waarnemingen en ervaringen een soort 'ding', een object. Waarnemingen zijn iets heel persoonlijks en daardoor subjectief, afhankelijk van degene (het 'subject') die de waarneming doet. 'Ik zie, ik zie, wat jij niet ziet'.

Maar wanneer alle kinderen dezelfde waarnemingen doen, kunnen ze het er over eens worden dat die waarnemingen 'objectief' zijn: ze worden veroorzaakt door eigenschappen van dingen ('objecten') in de wereld buiten onszelf. Objectiveren is een belangrijk onderdeel van wetenschap en techniek: zie jij ook wat ik zie? (Latour, 1988; Burge, 2010) Het gebruik van allerlei meetinstrumenten, zoals thermometers of regensmeters, helpt om waarnemingen beter vast te leggen, zodat je er objectiever over kunt spreken.



Bespreking van een zonneboot

Presenteren en bespreken van resultaten kun je zien als een soort spel tussen twee partijen. De ene partij probeert met allerlei middelen aan te tonen dat bepaalde waarnemingen en conclusies iets zeggen over iets in de wereld. "Je schaduw wordt echt kleiner als je verder weg bent van de lamp". De andere partij, de kinderen die naar de presentatie luisteren of de mensen die het verslag lezen, proberen hier juist argumenten tegenin te brengen. "Dat was toevallig zo"; "Je hebt niet goed gekeken"; "Ik heb iets heel anders gevonden".

Je kunt je waarnemingen en conclusies op een aantal manieren geloofwaardig proberen te maken. Ze vragen om verschillende talenten, die elkaar natuurlijk versterken.

De eerste manier is om zo objectief mogelijk te werken. De meeste kinderen denken dat één keer een proefje doen wel genoeg is, maar sommige kinderen proberen het spontaan nog een keer of vragen andere kinderen ook waar te nemen. Je kunt hulpmiddelen zoals meetinstrumenten gebruiken, die bijvoorbeeld sneller zijn, nauwkeuriger zijn of iets waarnemen waar wij mensen geen geschikte zintuigen voor hebben. Je moet soms veel moeite doen, vasthoudend zijn, zorgvuldig en nauwkeurig werken en eerlijk zijn over wat je wel en niet gedaan en gezien hebt. De tweede manier is om je waarneming en conclusies 'logisch' te laten schijnen. Dat doe je door aan te sluiten bij wat al bekend is en van te voren verwachtingen uit te spreken die kloppen met 'de theorie'. Als er dan inderdaad iets gebeurt dat je verwacht en voorspeld hebt, dan vinden anderen je conclusies geloofwaardiger. Niet alle kinderen zijn er even goed in om theorie en praktijk aan elkaar te koppelen.

De derde manier is om je waarnemingen en conclusies zo mooi mogelijk te presenteren: met duidelijke illustraties, grafieken, tabellen en dergelijke. Veel kinderen vinden dit leuk om te doen en sommigen zijn er bijzonder goed in. Het gaat hier om talent voor communiceren, om je te verplaatsen in anderen en hoe die je boodschap opvangen. Het is een belangrijke vaardigheid, want veel mensen denken dat als iets er verzorgd uitziet en serieus gepresenteerd wordt, het dan ook wel waar zal zijn en omgekeerd. Soms is dat zo, maar niet altijd. In de reclame zie je veel voorbeelden van fraai verpakte onzin, bijvoorbeeld voor allerlei overbodige gezondheidsmiddeltjes.

De andere rol in het spel is kritisch luisteren en bediscussiëren van de resultaten. Hier kunnen weer andere kinderen in uitblinken. Je moet niet al te goedgegelovig zijn en je niet af laten leiden door mooie praatjes en plaatjes. Je moet kunnen zoeken naar de zwakke plekken in de waarnemingen, oplossingen en redeneringen en daar vragen over stellen. Sommige kinderen zijn er goed in om met alternatieve verklaringen of oplossingen te komen. Een mooi spel, dat beslist gespeeld moet worden aan het eind van het onderzoek.

### Voorbeeld 1

De kinderen hebben bij hun experimenten gekeken, getekend en gemeten. De kinderen leren dat je zo allerlei dingen kan meten in de waterbak. Als eerste hebben ze geëxperimenteerd met het meten van de stroomsnelheid (debiet) oftewel ze hebben bepaald hoeveel liter water er per bepaalde tijdseenheid door de bak stroomt. Daarmee hebben de kinderen ervaring opgedaan met het meten en hebben ze tevens ideeën gekregen hoe ze bij hun eigen experiment kunnen meten. De kinderen zijn doordrongen van de kreet "Meten is Weten". Verder hebben ze kunnen oefenen met kijken en interpreteren wat je ziet en dit kunnen natekenen op schaal.



#### *De presentatiemiddag*

Als afsluiting van het project presenteren alle groepjes hun onderzoek aan ouders en overige belangstellenden. De zaal zit helemaal vol.

De kinderen konden duidelijk maken wat ze hadden gedaan in hun eigen onderzoek. Ze maakte gebruik van een poster of een powerpointpresentatie. De kinderen spraken duidelijk en keken ook echt de ouders aan. Hun enthousiasme over dit project en de interessante uitkomsten hebben zij goed weten over te brengen naar het publiek.

### Voorbeeld 2

De kinderen in de bovenbouw (groepen 5-8) doen een 'eigen project', waarbij ze hun eigen belangstelling mogen volgen, zolang het maar binnen de context van de school te testen is. Ze moeten zelf een vraag en een hypothese formuleren en een onderzoekssituatie bedenken en creëren waarin ze deze hypothese kunnen toetsen. Als ze hun plan op papier hebben, moeten ze aan hun projectgenoten een presentatie geven van hun onderzoeksplan. Dat resulteerde in powerpointpresentaties van verschillende kwaliteit en mondelinge duo/trio/kwartet-presentaties. De kinderen moesten het format van de empirische cyclus gebruiken.



Tijdens de presentaties bleek dat sommige kinderen makkelijker en zorgvuldiger formuleren dan andere kinderen. Na afloop van de presentatie mochten klasgenoten vragen stellen over het project. De kinderen moesten daar dan ter plekke op reageren. Dat vonden sommige kinderen lastig, want dit vergt toch weer een andere type taalvaardigheid.

# DEEL C

---

## Talenten in de context wetenschap en techniek

|           |                                      |           |
|-----------|--------------------------------------|-----------|
| <b>C1</b> | <b>Taal ontwikkelen en gebruiken</b> | <b>59</b> |
| <b>C2</b> | <b>Verbeelden</b>                    | <b>63</b> |
| <b>C3</b> | <b>Mathematiseren</b>                | <b>64</b> |
| <b>C4</b> | <b>Algemene vaardigheden</b>         | <b>67</b> |



## DEEL C Talenten in de context van wetenschap en techniek

*Onderwijs in wetenschap en techniek is oriëntatie op jezelf en de wereld. Leren over wetenschap en techniek is een belangrijk doel in zichzelf. 'Oriëntatie op jezelf en de wereld' betekent dan dat kinderen de materiële werkelijkheid leren begrijpen en hun talenten hierin leren herkennen, maar daar houdt het niet mee op. Wetenschap en techniek is een uitstekend middel om andere doelen na te streven en te bereiken. De praktijk van verwonderen, onderzoeken, ontwerpen en uitzoeken zet kinderen aan tot taalgebruik, tot rekenen, tot zelfsturing en tot sociale en communicatieve vaardigheden.*

### C1 Taal ontwikkelen en gebruiken

Vanaf het moment dat kinderen geboren worden, horen ze taal en het duurt niet lang voordat ze zelf woorden gaan gebruiken. Imitatie speelt een belangrijke rol. Kinderen horen andere mensen woorden gebruiken in een bepaalde context, vormen zich een beeld van de betekenis, proberen zelf die woorden uit, en worden door positieve en negatieve feedback bekrachtigd dan wel bijgestuurd (Henrichs, Leseman, Broekhof, & Cohen de Lara, 2011).

In onze maatschappij worden heel wat woorden en begrippen gebruikt uit de wereld van wetenschap en techniek. Er zijn veel mogelijkheden om taalonderwijs te combineren met wetenschap en techniek. Informatie verwerken uit gesproken en geschreven taal, verslag uitbrengen, elkaar iets uitleggen, mondeling en schriftelijk presenteren, informatie en meningen ordenen, argumenteren, overtuigen, teksten schrijven, uitbreiden van de woordenschat: bijna alle kerndoelen kunnen op een natuurlijke en betekenisvolle manier aan bod komen in de context van wetenschap en techniek. Of je dit nu taalgericht vakonderwijs of vakgericht taalonderwijs noemt en of je het doet in de tijd voor taal of in de tijd voor wereldoriëntatie maakt voor het leren van de kinderen niet veel uit!

Voor het verwerven van een adequate woordenschat zijn twee strategieën van belang. De eerste manier is door dingen of processen aan te wijzen, rechtsreeks of via teksten of beeldmateriaal en daar trefwoorden en



leerling verwoordt wat er gebeurt

definities bij te geven. Kinderen nemen dit dan over. Deze manier is erg efficiënt, maar heeft enkele nadelen. Het maakt kinderen afhankelijk van deskundigen. Je moet immers geloven dat het is zoals ze zeggen. En je weet niet zeker of kinderen de woorden en definities ook begrijpen zoals ze bedoeld zijn. Als je zegt dat de aarde rond is, kunnen ze denken aan een bol, maar ook aan een schoteltje. Je zou kinderen eigenlijk mee moeten nemen in een ruimtereis om de aarde, zodat ze zelf kunnen zien wat we bedoelen met 'rond'.

Ervaringen versterken de neurale netwerken die zich rond de woorden vormen. Deze tweede strategie van taalverwerving (leren op basis van ervaren) is daarom minstens zo belangrijk, en gaat voor veel woorden vooraf aan de eerste. Pas wanneer kinderen, ondersteund door ervaring, een eerste begrip hebben ontwikkeld van de fenomenen, objecten en processen in wetenschap en techniek, kunnen ze hun kennis uitbreiden door te luisteren naar wat anderen zeggen, door te lezen of door definities te leren. "Welke vorm heeft de aarde?", kun je probleemloos vragen na zo'n ruimtereis.

Die basis voor begrip ontstaat op basis van eigen zintuiglijke ervaringen en waarnemingen. Deze ervaringen vragen om benoemd te worden, te worden vergeleken met het bekende en te worden ingepast in theoriën over hoe de wereld werkt (Pinker, 2007). Kinderen moeten niet zozeer vaktaal na leren praten, als wel uitgedaagd worden hun ervaringen en inzichten zelf onder woorden te brengen, zodat hun begrippen en concepten instrumenten kunnen worden voor communicatie en probleemoplossen.

De ontwikkeling van de taalvaardigheid van kinderen hangt ongetwijfeld af van aangeboren aanleg, maar is ook afhankelijk van omstandigheden. Kinderen krijgen van huis uit verschillende bagage mee. Wie veel meekrijgt, komt op school al snel in een positieve talentspiraal. Alle kinderen ontwikkelen zich, maar de verschillen worden niet noodzakelijkerwijs kleiner. De confrontatie met onbekende fenomenen uit de wereld van wetenschap en techniek betekent echter voor alle kinderen een zekere taalnood: niemand weet goed hoe je onder woorden moet brengen wat je ervaart, terwijl je er wel graag iets over wilt zeggen. Dit geldt voor taalvaardige kinderen die al goed kunnen communiceren, en biedt ook goede mogelijkheden taalzwakke kinderen uit te dagen tot taalproductie en in een positieve spiraal te brengen.



Ervaringen benoemen

### Voorbeeld

#### Taal leren gebruiken om te communiceren

De kinderen in de peutergroep volgen elkaars activiteiten en proberen elkaar te betrekken in hun fantasieën die ze voortdurend proberen te verwoorden. Hun communicatie is daarbij zowel op de begeleidster als op de andere kinderen gericht. Ze gebruiken woorden als 'groot' op een manier waaruit blijkt dat ze snappen dat er ook een tegenovergestelde is (*dit is de grote slang en dit zijn babyslangen*), 'mooi' (*hij is mooi, jouw paddenstoel*), 'achter' (*kijk eens achter je*). Soms ontbreekt het juiste woord nog en dan is dat lastig als je een stuk gereedschap wilt gebruiken dat tijdelijk bezet is, maar dan kun je er ook naar wijzen en zeggen 'zelfde'. Ook het gebruik van het woord 'ik' is nog niet bij alle kinderen helemaal vertrouwd, maar dat de naamstickers die ze voor deze gelegenheid op hun borst dragen alleen naar henzelf verwijzen weten sommigen wel: 'Hier staat Cameron' (naar zijn trui wijzend), waarop de begeleidster zegt 'Dat hoort bij jou hè?' Caël wijst vervolgens ook naar zijn trui en zegt: 'Hier staat Caël'.

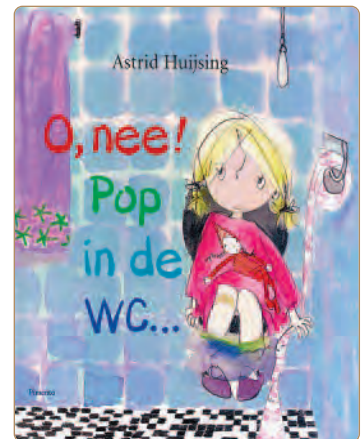
**Voorbeeld****Ontwikkelen van kennis en taalbegrip via aanbieden van zintuiglijke ervaring**

Voor de groepen 1-4 is taalontwikkeling naast materiaal-kennis een belangrijk doel van een techniekles, bijvoorbeeld bij het thema 'van schaaap tot trui'. Hier leren de kinderen het verschil tussen geweven en gebreide stoffen en later ook tussen wol, katoen en kunststof. De materiaalkennis en de terminologie worden aangeleerd door de kinderen verschillende kledingstukken in handen te geven en te vragen wat ze denken dat het is.

**Voorbeeld****Uitbreiden van woordenschat met nieuwe woorden**

Na de routines van de dag in de kring pakt de leerkracht van groep 1/2 het prentenboek *O, nee! Pop in de wc ...* (van Astrid Huijsing) en vraagt de kinderen intussen waar het eten blijft dat je opgegeten hebt.

De verhaallijn van het boek volgt een pop die per ongeluk in de wc valt en doorgetrokken wordt. Op de tekeningen zie je het leven boven de grond en een dwarsdoorsnede van de rioolbuizen waar de pop in drijft onder de grond. De leerkracht stelt tijdens het lezen veel vragen om de kinderen mee te laten denken en te laten voorspellen hoe het verder gaat. Het einde van het verhaal speelt zich af bij de rioolzuiveringsinstallatie. Allerlei abstracte woorden als *filter*, *rooster*, *bacteriën*, *slang*, *buis*, en *schroef* zitten in het verhaal. De kinderen zitten op het puntje van de stoel. Het gesprek over schoon en vuil water krijgt diepgang door de vraag 'hoe je het water uit de kraan kunt beschrijven?' Woorden als *licht*, *doorzichtig*, *blauw* en *wit* zijn daarbij gebruikte aanduidingen. Wanneer het verhaal uit is, pakt de leerkracht een foto van een wc en een foto van een wastafel en geeft de kinderen de denk/controlevraag mee: "Wat zou er onder de grond zitten?"

**Voorbeeld****Uitbreiden van woordenschat met nieuwe vaktermen (vakjargon)**

Leerkracht: "De kinderen leren in een heel ander vakjargon zich uitdrukken dan ze gewend waren. Termen als *delta*, *wiel*, *debiet* of *meanderen* zijn voor de kinderen normaal taalgebruik geworden.

Ook merk je dat, als het ingewikkelder wordt, de kinderen wel al gevoel hebben ontwikkeld voor de onderwerpen van dit thema. Ze snappen wel gevoelsmatig hoe het zit maar kunnen het nog niet in eigen woorden uitleggen. Dit is duidelijk pas een volgende stap.

Door samen te kijken en te benoemen en te vragen wat er gebeurt, merk je dat de kinderen veel opsteken, onthouden, leren en begrijpen in dit nieuwe vakgebied."

### Voorbeeld

#### Het uitbreiden van de woordenschat met woorden over het doen van onderzoek

Ook de woorden die bij het doen van onderzoek horen zijn gemeengoed geworden. De kinderen hebben geleerd de fasen van de empirische cyclus te benoemen en erbij te vertellen wat er gebeurt en wat dat dan vervolgens betekent. Ze leerden wat het verschil is tussen vraagstelling en hypothese en stonden stil bij het belang van zorgvuldig formuleren van een hypothese en een meetmethode.

Op een andere school gebruikten de kinderen in hun communicatie tijdens de workshops over het maken van een zweeftoestel voortdurend woorden als 'ontwerp' ('mijn ontwerp deed er vier seconden over!') en 'testen' ('zullen we nog even gaan testen?'). Deze woorden zijn nieuw, in die zin dat de kinderen ze wellicht wel eerder hebben gehoord, maar dat ze nu pas betekenis krijgen nu ze met bijbehorende activiteiten zijn verbonden.

### Voorbeeld

#### Kennis en inzicht verwerven

Uit de lessen over het thema *Wrijving* verwerven de kinderen van groep 1-2 kennis en inzicht. Ze leren het verschil tussen rollen en schuiven of glijden, steil en vlak, horizontaal en verticaal en stroef en glad. Daarnaast krijgen ze de basis uitgelegd van de term wrijving. Zij verwoorden hun ervaringen op hun eigen manier, zoals blijkt uit de volgende voorbeelden: Een houten blok schuift niet uit zichzelf ("hij slaapt"), maar wel als je hem een duw geeft; als het blok van een hogere bank gaat, glijdt hij wel vanzelf ("omdat de plank hoog is, ging hij glijden").



### Voorbeeld

#### Nieuwe begrippen leren kennen

In de midden- en bovenbouw gaat het minder om het aanleren van nieuwe woorden - al komt dat natuurlijk nog geregeld voor - maar vooral om het verdiepen en verbreden van de bekende betekenissen. Zo leerden de kinderen in een les over lawines dat ook lawines met wrijving te maken hebben en dat de vorm van de glijdende objecten (glad of ruw, rond of hoekig) invloed heeft op de glijnsnelheid en de wrijvingshoek (nieuw woord).

### Voorbeeld

#### Zorgvuldig leren formuleren

Bij de les over de zonnwijzer kwam het belang naar voren om zorgvuldig te formuleren en te communiceren over wat je bedoelt. De uitdrukking 'de zon trekt weg' leidde in groep 4 tot discussie over de (on)juistheid van deze expressie. Zo'n dagelijkse uitdrukking bleek slecht te kloppen met wat je ziet gebeuren als je zelf goed waarneemt, want de zon trekt niet weg, maar de wolken schuiven ervoor.

## C2 Verbeelden



Basisschool met koeien op dak

Mensen zijn geen computers of videorecorders. Net zo min als een videocamera of een robot met sensoren een 'kabouter' bevat die het allemaal ziet zoals wij het zien, werken wij volgens de principes van deze apparaten. Als wij iets zien of op een andere manier ervaren, leggen we onze zintuiglijke indrukken niet in de vorm van enen en nullen vast op een soort harde schijf. Onze hersenen werken heel anders. Ons denken is niet, als in een computer, een soort optellen en aftrekken van in zich zelf betekenisloze geheugenbestanden. Wij vormen ons betekenisvolle beelden en begrippen en daarmee denken we.

Zowel het begrijpen van de werkelijkheid als het vinden van oplossingen voor problemen heeft enorm baat bij het vermogen om mentale voorstellingen te maken en die denkbeelden in gedachten te bewerken. Het ene kind heeft duidelijk meer ideeën en is creatiever dan het andere. Waar die ideeën vandaan komen weten we niet heel precies. Associëren speelt in ieder geval een rol en associatietechnieken, zoals het maken van een woordspin, kunnen daarom nuttig zijn. De formulering van vragen en opdrachten is belangrijk om kinderen uit te dagen wat meer

'out-of-the-box' te denken. Je hoort vaak dat kinderen zoveel fantasie hebben, maar als je ze vraagt om een huis te tekenen, lijken die tekeningen toch wel veel op elkaar. 'Ontwerp een bankje voor op het schoolplein' laat minder ruimte voor fantasie en verbeelding dan 'Bedenk iets waar kinderen op het schoolplein op gaan zitten'. In Duitsland heeft een school de kinderboerderij geïntegreerd door een grasdak aan te leggen waarop koeien grazen. Je moet maar op het idee komen!

In wetenschap en techniek wordt veel gebruik gemaakt van metaforisch redeneren, met als uitgangspunt een begrip dat een lichamelijke ervaringsbasis heeft. Denk aan het gebruik van het woord 'arm' bij de hefboomregel. We weten uit ervaring dat het meer moeite kost om iets zwaars te dragen met gestrekte armen dan met gebogen armen. Denk ook aan het metaforische gebruik van 'stromen' in de context van elektriciteit, of aan het gebruik van het woord 'adem' voor het luchtdrukverschil dat een spuitje doet bewegen in het filmpje 'Wesley en de luchtspruit' uit het programma TalentenKracht.



Parallele lijnen

Zulke metaforen helpen om de aandacht te richten. Wie het begrip 'stroom' gebruikt voor elektriciteit, zal gaan nadenken over wat bij elektriciteit precies het hoogteverschil is dat er de oorzaak van is dat iets gaat stromen. Wat je ervaart wil je duiden tot je het naar bevrediging begrepen hebt.

Je verbeelding vult hierbij allerlei witte vlekken op. Denk aan het bekende vlekkenpatroon waarin veel mensen een hond herkennen. Soms gaat de verbeelding op de automatische piloot en zoekt naar invullingen en betekenissen, ook waar dit niet zinvol is. Zo denken veel mensen bij 'atoom' of 'elektron' automatisch aan een klein dingetje, een soort knikker, die dus hard is, een kleur heeft, et cetera. Of denk

aan tekeningen met gezichtsbedrog of onmogelijke figuren: je hersenen blijven proberen het je te laten zien op een manier die 'klopt'.

Talent voor verbeelding in wetenschap en techniek is het vermogen zintuiglijke ervaringen, problemen, oplossingen en verklaringen te vangen in denkbeelden. Het is ook het vermogen strikt individuele, mentale voorstellingen uit te drukken in voor andere mensen toegankelijke representaties, zoals schetsen en uitleggen met woorden.

### Voorbeeld

Een klein jongetje, dat een paddenstoel van klei heeft gemaakt, vraagt op een bepaald moment aan één van de oudere jongens, die al uren bezig is met het bouwen van de Titanic: "Wil je mijn paddenstoeltje erbij?" De jongen aarzelt en zegt: "Een paddenstoel op een schip?" Na wat overleg mag de paddenstoel uiteindelijk op het schip. Als deze er af valt, vormt dit de aanleiding voor de andere kinderen om te fantaseren over een reddingsboot die erachteraan duikt. Een leerling vertelt: "De paddenstoel viel dus in het water, toen dook er iemand achteraan en kwam er een haai en die beet zo de kop van de paddenstoel eraf."

### Voorbeeld

Een jongetje van vier jaar dat enthousiast met een computeromhulsel sjouwt, kondigt aan dat hij een auto gaat maken. Als hij met veel geduld een plankje, dat hij eerst klem zet in de bankschroef zet, aan beide kanten grondig met lijm heeft ingesmeerd, roept hij enthousiast: "Dit wordt een stuur." Nadat hij er weer plankjes aan vast heeft getimmerd, roept hij trots: "Het is een vliegtuig geworden! "

## C3 Mathematiseren

Kinderen van nu gebruiken hun vingers om te tellen. De oude Babyloniërs gebruikten hun duim om de vingerkootjes van dezelfde hand te tellen en kwamen zo tot de logica van een twaalfvallig in plaats van een tientallig getallenstelsel. Een mooie illustratie van de lichamelijke oorsprong van getalbegrip en van symbolen. Veel wiskundige begrippen en vaardigheden zijn te ontwikkelen door ervaringen aan te bieden met de materiële werkelijkheid, dus in het domein van wetenschap en techniek.

Wetenschap en techniek heeft veel gemeenschappelijk met rekenen/wiskunde.

Daardoor is wetenschap en techniek een goede context om vaardiger te worden in rekenen/wiskunde. Wetenschap en techniek kan hieraan een positieve bijdrage leveren omdat de activiteiten betekenisvoller zijn dan de vaak abstracte sommen binnen het gewone rekenonderwijs. Kinderen zien daardoor beter waar ze mee bezig zijn en houden hun hoofd er beter bij. Ook zijn ze vaak gemotiveerder, waardoor ze meer tijd besteden aan leerzame activiteiten. Dit is geen pleidooi om al het rekenonderwijs in de context van wetenschap en techniek te plaatsen. Authentieke



Meten

vragen over verschijnselen in de natuur en techniek gaan zelden over de tafel van zeven, of over de vraag of aftrekken en delen commutatief zijn of niet. De rekenregels zullen ook systematisch onderwezen en geoefend moeten worden. Kinderen moeten leren met getallen als symbolen te werken en op den duur de knikkers en pizzapunten achter zich kunnen laten.

Rekenen/wiskunde is op de basisschool zo belangrijk dat het wel een doel op zichzelf lijkt te zijn geworden. Daarbij komt dat het domein vaak onnodig wordt verengd tot cijferen: optellen, aftrekken, vermenigvuldigen, delen en procenten berekenen, maar uiteindelijk worden kinderen geen cijferaar van beroep. Rekenen is een hulpmiddel voor de activiteiten waar het in het leven echt om gaat. En er is veel meer interessante wiskunde dan het manipuleren van getallen.

Activiteiten die zowel belangrijk zijn voor rekenen/wiskunde als voor wetenschap en techniek zijn schatten, meten, verbanden uitdrukken in een tabel of grafiek, patronen en veranderingen van patronen in tijd of ruimte herkennen en representeren en symbolen ontwikkelen en gebruiken (Van Galen, Gravemeijer, Van Mulken & Quant, 2012). Met de hulp van computers en wiskunde zijn we steeds beter in staat processen in de werkelijkheid te simuleren. Veel kinderen hebben interesse in games en animatiefilms en willen graag aan de knoppen draaien waarmee achter de schermen al die bewegingen, geluiden en veranderingen gemaakt worden.

Kinderen die hier goed in zijn hebben een talent voor mathematiseren. Dit is zeker niet alleen maar aanleg (de zogenaamde 'wiskundeknobbel', die ook door recent hersenonderzoek nog niet gevonden is), want deze vaardigheden zijn heel goed te ontwikkelen.

In de bekende Eindtoets Basisonderwijs van Cito wordt vragen gesteld om de Informatievaardigheden van kinderen te achterhalen. Daarbij gaat het om de vraag of kinderen relaties tussen verschillende zaken in tabellen, kaartjes en grafieken kunnen herkennen en de informatie die hierin verborgen zit kunnen achterhalen. Ook dit is een voorbeeld van een kruispunt van wetenschap en techniek met wiskunde. Met creatief gebruik van bijvoorbeeld de Bosatlas van het Klimaat - die vol staat met voor kinderen interessante en begrijpelijke informatie - als leermiddel, kun je heel wat leerdoelen realiseren.

### Voorbeeld

De kinderen van groep 1 en 2 gaan onderzoeken hoe je te weten kunt komen of de afbeelding van Ko even groot is als de echte Ko, zonder de echte Ko ernaast te leggen. De leerkracht laat uit het boek van Ik & Ko een plaat zien van Ko. De leerkracht vertelt dat de dokter Ko heeft getekend en dat hij wil weten hoe groot Ko in het echt is en zich afvraagt of de tekening wel klopt. 'Hoe zou hij dat kunnen uitzoeken?' De kinderen willen Ko er gewoon naast leggen maar dat kan niet, want Ko is daar te ziek voor. Op tafel liggen een aantal meet-instrumenten: touwtjes en stroken van verschillende afmetingen. Het duurt even voordat de kinderen er toe komen de lengte af te passen vanaf een vastgesteld begin en een vastgesteld einde.





Meetkunde met schaduwen

### Voorbeeld

In een les binnen een project over palmolie wordt een spel geïntroduceerd waarin de kinderen zich moeten opstellen als ondernemers. In viertallen worden vier rondes gespeeld. Elk kind moet per ronde nadenken en kiezen voor verbouwen van palmolie op een bestaande plantage (winst 100 euro) of voor extra verbouwen en daarmee een stuk tropisch regenwoud kappen (winst 200 euro). Na vier rondes wordt de winst van elke ondernemer opgeteld en krijgen de kinderen in de eigen groep de gelegenheid hun keuzes toe te lichten. Er wordt heel serieus gespeeld en na afloop gediscussieerd over de keuzes die gemaakt zijn. Zo lichtte een meisje haar maximale winst toe met: 'Ik weet dat ik veel bos gekapt heb, maar ik wil de extra winst gebruiken voor goede doelen.'

### Voorbeeld

Bij het bouwen van de stroomgoot moeten de kinderen rekenen, bijvoorbeeld om te berekenen hoeveel water door de stroomgoot kan stromen en hoe groot de bak dan moet zijn om het water van de waterkringloop weer op te vangen. Ook denken ze na over de vraag hoe hoog en dik de balken moeten zijn van de opvangbak onder de gehele opstelling.



### Voorbeeld

De kinderen moeten een experiment bedenken om uit te vinden wie sneller is: de mens of de machine als het gaat om het maken van een dominobaan met dominosteentjes. De kinderen kunnen gaan klokken met een stopwatch hoeveel stenen de machine in een minuut kan plaatsen. Daarna mogen de kinderen om de beurt een minuut stenen plaatsen. Het gemiddeld aantal stenen van de kinderen wordt uitgerekend. De kinderen worden uitgedaagd om in een schrift de uitkomsten van het onderzoek bij te houden en dit te berekenen. Hiermee kan antwoord worden gegeven op de onderzoeksvraag "Wie is sneller: de machine of de mens?".



## C4 Algemene vaardigheden



Samenwerkende kinderen

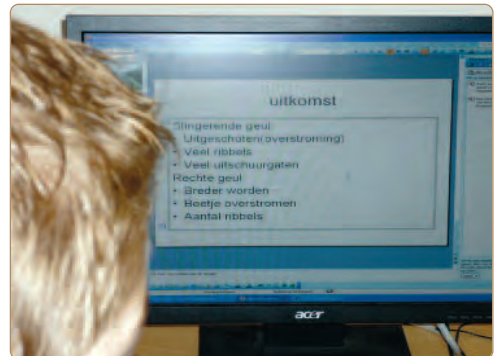
Veel van de vaardigheden en houdingen die je kinderen wilt meegeven overstijgen vakken en domeinen. Sommige hogere-orde cognitieve vaardigheden, zoals kritisch denken, onderzoeken en denken vanuit verbeelding kun je bij uitstek ontwikkelen in de context van wetenschap en techniek, maar komen veel breder van pas.

Bij wetenschap en techniek werken kinderen regelmatig samen. Dit heeft pragmatische redenen: sommige faciliteiten en materialen zijn schaars of duur en het kost minder tijd om groepjes te begeleiden dan individuele leerlingen. Ook belangrijk is dat samenwerken communicatie uitlokt: kinderen moeten afspraken maken, taken verdelen, elkaar dingen uitleggen, elkaar overtuigen,

et cetera. Dit is goed voor de begripsontwikkeling en daardoor kun je als leerkracht zo ook het leerproces beter volgen. Het gaat hier ook om sociale vaardigheden die een nuttige bijdrage leveren aan de uitkomsten. Sommige kinderen blinken juist hier in uit.

Om een doel te bereiken moet je over bepaalde kennis en vaardigheden beschikken, maar ook over doorzettingsvermogen. Het vermogen van kinderen om zichzelf aan te kunnen, sturen blijkt een goede voorspeller van het studiesucces, beter nog dan intelligentie. 'Willen' is net zo belangrijk als 'kunnen'. Jezelf concentreren, motiveren, je werk plannen, omgaan met tegenslag, je gedrag monitoren en aanpassen, het zijn zogenaamde executieve functies. Ontwikkeling van deze vaardigheden kan ook een doel zijn voor onderwijs met wetenschap en techniek.

Sommige kinderen, zeker ook een aantal van de hoogbegaafde kinderen, zijn onderpresteerd op de meer vakgerichte toetsen omdat deze hen niet uitdagen. Hun talent komt pas uit de verf als er een beroep wordt gedaan op moeilijkere hogere-orde denkvaardigheden. Wat kinderen op dit gebied leren en presteren in de context van wetenschap en techniek kun je recht doen met een leerlingvolgsysteem dat niet alleen de vakinhoudelijke kennisontwikkeling volgt, maar juist ook de ontwikkeling van kritisch denken, een onderzoekende houding, vasthoudendheid en de attitude om te willen weten in kaart brengt.



Aandachtig kijkende kinderen

### Voorbeeld

Een groep hoogbegaafde kinderen heeft ervaren en geleerd hoe het is om samen te kunnen werken met gelijkgestemde kinderen. Ze hebben ervaren wat het betekent om ook een taak aan een ander toe te vertrouwen en dus wat het betekent om los te laten en er op te vertrouwen dat dit ook goed gaat. De kinderen hebben in groepjes van twee of drie een eigen onderzoeksvraag moeten formuleren en eigen experimenten moeten uitvoeren. Hierbij hebben zij nagedacht over een taakverdeling en ieder heeft in het experiment en tijdens de presentatie na afloop verschillende taken uitgevoerd.

### Voorbeeld

Veel kinderen lijken bij binnenkomst al direct te weten waar ze mee aan de slag willen: de plannen zitten kennelijk al in hun hoofd. De één kondigt zijn plan aan, soms met een impliciete of expliciete vraag aan de begeleider om hulp: "Ik wil een vulstift maken en dan heb ik van die dunne buisjes nodig." De begeleider stimuleert de leerling zelf over de oplossing na te denken door te vragen: "Weet jij hoe je die zelf kunt maken? "

Een ander kind hoort hun gesprek en oppert dat je ook een rietje kunt gebruiken. Sommige leerlingen kondigen niets aan en beginnen meteen met materialen te sjouwen of aan iets te zagen. Een enkeling weet nog niet waarmee te beginnen en dat mag ook. Een kwartier later heeft ook deze leerling iets gevonden, waar ze de rest van de tijd mee bezig blijft.

### Voorbeeld

#### omgaan met teleurstelling of frustratie

In de techniekwerkplaats kunnen niet alle plannen die de kinderen hebben, worden uitgevoerd zoals ze waren bedacht, maar in samenspraak met de begeleiders wordt er meestal een oplossing gevonden voor wat doorgaans een uitvoeringsprobleem blijkt te zijn. Door een andere schaalgrootte of ander materiaal te gebruiken, lukt het soms wel om tot een bevredigend resultaat te komen, ook al is het misschien iets anders geworden dan aanvankelijk was bedacht. Mogelijke gevoelens van teleurstelling worden door de begeleiders als het kan enigszins positief gedraaid onder het motto: erachter komen dat iets niet werkt of niet kan op de manier die je je had voorgesteld is in feite een uitvinding. Door het geprobeerd te hebben, weet je meer dan daarvoor.

### Voorbeeld

In de techniekwerkplaats is de ervaring dat de kinderen over het algemeen met datgene aan het werk blijven waar ze bij binnenkomst mee begonnen zijn, tot ze door hun ouders aan het eind van de middag worden opgehaald. Het plan uitvoeren gebeurt op allerlei manieren. Het ene kind blijft van begin tot eind gedreven en geconcentreerd aan hetzelfde ding werken, anderen hebben een kortere spanningsboog en moeten tussendoor hun energie even kwijt, bijvoorbeeld door hard aan iets te gaan zagen of met zwaar materiaal te sjouwen. Even 'chillen' kan ook.

# DEEL

---

## De leraar en de onderwijsorganisatie

|     |                                                                     |     |
|-----|---------------------------------------------------------------------|-----|
| D1  | Talent en talentontwikkeling van en door leraren en scholen         | 73  |
| D2  | Attitude voor wetenschap en techniek                                | 76  |
| D3  | Nieuwsgierigheid cultiveren                                         | 78  |
| D4  | Kansen zien en benutten                                             | 80  |
| D5  | Vragen vertalen naar een onderwijsleerproces                        | 84  |
| D6  | Onderzoekend en ontwerpend onderwijzen volgens de empirische cyclus | 87  |
| D7  | Materiële voorwaarden scheppen                                      | 90  |
| D8  | Interactie in onderzoekend en ontwerpend leren                      | 93  |
| D9  | De context en het verhaal                                           | 95  |
| D10 | Kennis hebben van wetenschap en techniek                            | 97  |
| D11 | Aansluiten bij de behoeven en mogelijkheden van ieder kind          | 99  |
| D12 | Opbrengstgericht werken                                             | 102 |
| D13 | Samenhang en leerlijnen aanbrengen                                  | 104 |
| D14 | Talenten uitlokken door schoolorganisatie                           | 105 |



## DEEL D De leraar en de onderwijsorganisatie

*De leraar of begeleider en de school of de organisatie voor kinderopvang, spelen een cruciale rol in het ontlokken en ontwikkelen van talent bij kinderen. We gaan er vanuit dat zo goed als alle kinderen een zekere aanleg voor wetenschap en techniek hebben. Kinderen hebben een natuurlijke exploratiedrang en zijn te verleiden tot denken en doen: dat is voldoende om op voort te bouwen. In dezelfde geest denken we dat zo goed als alle leraren een aanleg voor onderwijs in wetenschap en techniek hebben. Hoe komen we van deze aanleg tot ontwikkeld talent, tot het vermogen excellente onderwijsprestaties neer te zetten? Wat is de aard van dit talent voor onderwijs in wetenschap en techniek? Hoe faciliteer je deze talentontwikkeling? Hiervoor gelden volgens ons dezelfde principes als voor talent en talentontwikkeling bij kinderen.*

### D1 Talent en talentontwikkeling van en door leraren en scholen

‘Goed onderwijs in wetenschap en techniek’ is in de eerste plaats gewoon ‘goed onderwijs’, en dus spelen de leraar of begeleider en de school of de organisatie voor kinderopvang een cruciale rol in het ontlokken en ontwikkelen van talent bij kinderen.

Talent voor onderwijs in wetenschap en techniek is maar voor een klein stukje afhankelijk van aangeboren aanleg. Veel meer is het een emergente en domeinspecifieke eigenschap, die onder gunstige omstandigheden ontwikkeld kan worden. Ook is talent voor onderwijs in wetenschap en techniek niet enkelvoudig, maar samengesteld uit factoren die elkaar kunnen versterken in een positieve talentspiraal.

Belangrijke aspecten die aan de basis liggen van talent voor wetenschap en techniek konden we goed beschrijven met behulp van de empirische cyclus. Met factoren zoals onder andere willen weten, vragen kunnen stellen, kunnen redereneren, kunnen experimenteren, kunnen verbeelden, kunnen meten, konden we talenten en talentontwikkeling bij kinderen in kaart brengen.

Er is nog weinig onderzoek gedaan naar de professionele ontwikkeling van dergelijke talenten bij leraren (De Vries, Van Keulen, Peters & Walma van der Molen, 2011). Het ligt echter voor de hand dat het handelen en denken van kinderen in de empirische cyclus gespiegeld wordt in het handelen en denken van de leraar en de onderwijsorganisatie. Als we in onderwijs in wetenschap en techniek graag willen dat kinderen nieuwsgierige vragen stellen en deze uitwerken tot een onderzoek- of ontwerpproces, dan verwachten we van talentvolle leraren dat ze dit zo goed mogelijk uitlokken en begeleiden.



Voor de leraar of begeleider zijn de volgende punten van belang:

1. **Attitude.** Als je wilt dat kinderen hun talenten ontwikkelen in de context van wetenschap en techniek, zul je dit domein belangrijk en interessant genoeg moeten vinden om er onderwijstijd aan te besteden.
2. **Nieuwsgierigheid.** Nieuwsgierigheid van kinderen kun je opwekken door ze te confronteren met verrassende verschijnselen. Hoe nieuwsgieriger je zelf bent, hoe makkelijker je dit af zal gaan.
3. **Flexibiliteit.** Als je de kansen, die zich voordoen, wilt benutten dan zul je baas moeten zijn over 'het rooster' en 'de methode', zeker als je ook talent voor taal en rekenen wilt ontwikkelen in de context van wetenschap en techniek. Je moet open staan voor wat kinderen interesseert en daarbij aansluiten.
4. **Doelgerichtheid.** Het talent voor onderzoeken en ontwerpen kun je stimuleren wanneer je de interesses van kinderen kunt helpen vertalen naar praktisch onderzoekbare vragen en oplosbare problemen die een leerproces op gang brengen met zinvolle leerresultaten tot gevolg.
5. **Empirische cyclus.** Als je wilt dat kinderen denken, doen en leren van ervaringen volgens een empirische cyclus, dan is het nodig dat je hier jezelf vertrouwd mee bent.
6. **Faciliteiten.** Als je het materiële handelen van kinderen mogelijk wilt maken, moet je in staat zijn en in staat gesteld worden de bijbehorende materialen en andere faciliteiten in te zetten.
7. **Interactie.** Als je wilt dat kinderen eigenaar blijven van hun onderzoekend en ontwerpend leerproces, dan moet je over de sociale en didactische vaardigheden beschikken om ze verder te helpen zonder voortdurend 'de goede antwoorden' te geven of te vertellen 'hoe het moet'.
8. **Narratief.** Als je wilt dat kinderen hun eigen handelen sturen, dan helpt het wanneer activiteiten in een voor kinderen betekenisvol kader, een 'verhaal' staan. Dit lokt actiemogelijkheden uit doordat kinderen gaan denken langs de doorgaande lijn van het verhaal.
9. **Kennis.** Als je wilt dat kinderen met verklaringen komen en kritisch zijn naar hun eigen handelen en denken en de resultaten van hun onderzoeken en ontwerpen, dan zul je over de inhoudelijke kennis en criteria moeten beschikken om dit te beoordelen en kinderen feedback te geven. Hier hoort ook het vermogen bij om de informatie die je hiervoor nodig hebt te zoeken, te vinden en te plaatsen.
10. **Leerbehoeften.** Als je alle kinderen in een positieve talentspiraal wilt brengen, moet je een goed beeld hebben van de leerbehoeften van elk kind en hun leeractiviteiten daarop aanpassen.
11. **Opbrengstgericht werken.** Als je wilt dat kinderen leren, zul je moeten werken vanuit leerdoelen, je een goed beeld moeten kunnen vormen van de opbrengsten en je onderwijs hiermee kunnen optimaliseren.

Leraren en begeleiders handelen niet in een vacuüm, maar werken vanuit een schoolwerkplan of een pedagogisch beleid. De directie en het bestuur hebben de verantwoordelijkheid dit beleid te ontwikkelen en te implementeren. Als je als school - of organisatie voor kinderopvang - de leraren en begeleiders in staat wilt stellen talenten van kinderen in de context van wetenschap en techniek te ontwikkelen, dan betekent dit in een aantal opzichten niets nieuws.

Scholen zijn al gericht op zaken als passend onderwijs (ieder kind geven wat het nodig heeft), opbrengstgericht werken (vanuit leerdoelen werken en resultaten bijhouden) en teamscholing.

Wat niet alle scholen zullen hebben is een duidelijke en schoolbreed uitgewerkte visie op talentontwikkeling met wetenschap en techniek. En scholen kunnen ook sterk verschillen in hun mogelijkheden. Niet elke school heeft een technieklokaal of een leraar met een opleiding in de didactiek van wetenschap en techniek.

Hieronder en in de volgende paragrafen zetten we de schijnwerper op de leraren, begeleiders en organisaties. We laten we zien hoe de Vindplaatsen talentontwikkeling bij kinderen mogelijk maken en welke talenten van het team daarbij benut en ontwikkeld worden.

### Voorbeeld

De ontwikkeling van de W&T lessen is gericht op het uitbouwen van ontwerpend en onderzoekend leren in de hele school. Een directeur zegt daarover: 'Ik zie het verder ontwikkelen en uitbouwen van ontwerpend leren als nieuwe uitdaging. Als je vanuit de principes van ontwerpend leren leert te werken als leraar, dan ga je dat ook terugzien op andere vakgebieden. Op een heleboel vragen is niet een eenduidig antwoord te geven. Het vraagt onderzoek.'

### Voorbeeld

Een belangrijk uitgangspunt in het schoolbeleid van één van de Vindplaatscholen is dat de leerkrachten sterk de nadruk leggen op het hebben van hoge verwachtingen van alle kinderen. Er wordt veel aandacht besteed aan het herkennen, ontwikkelen en gebruiken van de talenten van kinderen. Het uitgangspunt is dat ieder kind (en ook iedere ouder en iedere leerkracht) talenten heeft, die zich op verschillende terreinen kunnen manifesteren. Om het uitgangspunt visueel te maken heeft de school een Talentenbord in de hal hangen, waarop aandacht wordt besteed aan de talenten van kinderen. Ook in de klas worden de verschillende talenten van de kinderen benoemd en zichtbaar gemaakt op een Talentenbord. Verder is er elk jaar een Talentendag waarop ruimte is voor de ontwikkeling van verschillende talenten van kinderen door middel van workshops.

### Voorbeeld

"Kinderen die hun eigen les maken zijn zo gemotiveerd om meer te leren dat ze zich door geen dijk meer laten tegenhouden!"; stelt de leerkracht van een plusgroep. Ze laat gangbare lesmethoden los en laat kinderen wetenschappelijke onderzoeks-methoden volgen. Door deze nieuwe aanpak komt talentontwikkeling bij kinderen in een stroomversnelling. De kinderen uit de Columbusgroep komen gedurende twaalf weken iedere maandag bij elkaar. De kinderen zijn over de dag verdeeld twee uur per week aan het werk als wetenschapper met rivieren en delta's. Ze worden hierbij begeleid door een medewerkers van de Universiteit Utrecht.

## D2 Attitude voor wetenschap en techniek

Het ligt voor de hand dat leraren met een positieve attitude voor wetenschap en techniek het beste in staat zullen zijn om in deze context talenten van kinderen te ontwikkelen. Maar wat is eigenlijk een 'positieve attitude'? En moet je zo'n positieve attitude hebben om talenten van kinderen te kunnen ontwikkelen?

Het begrip 'attitude' heeft drie componenten (Asma, Walma van der Molen & Van Aalderen-Smeets, 2011): wat je denkt (de cognitieve component), wat je voelt (de affectieve component), en hoe je je gedraagt (de gedrags-component). Je kunt bijvoorbeeld denken dat wetenschap en techniek moeilijk is. Het kan een plezierig gevoel bij je oproepen of juist gevoelens van onzekerheid en je gedrag op een bepaalde manier beïnvloeden. Sommige mensen lezen de gebruiksaanwijzing van een apparaat, anderen drukken direct op knoppen en weer anderen kijken er naar.

Het is verder zinvol om een onderscheid te maken tussen de attitude voor wetenschap en techniek zelf, zoals een onderzoekende houding, en de attitude voor onderwijs geven in wetenschap en techniek. Je kunt wetenschap en techniek zelf moeilijk vinden en tegelijkertijd onderwijs in wetenschap en techniek leuk en uitdagend vinden. Dit is net als met rekenen of spelling. Er zullen maar weinig leraren zijn die in hun vrije tijd procentommen maken of nagaan wat het werkwoordelijk gezegde is in de zinnen die ze lezen. Toch kan lesgeven in cijferen en spellen heel uitdagend en bevredigend zijn.

Het domein van wetenschap en techniek is gelukkig zo groot en gevarieerd dat elke leraar wel iets kan vinden dat positieve gedachten en gevoelens oproept. Pannenkoeken bakken en nadenken over het recept is net zo goed wetenschap en techniek als zonnepanelen op het dak installeren om de school van stroom te voorzien. Maar of wetenschap en techniek je nu met positieve en plezierige gevoelens en gedachten vervult of niet, kinderen verdienen het zelf een attitude te kunnen ontwikkelen op basis van hun eigen ervaringen. Daarvoor is het belangrijk dat de volwassenen hun eigen waardeoordelen niet voorop stellen.

Als je als leraar vindt dat wetenschap en techniek belangrijk is voor de samenleving en voor de toekomst van kinderen en dat wetenschap en techniek een prima middel is om allerlei talenten bij kinderen te ontwikkelen, dan zal dit moeten blijken uit je woorden en daden, want leraren zijn rolmodellen voor de kinderen. Wat de meester of juf belangrijk vindt, dat is belangrijk. Dat is een hele verantwoordelijkheid. Je kunt als leraar de deur naar technologische en wetenschappelijke geletterdheid open zetten of dichthouden. Kinderen maken al op jonge leeftijd onbewust keuzes over hun toekomst en worden daarbij sterk beïnvloed door de waarde-oordelen van hun rolmodellen. Als ouders en leraren het beeld hebben dat wetenschap moeilijk is, of dat techniek vies en zwaar is, dan pikken kinderen dat haarfijn op en sluiten velen uit dat ze hierin een opleiding willen volgen of hier hun beroep van willen maken.



Een rolmodel voor wetenschap en techniek

Het is met attitude net als met feedback geven. Kinderen hebben vooral baat bij inhoudelijke feedback: "Hier ben je dit en dat vergeten; probeer het eens op deze manier". Van waarderende feedback alleen (de bekende sticker van de juffrouw, het cijfer voor het dictee of de eindejaarsuitkering) ga je het niet anders of beter doen (Hattie, 2009).

We kunnen het begrip 'positieve attitude voor onderwijs in wetenschap en techniek' omschrijven als het talent van leraren om hun eigen al dan niet waarderende gedachten en gevoelens over wetenschap en techniek niet te laten overheersen, maar in hun gedrag de aandacht van de kinderen te richten op de inhoud en het leren.

Het is zeker niet zo dat alle leraren met een positieve attitude veel kennis hebben van wetenschap en techniek. En ook niet dat zij zonder kritiek of vragen alles toejuichen wat er aan verklaringen en uitvindingen op hen af komt. Gebrek aan kennis of gebrek aan inzicht in het nut zijn juist goede aanleidingen om je te verdiepen (Van Keulen, 2009). Zo zet je de deur voor jezelf maar ook voor de kinderen open.

### Voorbeeld

De werkwijze op het gebied van wetenschap en techniek lijkt een positief effect te hebben op de houding van leerkrachten ten aanzien van het domein. 'Ik was er al heel enthousiast over en ben eigenlijk alleen maar enthousiaster geworden, doordat je ziet hoe kinderen ermee omgaan, en hoe leuk ze het vinden om op die manier te werken.' 'Ik vind het heel erg leuk om een wetenschappelijke en kritische houding bij kinderen te stimuleren; dat ze zich dingen afvragen en niet zomaar alles voor waar aannemen.'

### Voorbeeld

Veel leerkrachten in het team geven aan dat de keuze voor een W&T profiel goed past bij hun eigen houding. Ze hebben zelf een nieuwsgierige houding wat betreft de werking van apparaten of de processen in de natuur. Ze zien dit als een basis die ze kinderen willen meegeven in het onderwijs. Eén van de leraren zegt daarover: 'Ik denk dat het essentieel is om dit aan kinderen te leren, want je hebt het onderzoeken met alles nodig.'

### Voorbeeld

De eigen ervaring en vaardigheden van de leerkracht spelen een belangrijke rol binnen W&T lessen. Het is belangrijk dat leerkrachten de verwondering en vragen van kinderen herkennen en de ruimte bieden om daarop in te gaan naast de vaste lessen die ze toch elke week moeten geven. Kinderen vragen zich bijvoorbeeld af hoe het komt dat de zon 's ochtends en 's middags op een verschillende plek de klas in schijnt. Het is mooi als je ze daarop onderzoek kunt laten ontwerpen. Een leerkracht zegt hierover: 'De leerkracht kan hulp geven in onderzoekend leren door zelf model te staan. Met vragen als: wat zou ik hier nu mee kunnen, of hoe zou het in elkaar zitten? Kinderen zien hoe jij vragend in de wereld staat en nemen dat over.'



Attitude voor onderzoekend leren

### D3 Nieuwsgierigheid cultiveren

Nieuwsgierigheid cultiveren begint met het inrichten van een rijke materiële leeromgeving waar kinderen volop zintuiglijk kunnen waarnemen, handelen en ervaren. Voor jonge kinderen is dit vaak al voldoende om een leerproces te starten. Zij onderzoeken en exploreren hun omgeving niet omdat het 'moet', als een vorm van schools leren, maar van nature, uit nieuwsgierigheid en/of om te overleven. Alle reden dus om overal eens met je handen aan te zitten.



Je zou misschien denken dat dit voldoende is. Je brengt kinderen gewoon in een tot actie uitdagende omgeving en ze leren vanzelf. Toch is dit niet het hele verhaal.

In de eerste plaats is explorerend leren erg ongericht. Het duurt lang, veel te lang, voordat je op deze manier alles hebt ervaren dat voor het leven in een hoogtechnologische samenleving belangrijk is, laat staan dat je het begrepen hebt.

In de tweede plaats leidt zelfstandig en individueel exploreren niet zonder meer tot begrip dat gedeeld kan worden met anderen en onder woorden is te brengen. Na het accent op lichamelijk, intuïtief begrijpen van de werkelijkheid komen kinderen in de fase waarin ze bewust begrijpen en daarover expliciet kunnen communiceren. Leren wordt daarbij steeds cognitiever en taliger, maar ook minder spontaan en minder vrijblijvend.

Leraren hebben de belangrijke rol de aandacht en ervaringen van kinderen te richten op de verschijnselen en objecten waar ze in de toekomst het meest aan hebben, om kinderen te helpen hun begrip bewust en expliciet te maken en hier passende taal bij te ontwikkelen. Daarvoor is het belangrijk om het onbevangen exploreren meer en meer uit te breiden met doelgericht exploreren waaraan eisen gesteld worden. Maar kinderen gaan graag op in hun spel en deze intrinsieke motivatie moet zoveel mogelijk benut worden. Leraren die er in slagen hun kinderen nieuwsgierig te maken en quasi spelend te laten leren, voorkomen dat leerprocessen te schools worden in de negatieve zin van het woord.

Veel van de beste leerprocessen beginnen met verwondering (Hesse, 1986). Daaruit komen nieuwsgierige vragen voort die richting geven aan het proces van onderzoeken, ontwerpen of uitzoeken. Verwondering ontstaat wanneer je je bewust wordt van een discrepantie tussen waarneming en verwachting. Dat gebeurt meestal niet in een flits. Eerst moet je aandacht ergens door getrokken worden. Dan zet je je zintuigen open en neem je waar. Je hersenen proberen ondertussen de waarnemingen te duiden. Als je naar iets kijkt dat volkomen onbekend is, dan kan dit proces van waarnemen en interpreteren geruime tijd duren, voordat betekenissen zich aan je opdringen. Daar moet je kinderen de tijd voor geven. Effectieve leraren weten de aandacht van de kinderen te richten op verschijnselen of eigenschappen die hen aan het denken kunnen zetten. Hoe beter je kunt waarnemen, hoe beter je je waarnemingen kunt beschrijven en hoe meer begrippen je kunt gebruiken om je waarnemingen te duiden, hoe groter de kans is dat je iets ervaart dat 'wringt', dat anders is dan je gedacht had. Nieuwsgierigheid cultiveren is dus kinderen uitdagen intensief waar te nemen, hun waarnemingen te benoemen, te bespreken en met elkaar in verband te brengen.

Aandacht richten is niet het zelfde als voorzeggen wat kinderen moeten waarnemen. Vaak bereik je meer met een prikkelende stelling die al dan niet juist is (Damhuis, 2008). Een bekend voorbeeld over drijven en zinken is met de boot van ijzer. Als je zegt: "Deze boot is zwaar en van ijzer, dus hij zal zinken", en je zet de boot daarna op het water, dan zullen kinderen zich bewust worden van het verschil tussen waarneming en opgeroepen verwachting en hierover gaan nadenken.

### Voorbeeld

Aan het begin van de les vertelt een aardwetenschapper van de Universiteit Utrecht iets over rivieren en delta's. De kinderen herkennen een aantal dingen vanuit hun eigen ervaringen en associëren snel. De kinderen worden uitgedaagd na te denken en vragen te stellen. Als de onderzoeker laat zien dat rivieren zich kunnen verplaatsen, vraagt een kind meteen "Hoe kunnen ze dat dan weten?".

De kinderen worden uitgedaagd zelf na te gaan denken over vragen die ze hebben ten aanzien van rivieren en delta's voor hun eigen onderzoek. Wat is interessant om te weten te komen? De kinderen gaan harder nadenken en meedoen als de onderzoeker hen terug geeft: "Kom op, dat kunnen jullie veel beter." Vragen die ze stellen zijn: "Maakt het uit of water zoet of zout is voor de vorming van een delta", of: "Waar is er meer leven in een rivier of in een beek".

Aan het einde van de ochtend gaan de kinderen mee naar buiten om te zien hoe water stroomt en hoe het zich een weg zoekt van hoog naar laag. De kinderen worden uitgedaagd mee te denken en goed te kijken door vragen die ze krijgen zoals: "Wat zien jullie?" of: "Hoe denk je dat dat komt?". De kinderen kijken naar het effect van een steile of minder steile helling en stokjes en steentjes op het gedrag van het water.

### Voorbeeld

Leerkrachten op één van de Vindplaatssscholen erkennen het belang van ontdekkend leren voor de kinderen.

In de kleuterbouw staat het inspelen op de nieuwsgierigheid van kinderen centraal. Kleuters zijn heel benieuwd naar alles wat er in de wereld gebeurt. Het belangrijkste doel van W&T is volgens de leerkrachten om die verwondering uit te lokken, te herkennen, en te stimuleren. Een leerkracht merkt hierover op: "Door bepaalde vragen te stellen, gaan kinderen zelf veel meer nadenken, en stellen ze ook zelf vragen. Kinderen zijn super nieuwsgierig. Als je dat niet teveel remt, dan blijven ze dat ook." Ook de verbeeldingskracht van kinderen wordt geprezen: "Kinderen hebben een grote fantasie en komen ook vaak met vondsten die je zelf niet bedenkt. Dus ik leer ook heel veel van de kinderen."

Ook de leerkrachten van groep 3 en 4 geven aan dat het voorname doel van W&T is om verwondering tot stand te brengen en een onderzoekende houding bij kinderen te stimuleren. Het wordt als een voordeel gezien dat er bij jonge kinderen nog veel tijd is om te filosoferen over allerlei dingen; bij oudere kinderen ervaren leerkrachten meer druk om bepaalde dingen aan te leren.

Leerkrachten uit de middenbouw merken op dat kinderen bij wetenschap en techniek op een vrijere en meer open manier bezig zijn dan tijdens een reken- of een taalles, waarbij >>>



## Vervolg

een antwoord toch vaak gewoon goed of fout is. In W&T lessen leren kinderen om niet alles maar klakkeloos aan te nemen, maar om zelf te kijken hoe iets eigenlijk werkt, om zich te verbazen, en om te bedenken wat voor proces ergens achter zit. Een leerkracht zegt hierover: "Ik vind het heel belangrijk dat kinderen ontdekkend bezig kunnen zijn, dat ze zich kunnen verbazen over dingen die er gebeuren, en dat er ruimte is om erover te praten: wat ontdek je nou, wat zie je nou, wat gebeurt er eigenlijk?"

## D4 Kansen zien en benutten

Onderwijs in wetenschap en techniek is oriëntatie op jezelf en de wereld. Het is die wereld waar we ons op moeten richten. Leerzame contexten voor talentontwikkeling dringen zich voortdurend op vanuit de wereld om ons heen. De kunst is deze mogelijkheden te herkennen en te benutten.



Actualiteit benutten

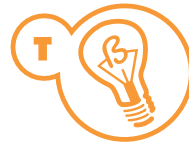
tijdens een aardbeving (Kobe, ook in Japan, 1995) worden getoond en die ook echt gaat schudden. En inderdaad waren er basisscholen in de buurt die op maandag het museum belden om te vragen of ze met een paar klassen langs konden komen.

Zo zijn er veel meer binnenschoolse en buitenschoolse mogelijkheden. Veel ouders zullen graag iets over hun werk willen vertellen en laten zien. Bij een verbouwing van de school kunnen kinderen kennismaken met installatietechniek. De luizencontrole is ook een les in biologie, in gezondheid, in waarnemen. De schoolmusical is leren over geluid en licht.

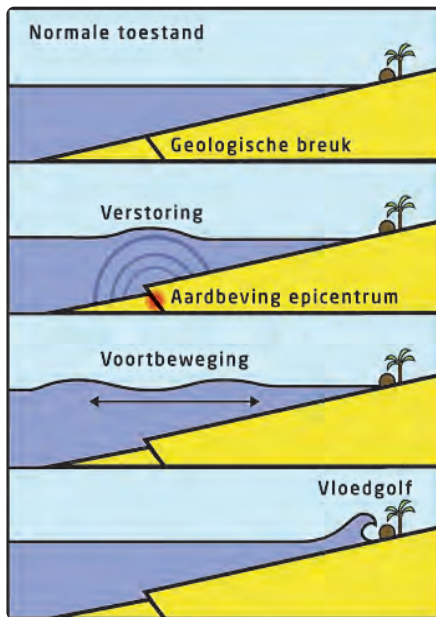
De wereld van wetenschap en techniek dringt zich op in een veelheid aan verschijnselen, processen, apparaten en andere objecten die je leven binnenkomen (Van Keulen, 2010). Maar die veelheid is geordend in inhoudelijke systemen: het levende systeem, het natuurkundige systeem, het technische systeem, het aarde-ruimte systeem en het mathematische systeem, die elk gevuld zijn met een overzichtelijk aantal concepten. Wanneer je herkent welk concept aan de orde wordt gesteld door een toevallige gebeurtenis, dan weet je wat kinderen kunnen leren en hoe belangrijk het is om hier tijd voor te maken. Een gesprek over aardbevingen gaat in op het concept plaat-

Als er op een vrijdagavond Nederlandse tijd een aardbeving en tsunami in Japan plaatsvindt, zoals in maart 2011, dan kun je er op rekenen dat je daar maandagochtend vragen over krijgt. Je hebt het hele weekend om je er op voor te bereiden. Wat zouden kinderen vragen? Wat weet je zelf over aardbevingen en tsunami's? Wat is de schaal van Richter ook al weer? Zijn er mogelijkheden om zo'n golf na te bootsen met de watertafel? Kan zoiets ook in Nederland gebeuren?

Het Natural History Museum in Londen heeft een ruimte die is ingericht als een supermarkt, waar filmbeelden van een supermarkt



tektoniek uit het aarde-ruimtesysteem, maar ook op de schaal van Richter, dat weer bij kerndoel 33 over leren rekenen met eenheden en maten is te plaatsen en op informatie beoordelen in discussies en gesprek uit kerndoel 3 over mondeling taalonderwijs.



Actualiteit benutten

Om je programma om te gooien en zelfs het lokaal of de school uit te gaan, moet je als leraar een knop om kunnen zetten. Scholen, leraren en kinderen hebben behoefte aan structuur, want dat geeft duidelijkheid en stroomlijnt de organisatie. Tegelijk kan het een keurslijf zijn. Roosters en methodes zijn hulpmiddelen, maar je hier strikt aan houden is geen doel op zichzelf. Heel wat prachtige leerprocessen worden gestopt omdat 'we nu eenmaal verder moeten met het programma'.

Als je overzicht hebt en flexibel bent, kun je gebruik maken van unieke mogelijkheden die niet of nauwelijks via de methode of het reguliere onderwijsproces te programmeren zijn. Je benut het enthousiasme en de grotere bereidheid tot taakgericht werken. Vaak zijn er allerlei raakvlakken met kerndoelen uit andere domeinen waardoor kinderen feitelijk nog meer leren. Talent voor kansen benutten betekent dat je in staat bent wetenschap en techniek te integreren met taal, rekenen en de andere vakken en hierbij anderen kunt in te schakelen (Peeters, Meijer & Verhoeff, 2012).

Effectieve leraren herkennen die leerwinst en kunnen daardoor de tijd die nodig is om de kansen te benutten vrijmaken en verantwoorden. Het is belangrijk dat je leerdoelgericht blijft werken en kinderen goede inhoudelijke feedback geeft op hun inbreng. Na een stevig gesprek, eventueel uitgebreid met opdrachten, over de Japanse tsunami kun je dan met een gerust hart een vinkje zetten bij kerndoel 3, 33 en 49.

### Voorbeeld

Alle leerlingen gaan ieder jaar op bedrijfsbezoek in de buurt om naast de technieklessen op school ook techniek in het echte leven te zien en ervaren. De kinderen gaan onder andere kijken bij een garagebedrijf, de koekjesfabriek in de buurt, maar ook bij het waterzuiveringsbedrijf en de brandweer. De groepen zeven maken één keer in de twee jaar de nieuwe schoolgids voor de school. Hierbij begeleiden de kinderen het hele proces van het maken van de schoolgids tot en met de contacten en drukproeven bij de drukker.



### Voorbeeld



Een serie technieklessen op een andere school werd in het najaar van 2011 gekoppeld aan de speeltuin. Aan bod kwamen de schommel (slingeren), draaimolen en wip (draaiassen, arm van de kracht), de glijbaan (wrijving), ballen (stuiteren). In de onderbouw werden de lessen verzorgd door de 'eigen techniekjuf', in de bovenbouw werden de lessen verzorgd door een 'wetenschapper in de klas', ondersteund door de techniekjuf.

### Voorbeeld

De buitenruimte om de school heen is heel rijk en biedt veel mogelijkheden om onderzoek te doen in de natuur, bijvoorbeeld over water en beestjes. Kinderen vinden het ontzettend leuk om de natuur te verkennen en te onderzoeken. Zo is er ook een keer een rivierkreeft gevonden door de kinderen.

### Voorbeeld

De school gebruikt allerlei materialen en diensten van de stichting Natuur- en Milieueducatie. Het betreft kisten (bijvoorbeeld over wateronderzoek, zaadjes in vruchten, het laten ontkiemen van een boontje onder verschillende omstandigheden), maar ook excursies (zoals naar de kaasboerderij).

### Voorbeeld

Er wordt gebruik gemaakt van de hulp van ouders in de school. De leerkracht van groep 6 geeft aan dat ze regelmatig ouders de klas in haalt om hen te laten vertellen over hun hobby of werk (duiken, trainen, koken, etc.). Ze merkt dat zo'n onderwerp daardoor meer bij de kinderen gaat leven.

### Voorbeeld

In de onderbouw is een project van enkele lessen gedaan rond textiel. Uitgangspunt was een aflevering van SchoolTV over van schaap tot trui. Vervolgens leerden de kinderen in de klascontext over de verschillende stappen in dit proces. Ze maakten kennis met het verschil tussen geweven en gebreide stoffen, verschillende garens (wol, katoen en kunststof) en verschillende kenmerken. In het kader van materiaalkennis en techniekkennis hebben ze ook zelf geweven; de kleuters met papierstroken en groep 3-4 met garens.

### Voorbeeld

Door sommige leerkrachten wordt geprobeerd om W&T lessen te integreren met andere lessen, zoals geschiedenis of aardrijkskunde. Een geschiedenisles in de bovenbouw over het Chinese Rijk bevatte bijvoorbeeld de zin: 'Het Chinese Rijk was zo groot dat als in het oosten de zon opging, ze in het westen al onderging.' Om te beseffen wat dat nou eigenlijk betekent, is een terugkoppeling naar andere lessen die de kinderen hebben gehad heel belangrijk. De leerkracht zegt daarover: "Kinderen in deze klas zijn heel gewend om technisch, maar niet met begrip te lezen. Door in alle lessen zoveel mogelijk aan te sluiten bij ervaringen van kinderen, ontstaat een beter begrip."

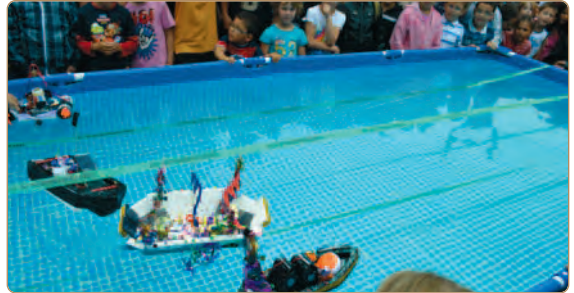
### Voorbeeld

In het thema duurzaamheid van de gemeente Utrecht is de school een voorloper. De samenwerking met Lomboxnet, een bedrijf in de wijk, heeft de plaatsing en het gebruik van een zonnecentrale opgeleverd. In de hal hangt een paneel waarop te zien is hoeveel de zonnecentrale oplevert. Op die manier wordt het opwekken van energie zichtbaar gemaakt voor de kinderen.



### Voorbeeld

De school doet vaak mee met projecten van het Wetenschapsknooppunt. Zo hebben teams van leerlingen in het voorjaar van 2011 met succes deelgenomen aan een zonnebootrace.



### Voorbeeld

Een partner in de wijk is een gymnasium. Leerlingen van het gymnasium participeren in het onderwijs van de basisschool in het kader van hun maatschappelijke stage.

## D5 Vragen vertalen naar een onderwijsleerproces

Wetenschap en techniek gaat over het beantwoorden van vragen en het oplossen van problemen. Goed onderwijs in wetenschap en techniek start dan ook met een vraag of probleem. Het mooiste is wanneer die vragen spontaan uit de kinderen zelf komen. Dan weet je zeker dat kinderen ook een antwoord willen en dat het leerproces dat daarna op gang komt mede gedragen wordt door de intrinsieke motivatie. Het kind is dan 'eigenaar van het leerproces', zoals dat zo mooi heet.

"Waarom is de lucht blauw?" "Hoeveel papier gaat er uit een boom?" "Welke kleur heeft de tijd?" "Kunnen mannen ook zwanger worden?" Allemaal vragen van kinderen die het tot de titel van een boekje hebben gebracht en waar boeiende gesprekken over te voeren zijn.

Maar lang niet alle kinderen stellen spontaan vragen en ook missen kinderen, net als alle mensen, regelmatig kansen om vragen te stellen. Een probleem is ook om de vragen zó te formuleren dat ze richting kunnen geven aan het proces van onderzoeken of ontwerpen dat op de vraag moet volgen om tot een bevredigend antwoord te komen.

De leraar heeft dus een belangrijke rol om vragen op te roepen en te verhelderen. Je kunt dit doen door de aandacht van kinderen te richten op onbekende, onverwachte en onbegrepen verschijnselen. Als jij het ziet en intrigerend vindt, is er een grote kans dat dit ook voor kinderen geldt. Als de maan 's avonds als een sikkel aan de hemel staat en dus niet helemaal rond ('vol') is, is dan de linkerkant of de rechterkant verlicht? En hoe zou dat komen?

Om van nieuwsgierigheid en verwondering te komen tot een zinvol leerproces is het belangrijk de vraag onderzoekbaar te maken. Operationaliseren heet dat. Wordt het onderzoeken, ontwerpen, uitzoeken of discussie? Sommige



vragen leiden je naar een onderzoeksproces ("Waarom zou dat zo zijn?", "Hoe zit dat eigenlijk?") terwijl andere meer aanleiding geven tot een ontwerpproces ("Hoe maken ze dat?", "Kan dat beter?"). Weer andere vragen leiden tot opzoeken of discussie: "Wat weten we hier al van?", "Waar hebben we dit eigenlijk voor nodig?"

Elke stap van de empirische cyclus kent ook zijn eigen vragen. Bij de oriëntatiefase horen vragen zoals: "Wat wil je eigenlijk weten?", "Wat is het probleem?", "Wat verwacht je?" Wanneer kinderen nadenken over mogelijke oplossingen of verklaringen passen vragen over de aanpak: "Hoe ga je dat doen?", "Hoe wil je daar achter komen?" Bij de nabespreking kun je vragen naar de overeenstemming tussen bedoelingen of verwachtingen en de resultaten: "Werkte het inderdaad?", "Had je dit verwacht?"

Op een ander vlak gaat het er om vragen te stellen die passen bij het niveau van de begripsontwikkeling die aan de orde is.

Het eerste niveau is dat van het waarnemen en aanwijzend benoemen. Hierbij passen vragen die de aandacht richten: "Wat neem je waar?", "Kijk ook eens naar ...", "Hoe zou je dat noemen?", "Wat gebeurt er eigenlijk?"

De tweede fase gaat meer over het zien van overeenkomsten en verschillen, het leggen van relaties, en het constateren van eigenschappen. Daarbij passen andere vragen: "Is dit anders of hetzelfde?", "Wat is het verschil?", "Bij welke groep zou dit horen?" "Welke eigenschappen heeft het?" "Wat gebeurde er eerst?"

### Voorbeeld

#### Waarnemen stimuleren en aanwijzingen geven

Kinderen uit groep 1 en 2 laten voorwerpen rollen vanaf banken in de gymzaal. Er zijn drie banken, die variëren in de mate waarin ze schuin zijn gezet. Er zijn verschillende objecten, zoals een blok, een bal, een plastic dinosaurus etc. De kinderen gaan eerst zelf aan de slag en proberen verschillende dingen van de verschillende banken af te laten glijden. Sommige voorwerpen glijden wel en sommige niet; sommige wel op de ene bank, maar niet op de andere bank. De leerkracht laat de kinderen benoemen wat ze zien. De leerkracht stimuleert het leerproces als volgt door het stellen van vragen of dingen te benoemen:

- **Benoemen/bewust maken:** "Dat is gek hè? Sommige dingen glijden, andere niet!" "Jij wilt dus weten of ze allemaal glijden? (als een kind handvol spullen van de bank duwt)"
- **Vragen stellen vooraf:** "Wat gebeurt er als ik dit blok op de bank leg? Wat gebeurt er nou als ik dit blok op deze (hogere) bank leg?"
- **Stimuleren / uitproberen:** "Ga maar eens proberen of dat klopt."
- **Categoriseren:** "Zullen we de spullen die op deze bank niet meer glijden hier leggen?"
- **Opdracht geven om onderzoek uit te voeren:** "Ga eens drie dingen zoeken en uitproberen of ze glijden, beginnen bij laagste bank."
- **Nabespreken en nog eens laten zien:** "Welke spullen gingen al glijden van deze (laagste) bank? Wat zag je gebeuren? Waarom kan de dinosaurus niet van die bank glijden?"
- **Hint geven ("scaffolding"):** "Alleen kijken naar de vorm".
- **Aanvullende uitleg geven:** "Als ik hem op een recht stuk leg, rolt hij niet, als ik hem op een rond stukje leg, rolt hij wel."
- **Samenvatten:** "De les van vanmiddag ging over schuiven. We hebben twee dingen gezien: sommige dingen rollen en andere dingen schuiven. Hoe komt dat nou?"

Een kind zegt: "Omdat ze soms zwaar zijn en soms licht" (deze begrippen vallen nu voor het eerst).

Leerkracht: "Maar deze is licht en hij schuift ook?". "De onderkant is niet zo hard", zegt een ander kind.

Leerkracht: "Zullen we volgende week eens uitzoeken hoe het zit met harde en niet harde onderkanten?"

De derde fase gaat over onderliggende verklaringen en theorieën. Hierbij passen vragen als: "Is dit altijd zo?" "Waarom is dat zo?", "Zou je dat kunnen bewijzen?"

Met een repertoire aan dergelijke formuleringen kunnen effectieve leraren richting geven aan het leerproces en belangrijke beslissingen over de aard en inhoud van dat leerproces nemen.

### Voorbeeld

#### Stimuleren van het zien van overeenkomsten en verschillen

Kinderen uit groep 1 en 2 laten voorwerpen rollen vanaf banken in de gymzaal. Er zijn drie banken, die variëren in de mate waarin ze schuin zijn gezet. Er zijn verschillende objecten, zoals een blok, een bal, een plastic dinosaurus etc. De kinderen gaan eerst zelf aan de slag en proberen verschillende dingen van de verschillende banken af te laten glijden. Sommige voorwerpen glijden wel en sommige niet; sommige wel op de ene bank, maar niet op de andere bank. De leerkracht laat de kinderen benoemen wat ze zien. De leerkracht stimuleert het leerproces als volgt door het stellen van vragen of dingen te benoemen.



### Voorbeeld

#### Verklaren stimuleren

In groep 4 moesten de kinderen zelf een hypothese formuleren ten aanzien van een volgend object en voorspellen of dit al dan niet ging schuiven.

De leerlingen worden met vragen gestimuleerd na te denken: "Zou er iets zijn dat het ook op de steilste bank niet doet?"

Na afloop van het experiment wordt nabesproken welke spullen al gingen glijden van de laagste bank en werden de leerlingen gestimuleerd conclusies te trekken: "Dus, als de bank steiler staat, schuiven de spullen....."

Tot slot moesten de kinderen verklaringen bedenken voor bijvoorbeeld de vraag: "Hoe kan het nou dat het ene bolletje klei al bij de eerste bank glijdt en het andere bolletje klei pas bij de middelste bank?"



## D6 Onderzoekend en ontwerpend onderwijs volgens de empirische cyclus

Onderzoeken en ontwerpen zijn de natuurlijke werkwijzen van wetenschap en techniek. Onderwijs dat de empirische cyclus van onderzoeken of ontwerpen volgt, doet recht aan deze aard. Kinderen krijgen zo een goed beeld van wetenschap en techniek en ontwikkelen kennis en vaardigheden waarmee ze wetenschap en techniek in het dagelijks leven kunnen begrijpen en gebruiken. De empirische cyclus sluit ook goed aan bij de natuurlijke drang van kinderen om door exploreren te leren. Wetenschap en techniek is dan een middel om talenten op andere vlakken uit te lokken.



Leerlingen begeleiden

Talent ontwikkelen hangt samen met het vermogen van de leraar om kinderen in een empirische cyclus te brengen. Zoals met elk talent is het prettig als je hiervoor enige aanleg hebt, maar is het veel belangrijker dat je dit weet te ontwikkelen. Daarvoor zijn in het dagelijks leven volop kansen. Iedereen loopt wel eens tegen een probleem of een vraag aan. De accu van je auto is leeg, het deurtje van de wasmachine wil niet open, de eieren zijn op als je net een cake wilt bakken. Als je er niet voor weg kunt lopen, gaan de meeste mensen afwisselend denken en doen en zo ontwikkelt iedereen op zijn minst een intuïtief begrip van de empirische cyclus. Je hoeft hiervoor echt geen ervaring te hebben als wetenschappelijk onderzoeker of als ingenieur.

Wanneer je de empirische cyclus wilt gebruiken voor talentontwikkeling is het belangrijk dat je dit intuïtieve begrip expliciet kunt maken. Stappenplannen voor ontwerpen en onderzoeken zijn zulke verwoordingen. Deze schema's kunnen je helpen om het overzicht te bewaren en op de juiste momenten een andere fase in te gaan. Effectieve leraren kennen en gebruiken stappenplannen. Zij weten ook dat zo iets een hulpmiddel is. Je moet altijd je gezond verstand blijven gebruiken om soms een stapje terug te doen, soms een nieuwe cyclus in te gaan en op tijd een punt te zetten. We willen een zo goed mogelijk antwoord op onze vragen, daar gaat het om.

### Voorbeeld

In de bovenbouw wordt veel aandacht besteed aan de onderzoeks- en ontwerpcyclus. Een leerkracht zegt hierover: 'Kinderen leren dat onderzoek inhoudt dat je niet zomaar een experimentje doet, maar dat je eerst gaat voorspellen, dan uitvoeren, en vervolgens gaat controleren of je voorspelling uitkomt en nagaat of je conclusies kunt trekken of niet. Dit kost wel tijd.

"De hele cyclus is veel voor 1 les - dus of splitsen in 2 lessen, of per les focus aanbrengen op een specifiek onderdeel en de rest meer gezamenlijk doen of zoeken naar een andere oplossing.

1 lesuurtje is te weinig!

Vragen uitpellen is moeilijk en kost aandacht en tijd, maar het levert dan ook heel erg veel op.

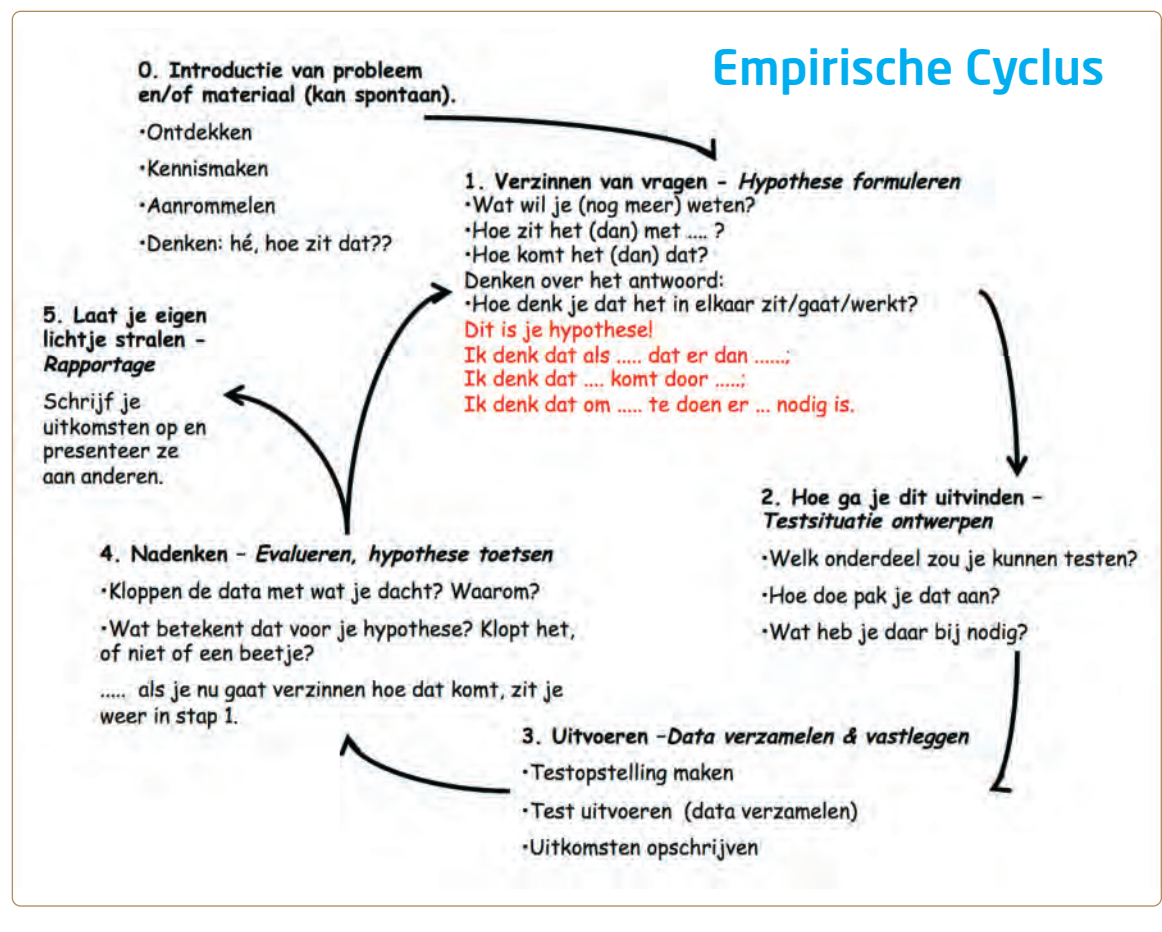
## Voorbeeld

“Bij ontwerpen vraag je je eerst af wat je nodig hebt voor je ontwerp en hoe je het gaat doen, voordat je aan de slag gaat. Vervolgens kom je eventueel terug bij het ontwerp om dat te verbeteren. Het proces is denk ik belangrijker dan het product.”

Een leerkracht geeft aan: “Taal, concentratie, en stap voor stap werken, zijn voor veel kinderen nog erg moeilijk. Vaak gaan ze al direct naar het einddoel en als je de stappen die daaraan vooraf gaan niet gevolgd hebt, dan is het niks. Soms helpt het om ze een keer te laten ervaren dat ze vastlopen, zodat ze merken dat het goed kan zijn eerst om van te voren iets meer na te denken’.

## Voorbeeld

Bij het project met de stroomgoot heeft het ontdekkend leren centraal gestaan. De kinderen zijn uitgedaagd anders te gaan denken. Ze hebben academisch leren denken. Hun denken werd gestuurd door de fasen in de empirische cyclus. De kinderen hebben veel zelfstandig moeten doen. Het leren in en bij de bak ging vanzelf.



### Voorbeeld

In de Vindplaatsschool worden de mogelijkheden van de empirische cyclus goed benut. In de onderbouw benoemt de leerkracht steeds de stappen zonder daar expliciet naar de cyclus te verwijzen. Hiermee wordt de basis gelegd voor het denken in fasen en treedt er een soort gewenning op bij de kinderen.

In de bovenbouw is de empirische cyclus heel concreet in beeld. Letterlijk doordat het schema steeds op scherm geprojecteerd wordt. Aan het begin van de les worden de stappen door de leerkracht doorgenomen. Tijdens de les koppelt de leerkracht voortdurend terug naar de empirische cyclus.



Zonnewijzer in het Universiteitsmuseum

### Voorbeeld

Voordat de les over zonnewijzers 'echt' begon, liepen de kinderen van groep 3 rond tussen de zonnewijzers die zij zelf eerder die ochtend hadden neergezet op het schoolplein en die de kinderen van groep 4 enige tijd later. Enkele kinderen constateerden gelijk dat sommige schaduwen een flink stuk waren opgeschoven ten opzichte van de krijtstreep en dat andere nog maar net naast de krijtstreep stonden. De vraag kwam al snel op: 'Hoe kan dat nou?'. De leerkracht stimuleerde de kinderen vervolgens om zelf met hypothesen te komen: "Hoe zou dat kunnen?" Als de kinderen zelf geen goede verklaring kunnen bedenken, legt de leerkracht uit dat niet alle strepen op hetzelfde tijdstip getrokken zijn; dat de zonnewijzers van groep 4 een andere tijd aangeven dan die van groep 3.



## D7 Materiële voorwaarden scheppen



Een rijk begrip ontwikkelt zich alleen in een rijke context. Je kunt pas echt betekenisvol praten en denken over wetenschap en techniek wanneer je een ervaringsbasis hebt. Zeer zeker dragen gesproken en gelezen teksten, uitleg, instructie, kijken naar beeldmateriaal of het uitvoeren van een computersimulatie bij aan de vorming van de neurale netwerken die onze concepten dragen.

Deze werkvormen zijn heel belangrijk om inzicht te expliciteren, te delen en te verankeren in het geheugen, maar je leert pas goed 'zien' dat een glas water de eigenschappen hard, breekbaar en nat combineert wanneer je door te voelen deze begrippen hebt ontwikkeld. Als je op ijs gefietst hebt, heb je een ervaring die je helpt om na te denken over de rol van wrijving bij het vooruitkomen. Mario Kart op je Nintendo DS spelen is goed voor de oog-handcoördinatie maar kinderen leren pas echt hoe het voelt om uit de bocht te vliegen van actiemogelijkheden die skates of een wave board bieden.

Wetenschap en techniek is overal om je heen, de keuze is onbeperkt, maar sommige objecten of fenomenen lokken meer uit, zijn geschikter om op voort bouwen of laten kinderen zich beter oriënteren op aspecten die belangrijk zijn voor toekomstige opleidingen of voor participatie als mondige burger.

Ook variatie vanuit het perspectief van de concepten en begrippen uit de systemen van wetenschap en techniek is belangrijk. Een vlindertuin roept vragen op uit het systeem van de levende natuur. Met een kookatelier kun je werk maken van voeding en gezondheid. Met blokken waarmee je een romeinse boogbrug kunt maken, tematiseer je het technische en het natuurkundige systeem.

Veel belangrijke concepten uit wetenschap en techniek zijn te ontwikkelen op basis van directe zintuiglijke ervaringen. Met instrumenten vergroot



Boogbrug in Technopolis, Mechelen

je die ervaringsmogelijkheden. Zo kun je met een weerstation en een sterrenkijker dieper ingaan op het aarde-ruimtesysteem.

Je hebt niet per se speciaal of duur materiaal nodig. Het gaat er om hoe je het materiaal weet in te zetten. Techniek-torens, Lego en dergelijke kunnen een rol spelen in talentontwikkeling, maar ook met ander fysiek materiaal kun je dit bereiken. Inventieve leraren maken gebruik van alles wat de omgeving van de school te bieden heeft. Als je bijvoorbeeld dicht bij Winterswijk, Cadzand of Maastricht woont, kun je gemakkelijk op fossielenjacht en richt je de aandacht van de kinderen eenvoudig op concepten als plaattektoniek, de bodem en evolutie.

### Voorbeeld

Behalve werktafels waar kinderen samen aan tafel kunnen zitten zijn er ook mogelijkheden om meer in afzondering te werken. Er is een werkbank met een aantal basisgereedschappen: bankschroef, zagen, boormachine, hamers en knijptangen, inclusief gehoorbeschermers. Aan de werkbank mag ten alle tijde zelfstandig worden gewerkt.

Iets meer uit het zicht staat een naaimachine, die wordt door de begeleider bediend, zij het zoveel mogelijk in aanwezigheid van en in samenspraak met de kinderen. Verder is er een klei-oven, waar kinderen hun kleiwerk als ze dat willen kunnen (laten) bakken. Er is een kast met werkschorten voor alle kinderen, een wasbak met kraan en zeep. Langs alle wanden zijn stellingen met allerlei materialen, er zijn planken om werk te laten drogen. Over het algemeen wordt er veel met 'waardevol' materiaal gewerkt: kurk, ijzerdraad, doosjes, stof- en wolresten, afvalhout, afgedankte kapotte apparaten. De basis-materialen, zoals klei, zijn zo min mogelijk bewerkt. Er is verf, plakband, papier, potloden, naaigaren e.d. Op een verlaagd plafond liggen allerlei houtmaterialen: bamboe, latten, planken. De kinderen kunnen overal zelf bij.



### Voorbeeld

De school beschikt over een atelier met veel verschillende materialen, maar de W&T-lessen zijn zeker niet afhankelijk van dit atelier. Middelen kunnen heel eenvoudig zijn; er kan vaak gebruik gemaakt worden van wat er al in de school aanwezig is. Door het te behandelen principe uit te kleden tot de essentie, kan met beperkte middelen prima techniekonderwijs gegeven worden. Kinderen zijn zelf ook heel vindingrijk in het inzetten van bekende materialen voor nieuwe doeleinden. Voorbeelden hierbij zijn banken uit het gymlokaal, planken bekleed met verschillende materialen (zilverpapier, bubbeltjesfolie, schuurpapier, etc.) met diverse kleine speelobjecten voor het wrijvings-experiment; rijst, linzen voor het lawine-experiment; diverse soorten ballen, en meetlinten voor het stuiterexperiment, mikado-stokken en stoepkrijt voor de zonnwijzerles. In de individuele experimenten van de bovenbouw moesten de kinderen zelf ook zorgen dat ze hun proef zo opzetten, dat ze het met eenvoudige materialen konden uitvoeren. Daarbij is o.a. gebruik gemaakt van een lamp, een ventilator, een fietsdynamo, metalen knikkers en een magneet, een piepschuim bol, touwtjes, elastiek en papier.

Sommige scholen hebben een goed uitgerust technieklokaal, maar dat is duur. Samenwerken met andere scholen, het buurthuis of een naburig ROC kan uitkomst bieden. Sommige belangrijke ervaringen kun je niet of nauwelijks in school realiseren, maar kunnen kinderen opdoen in samenwerking met science musea. Je kunt daar prima afspraken mee maken.

### Voorbeeld

Alle materialen voor lessen W&T zijn ondergebracht in techniekkisten. De kisten zijn ontwikkeld door twee leerkrachten. Zij hebben bij het ontwikkelen van de kisten gebruik gemaakt van allerlei bronnen. Een techniekkist is een plastic opbergdoos waarin alle materialen voor een les of soms meerdere lessen verzameld zijn. De inhoud van deze lessen richt zich op het verkennen, analyseren en ontdekken van basisprincipes van de vijf systemen van Wetenschap en Techniek. Er is naar gestreefd om per kist een doelbeschrijving en een contextbeschrijving mee te geven. Er is nog geen aanduiding per kist waarin zichtbaar wordt in welk systeem van W&T de activiteit geplaatst kan worden. De keuze om alle materialen zoveel mogelijk in kant en klare leskisten te organiseren schept een voorwaarde voor leraren om met de kinderen onderzoeksactiviteiten te gaan doen.

“We zijn eigenlijk een beetje los begonnen: eerst allerlei dingen verzamelen en kijken wat er geschikt is, en daar kisten van maken. Nu er genoeg materialen ontwikkeld zijn, volgt een nieuwe fase in het denken over en ontwikkelen van de materialen. Nu we ons er meer in verdiepen, zien we dat het onderzoekende en ontwerpende leren nog niet in alle kisten even sterk verweven is, dus daar gaan we weer mee verder.”



### Voorbeeld

Het beschikbaar hebben van kant en klare techniekkisten blijkt een belangrijke voorwaarde, maar garandeert echter niet dat de leraren deze kisten intensief gebruiken. De techniekcoördinator zegt daarover: “Het is soms wel heel lastig om collega’s hiertoe aan te zetten. Ik merk echter wel dat er een toename is van de vraag van collega’s om hulp. Als collega’s een drempel eenmaal over zijn om een keer zo’n les te geven, dan zien ze dat het eigenlijk best leuk is en dat er voor de kinderen veel te halen valt. Natuurlijk is er van alles te doen om de drempel te verlagen, bijvoorbeeld dat we collega’s vragen om iets te vertellen aan elkaar over het gebruik van een bepaalde kist.”

## D8 Interactie in onderzoekend en ontwerpnd leren

Niet alleen materiële kenmerken van de leeromgeving lokken doen en denken en daarmee talentontwikkeling uit, dat geldt ook voor sociale kenmerken. Interactie met anderen, met andere kinderen, met ouders en vooral met de leraar, staan hierin centraal (Steenbeek, Van Geert, et al., 2011).

Effectieve leraren hebben een groot repertoire aan interactievaardigheden. Het is belangrijk om kinderen te waarderen en te stimuleren (affectieve vaardigheden) en ook om iedereen aan bod te laten komen en binnen de tijd van de les te blijven (procesvaardigheden). Hierin verschilt onderwijs met wetenschap en techniek niet zo wezenlijk van ander onderwijs.

Op inhoudelijk gebied is de interactie in veel vakken en onderwerpen geënt op instructievaardigheden als uitleggen, aan het werk zetten, aanwijzingen geven en controleren. Dit komt bij onderzoekend en ontwerpnd leren ook van pas, maar je hebt beslist ook behoefte aan uitbreiding van dit repertoire.

Een kenmerk van echte problemen en echte vragen is dat je niet aan een ander kunt vragen hoe je dit probleem oplost of wat het goede antwoord is. Je kunt heus wel om raad vragen, maar je zult zelf moeten beoordelen wat je aan het advies hebt. Wie weet, heb je er niks aan. Onderzoekend en ontwerpnd leren wil kinderen ook deze spanning laten ervaren, ze uitdagen zelf met een aanpak te komen en het resultaat zelf te leren beoordelen. Hoe meer ze zich eigenaar weten van het probleem en het proces, hoe gemotiveerder en volhardender ze aan het werk zullen gaan.

We willen ook efficiënt en effectief omgaan met de leertijd en de faciliteiten. Voor veel verschijnselen en problemen waar kinderen aandacht voor krijgen, bestaan allang verklaringen en oplossingen. Vaak ken je die als leraar of kun je er snel achterkomen. Deze voorkennis moet je productief zien te maken voor het leerproces. De kinderen moeten zelf na blijven denken, overleggen en op basis daarvan stappen zetten. Wanneer je gaat vertellen hoe het moet en wat het goede woord of antwoord is, zetten leerlingen hun hersens uit en gaan ze zich richten op avolgen en reproduceren. Je moet proberen een 'scaffold' te zijn, een steiger waarlangs de leerlingen zich omhoog kunnen werken. Daartoe moet je interactievaardig zijn (Alexander, 2006).



Interactie in onderzoekend leren

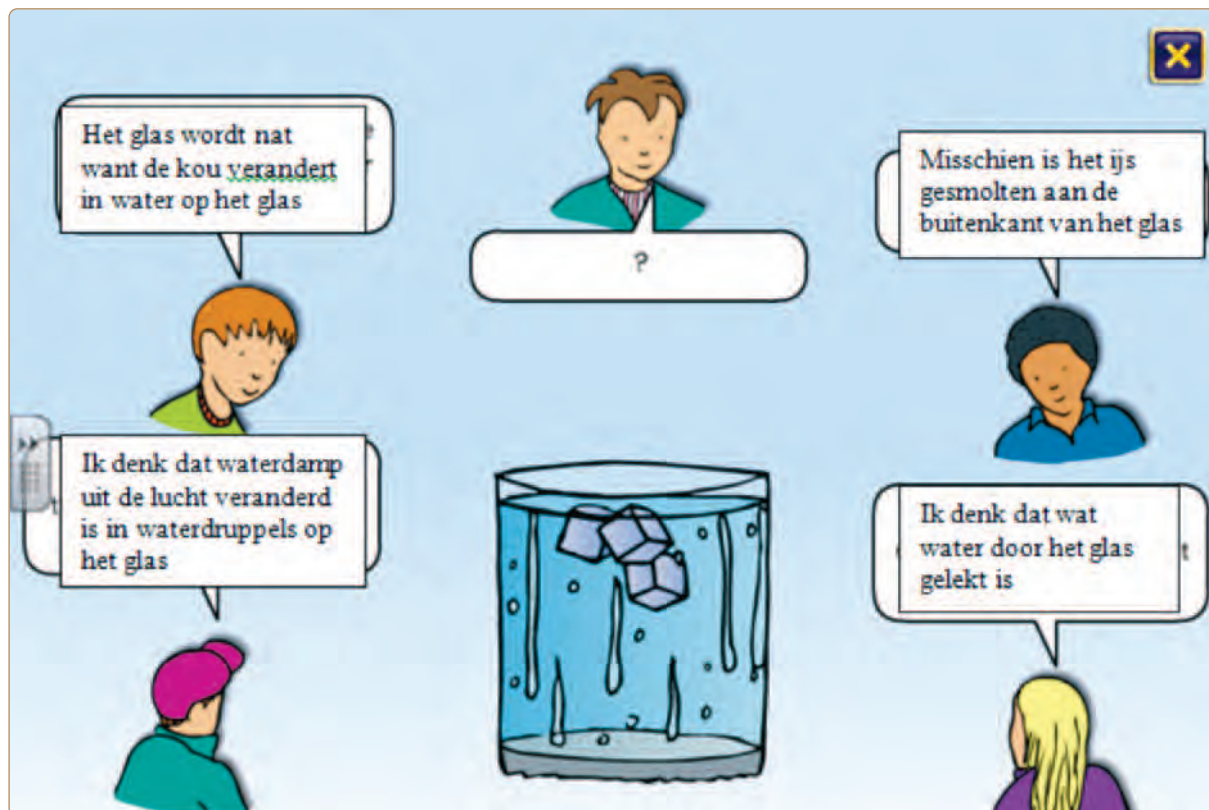
De eerste belangrijke stap binnen de empirische cyclus is toewerken naar de onderzoeksvraag of het ontwerp-probleem. Deze vraag of dat probleem kan uit de kinderen zelf komen, maar kan ook ontstaan door de aandacht te richten. "Kijk, ....". Daarop kun je doorvragen om de kinderen aan te zetten tot verkennen, waarnemen, interpreteren en expliciteren. "Wat zie je nog meer?" "Hoe zou je dat noemen?" "Wat valt je op?" "Hoe werkt dat?" "Waar komt dat vandaan?" Vaak stellen kinderen vragen die te groots en ingewikkeld zijn om te onderzoeken. Je moet ze dan helpen de vraag 'uit te pellen'.

Als je aandacht wordt gevestigd op iets dat je niet kent, ontstaat vaak taalnood. Je zoekt dan naar woorden. Je kunt leerlingen helpen door zo'n woord voor te stellen om de ervaring en waarneming in de greep te krijgen. "Wat jij bedoelt, dat kun je 'wrijving' noemen." Je moet daar voorzichtig mee zijn omdat kinderen er misschien nog niet toe zijn, maar soms hangt het inzicht in de lucht. Je geeft het laatste zetje en je zorgt er bovendien voor dat de kinderen vaktaal leren die ook door anderen gebruikt wordt.

Vaktaal is niet alleen een kwestie van de woorden van anderen leren napraten. Vaktaal moet ook gemaakt worden. Kinderen zijn hierin niet anders dan onderzoekers: je neemt iets nieuws waar; je meent iets te begrijpen en je geeft het een naam. Iemand was tenslotte de eerste die woorden als 'zwaartekracht', 'scheikunde' of 'mobieltje' gebruikte. Zeker jonge kinderen zijn nog ongeremd in hun taalproductie en belonen je aanmoedigingen met prachtige verwoordingen die je zeker niet allemaal hoeft te verbeteren.

Vragen stellen en doorvragen is belangrijk, maar je moet soms ook stil zijn. Degene die de vragen stelt, drukt een stempel op het proces en staat in het middelpunt. Laat kinderen daarom regelmatig met elkaar praten zonder er tussen te komen. Een ander gevaar van (te veel) vragen stellen is dat het op een overhoring of toets kan gaan lijken waarin de kinderen denken dat de leraar 'het goede antwoord' wil horen (Damhuis & De Blauw, 2011).

Een goed alternatief voor de vraag is de stelling of denkpunt waar je kinderen op laat reageren: "Ik denk dat cola sneller koud wordt in de koelkast wanneer je het eerst warm maakt". "Deze ijzeren boot is heel zwaar, dus zal hij wel zinken". Dit principe is mooi uitgewerkt in de zogenaamde 'concept cartoons': posters met een afbeelding van een natuurlijk verschijnsel en kinderen die in tekstballonnen met elkaar strijdige verklaringen geven voor wat ze waarnemen.



## D9 De context en het verhaal

De materiële aspecten (de verschijnselen en de voorwerpen zelf) van wetenschap en techniek lokken gemakkelijk handelingen van kinderen uit. Als je door goede interactie deze actiemogelijkheden adequaat weet te begeleiden, wordt de leeromgeving krachtiger. Er is nog een derde manier om kinderen tot leerzame handelingen en ervaringen te verleiden en dat is door het mogelijk te maken dat kinderen hun acties afleiden uit de structuurkenmerken van een omvattend verhaal. Daarmee bedoelen we niet alleen dat kinderen graag naar verhalen luisteren, maar dat er scripts en scenario's zijn die we kennen en die we volgen. Het scenario voor buitenspelen betekent: jas aan, schoenen aan, veters strikken. Aan tafel gaan om te eten betekent ook: handen wassen. Je kunt tegen kinderen zeggen: "Was je handen en ga aan tafel zitten". Je kunt ook zeggen: "We gaan eten", met als gevolg dat kinderen gaan denken welke handelingen betekenisvol in dit 'verhaal' passen en zelf in actie komen om hun handen te gaan wassen.



Kinderen in het verhaal meenemen

Verhalen, contexten en scenario's zijn bondgenoten van de leraar omdat ze allerlei activiteiten en processen in een samenhangende structuur en tijdvolgorde plaatsen waardoor kinderen hun denken en doen veel beter zelf kunnen aansturen. In plaats van dat je voortdurend aanwijzingen en opdrachten moet geven om verder te komen gaan kinderen zelf verder, omdat ze de logica doorgronden (Anderson & Chemero, 2009).

Als je dicht bij een lamp staat, werpt je lichaam een grotere schaduw vooruit dan wanneer je verder weg bent van de lamp. Het is een goede manier om kinderen iets te leren over verhoudingen, over het verband tussen twee variabelen. Word je bijvoorbeeld twee keer zo klein als je twee keer zo ver van de lamp staat of is het verband anders? Is dat net zoals op de wip, waar er een verband is tussen afstand van het midden en 'wipgewicht'? Dat vinden kleuters best interessant. Ze willen graag voor de lamp staan en gaan stappen vooruit en achteruit doen om te kijken wat er gebeurt.

Als je hier een geschikt schaduwspel van maakt, dan stel je kinderen in staat zelf te bedenken wat ze moeten doen. Zo'n spel kan bijvoorbeeld gebaseerd zijn op het verhaal van Sinterklaas die pakjes door de schoorsteen moet bezorgen. Een poppenhuis met een schoorsteen werpt een schaduw op de muur. Sinterklaas, de maan, het paard, en het pakje zijn uitgeknipt en aan een stokje bevestigd. De kinderen moeten deze figuren in het licht houden zó dat de schaduwen kloppen. Het paard moet precies op het dak staan, het pakje moet natuurlijk zo groot mogelijk zijn, maar wel door de schoorsteen passen. De maan moet door de bomen (een tak in een vaas) schijnen en er net zo uit zien als 's avonds om een uur of acht. Kinderen begrijpen dit scenario en hebben geen verdere aanwijzingen meer nodig.

Begrip ontstaat uit de context. Als je in een tekst een onbekend woord tegenkomt, dan kun je vaak uit de zinnen

die er om heen staan (de con-text) afleiden wat het woord waarschijnlijk betekent. Zo is het ook met begrippen in wetenschap en techniek. Begrip van het concept 'koppel' dat in de natuurkunde gebruikt wordt om evenwichten en draaibewegingen te beschrijven dringt zich gemakkelijker op vanuit een betekenisvolle context zoals wippen, dan vanuit contextloze definities en formules (Van Graft, Boersma, Goedhart, Van Oers & De Vries, 2009).

In wetenschap en techniek worden veel woorden gebruikt die ambivalent zijn of metaforisch. Elektriciteit stroomt, maar niet als water. De maan is rond, maar niet zoals een schoteltje. De Andromedanevel is één van de grootste sterrenstelsels in onze buurt, maar tegelijk niet meer dan een piepklein vlekje aan de nachtelijke hemel. Een appel is hard, maar niet zoals een knikker. Als het overdag zwaarbewolkt is, zeggen we: "Wat is het donker", maar het is stukken lichter dan in een goed verlichte huiskamer in de avond. Hoe rijker de context, hoe betekenisvoller het verhaal, hoe makkelijker het voor kinderen is om te exploreren, inzichten te ontwikkelen, te verwoorden en ook te begrijpen wat anderen zouden kunnen bedoelen.



## D10 Kennis hebben van wetenschap en techniek

Het is niemand gegeven alles te weten over wetenschap en techniek, ook niet bij benadering. Om talenten uit te lokken zijn nieuwsgierigheid en het vermogen om een vraag 'uit te pellen' tot iets onderzoekbaars veel belangrijker dan kennis van het goede antwoord, maar het gewenste resultaat van onderzoekend en ontwerpnd leren is wel degelijk kennis en inzicht.

Kennis kan je soms in de weg zitten. Het kan je verleiden voortijdig in te grijpen wanneer kinderen iets 'fout' doen, of om uitleg en verklaringen te geven op een moment dat kinderen nog zelf aan het onderzoeken, uitzoeken of nadenken zijn. Wie veel weet, moet leren zich in te houden en het leerproces van de kinderen niet kort te sluiten.



Kennis verwerven door wetenschap en techniek

Toch is kennis hebben meestal een pluspunt. Het geeft je zelfvertrouwen. Het kan je helpen om de aandacht van kinderen te richten op verschijnselen of aspecten die zich niet meteen opdringen, maar die de kenner wel waarneemt. Je kunt kinderen veel betere feedback geven. En je kunt het onderwijs op een voor iedereen bevredigende manier afronden door op dat moment informatie te delen met de kinderen. Wanneer ze zelf door eigen ervaring, denken en doen tot begrip zijn gekomen, kunnen de kinderen aanvullende informatie beter opnemen, omdat deze informatie betekenisvol verknoopt kan worden met de nu gevormde neurale netwerken in de hersenen. Ze zullen het bovendien veel beter kunnen onthouden. Zo worden leerprocessen met wetenschap en techniek zinvol afgerond en is kennis een extra beloning.

Om zelf als leraar aan kennis te komen zijn een aantal strategieën van belang. Kennis verwerven door zelf onderzoek te doen is veel te tijdrovend: je zult het vooral moeten hebben van opzoeken en uitzoeken.



Zelf uitproberen

De eerste strategie is gericht op de lange termijn en op de bevordering van algemene ontwikkeling en wetenschappelijke en technologische geletterdheid. Een leraar in het basisonderwijs moet een duizendpoot zijn: iemand die overal minstens een beetje verstand van heeft en dus levenslang blijft leren. In het domein van wetenschap en techniek kun je dit uitwerken door boeken te lezen, de wetenschapspagina van de krant bij te houden, naar informatieve televisieprogramma's te kijken en science musea te bezoeken. Dit hoort gewoon bij je baan en het is nog leuk ook.

De tweede strategie is gericht op de uitvoering van de geplande lessen. De kerndoelen van het basisonderwijs geven veel ruimte voor een eigen invulling. Veel scholen hebben een leerplan waarin een aantal onderwerpen uit het domein van wetenschap en techniek op een bepaald moment aan bod komen. Scholen en leraren maken keuzes en daar kun je je eigen kennisopbouw op afstemmen. Een goede lesvoorbereiding is niet alleen de materialen klaarzetten, maar omvat ook inhoudelijke verdieping.

Wanneer je leren op basis van nieuwsgierigheid en verwondering als leidraad voor je onderwijs durft te nemen, dan zullen er vragen op je afkomen waar je nooit over hebt nagedacht en weinig tot niets over weet. De derde strategie is gericht op deze hele korte termijn: zorgen dat je 'just in time' informatie kunt geven. Wanneer er op vrijdag een grote aardbeving met tsunami is in Japan, dan mag je er op rekenen dat je hierover vragen krijgt. Met behulp van internetbronnen als Wikipedia en YouTube kun je jezelf snel oriënteren. Wanneer je zelf of de school een mediatheekje heeft met boeken en ander materiaal dat de vijf systemen (natuurkundig, levend, aarde-ruimte, technisch, mathematisch) dekt, kun je hier op zulke momenten goed gebruik van maken. Achterin dit boek hebben we een lijst opgenomen met suggesties van boeken die goed leesbaar zijn en waarvan een groot deel ook begrijpelijk is voor kinderen uit de bovenbouw.

### Voorbeeld

De begeleider zit niet te springen om zelf te gaan vertellen hoe het zit. Als de kinderen vragen hebben over wat ze zien of over hoe iets werkt, krijgen ze vaak te horen, "Wat denk je zelf", of "Hoe denk je dat het moet". De kinderen blijven uitgedaagd om zelf na te denken. De begeleider reageert wel op de antwoorden van de kinderen door of de goede kant op te sturen of door hints te geven en ook door af en toe een stukje theorie te geven, maar de gedachtegang van de kinderen wordt helemaal gevolgd. Ook zag je de begeleider na afloop nog een keer een samenvatting geven zodat ook voor de hele groep duidelijk is waar ze net over hebben gepraat, welke kanten dat opging en wat belangrijk is dat ze hiervan meenemen of onthouden.



### Voorbeeld

Leerkrachten merken op dat het belangrijk is om je zelf goed in te lezen in een bepaald onderwerp. Niet zeker zijn van je eigen kennis is soms een reden om een onderwerp te vermijden. Verschillende leerkrachten geven ook aan dat ze het domein van W&T lastig kunnen overzien omdat het zo breed is. Duidelijk is dat de leraar binnen de W&T les niet de alwetende kennisbron kan en moet zijn. Een leerkracht zegt hierover: "Natuurlijk moet je je goed voorbereiden, zodat je weet wat je aan de kinderen vraagt. Maar als leerlingen een onderzoek doen en ze komen met dingen waar jij ook geen antwoord op weet, dan is dat een mooi aanknopingspunt voor een andere les. En dan kun je je daarin weer verdiepen. Ik vind het heel gerechtigd om als leerkracht te zeggen: 'Goh, dat weet ik ook niet, wat interessant, zullen we dat samen gaan uitzoeken?'"

## D11 Aansluiten bij de behoeften en mogelijkheden van ieder kind



Aansluiten bij elk talent

Alle kinderen zijn anders en ontwikkelen zich anders en niets zou dus zo normaal moeten zijn als differentiatie in onderwijsprocessen en leerresultaten. Iedere school en iedere leraar probeert ook recht te doen aan verschillen. De Amerikaanse psycholoog Howard Gardner heeft met zijn theorie over meervoudige intelligentie heel wat weerklank gevonden in het basisonderwijs.

Talent ontwikkelen betekent in zekere zin dat je kinderen wegleidt van het modale niveau. Tegelijk is er een andere tendens, namelijk om standaarden en normen te hanteren waar alle scholen en kinderen aan moeten voldoen. Verschillen zijn normaal, maar het lijkt ook normaal geworden om verschillen als een probleem te zien en weg te werken.

Wetenschap en techniek is een domein waarin verschillen tussen kinderen productief gemaakt kunnen worden. Wetenschappelijke onderzoeksvragen of technische problemen worden zelden opgelost door individuen. Samenwerken en taakverdelen is effectiever, omdat er zo een beroep gedaan kan worden op de verschillende dimensies van talent voor wetenschap en techniek en deze elkaar kunnen versterken.

Opdrachten die uitgevoerd worden door een tamelijk heterogeen groepje personen passen dus goed bij de aard van wetenschap en techniek. Leraren met een talent voor differentiatie maken hier gebruik van. Niet alleen om de kans op een succesvolle oplossing van het ontwerpprobleem of beantwoording van de onderzoeksvraag te vergroten, maar ook en met name om er voor te zorgen dat kinderen van elkaar kunnen leren.

Effectieve leraren kennen de sterke en zwakke kanten van hun leerlingen. Ze houden er rekening mee bij de opdrachten en de indeling in groepjes. Soms door kinderen een rol te geven die bij hun talenten past, soms juist door het omgekeerde te doen. Sommige scholen zetten de cognitief meest getalenteerde leerlingen bij elkaar in een plusklas om te versnellen en verdiepen; andere scholen houden de kinderen liever bij elkaar zodat ze de anderen op sleeptouw kunnen nemen. Je ziet het allebei werken met wetenschap en techniek.

Sommige kinderen hebben creatieve invallen; anderen kunnen goed plannen. Je hebt doeners die niet graag stilzitten en dat kan goed van pas komen. Je hebt denkers die misschien hun handen op hun rug houden, maar wel goed de gegevens kunnen interpreteren. Sommige kinderen zijn 'taalknap' of 'rekenknap'. En eigenlijk is dat heel gewoon.

Minder 'gewoon', in de betekenis van normaal, zijn kinderen die een etiketje opgeplakt hebben gekregen. Zulke kinderen hebben ADHD, zijn hoogbegaafd of behoren tot een achterstandsgroep. Hun gedrag kan leraren op de proef stellen. Wetenschap en techniek is geen wondermiddel voor alle gedragsproblemen of ontwikkelingsstoornissen, maar kan wel bijdragen aan de positieve ontwikkeling van kennis en vaardigheden van deze kinderen. Wetenschap en techniek combineert denken en doen en stimuleert samenwerken en onderlinge communicatie. Motorische activiteiten zijn, zo laat hersenonderzoek zien, goed voor het denken. Het mag af en toe rumoerig zijn, je hoeft niet altijd stil te zitten, en gebrekkige taalvaardigheid is niet altijd fataal. Succeservaringen zijn op veel manieren mogelijk: een oplossing kan niet alleen correct zijn, maar ook origineel, mooi vormgegeven, goed gepresenteerd zijn en het resultaat zijn van volharding en concentratie.

### Voorbeeld

In alle klassen wordt gebruik gemaakt van gemengde groepjes, zodat sterke en zwakke leerlingen elkaar kunnen helpen. Kinderen blijken in experimenten of constructieactiviteiten heel goed op hun eigen niveau te kunnen meedoen. Een leerkracht zegt hierover: "Ook al vinden kinderen de stof soms moeilijk, ze zijn meestal allemaal enthousiast over de W&T activiteiten, omdat ze zelf iets mogen ontdekken of maken. En ook al is wat ze doen of maken niet allemaal goed, iedereen ontdekt toch wel iets. En anders pikken ze wel iets op uit wat andere leerlingen doen of vertellen wanneer ze het aan elkaar presenteren." Hiervoor wordt meestal een coöperatieve werkvorm gebruikt: kinderen delen het eerst met elkaar in een groepje, en daarna wordt er at random iemand gekozen die kan vertellen wat hij in zijn groepje heeft gehoord.



### Voorbeeld

Op een andere school zitten verhoudingsgewijs meer 'bijzondere kinderen', (beelddenkers, dyslectici, kinderen met een stoornis binnen het autistisch spectrum, bovengemiddeld begaafden etc.) waardoor de populatie erg gemengd is. De verschillen tussen de kinderen zijn op sommige punten dan ook relatief groot. Dit wordt voor een deel ondervangen door binnen de technieklessen leeftijdsgroepen te mengen. Zo konden er in de eigen onderzoeksprojecten duo's worden gevormd van kinderen uit groep 5 tot en met 8.

Dit past ook in de door de school gehanteerde filosofie van Stephen R. Covey, waarin samenwerking, wederzijdse afhankelijkheid en gebruik maken van verschillen centraal staan in het realiseren van de doelen. De verschillen tussen kinderen worden omarmd en optimaal benut ten behoeve van (gezamenlijke) groei. In de techniekprojecten was goed zichtbaar hoe dat kan werken. 'Kan werken', want niet in alle gevallen vulden de groepsgenoten elkaar op een productieve manier aan. Hier kan ondersteuning bij de groepsvorming door de docent (bijvoorbeeld in de vorm van sturing bij het kiezen van een partner of bij het gebruik maken van elkaars kwaliteiten) mogelijk een positieve invloed hebben op het proces.

### Voorbeeld

Op deze school worden het onderwijs en de werkvormen afgestemd op de mogelijkheden van elk kind. Samen met de leerkracht beslissen kinderen over de eigen leerweg. De leerkrachten zorgen ervoor dat het aanbod, dat kinderen in elk geval nodig hebben, gegeven wordt en dat kinderen kunnen werken op hun eigen niveau. Op deze manier leren kinderen zichzelf kennen en hun eigen keuzes maken. En ontdekken ze hoe leuk leren is als je het doet omdat je het zelf wilt!

### Voorbeeld

#### Het verschil tussen de leerjaren

Met name in de kleutergroepen, maar ook in andere groepen, zijn de verschillen in taalvaardigheid tussen kinderen groot. Toch blijken de W&T activiteiten voor alle kinderen interessant te zijn. Ook kinderen met een minder grote woordenschat zijn heel geïnteresseerd en pikken er veel van op. Behalve taalvaardigheid verschilt ook de mate waarin kinderen een onderzoekende houding hebben sterk. Dit is vaak voor een belangrijk deel afhankelijk van het feit of kinderen hierin thuis gestimuleerd worden.

De kinderen van groep vier doen enthousiast mee. Zij kunnen in de onderwijs-leergesprekken een heel eind komen als ze gestuurd worden in het kijken en meedenken. Het zelf verzinnen van nieuwe onderwerpen vinden zij nog wat moeilijker.

Ook in het maken van de poster en het presenteren van hun onderzoek hebben zij nog wat sturing nodig.

De kinderen van groep 5 en 6 laten zich nog het meeste verwonderen en meevoeren in de experimenten en wat er dan gebeurt en te zien is. Deze kinderen staan meer open voor nieuwe ideeën, laten meer hun nieuwsgierigheid zien waardoor ze enthousiaster meedenken in het verklaren van wat ze zien gebeuren.

De kinderen van groep 7 en 8 zijn goed in staat eigen onderzoeksvragen te verzinnen. Je ziet dat deze groep goed weet wat verwacht wordt. Deze groep denkt snel, pakt snel nieuwe informatie op en verbindt dit met de bij hen aanwezige kennis.



### Voorbeeld

De leerlingen op deze school voor speciaal basisonderwijs hebben gemiddeld een ontwikkelingsachterstand van meer dan anderhalf jaar. Het is daarom van groot belang het onderwijs en de ervaringen aan te laten sluiten op de ontwikkeling van leerlingen. In de wetenschap en technieklessen wordt de leerling in aanraking gebracht met verschillend materiaal en vanuit het spelen met het materiaal wordt de ontwikkeling in gang gezet.

De leerkracht stelt zo hoog mogelijke doelen en heeft hoge verwachtingen, maar deze sluiten wel aan bij het talent en de mogelijkheden van het kind. Van een meer talige leerling verwacht de leerkracht meer taal terug. Wanneer een leerling minder talig is, wordt het verwoorden wel gestimuleerd, maar worden er op andere terreinen verwachtingen aan gekoppeld. De leerkracht sluit aan bij de onderwijsbehoefte zoals die in beeld is gebracht in het leerlingvolgsysteem. Dat betekent passend bij het niveau van de leerling en aansluitend op de mogelijkheden van de leerling.

## D12 Opbrengstgericht werken

Als onderwijs in wetenschap en techniek talenten van kinderen ontwikkelt, dan zijn er leerresultaten en opbrengsten. Opbrengstgericht werken wordt door Projectbureau Kwaliteit van de PO-Raad omschreven als “systematisch en doelgericht werken aan maximaliseren van prestaties, waarbij de uitkomsten van onderzoek van de resultaten van leerlingen direct worden benut voor de planning en de inrichting van het onderwijs”.

‘Prestaties maximaliseren’ is een andere manier om te zeggen dat je kinderen in een positieve talentspiraal brengt. Ontwikkelen we inderdaad talenten, kunnen we dat met voldoende zekerheid vaststellen en worden de lessen desnoods aangepast op basis van de uitkomsten? Dat is in essentie opbrengstgericht werken.

Domeinen zoals taal en rekenen kennen behoorlijk specifieke kerndoelen en referentieniveaus. Er zijn leerling-volgsystemen voor alle ontwikkelingsstadia en leeftijden. Er is een gestandaardiseerde toets voor het eindniveau. Resultaten worden bijgehouden door school en inspectie en gebruikt voor bijsturing.

In het domein van wetenschap en techniek is dit een stuk minder uitgewerkt. De kerndoelen blinken niet uit door duidelijkheid en detaillering. Wat te denken van een kerndoel 45: ‘De leerlingen leren oplossingen voor technische problemen te ontwerpen, deze uit te voeren en te evalueren’. Daar kan je veel kanten mee op, en sommige scholen werken dit op een rijke manier uit. Maar scholen weten ook dat prestaties in dit domein op de Eindtoets Basis-onderwijs niet meewegen in het Schooladvies en dat de Onderwijsinspectie nog altijd weinig interesse toont in prestaties bij Wereldoriëntatie. Het is dan ook geen wonder dat opbrengstgericht werken met wetenschap en techniek nog weinig gebruikelijk is, zoals ook door het Kohnstamm Instituut in Amsterdam in samenwerking met vindplaatscholen in de regio Noord-Holland is vastgesteld (Emmelot, Van Dalen & Krüger, 2012).



De opbrengst is kennis voor de toekomst

Wetenschap en techniekonderwijs heeft als doel kinderen technologisch en wetenschappelijk voldoende geletterd te maken om als burger mee te praten en te beslissen over zulke uiteenlopende zaken als de Ecologische Hoofdstructuur, statiegeld op plastic flessen, vergoeding van homeopathische medicijnen of het gebruik van nanotechnologie. Het wil er voor zorgen dat kinderen voldoende begrijpen van alle apparaten, producten en processen van onze hoogtechnologische wereld om er verstandig mee om te gaan. En het wil kinderen inzicht geven in hun talenten voor wetenschap en techniek, zodat ze een verstandige keuze kunnen maken voor vervolgopleiding en beroep. Het heeft als belangrijk nevenresultaat dat kinderen kennis hebben van belangrijke concepten en inzichten.

Goed onderwijs in wetenschap en techniek ontwikkelt een positieve attitude, cultiveert nieuwsgierigheid, een onderzoekende houding, het vermogen goede vragen te stellen, kritisch te redeneren, plannen, volharden, evalueren, samenwerken, ervaringen uit te drukken in woorden en de werkelijkheid te representeren met modellen en visualiseringen.

Kinderen breiden hun repertoire aan academische taal uit met vakwoorden zoals de schaal van Richter of de dagelijks aanbevolen hoeveelheid ijzer, en met redeneerconstructies om te verklaren, voorspellen, generaliseren of te categoriseren, zoals de ‘als ... dan ...’ redenering voor causale verbanden.

Stel maar eens vast of dit gelukt is! Uit het nog steeds lage percentage jongeren dat voor een bètatechnische opleiding

kiest en het grote aantal vacatures in deze sector, kun je wel afleiden dat we er nog niet uit halen wat er inzit.

Gebruikelijk is dat prestaties worden gemeten en vergeleken op basis van een toets gebaseerd op kennis. Er wordt direct naar kennis gevraagd ("Wordt een vlierstruik door insecten of door de wind bestoven?") of er is voorkennis nodig om de vraag te beantwoorden ("Wat is gezonder: een broodje kaas of een broodje kroket?"). Deze toetsen zijn relatief makkelijk samen te stellen en te standaardiseren, zodat kinderen en scholen vergeleken kunnen worden. De vraag is alleen of je zo tot de meest valide uitspraken komt over de prestaties en de talenten van kinderen. Veel weten is goed en mag gewaardeerd worden, maar het domein van wetenschap en techniek is enorm groot en kennis van het ene feit is niet belangrijker dan kennis van het andere.

Kennis zou bovendien een resultaat moeten zijn van goed uitgevoerde processen van onderzoeken, ontwerpen, uitzoeken, redeneren en andere hogere-orde denkvaardigheden. Als deze vermogens, die veel belangrijker zijn dan feitenkennis, niet in zichzelf worden vastgesteld en gewaardeerd, bestaat het gevaar dat een kortere maar minder valide weg naar 'de goede antwoorden' gaat domineren: instructie, gevolgd door uit het hoofd leren en reproduceren van de kennis op de toets.

Er zijn nog geen goede toetsinstrumenten of leerlingvolgsystemen ontwikkeld waarmee leraren de onderzoekende houding en de competenties die ontwikkeld worden in de empirische cyclus kunnen meten en er (al dan niet gestandaardiseerd ten behoeve van landelijke vergelijking) over te kunnen rapporteren. Dat is jammer, maar biedt ook mogelijkheden voor leraren met een talent voor opbrengstgericht werken.

Talent is emergent: resultaten zijn sterk afhankelijk van de omstandigheden. Dit biedt een aanknopingspunt voor het denken over opbrengsten. Het is voorlopig makkelijker om vast te stellen of de omstandigheden gunstig zijn en de kansen benut worden, dan om de talentontwikkeling zelf te bepalen. Zijn scholen en leraren gericht op het creëren van gunstige omstandigheden?



Hoe meet je de onderzoekende houding

Effectieve leraren werken leerdoelgericht en laten het niet bij plannen en uitvoeren van activiteiten. Goede leraren formuleren leerdoelen en zorgen er door hun keuze van onderwerpen voor dat de leerlingen begrippen ontwikkelen uit alle inhoudelijke systemen. Daarnaast formuleren ze leerdoelen die betrekking hebben op het proces van de empirische cyclus, op de specifieke en algemene vaardigheden die hierbij ontwikkeld kunnen worden en op de bijdrage aan de realisering van kerndoelen uit andere domeinen zoals taal en rekenen.

Om complexe vaardigheden, zoals 'wetenschappelijk redeneren' en specifieke kenmerken, zoals 'een onderzoekende houding' te kunnen beoordelen en de leerlingen feedback te kunnen geven zijn 'rubrics' nuttige instrumenten. Een rubric is een beoordelingsinstrument waarmee de kenmerken van zwakke prestaties tot en met hele goede prestaties in drie tot vijf niveaus worden omschreven op een aantal relevante te beoordelen aspecten. Leraren en scholen kunnen gebruik maken van bestaande rubrics of kunnen zelf rubrics ontwikkelen. In dat laatste geval is de kans wellicht groter dat de criteria die worden gebruikt optimaal aan de specifieke context kunnen worden aangepast. Het werken met rubrics bij het beoordelen en geven van feedback kan bijdragen aan het formuleren van doorlopende leerlijnen binnen een school. Ook kan de school deze rubrics gebruiken om zich naar buiten toe te verantwoorden aangezien de beoordeling van de ontwikkeling van vaardigheden van leerlingen goed zichtbaar gemaakt kan worden.

## D13 Samenhang en leerlijnen aanbrengen

Aan het eind van groep acht stelt men de vraag of het gelukt is leerlingen zich te laten oriënteren op zichzelf en de wereld'. Weten kinderen wat hun talenten zijn? Kennen ze de wereld? Zijn ze voldoende wetenschappelijk en technisch geletterd? De kans daarop is groter wanneer acht jaar lang volgens een samenhangend programma naar dit doel is toegewerkt.

Wie het heeft over samenhang en doelgerichtheid heeft het over leerlijnen. Wat doe je en in welke volgorde? Een duidelijk overzicht maakt planning makkelijker en geeft structuur en vertrouwen. Aan de andere kant: als je de nieuwsgierigheid van kinderen en hun vragen serieus neemt en als je goede gelegenheden die zich voordoen wilt benutten, moet je een deel van de programmering overlaten aan toeval en improvisatievermogen en ook flexibel kunnen zijn als het gaat om de volgorde.

De basis van een leerlijn kan de inhoud zijn. Voor elk concept uit de vijf systemen, of het nu om de zwaartekracht gaat of gezondheid of de waterkringloop, kun je een reeks van fenomenen, vragen en activiteiten bedenken die in de loop der jaren leidt tot steeds dieper inzicht.

Nu zijn er niet oneindig veel concepten, maar het zijn er toch heel wat. Je kunt beter enkele onderwerpen grondig uitdiepen dan overal oppervlakkig langs scheren (Wagenschein, 1989). Je kunt tijd voor de ontwikkeling van begrip voor wetenschap en techniek winnen door integratie met andere domeinen, met name taal en rekenen. Maar hoe dan ook, de empirische cyclus doorlopen is een tamelijk tijdrovende aangelegenheid. Je zult keuzes moeten maken wat betreft de vragen en de onderwerpen waar je echt met de kinderen induikt. Het is jammer als de kinderen veel leren over een onderwerp, dat wel leuk is, maar nauwelijks relevant blijkt te zijn voor hun dagelijks leven of toekomst. Of wanneer er weinig inhoudelijke variatie is wat betreft de inhoudelijke systemen van wetenschap en techniek.



Leerlijnen kunnen knap ingewikkeld zijn

Een goed alternatief voor leerlijnen gebaseerd op de inhoudelijke concepten zijn leerlijnen die de proceskenmerken van de empirische cyclus volgen. Hoe goed zijn kinderen in het stellen van onderzoeksvragen? In ontwerp-redeneringen? In het representeren van hun gegevens met behulp van modellen en grafieken? In het herkennen van patronen? Hoe ontwikkelt zich hun attitude tegenover wetenschap en techniek? Hoe geconcentreerd en betrokken nemen de kinderen waar? Van welk niveau moeten de taaluitingen en redeneringen zijn in groep twee, groep vijf, groep acht? Onderwerpen, thema's en inhoudelijke concepten zijn dan kapstokken om meer algemene vaardigheden en attitudes te ontwikkelen. Het maakt dan minder uit of het vermogen natuurlijke verschijnselen te onderzoeken of technische problemen op te lossen is bevorderd door projecten met water, de hemellichamen of met voeding.

## D14 Talenten uitlokken door schoolorganisatie

Talenten uitlokken en ontwikkelen doe je natuurlijk vooral op het niveau van de klas of groep. De factoren die hierbij de belangrijkste rol spelen zijn de aanleg en betrokkenheid van het kind zelf, de materiële omstandigheden zoals de verschijnselen en dingen waarover je nadenkt en waarmee je handelt, de context waarin dit geplaatst wordt en de interactie tussen de kinderen en de leraar. Maar dit alles wordt mede mogelijk gemaakt door de school als organisatie. Als het leren vanzelf gaat hebben we geen technieklokalen, kerndoelen, leerlingvolgsystemen en nascholingen nodig.

Als we spreken over ‘scholen’ dan bedoelen we niet het gebouw maar de mensen die samen de school maken tot wat zij is. Het schoolbestuur, de directeur, het team, de techniekcoördinator, betrokken ouders en ook de pedagogisch medewerkers van het kinderdagverblijf en de buitenschoolse opvang: zij drukken hun stempel op talentontwikkeling van kinderen. Kennelijk zijn de mensen in en achter de vindplaatssscholen in staat vorm en inhoud te geven aan wetenschap en techniekonderwijs. Waarin onderscheiden zij zich?



Scholing over wetenschap en techniek

Uit recent attitudeonderzoek blijkt dat leraren in het basisonderwijs wetenschap en techniek belangrijk vinden voor kinderen en dit domein de laatste jaren ook belangrijker zijn gaan vinden. Daarin onderscheiden vindplaatssscholen zich niet in het bijzonder. Vindplaatssscholen lijken zich vooral te onderscheiden wat betreft visie en de vertaling van die visie naar concrete maatregelen.

Een visie hebben betekent dat de school de mogelijkheden van wetenschap en techniek voor brede talentontwikkeling bij kinderen herkent en uitwerkt in het schoolwerkplan. Dan wordt niet uitsluitend gedacht in termen van activiteiten die georganiseerd moeten worden, zoals ‘naar de kinderboerderij’; ‘een stroomkring maken’; of ‘een vogelkastje maken’ maar in termen van doelen die nagestreeft worden: scherper leren waarnemen of leren ontwerpen. Schoolleiders met een talent voor visieontwikkeling zien wetenschap en techniek als een krachtig hulpmiddel om leerprestaties in andere vakken, met name taal en rekenen te bereiken. ‘Methodes’ zijn dienend in plaats van leidend.

Visie op wetenschap en techniek is ook zichtbaar in het denken van de school over differentiatie en passend onderwijs. Dan gaat het over uitdaging bieden aan de cognitief meer begaafde leerlingen of aan leren door doen voor kinderen die niet zo talig zijn dan wel niet langdurig stil blijven zitten.

Visie heeft dan concreet betrekking op de relatie tussen het onderwijskundig en pedagogisch concept van de school en de diverse werkvormen van wetenschap en techniek. Een visie op de ontwikkeling van het kind vertaalt zich in principes over samenwerkend leren dan wel zelfstandig werken, over het belang van verwondering en creativiteit, over de ontwikkeling van waarden, over leerstofgericht of kindvolgend onderwijs, over ontwikkelingsgericht en ervaringsgericht leren. Een consistente uitwerking die past bij het karakter van de school is belangrijk.

Als de school zo'n consistente visie heeft, dan kunnen de materiële en sociale voorwaarden voor talentontwikkeling optimaal geconcretiseerd, georganiseerd en gefaciliteerd worden.

Materiële voorwaarden optimaliseren betekent dat de kinderen rijke zintuiglijke ervaringen kunnen opdoen, zich kunnen verwonderen en de vragen die zich opdringen kunnen onderzoeken. De natuur, de directe omgeving van de school, zand en water, goedkoop materiaal bieden in principe volop uitdaging: materiaal hoeft niet duur te zijn. En: als je er niet in slaagt goed onderwijs te geven met zand en water, dan gaat het ook niet lukken met dure dozen. Een belangrijke investering is een goede plek te creëren om denken en doen te kunnen combineren. Een technieklokaal, keuken, of science atelier is veel waard. Ook instrumenten en hulpmiddelen die in het verlengde liggen van de zintuigen en de lichamelijke handelingsmogelijkheden zijn waardevol, omdat kinderen ze intuïtief begrijpen. Slaan met een hamer is slaan met gestrekte arm en iets zwaars in je hand, maar dan (letterlijk) handiger. Een microscoop of verrekijker werken met hetzelfde zichtbare licht als waar je ogen mee werken, maar laten meer zien. Een temperatuursensor voelt warmte, zoals je hand dat ook kan, maar de sensor kan die kwalitatieve manier van waarnemen kwantificeren. Zo kunnen kinderen de technologische wereld vanuit hun lichamelijke ervaring leren begrijpen.

Ook openheid naar buiten kun je organiseren. Je kunt ouders vragen mee te gaan als begeleider bij een excursie, maar je kunt ze ook vragen een les te verzorgen over hun werk. Je kunt naar de speeltuin of het pretpark gaan omdat het leuk is maar je kunt ook de natuurkunde en techniek in al die toestellen aandacht geven. De school kan een in zichzelf gekeerd eiland zijn of zich richten op de directe omgeving en daar leerzame lessen omheen programmeren. De school heeft een waterleiding, elektriciteitsrekening, zonwering, luizenmantels, ergonomisch verantwoord meubilair en een inbraakalarm. Er komen voortdurend professionals over de vloer met een eigen taal en begrippenkader waar kinderen veel van kunnen leren.

De sociale voorwaarden voor talentontwikkeling hebben vooral te maken met de interactie tussen kinderen en leraar. Dit betekent dat de school er voor moet zorgen dat de leraren een passend didactisch en inhoudelijk repertoire hebben. Interactie in wetenschap en techniek is niet in de eerste plaats instructie geven en controleren of de leerlingen het begrepen hebben, maar nieuwsgierig maken, aandacht richten en kinderen begeleiden in hun onderzoek, ontwerp en begripsontwikkeling. Dat zijn vaardigheden van leerkrachten met een hoge moeilijkheidsgraad waarvoor professionalisering, training en coaching op zijn plaats zijn.

Ook de inhoudelijke kenniscomponent van interactie vraagt om aandacht en professionalisering. Enerzijds gaat het om het ontwikkelen van de eigen brede maar algemene ontwikkeling van de leraar tot wetenschappelijke en

technologische geletterdheid. En anderzijds om de 'just-in-time' en meer exemplarische verdieping in de concepten die, al dan niet gepland, het onderwerp van de les worden. Scholen met oog voor talentontwikkeling zorgen er voor dat minstens één van de leraren een bredere kennis en ervaring heeft dan gebruikelijk en organiseren het ook zo dat deze leraar de rest van het team op sleeptouw kan nemen.



Je kunt de leerlingvolgsystemen en de bespreking van de leerresultaten beperken tot de gebieden waar de Inspectie en de Cito-Eindtoets het meeste gewicht aan toekennen, maar als de basis op orde is, dan kun je met het team bespreken in hoeverre je er in slaagt verwondering te wekken en een onderzoekende houding te cultiveren.

Tot slot gaat het ook om het verhaal. Kinderen weten al snel hoe de rolverdeling op school is: je moet doen wat er van je gevraagd wordt of je dit nu begrijpt of niet. Voor contextloze oefeningen en opdrachten is de spanningsboog echter gering en dan is er veel en voortdurend instructie en controle nodig. Als kinderen begrijpen wat de bedoeling is, als ze zelf een plan hebben en dat uitvoeren, dan zullen ze zichzelf gemakkelijker kunnen aansturen, omdat het verhaal de betekenis bepaalt van gedachten en handelingen. Wetenschap en techniek is niet een verzameling onbegrijpelijke feiten, gereedschappen en apparaten die uit de lucht op je pad vallen. Je moet ze inbedden in de vele verhalen van mensen die de wereld willen begrijpen en hun problemen willen oplossen, van het vuur en het wiel tot de dagelijks aanbevolen hoeveelheid ijzer in de appelstroop. Dan gaan je ogen open, gaan je handen begrijpen en kun je de wereld aan!

### Voorbeeld

In de lerarenkamer hangt een lijst, waarop leerkrachten kunnen aangeven welke techniekkasten ze gebruiken. De techniekcoördinator maakt van de lijst een jaaroverzicht voor het volgende schooljaar. Aan het begin van het schooljaar geeft ze dit overzicht aan de collega's, zodat ze weten wat de kinderen in de groepen ervoor hebben gedaan. Het lijkt erop dat de kisten over het algemeen niet herhaald worden. Er zijn geen duidelijke afspraken over de frequentie of volgorde waarin de kisten aan de orde komen. De planning van de kisten ligt dan ook niet vast. Sommige leerkrachten vinden dat prettig; het geeft ze de vrijheid om in te gaan op wat kinderen interesseert en eventueel wat langer door te gaan met een bepaald onderwerp. Ze worden dan niet belemmerd door het feit dat er volgende week weer een nieuwe kist gepland staat. Andere leerkrachten zouden het fijn vinden als er wel duidelijkere afspraken waren over de kisten, omdat ze dan gericht aan doelen kunt werken. Ook zou men graag een lijst hebben met een overzicht van alle kisten, geordend naar domein.

### Voorbeeld

De faciliteiten van de techniekcoördinator worden ingezet voor ontwikkelingen van materialen, het beheren daarvan en de ondersteuning van collega's. Deze faciliteiten komen voor een deel uit de inzet van LIO-studenten in de school. De techniekcoördinator weet veel van alle kisten. Zij is het directe aanspreekpunt voor de meeste leerkrachten. Concreet is zij op woensdag vaak bezig in het technieklokaal en is ze benaderbaar voor vragen. Ze zegt daarover: "Ik vind het heel erg leuk om het enthousiasme te zien groeien bij collega's die het in eerste instantie misschien nog moeilijk vinden, maar die dan toch met de kisten aan de slag gaan."

### Voorbeeld

De school wil doorgroeien naar een situatie waarin ontwerpend leren als didactisch uitgangspunt centraal komt te staan. Van techniek naar wetenschap en techniek, van losse activiteiten naar een andere manier van leren. De techniekcoördinator zegt daarover het volgende: "Ik denk dat de collega's heel erg gestimuleerd moeten worden om te leren zien dat je in dat soort lessen niet een antwoord hebt of een stappenplan van 1, 2, 3 en dan ben je klaar. Dat het echt heel divers kan zijn en dat je ook geen antwoordbladen in de kisten kunt stoppen omdat er vele wegen naar Rome leiden. Het is aan de kinderen om te beslissen welke kant ze opgaan en dat jij als leraar ze alleen maar moet stimuleren om daar stappen in te zetten. Dat zal nog een heel proces zijn."

# TALENT ONTWIKKELEN

## MET WETENSCHAP EN TECHNIEK

---

|                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------|-----|
| <b>Suggesties voor boeken over wetenschap en techniek</b> | 111 |
| <b>Tips voor boeiende Science Centra</b>                  | 112 |
| <b>Literatuur</b>                                         | 113 |
| <b>Colofon</b>                                            | 116 |



## Suggesties voor boeken over wetenschap en techniek

### Overzichten:

- Dijkgraaf, R., Fresco, L., Weezel, T. G. van, & Calmthout, M. van (Eds.). (2008). **De bètacanon**. Amsterdam: Meulenhoff.
- Fraiquin, M., & Steenbeek, H. (2011). **Owie en het geheime ding**. Leidschendam: Biblion.
- Klindworth, U. (2011). **Melk komt uit een pak en jeans groeien op een akker**. Thorn: Cyclone.
- Smeets, I., & Haring, B. (2010). **Vallende kwartjes - Een slimme selectie van leesbare wetenschap**. Amsterdam: Nijgh & Van Ditmar.
- Weil, A. (2011). **Kwestie van overleven**. Leidschendam: Biblion.



### Aarde-Ruimte systeem:

- Bryson, B. (2008). **Een heel kleine geschiedenis van bijna alles**. Amsterdam: Atlas.
- Corboz, Y. (2011). **Meteorologie - 100 experimenten om het weer te begrijpen**. Diemen: Veen.
- Dunlop, S. (2003). **Het weerboekje. Alles over wolken, weer en weervoorspellingen**. Utrecht: Veltman.
- Gans, W. de (2008). **Geologieboek Nederland**. Den Haag: ANWB.
- Leenaers, H. (2009). **De Bosatlas van ondergronds Nederland**. Groningen: Noordhoff.
- Leenaers, H. (2010). **De Bosatlas van Nederland waterland**. Groningen: Noordhoff.
- Murphy, G. (2010). **Groene stapjes - Hoe eenvoudige ideeën een wereld van verschil kunnen maken voor onze Aarde**. Texel: Ecomare.
- Scagell, R. (2008). **De ruimte verklaard - Een beginnersboek over het heelal**. Amsterdam: Bergmans.
- Sluijter, R. (Ed.). (2011). **De Bosatlas van het klimaat**. Groningen: Noordhoff/KNMI.
- Taylor, B. (2008). **De aarde verklaard - Een beginnersboek over onze planeet**. Amsterdam: Bergmans.
- Vos, P. C., Bazelmans, J., Weerts, H. J. T., & Meulen, M. J. van der (Eds.). (2011). **Atlas van Nederland in het Holoceen**. Amsterdam: Bert Bakker.



### Natuurkundig systeem:

- Corvers, J., Feijs, E., Munk, F., & Uittenbogaard, W. (2009). **TalentenKracht module draaien, duwen en trekken**. Den Haag: Platform Bèta Techniek.
- Duran, J. (2008). **Zand in beweging - Verrassend gedrag van alledaagse materie**. Diemen: Natuurwetenschap & Techniek Veen Magazines.
- Gray, T. (2010). **De elementen - Een visuele verkenning van alle atomen in het heelal**. 's-Graveland: Fontaine.
- Walter, G. (2011). **Luft. Die Elemente im Kindergartenalltag**. Freiburg im Breisgau: Herder.
- Ray, C., & Poizat, J.-C. (2010). **De natuurkunde in alledaagse apparaten**. Diemen: Veen.
- Teichmann, J., & Krapp, T. (2010). **Natuurkunde eenvoudig uitgelegd**. Aartselaar: Zuidnederlandse Uitgeverij.



### Technisch systeem:

- Bie, L. de (2008). **Een blik op techniek voor kleuters**. Sint-Niklaas: Abimo.
- Challoner, J. (Ed.). (2010). **1001 uitvindingen die onze wereld veranderd hebben**. Kerckdriel: Librero.
- Verdult, E. (2010). **Ingenieus - De mooiste technische illustraties**. Diemen: Veen.



### Levend systeem:

- Carter, R. (2010). **Hét breinboek**. Diemen: Veen.
- Denters, T. (2004). **Stadsplanten - Veldgids voor de stad**. 's-Graveland: Fontaine.
- Gijn, J. van (2011). **Lijf en leed - Geneeskunde voor iedereen**. Amsterdam: Atlas.
- Haring, B. (2001). **Kaas & de evolutietheorie**. Antwerpen: Houtekiet.
- Katan, M. B. (2008). **Wat is nu gezond? Fabels en feiten over voeding**. Amsterdam: Bert Bakker.
- Nuijten, R., & Mol, C. (Eds.). (2011). **Biologie in de 21e eeuw**. Utrecht: de Graaff.
- This, H. (2008). **Chemie in de keuken**. Diemen: Veen.
- Waal, F. de (2005). **De aap in ons**. Amsterdam: Contact.
- Wesseling, M. (2008). **Veldkijker - Gericht kijken naar dieren in de Nederlandse natuur**. Zeist: KNNV.



### Mathematisch systeem:

- Pickover, C. A. (2010). **Het wiskundeboek**. Kerkdriel: Librero.
- Skinner, S. (2010). **Geheime geometrie - Mysterieuze wetten van de heilige geometrie in kunst, natuur en wetenschap**. Kerkdriel: Librero.

## Tips voor boeiende Science Centra

Nederland: Zie de website: <http://sciencecentra.nl/>

Barcelona: **Cosmo Caixa** ([obrasocial.lacaixa.es/nuestroscentros/cosmocaixabarcelona/cosmocaixabarcelona\\_ca.html](http://obrasocial.lacaixa.es/nuestroscentros/cosmocaixabarcelona/cosmocaixabarcelona_ca.html))

Berlijn: **Deutsches Technikmuseum** ([www.sdtb.de/Home.623.0.html](http://www.sdtb.de/Home.623.0.html))

Berlijn: **Museum für Naturkunde** ([www.naturkundemuseum-berlin.de/](http://www.naturkundemuseum-berlin.de/))

Mechelen: **Technopolis** ([www.technopolis.be/nl/index.php](http://www.technopolis.be/nl/index.php))

Lissabon: **Pavilhão do Conhecimento - Ciência Viva** ([www.pavconhecimento.pt/home/](http://www.pavconhecimento.pt/home/))

Londen: **Natural History Museum** ([www.nhm.ac.uk/](http://www.nhm.ac.uk/))

Londen: **Science Museum** ([www.sciencemuseum.org.uk/](http://www.sciencemuseum.org.uk/))

Parijs: **Cité des Sciences** ([www.cite-sciences.fr/fr/cite-des-sciences](http://www.cite-sciences.fr/fr/cite-des-sciences))

## Literatuur

- Allart, B., Haak, E., & Kleinhans, H. (2012). **Talent ontwikkelen met wetenschap en techniek. Een beschrijving van talentontwikkeling van kinderen in de context van wetenschap en techniek op De Ontdekkingsreis, Doorn.** Utrecht: Centrum voor Onderwijs en Leren.
- Alexander, R. J. (2006). **Towards dialogic teaching: Rethinking classroom talk.** York: Dialogos.
- Anderson, M. L., & Chemero, A. (2009). Affordances and intentionality. **The Journal of Mind and Behavior**, 30(4), 301-312.
- Andersson, B. (1986). The experiential gestalt of causation: a common core to pupils' preconceptions in science. **European Journal of Science Education**, 8(2), 155-171.
- Arthur, W. B. (2009). **The nature of technology - What it is and how it evolves.** New York: Free Press.
- Asma, L., Walma van der Molen, J., & Aalders-Smeets, S. van (2011). Primary teachers' attitudes towards science and technology. In M. de Vries, H. van Keulen, S. Peters & J. Walma van der Molen (Eds.), **Professional development for primary teachers in science and technology** (pp. 89-106). Rotterdam: Sense Publishers.
- Baartman, L., & Gravemeijer, K. (2011). Science and technology education for the future. In M. de Vries, H. van Keulen, S. Peters & J. Walma van der Molen (Eds.), **Professional development for primary teachers in science and technology** (pp. 21-34). Rotterdam: Sense Publishers.
- Baeyens, J. (2011). **Het begint met kijken en luisteren - Een praktische theorie voor onderwijs aan jonge kinderen.** Amsterdam: SWP.
- Bastings, M. (2012). **Talent ontwikkelen met wetenschap en techniek. Een beschrijving van talentontwikkeling van kinderen in de context van wetenschap en techniek op Vindplaatsschool De Klokbeker.** Utrecht: Centrum voor Onderwijs en Leren.
- Berg, E. van den (2010). **Natuurwetenschap en techniek in het basisonderwijs - Van hands-on naar minds-on.** Amsterdam: Hogeschool van Amsterdam.
- Berg, I. van den (2012). **Talent ontwikkelen met wetenschap en techniek. Een beschrijving van talentontwikkeling van kinderen in de context van wetenschap en techniek op Kinderopvang Baarn.** Utrecht: Centrum voor Onderwijs en Leren.
- Boswinkel, N., & Schram, E. (2011). **De toekomst telt.** Enschede: Ververs Foundation & SLO.
- Bransford, J.D., Brown, A.L. & Cocking R.R., (2000). **How People Learn - Brain, Mind, Experience and School.** Washington, D.C.: National Academy Press.
- Burge, T. (2010). **Origins of objectivity.** Oxford: Oxford University Press.
- Bybee, R. (2010). **The teaching of science: 21st century perspectives.** Arlington: NSTA Press.
- Corvers, J., & Munk, F. (2012). **Talent ontwikkelen met wetenschap en techniek. Een beschrijving van talentontwikkeling van kinderen in de context van wetenschap en techniek op Vindplaatsschool De Parkschool.** Utrecht: Centrum voor Onderwijs en Leren.
- Curious Minds Consortium (2011). **Talent and excellence for science and technology in young children. A review of the literature.** Den Haag: Platform Bèta Techniek.
- Dalen, A. van, & Velthooven, B. van (2012). **Talent ontwikkelen met wetenschap en techniek. Een beschrijving van talentontwikkeling van kinderen in de context van wetenschap en techniek op Vindplaatsschool SBO De Evenaar, Nieuwegein.** Utrecht: Centrum voor Onderwijs en Leren.
- Damhuis, R. (2008). **Gesprekken zijn de spil van het onderwijs.** Utrecht: Marnixacademie.
- Damhuis, R., & Blauw, A. de (2011). High quality interaction in primary science and technology. In M. de Vries, H. van Keulen, S. Peters & J. Walma van der Molen (Eds.), **Professional development for primary teachers in science and technology** (pp. 199-216). Rotterdam: Sense Publishers.
- Daston, L., & Galison, P. (2007). **Objectivity.** New York: Zone Books.
- De Winter, V. (2011). Deskundigheidsbevordering en attitudeverandering in het licht van onderwijs in wetenschap en techniek. In F. Laevers & L. Heylen (Eds.), **Passie voor wetenschap en techniek. Onderzoekend en ontwerpend leren in de basisschool** (pp. 76-84). Leuven: CEGO.
- Driver, R. (1983). **The pupil as scientist?** Milton Keynes: Open University Press

- Driver, R., Leach, J., Scott, P., & Wood-Robinson, C. (1994). Young people's understanding of science concepts: Implications of cross-age studies for curriculum planning. **Studies in Science Education**, 24, 75-100.
- Duschl, R.A., Schweingruber, H.A., & Shouse, A.W. (2007). **Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8**. Washington: The National Academies.
- Emmelot, Y., Dalen, M. van, & Krüger, M. (2012). **Wetenschap en techniek en opbrengstgericht werken. Zes basisschoolportretten**. Amsterdam: Kohnstamm Instituut.
- Fischer, K.W., & Bidell, T.R. (2006). **Dynamic development of psychological structures in action and thought**. In W. Damon & R.M. Lerner (Eds.), *Handbook of child psychology (Fifth edition)*. Volume 1: Theoretical models of human development (pp. 467-561). New York: Wiley.
- Fleeer, M. (2007). **Young children: Thinking about the scientific world**. Watson: ACT Australia.
- Galen, F. van, & Gravemeijer, K. (2010). **Dynamische grafieken op de basisschool**. Utrecht: Flsme & Ververs Foundation.
- Galen, F. van, Gravemeijer, K., Mulken, F. van, & Quant, E. (2012). **Kinderen onderzoeken 'snelheid'**. Eindhoven: Eindhoven School of Education.
- Gallese, V., & Lakoff, G. (2005). The brain's concepts: The role of the sensory-motor system in conceptual knowledge. **Cognitive Neuropsychology**, 21, 1-25.
- Garmire, E., & Pearson, G. (Eds.). (2006). **Tech Tally - Approaches to assessing technological literacy**. Washington, D.C.: National Academic Press.
- Geerdink, G., Hajer, M., & De Vries, B. (2010). **Drie perspectieven op omgaan met verschillen in W&T-onderwijs: Een internationale review naar gender-, taal- en prestatieverschillen in het basisonderwijs**. KWTG: Eindrapportage.
- Geert, P. van (2012). **Talent voor wetenschap en techniek in kinderen en hun opvoeders. Een schets van de talentenkaart**. Den Haag: Platform Bèta Techniek.
- Gimbel, S. (Ed.). (2011). **Exploring the scientific method**. Chicago: The University of Chicago Press.
- Goswami, U. (2008). Conceptual development and the biological world. In **Cognitive development - The learning brain** (pp. 109-145). Hove: Psychology Press.
- Graft, M. van, Boersma, K., Goedhart, M., Oers, B. van, & Vries, M. de (2009). **De concept-contextbenadering in het primair onderwijs - Deel I Een conceptueel kader voor natuur en techniek**. Enschede: SLO.
- Hacker, M., Vries, M. de, & Rossouw, A. (2009). **Concepts and Contexts in Engineering and Technology Education**. New York/Delft: Hofstra University & Delft University of Technology.
- Harlen, W., & Qualter, A. (2009). **The teaching of science in primary schools (5th ed.)**. London: Routledge.
- Hattie, J. (2009). **Visible learning**. Oxon: Routledge.
- Henrichs, L. F., Leseman, P. P. M., Broekhof, K., & Cohen de Lara, H. (2011). Kindergarten talk about science and technology. In M. J. de Vries, H. van Keulen, S. Peters & J. Walma van der Molen (Eds.), **Professional development for primary teachers in science and technology. The Dutch VTB-Pro project in an international perspective**. Rotterdam: Sense.
- Hesse, H. (1986). **Mit dem Erstaunen fängt es an**. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Heuvel-Panhuizen, M. van den & Leseman, P. (2011). **Structuur en ontwikkeling van talent in wetenschap en techniek. Programmavoorstel Satelliet Utrecht**. Utrecht: Universiteit Utrecht.
- Hiele, P. M. van (1973). **Begrip en inzicht**. Purmerend: Muusses.
- Huijbregts, S., & Swaab, H. (2010). Van exploratie naar inzicht. In J. de Lange (Ed.), **TalentenKracht magazine - Verwondering is de basis van alle wetenschap** (pp. 82-85). Den Haag: Platform Bèta Techniek.
- Iran-Nejad, A., McKeachie, W. & Berliner, D.C. (1990). The Multisource Nature of Learning: An Introduction. **Review of Educational Research**, Vol. 60, No. 4, pp. 509-515.
- Jolles, J. (2010). **Ellis en het verbreiden - Over hersenen, gedrag en educatie**. Amsterdam: Neuropsych Publishers.
- Keulen, H. van (2009). **Drijven en zinken: Wetenschap en techniek in het primair onderwijs**. Eindhoven: Fontys Hogescholen.
- Keulen, H. van (2010). **Wetenschap en techniek - IJkpunten voor een domein in ontwikkeling**. Den Haag: Platform Bèta Techniek.
- Keulen, H. van, & Oosterheert, I. (2011). **Wetenschap en techniek op de basisschool**. Groningen: Noordhoff.

- Kemmers, P., & Graft, M. van (2007). **Onderzoekend en ontwerpend leren bij Natuur en Techniek**. Den Haag.: Stichting Platform Bèta Techniek.
- Klentschy, M. P. (2008). **Using science notebooks in elementary classrooms**. Arlington: NSTA.
- Kuijpers, J., & Walma van der Molen, J. (2007). **Wetenschap & Techniek: Een rijke leeromgeving**. Den Haag: Programma VTB-Pro.
- Kuipers, W., Hoeven, M. van den, Folmer, E., Graft, M. van, & Akker, J. van den (2010). **Leerplankundige analyse van PISA-trends**. Enschede: SLO.
- Laevers, F., & Heylen, L. (2011). **Passie voor wetenschap en techniek. Onderzoekend en ontwerpend leren in de basisschool**. Leuven: CEGO.
- Lakoff, G. (1987). **Women, fire and dangerous things - What categories reveal about the mind**. Chicago: University of Chicago Press.
- Lange, J. de (Ed.). (2010). **TalentenKracht magazine - Verwondering is de basis van alle wetenschap**. Den Haag: Platform Bèta Techniek.
- Latour, B. (1988). **Wetenschap in actie**. Amsterdam: Bert Bakker.
- Lucretius. (2008/50vC). **De natuur van de dingen**. P. Schrijvers (Tr.). Groningen: Historische Uitgeverij.
- Meelissen, M. R. M., & Luyten, H. (2011). Schooleffectiviteit en prestatieniveau natuuronderwijs in groep 6: secundaire analyses op TIMSS-2007 data. **Pedagogische Studiën**, 88(5), 309-322.
- Mercer, N., Dawes, L., Wegerif, R., & Sams, C. (2004). Reasoning as a scientist: ways of helping children to use language to learn science. **British Educational Research Journal**, 30(3), 361-377.
- Merleau-Ponty, M. (1945/2009). **Fenomenologie van de waarneming**. Amsterdam: Boom.
- Nersessian, N. (2008). **Creating scientific concepts**. Cambridge (MA): MIT Press.
- Peeters, M., Meijer, W., & Verhoeff, R. (Eds.). (2012). **Wetenschappelijke doorbraken de klas in! Angst, grafeen en denkbeelden over het begin**. Nijmegen: Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit Nijmegen.
- Pinker, S. (2007). **De stof van het denken - Taal als venster op de menselijke natuur**: Olympos.
- Pulvermüller, F. (2005). Brain mechanisms linking language and action. **Nature Reviews Neuroscience**, 6, 576-582.
- Pylyshyn, Z. W. (2007). **Things and places. How the mind connects with the world**. Cambridge (MA): The MIT Press.
- Rijst, R. van der (2009). **The research-teaching nexus in the sciences - Scientific research dispositions and teaching practice**. Leiden University, Leiden.
- Roozenburg, N. F. M., & Eekels, J. (1991). **Produktontwerpen, structuur en methoden**. Utrecht: Lemma.
- Siegal, M. (2008). **Marvelous minds - The discovery of what children know**. Oxford: Oxford University Press.
- Simonton, D. K. (1999). Talent and its development: An emergent and epigenetic model. **Psychological Review**, 106(3), 435-457.
- Steenbeek, H., Geert, P. van, Hageman, N., Meissner, R., Vondel, S. van, Broekhof, K., et al. (2011). 'Having eyes, giving eyes, getting eyes': learning to see and act in science and technology professional development. In M. de Vries, H. van Keulen, S. Peters & J. Walma van der Molen (Eds.), **Professional development for primary teachers in science and technology** (pp. 63-79). Rotterdam: Sense Publishers.
- Tytler, R., & Peterson, S. (2003). Tracing Young Children's Scientific Reasoning. **Research in Science Education**, 33, 433-465.
- Tytler, R., & Peterson, S. (2005). A Longitudinal Study of Children's Developing Knowledge and Reasoning in Science. **Research in Science Education**, 35, 63-98.
- Van Geert, P. (1998). A dynamic systems model of basic developmental mechanisms: Piaget, Vygotsky, and beyond. **Psychological Review**, 105(4), 634-677.
- Verkerk, M. J., Hoogland, J., Stoep, J. van de, & Vries, M. J. de (2007). **Denken, ontwerpen, maken**. Amsterdam: Boom.
- Voorde, H. H. ten (1977). **Verwoorden en verstaan**. 's-Gravenhage: Staatsuitgeverij.
- Vries, M. J. de, Keulen, H. van, Peters, S., & Walma van der Molen, J. (Eds.). (2011). **Professional development for primary teachers in science and technology**. The Dutch VTB-Pro project in an international perspective. Rotterdam: Sense.
- Wagenschein, M. (1989). **Verstehen Lehren - Genetisch-Sokratisch-Exemplarisch**. Weinheim: Beltz.
- Wolfe, J. M., Kluender, K. R., & Levi, D. M. (2009). **Sensation & perception**. Sunderland (MA): Sinauer.
- Zawojewski, J. S., Diefes-Dux, H. A., & Bowman, K. J. (Eds.). (2008). **Models and modelling in engineering education**. Rotterdam: Sense.

## Colofon

Dit boek is tot stand gekomen in het kader van het Vindplaatsenprogramma van TalentenKracht/Curious Minds en het programma Excellentie, Wetenschap & Techniek in de Regio Utrecht. Deze programma's zijn mogelijk gemaakt door het Platform Bèta Techniek te Den Haag.

**Auteurs:** Hanno van Keulen & Yvette Sol (Onderwijsadvies & Training, Centrum voor Onderwijs en Leren Universiteit Utrecht)

**Uitgave:** Centrum voor Onderwijs en Leren Universiteit Utrecht in samenwerking met het Wetenschapsknooppunt Universiteit Utrecht

© Onderwijsadvies & Training, Centrum voor Onderwijs en Leren Universiteit Utrecht

Eerste druk mei 2012

**ISBN:** 9789081915700

Onze grote dank gaat uit naar de leerlingen en alle andere betrokkenen die hebben meegewerkt!

**Projectcoördinatie en ondersteuning:** Hanno van Keulen, Geertje Wismans, Ineke Lam, Danielle Besten, Ralph van der Leij, Petra de Gijssel (Centrum voor Onderwijs en Leren, Universiteit Utrecht), Maarten Reichwein (Wetenschapsknooppunt Universiteit Utrecht)

**Vindplaatsonderzoekers:** Ada van Dalen, Bert van Velthooven (Marnix Academie), Barbara Allart, Anne Baar, Mirjam Bastings, Ineke van den Berg, Janneke Corvers, Wout van Dijk, Els Haak, Vincent Jonker, Hanno van Keulen, Hester Kleinhans, Maarten Kleinhans, Wietse van de Lageweg, Wouter Mara, Henk Markies, Fokke Munk, Filip Schuurman, Renske Terwisscha van Scheltinga, Yvette Sol, Geertje Wismans (Universiteit Utrecht)

**Leraren, pedagogisch begeleiders en schoolleiders:** Mark van den Aardenburg, Peter Verberg (Daltonschool Rijnsweerd), Annet Baart, Josée van Gink (Parkschool), Gonnie Boerma-Sijbrandij, Marianne Bookelmann, Petra van der Valk, (SBO De Evenaar), Ronald Goosen, Herman Wigbolt (Daltonschool De Twijn/Pieterskerkhof), Jetske van der Greef, Hester Kleinhans (De Ontdekkingsreis), Eunice Bom, Yink Goossens (Kinderopvang Baarn), André Guijs, Gerlinda Verburg en Karola de Vries (De Klokbeke)



**TalentenKracht Consortium:** Marja van den Heuvel-Panhuizen, Paul Leseman (Universiteit Utrecht),  
Paul van Geert (Rijksuniversiteit Groningen),  
Maartje Raijmakers (Universiteit van Amsterdam),  
Jelle Jolles (Vrije Universiteit Amsterdam),  
Ludo Verhoeven (Radboud Universiteit Nijmegen),  
Ferre Laevers (Katholieke Universiteit Leuven),  
Hanna Swaab (Rijksuniversiteit Leiden),  
Hans Corstjens en Marloes Lubberdink (Platform Bèta Techniek)

**Fotografie omslag en hoofdstukken:** Plan B Amsterdam, Merel de Deugd

**Overige illustraties en foto's:** Mark van den Aardenburg, Barbara Allart, Mirjam Bastings, Ineke van den Berg, Eunice Bom, Janneke Corvers, Frans van Galen, Yink Goossens, Els Haak, Vincent Jonker, Hanno van Keulen, Hester Kleinhans, Maarten Kleinhans, Fokke Munk, Yolande Potjer, Karola de Vries, en Geertje Wismans

**Ontwerp & Vormgeving:** Plan B Amsterdam, Bert van Zutphen

**Links:** [www.uu.nl/onderwijsleren/ewt](http://www.uu.nl/onderwijsleren/ewt)

[www.uu.nl/wetenschapsknooppunt](http://www.uu.nl/wetenschapsknooppunt)

[www.talentenkracht.nl](http://www.talentenkracht.nl)



**Universiteit Utrecht**

