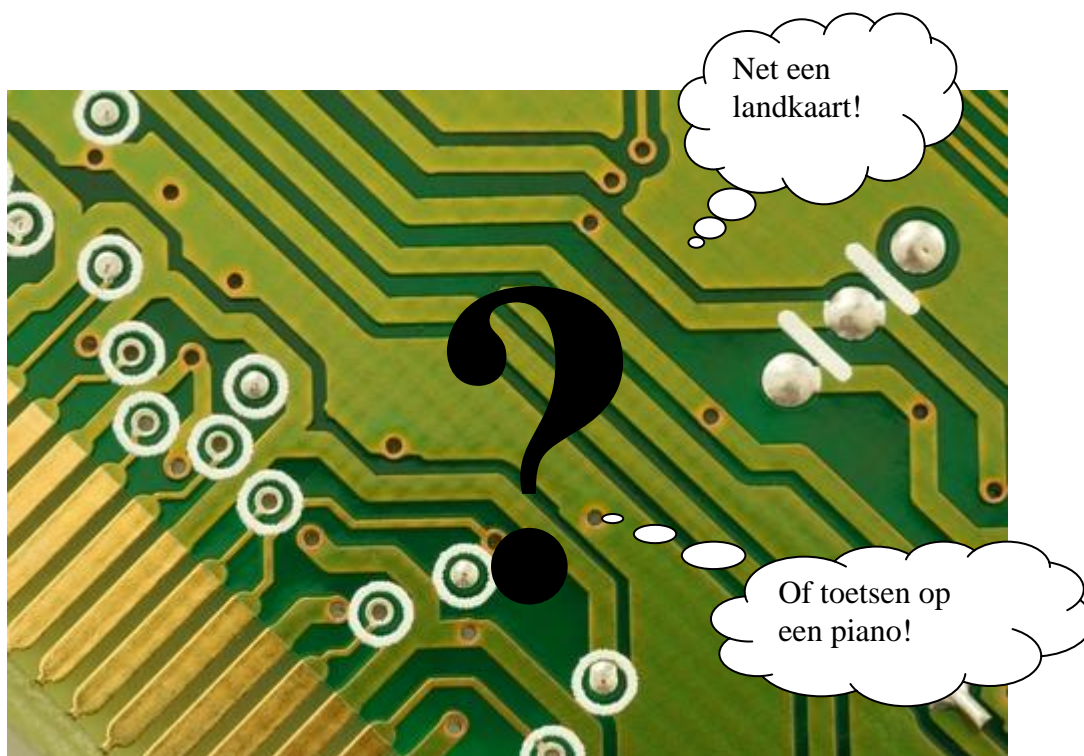


# De waarde van metaforen bij het begrijpelijk maken van 'onzichtbare' technologie aan kinderen



Arjan Dieleman  
Fedor de Beer

December 2010

Onderzoek uitgevoerd door het lectoraat *De pedagogische kwaliteit van de leraar* (HAN Educatie) in opdracht van het Kenniscentrum Wetenschap & Techniek Gelderland (KWTG)

## Voorwoord

De deelstudie waarvan hier verslag wordt gedaan, maakt onderdeel uit van één van de onderzoeken van het KWT-programma Gelderland. Bij dit onderzoek gaat het om het antwoord op de vraag hoe leraren leerlingen kunnen leren denken als onderzoekers met behulp van nieuwe technologie. Veel leraren ervaren handelingsverlegenheid als zij onderwijs moeten geven over wetenschap en techniek. Bewust of onbewust vermijden ze activiteiten waarbij ze kennis en inzicht missen om leerlingen als onderzoekers te begeleiden. Des te vaker is dit het geval bij nieuwe ICT-techniek.

Terwijl deze techniek inmiddels een allesbepalende plaats inneemt in het dagelijks leven en kinderen en volwassenen vertrouwd zijn met het gebruik ervan, ontbreekt adequate knowhow over de technische werking ervan. Een belangrijke reden is dat de meeste ICT-techniek zo geminiaturiseerd is dat de werking met behulp van eenvoudige waarnemingen niet goed meer is uit te leggen of te verklaren. Aan het binnenwerk van een mobiele telefoon bijvoorbeeld valt nauwelijks meer iets af te lezen als het op de onderliggende techniek aankomt. Daarom is het noodzakelijk andere manieren van uitleg en begrip te zoeken voor deze techniek.

Deze deelstudie heeft tot oogmerk te onderzoeken of en in hoeverre metaforen en analogieën behulpzaam kunnen zijn bij de uitleg van 'onzichtbare' techniek aan kinderen. Bij gebrek aan zichtbaarheid kunnen handige metaforen en analogieën leraren wendbaarder en effectiever maken bij het techniekonderwijs. Veel moderne ICT-techniek die tot de dagelijkse leefwereld van kinderen en jeugdigen behoort, is zo geminiaturiseerd dat de onderliggende techniek ervan praktisch onzichtbaar is. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om een mobiele telefoon, MP3-speler of een laptop. Kinderen zijn ermee opgegroeid en deze apparaten behoren tot hun dagelijkse leefwereld. Het zijn vanzelfsprekendheden waarbij nauwelijks meer aan de orde is *hoe* ze werken. Terwijl kinderen doorgaans uitstekend weten hoe de apparaten kunnen worden bediend en gebruikt, hebben ze weinig besef van de onderliggende techniek en hoe die in zijn werk gaat. De belangstelling ervoor is minimaal omdat de vragen daarover thuis en op school nauwelijks worden gesteld. Ze zijn 'black boxes' voor kinderen. Toch zou in het perspectief van aansluiting van het onderwijs bij de dagelijkse leefwereld van kinderen gepoogd moeten worden deze dagelijkse ICT-techniek begrijpelijk en toegankelijk te maken en daarmee de belangstelling voor techniek te stimuleren. Dat is niet eenvoudig. Anders dan veel apparaten uit het mechanische tijdperk, is aan deze apparaten nauwelijks waar te nemen hoe ze werken. Er moet een beroep worden gedaan op verbeelding en vergelijking. Deze deelstudie gaat na wat daarvoor nodig is.

December 2010  
Arjan Dieleman & Fedor de Beer

# Inhoudsopgave

Voorwoord .....	2
1 Inleiding .....	4
2 Onderzoeksopzet .....	5
2.1 Doel .....	5
2.2 Opzet .....	5
3 Gesprekken met kinderen: hoe werkt een gsm? .....	6
3.1 Inleiding .....	6
3.2 Opzet van het praktijkonderzoek .....	6
3.3 Gesprekken met kinderen over de werking van oude en nieuwe technieken .....	7
3.3.1 Basisschool De Nienekes, groep 7 .....	7
3.3.2 De Tovercirkel, groep 7 .....	11
3.3.3 NSV 2, groep 7 .....	16
3.3.4 Pabostudenten .....	21
3.5 Samenvatting en Conclusie .....	23
3.5.1 Samenvatting .....	23
3.5.2 Concluderende opmerkingen met het oog op de constructie van metaforen .....	27
4 Literatuurstudie naar de bruikbaarheid van metaforen .....	28
4.1 Samenvatting .....	28
4.2 Over het ‘zichtbaar maken’ van het ‘onzichtbare’: het belang van visualisatie .....	28
4.3 Over de rol van metaforen en analogieën bij begripsontwikkeling .....	29
4.3.1 Inleiding .....	30
4.3.2 Wat zijn metaforen en analogieën? .....	30
4.3.3 Gebruik van metaforen en analogieën in de wetenschap .....	31
4.3.4 De educatieve waarde van metaforen en analogieën .....	32
4.3.5 Wanneer ‘werken’ metaforen en analogieën? .....	39
4.3.6 Conclusie: Voorwaarden voor zinvol gebruik van metaforen en analogieën als didactisch hulpmiddel .....	41
5 Constructie van metaforen .....	43
5.1 Inleiding .....	43
5.2 Het bedenken van metaforen voor ICT-techniek .....	45
5.3 Metaforen .....	47
5.3.1 De computer als stad .....	47
5.3.2 De computer als fabriek .....	47
5.3.3 De mobiele telefoon als doorgeefluik .....	53
5.3.4 De TomTom als netwerker .....	56
5.3.5 MP3-speler als worstenverstoper .....	59
5.4 De kracht van de bedachte metaforen .....	63
6 Samenvatting en conclusie .....	64
Literatuurlijst .....	68
Bijlagen .....	72
Bijlage 1 Bekende voorbeelden van metaforen .....	73
Bijlage 2 Accepted paper Proposal(ATEE august 2010) .....	76
Bijlage 3: Workshop Velon Congres 2011: De kracht van metaforen in het basisonderwijs .....	78

# 1 Inleiding

Informatie- en communicatietechnologie maken een belangrijk onderdeel uit van de leef- en belevingswereld van kinderen van 8 tot 12 jaar (De Beer & Van Dijk, 2010). De technologie achter een mobiele telefoon, mp3-speler of *netbook* is complex, geminiaturiseerd en (daardoor) vrijwel onzichtbaar (Graham & Marvin, 1996). Hoewel kinderen kunnen lezen en schrijven met hun apparatuur, weten ze niet of nauwelijks *hoe* de informatie- en communicatietechnologie 'werkt' (MTV, 2007, *zie ook hoofdstuk 3*).

Juist omdat onze samenleving in toenemende mate vraagt om goedopgeleide, gemotiveerde professionals die in staat zijn deze technologie verder te ontwikkelen, ligt hier een probleem. Hoe minder zichtbaar en begrijpelijk de technologie is in de apparatuur waarmee mensen werken, des te minder interesse voor techniek. Wie kinderen wil interesseren voor wetenschap en techniek zal deze wereld moeten ontsluiten en inzichtelijk moeten maken. Dit gebeurt momenteel nog te weinig. In het natuur- en techniekonderwijs in de bovenbouw van de basisschool is bijvoorbeeld nauwelijks aandacht voor het begrijpen van de werking van door kinderen veelgebruikte nieuwe technologieën. Als de werking van technieken al aan bod komt in natuur- en techniekmethoden en in informatieve kinderboeken, dan valt op dat vooral veel gebruik wordt gemaakt van verheldering door het geven van feitelijke beschrijvingen, beelden van dwarsdoorsneden en het laten zien van vereenvoudigde (schaal)modellen (Macaulay & Ardley, 2000; Natuniek, 2007). De vraag is hoe doeltreffend dit is.

Bij het inzichtelijk maken van de werking van complexe en 'onzichtbare' techniek in computers en mobiele telefoons, is bovenstaande werkwijze echter niet of slechts ten dele mogelijk of blijkt de voorstelling of beschrijving een voor kinderen te hoog abstractieniveau te hebben (vgl. Vosniadou & Schommer, 1988; Valle & Callanan, 2006). Volgens wetenschappelijk onderzoek kunnen juist in deze gevallen metaforen en analogieën een krachtig hulpmiddel zijn om voor kinderen begrijpelijk en inzichtelijk te maken hoe iets werkt (Vosniadou & Schommer, 1988; Mayer, 1993; Petrie & Oshlag, 1993; Ogborn & Martins, 1996; Obborn, Kress, Martins & McGillicuddy, 1996; Quale, 2002; Camaron, 2003; Harrison & Treagust, 2006; Valle & Callanan, 2006; Pramling, 2009; etc., *zie hoofdstuk 3*). Het onderzoek dat in dit verslag wordt beschreven, beoogt aan te geven *hoe* metaforen en analogieën zouden kunnen worden ingezet bij uitleg over de werking van moderne ICT.

## 2 Onderzoeksopzet

### 2.1 Doel

Het doel van dit onderzoek is om in beeld te krijgen **1. of** en **2. hoe** metaforen en analogieën behulpzaam kunnen zijn bij de begripsvorming van kinderen als het gaat om het uitleggen van de werking van moderne ICT-technieken.

### 2.2 Opzet

Aan deze vraagstelling gaat de vooronderstelling vooraf dat kinderen in de bovenbouw van de basisschool inderdaad niet weten hoe apparaten als een mobiele telefoon technisch werken. Om deze vooronderstelling te toetsen, is in hoofdstuk 3 door middel van vraaggesprekken nagegaan wat kinderen vertellen wanneer je hen vraagt uit te leggen hoe bepaalde apparaten werken. *Welke verklaringen geven kinderen als wordt gevraagd hoe nieuwe (en oude) apparaten werken?* Hierbij wordt in de analyse niet alleen gekeken naar wat ze precies vertellen (en wat niet), maar ook naar de begrippen die ze hierbij gebruiken en of deze voor de kinderen inhoudelijk waardevol zijn. *Wat voor beeld zit bijvoorbeeld achter de uitspraak 'satelliet'?*

De tweede vooronderstelling is dat metaforen een krachtig hulpmiddel kunnen zijn bij het uitleggen van complexe of 'onzichtbare' zaken. Hiervoor is een omvangrijk internationaal literatuuronderzoek gedaan waarin de vraag centraal staat *of metaforen en analogieën inderdaad behulpzaam kunnen zijn om de werking van 'onzichtbare' en/of complexe technieken uit te leggen aan kinderen. Wat is er al bekend over het gebruik van metaforen en analogieën in de ontwikkeling en de toegankelijkheid van wetenschappelijke kennis en de technische toepassingen ervan? Worden metaforen en analogieën ook ingezet om (jonge) kinderen begrip bij te brengen? Wat zijn daarbij belangrijke voorwaarden?*

Op basis van de voorwaarden die de hoofdstukken 3 en 4 opleveren, worden metaforen in de praktijk geconstrueerd en getest (hoofdstuk 5). *Zijn specifieke metaforen te ontwikkelen die én de essentie van ict-techniek uitleggen én aansluiten bij de leef- en belevingswereld van kinderen?* De gegevens uit de literatuurstudie zijn hierbij startpunt, maar de schoolpraktijk bepaalt de waarde: *wat zijn voorwaarden om tot begrijpelijke metaforen te komen? Wat zijn algemene voorwaarden en welke gelden specifiek voor metaforen om ict-techniek uit te leggen?* Interessant hierbij is ook de vraag wie deze metaforen kan maken. Hiervoor is samenwerking gezocht met (aanstaande) leraren.

## 3 Gesprekken met kinderen: hoe werkt een gsm?

### 3.1 Inleiding

Als de vooronderstelling klopt dat kinderen prima kunnen omgaan met mobieltjes, computers en mp3-spelers, maar dat ze tegelijkertijd onvoldoende een idee hebben van hoe deze apparaten technisch gezien werken, is het mogelijk zinvol deze abstracte kennis in metaforen en analogieën te gieten die aansluiten bij wat kinderen al wel weten en begrijpen.

De vraag die hier echter aan vooraf gaat is *of en in hoeverre* deze vooronderstelling klopt. *In hoeverre 'begrijpen' kinderen de techniek achter moderne apparatuur als een mobieltje, TomTom of computer?* Is er met andere woorden een voldoende begrip, of is uitleg in de vorm van metaforen en analogieën nodig? In dit hoofdstuk wordt deze vraag onderzocht door middel van groeps gesprekken met kinderen uit groep zeven.

### 3.2 Opzet van het praktijkonderzoek

Kinderen zijn erg handig met computers en met andere hippe apparatuur (De Beer & Van Dijk, 2010). Het kost ze vaak weinig moeite om te leren surfen, msn'en of sms'en. Maar in hoeverre *begrijpen* ze ook de techniek hierachter? Internationaal onderzoek (o.a. MTV, 2007) laat zien dat kinderen niet of nauwelijks weten hoe deze apparaten technisch werken. Geldt dit ook voor het Nederlandse bovenbouwkind?

Om te achterhalen in hoeverre Nederlandse kinderen uit de bovenbouw van de basisschool begrijpen hoe de techniek achter veelgebruikte apparaten en toepassingen 'werkt', zijn op een drietal basisscholen leerlingen in groepjes van vier bevraagd op hun kennis van de werking van verschillende apparaten.

School	Groep	Aantal Leerlingen	Datum interviews
De Nienekes (Cuijk)	7	2 x 4	31 mei 2010
De Tovercirkel (Malden)	7	2 x 4	8 juni 2010
NSV II (Nijmegen)	7	2 x 4	9 juni 2010

*De leerlingen voor deze gesprekken zijn steeds uitgekozen door de leerkracht. Aan hem of haar is gevraagd om twee groepjes van vier leerlingen die ieder qua niveau een dwarsdoorsnede vormen van de klas.*

De leerlingen werden uitgenodigd plaats te nemen aan een tafel met daarop verschillende oude en nieuwe apparaten (zie schema). Voor de combinatie van oud en nieuw is gekozen om enerzijds te achterhalen in hoeverre kinderen het verband zien tussen het nieuwe en het oude apparaat en anderzijds om te bekijken of en hoe zij hun kennis van het ene (oude *of* nieuwe) apparaat gebruiken om de werking van het andere apparaat te verduidelijken.

<b>Oud</b>	<b>Nieuw</b>
Kompas	Navigatieapparaat (TomTom)

Opdraaiwekker	Elektronische wekker met digitale cijfers
Knijpkat (doorzichtig)	Zaklamp op batterijen
Radio met antenne en draaiknop	Radio-mp3-speler
Draaitelefoon met draad	Mobiele telefoon
	Opengeschroefde computer

Er is bewust gekozen voor *groepjes* leerlingen om hen de gelegenheid te geven samen te bedenken hoe een apparaat werkt. De opmerking van de een, zo was de veronderstelling, kan de ander mogelijk weer een stap verder helpen. Daarnaast is een gesprek over een toch wel lastig onderwerp in een klein groepje minder bedreigend dan een één-op-één-gesprek met een voor de kinderen onbekende onderzoeker. Alle gesprekken zijn via audio- en videoapparatuur opgenomen en geanalyseerd.

Om te kunnen inschatten wat de uitleg van de kinderen 'waard' is, hebben we hetzelfde gesprek ook gevoerd met drie tweedejaars pabostudenten. Beschikken zij, als jongvolwassenen, over een breder vocabulaire waar het gaat om het uitleggen van hoe iets werkt of gebruiken zij dezelfde woorden. Weten *zij* hoe een mobieltje en een computer werken en vinden zij het belangrijk dat kinderen hier enig begrip van hebben?

In de volgende paragrafen zijn delen uit de gesprekken weergegeven, gevolgd in 3.5 door een samenvatting en conclusie over de verschillende casussen heen.

### ***3.3 Gesprekken met kinderen over de werking van oude en nieuwe technieken***

#### **3.3.1 Basisschool De Nienekes, groep 7**

*'Het tandwiel heeft zestig tandjes en als het helemaal is rondgedraaid, dan gaat het wijzertje een minuut verder.'*

Op Basisschool De Nienekes zijn twee groepjes van vier kinderen uit groep zeven bevraagd. *Hoe denken jullie dat deze apparaten werken?*

##### **3.3.1.1 Groep 1**

In het eerste groepje (twee meisjes, twee jongens), zat één jongen die veel wist van techniek en hier ook graag over vertelde. De rest leek hierdoor wat dicht te slaan, 'Dat moet je Mel vragen, die weet zoiets.'

##### *Mobieltje en oude telefoon*

- Mel, de jongen die veel wist, antwoordde op de vraag *hoe werkt een mobieltje* 'dat werkt met van die golfengtingen, met van die signalen. De lengte van de golven bepaalt het geluid.' De rest was hier direct van onder de indruk. *Hoe*

*denk jij (vraag aan een van de meisjes) hoe het werkt?* 'Ja, ik weet het niet, eh ja, ik weet het niet. Mel die legt het altijd helemaal precies goed uit.'

- 'In het weiland staan zeg maar, van die hoge masten', 'gaat door een buis, door de elektriciteitsbuis naar het huis', 'uitzendschotel', 'signaal naar zo'n radio- en televisiedingmast',
- Arjan maakte het mobieltje open, de kinderen gaven commentaar. 'Grote accu zit erin, als je die oplaadt, kun je bellen', 'Hier zit de sim-kaart',
- *Oké, nu de oude telefoon. Hoe werkt die?* 'Wat ik niet snap, is hoe je dat moet doen met die nummertjes', 'Hoe moet je hem houden, zo of zo?'. Samen proberen de kinderen zo'n, drie minuten de telefoon uit. Hoe moet je draaien? Eerst de hoorn eraf?
- 'Werkt ongeveer hetzelfde als een mobieltje, dat er een zender in zit', 'Gaat via de draad naar de mast en die verstuurt het dan verder'. *Waarom naar de mast?* 'Die is veel hoger, kan hij veel meer golven uitzenden.'
- 'Vroeger had je een lange draad met aan allebei de kanten een blikje en die draad gaat trillen door de stemmen.'

### *Kompas*

- 'Gemagnetiseerd', 'magnetisch noorden', 'trekt zich altijd naar het noorden'.
- *Hoe moet ik het gebruiken?* 'Nou dan is dat het noorden, dat het zuiden, dat het oosten en dat het westen. En als je naar het noorden wilt loop je die kant uit.' Niet iedereen begrijpt het: 'Maar eigenlijk lukt dat niet want hij gaat steeds zo, hoor' [de pijl wijst niet steeds naar de letter N]. 'Dan moet je hem weer eventjes goed zetten'.

### *TomTom*

- *'Er moet altijd een kaartje in zitten'*
- *Hoe kan het apparaat nu bepalen waar ik heen moet?* 'Nou, daar zit dan een satelliet aan en die bepaalt dan je positie, die stuurt het terug naar dit ding [de TomTom] en die laat dan zien hoe je moet rijden.'
- *Hoe weten die satellieten dan wat je positie is?* 'Vaak is dat al van tevoren ingeprent.' Ook hierover ontstaat enige discussie: 'Nee, die zweven heel erg hoog en kunnen waarschijnlijk vanuit een of ander programmatje ...' 'Nee, want als er een weg is afgesloten, dan weten ze dat niet.' 'Dan moet je er een nieuw kaartje in doen, of de wegen allemaal downloaden.'
- *Jullie kunnen goed uitleggen hoe je het gebruikt, maar hoe werkt het nou? Ik heb al iets gehoord over satellieten en dat die de positie bepaalt...* 'Nou, dit ding [de TomTom] is eigenlijk alleen maar het kaartje en het beeldscherm en hoe dat beeldscherm werkt, dat is met allemaal kleine beeldschermklampdingetjes.' 'Gaat ook met van die zendertjes.' 'Ik denk met een antenne op de auto, die zendt signalen uit naar de satelliet. Die analyseert dat dan en dan weet je waar je bent en hoe je moet rijden.'

### *Wekker*



- *Hoe werkt de wekker?* 'Meestal met stukjes kwarts en met stroompjes.' 'Ik denk niet dat het met een satelliet en zo werkt en hij heeft niet echt stroom of iets nodig.' 'Ik denk op batterijen.' 'Ja, batterijen zitten er wel in.' Hoewel drie van de vier kinderen dachten dat de wekker op batterijen liep, ging de vierde er tegen in: 'Nee, dat ding werkt met een veertje dat je dan opdraait.'
- *Hoe werkt dat dan, met dat veertje?* 'Weet ik eigenlijk niet.' 'Ik denk dat hij zichzelf stroom geeft.' 'Ik denk dat hij elke minuut een klein stukje terug draait, de wijzer en zo loopt hij en om een bepaalde tijd gaat hij af.' 'Als de veer weer helemaal terug is, moet je hem opnieuw opdraaien.'
- *En hoe werkt dat dan als er een batterij in zit? Hoe kan hij nou 'lopen' als er stroom is?* 'Dan krijgt hij stroom.' '...' *Wat denk je?* '...' 'Ik zou het echt niet weten' 'Als hij stroom krijgt, dan gaan de wijzers draaien.'
- 'Bij kwartshorloges zit een klein steentje en dat gaat trillen en dan gaan de wijzers lopen.'

### *Knijpkat*

- 'je drukt hier op en dan produceert hij licht.' 'Er zit een accu in.' 'Een dynamo' 'Dit wielletje laat dat wielletje lopen en dan (...) uiteindelijk krijg je dan licht.' 'Als je geen stroom hebt thuis, dan is dat handig.'

### *Vonden jullie het moeilijke vragen?*

'Een beetje wel, ja.' 'Onhandig is dat je al die dingen niet gewoon open kunt maken, want dan kun je alles precies zien.' *Maar als ik dit mobieltje open maak, zie je bijna niks?* 'Bij dit [de knijpkat] wel, want daar kun je doorheen kijken.' 'En als je het groene plaatje [bij de mobiel] eruit sloop, dan zie je wel weer alles.' *Maar wat zou je daar wijzer van worden?* 'Dan zie je wat erin zit, een printplaat.' 'Ja, maar daar heb je niks aan, dan weet je nog niks.' *Maar als je dit zo ziet [de printplaat] kun je dan zien wat er gebeurt?* 'nee, misschien wel als hij aangezet wordt, misschien krijg je dan stroom. Dan kun je voelen wat er gebeurt.'

### **3.3.1.2 Groep 2**

Het tweede groepje (twee jongens, twee meisjes) was wat betreft kennis van technologie homogeen. Hier zat geen leerling in die duidelijk veel meer wist dan de rest. De leerlingen zeiden herhaaldelijk 'weet ik niet' en leunden op elkaar: 'Ik denk ook zoals wat Harm net zei'.

### *Kompas en TomTom*

- 'Werkt met een magneet', 'Wijst altijd naar het noorden', 'Daar is iets van een aantrekkingskracht.'
- 'Als je verdwaalt bent of zo, en je weet of je naar het oosten of het zuiden moet, dan weet je waar je naar toe kunt.'

- *En hoe werkt dan de TomTom?* ‘Met een satelliet, in de lucht.’, ‘Ja, en die geeft een soort van plattegrond.’ ‘Die satelliet stuurt een signaal naar de TomTom’.
- *Als ik hem instel op je straatnaam, wat gaat hij dan doen? Hoe weet hij hoe je naar die straat moet?* ‘Hij kan zien waar je bent.’ ‘Die satelliet in de lucht, die stuurt het door naar een station en gaat de weg opzoeken en dan gaat er een signaal terug naar de TomTom.’ ‘Op dat station worden de gegevens verstuurd.’ [Hun redentie: TomTom – satelliet – station – satelliet – TomTom]

#### *Oude telefoon en Mobieltje*

- *Wat moet je eerst doen?* ‘Een nummer intoetsen’.
- *Hoe kan het dat je iemand anders aan de andere kant van de lijn kunt horen?* ‘Je hebt wel een speciaal stopcontact nodig’. ‘signaal naar de satelliet, dan wordt daar het nummer opgezocht en dan gaat er een seintje naar de andere telefoon dat er gebeld wordt’. [Gebruiken de techniek van de TomTom die ze zojuist hebben besproken.]
- *En hoe werkt dat bij een mobieltje?* ‘Dan druk je een nummer in en dan gaat dat ook weer naar de satelliet volgens mij.’ ‘Dan zoekt hij het nummer en dan belt hij.’
- ‘Er zijn heel veel satellieten. Eentje gaat over telefoons, en de andere gaat weer over stroom.’
- ‘Kan ook met sms’en.’ *Hoe werkt dat dan met versturen?* ‘Het berichtje dat je intypt gaat naar de satelliet en die zoekt dan de andere telefoon.’ ‘Dat duurt volgens mij langer dan gewoon bellen. Want dan moet de satelliet eerst de tekst lezen en dan kan hij hem pas versturen.’ ‘Nou fijn, als je een geheim berichtje hebt, dan leest hij het.’
- *Hoe gaat het sms-berichtje dan naar de satelliet toe? Zijn het letters die naar de satelliet gaan?* ‘Nee, hij zendt het gewoon. Een signaal.’ ‘...’ [Hier komen ze niet uit. De leerlingen blijven hangen in het woord ‘signaal’.] ‘Misschien heeft elke letter een ander signaal of zo?’ ‘Het signaal is een teken dat naar de satelliet wordt gestuurd.’
- *Als je nu kinderen uit groep drie moet uitleggen hoe een mobiele telefoon werkt, wat zeg je dan om het begrijpelijk te maken? Blijven eerst hangen in hoe het apparaat gebruikt kan worden.*  
‘Dat je een soort deken hebt, daar boven in de lucht, en dat die het weer doorstuurt naar degene die je wilt bellen.’ ‘Ik weet niet of ze dat snappen. Ik snap dat niet.’ Een soort tekstje, bijvoorbeeld het nummer waar je heen wilt bellen of het berichtje dat je wilt versturen.’ ‘Dat het telefoonnummer dan naar de lucht wordt gestuurd en dat de lucht dat dan leest en dat daarna dan bij die andere telefoon waarvan het nummer is de telefoon over gaat.’

#### *Wekker*

- ‘werkt op een batterij.’ ‘Ja.’ ‘...’

- 'Misschien zit er toch geen batterij in.' 'Je moet draaien, net als bij muziekdoosjes.' 'Je draait een tandwiel op, een motortje en dan heeft hij energie en dan gaat het langzaam weer terugdraaien.'
- *Hoe werkt dat met tandwielen?* Kinderen doen dit voor met gespreide vingers die over elkaar lopen.
- 'Het tandwiel heeft zestig tandjes en als het helemaal is rondgedraaid, dan gaat het wijzertje een minuut verder.'
- 'energie is iets waardoor iets gaat werken.'

### *Knijpkat*

- De werking van de knijpkat komt er vlot uit, waarbij de kinderen elkaar helpen en ze goed door de doorzichtige buitenkant heen kijken. 'Als je knijpt, gaat dit [aanwijzen] bewegen en dan gaat dat kleine tandwieletje draaien en daardoor de grote en dan gaat dit draaien en daardoor weer dit en dan krijg je uiteindelijk licht.'

### *Lastige vragen?*

'Ja, het is soms heel moeilijk uit te leggen. Dan snap je het wel, maar kun je het niet uitleggen.' 'Ja.' 'Om het in je eigen woorden te vertellen, ja, dan weet je het zeg maar niet.' 'Dan weet je het wel, maar dan kun je het niet uitleggen hoe het heet of zo en dat weet je dan niet.'

### **3.3.1.4 Opvallend**

- Het lukt beide groepjes gemakkelijk om de verschillende apparaten te benoemen.
- Leerlingen leggen de werking van oude apparaten uit met hedendaagse begrippen (die ook van toepassing zijn op het moderne apparaat). Vooral de ouderwetse draaitelefoon bleek zonder deze 'hulp' moeilijk te begrijpen.
- In een opdraaiwekker zat, zo vertelde een van de meisjes, een batterij. Hier was niet iedereen het mee eens. In het onderlinge gesprekje dat volgde, werd uiteindelijk geconcludeerd dat de wekker loopt doordat je hem 'opdraait' en dat die oude draaitelefoon contact maakt via de draad. Ook op andere momenten zorgde een korte groepsdiscussie voor verdere verduidelijking of nuancering.
- Met de *doorzichtige* knijpkat hadden ze geen enkel probleem. Hier zagen de leerlingen direct wat voor effect hun knijpen had. Om die reden vroegen ze ook de wekker open te mogen schroeven. Bij gebrek aan een schroevendraaier is dit echter niet gebeurd.

### **3.3.2 De Tovercirkel, groep 7**

*'Een satelliet kan met je meegaan en die kan alles zien vanaf boven'*

Ook op De Tovercirkel zijn twee groepjes van vier kinderen uit groep zeven bevestigd op *hoe denken jullie dat deze apparaten werken?*

### 3.3.2.1 Groep 1

Het eerste groepje bestond uit twee meisjes en twee jongens die niet over heel gedetailleerde kennis beschikten, maar daarin wel aan elkaar gewaagd waren. Dit groepje was erg beweeglijk en wilde alles uitproberen. Ze luisterden kritisch naar elkaar en gaven duidelijk aan wanneer een antwoord van een ander niet logisch was (zie bijv. de satelliet).

#### *Mobieltje en oude telefoon*

- *Wat gebeurt er in de mobiele telefoon als je gaat bellen met bijvoorbeeld je moeder?* 'Nou, dan neemt ie contact op met een ander mobieltje, net als je met een online computer ook verbinding kunt maken met een andere online computer.' 'Er zijn van die masten in de lucht en als je daarbuiten komt, kun je niet bellen, want dan heb je geen bereik.' 'Dan gaat het eerst naar zo'n mast.' *Oké, hoe werkt dat precies?* 'Er wordt een signaal naar de mast toegestuurd en de mast stuurt dat door naar de andere telefoon.' *Wat gebeurt er in de zendmast?* 'Dan zoekt hij het nummer op.' 'Elektrisch.' 'Dat gaat automatisch.'
- *Hoe kan het dat jij iemand aan de andere kant van de lijn hoort praten?* 'Dat gaat ook door de zendmast. Ja echt.' 'Je belt, en dan gaat het geluid naar het signaal waarmee je belt, zeg maar, en laat het daar ook achter en dan gaat het door.' 'Als iemand ver weg is, duurt het langer voor je de stem hoort.' 'Als je dichterbij elkaar in de buurt zit, gaat het sneller.' *Heeft dat te maken met die masten?* 'Nee, met reactietijd zal ik maar zeggen. Hoe dichterbij, hoe sneller de zendmast er over doet.'
- *Wat is nu het verschil in werking tussen deze oude telefoon en het mobieltje?* 'Het werkt hetzelfde, alleen die andere ziet er moderner uit.' 'En die [nieuwe] is draadloos.' 'Die draad doet niks.' 'Jawel, daardoor gaat de stroom.' *De stem ook?* 'Nee, de stroom.' *Hoe gaat de stem dan?* 'Door de lucht', 'Nou, die zit aan een draad vast en die niet, dus ik denk dat het bij allebei anders is.' Er is enige onenigheid: waar is de snoer voor: voor de stem of voor de elektriciteit. De meningen zijn (2-2) verdeeld. 'Maar wat ook wel kan, is dat deze draadloze verbinding heeft en dat deze gewoon is om energie op te wekken.'
- *Kijk eens naar de stekker. Is dit een gewone stekker?* 'Nee, een ouderwetse.' 'Nou, wij hebben die ook.' Dan ontdekken ze schuin achter zich een contact waar precies zo'n stekker in past. De kinderen sluiten de telefoon aan. Helaas werkt het niet.

#### *Opengeschoofde computer*

- De kinderen reageren geïnteresseerd op de opengeschoofde computer. De onderdelen worden opgepakt en uitvoerig bekeken. Een leerling pakt het modem op. *Wie weet waarvoor dit is?* 'Weet niet, misschien voor het

beeldscherm of zo?’ Een ander heeft een koelblok vast. ‘Een koelblok is toch voor als alles een beetje heet wordt, dat het afkoelt?’ *Waarom wordt een computer warm?* ‘Omdat alles wat er in zit wordt opgeladen, opgestart.’ ‘En hier ergens zit een motortje, dat gaat heel hard draaien en dan wordt de computer een beetje warm en als hij te heet wordt, kan hij waarschijnlijk ontploffen en als dit [de koelblok] erbij zit, koelt hij een beetje af.’ ‘En elektriciteit, dat is grotendeels vuur, dus het kan sowieso ontploffen.’ ‘Alles wordt warm door de stroom, een lamp ook.’

- *Wie weet wat dat daar [het moederbord] is?* ‘Een hele grote superchip.’ ‘Die is nodig, anders heb je geen bereik met de monitor.’
- *Het lijkt wel een soort van stad of zo.* ‘Ja, daar is een parkeerplaats. Huizen.’ ‘En een industrieterrein hier en een toren.’ ‘Vet!’
- *Als ik nu wat typ, hoe komt dat dan op het scherm?* ‘Ik denk dat er dan allemaal lampjes gaan branden en dat alles gaat werken.’
- *En als ik haar een mailtje wil sturen?* ‘Dan gaat het via de stroom naar het andere huis.’ ‘Ik denk weer via zo’n mast.’ ‘Een mailtje duurt meestal heel lang, want die moet door die computer en dan onder grond naar het andere huis.’ ‘Iedereen heeft wel zo’n internetding ergens liggen en dan gaat het eerst daar heen en dan naar een mast, want je hebt internetverbinding nodig en dan zoekt hij het e-mailadres op.’ ‘Een internetmast’ ‘Vroeger ging dat met postduiven.’ Een meisje is getriggerd door de eerste uitleg van via de kabels onder de grond naar het andere huis. ‘Maar onze laptop kan ook zonder dat het door het stopcontact gaat, dus ik denk dat het anders gaat.’ ‘Nou, in een laptop zit zo’n soort ding al in, een soort wifi-iets.’ ‘Via de computer en een zendertje wordt het naar een mast gestuurd en de mensen in de mast sturen het waarschijnlijk door.’
- *Ik typ woorden in. Gaan die woorden door deze kast heen en dan via de lucht, of gebeurt er iets anders?* ‘Net als wat ze deden vroeger met tik-tik-tik [morse], dan hoor je dus tik-tik-tik en de mensen daar bij de zendmast moeten dat dan vertalen en daarom duurt het volgens mij zo lang.
- *Kijk, in de computer zitten hele brede banden en gewone dunne draden. Wat zou door de brede band gaan?* ‘Ik denk het geheugen, omdat het groter is en langer.’ Er ontstaat een lange discussie tussen de kinderen onderling. *Gaan hier nu letters doorheen of iets anders?* ‘Ik denk iets anders.’ *Wat?* ‘Weet ik niet, dat het e-mailadres er door heen gaat met de dingen erop die zijn opgeslagen en als je het opent, komt alles er zeg maar weer te staan.’

### *Kompas en TomTom*

- ‘In de Noordpool zit heel veel ijzer en daar wijst hij heen. En noord, dat is de Noordpool zal ik maar zeggen.’
- *Werkt een TomTom heel anders?* ‘Ja, met satellieten in de lucht en die weten dan alle straten en alles. Je typt in waar je heen moet en dan zoekt hij dat op en kan hij precies zien hoe je moet rijden.’

- *Daarstraks zeiden jullie dat zendmasten dingen doorsturen, satellieten doen dat ook volgens jullie. Wat is het verschil?* 'Een satelliet kan met je meegaan en die kan alles zien vanaf boven en een zendmast gaat niet met je mee.' *Als een soort luchtballon boven je hoofd?* 'Ja.' 'Nou, dat denk ik niet. Volgens mij blijft hij staan en ziet hij een deel en zijn er meerdere.' Hier ontstond een groepsdiscussie: hoeveel satellieten zijn er eigenlijk? 'Hij gaat niet met je mee, want dat zou zeg maar een beetje privé zijn.' 'Nou, weet je wel hoeveel miljoenen satellieten boven de aarde zweven?' 'Ja, maar niet voor ieder mens een.' 'Echt wel!' 'Voor Nederland zou dat 16 miljoen zijn en Nederland is nog maar klein.' 'Nee, dat geloof ik ook niet.' 'Er zijn meer satellieten in de ruimte dan mensen op de wereld.' *Werkt dat met masten ook zo, denk je? Heeft iedereen een eigen mast?* 'Nee, dat niet.' 'Een mast is niet zo privé, een satelliet wel. De twee andere kinderen komen met tussenoplossingen. 'Misschien niet voor iedereen één, maar één per huis.' 'Of drie voor Malden'.

### 3.3.2.2 Groep 2

Ook het tweede groepje was wat betreft kennis van technologie homogeen. Deze groep was veel 'voorzichtiger', minder extravert dan de eerste groep van deze school, afwachtender ook. Er vielen regelmatig stiltes.

#### *MP3-speler*

- Drie van de vier hebben zelf een mp3-speler.
- *Er staan nu 300 liedjes op. Hoe kan dat?* 'De liedjes staan op een geheugenkaart, heel klein.' 'Met trillingen, van dat apparaatje en dan speelt hij het af.' 'Die liedjes, dat is niet groot, dat is niks', 'Het geluid is niks'. *Wat is het dan wel?* 'Trillingen.' 'Werkt als een USB.' 'Hij slaat het niet op. Nou ja, hij slaat het wel op, maar die muziek, dat is niks.' 'Het is aan de ene kant wel iets, maar aan de andere kant ook niets.'

#### *Mobieltje en oude telefoon*

- *Hoe kan het nou dat jij in deze telefoon praat en dat zij jou door die telefoon hoort?* '...' 'Door verbinding.' 'Misschien gaat het ergens naar een soort kamer ergens in Nederland, met een straalverbinding.' 'Gaat door kabels, die verbinden weer aan die telefoon'.
- *Waar zijn die kabels?* 'Langs de snelweg.' 'Nou, ik denk dat die grote voor stroom zijn.'
- 'Ik denk dat het gewoon draadloos is.' 'Ik denk dat die overal zijn, ook waar wij nu zitten.' 'Ik heb gehoord op televisie dat sms'jes slecht zijn omdat ze overal door je heen vliegen.' *Wie denkt ook dat de woorden gewoon om ons heen vliegen?* 'Ik denk het, want ik weet niet hoe het anders kan.'
- 'Misschien zitten hier [net als bij de MP3-speler] ook wel trillingen en geven ze die door aan de andere telefoon.'

- *Hoe weten die woorden of trillingen waar ze heen moeten vliegen?* 'Nou gewoon, omdat je een nummer draait.' *Hoe weet jouw telefoon dan waar die van haar is?* 'Door de ringtoon.'
- *De mobiel regelt dat dus zelf, die zoekt zelf die andere mobiel?* 'Ja.' 'Misschien doet de simkaart dat.' 'Daar zit alle geheugen op en de foto's en daarmee kun je ook bellen. En daar zitten ook alle opgeslagen nummers.'
- *Wat is het verschil tussen de oude telefoon en het mobieltje?* 'Met de nieuwe kun je ook foto's maken.' *Werken ze hetzelfde?* 'Gaat ook via de lucht.' 'Nee, via de elektriciteit.' 'Mobiel gaat volgens mij met een satelliet of zo'. Lange discussie over hoe je van vast naar mobiel kunt bellen. Uiteindelijke conclusie, de satelliet werkt als intermediair dat de verbinding tussen beide tot stand kan brengen.

#### *Opengeschroefde computer*

- *Waarom zou het 'moederbord' zo heten?* 'Omdat het het grootste is.' *Waar lijkt het op?* 'Soort van stad, met kleine straatjes. Torens. Stadion.'
- *Gaan hier [door de brede banden] letters doorheen?* 'Nee' 'Iets anders.'

#### *Knijpkat*

- 'Maakt zelf energie door knijpen.' 'Als je duwt, draait dit en dit en dan krijg je energie en die gaat via kabels naar de lamp.' 'Gaat langs de dynamo'

#### *Wekker*

- 'Werkt met een batterij'. Pas als ze zelf de batterij eruit mogen halen, ontdekken ze dat het toch anders moet werken. 'Moet je opdraaien.' 'Energie maken die hij gebruikt om de tijd aan te geven.'

#### *Afsluiting*

De kinderen geven aan dat de wekker en de knijpkat best simpel waren om uit te leggen, maar dat ze van het mobieltje, de mp3-speler en de computer niet veel snappen. Als argument hiervoor geven ze 'dat leren we ook niet op school, het andere wel, met het thema energie.' 'Hoe een computer werkt is te ingewikkeld.'

Bij de wekker en knijpkat 'zie je meer hoe het werkt'. 'Dit is logischer als een computer. Zitten alleen tandwielen en een dynamo in.'

*Zouden jullie willen begrijpen hoe het werkt?* 'Het lijkt mij wel handig als je daar iets van weet. Want dan kun je misschien zelf dingen in je eentje oplossen.'

### **3.3.2.3 Opvallend**

- Het lukt ieder groepje de verschillende apparaten te benoemen. Individuele leerlingen geven aan niet te weten wat de mp3-speler is en wat de knijpkat doet.

- In het eerste groepje ontstond een groepsdiscussie over de werking van de satelliet bij navigatieapparatuur. Een van de twee jongens veronderstelde dat boven elk mens op aarde een eigen satelliet zweefde. Een van de twee meisjes bestreed dat op pragmatische gronden: er zijn veel te veel mensen. De andere twee leerlingen kwamen met tussenoplossingen: als een satelliet per persoon wat te veel van het goede is, misschien één per huis of drie per dorp?
- De stekker van de oude draaitelefoon intrigeert: is het nu een buitenlandse stekker voor elektriciteit of is het een speciale stekker waar het gesprek doorheen gaat (of is het beide)?
- In het tweede groepje stuitten de leerlingen op het probleem van het bellen van een oud 'vast' toestel naar een draadloos nieuw mobiel toestel. De signalen bij een mobieltje gingen via de lucht, zo was hun opvatting, en die van een draadtelefoon door de draad. Hoe komt het geluid dan van de ene telefoon bij de andere? Hier merkten ze dat hun eerdere veronderstelling – telefoons zoeken zelf contact met elkaar, daar zit geen ander station tussen – niet helemaal klopte en ze droegen als tussenstation de satelliet aan (wat ook niet klopt, maar wat mooi laat zien dat ze al denkend en pratend problemen kunnen oplossen).

### 3.3.3 NSV 2, groep 7

*'Ja, daar denk je eigenlijk nooit zo over na ... Een TomTom die wijst de weg, klaar.'*

Op NSV 2 zijn eveneens twee groepjes van vier kinderen (twee meisjes, twee jongens) uit groep zeven bevraagd op *hoe denken jullie dat deze apparaten werken?* Wat in deze twee gesprekken opviel, was dat (een deel van) deze kinderen behoorlijk duidelijk wist uit te leggen hoe bijvoorbeeld informatieoverdracht plaats vindt in een mp3-speler.

#### 3.3.3.1 Groep 1

In deze groep (2 jongens, 2 meisjes) zat één jongen die duidelijk meer wist van techniek dan de rest. De andere kinderen waren echter niet negatief geïmponeerd, vielen niet stil, maar bestookten deze jongen voortdurend met kritische vragen. *Maar hoezo dan? Ik vind dat niet logisch, want ... En wat nou als ... ?* Toen deze jongen bijvoorbeeld probeerde uit te leggen hoe iemand in Australië bereikt kon worden via telefoon en zei dat dit nauwelijks langer duurde dan een telefoontje kortbij, want dat had iets met 'trillingen' te maken, vroeg de rest kritisch door. 'Trillingen, ja maar, die moeten dan toch ook over een grotere afstand en dat kost toch tijd?' Ook bij de satelliet die volgens hem nodig was bij navigatie dwongen ze hem heel precies te zijn door scherpe vragen te stellen.

Op de vraag van de onderzoeker aan deze jongen hoe het komt dat hij zoveel van techniek weet, antwoordde hij: 'ik zit vaak op internet en daar krijg ik veel informatie



binnen over techniek'. Bij deze jongen was duidelijk sprake van een intrinsieke motivatie.

#### *MP3-speler*

- Jongen legt uit dat in een mp3-speler een microchip zit waar alles op staat. *Maar hoe past die grote stapel cd's met liedjes nu ooit op die microchip? 'Een microchip kan veel meer geheugen hebben dan een cd-rom.'* *Snap jij wat hij zegt? 'Ja, dat is zo'n geheugending'.* De jongen vervolgt: 'Een microchip is volgens mij met allemaal kleine zendertjes, waarin je dingen kan verdelen en als je een microchip met meer MB's, hoe meer zendertjes hij heeft.'  
*Oké, wat zie ik als ik met mijn hoofd in een chip kijk? 'Het zijn allemaal cijfertjes en elke rij cijfertjes heeft weer een andere code en elke code heeft weer een andere klank in zich. En al die codes achter elkaar, dan heb je een lied.'* Vraag aan een van de meisjes: *Snap jij wat hij uitlegt? 'nee, eigenlijk niet'.*
- bij dit onderwerp gebruiken beide groepjes het woord 'trillingen'.

#### *Mobiele telefoon*

- *Wat gebeurt er als jij met haar probeert te bellen? 'Dan staan daar volgens mij van die telefoonmasten of zo en dan gaat het door de grond heel snel'.* *Masten en door de grond? 'Nee dan gaat het door de lucht, door kabels.'* *Oké, dan ga je haar bellen en je toetst haar nummer in. Wat gebeurt er in de telefoon? 'Dan heb je allemaal knopjes en daar zitten weer andere knopjes achter met zo'n plaat ...' 'Volgens mij heeft elk huis een eigen telefoonnummer en als je dat nummer intoetst dat bij dat huis hoort, dan gaat ie naar dat huis.'* *Maar dit is een mobiel. Hoe weet die telefoon dan waar deze is? 'Omdat die is opgeslagen in die andere telefoon' 'Nee, het lijkt me logisch dat er een zender of zo in een telefoon zit met een code of iets waar alle telefoonnummers in zitten en omdat het een code is hij gaat zoeken welke telefoon bij die code past'. 'Zendmasten sturen dat door, tenminste als je bereik hebt'.* *Hoe werkt een zendmast? 'Die heeft een geheugen in zich van alle telefoonnummers, denk ik' 'Ik denk dat ze van alle telefoons een klein zendertje hebben en dat er dan ook een in de telefoon zit en dat dan via de zendmasten ...' 'Maar het wordt ook allemaal naar een grote computer gestuurd [die bij de zendmast hoort], om het daar te bewaren. Het wordt dus niet opgeslagen in de zendmast.'*
- Op de vraag of er dan ook mensen nodig zijn, ontstond veel discussie. Volgens de jongen volgens wie er een computer van het telefoonbedrijf bij zo'n paal hoort, zijn er alleen mensen nodig voor onderhoud. De rest vond dat weinig bevredigend, want dat leek hen een heel suffe baan.
- *Hoe kun je met een vaste telefoon naar een mobieltje bellen en andersom? 'Een gewone telefoon gaat via een soort elektriciteitskabels naar een andere*

telefoon' *Hoe kom ik dan bij die mobiel uit?* 'Die kabels komen uiteindelijk uit bij een zendmast en dan kan het weer verstuurd worden naar een mobiel.'

### *Kompas*

- *Hoe werkt een kompas?* 'Dat weet ik echt niet!' 'Daar staat noord, zuid en west op, dat is het enige dat ik weet.' *Maar wat is daar het handige dan van?!*

### *TomTom*

- 'Satelliet, hoog boven de aarde, die een soort van foto's maakt of iets en dan kan zien waar je auto is en die kan dan zien van boven hoe je moet rijden en waar je naar toe wil' 'Maar hoe komt ie dan aan al die straten, ..., hoe weet hij dan welke kant je opmoet? Want je kan toch ook omrijden?'
- 'Wat is een satelliet?' 'Een soort van robotachtig iets, volgens mij, met een spriet en die vangt dan de signalen op ...' *Lastig he?* 'Ja, daar denk je eigenlijk nooit zo over na ... Een TomTom die wijst de weg, klaar.'
- Vervolgens ontstond een onderlinge discussie over het aantal functies dat een satelliet had. Hierbij werd de jongen die eerder uitlegde wat een satelliet was en hoe die werkte, kritisch bevraagd. 'Er zijn miljoenen satellieten rond de aarde.'

### *Knijpkat*

- *Hoe werkt een knijpkat?* 'Nou, waarschijnlijk heeft dat zo'n ding, ik weet niet hoe dat heet, en dat zorgt ervoor dat dat ding gaat draaien en geeft een soort kettingreactie.' *Dat ding, en dat ding, dat klinkt een beetje dingerig, wat bedoel je precies?* 'Dat ding met karteltjes, ... een tandwiel, en dat draait dan aan dat andere tandwielgedoetje en dat gaat dan in dit ding en dan wordt dan denk ik doorgelinkt daar dat ding en ... ik weet het geloof ik niet.' 'Als je aan dit ding draait, dan komt dat ding in actie.' Uiteindelijk helpt het jongetje dat steeds al alles weet de twee dames die er niet helemaal uitkwamen met een heel heldere uitleg over 'energie opwekken' en 'omzetten in licht'

### *Wekker*

- *Wat zorgt er voor dat de wijzers van deze klok draaien?* [In het gesprek maakten we direct de overstap van de raderenconstructie in de knijpkat naar de wekker om te bekijken of en in hoeverre dit de kinderen helpt in hun uitleg. Ook hier zijn raderen te zien en is geen batterij nodig om – in dit geval – iets te laten bewegen. Wat opvalt is dat de kinderen in dit groepje deze *transfer* eigenlijk niet maken.] 'Ik denk zeg maar, dat ie tot een minuut telt de hele tijd' *Wie?* 'Dat weet ik niet precies, een ding, maar ik denk dat die tot een minuut telt, dat ie dan een signaal geeft en daardoor, via een kleine kettingreactie dan de wijzer een minuut verder gaat.' *Maar wat zorgt dan voor de energie om dat te doen?* 'Moet je draaien daar achteraan' 'Als je dit opwindt, ontstaat spanning en door die spanning begint een tandwiel te draaien en dan gaat een klein wijzertje draaien en elke seconde gaat hij een tik verder. En als hij

zestig keer heeft getikt, begint er een klein tandwiel te draaien, waardoor de volgende wijzer begint te draaien en zo ook met de urenwijzer.'

[We dachten, even checken of ze het alle vier hebben begrepen:] *Zit hier een batterij in?* Drie keer nee en een keer, 'ja, ik denk het wel'.

### 3.3.3.2 Groep 2

In deze groep (2 jongens, 2 meisjes) zaten twee jongens die heel behoorlijk konden uitleggen hoe apparaten werkten. De twee meisjes hadden meer moeite, maar dachten duidelijk hardop mee.

#### *MP3-speler*

- 'Je kunt de muziek van de computer afhalen, downloaden'. *Maar hoe kan het dat die stapel cd's via mijn computer in dat kleine MP3-spelertje past?* Een van de jongens: 'Waarschijnlijk heb je ze als een bestandje opgeslagen en dat bestandje met al die liedjes heb je via het kabeltje gekopieerd naar de mp3-speler. *Wat heb ik dan gekopieerd? Wordjes, nootjes? Ik bedoel, zo'n liedje is zo groot, dat duurt drie minuten en downloaden duurt een seconde.* 'Dat is een soort geheugenchipje geworden en dat moet je openen en daar staat dan je liedje in.' 'De computer maakt er een computerbestandje van en die zet je op de mp3-speler en die maakt er dan weer een liedje van

#### *Mobiele telefoon*

- *Wat gebeurt er als jij met haar probeert te bellen?* 'Met die antenne die erbovenop zit [dit was een oud model mobiel], wordt radiogolven naar een toren gestuurd. Er staan in heel Nederland van die torens en die sturen het door tot bij de andere telefoon en die gaat dan af.'  
'Hier heb je een chipje [SIM-kaart] en hier staat bijvoorbeeld op hoeveel beltegoed je hebt'
- De vaste telefoon werkt anders. Daarmee heb je volgens de kinderen altijd bereik omdat er een snoer aan zit. 'Er lopen allemaal kabels onder de grond, en die stekker daar steek je in het stopcontact en zo kan het door de grond naar allemaal andere telefoons.
- *En wat nou als je van vast naar mobiel wilt bellen?* 'Ik denk dat de toren [zendmast] ook zulke kabels heeft en de kabels van onder de grond gaan dan denk ik ook naar de toren en die kan het dan weer verspreiden. En als je van mobiel naar zo'n gewone telefoon wilt, dan sturen ze het in de mast naar de kabels eronder.'
- *Hoe weet zo'n oude draaitelefoon nu welk nummer je draait?* 'Het is eigenlijk een soort kluis. Je draait nummers in en dan onthoudt hij die ...' 'Maar hoe kan hij die nummers dan onthouden?' 'Dat slaat hij op' 'Maar hoe kan hij dat dan opslaan?' 'Ik denk dat daar ergens in die telefoon een soort chip zit. *En wanneer weet die telefoon dat je klaar bent met draaien?* 'Als je even niet hebt gedraaid. Hij wacht tien seconden en gaat dan bellen.'

### *TomTom (en kompas)*

- 'Kompas gebruik je meestal op het water'. 'Als je weet waar het noorden is, weet je ook waar het westen is.'
- *Da's een stuk ingewikkelder dan een TomTom lijkt het, de weg zoeken met een kompas?* 'Ja, want dan hoef je alleen maar het adres in te typen'
- *Hoe weet die TomTom nou hoe ik moet rijden?* 'Net als bij de mobiel geeft de TomTom ook een seintje. Die stuurt hij naar de satelliet.' *Wat is een satelliet?* 'Een ding in de ruimte met een megacomputer met allerlei bestanden waarmee ze het weer kunnen zien en zo en die weet dan waar de auto is en welke weg je het beste kunt nemen. *Hoe weet die satelliet dat dan?* 'Hij ziet de hele aarde, want hij draait er om heen'. *En wat dan als mijn auto net aan de andere kant van de aarde is als de satelliet?* 'Er zijn meerdere satellieten, heel veel, en de aarde draait ook nog om zijn eigen as.' 'Een satelliet stuurt seintjes. Dat zijn gewoon stralen, dat werkt eigenlijk net zo als een mobiel. Die satelliet zet dat weer om.'
- *Waarom zit die satelliet zo hoog in de ruimte?* 'Omdat hij dan heel veel kan zien, want anders moet je heel veel satellieten hebben.' *Zijn er veel satellieten?* 'Duizend denk ik.' 'Het zijn allemaal verschillende. De een krijgt bijvoorbeeld een TomTom door, de andere het weer en ze moeten allemaal weer iets anders berekenen.'

### *Knijpkat en Opdraaiwekker*

- *Hoe werkt een knijpkat?* Dit was geen uitdaging voor deze kinderen. In een strakke uitleg rolde het principe van de knijpkat eruit. 'Zet energie om in licht, via die draadjes.' 'Het handvat is nodig om energie te maken.'
- *En waardoor draaien de wijzers van de wekker?* 'Normaal doe je er batterijen in.' 'Ik denk niet dat er batterijen in zitten.' 'Volgens mij moet je hem opwinden, en dan werkt het net zoals de knijpkat.' 'Tandwielen die draaien dan tegen elkaar aan, omdat je hem hebt opgewonden.'
- *Hoe weet hij dan wat één minuut is?* Even bleef het stil. Tja, dat moet je instellen. Maar ja, hoe weet die wijzer dan dat ie vooruit moet? Hier ontstond een mooi onderling gesprek, met als eindpunt: 'Dat tandwiel doet er precies zestig seconden over om rond te gaan en dan gaat de wijzer mee.'

### *Vinden jullie het belangrijk om te weten hoe deze apparaten werken?*

- 'Ja, want je gebruikt deze apparaten heel vaak.'
- 'Eigenlijk denk je er nooit bij na, maar ik vind het wel leuk om te weten.'
- 'Heel veel mensen denken ook, even intoetsen en dat is het.'
- 'Ik vind het interessant'

### **3.3.3.3 Opvallend**

- Ook hier lukt het ieder groepje de verschillende apparaten te benoemen.
- Het lukte deze kinderen te beredeneren hoe muziek is opgeslagen in een code en dat deze door de mp3-speler weer wordt omgezet in muziek. Toch

was dit moeilijk, niet iedereen in het eerste groepje bijvoorbeeld zei de uitleg van de ander te begrijpen.

- Er werken geen mensen in een mast, dat gaat allemaal via de computer.
- Hoewel de knijpkat en wekker beide keren goed worden uitgelegd, blijft het – zeker de wekker – lastig te begrijpen. In het eerste groepje geven drie van de vier kinderen na de juiste uitleg alsnog aan te denken dat er toch een batterij in de wekker zit. Kijken bleek een optie. Omdat de achterkant niet open ging – ‘maar dan kan er ook geen batterij in zitten, want dat verwisselt zo moeilijk’ – en ze door de kier alleen maar tandwielen en een veer zagen, gingen de kinderen uiteindelijk toch allemaal overstag.
- Ook de oude telefoon blijft lastig. Dat een mobieltje weet welk nummer je wilt bellen is logisch, dat komt namelijk op het scherm te staan. Maar hoe onthoudt een oude telefoon het nummer dat je draait en wanneer weet hij dat je klaar bent? Lastig!

### 3.3.4 Pabostudenten

Juist omdat opviel dat vrijwel alle kinderen die we spraken bij het uitleggen van hoe apparaten werken gebruik maakten van feitelijke benamingen (‘simkaart’, ‘satelliet’, ‘golven’, ‘zendmasten’, ‘batterij’, ‘energie’ etc.), rees de vraag of en in hoeverre ze deze begrippen werkelijk kennen en begrijpen. Reproducieren zij wat ze van volwassenen hebben geleerd en in hoeverre begrijpen ze een dergelijke uitleg zelf? Zijn deze begrippen met andere woorden ‘leeg’ of vertegenwoordigen ze wel degelijk een (redelijk) correct beeld?

De vraag die bij ons opkwam, was in hoeverre aanstaande leraren (die ongeveer tien jaar ouder zijn) dezelfde begrippen gebruiken wanneer ze uitleggen hoe dergelijke apparaten werken. Hebben zij een breder begrippenarsenaal en in hoeverre ‘begrijpen’ zij wat de woorden die zij in hun uitleg gebruiken werkelijk omvatten?

Besloten is een groepje (van drie) pabostudenten hierop te bevragen. Zij dienden enerzijds als proefpersonen om te achterhalen welke begrippen jongvolwassenen (die aan een sociale hbo-opleiding studeren) in uitleg gebruiken, maar konden daarnaast ook bevraagd worden op de vraag of zij de woorden die zij gebruiken zelf begrijpen.

#### *Mobieltje*

- *Hoe gaat het geluid van de ene beller naar de andere? ‘Wat een lastige vragen allemaal zeg!’ ‘Ja, iets met trillingen, maar het lijkt me sterk dat deze allemaal door de lucht heen gaan.’ Wat gebeurt er dan met die trillingen? ‘Die gaan naar KPN of Vodafone of waar je telefoon van is.’ ‘Die zetten het om in codes en die gaan naar de andere telefoon en worden daar weer omgezet in trillingen.’ ‘Daarom heb je verder weg wat vertraging.’*

### *Wekker en horloge*

- *Hoe werkt deze?* 'Met een batterij en dan van die ... tandwielletjes die om elkaar heen draaien.' De studenten krijgen de opdracht de batterij eruit te halen. Dit lukt niet omdat de klok slechts op een kier is te openen. 'Er kan geen batterij in zitten als je hem niet open krijgt.' *Als er geen batterij in zit, hoe werkt hij dan?* 'Reageert hij dan op de stand van de maan, de aarde? Bepaalde aantrekkingskracht.' 'Zo kun je hem opwinden.' Het apparaat wordt grondig bekeken. *Wat vind je op dan?* 'De tandwielen, dat ze gaan draaien.' 'De batterij' 'Iets dat hem tegenhoudt, zodat hij niet snel terugdraait.'
- 'In het horloge zit wel een batterij. Door de energie van de batterij loopt hij.' 'De batterij geeft energie.' *Hoe loopt een kwartshorloge?* 'Ik dacht dat dat gewoon een merk was.'

### *Opengeschroefde computer*

- *Hoe werkt een computer?* 'Hoe het allemaal precies werkt ...'
- *Wat is een moederbord?* 'Het belangrijkste in de computer. Als je die eruit haalt, is je computer zeg maar blanco.'
- *Wat gebeurt er als je op het toetsenbord een tekstje typt?* 'Dan wordt een signaal omgezet in een actie en dan krijg je bijvoorbeeld een letter te zien op je beeldscherm.' 'Er wordt iets omgezet in de computer. Een toets wordt omgezet in een letter.'
- *En als je het tekstje wilt opslaan?* 'Wordt opgeslagen in het moederbord.' 'De tekst wordt daarvoor omgezet in een bepaalde codetaal en dat wordt opgeslagen.'
- *Hoe ziet die codetaal eruit? Wat is die codetaal?* 'Allemaal van die code en daaronder nog een code en daaronder nog een code, toch?' 'Streepjescode?' 'Volgens mij is dat opgeslagen en niet zichtbaar.' *Waar bestaan de codes uit?* 'Tja, en waar blijft het als je het op een USB-stick zet?' 'In codetaal.' 'Geen flauw idee ...'

### *Bankpas*

- *Wat staat er op de chip van de bankpas?* 'Geld', 'Wat het saldo is'
- *Waarom heet de magneetstrip op de achterkant magneetstrip?* 'Omdat hij werkt met magnetisme.'

### *Kompas en TomTom*

- *Hoe werkt een kompas?* 'Geeft aan waar het noorden is.' 'Ik weet het niet meer ... Met een bepaald stofje of zo?' 'Het werkt met magneten.'
- *En een TomTom?* 'Met gps. Door straling naar de satelliet.' 'En dan gaat het van de satelliet weer terug en dan wordt het omgezet in een plattegrond van waar jij bent.' 'Google-maps'
- *Gaat dat altijd met dezelfde satelliet?* 'Nee, hangt af van waar je bent.' 'Ik zou het werkelijk waar niet weten'.

### *Knijpkat*

- Dit apparaat hadden de studenten direct door, gebruik makend van de kennis die ze met de wekker hadden opgedaan. 'Tandwielen, die gaan draaien door het knijpen. Daardoor komt energie vrij waardoor de lamp gaat branden.'

### *Elpee en cassette*

- 'Elpee werkt met een pinnetje door de groeven als hij draait', 'Lijkt op een cd.' 'Bij een cd zijn het verschillende kleurtjes.'
- *Wat gebeurt er met die naald als hij over de elpee gaat?* 'Krijg je trillingen en geluid.'

### *Moeilijke vragen?*

- *Wat vond je nou van de vragen?* 'Slecht voor je zelfvertrouwen.' 'Niet bepaalt grappig of zo, omdat je de antwoorden niet weet'
- *Hoe komt dat? Want dit geldt niet alleen voor jullie.* 'Alles is vanzelfsprekend, het is gewoon zo, dus je denkt er niet zo over na.' 'Ik heb er dus ook nooit over nagedacht hoe nu eigenlijk zo'n telefoon werkt.'
- *Zou het belangrijk zijn voor kinderen uit de bovenbouw om hen hier iets van mee te geven [van de technische werking van apparaten]?* 'Ik weet het zelf niet eens, dan kan ik er moeilijk iets met kinderen mee doen.' 'Ja, maar ik denk wel dat het wel interessant is voor de kinderen.' 'Het is wel gewoon heel betekenisvol. De kinderen zullen het wel interessant vinden, maar je zult er zelf heel veel vanaf moeten weten om het zelf te kunnen geven.'
- *Waarom valt de wekker en knijpkat wel uit te leggen?* Omdat je dat gewoon kunt zien wat er gebeurt, terwijl hier [mobieltje], je ziet het gewoon niet.'
- *Zou het gebruik van beeldspraak werken?* De studenten denken hier even over na en komen na een voorbeeld tot de conclusie dat het beeldend maakt wat je wilt vertellen. Een van hen geeft het voorbeeld van kaboutertjes met rugzakjes als verbeelding van wat er in een stroomkring gebeurt. 'Kijk, dat weet ik nu nog steeds!'

## **3.5 Samenvatting en Conclusie**

### **3.5.1 Samenvatting**

Wanneer de casussen met elkaar vergeleken worden, zijn duidelijke overeenkomsten te zien tussen de groepjes leerlingen. Hoewel leerlingen in de ene groep in hun uitleg (veel) verder komen dan leerlingen uit een andere groep, zijn in de wijze waarop ze proberen de werking van apparaten uit te leggen parallellen waar te nemen die duidelijk maken dat in veel gevallen een voldoende begrip van wat er gebeurt ontbreekt.

Wie de weergave van de verschillende gesprekken in ogenschouw neemt, ontkomt niet aan de indruk dat het merendeel van de leerlingen (en studenten!) de klok

weliswaar hebben horen luiden, maar (nog) niet (precies) weten waar de klepel hangt.

### *Zien is weten*

Uitleggen hoe een mobieltje werkt, of een computer, blijkt heel wat lastiger dan uiteenrafelen hoe de knijpkat werkt. Vrijwel steeds gaven de leerlingen aan dat de techniek in de knijpkat en ook wel in de wekker – al leverde die toch heel wat kinderen problemen op – stukken simpeler en ‘logischer’ was dan die in een TomTom of mp3-speler. De belangrijkste reden die de leerlingen aanvoerden was dat je juist hier kon zien wat er gebeurde. Vooral bij de knijpkat, die een doorzichtig omhulsel had, was de techniek die leidde tot licht het beste zichtbaar en juist dit apparaat werd dan ook het vaakst tot in detail correct uitgelegd. Nou ja, soms schoten woorden te kort – dat ding gaat draaien, en dat dan ding en daardoor gaat dat ding ook lopen’ – en stapten de leerlingen wel erg snel heen over het fenomeen van het omzetten van energie en hoe dat precies werkte.

‘Onhandig is dat je al die dingen niet gewoon open kunt maken, want dan kun je alles precies zien,’ merkte een van de leerlingen op. Maar bij het mobieltje en de computer, die beide ook open konden, hielp het openmaken niets, zo constateerden ook de leerlingen: ‘(...) daar heb je niks aan, dan weet je nog niks.’

### *Neiging terug te keren naar hoe het gebruik werkt*

Kinderen vandaag de dag zijn opgegroeid met internet, computer, mobiele telefoon en navigatieapparatuur. Het merendeel van de kinderen gaf aan zelf een mobieltje en een mp3-speler te hebben en ook de TomTom had weinig geheimen voor ze. Tenminste, als het om het gebruik ging. Dit bleek ook uit het feit dat de kinderen in no time de mobiel en TomTom aan hadden staan en wisten welke vervolgstappen er genomen konden worden – nummer opzoeken in het menu, straatnaam invoeren. Het gebruik is dus niet echt een probleem voor deze generatie, ze zijn er vlot mee. In zekere zin vonden ze het ook moeilijk hier los van te komen. Zodra gevraagd werd hoe iets werkte, was de eerste reactie uitleggen hoe het te gebruiken. Maar ook wanneer duidelijk was dat het de onderzoeker ging om de technische werking van het apparaat, hadden de leerlingen en ook de studenten toch steeds de neiging terug te vallen op hoe je het apparaat moet gebruiken. ‘Eerst moet je hem aanzetten’, ‘toets het nummer in’, ‘als je op het groene knopje drukt, krijg je de ander aan de lijn’ etc. Op de vraag wat het verschil was in werking tussen de oude en nieuwe telefoon, antwoordde een meisje prompt: ‘met die nieuwe kun je foto’s maken, met de oude niet.’

### *Willekeurige en chaotische uitleg*

Kinderen – en dit geldt ook voor de studenten – hebben nog niet de beschikking over een duidelijk vocabulaire waarmee ze de werking van bepaalde apparaten van begin tot eind kunnen uitleggen. Er is geen duidelijk beginpunt; ze beginnen gewoon ergens, precies daar waar de vraag iets bij hen losmaakt. Op de vraag wat er gebeurt wanneer je met een mobieltje naar een andere telefoon belt, begint de ene



leerling met uitleggen hoe het telefoonboekje in een mobieltje werkt, terwijl een ander direct denkt aan 'via de zendmast'.

Wat opvalt, is dat dit eigenlijk in alle groepjes gebeurde. De leerlingen springen van de hak op de tak en lijken vooral begrippen en korte zinnestelsels te reproduceren die ze ooit als uitleg hebben gehoord: 'dan gaat het naar de satelliet', 'dat werkt met van die golflengtedingen', 'kwarts'. Dat ze niet van voor naar achter redeneren lijkt erop te wijzen dat ze niet echt begrijpen hoe het werkelijk zit of in elk geval dat ze er geen duidelijk beeld bij hebben dat hen helpt een logische volgorde aan te houden.

Wat ook opviel, al was dat verwacht, is dat de leerlingen (en dit gold zeker voor de studenten) de informatie die ze zojuist gebruikt hebben om de werking van het ene apparaat te verklaren (deels) meenemen in hun verklaring van de werking van het volgende apparaat. Misschien verklaart dit ook waarom de oude draaitelefoon volgens de leerlingen steevast een chip herbergde of signalen door de lucht stuurde naar zendmasten. Zo ging het immers bij het mobieltje ook. Pas wanneer de draad van de oude telefoon ter sprake kwam – de ene keer ingebracht door een leerling, de andere keer door de onderzoeker – werd zo'n theorie echt kritisch bekeken.

Een ander mooi voorbeeld van transfer bij de uitleg van de oude telefoon, net nadat uitgebreid de TomTom aan bod was geweest, was: 'hij stuurt een signaal naar de satelliet, dan wordt daar het nummer opgezocht en dan gaat er een seintje naar de andere telefoon dat er gebeld wordt.' Ook de opmerking toen het over de opdraaiwekker ging – 'ik denk niet dat het met een satelliet en zo werkt' – maakt duidelijk dat de leerlingen zich in hun denken erg laten sturen door wat er voorbij is gekomen. Ze hebben de kennis zelf met andere woorden niet paraat.

### *Ze kennen de termen, maar kunnen de verbanden niet leggen*

De leerlingen beschikten over behoorlijk wat technische termen en begrippen die 'horen' bij de werking van een apparaat. 'Satelliet', 'zendmast' en 'sim-kaart' komen snel ter tafel. Doorvragen leert dat de leerlingen (en ook de studenten!) vaak niet goed weten waar zo'n begrip voor staat. Dit geldt ook voor begrippen als 'zenden' en 'signaal', woorden die direct genoemd werden zodra het ging over mobiele telefoons, draadloos internet en navigatieapparatuur. Eén jongen kon nog uitleggen dat dit alles iets met 'golflengtedingen' te maken had, maar bleek dit bij doorvragen niet verder te kunnen verduidelijken.

Een TomTom stuurt een signaal naar een satelliet, dat weet eigenlijk elk groepje wel te vertellen, maar wat dat signaal precies is en welke rol de satelliet in het geheel speelt, is niet helemaal duidelijk. Dit blijkt wel uit de discussie die in verschillende groepjes ontstond over de hoeveelheid satellieten in de ruimte. Eén leerling dacht zelfs dat ieder mens een eigen satelliet boven zich had zweven die alles voor hem in de gaten hield en meerdere leerlingen gingen uit van miljoenen satellieten.

Dat ze niet echt begrijpen waar een satelliet voor nodig is en waarvoor een zendmast, blijkt ook uit de verklaring van een van de groepjes dat een mobiele telefoon werkt bij de gratie van een satelliet.

### *Ze beheersen de causale ketens niet*

De leerlingen – en dit geldt ook voor de studenten – beheersen de causale ketens niet die bijvoorbeeld bij ICT horen. Teksten, foto's en liedjes worden gedigitaliseerd en in een computerbestand opgeslagen. Dit proces – het omzetten van bijvoorbeeld muziek in codes, in nullen en enen – werd bijna niet ter sprake gebracht door leerlingen. Dit wijst erop dat ze de basis van digitale techniek niet begrijpen, terwijl juist deze techniek in alle moderne apparaten om hen heen is vertegenwoordigd. Dit blijkt bijvoorbeeld uit de reactie dat het versturen van een sms langer duurt dan iemand opbellen: 'want dan moet de satelliet eerst de tekst lezen en dan kan hij hem pas versturen.' Op de vraag in welke vorm zo'n sms dan verstuurd wordt door een mobieltje, blijft het bij 'met een signaal'. Volgens een ander groepje werd het bericht niet naar een satelliet gestuurd, maar naar een zendmast. Maar ook daar duurt het lang: 'de mensen daar bij de zendmast moeten dat [signaal] dan vertalen en daarom duurt het volgens mij zo lang.'

Andere groepjes dachten dat juist trillingen verstuurd werden, terwijl Mel, de jongen uit het eerste groepje van de Nienekes, aan radiogolven dacht. En hoe wordt een andere telefoon gevonden? 'Door de ringtone'.

De uitleg van wat liedjes in de mp3-speler zijn – 'trillingen' – laat zien dat leerlingen niet weten wat precies met het liedje is gebeurd om het in dat kleine apparaatje te krijgen. Het meest concreet was het antwoord 'er wordt een bestandje van gemaakt' en dat kun je op je mp3-speler downloaden.

Ditzelfde is overigens ook zichtbaar rondom bijvoorbeeld de opdraaiwekker. Als een wekker moet worden opgedraaid, zet de energie die het afrollen van de veer oplevert de radaren in beweging. Dit wordt door heel wat kinderen niet begrepen, blijkt na doorvragen. Zelfs niet nadat een leerling uit het groepje dit principe helemaal correct heeft weergegeven. Op de vraag – *na* de uitleg – of er toch niet een batterij in de wekker verstopt zit, antwoordden drie van de vier groepsleden bevestigend. Ook in andere groepjes en zelfs bij de studenten *moest* er wel een batterij in de wekker zitten. Pas toen openmaken niet lukte – 'dan kan er dus ook geen batterij in zitten, anders kun je hem niet verwisselen'- probeerden de leerlingen het mechanisme te achterhalen dat dan voor de aandrijving zorgde.

### *Gebrek aan kennis*

Het uitleggen viel de leerlingen en studenten niet mee. 'Het is soms heel moeilijk uit te leggen. Dan snap je het wel, maar kun je het niet uitleggen.' 'Dan weet je het wel, maar dan kun je het niet uitleggen hoe het heet of zo en dat weet je dan niet.'

Zowel de leerlingen als de studenten zijn zich bewust van hun gebrek aan kennis op dit vlak. Vooral de studenten voelden dit als een last: 'slecht voor je zelfvertrouwen.' 'niet bepaald grappig of zo'. De leerlingen vonden het vooral jammer dat ze het niet wisten: 'Het lijkt mij wel handig als je daar iets van weet. Want dan kun je misschien zelf dingen in je eentje oplossen.'

Dat ze de kennis niet hadden, was van de andere kant ook wel logisch: 'ja, daar denk je eigenlijk nooit zo over na ... Een TomTom die wijst de weg, klaar.' 'Alles is vanzelfsprekend, het is gewoon zo, dus je denkt er niet zo over na.'

### 3.5.2 Gebruik van metaforen

Uit de gesprekken (hoofdstuk 3) blijkt dat het voor kinderen van tien, elf jaar heel lastig is om onder woorden te brengen hoe iets nu precies werkt. Op zichzelf beschikken ze wel over de woorden die hiervoor nodig zijn, maar niet over het beeld erachter. Ze lijken zich geen voorstelling te kunnen maken van wat er nu precies gebeurt binnenin zo'n apparaat. Dit is niet iets waar de leerlingen alleen in staan. De studenten lieten dezelfde geluiden horen, maar konden ook uitleggen waarom ze er geen beeld bij hadden: het is te abstract. Een satelliet is een ding hoog in de lucht en dat zorgt ervoor dat je TomTom weet waar hij heen moet, maar verder ...

Mogelijk dat juist metaforen er voor kunnen zorgen dat abstracte begrippen en processen in een concreet beeld worden gevangen en dat dit blijft hangen, vertelde een van de studenten die opmerkte dat de kabouters waarmee haar de stroomkring was uitgelegd haar dit principe nog steeds deed snappen: ze zag het zo voor zich. Op de vraag hoe raderen werken, staken een aantal kinderen spontaan de vingers van beide handen in elkaar. Ze maakten het voor de onderzoeker en zichzelf visueel. De metaforen die 'onzichtbare' technologie in de apparaten begrijpelijk moeten maken, zullen dus beeldend moeten zijn, beelden moeten oproepen.

Opvallend is dat de kinderen in de gesprekken zelf heel dicht bij een beschrijving van de werkelijkheid probeerden te blijven. *Mobieltje – signaal – zendmast – signaal – andere mobiel*. Hierbij gebruiken ze weinig verhelderende woorden met een metaforisch karakter. Soms ontstond het idee dat ze dergelijke metaforen niet durfden te gebruiken. 'Berichten gaan via de lucht, als een soort briefjes', zei een meisje op De Tovercirkel op de vraag als ze haar fantasie mocht gebruiken hoe het dan zou gaan, maar hier moest ze zelf heel hard om giechelen.

Beide groepen kinderen op De Tovercirkel zagen in het moederbord van de opengeschroefde computer een stad met weggetjes, huizen, flats, torens, 'een stadion' en 'parkeerplaatsen'. Het lukte de kinderen niet deze verbeelding te gebruiken om de uitleg van de werking van de computer kracht bij te zetten. Vreemd is dit niet. Uit de literatuur blijkt dat iemand een metafoor pas krachtig kan inzetten als hij of zij zowel de *topic* als het *vehicle* beheerst (Ogborn & Martins, 1996, 651, zie ook 4.3.5).

De kinderen van De Nienekes probeerden metaforen te gebruiken zodra ze de werking van zo'n apparaat moesten uitleggen aan een kind dat (veel) jonger is. Zij begrepen blijkbaar dat ze het voor deze kinderen simpel moeten houden. Deze metafoor die op tafel kwam – deken – was erg gebrekkig, wat waarschijnlijk weer een gevolg is van het niet beheersen van het *topic*.

Alle kinderen geven aan dat het best lastig is, hoe die elektrische apparaten werken. Ze hebben vaak de woorden niet om het precies te zeggen en beschikken ook niet over beeldspraak om het op een andere manier te verduidelijken. Metaforen kunnen hierbij behulpzaam zijn.

## 4 Literatuurstudie naar de bruikbaarheid van metaforen

### 4.1 Samenvatting

Metaforen zijn (in de ogen van ontwikkelingspsychologen) belangrijke *tools* om kennis te construeren. Via metaforen kunnen nieuwe verschijnselen en concepten begrijpelijk worden uitgelegd door gebruik te maken van kennis over iets heel anders die al wel aanwezig is. Dit gebeurt vaak heel 'natuurlijk'. Kinderen maken bijvoorbeeld zelf al van jongs af aan gebruik van metaforen door het nieuwe dat ze zien te 'verklaren' met behulp van wat ze al weten, kennen en hebben ervaren. Juist het vanzelfsprekende van *transfer* van kennis bij het begrijpen van iets nieuws maakt het interessant om metaforen in te zetten in onderwijssituaties, vooral waar het gaat om complexe, abstracte of 'onzichtbare' zaken en concepten die moeilijk op andere wijze inzichtelijk zijn te maken.

Hier zitten wel enkele haken en ogen aan. Metaforen zijn alleen effectief wanneer ze direct aansluiten bij kennis en ervaringen die het kind al bezit. Leerkrachten moeten er dus op letten dat het gekozen vehikel waarmee het nieuwe vergeleken wordt, beheerst wordt door zijn leerlingen (voorkennis, leef- en belevingswereld). Om tegemoet te komen aan leerstijlen van kinderen is het vervolgens zaak metaforen (en analogieën) niet alleen verbaal aan te bieden, maar ook via beeld en spel. Daarnaast hebben metaforen grenzen waarbuiten de vergelijking niet opgaat. Om misconcepties te voorkomen is het zaak goed met leerlingen te communiceren over welke kenmerken in de metafoor of analogie, dat wil zeggen de vergelijking opgaan en welke niet. Soms kan het nodig zijn om bij een heel complex begrip meerdere vergelijkingen te gebruiken die telkens het accent leggen op andere kenmerken. Goede metaforen en analogieën kunnen alleen geconstrueerd worden door mensen die zowel het topic als het vehikel van de vergelijking beheersen. Bij het maken van goede vergelijkingen zal de hulp van technische deskundigen onontbeerlijk zijn. De vertaling vervolgens naar het onderwijs kan daarna door leerkrachten of studenten gebeuren en ook door hen in de klas worden uitprobeerd.

### 4.2 Over het 'zichtbaar maken' van het 'onzichtbare': het belang van visualisatie

'Metaphors enable us to understand new technologies'  
(Hogan, 2005)

Kapotte apparaten doen het goed in de 'bouwhoek' van een kleuterklas. Kinderen zijn nieuwsgierig en willen weten hoe die versleten VHS recorder er van binnen uit ziet. Dat 'binneninkijken' triggert veel kinderen; ze willen weten hoe het werkt. Voor veel apparaten met eenvoudige waarneembare mechanieken werkt openmaken goed, het maakt het mechaniek zichtbaar en daarmee inzichtelijk. Hoe een fiets fietst, is bijvoorbeeld gemakkelijk te begrijpen wanneer de ketting getoond wordt omdat de tandwielen, derailleur en ketting zichtbaar zijn. Voor een oude

opdraaiwekker geldt hetzelfde: de bewegingen van de raderen zijn bij opening van de wekker van dichtbij te bestuderen. Dit is leren door zelf te kijken en te proberen, aanschouwelijk en ervaringsgericht.

Leren door zelf te kijken en te doen is niet nieuw in het onderwijs. Rond 1900 kwamen steeds meer schoolplaten de school binnen. Beroemd zijn de speciaal voor het geschiedenisonderwijs vervaardigde historische schoolplaten van Cornelis Jetses die de kinderen een beeld gaven bij de verhalen die hun onderwijzers vertelden. De Haagse onderwijzer en schoolhoofd Jan Ligthart (1859-1916), die werkte in de Haagse Schilderswijk, ging een stap verder. Ligthart merkte aan de kinderen in zijn klas dat zij vooral leerden door te kijken en te doen, door het te 'beleven'. Omdat juist de kinderen in de arme Schildersbuurt van huis uit maar weinig van de wereld zagen – hetzij door reisjes, hetzij door platen – besloot hij de wereld ('het volle leven') daarom maar zijn klas binnen te halen in afbeeldingen en voorwerpen en de kinderen er echt mee aan de slag te laten gaan (Bakker e.a., 2006).

Vandaag de dag maken informatieve (kinder)boeken en lesmethoden nog altijd veelvuldig gebruik van dit principe van aanschouwelijkheid, zij het tweedimensionaal. In boeken als *Over de werking van de kurkentrekker en andere machines* (2000) en *Machines. Hoe ze werken* (1990) zijn alledaagse apparaten 'open' of in dwarsdoorsnede in beeld gebracht, waardoor een kind zicht krijgt op wat er zich feitelijk binnenin afspeelt. Ook zo'n afbeelding is behoorlijk illustratief wanneer het eenvoudige mechanieken betreft, zoals bij een windmolen of een slingerklok.

Het op deze wijze visualiseren van een proces of technologie blijkt echter veel moeilijker wanneer het complexe apparaten betreft, zoals een laptop. Wie een laptop opent (zie ook de illustratiefilmpjes op [www.HowStuffWorks.com](http://www.HowStuffWorks.com)), ontdekt al snel dat deze feitelijk is opgebouwd uit kleinere apparaten die met elkaar samenwerken en die op hun beurt ook weer uit technische onderdelen bestaan die 'van binnen' een bepaald proces verzorgen, zoals microprocessors (chips). De 'behuizing' van een computer bevat bijvoorbeeld een netwerkkaart, maar ook een video- en geluidskaart, een moederbord, RAM-geheugen, een harde schijf, een cardreader en dvd-rewriter en – ergens *deep inside* (!?) – software. Het 'zien' van de onderdelen en de verbindingen ertussen leert echter – in tegenstelling tot bijvoorbeeld het bekijken van de ketting van een fiets of het inwendige van een windmolen – niets over *hoe* een computer werkt. De precieze werking van het apparaat en zijn onderdelen blijft met andere woorden door enkel kijken een raadsel.

Een ander voorbeeld is de mobiele telefoon. Wie zo'n telefoon open maakt, vindt een grote platte batterij en (als je deze oplicht) een sim-kaart. Deze zeggen op het eerste gezicht niets over hoe het apparaat werkt. Kortom, het kijken in het mechaniek helpt niet.

### **4.3 Over de rol van metaforen en analogieën bij begripsontwikkeling**

'Metaphor is not simply an ornamental aspect of language, but a fundamental scheme by which people conceptualize the world and their own activities'  
(Gibbs, 2008, 3)

### 4.3.1 Inleiding

Een belangrijke beperking van visualisatie is dat deze abstracte of moeilijk voor te stellen processen en technologieën onvoldoende inzichtelijk kan maken. Dit geldt zeker voor de in de wetenschap populaire gedetailleerde beschrijving (in tekst) waarbij zelfs het beeld ontbreekt. Metaforen en analogieën kunnen hier uitkomst bieden. Zij maken het mogelijk om het onzichtbare te benoemen en het nieuwe (be)grijpbaar te maken. Volgens Hogan (2005, 1-2) doen mensen dit eigenlijk vanzelf al, want *'[w]hen people try to understand something new, they put it into a conceptual framework of something else they already know about'*. Het helpt ons iets nieuws of iets 'ongrijpbaars' te begrijpen en betekenis te geven wanneer we het vergelijken of uitleggen aan de hand van iets gewoons of bekends.

Om iets nieuws te kunnen bevatten, gebruiken we al snel woorden die we al kennen en waar we ook een duidelijk beeld bij hebben om dit nieuwe te kunnen begrijpen. Het is dan ook niet verwonderlijk dat in ons taalgebruik rondom de recent opgekomen computer en het nog nieuwere internet veel verbale metaforen zijn terug te vinden, zoals 'surfen', 'opslaan', 'prullenbak', 'mappen', 'marktplaats', 'doorlinken' etc. Deze woorden zijn zo ingeburgerd geraakt dat we vergeten dat het feitelijk metaforen zijn. Uitleggen wat er daadwerkelijk gebeurt als iemand 'surft', is echter dusdanig complex – 'iets met nullen en enen en doorsturen van data' – dat dit doorgaans niet lukt aan de gemiddelde burger zonder voldoende technische achtergrond (Hogan, 2005).

Ontwikkelingspsychologen claimen dat door gebruik te maken van metaforen en analogieën bij het uitleggen van abstracte en 'onbenoembare' concepten aantoonbaar begripsvorming optreedt, omdat zij zorgen voor een actieve kennisconstructie die voortbouwt op wat al bekend is (Vosniadou & Schommer, 1988; Mayer, 1993; Petrie & Oshlag, 1993; Ogborn & Martins, 1996; Ogborn, Kress, Martins & McGillicuddy, 1996; Quale, 2002; Camaron, 2003; Harrison & Treagust, 2006; Valle & Callanan, 2006; Pramling, 2009; etc.).

In de volgende paragraaf wordt achtereenvolgens beschreven wat metaforen en analogieën zijn, hoe ze van oudsher zijn gebruikt in de wetenschap en waarom ze kunnen dienen als educatief hulpmiddel in het (techniek)onderwijs.

### 4.3.2 Wat zijn metaforen en analogieën?

Het onderscheid tussen een metafoor en een analogie is klein. Aubusson, Harrison & Ritchie (2006b, 2) definiëren het als volgt: 'in metaphor, A is said to be B but in analogy, A is like B'. Omdat dit verschil niet of nauwelijks relevant is voor dit onderzoek, worden 'metafoor' en 'analogie' gemakshalve beschouwd als inwisselbare begrippen en vaak in één adem genoemd. Meer over het onderscheid

tussen 'metafoor' en 'analogie' is terug te vinden in Aubusson, Harrison & Ritchie (2006b).

Etymologisch gezien betekent de term 'metafoor' 'overdracht' ('transfer'). Door middel van metaforen en analogieën wordt vaak geprobeerd een nog onbekend, moeilijk, abstract of niet begrepen concept te verwoorden en te begrijpen via termen van een ander, al wel bekend concept (Lakoff & Johnson, 1980; Vroon & Draaisma, 1985; Ortony, 1993; Hogan, 2005, Valle & Callanan, 2006). Bekende voorbeelden hiervan zijn de pomp als metafoor voor het kloppend hart (Harvey, 1628) en de vergelijking van het menselijk lichaam met een machine of uurwerk (Descartes, 1637). De vergelijking tussen het nieuwe en het bekende berust op een aantal (vermeende) gemeenschappelijke kenmerken: Een hart *is* niet hetzelfde als een pomp, maar is qua werking te vergelijken met het werk dat een pomp verricht. Een menselijk lichaam *is* geen mechanisch uurwerk, maar heeft wel met een klok of machine gemeen dat alle 'radertjes' op elkaar inwerken. Door de vergelijking met een mechanisch uurwerk en het gebruik van hieraan ontleende woorden als 'radertjes', is een deel van de werking van het menselijk lichaam te begrijpen. *Beter* te begrijpen dan een feitelijke weergave van deze werking met inbegrip van alle biologische en medische begrippen die hierbij horen, zeker voor kinderen.

Een metafoor of analogie bestaat uit een *topic*-term – datgene waarover iets wordt gezegd – en een *vehicle*-term – dat waarmee het *topic* wordt vergeleken (Simons, 1980; Cameron, 2003). De overeenkomst die door de metafoor tussen beide termen wordt gesuggereerd, wordt *tenor* genoemd, de 'teneur' van de metafoor (Simons, 1980, 55; Draaisma, 2003, 22). In metaforen en analogieën ligt de nadruk feitelijk op het gemeenschappelijke; kenmerken die niet overeenkomen worden gemakshalve buiten beschouwing gelaten. Vroon en Draaisma (1985, 68) gebruiken in dit verband enkele verhelderende metaforen om de werking van metaforen en analogieën zelf te verduidelijken: een metafoor, zo betogen zij, is een 'filter' van eigenschappen, 'een manier om de wereld te bezien', 'een spiegel van de werkelijkheid'.

### 4.3.3 Gebruik van metaforen en analogieën in de wetenschap

'Standing on the shoulders of giants'  
(Newton, 1676)

Wie door de geschiedenis van de wetenschap 'surft', ziet al snel dat tal van befaamde wetenschappers vaak hun ontdekkingen hebben gedaan en deze hebben uitgelegd met behulp van metaforen en analogieën (Harrison & Treagust, 2006, 15). Plato illustreerde zijn ideeënleer bijvoorbeeld door middel van de 'allegorie van de grot'. Charles Darwin gebruikte in zijn *On the origin of species* (1859) verschillende metaforen om zijn evolutietheorie uit te leggen, zoals 'de strijd om het bestaan' en 'natuurlijke selectie' (Braeckman, 2008; Pramling, 2009). Dat wetenschappers gebruik maken van metaforen en analogieën is niet verwonderlijk. Grote

wetenschappelijke ontdekkingen bestaan niet zelden uit processen of subjecten die nog niet eerder onder woorden zijn gebracht. Het gebruik van een metafoor of analogie maakt het mogelijk 'het onnoembare' te benoemen en het daarmee voor vakgenoten en zelfs leken voorstelbaar en inzichtelijk te maken. Volgens Ortony (1975) maakt dit onbenoembaarheidargument metaforen en analogieën tot een belangrijk onderwijskundig hulpmiddel. Dit geldt ook voor wat hij het compactheidargument noemt: één treffende vergelijking maakt vaak meer duidelijk maakt dan een lange, feitelijke technische verhandeling. Een treffende metafoor of analogie maakt het gebruik van veel woorden overbodig en genereert een keur aan *vehicle*-termen om het verhaal te vertellen. Darwin legt bijvoorbeeld zijn evolutietheorie uit door het proces voor te stellen als een gevecht van velen om weinig, als 'natuurlijke selectie'. Deze metafoor – later gaf hij zelf de voorkeur aan het door Spencer aangereikte *survival of the fittest* (Braeckman, 2008) – gaf hem de handvatten die hij nodig had om het evolutieproces op inzichtelijke wijze te beschrijven. Termen als 'selectie' en 'selecteren' suggereren een voorkeur: de sterkste blijft over, plant zich voort en wie dit proces maar lang genoeg volgt, ziet een organisme wezenlijk veranderen. Dit sluit aan bij wat Ortony (1975) het levendigheidargument noemt. De metafoor of analogie brengt het abstracte of onbenoembare terug tot iets voorstelbaars, tot iets wat dichterbij de perceptuele en emotionele werkelijkheid staat (Simons, 1980, 74). Metaforen maken het dus gemakkelijker om een complex concept als evolutie, maar ook het internet te begrijpen en te gebruiken.

De meeste metaforen zoals gebruikt in populair wetenschappelijke tijdschriften als *Kijk* en *Natuur & Techniek* zijn functioneel van aard. Dat wil zeggen dat beide termen van de metafoor hun werking met elkaar gemeen hebben, zoals in 'feedback werkt als een thermostaat' (Draaisma, 2003, 29). 'In de meeste gevallen [eigenlijk alle gevallen, FdB] heeft de onderwerpterm een abstract karakter en verwijst de dragerterm naar iets concreets: 'de elektronen in een raster gedragen zich als knikkers op een trommelvel'' (geciteerd in Draaisma, 2003, 29). Uit dit en ander onderzoek blijkt dat met het gecompliceerder worden van de context het aandeel van functionele metaforen toeneemt.

#### **4.3.4 De educatieve waarde van metaforen en analogieën**

##### **4.3.4.1 Algemeen**

'Metaphor is the vehicle of insight'  
(Hogan, 2005)

Ogborn & Martins (1996, 631) noemen metaforen en analogieën 'powerful resources for the teaching and popularisation of science'. Dat is niet voor niets. Al langere tijd is bekend dat metaforen en analogieën bij *volwassenen* een belangrijke rol kunnen spelen bij het leren begrijpen van (natuur)fenomenen (Gentner & Gentner, 1983; Novick, 1988). Metaforen en analogieën worden ook wel 'two-edged swords' genoemd: de kennis die zij genereren wordt vrijwel steeds 'opgebouwd' uit andere,



bekende concepten (Harrison & Treagust, 2006, 11; Ritchie, Aubusson & Harrison, 2006, 189). Het gebruik van metaforen en analogieën maakt het met andere woorden mogelijk om nieuwe kennis te genereren door deze te vergelijken met al aanwezige kennis, ervaringen en voorkeuren (vgl. 'intuïtieve kennisbasis', Oosterheert, 2007). Dit is ook de reden dat Vroon & Draaisma (2003, 78-80) van mening zijn dat metaforen didactisch inzetbaar zijn. Ze kunnen daarbij zowel worden ingezet om wetenschappelijke problemen uit te leggen als om ze te kunnen begrijpen.

Onderzoek (o.a. van Reynolds & Schwartz, 1983) waaruit blijkt dat metaforisch geformuleerde conclusies beter worden onthouden dan letterlijke conclusies en waarbij proefpersonen die de metaforentekst voorgelegd kregen zich ook meer details herinnerden uit de voorgaande tekst, lijkt erop te wijzen dat 'metaforen proefpersonen in staat stellen het proces van reproductie gemakkelijker op gang te brengen en langer te vervolgen dan de proefpersonen in de andere conditie' (Draaisma, 2003, 30). Mogelijk heeft dit iets te maken met *dual coding*, dat m.a.w. bij 'het verzinnen en begrijpen van metaforen zijn twee systemen betrokken die autonoom functioneren, maar onderling informatie kunnen uitwisselen. Het ene systeem is afgesteld op linguïstische informatie en maakt gebruik van verbale representaties die sequentieel [opeenvolgend, FdB] worden verwerkt. Het andere systeem verwerkt informatie die betrekking heeft op concrete voorwerpen en gebeurtenissen en gerepresenteerd is in voorstellingen die in de meeste gevallen visueel van aard zijn. Metaforen zijn het product van de coöperatie tussen deze twee systemen'. (ibidem, zie hierover m.n. Paivio, 1979).

Mechanismen die verklaren waarom het proces van *dual coding* de communicatieve functie van metaforen ondersteunt:

1. De activiteit van twee onafhankelijke, maar samenwerkende systemen vergemakkelijkt de toegang tot informatie in het lange-termijn geheugen. 'Als de metafoor twee associatieprocessen tegelijk activeert – verbaal en visueel – is de kans groter dat de relevante informatie ook daadwerkelijk gevonden wordt. *Experimenten hebben uitgewezen dat de beschikbaarheid van niet-verbale voorstellingen het reproduceren van verbaal materiaal vergemakkelijkt. Plaatjes worden beter onthouden dan woorden, concrete woorden beter dan abstracte woorden* en de instructie om twee losse woorden via een zelfbedacht beeld met elkaar te verbinden leidt tot een verbetering van de verbale reproductie. *De tweevoudige codering die door metaforen wordt uitgelokt is in deze opvatting een cognitieve investering die zichzelf in de reproductiefase terugverdient'* (ibidem).
2. Het beeld in de metafoor maakt een efficiënte opslag van informatie mogelijk → de dragerterm verwijst naar 'een concreet aanschouwelijk beeld, waarvan de eigenschappen als een geïntegreerd pakket of 'chunk' worden opgeslagen en ook weer als een samenhangend geheel kunnen worden gereproduceerd. *Bij een beeld staat ons direct een verzameling van relaties voor ogen. Deze relaties zijn – anders dan bij sequentieel verwerkte verbale informatie – gelijktijdig gegeven'*(ibidem).

3. De 'dragerterm kan functioneren als een *conceptual peg* waar de meer abstracte termen aan opgehangen kunnen worden. (...) Vergelijking wees uit dat de dragerterm een veel efficiëntere aanwijzing is dan de onderwerpsterm. Kennelijk weet het concrete beeld meer informatie aan zich te binden. *De metafoor stelt het herinneringsvermogen in staat met meer haken tegelijk te vissen*' (Draaisma, 2003, 31. Zie m.n. Verbrugge & McCarrell, 1977).

#### 4.3.4.2 Werking bij kinderen

Omdat men er in navolging van Piaget (zie hierover Goswami, 1992, 3 en 17-34) vanuit ging dat kinderen beneden de tien jaar nog niet de cognitieve basiscapaciteiten bezitten om logisch te redeneren, bleef onderzoek naar de vraag of en in hoeverre het gebruik van metaforen en analogieën mogelijk een rol speelt bij het 'leren' en 'begrijpen' van kinderen achterwege. Pas in de jaren tachtig van de twintigste eeuw ontstond hierin een kentering en groeide het aantal ontwikkelingspsychologen dat aantoonde dat de inzet van metaforen en analogieën als leermechanisme een cruciale factor kan vormen bij kennisverwerving op *alle* leeftijden (Brown, 1989, 370). De kracht van het gebruik van analogieën is namelijk dat ze kinderen in staat stellen om abstracte relationele kennisstructuren te ontwikkelen (Gentner & Medina, 1998; Gentner & Lowenstein, 2002). Hedendaagse ontwikkelingspsychologen stellen daarom tegenwoordig dat analogiseren een fundamenteel hulpmiddel is voor de kennisverwerving en cognitieve ontwikkeling van kinderen (zie o.a. Cameron, 2003; Valle & Callanan, 2006).

Dit bleek al uit onderzoek dat Vosniadou en Schommer in 1988 publiceerden. Zij legden kinderen in de leeftijd van vijf tot en met zeven jaar een onbekend wetenschappelijk concept gedetailleerd uit, te weten 'hoe geneest het lichaam infecties', en deden dit bij de ene groep met behulp van een relationele analogie en bij de andere groep zonder. Kinderen die het proces van genezing uitgelegd kregen middels een metafoor – het vechten in een oorlog waarin de slechteriken overwonnen worden – bleken het concept beter te begrijpen en te kunnen reproduceren dan de kinderen die het proces kregen uitgelegd zonder metafoorondersteuning. Op zich logisch. Bij een pure beschrijving krijgen geïntroduceerde nieuwe begrippen als 'witte bloedcellen' geen gezicht of vorm en blijven dus abstract, terwijl door het gebruik van de oorlogsmetafoor de bloedlichaampjes soldaatjes zijn, waardoor ineens zichtbaar wordt wat er diep binnen in het lichaam gebeurt. Het effect van dit experiment bleek het sterkst bij de zevenjarigen, wat erop duidt dat hier ook de psychologische ontwikkeling van kinderen een rol speelt.

Het idee (en bezwaar) dat kinderen metaforen en analogieën niet goed begrijpen en bijvoorbeeld de niet relevante kenmerken van het *vehicle* plakken op het *topic*, bleek echter niet (of slechts gedeeltelijk) te kloppen. Ook de jongste kinderen dachten niet werkelijk dat witte bloedlichaampjes soldaten waren met een mensenhoofd en een helmpje. Zij begrepen dat de analogie slechts relationeel is. Dit wil overigens niet zeggen dat ze hier niet af en toe de mist in gingen, getuige de opmerking dat het de witte bloedlichaampjes spijt wanneer zij de aanvallers afslachten. Of en in hoeverre

kinderen daadwerkelijk leren van metaforen en analogieën is dus (deels) afhankelijk van de grenzen van de kennis van het domein bij het kind en de ontwikkelingspsychologische leeftijd.

Ook Petrie & Oshlag (1993) zijn van mening dat het gebruik van metaforen en analogieën essentieel is voor leren. Ze zijn kennistheoretisch noodzakelijk omdat zij een mogelijkheid bieden om via het bekende het onbekende te begrijpen (waardoor *conceptual change* kan optreden). Belangrijke uitkomst van onderzoek is volgens hen dat onderwijs met gebruik van metaforen vaak leidt tot beter en meer herinnerbaar leren dan expliciete onderwijsstrategieën.

#### **4.3.4.3 Kinderen gebruiken zelf ook metaforen (om bevindingen onder woorden te brengen of aan anderen uit te leggen).**

Onderzoek wijst uit dat (jonge) kinderen *zelf* metaforen en analogieën gebruiken om (natuur)verschijnselen te verklaren of voor zichzelf 'behapbaar' te maken (Goswami, 1992; Pauen & Wilkening, 1997). Eigenlijk vanaf het moment dat kinderen kunnen praten maken zij zelf al gebruik van (simpele) vergelijkingen om hun ideeën en verwachtingen onder woorden te brengen. Deze *metaphoric competence* is volgens Vosniadou (1987) gebaseerd op de mogelijkheid van jonge kinderen om overeenkomsten te zien tussen objecten en gebeurtenissen in de wereld om hen heen. Zij zetten hiervoor eerder verworven kennis in om het voor hen nieuwe fenomeen te kunnen begrijpen. Het bekende wordt met andere woorden ingezet om het (nog) onbekende onder woorden te kunnen brengen en te kunnen bevatten: 'metaphors reflect transfer of knowledge from well known to less familiar domains and as such serve as important mechanisms in the acquisition of new knowledge' (Vosniadou, 1987, 870).

Vanzelfsprekend is de voorkennis waarover het kind beschikt hierbij essentieel voor een goede begripsvorming. Dit bepaalt in belangrijke mate of een kind het fenomeen op de juiste manier kan verklaren. Een kind dat nog niet over die voorkennis beschikt om de juiste transfer te kunnen maken, kan dan verrassende verklaringen geven. In een experiment antwoordde een kind bijvoorbeeld op de vraag welk gewicht het zwaarst is, het grote of het kleine, resoluut: het kleine. Haar redenering hierbij was dat ook vogels klein zijn en die kunnen vliegen, dus moeten ze wel licht zijn.

Kinderen zijn met andere woorden in staat metaforen en analogieën in te zetten om de wereld om hen heen te leren verstaan, maar kunnen hiervoor – zeker op jonge leeftijd – nog heel onconventionele (en verkeerde) analogische vergelijkingen gebruiken. Dit is echter niet erg; geconfronteerd met nieuwe kennis stellen ze hun (mis)concepties steeds verder bij (*conceptual change*). Dit blijkt duidelijk uit onderzoek van Vosniadou waarin zij keek naar hoe de naïeve opvattingen van jonge kinderen over hoe de aarde eruit ziet door de jaren heen veranderen in een realistisch aardbolbeeld (Vosniadou, 1992; Verloop & Lowyck, 2003; Vosniadou, Skopeliti, Ikospentake, 2005, Panagiotaki, Nobes & Potton, 2009, zie ook Siegal, 2008, 49-55. Lofgren & Hellden (2009) deden iets vergelijkbaars en onderzochten in een longitudinale studie hoe leerlingen (vanaf 10 jaar) het concept van moleculen

gebruikten bij het verklaren van dagelijkse dingen (zie ook Holgersson & Löfgren (2004)).

Analogisch redeneren helpt kinderen conceptuele kennis verwerven en deze te begrijpen en dus doen ze dit bijna vanzelfsprekend ook voortdurend (Valle & Callanan, 2006, 97; Goswami, 2001). Ook Hosenfeld (2003) laat zien dat kinderen prima in staat zijn om analogisch te redeneren – uit  $A : B$  kunnen zij  $C : D$  afleiden – en ook hoe dit vermogen zich ontwikkelt. Kinderen zijn volgens haar al jong in staat zelf deze gevolgtrekking ( $A:B \rightarrow C:D$ ) te maken en het analoog redeneren als strategie in te zetten om verwachtingen te onderbouwen. Peuters en kleuters ‘voorspellen’ bijvoorbeeld wat er gaat gebeuren door gebruik te maken van wat ze eerder gezien of ervaren hebben. *Wat zou de hond op het plaatje doen als het stoute jongetje hem aan zijn staart trekt? Huilen, kan een peuter antwoorden, want dat doen kinderen ook. Of blaffen en bijten, want dat deed die van de buurvrouw.* Ook wanneer kinderen zelf proberen (natuur)fenomenen uit te leggen, maken zij spontaan gebruik van metaforen en analogieën. Holgersson (2003) ontdekte dat zij in hun poging om een bepaald fenomeen te begrijpen frequent refereren aan ervaringen die zij vergelijkbaar vinden en waarvan zij gebruik maken bij het construeren van analogieën.

Het concept van de genen en DNA wordt bijvoorbeeld (ook door kinderen) vaak uitgelegd met behulp van metaforen en analogieën, juist omdat het iets abstracts, complex, onbekend en ook onzichtbaar is. De grap is dat deze metaforen gebaseerd lijken op wat ze in de wandelgangen en op tv al hebben gehoord en gezien. Genen zijn dingen die zorgen dat je op je moeder lijkt of dat je een erfelijke ziekte krijgt. DNA is iets in je bloed wat getraceerd kan worden door de politie. Er kan uit afgeleid worden wie op een bepaalde plek is geweest. Maar dat die twee dingen (genen en DNA) alles met elkaar te maken hebben, blijkt voor kinderen niet duidelijk te zijn omdat de taal waarin over beide onderwerpen gesproken wordt, te veel verschilt. Voor het onderwijs is interessant in de gaten te houden dat leerlingen dus verschillende metaforen kunnen hebben voor hetzelfde en dat die ook op een bepaald iets zijn geënt. M.a.w. ‘we need to discuss explicitly biological metaphors, such as the DNA fingerprint and explain to students where metaphors are useful and where they breakdown’ (Venville, Gribble & Donovan, 2006, 90).

Misconcepties zijn heel normaal en komen zeker niet alleen voor bij kinderen. Met het toenemen van kennis over een bepaald onderwerp worden ze in de goede richting bijgesteld. Kinderen gaan in beginsel uit van naïeve voorstellingen en via *conceptual change* stellen ze deze steeds verder bij. Bij *conceptual change* wordt een bestaande conceptie fundamenteel veranderd of zelfs vervangen en wordt deze conceptie vervolgens het nieuwe *framework* waarmee leerlingen naar de wereld kijken.

Kinderen bezitten een intuïtieve kennisbasis (Oosterheert, 2007; Cameron, 2003, 36-40). Deze ontstaat op basis van ervaringen die het kind opdoet en de ideeën die het daaruit samenstelt. Dit betekent ook dat kinderen vaak al een basis hebben waarop je ze kunt bevragen, maar het kan voorkomen dat hier veel misconcepties aan ten grondslag liggen. Voor een leerkracht is het belangrijk goed te onderzoeken in

hoeverre de intuïtieve kennisbasis van kinderen aansluit bij het nieuwe dat deze hun wil aanleren, anders ontstaan misconcepties. Dat is op zich niet erg. Volgens Oosterheert (2007) zijn misconcepties 'onontkoombare' tussenstappen in het leerproces. Maar je moet je als leraar wel realiseren dat kinderen die hebben en krijgen (zelfs al leg je nog zo goed uit!).

#### **4.3.4.4 Leveren metaforen en analogieën als onderwijskundig hulpmiddel problemen op voor kinderen?**

De belangrijkste conclusie die uit bovenstaande is te trekken is dat kinderen metaforen en analogieën al behoorlijk jong kunnen begrijpen en zelf actief kunnen inzetten. Volgens Valle en Callanan (2006) is er dan ook geen reden om jongere kinderen niet te laten profiteren van de meerwaarde van uitleggende metaforen en analogieën. Zij zien het als een strategisch communicatief hulpmiddel dat kan worden ingezet door zowel de leraar als door de leerling. Simons (1980, 54) noemt dit 'vergelijkend leren': 'het leren (en begrijpen) van begrippen en relaties tussen begrippen door vergelijking met begrippen en relaties die al bekend waren of die gemakkelijker kunnen worden geleerd (of begrepen)'.

Onderliggende argumenten voor het gebruik van metaforen en analogieën als onderwijskundig hulpmiddel gaven eerder Ortony (1975) en Simons (1980) al. Simons (1980, 287) maakt duidelijk dat metaforen en analogieën:

- helpen bij het structureren van te leren informatie;
- mentale voorstellingen vergemakkelijken c.q. abstracte informatie concreet maken;
- een actiever verwerking- en integratieproces door de lerende stimuleren.

Voornaamste argumenten om deze *tools* in te zetten in het onderwijsleerproces zijn o.a. de in 4.3.2 genoemde compactheids-, onbenoembaarheids- en levendighedsargumenten (Ortony, 1975). Simons (1980, 74) breidde dit rijtje uit tot elf. Metaforen en analogieën zijn, aldus hem, behulpzaam bij 'het produceren van nieuwe schemata', ze zorgen voor 'verankering van nieuwe informatie' aan bestaande ideeën, 'actualiseren bij leerlingen relevante inhoud in de cognitieve structuur die ze als ankerideeën kunnen gebruiken', 'organiseren verwante feiten rond een gemeenschappelijk thema, waarbij ze de constituerende elementen van de nieuwe kennis integreren', 'structureren binnenkomende informatie in 'a unified structure', 'maken een actievere constructie van betekenis door de lerende mogelijk', 'kunnen zorgen voor echt begrijpen' en maken 'abstracte informatie concreet'.

Toch worden er ook argumenten tegen het gebruik van metaforen en analogieën aangevoerd (zie o.a. Simons, 1980, 75-76, Green, 1993; Quale, 2002, Aubusson, Harrison & Ritchie, 2006). Zo zouden metaforen en analogieën gemakkelijk verkeerd begrepen kunnen worden, met als gevolg dat kinderen in de war raken en mogelijk misconcepties ontwikkelen waardoor een averechts effect ontstaat. Mayer (1993) geeft aan dat hoewel sommige onderzoeken laten zien dat metaforen niet effectief zijn of zelf leiden tot misconcepties, andere onderzoeken juist uitwijzen dat het

gebruik van metaforen een sterk positief effect heeft op wat wordt geleerd. Belangrijk in dit verband is dat erop gelet wordt of en in hoeverre een vergelijking 'binnenkomt' en aansluit bij de voorkennis van de leerling. Het is dan ook de taak van de leerkracht om voor die vergelijkingen te kiezen die aansluiten bij hun leerlingen. Ook moeten zij zich de beperkingen van hun analogieën realiseren en (dus) zo nodig verschillende analogieën naast elkaar gebruiken (Cameron, 2003).

Een andere tegenwerping is dat de kans bestaat dat abstracte leerstof dusdanig wordt geconcretiseerd dat leerlingen de abstracte ideeën die in de metafoor of analogie zijn weerspiegeld niet echt gaan begrijpen en blijven hangen in een louter concrete wijze van denken. Omdat bij metaforen en analogieën slechts overeenkomst bestaat tussen één of enkele aspecten van *topic* en *vehicle*, krijgen bepaalde inhouds uit de leerstof ongewenst grote aandacht en worden andere facetten verwaarloosd. Vaak ook kunnen metaforen en analogieën vermeden worden, omdat het gebruik ervan niet echt nodig is. Zeker wanneer de vergelijkingen ook nog wat moeilijk zijn voor de doelgroep, is het beter het gebruik ervan te beperken (Harrison & Treagust, 2006). Een laatste tegenwerping die Simons (1980) in zijn samenvatting noemt is dat visuele metaforen en analogieën het leerproces zouden kunnen onderbreken omdat kinderen te veel naar de afbeeldingen zouden kijken. Dit laatste argument lijkt echter weinig hout te snijden: een in een afbeelding gegoten metafoor dient als ondersteuning voor het leerproces, niet als aandachtremmer. Hetzelfde geldt voor de tegenwerping dat het gebruik van metaforen en analogieën tijd kost die beter anders kan worden besteed.

#### **4.3.4.5 Wanneer metaforen en analogieën inzetten als hulpmiddel?**

Simons (1980, 297) raadt aan metaforen en analogieën in te zetten bij leerstof die een lastig te doorgronden structuur heeft, dusdanig abstract is dat het voor leerlingen moeilijk is zich er een (mentale) voorstelling bij te vormen, geheel nieuw is zodat het niet aansluit bij hieraan gerelateerde voorkennis en waarbij het niet zozeer gaat om kennis, maar meer om begrip, inzicht en transfer.

Ogborn, Kress, Martins & McGillicuddy (1996, 15) noemen het gebruik van analogieën en metaforen cruciaal voor 'the transformation of knowledge' in het bètaonderwijs. Overigens worden in het gewone onderwijs ook en voortdurend metaforen gebruikt (Cameron, 2003). Niet alleen om iets moeilijks of abstracts uit te leggen, maar überhaupt, in de dagelijkse communicatie tussen leerkracht en leerling:

- je zit op *het juiste spoor!*
- Jullie zijn *de spaken van het wiel* (om aan te geven hoe de kinderen in de kring moeten gaan staan)
- Een zelfstandig naamwoord *zegt* meer dan slechts één ding
- De atmosfeer is *een deken* van gassen rondom de aarde

Volgens Cameron (2003, 37) blijkt het gebruik van metaforen het meeste effect op te leveren wanneer het andere onbekend is en zich niet op een gerelateerd domein bevindt. Dan zorgt metaforengebruik voor meer en betere transfer dan andere manieren van kennisoverdracht en -constructie. Kinderen kunnen op positieve wijze

gebruik maken van metaforen en analogieën bij het vinden van oplossingen en verklaringen. Hierbij is het wel zaak rekening te houden met de leeftijd van kinderen en hun domeinspecifieke kennis. Hoe jonger kinderen zijn hoe belangrijker het is expliciet te maken wat je met een analogie bedoelt en om een goede *vehicle*-term te kiezen.

#### 4.3.5 Wanneer ‘werken’ metaforen en analogieën?

‘De essentie van de metafoor is in haar opvatting het gebruik van een concreet beeld om abstracte relaties te kunnen begrijpen of formuleren’  
(Draaisma, 2003, 27).

‘Analogies are especially interesting and motivating when the teacher’s analog can be enriched from the students’ own experience’  
(Harrison, 2006, 52)

Metaforen en analogieën zijn als didactisch hulpmiddel breed inzetbaar, maar hebben vooral een meerwaarde waar het gaat om begrippen, processen of concepten die een hoge mate van abstractie bezitten, zoals ‘moleculen’, ‘diffusie’ en ‘plaattektoniek’.

Volgens Black (1962; 1979) is het de cognitieve interactie tussen de componenten van de metafoor welke hem zijn kracht geven. Bij een goede metafoor of analogie is dan ook direct de overeenkomst waarop gedoeld wordt helder. Ogborn & Martins (1996) hebben hier onderzoek naar gedaan en concluderen dat metaforen begrijpelijk zijn als de ontologische afstand tussen de beide termen niet te groot is – er moet een zekere mate van overeenkomst zijn – en de *vehicle*-term begrepen wordt. Het verduidelijken van ‘kernfusie’ door het te vergelijken met ‘energie uit water’ is onmogelijk als de leerling zich geen voorstelling kan maken van deze *vehicle*-term. De keuze voor de *vehicle*-term moet dus aansluiten bij wat een leerling al weet en begrijpt. De ontologische afstand tussen beide termen mag ook weer niet te klein zijn, omdat dan het verhelderende effect verdwijnt en de uitlegterm mogelijk moeilijker is dan dat wat uitleg behoeft. Een voorbeeld hiervan is ‘A sheet of paper is a two-dimensional manifold’ (Ogborn & Martins, 1996, 650).

Valle & Callanan (2006) betogen dat ‘educational research on analogy’ laat zien dat het gebruik van analogieën in het onderwijs zinvol is wanneer het brondomein bekend is en leraren voor een goede begeleiding zorgen bij het leggen van de relaties in de analogie. Dus bijvoorbeeld ook aangeven in welke geval de analogie opgaat en in welke gevallen niet. Dit omdat een analogie altijd op een of meerdere kenmerken berust die de twee termen gemeenschappelijk hebben, maar dat dit dus niet zomaar voor *elk* kenmerk van de *vehicle*-term opgaat. Om verwarring te voorkomen is het belangrijk dat de leraar daar op let. Daarom is het ook goed om bij uitleg van complexe dingen meerdere analogieën naast elkaar te gebruiken en daarbij aan te geven op welk facet het betrekking heeft (Harrison & De Jong, 2005).

Daar komt bij dat wanneer de leerkracht twee 'dezelfde' analogieën gebruikt, hij mogelijk twee verschillende leerlingen 'bedient'.

Om een goede metafoor of analogie te kunnen bedenken, is het noodzakelijk goed te begrijpen wat het te vergelijken object of concept inhoudt. Alleen bij een zinvolle vergelijking snijdt een metafoor hout. Er is met andere woorden gedetailleerde kennis nodig van 'topic' én 'vehicle' om beide te kunnen verbinden (Ogborn & Martins, 1996, 651). Of de vergelijking vervolgens werkt, hangt echter af van de achtergrondkennis van degene die de metafoor of analogie voorgeschoteld krijgt. Aansluiten bij de voorkennis van leerlingen is dan ook essentieel om zinvol gebruik te maken van metaforen en analogieën.

De kracht van een metafoor wordt ook bepaald door de termen die het in handen geeft om een en ander te verduidelijken. Mooi is het (eerder genoemde) voorbeeld dat Vosniadou & Schommer (1988) gebruiken: 'an infection is like a war'. Je kunt een infectie in het lichaam vergelijken met een land dat wordt aangevallen door soldaten van buiten. De bacterie *dringt* het lichaam *binnen*, *vernietigt* je afweersysteem. Je lichaam *vecht* tegen deze *indringers*. Haar *soldaten* zijn de witte bloedlichaampjes etc.

'Metaforen zijn als literair-wetenschappelijke constructies ook weerspiegelingen van een tijd, een cultuur, een ambiance. In metaforen drukken zich de bezigheden en occupaties van hun auteurs uit. (...) In metaforen ligt geconserveerd wat een auteur om zich heen zag toen hij aanschouwelijke beelden zocht voor de verborgen processen in het geheugen.' (Draaisma, 2003, 13). Ze lijken dus ook pas te werken als ze aansluiten bij actuele voorkennis. Het geheugen vergelijken met een wastablet, zoals Socrates deed, zou bij kinderen vandaag de dag vraagtekens oproepen. De vergelijking met een computer(bestand) is voor kinderen van nu beter voorstelbaar. Dat betekent dus ook dat we mogelijk juist van de technologieën van nu gebruik moeten maken om andere technologieën te verduidelijken.

Een metafoor werkt als een filter. Dat wil zeggen dat de metafoor bepaalde aspecten benadrukt en andere 'vergeet'. Freud stelde daarom dat je metaforen zoveel mogelijk moet afwisselen: 'als elk filter een ander aspect zichtbaar maakt, valt alleen van de combinatie van metaforen een zo volledig mogelijk beeld van de realiteit te verwachten' (Draaisma, 2003, 34).

Duit (1991, 666) constateerde dat (het gebruik van) analogieën de interesse van studenten prikkelde en hen aldus motiveerde. Harrison (2006) gaat hier in zijn *chapter* dieper op in, omdat motivatie en interesse twee belangrijke sleutelingrediënten zijn bij effectief leren. Metaforen en analogieën zijn dus ook te gebruiken om kinderen erbij te betrekken en hen te motiveren door hen te interesseren (zie ook Cameron, 2003). 'Analogies are especially interesting and motivating when the teacher's analog can be enriched from the students' own experience' (Harrison, 2006, 52). Geeft voorbeelden van 'affective analogical teaching' (53 e.v.). Bijvoorbeeld 'chromosomen uitwisselen' (naspelen) wat volgens de leerkracht effectiever bleek dan de video waarin ze daadwerkelijk chromosomen zagen. Het enthousiasme van een docent om de leerlingen mee door een analogie te nemen, is ook van belang. Dan wordt het een soort gezamenlijke ontdekkingsreis.



In het bètaonderwijs worden rollenspelen ingezet om leerlingen begrip bij te brengen van nieuwe concepten. 'The evidence that analogical role play provides a motivating, interesting and enjoyable way to sustain student engagement with ideas may be reason enough to include the strategy in the teacher repertoire' (Aubusson & Fogwill, 2006, 103, zie ook Ogborn, Kress, Martins & McGillicuddy, 1996). Het levert echter meer op dan enkel affectieve voordelen, het rollenspel kan ook ingezet worden om ideeën te beschrijven en discussie te promoten. Het helpt ze met andere woorden om door de analogie waar ze door het spel ineens zelf deel van uitmaken wetenschappelijk te denken en kan zo leiden tot een succesvolle leerervaring. Ook omdat de ervaring meegenomen kan worden tijdens gesprekken in vervollessen: 'weet je nog dat jullie moleculen waren ...?'. Voorbeeld: een meisje is het koper ion, de boeken die ze vast heeft zijn de elektronen en de stoel waarop ze zit is de elektrode.

Om te voorkomen dat kinderen verkeerde delen van de analogie oppikken, is het van belang expliciet te maken om welke aspecten het gaat tussen vehicle en target (Aubusson & Fogwill, 2006, 102). Dit betekent dus dat je het gesprek erover *moet* aangaan en goed moet bedenken hoe je bijvoorbeeld de rollenspelanalogie aanzet. Je moet het vooraf, tijdens en na 'betekenis' geven.

#### **4.3.6 Conclusie: Voorwaarden voor zinvol gebruik van metaforen en analogieën als didactisch hulpmiddel**

'choosing analogies that are located in a group's *shared* 'zone of proximal development'  
(Harrison, 2006, 52)

'If an analogy is not familiar, it should not be used'  
(Harrison, 2006, 52)

Metaforen en analogieën gebruiken (of laten gebruiken) is zinvol als:

- hulpmiddel voor nieuwe, abstracte, complexe en 'onzichtbare' begrippen, processen en concepten (dus ook voor 'onzichtbare' informatie- en communicatietechnologie);
- de leerkracht de redeneringen bij leerlingen goed begeleidt en helpt bij het leggen van de relaties in de analogie;
- de *vehicle*-term aansluit bij de *voorkennis* en *leef- en belevingswereld* van de leerlingen. Een vergelijking met een begrip of proces dat ze niet (voldoende) kennen, levert niet de gewenste transfer op. Wie het geheugen bijvoorbeeld nu vergelijkt met een wastablet, zoals Socrates ruim 2500 jaar geleden deed, slaat anno 2010 de plank mis. In dit geval zou het beter zijn de computer als vehikel te gebruiken;
- wordt aangesloten bij de leerstijlen van kinderen. Ondersteun waar mogelijk verbale of tekstuele metaforen en analogieën met afbeeldingen of bewegend beeld. Ook is het mogelijk kinderen fysiek in te zetten om processen zichtbaar

te maken via een rollenspel (Aubusson & Fogwill, 2006), bijvoorbeeld om vastheid van stoffen te illustreren waarbij de kinderen moleculen 'zijn';

- deze leerlingen kunnen motiveren. Denk ook hier aan de aansluiting bij voorkennis en belevingswereld;
- de gebruiker (leraar) zich bewust is van hun beperkingen. Gebruik zo nodig meerdere analogieën naast elkaar en bespreek de beperkingen van de analogie met leerlingen. Om welke kenmerken gaat het je?

Het volgende hoofdstuk bevat een aantal metaforen. Daarbij is gekozen voor een overwegend narratieve invulling, dat wil zeggen dat het verhalende karakter is benadrukt omdat leerlingen in de basisschool hier sterk ontvankelijk voor zijn.

## 5 Constructie van metaforen

### 5.1 Inleiding

De gesprekken met kinderen (hoofdstuk 3) laten zien dat veel leerlingen niet echt begrijpen hoe moderne apparaten technisch werken. Dit lijkt ook vaak voor volwassenen op te gaan: 'Wat een lastige vragen allemaal zeg!' en 'Alles is vanzelfsprekend, het is gewoon zo, dus je denkt er niet zo over na.'

Wel zien de kinderen duidelijk het verschil in moeilijkheid tussen de zichtbare techniek in de knijpkat en opdraaiwekker enerzijds en de computer en het mobieltje anderzijds. Opvallend is dat de kinderen van De Tovercirkel aangaven over de eerste groep apparaten wel 'les' te hebben gehad, maar over de tweede groep niet, iets wat ze wel jammer vonden, 'want als je weet hoe het werkt, kun je het zelf repareren'.

De literatuurstudie (hoofdstuk 4) laat zien dat het gebruik van metaforen en analogieën kan helpen om de werking van deze tweede groep apparaten uit te leggen. De geïnterviewde studenten vermoedden dit ook en gaven aan dat juist de kaboutertjes de stroomkring beeldend concreet maakten. In een presentatie van dit onderwerp voor derdejaars pabostudenten merkte een van hen op dat dit een toch wel erg grote open deur was: natuurlijk gebruiken leraren metaforen! Het literatuuronderzoek liet echter zien dat dit niet zo vanzelfsprekend is als deze student veronderstelde. De praktijk lijkt dit te bevestigen:

*In hoeverre worden momenteel metaforen en analogieën gebruikt in techniekonderwijs?*

- Volgens docente Techniek (KWTG) Elly van Dinther weinig.
- Kleine scan van de natuur- en techniekmethodes leverde eveneens weinig op. In de methode *Natuniek* worden bijvoorbeeld weinig metaforen en analogieën gebruikt, ook niet in afbeeldingen (een luchtbedpomp daargelaten om de werking van de longen te illustreren). Wel worden er veel schema's en modellen gebruikt, maar deze zijn doorgaans weergaves van verbindingen, zij het wat versimpeld. Enkele gevonden voorbeelden van analogieën:
  - 'Elektriciteit noem je ook wel stroom. Stroom bestaat uit kleine deeltjes die tegen elkaar botsen. Die deeltjes kun je niet zien. Weet je waar het op lijkt? Op een hele rij dominostenen. Als een dominosteen valt, dan botst die tegen de volgende. Die valt ook om. Zo krijg je een stroom van vallende dominostenen. Maar als er één steen niet omvalt, dan blijven de andere stenen ook staan. De ketting is dan verbroken. Ook een stroomkring kan verbroken worden. De stroom valt dan uit.' (Natuniek, leerlingenboek groep 5, 24). Zes bladzijden verder: 'Stroomdeeltjes vormen een gesloten kring. Zo'n kring noemen we een stroomkring. Denk nog maar eens aan de dominostenen. Ze vallen tegen elkaar. Maar als er één steen blijft staan, dan is de ketting verbroken. Met de stroomdeeltjes gaat het net zo. Ze botsen tegen elkaar aan. Maar als je de stroomkring onderbreekt, dan kan de stroom niet verder. Je onderbreekt de stroomkring bijvoorbeeld als je het licht uitschakelt.' (Natuniek, leerlingenboek groep 5, 30). [visueel gemaakt door gebruik te maken van spel dat kinderen kennen.]
  - 'Heb jij wel eens een steen in een plas water gegooid? Dan heb je gezien dat het water gaat trillen. Er ontstaan cirkels rondom de steen. De cirkels worden steeds

groter. Ook geluid bestaat uit trillingen. Ze reizen door de lucht. Als je praat, gaan de trillingen door de lucht naar de ontvanger. Als de ontvanger te ver weg staat, kan hij je niet horen. De trillingen in de lucht kunnen niet ver reizen.’ (Natuuriek, leerlingenboek groep 6, 62).

- ‘Je hart, de rode motor’ is de koptitel in een van de lessen in groep acht. ‘Je hart is een spier die werkt als een pomp’ (Natuuriek, leerlingenboek groep 8, thema 1, les 1).
- Werking elektrische apparaten wordt in groep acht (Natuuriek) uitgelegd m.b.v. input – proces – output.

Hier lijkt nog een wereld te winnen. In dit hoofdstuk presenteren we enkele aanzetten tot metaforen om aan kinderen in de bovenbouw van de basisschool de werking van de mobiele telefoon en de computer uit te leggen. Het gaat om eerste voorlopige concepten die nog op hun bruikbaarheid moeten worden onderzocht en beproefd. Bij de verdere doordenking en uitwerking is samenwerking met deskundigen onmisbaar.

Voor het gebruik van metaforen zijn in elk geval de in 4.3.6 genoemde voorwaarden van belang. *Te bedenken metaforen en analogieën moeten aansluiten bij de leef- en belevingswereld van kinderen en bij hun voorkennis en ontwikkelingsniveau.*

Hierdoor is het vrijwel steeds noodzakelijk om het nieuwe te vergelijken met dingen of domeinen die ver van dat nieuwe afstaan. Velden om uit te kiezen zijn er legio: (oude) techniek, natuurkunde, biologie, voeding, lichaam, gebouwen, activiteiten, etc.

Om adequaat metaforen te kunnen bedenken, moet de bedenker beschikken over voldoende kennis van het *topic*. Het is anders niet gemakkelijk om zelf die transfer te kunnen maken. We hebben dit uitgeprobeerd door met een viertal technisch deskundigen het gesprek aan te gaan. Dit leverde twee inzichten op:

- a. zij weten waar ze het over hebben en kunnen het uitleggen (mits steeds duidelijk wordt gemaakt dat elke technische term die gebruikt wordt uitleg behoeft);
- b. zij maken hierbij als vanzelf gebruik van metaforen en analogieën. ‘Een computer is eigenlijk een lichaam’, vertelde Freek. ‘Alle onderdelen in die kast hebben hun eigen functie en die kun je vergelijken met organen en ze werken samen om de opdrachten uit te voeren die jij de computer geeft’.

De werking van een mobiele telefoon vergeleek hij met een fabriek met controlecentrum waar de vraag (ik wil iemand spreken achter telefoonnummer 024-3647839) binnen komt (via de toetsjes) en die door op de groene belknop geactiveerd wordt. Vervolgens worden er door het controlecentrum de benodigde deelprocessen in gang gezet (via de microchips) om uiteindelijk het contact te verwezenlijken. Zodra dat tot stand is gekomen – doordat alle processen in een bepaalde volgorde hun taak hebben gedaan – is er contact, wat het controlecentrum weer doorgeeft aan de beller: je hoort je oma.

Dit laatste voorbeeld maakt tegelijkertijd duidelijk dat metaforen en analogieën een duidelijke grens hebben en dat het soms beter is twee of meer analogieën te gebruiken om de werking (van verschillende facetten) uit te leggen. Ook maakt het duidelijk dat de rol van die deskundige erg belangrijk is. *Gezien de technologie waar het om gaat, wordt het lastig om leerkrachten zelf de nodige metaforen te laten bedenken. Dit moet gebeuren in nauw overleg met deskundigen die gericht ondervraagd worden om alle abstracties uit hun uitleg te halen.* Freek bijvoorbeeld bleef gemakkelijk hangen in 'het zijn allemaal nullen en enen in een lange rij'.

Doel is metaforen te construeren die zowel door medestudenten als leerlingen zijn te begrijpen en die ook door medestudenten zijn over te nemen en aan te passen aan het niveau van *hun* leerlingen.

## **5.2 Het bedenken van metaforen voor ICT-techniek**

Communicatie is een van de belangrijkste doelen van ict-gebruik onder kinderen, met name als het gaat om de telefoon (bellen en sms'en) en computer met internetverbinding (e-mailen en msn'en, skype, hyves). Een mp3-speler is geïndividualiseerd (net als telefoon en computer): er staat die muziek op die de gebruiker leuk, mooi of prettig vindt.

Als we kijken naar de apparaten die we in dit onderzoek centraal hebben gezet – mobiele telefoon, computer (met internetverbinding), mp3-speler en gps – dan zijn dit alle vier apparaten waarbij het gaat 'om het omzetten van het een in het ander. Gesproken, gezongen of geschreven woorden worden gedigitaliseerd, verstuurd en weer getoond of hoorbaar gemaakt (gsm, computer, mp3-speler). Bij een gps wordt door het apparaat gecommuniceerd met satellieten om te bepalen waar het apparaat is.

Omdat dit 'omzetten' van informatie de kern is van veel ict-techniek, hebben we ervoor gekozen deze omzetting bij het bedenken van onze metaforen centraal te zetten.

### *Hoe gaat deze omzetting?*

Communicatie is zo oud als de mens. De mens is een communicatief wezen en heeft altijd manieren gezocht om dat wat we waardevol vinden (gedachten) over te brengen aan anderen. Aanvankelijk via (achtergelaten) signalen en symbolen, maar al snel via taal. Taal is wat de mens onderscheidt van dieren: het vermogen te praten en informatie over te dragen.

Communicatie heeft heel verschillende vormen aangenomen door de eeuwen heen. Het gesproken woord van mens tot mens was in de prehistorie het belangrijkste communicatiemiddel om elkaar wat te vertellen of duidelijk te maken. Deze communicatie had een klein bereik; mensen moesten zo dicht in elkaars buurt zijn dat ze elkaars stem konden horen. In deze (oude) culturen speelden verhalen die

van mond tot mond en van generatie tot generatie werden overgedragen een belangrijke rol bij het overdragen van ideeën, wensen, visies etc. Communicatie tussen verschillende groepen verliep via reizen: wilde men contact met elkaar, moest men naar elkaar toe.

De mens heeft dit bereik steeds verder vergroot en vergemakkelijkt, zowel in afstand als in tijd. De uitvinding van het schrift is hierbij van groot belang geweest. Feitelijk is geschreven taal niets anders dan de omzetting van gesproken klanken (of gedachten) in symbolen met betekenis. Deze uitvinding was revolutionair, want het zorgde ervoor dat verhalen niet langer mondeling hoefden te worden overgeleverd, maar dat ze konden worden opgeschreven en gelezen. Dit zorgde enerzijds voor een groter bereik – een tekst kon vele malen gekopieerd worden en naar alle windrichtingen gestuurd – en men hoefde niet langer zelf te reizen om een boodschap over te brengen. De brievenpost (in allerlei vormen, denk aan de postduif) deed zijn intrede en dit idee zien we nog steeds terug op ons computerscherm als er een email ('briefje') binnenkomt in onze 'postbus'.

Brievenpost maakte het mogelijk een brief naar China te sturen, zonder daar zelf heen te gaan en je kon een boodschap achterlaten voor (achter)kleinkinderen die nog niet eens geboren waren toen de brief geschreven werd.

Communiceren via brieven is een trage manier van een gesprek voeren, maar wel handig als er veel afstand tussen twee personen bestaat. Lange tijd was dit de enige manier om met iemand ver weg te corresponderen. Aan de snelheid van deze communicatievorm is steeds gesleuteld: postduiven, postkoetsen en *airmail* maakten dat correspondentie steeds sneller verliep, al moest je blijven wachten. Een ander probleem dat bleef bestaan, was het interpretatieprobleem. *Wat er in de brief stond, was dat ook wat de schrijver bedoelde?*

Gedurende de twintigste eeuw is zowel aan die snelheid als aan het voorkomen van interpretatieproblemen heel wat gedaan. ICT speelt hierin een doorslaggevende rol. Een e-mail of sms is feitelijk een heel snelle brief die, waar ter wereld je hem verstuurd, in *no-time* de ontvanger bereikt. De uitvinding van de telefoon heeft ervoor gezorgd dat mensen ook op afstand direct met elkaar kunnen spreken, tegenwoordig ook met beeld erbij (denk aan *skype*). Beeld- en geluidsdragers maken het mogelijk ook heel andere dingen over te dragen dan woorden via papier. Muziek bijvoorbeeld, en film. Ging dit vroeger nog om grote platen en banden die op logge apparaten afgespeeld moesten worden, tegenwoordig, omdat muziek en film is gedigitaliseerd, past het in piepkleine apparaten als mp3- en mp4-spelers, in telefoons en in laptops. Zo hebben we dat wat we mooi, leuk en waardevol vinden voortdurend bij ons, kunnen daar *à la minute* van genieten en kunnen tegelijkertijd, vaak via het zelfde apparaat communiceren met wie we maar willen.

Als we kijken naar ICT-techniek zijn eigenlijk drie processen belangrijk:

- in al deze apparaten is op een of andere manier communicatie belangrijk. **Steeds draait het om het omzetten van geluid, woord, beeld, in iets anders – een bit bijvoorbeeld – en het daarna weer omzetten in**

geluid, woord, beeld. Gps is hierin afwijkend, alhoewel, hier is het het apparaat zelf dat contact zoekt met satellieten en informatie uitwisselt.

- Het werkt razendsnel. De apparaten zijn piepklein en erg snel. Bellen met iemand in Australië levert tegenwoordig nog nauwelijks vertraging op. Kinderen zetten deze snelheid ook in in hun dagelijkse leven; het is onderdeel geworden van hun leefwereld.
- De techniek en de communicatie is gedemocratiseerd. Apparaten en hun toepassingen zijn voor iedereen toegankelijk en bereikbaar. Hierdoor ontstaat individueel en persoonlijk gebruik. Iedereen zet die muziek op zijn mp3-speler die hij of zij mooi vindt. Contacten leggen met bijvoorbeeld China was 1000 jaar geleden een kostbare zaak, waardoor dat soort contacten maar voor weinigen weggelegd waren. Je moest reizen of corresponderen. Hiervoor was het bijvoorbeeld van belang dat je kon lezen en schrijven. Dergelijke belemmeringen zijn er tegenwoordig niet meer, nu kinderen al op jonge leeftijd leren lezen en schrijven en ze door de toegenomen welvaart in toenemende mate over communicatieapparatuur beschikken.

In onze optiek is het belangrijk dat juist dit proces van razendsnel omzetten in metaforen wordt gevisualiseerd, begrijpelijk wordt gemaakt. Het schrijven en versturen van een e-mail is als het versturen van een brief en het ontvangen in een postbus of -vak. Het leggen van contact tussen gps en satelliet is als het telefoneren van 'waar bij jij nu? Ik zit in de trein'. Het afspelen van muziek op een mp3-speler is als een troubadour die je laat optreden op een groot feest, alleen dan digitaal; hij is opgeslagen en mag eruit als jij hem wilt horen.

Feitelijk is omzetten de essentie van wat het apparaat doet. Door in onze metaforen op die essentie in te zoomen hopen we dat kinderen juist dat aspect gaan 'begrijpen'. Het deel van de metafoer dat inzoomt op deze essentie is in onderstaande metaforen rood gemaakt. De eerste metafoer legt uit hoe dat nou zit met die enen en nullen: het proces van digitaliseren. Deze zou weer te gebruiken zijn om in de andere metaforen (die andere facetten behandelen) te gebruiken.

## **5.3 Metaforen**

### **5.3.1 De computer als fabriek**

Deze metafoer is bedacht, uitgewerkt en uitgeprobeerd door Coen Smid, derdejaars student Pabo

*Metafoer*

1: grondstoffen komen binnen (muis (1), toetsenbord (2))

Die grondstoffen komen op de fabrieksvloer,

2: Ze worden hier bewaard, midden op de fabrieksvloer zodat ze voor iedereen beschikbaar zijn (werkgeheugen (3))

3: Vanuit het midden **worden de grondstoffen verwerkt tot werkbare materialen** (processor (4))

4: Dit wordt altijd terug gerapporteerd aan de klant (beeldscherm (5)). De klant krijgt precies de informatie terug die hij wil. De informatie wordt dus eerst geselecteerd en vormgegeven (videokaart (6)) en dan pas teruggestuurd.

5: De materialen worden opgeslagen in het magazijn (harde schijf (7)), zodat ze een volgende keer beschikbaar zijn.

[afbeeldingen fabriek – computer (met cijfers)]

*Hoe wordt informatie verstuurd:*

**Er is een code afgesproken voor elke letter:** 0001 = A, 0010 = B, 0011 = C, etc. [hele alfabet]

In de computer is dat een stroompje dat aan of uit staat.

Dit proces is gemakkelijk te imiteren door elkaar bijvoorbeeld kneepjes te geven. Ik ben het toetsenbord en jij de computer (en een tweede leerling het beeldscherm).

Elke seconde knijp ik wel of niet in je vinger. We spreken af wanneer we beginnen.

Jij houdt bij wanneer ik niet knijp = 0. En wanneer ik wel knijp = 1. Elke vier seconden hebben we een letter doorgegeven. Welk vijfletter woord is na twintig kneepjes doorgegeven?: poema. Dit is eigenlijk heel langzaam wat de computer supersnel doet.

Ditzelfde principe laten ze ook zien in dit filmpje:

[http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20091223\\_digitaliseren01](http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20091223_digitaliseren01)

*Waar 'zit' Windows?*

Windows zit in feite in het magazijn, op de harde schijf (7). Wanneer de werkdag begint (stroom wordt ingeschakeld) wordt er gekeken of er spullen uit het magazijn nodig zijn. Die zijn er: de instructieset. Windows is eigenlijk een zeer gedetailleerde set instructies. Als er dit gebeurt, dan doe je dit. Als er dat gebeurt dan....

Voorbeeld: Als de laser in de muis laat weten dat hij verplaatst wordt, verplaats je ook de cursor op het scherm in dezelfde richting. De muis 'knijpt' dan de computer en die geeft dat weer door aan het scherm.

*Hoe gaat dat nou concreet?*

Ik typ de letter A.

**A**

**Wat gebeurt er? Als er een knopje op het toetsenbord wordt ingedrukt, gaat er een stroompje (een 'kneepje') lopen naar het printplaatje in het toetsenbord. Het toetsenbord weet door dat stroompje te analyseren welke toets er is indrukt.**



Nu we de A indrukten analyseert hij het stroompje heel snel. Bij het stroompje dat bij de A knop hoort, hoort de code 0001. Deze stuurt hij via het snoer ('kneepje') naar de computer.

De computer ontvangt het, het komt op de fabrieksvloer. Werklieden zien dat er iets nieuws is aangekomen en willen ermee aan de slag. Ze halen de 0001 op van de fabrieksvloer en kijken op de instructieset (Windows) wat er met 0001 moet gebeuren. Ze zien dat code 0001 betekent dat ze 3 lijnen moeten weergeven op het scherm. De precieze plek van die 3 lijnen wordt berekend. 0001 wordt teruggestuurd naar de werkvloer, misschien kan het later nog gebruikt worden.

Ondertussen wordt er naar de administratie een boodschap gestuurd dat er 3 lijnen moeten worden teruggekoppeld naar de klant. Er wordt precies verteld waar die lijnen moeten komen te staan en hoe ze eruit moeten zien.

Als er vervolgens een signaal van de gebruiker binnenkomt dat hij de codes op de werkvloer opgeslagen wil hebben in het magazijn, wordt dit gerealiseerd. (Er is blijkbaar op het diskette'tje gedrukt.)

De computer krijgt voortdurend informatie binnen: een hoop 1-en en 0-en. Steeds opnieuw kijken de werkmannetjes op de instructieset, de interne handleiding zeg maar, waar ze met de informatie heen moeten of wat er moet gebeuren. En dit voeren ze uit met stroompjes, de 'kneepjes'.

### 5.3.2 De computer als stad

Om uit te leggen hoe een computer werkt, hebben we een metafoor uitgewerkt die de kinderen tijdens gesprekjes zelf al aandroegen en ook een duidelijke kennislink heeft met het vak aardrijkskunde: de computer als bedrijvige stad. Onderstaande uitwerking, compleet met voorkennis activeren etc. moet qua moeilijkheidsgraad aangepast worden aan het niveau van de kinderen waarvoor de metafoor wordt gebruikt.

Elk kind weet waar een computer uit bestaat: een toetsenbord en muis, een beeldscherm en daartussen het apparaat zelf:



Maar wat gebeurt er nu als ik een tekstje typ op het toetsenbord?

*Takkie jankt. Hij jankt zo zielig ... 'Jeng, jeng, jeng,' huilt Takkie.  
'Wat is er dan?' vraagt Jip.  
'Heb je pijn aan je pootje?' vraagt Janneke?*

Uit: Schmidt, 1977, 69

Dan verschijnt het op het scherm. Maar hoe komt het daar? En wat gebeurt er als ik dit tekstje via email verstuur naar jou? Hoe *werkt* dat?

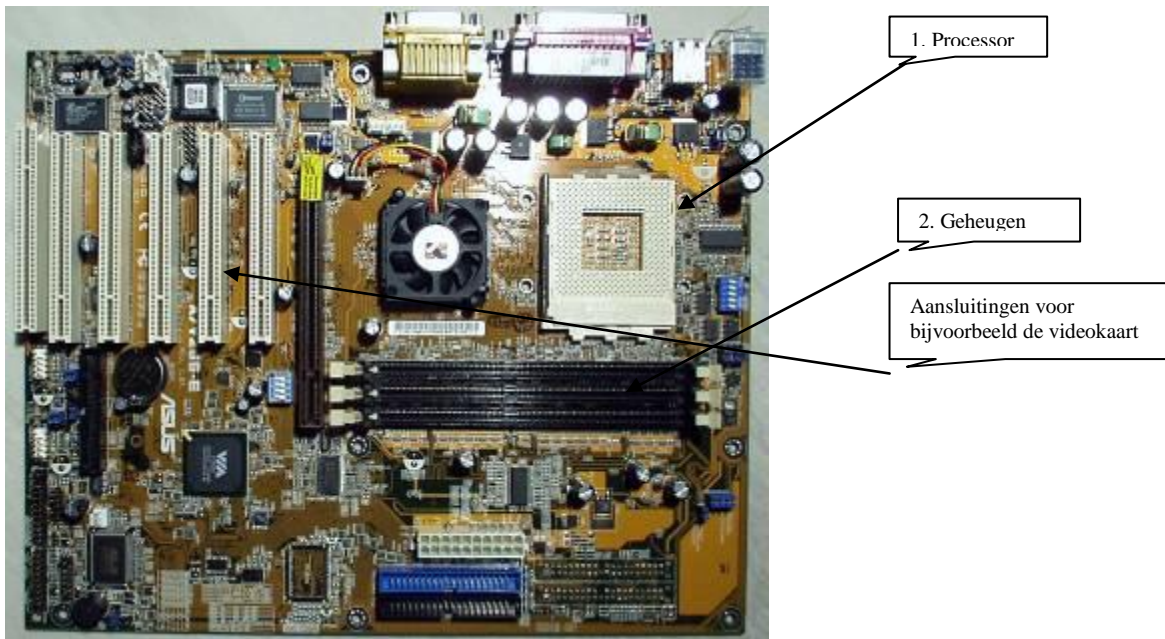
[Gesprek over voeren met kinderen. Laat ze zelf deze vragen beantwoorden. Vraag door, laat anderen aanvullen. Hiermee wordt aanwezige voorkennis geactiveerd en is in te schatten hoeveel kinderen al daadwerkelijk weten van wat er in een computer gebeurt.]

Je moet het zo zien. Ik geef via het toetsenbord en de muis opdrachten aan de computer. Hij gaat ze vervolgens uitvoeren. Het resultaat van zijn acties zie ik op mijn scherm en, als ik opdracht geef een mail te versturen, dan zie jij het ook.

[Pak er een oude computer bij, met toetsenbord en beeldscherm en met een opengeschoefde kast. Laat kinderen de onderdelen in de kast benoemen en aanwijzen voor zover ze deze (al) kennen.]

Wat is het *hart* van de computer? [Hierover kunnen de meningen verschillen. De harde schijf, want daar wordt alles opgeslagen. Het motortje, want als dat het niet doet, werkt de computer niet. Het moederbord, want dat stuurt alles aan.]

Centraal in de computer ligt het moederbord. *Waarom zou dat zo heten?* Het moederbord is een printplaat waarop de processor, ventilator, het geheugen en allerlei mini-apparaatjes zoals chips zijn verwerkt. Alle grotere apparaten die bij de computer horen – zoals het toetsenbord, de muis en het beeldscherm, maar ook het modem, de harde schijf en de videokaart – zijn verbonden met het moederbord.



Kijk eens goed naar het moederbord. Waar lijkt het volgens jullie op? [Ga in op de antwoorden waar de kinderen mee komen. Waarschijnlijk zitten er antwoorden tussen die gaan over een stad of hieraan zijn te linken. Zo niet, help kinderen op deze gedachte te komen.]

Het moederbord lijkt wel wat op een stad. Zie je de wegen, de torens, de flats, de fabrieken en het stadion? De aangekoppelde apparaten, zoals het modem en de videokaart, zijn de industrieterreinen om de stad en die brede banen zijn de rondwegen waarover de informatie snel van de ene naar de andere plek kan worden gebracht.



Het moederbord en wat daar aan hangt lijkt niet alleen op een stad, het *werkt* in zekere zin ook als een stad. Ik ga daarom proberen uit te leggen hoe een computer werkt, door het moederbord en de daaraan gekoppelde apparaten te vergelijken met hoe het er in een bedrijvige stad aan toe gaat.

Een computer verwerkt informatie. Het moederbord, zo zou je kunnen zeggen, is daarbij het hart van de computer. Daar wordt de informatie verwerkt van de opdracht die jij de computer hebt gegeven via het toetsenbord en de muis. Het moederbord zorgt ervoor dat de opdrachten bij de juiste (deel)apparaten komen en daar worden uitgevoerd. De verschillende ‘gebouwen’ op het moederbord hebben daarbij ieder zo hun eigen functie.

De **processor** (1), het lijkt wat op een stadion, is het belangrijkste. Die stuurt alles aan. Je zou kunnen zeggen dat de processor het **gemeentehuis** is van de stad. Opdrachten komen binnen en de processor bekijkt hoe en door wie die moeten worden uitgevoerd en stuurt het daar naar toe.

Vanzelfsprekend komt er veel informatie binnen op het gemeentehuis – jij bent aan het typen en je wilt tegelijkertijd ook nog muziek luisteren en ook via internet komt veel informatie binnen die jij wilt gebruiken of die de computer zelf nodig heeft – en dat kan niet allemaal meteen en direct verwerkt worden. Alle tijdelijke gegevens worden door de medewerkers van het gemeentehuis opgeslagen in **het kleine archief** vlakbij, in het **geheugen** (2). Wat voor langere tijd bewaard mag worden, je tekstje over Takkie bijvoorbeeld, wordt opgeslagen in **het grote stadsarchief**, de **harde schijf**. Dat is trouwens geen suffe en stoffige plaats, want behalve al jouw bestanden, is daar ook alle software opgeslagen die je op je computer hebt staan, zoals het programma Word. Het stadsarchief wordt dus veelvuldig gebruikt, want elke keer als jij een nieuw programma wilt openen, wordt het daar opgehaald.



De processor zorgt ervoor dat opdrachten uitgevoerd gaan worden. Die informatie wordt dus naar het desbetreffende onderdeel gestuurd. Stel je voor dat de burgemeester een groot feest wil geven voor de hele stad omdat hij bijna jarig is. Zijn taartjes bestelt hij natuurlijk bij de bakker, het vlees van de barbecue bij de slager en het drinken komt uit de cola-fabriek op het industrieterrein. Naar al die winkels en fabriekjes gaat een opdracht uit per koerier zodat iedereen lekker snel weet wat hij moet leveren en wanneer het klaar moet zijn. Die koerier maakt gebruik van de weggetjes in de stad (*zie je die op de printplaat?*) of, wanneer het wat verder is, via de snelwegen. De bakker en de slager gaan natuurlijk meteen aan de slag, maar daarvoor hebben ze wel de benodigde spulletjes nodig. De bakker moet deeg

hebben en slagroom, de slager varkens en koeien. Zij gaan dus ook zorgen dat ze de juiste spullen hebben. Eerst kijken ze in hun magazijn, maar als het daar niet is, vragen ze aan een fabriek of boerderij of zij snel die spullen kunnen leveren.

De bakker, de slager en de cola-fabriek werken hard om alles op het juiste moment klaar te hebben staan zodat het doorgestuurd kan worden naar het plein voor het gemeentehuis. Door deze opdracht van de burgemeester gonst het in de stad van de bedrijvigheid, want je snapt natuurlijk wel dat voor een goed feest meer nodig is dan taart, vlees en cola. De coördinatie ligt bij de burgemeester. Die checkt welke onderdelen al af zijn en wat nog moet en als alles er is? Dan kan het feest beginnen.

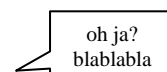
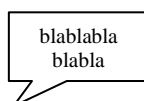
Zo werkt het in de computer ook. **Als jij een zin wilt typen in Word en je wilt die lezen op je scherm – dat lijkt heel simpel – dan moet er binnen de computer heel wat gebeuren.** De processor is hier heel druk mee. Er moet een verbinding gemaakt worden met de harde schijf waar Word op staat en dat moet snel, want jij zit te wachten. Als dat klaar is, moet iedere letter die jij typt op de juiste plaats op het scherm worden geplaatst. Dat is nog niet zo simpel, want als jij een ‘a’ indrukt, moet die eerst een code krijgen want een ‘a’ past natuurlijk niet als ‘a’ door al die weggetjes. Vervolgens moet hij ook nog zichtbaar gemaakt worden, dus moet het scherm het doen en moet de ‘a’ door de grafische kaart geplaatst worden. En natuurlijk wil je de letter typen in de kleur rood, dus die moet ook weer ergens gevonden worden. Hard werken dus voor de computer, zo’n kleine ‘a’ zichtbaar maken. De processor zorgt voor de coördinatie en de andere apparaten doen precies waar ze goed in zijn: een piepklein onderdeelje van dit proces voor hun rekening nemen, net als de bakker en de slager. En als alles in de juiste volgorde gebeurt, dan zie jij die ‘a’ op je scherm staan.

En die ‘a’ doormailen? Koud kunstje nu je dit weet. De processor zorgt dat die ‘a’ via het modem wordt weggestuurd en een andere computer zorgt ervoor dat die ‘a’ in de mailbox terecht komt en kan worden geopend op het scherm.

Computer zijn is dus hard werken en niet in je eentje. Met zijn allen zorgen de chips, de processor, het geheugen, de harde schijf en al die andere (mini)apparaten ervoor dat al jouw acties via toetsenbord en muis het gevolg hebben dat jij beoogt.

### 5.3.3 De mobiele telefoon als doorgeefluik

Een mobiele telefoon herbergt een aantal interessante vragen. Hoe krijg ik jou aan de lijn (want hoe weet mijn mobiele telefoon nu waar die van jou is)? Hoe kan het dat ik praat en dat mijn stem aan de andere kant weer hoorbaar is (en hoe komt dat geluid aan de andere kant)?





Een mobiele telefoon werkt heel anders dan de oude draaitelefoon.



Hoe die werkte, is vrij simpel. Schroef de hoorn bij het mondstuk maar eens open. Daar zit niet veel in, hé? Wat zou het zijn?

De onderdelen zijn een trilplaatje, een membraan genoemd, een bakje koolstofkorrels en een elektriciteitsdraadje. Het trilplaatje gaat trillen zodra je in de hoorn praat door de geluidsgolven die je maakt. Omdat dit plaatje ervoor zorgt dat de tussenruimte tussen de koolstofkorrels groter en kleiner wordt, ondervindt de stroom die erop staat dan weer veel, dan weer weinig weerstand. Die signalen gaan via de draad en het trilplaatje in het oorgedeelte van de telefoon waar je heen belt naar het oor van de luisteraar en tadaa, je hoort elkaar. (Vgl. [home.versatel.nl/rcgdam/techniek/telefoon2.jpg](http://home.versatel.nl/rcgdam/techniek/telefoon2.jpg))

Wanneer je een mobieltje uit elkaar haalt, zie je direct een accu, een simkaart en een printplaat. Een mobiele telefoon is dus eigenlijk een kleine computer die doet en doorgeeft wat jij wilt.



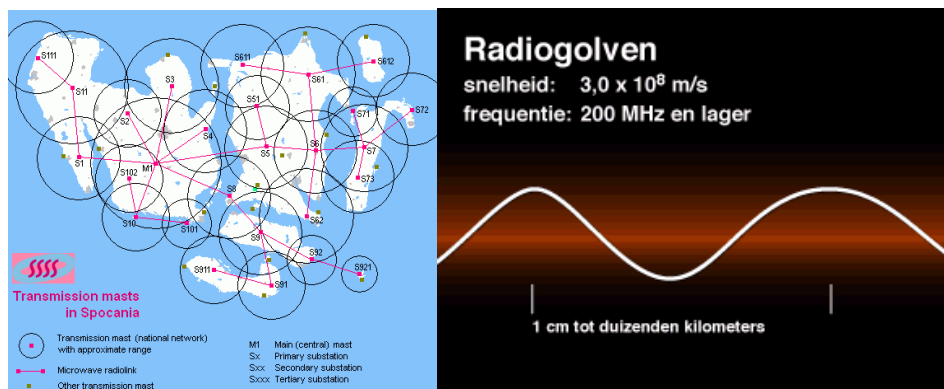
Eigenlijk is een mobiele telefoon niet meer dan een doorgeefluik waar een mannetje zit. Een heel lui mannetje. Het enige wat hij doet is zorgen dat er contact gezocht

wordt met de telefoon waarvan jij het nummer hebt ingetoetst. Omdat dit mannetje zorgt dat de telefoon steeds is aangemeld bij het dichtstbijzijnde basisstation, de zendmast, doen mannetjes buiten de computer, in de zendmast en in de centrale netwerkcomputer, het meeste werk.

Stel, je oma heeft een nieuwe mobiel en jij hebt beloofd haar te bellen. Je toetst haar nummer in – 06 23561830 – en drukt op de groene belknop. [Hoe dat nummer op het scherm verschijnt, werkt net als bij een computer] **Het nummer dwarrelt neer voor het doorgeefluik van het luie mannetje.** Die denkt ‘hé, er moet gebeld worden’ en stuurt het nummer via de ingebouwde antenne met een radiogolf door naar de dichtstbijzijnde zendmast, een soort superantenne. **Je zou kunnen zeggen dat hij het nummer in een bootje legt en dat op de golven door de lucht naar de zendmast laat drijven.**



In de zendmast zit een ander mannetje. Dit mannetje controleert direct of het nummer dat je nodig hebt toevallig is aangemeld bij de mast. Als dat zo is, is het simpel en is je oma lekker dichtbij. Maar waarschijnlijk is dat niet, want als je oma dichtbij zou zijn, zou je wel even langslopen en hoef je niet te bellen. Dus als je oma niet is aangemeld bij de zendmast, stuurt die het nummer door naar een soort supercommandocentrum, de netwerkcomputer. Daar zitten een heleboel mannetjes die proberen te achterhalen bij welke zendmast je oma wel in de buurt is. **Ze bellen ze allemaal op met de vraag, ‘joh, ken jij 06 23561830?’.** Ze doen dit net zolang totdat een mast ‘ja’ zegt en vragen dan of deze contact wil zoeken met je oma’s telefoon. Dat gebeurt dan door het bootje met het nummer van de ene mast naar de andere te laten varen, net zolang tot het bij de mast is die je oma’s telefoon kent.



Zodra dat lukt, hoor je hem overgaan. Dit komt omdat het luie mannetje zijn schuifje heeft opengezet zodat jouw telefoon en die van je oma met elkaar verbonden zijn. Nu hoe je alleen maar te wachten totdat oma opneemt...

Maar hoe kan het dan dat je haar hoort spreken? Het computertje in je mobieltje zet, op verzoek van het luie mannetje, je stem om in een elektrisch signaal, net als bij de oude telefoon, en zet dit vervolgens om in een digitaal signaal: een code van enen en nullen. Dat is handig, want het kost veel minder ruimte en kan dus veel gemakkelijker met het bootje op de radiogolven meegestuurd worden naar de zendmast. Het computertje in de telefoon van je oma zet de code weer om in stroompjes en de stroompjes weer in trillingen en daarna in klanken: je oma hoort je praten.

Zie ook <http://www.lorus14u.com/hoewerkteengsm.htm>

### 5.3.4 De TomTom als netwerker

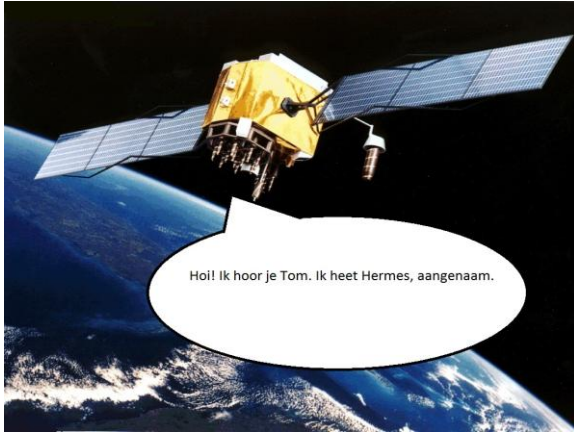
Deze metafoer is bedacht, uitgewerkt en uitgeprobeerd door Rik Roosen, derdejaars student Pabo

*Hoe weet een TomTom waar hij is en waar hij naar toe moet? En hoe weet hij wanneer hij op de plaats van bestemming is?*

Een TomTom is eigenlijk een kletsmajor. Vanaf het moment dat je hem aanzet probeert hij contact te maken met satellieten. 'Hallo, ik ben Tom, waar zijn jullie?' De antwoorden die hij terugkrijgt, gebruikt hij om te berekenen waar hij zelf is. Hiervoor zijn wel drie satellieten nodig (driehoeksmeting). Deze metafoer is uitgewerkt in een powerpointpresentatie:







Hoi Pegasus, Hermes en Zeus.  
Wat leuk jullie te spreken.  
Waar zijn jullie?



Wow Pegasus. Dat had je snel aan mij doorgegeven.  
Je moet wel bij mij in de buurt zijn.  
Het duurde precies 10 seconden!



Dat betekent, ehm ... Je bent 100km van mij af!



Dat betekent, ehm ... Je bent 100km van mij af!



Ah, kan kloppen Hermes, het duurde 5x zo lang om aan mij door te geven waar je bent.  
Je bent dus 5x verder weg dan Pegasus...



Even uitrekenen...



Wow! 500 Kilometer.



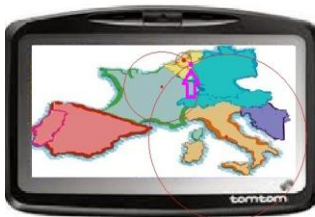
Zeus, het duurde 100 seconde voor ik je antwoord kreeg.



Je bent dus 1000 kilometer van mij vandaan.



Mooi, nu weet ik dat ik in Nijmegen ben.



Natuurlijk 'praat' de TomTom niet met de satellieten zoals wij met elkaar praten. Hij stuurt een signaal uit en de satelliet stuurt er een terug.

Als de TomTom eenmaal weet waar hij is, kan hij berekenen hoe je met de auto moet rijden om op je bestemming te komen. Dat vertelt hij je ook vrolijk: 'Sla links af. Links af!' Tegelijkertijd blijft hij ook contact zoeken met de satellieten hoog in de lucht, zodat hij precies blijft weten waar hij is en dus weet hoe ver het nog is en welke weg je dadelijk moet nemen.

Een soortgelijke metafoor is te zien op: de site van TomTom.

<http://www.tomtom.com/howdoesitwork/page.php?ID=8&CID=2&Language=5>

### 5.3.5 MP3-speler als worstenverstopper

Stel, je staat op zondagmiddag te kijken naar een optreden van een fantastische popgroep, met gitaar, drums, een hoop achtergrondzangeressen en een stoere zanger. Hun liedjes zou je wel elke dag kunnen horen, eigenlijk zou je ze willen opnemen. Maar hoe krijg je zo'n hele band in je mp3-speler?



De kunst van het opnemen van muziek is al oud. Denk maar aan de grammofoonplaat, het cassettebandje en de cd.



Je zet de trillingen van de muziek ergens in vast en speelt die vervolgens steeds opnieuw af. Bijvoorbeeld met een naald, zoals bij de pick-up, die netjes over de bobbeltjes in de groeven glijdt en elke beweging weer omzet in geluid. Maar grammofoonplaten zijn nog steeds te groot voor in je mp3-speler en ook een cd gaat niet passen. Hoe kan het dan toch dat er zoveel muziek in zo'n klein apparaat past? Veel meer zelfs dan op een cd, nee, veel meer dan op een grote stapels cd's.

***Het verhaal van de gierige worstenbaas***

*Er was eens een worstenfabrikant die hele lekkere en hele grote worsten maakte. Duizenden. En iedereen vond ze heerlijk, dus hij verkocht er veel van. Op een dag meldde de directeur van een Amerikaanse supermarkt zich bij de worstenfabrikant. Hij had gehoord hoe lekker de worsten waren en wilde ze graag gaan verkopen in zijn winkels. De worstenbaas was natuurlijk heel trots dat ze zelfs in Amerika zijn worsten wilden gaan eten en ging akkoord. Elke week stuurde hij drie grote boten vol worsten de oceaan over en elke keer kwamen ze helemaal leeg terug ...*

*Toch was de worstenfabrikant niet gelukkig. Thuis kochten de klanten de worsten gewoon in de winkel bij zijn vrouw en hoefde hij ze niet te vervoeren. Nu moest hij steeds grote schepen betalen om zijn worsten te verkopen en dat kostte een smak geld. En dat was zonde! Natuurlijk kon hij de worst duurder verkopen in Amerika, maar dan zouden er misschien minder mensen nog worst nemen, dus de worstenbaas zon op een plan om zijn worsten zo goedkoop mogelijk over de zee te krijgen. Maar dat viel niet mee, totdat hij op een dag een lange email stuurde aan de directeur van de Amerikaanse supermarkt. Binnen een minuut had hij al antwoord terug. Dat was nog eens snel en goedkoop! Als hij de email had uitgeprint en op de bus had gedaan, had het zeker een week geduurd voordat de brief was aangekomen in Amerika en had het hem handen vol postzegels gekost. Als hij nou die worsten ...*

*'Knak, kom eens hier!'*

*De worstenbaas rende naar de kamer van zijn zoontje.*

*Knak, die net rare foto's aan het bekijken was op internet schrok zich te pletter en klapte snel zijn laptop dicht. Zijn vader had echter niets in de gaten.*

*'Knak, ik heb een probleem. Hoe kan het dat e-mails, foto's en liedjes gewoon via internet naar de andere kant van de wereld kunnen worden gestuurd?'*

*'Duh!' zei Knak opgelucht. 'Alles wordt gecodeerd. Digitale codes zijn eigenlijk de kortst mogelijke omschrijvingen van iets in de werkelijkheid, zoals een foto. Piepklein. En dat is makkelijk te verzenden.'*

*De worstenbaas pakte Knak bij zijn arm en sleurde hem naar de worstenfabriek. Wanhopig klemde Knak zijn laptop onder zijn arm.*

*'Pahap, ik wil computeren. Laat me los.'*

*'Jij mag zo computeren, de hele nacht lang,' bromde de worstenbaas. Hij duwde Knak op een stoel in het midden van de grote fabriekshal en schoof een tafeltje bij.*

*'Klap je laptop open, ik ben even wat halen.'*

*De worstenbaas rende weg. Knak haalde zijn schouders op en verwijderde snel de rare foto's.*

*Klabam!*

*Knak schrok. Voor zijn neus deinde een enorme worst op en neer.*

*Daarbovenuit steeg het hoofd van zijn vader.*

*'Kijk, deze moet doorgestuurd worden naar Amerika,' zei de worstenbaas terwijl bij de worst tegen het schermje duwde.*

*Knak keek zijn vader verbijsterd aan.*

*'Je bent gek, dat kan toch niet!'*

*'Hoezo gek? Als het kan met een foto, waarom dan niet met een worst?'*

*Tja, daar zei zijn vader iets.*

*'Hmmm, misschien als ...' Nadenkend keek Knak naar de worst. 'Ik weet iets! Laat me maar.'*

*Het was uren later. De hele nacht had Knak doorgewerkt. Die worst moest naar Amerika, maar hoe? Hoe kreeg hij de worst in de computer en dan naar Amerika? En hoe kregen ze daar dan weer de worst eruit? De hele nacht door sleutelde en knutselde Knak en toen het eerste zonlicht de fabriekshal binnen gleed was hij klaar.*

*'Pap,' zei hij. 'Als je dit apparaat naar Amerika stuurt en laat aansluiten op de computer daar, kunnen wij de worst doorsturen.'*

*Een week later mailde de directeur van de supermarkt dat het apparaat aangesloten was.*

*'Let op!' Knak sneed de grote worst van zijn vader in flinterdunne plakjes en zei tegen zijn secretaresse 'Omschrijf precies hoe dit plakje eruit ziet en geef het een nummertje.'*

*Daarna smeed hij het dunne plakje in de prullenbak.*

*'Wat doe je nu,' klaagde zijn vader. 'Al dat goeie vlees. Ik dacht dat je het naar Amerika zou sturen?'*

*'Doe ik, ouwe, rustig maar.' Knak sneed geconcentreerd verder tot de hele worst in plakjes was verdeeld. De secretaresse typte zich bijkans lam, maar uiteindelijk was de hele worst gecodeerd.*

*'Kijk, de worst zit nu in de computer in een bestandje, genaamd Worst1. Dit gaan we nu doormailen naar Amerika en als het goed is maakt het apparaatje dat we hebben opgestuurd van dit bestandje weer een echte worst!'*

*Zijn vader keek hem met open mond aan. Zou het werken?*

*Pling! Een email uit Amerika.*

*'De worst ziet er fantastisch uit! Doe er nog maar tien.' mailde de directeur.*

*'Tjongejonge,' zei de worstenfabrikant. 'Dat is snel!'*

*En vanaf dat moment verstuurdde hij al zijn worsten via de email. Lekker makkelijk en goedkoop. En kostte dat veel werk? Welnee! Al snel merkte de worstenbaas dat als hij iets rommelde in het bestand er aan de andere kant weer een iets andere worst uit kwam, zodat het digitaliseren nauwelijks tijd kostte en hij dus nog rijker werd. En Knak? Die was weer achter zijn laptop gedoken. Stiekem rare foto's bekijken.*

Raar verhaal? Misschien, maar eigenlijk gaat het zo met muziek ook. Muziek bestaat uit trillingen, uit geluidsgolven. Die kun je 'opslaan' op een grammofoonplaat of op een cassettebandje en die tovert ze dan weer tevoorschijn. Dat heet analoog. De worstenbaas liet zijn worsten digitaliseren en eigenlijk is dat ook wat een computer doet als hij muziek opslaat. Elk fragmentje van een liedje, elke trilling, krijgt een code en alle codes achter elkaar is het liedje. Het opslaan van die codes kost bijna geen ruimte, alleen bits. Jij kunt die liedjes downloaden op je mp3-speler en die zet ze met behulp van het computertje binnenin, wat elektriciteit en een luidspreker weer om in geluid. En zo kun je honderden liedjes op een mp3-speler zetten Een hele stapel cd's en het weegt niets!

#### **5.4 De kracht van de bedachte metaforen**

In hoofdstuk zes zijn een viertal metaforen gepresenteerd om de werking van 'bekende' apparaten als computer, mobile telefoon en mp3-speler uit te leggen. Deze metaforen zijn bedacht door de auteurs van dit rapport en enkele studenten en hoewel de metaforen zeker bruikbaar bleken, maakte feedback van anderen duidelijk dat *eigen* metaforen duidelijke grenzen hebben. Het zijn *onze* metaforen, onze beelden om een bepaalde werkelijkheid uit te leggen en sommige leraren vonden ze raar, ingewikkeld of juist onduidelijk. Wij konden ze prima gebruiken, maar sommige *anderen* hadden hier moeite mee omdat het zegge niet hun ding, niet hun 'beeld' was. Dit duidt erop dat het werken met door anderen uitgewerkte metaforen niet zomaar als hulpmiddel overdraagbaar is.

Uit de literatuur bleek al dat de bedenker van een metafoor alleen in staat is een metafoor te construeren als hij zowel het uit te leggen apparaat 'kent' als datgene waarmee hij het in de metafoor vergelijkt. Ditzelfde geldt ook voor de *gebruiker* van een metafoor. Net zo goed als het voor een leek onmogelijk is helder uit te leggen wat  $A=MC^2$  inhoudt, is het voor een leraar niet goed mogelijk een metafoor van een ander over te nemen als die niet 'past' bij zijn eigen (voor)kennis of beleving.

## 6 Samenvatting en conclusie

In het voorwoord is al aangegeven dat dit deelonderzoek deel uitmaakt van een groter onderzoek binnen het KWT-programma Gelderland naar de vraag *hoe* leraren leerlingen kunnen leren denken als onderzoekers met behulp van nieuwe technologie. Een belangrijke reden die ten grondslag lag aan dit grotere onderzoek was de constatering dat veel leraren in het basisonderwijs een handelingsverlegenheid ervaren als zij onderwijs moeten geven over wetenschap en techniek. Hierdoor vermijden zij bewust of onbewust die activiteiten waarbij ze kennis en inzicht missen om leerlingen als onderzoekers te begeleiden en om hen technische kennis en vaardigheden bij te brengen.

In ons deelonderzoek hebben we ons gericht op dit laatste. Een kleine rondgang langs basisscholen leerde namelijk – en zoals u in hoofdstuk 3 hebt kunnen lezen, bevestigden de leerlingen dit – dat leraren in het basisonderwijs niet of nauwelijks aandacht besteden aan hoe populaire apparaten en mogelijkheden als de computer, het internet, de mobiele telefoon en het navigatieapparaat technisch werken. Dit is des te opvallender omdat juist deze apparatuur in het (kinder)leven van alledag een grote speelt. Ieder kind in de bovenbouw van de basisschool weet hoe het een e-mail moet versturen, hoe het spelletjes kan spelen op internet, hoe het mobiel moet bellen en, zo leerde onze interviews in hoofdstuk 3, hoe ze een TomTom moeten instellen. Tegelijkertijd weten kinderen eigenlijk niet hoe deze apparaten technisch werken. Ze zijn weliswaar in staat de meest basale termen te noemen, maar deze blijken bij doorvragen ‘hol’, ‘leeg’; het overgrote merendeel van de ondervraagde kinderen begrijpt niet de technische essentie die ten grondslag ligt aan deze apparatuur: **het omzetten van het een – geluid, tekst, beeld – in iets anders – bits, ... - en andersom**, wat het mogelijk maakt om informatie razendsnel en over grote afstanden uit te wisselen.

Tijdens onze gesprekken met kinderen gaven zij aan dat zij eigenlijk nog nooit hadden nagedacht over hoe die apparaten technisch werken. En, al brainstormend naar een goede verklaring voor hoe bijvoorbeeld een mobiele telefoon werkte, werd herhaaldelijk gezegd dat ze wel les kregen over eenvoudige technieken – de windmolen, de fiets – maar niet over dergelijke moeilijke apparaten. De reden hiervoor is deels gelegen in lesmethoden die hier verrassend weinig aandacht aan besteden, maar ligt zeker ook in het door docenten ervaren eigen onvermogen. Leraren weten eigenlijk zelf niet goed hoe hun TomTom en laptop technisch werken en hebben hier, zie de antwoorden van pabostudenten in hoofdstuk 3, eigenlijk zelf ook nog nooit echt over nagedacht.

Heel vreemd is dit niet. Iedereen heeft wel eens een band geplakt of een ketting die is afgelopen terug op het tandwiel van zijn fiets gelegd. Of eens binnenin een molen gekeken om te zien hoe de wieken hun energie overbrengen op radaren die op hun beurt weer iets heel anders in beweging zetten. Dit zijn zichtbare technieken die, zelfs als je niet heel technisch bent aangelegd, makkelijk inzichtelijk zijn te maken: ze



zijn eenvoudig en goed te bestuderen. Dit geldt niet voor de apparaten waar we hierboven al over spraken. Een mobiele telefoon is tegenwoordig een computer, televisie en navigatieapparaat waar je toevallig ook nog mee kunt bellen en het past gemakkelijk in de muis van je hand. Al die functionaliteiten zitten met andere woorden verborgen in één piepklein kastje, maar wanneer je dit kastje open maakt is helemaal niet zichtbaar hoe al die toepassingen technisch werken. De ict-techniek die ten grondslag ligt aan de functionaliteiten van de moderne mobiele telefoon (waarmee steeds meer basisschoolkinderen op school verschijnen) is feitelijk 'onzichtbaar'. Na enig prutsen zien we een batterij en een printplaat en eigenlijk is dat het wel. En dat geldt niet alleen voor een mobiele telefoon, maar ook voor de laptop en de mp3-speler. De techniek is geminiaturiseerd tot chips waarop en waardoor van alles gebeurt, maar dit proces van gebeuren is niet zichtbaar en dus moeilijk te bevatten. Hierdoor is de vreemde situatie ontstaan dat miljarden mensen elke dag gebruik maken van apparaten waar ze na enig doorvragen eigenlijk geen biet van snappen. Dit heeft voor de consument als nadeel dat hij niet zelf in staat is zijn apparatuur te repareren wanneer het niet meer werkt (en dus een nieuw exemplaar moet kopen), maar ook dat we als samenleving steeds meer afhankelijk worden van een steeds kleiner wordende groep mensen die wel begrijpt wat er gebeurt en die deze techniek niet alleen kan toepassen, maar ook verder kan ontwikkelen.

Dit is een belangrijke reden om na te gaan op welke wijze we kinderen kunnen inleiden in de principes achter ICT-techniek. De moeilijkheid hierbij is *hoe* we dat wat zo klein en vaak gewoon 'onzichtbaar' is zichtbaar en inzichtelijk kunnen maken voor kinderen. De reden waarom we het tandwielprincipe van fiets en molen vrij snel kunnen snappen is immers het feit dat we kunnen zien wat er precies gebeurt en dat is nu precies wat bij bijvoorbeeld een mp3-speler niet kan, zelfs niet als we het apparaat openschroeven.

De vraag die in dit deelonderzoek centraal stond, is of het mogelijk is de technische werking van moderne apparaten uit te leggen met behulp van metaforen en analogieën. Deze vormen van beeldspraak worden in wetenschap en literatuur namelijk al eeuwenlang gebruikt om het onzegbare zegbaar te maken. Ze helpen een beeld te vormen van iets wat erg abstract of ingewikkeld is, niet zozeer door feitelijk uit te leggen wat er gebeurt, maar juist door beelden te gebruiken die mensen al kennen en het nieuwe daarmee te vergelijken. Uit literatuurstudie (hoofdstuk 4) bleek dat het heel goed mogelijk is om nieuwe, abstracte, complexe en 'onzichtbare' begrippen, concepten en processen zoals de 'onzichtbare' informatie- en communicatietechnologie waar we het hier over hebben in concrete beelden te vangen en ze zo te verduidelijken en inzichtelijk te maken. Metaforen en analogieën zijn, zo bleek, kennistheoretisch zelfs van groot belang omdat zij een mogelijkheid bieden om via het bekende het onbekende te begrijpen en als zodanig ook een interessant intermediair om complexe zaken aan kinderen uit te leggen. Hierbij moet wel aan een tweetal algemene voorwaarden worden voldaan, namelijk dat:

- de metafoor uitgaat van een *vehicle*-term die aansluit bij wat de 'ontvanger' van de metafoor al kent en begrijpt. Het contact dat navigatieapparatuur

maakt met satellieten vergelijken met de sonar die vleermuizen gebruiken om te weten waar ze vliegen en waar voedsel te halen valt, heeft geen zin wanneer bij de 'ontvanger' van de metafoor dit sonarprincipe helemaal niet bekend is. Dit betekent dat de metafoor moet aansluiten bij de leefwereld en het ontwikkelingsniveau van de kinderen aan wie het wordt voorgelegd.

- de metafoor waar mogelijk wordt aangevuld met andere metaforen (omdat een metafoor altijd maar een deel van de werkelijkheid verbeeld) en ondersteund wordt met (bewegende) beelden en andere hulpmiddelen (om de verbeelding krachtiger te maken).
- de leraar metaforen flexibel kan inzetten. Hij zal rekening moeten houden met de (voor)kennis van kinderen over zowel het *topic* als het *vehicle*, met de verschillende leerstijlen van kinderen en er voor moeten zorgen dat de ingezette metafoor motiveert, dat wil zeggen dat hij spannend genoeg is om de interesse van de leerlingen te wekken en vast te houden. Tegelijkertijd mag de leraar de beperkingen en de risico's op misconcepties die in het gebruik van de metaforen schuilen niet uit het oog verliezen en moet hier waar nodig adequaat op anticiperen.

Dit maakt direct duidelijk dat de rol van de leraar van groot belang is: hij zal de juiste metafoor op het juiste moment moeten inzetten. Dit vraagt van een leraar niet alleen een grondige kennis van het (ontwikkelings)niveau en de leerstijlen van zijn leerlingen, maar ook beheersing van zowel *topic*- als *vehicle*-term. Van deskundige leraren mogen we van het eerste (kennis van de leerlingen) uitgaan, het tweede (kennis van het onderwerp) is meer problematisch. Zoals onze interviews met pabostudenten al lieten zien, beschikt waarschijnlijk een groot deel van de (aankomende) leraren over onvoldoende kennis van de werking van ICT-technologie om deze begrijpelijk uit te leggen aan kinderen. Metaforen kunnen hierbij zeker een hulpmiddel zijn, maar, zo bleek zowel uit het literatuuronderzoek als uit de praktijk, bedenkers van metaforen moeten zowel *topic* als *vehicle* begrijpen om krachtige metaforen te kunnen bedenken. Dit maakt dat veel leraren waarschijnlijk niet in staat zijn om krachtige metaforen te bedenken en deze flexibel aan te passen aan het niveau en de belevingswereld van kinderen.

Om die reden hebben we (in hoofdstuk 6) in samenwerking met technisch onderlegde pabostudenten metaforen ontworpen om leraren alvast een hulpmiddel aan de hand te doen om de werking van bijvoorbeeld telefoon en mp3-speler uit te leggen aan kinderen (en tegelijkertijd om hun eigen kennis te vergroten). Hiervoor hebben we ons afgevraagd wat nu in wezen de kern is van de techniek waarop eigenlijk alle ICT-technologie drijft. Met andere woorden, aan welke specifieke voorwaarden moet een metafoor voldoen als je er juist de essentie van ICT-technologie mee wilt uitleggen. De kern van deze technologie is dat geluid, tekst en/of beeld door deze apparaten wordt omgezet in iets anders – bits – en vervolgens weer in geluid, tekst en/of beeld (zie hoofdstuk 5).

In een zestal metaforen is geprobeerd om de werking van verschillende apparaten uit te leggen aan de hand van hetzelfde principe: de omzetting van informatie. Hiervoor zijn steeds weer andere metaforen gebruikt. Hier is voor gekozen om leraren een

breder scale aan metaforen aan te reiken om hetzelfde principe uit te leggen. Van hen wordt immers verwacht dat ze rekening houden met wat de leerlingen al kennen en kunnen en omdat ze zelf maar ternauwernood weten hoe deze apparaten werken, helpt deze range aan metaforen hen om toch verschillende beelden aan te bieden aan kinderen. Dit is niet onbelangrijk, omdat tijdens de testfase bleek dat door de ene leraar bedachte metaforen niet perse 'gebruikt' konden worden door een andere leraar vanwege een andere (of ontbrekende) voorkennis.

De bedachte metaforen zijn weliswaar uitgeprobeerd bij zowel pabostudenten als leerlingen, maar hun daadwerkelijk effect (na bijvoorbeeld één of twee jaar) is niet nagegaan. Dit is voor de toekomst zeker wenselijk. Uitgaande van de resultaten van dit deelonderzoek stellen wij voor om:

- een breed spectrum aan metaforen binnen dit thema te ontwikkelen, liefst met leraren die de doelgroepen van heel nabij kennen. Een eerste voorzet wordt hiervoor gedaan op het aanstaande Velon-congres (2011);
- te onderzoeken welke metaforen bij grote groepen kinderen lijken te 'werken' en te achterhalen wat het effect hiervan is op langere termijn;
- (aanstaande) leraren bij te scholen, zowel in het gebruik van metaforen als – en dat is voorwaardelijk – in de technische werking van ICT-technologie. Hoe beter een leraar deze techniek begrijpt, hoe gemakkelijker hij metaforen kan inzetten en ermee kan spelen op zo'n manier dat ze het beste effect sorteren op leerlingen.

## Literatuurlijst

- ✚ Aubusson, P.J. & Fogwill, S. (2006). Role play as analogical modelling in science. In P.J. Aubusson, A.G. Harrison & S.M. Ritchie. *Metaphor and analogy in science education*. Dordrecht: Springer, 93-103.
- ✚ Aubusson, P.J., Harrison, A.G. & Ritchie, S.M. (2006a). *Metaphor and analogy in science education*. Dordrecht: Springer.
- ✚ Aubusson, P.J., Harrison, A.G. & Ritchie, S.M. (2006b). Metaphor and analogy. Serious thought in science education. In P.J. Aubusson, A.G. Harrison & S.M. Ritchie. *Metaphor and analogy in science education*. Dordrecht: Springer, 1-9.
- ✚ Bakker, N., Noordman, J. & Rietveld-Van Wingerden, M. (2006). *Vijf eeuwen opvoeden in Nederland*. Assen: Van Gorcum.
- ✚ Beemen, L. van (2001<sup>2</sup>). *Ontwikkelingspsychologie*. Groningen, Wolters-Noordhoff.
- ✚ Beer, F. de & Dijk, H. van (2010). Kind en media. In A. Dieleman & F. de Beer, *De eigen wereld van het kind*, Bussum: Coutinho, 136-162.
- ✚ Black, M. (1962). *Model and Metaphors*. Ithaca: Cornell University Press.
- ✚ Black, M. (1979). More about metaphor. In A. Ortony (ed.)(1993). *Metaphor and thought*. Cambridge: Cambridge University Press, 19-41.
- ✚ Bouwmeester, S. (2005). *Latent variable modelling of cognitive Processes in transitive reasoning* (diss.). Enschede: Ipskamp.
- ✚ Braeckman, J. (2008<sup>2</sup>). *Darwins moordbekentenis: de ontwikkeling van het denken van Charles Darwin*. Amsterdam: Nieuwezijds.
- ✚ Brown, A.L. (1989). Analogical learning and transfer: what develops? In S. Vosniadou & A. Ortony (eds.), *Similarity and analogical reasoning*. Cambridge: University Press, 367-412.
- ✚ Burnie, D. (1990). *Machines. Hoe ze werken*. Helmond: Uitgeverij Helmond.
- ✚ Cameron, L. (2003). *Metaphor in educational discourse*. London & New York: Continuum.
- ✚ Christidou, V., Koulaidis, V. & Christidis, Th. (1997). Children's use of metaphors in relation to their mental models: the case of the ozone layer and its depletion. *Research in Science Education* 27 (4), 541-552.
- ✚ Dieleman, A. & Beer, F. de (red.)(2010). *De eigen wereld van het kind. Oriëntatie op de leefwerelden van kinderen*. Bussum: Coutinho.
- ✚ Draaisma, D. (2003<sup>3</sup>). *De metaforenmachine. Een geschiedenis van het geheugen*. Groningen: Historische Uitgeverij.
- ✚ Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education* 75(6), 649-672.
- ✚ Gentner, D. & Gentner, D. R. (1983). Flowing waters or teeming crowds: mental models of electricity. In D. Gentner & A. L. Stevens (eds.), *Mental models*. Hillsdale, New York: Erlbaum, 99-129.

- ✚ Gentner, D. & Lowenstein, J. (2002). Relational language and relational thought. In E. Amsel & J. P. Byrnes (eds.), *Language, literacy, and cognitive development: The development and consequences of symbolic communication*. Mahwah, New York: Erlbaum, 87-120.
- ✚ Gentner, D. & Medina, J. (1998). Similarity and the development of rules. *Cognition* 65, 263-297.
- ✚ Gibbs, R.W. (ed.)(2008). *The Cambridge Handbook of Metaphor and Thought*. New York: Cambridge University Press,
- ✚ Goswami, U. (1992). *Analogical reasoning in children*. Hove, Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- ✚ Goswami, U. and Bryant, P. (2007). *Children's Cognitive Development and Learning* (Primary Review Research Survey 2/1a), Cambridge: University of Cambridge, Faculty of Education.
- ✚ Graham, S. & Marvin, S. (1996). *Telecommunications and the city: electronic spaces, urban places*. London: Routledge.
- ✚ Green, T.F. (1993). Learning without metaphor. In A. Ortony (ed.), *Metaphor and thought*. Cambridge: Cambridge University Press, 610-620.
- ✚ Harrison, A. & Jong, O. de (2005). Exploring the use of multiple analogical models when teaching and learning chemical equilibrium. *Journal of research in science teaching* 42, 1135-1159.
- ✚ Harrison, A.G. & Treagust, D.F. (2006). Teaching and learning with analogies. In P.J. Aubusson, A.G. Harrison & S.M. Ritchie. *Metaphor and analogy in science education*. Dordrecht: Springer, 11-24.
- ✚ Hermes, J, Naber, P. & Dieleman A (red.) (2007). *Leefwerelden van jongeren*. Bussum: Coutinho.
- ✚ Hogan, A (2005). Users' metaphoric interaction with the internet.
- ✚ Holgersson, I. (2003). *Children's use of metaphors and analogies while explaining matter transformations* (paper).
- ✚ Holgersson, I. & Löfgren, L. (2004). A long-term study of students' explanations of transformations of matter. *Canadian Journal of Science, Mathematics & Technology* 4 (1), 77-96.
- ✚ Holyoak K.J. ,D. Gentner, and B. N. Kokinov, Eds (1998). *Advances in analogy research: Integration of theory and data from the cognitive,computational and neural sciences*. Sofia: New Bulgarian University Press.
- ✚ Hosenfeld, B. (1997). Indicators of Discontinuous Change in the Development of Analogical Reasoning. *Journal of Experimental Child Psychology* 64, 367-395.
- ✚ Hosenfeld, B. (2003). *The development of analogical reasoning in middle childhood. Investigations into a transition*. Oldenzaal: ??
- ✚ Lakoff, G., & Johnson, M. (1980). *Metaphors we live by*. Chicago: University of Chicago Press.
- ✚ Limon, M & L. Mason (2002). *Reconsidering conceptual change: issues in theory and practice*, Springer.

- ✚ Ling, R. (2008). *New tech, new ties. How mobile communication is reshaping social cohesion*. London: The MIT Press.
- ✚ Löfgren, L. & Helldén, G. (2008). Following young students' understanding of three phenomena in which transformations of matter occur. *International Journal of Science and Mathematics Education* 6, 481-504.
- ✚ Löfgren, L. & Helldén, G. (2009). A longitudinal study showing how students use a molecule concept when explaining everyday situations. *International Journal of Science Education* 31 (12), 1631-1655.
- ✚ Macaulay, D. & Ardley, N. (2000). *Over de werking van de kurkentrekker en andere machines*. Houten: Van Holkema & Warendorf.
- ✚ Mayer, R.E. (1993). The instructive metaphor: Metaphoric aids to students' understanding of science. In A. Orthony (ed.). *Metaphor and Thought. Second edition*. Cambridge: University Press, 561-578.
- ✚ *NatuNiek. Natuur en techniek voor het basisonderwijs*. (2007). Utrecht: ThiemeMeulenhoff.
- ✚ Novick L. R. (1988). Analogical transfer, problem similarity and expertise. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 14, 510–520.
- ✚ Ogborn, J. & Martins, I. (1996). Metaphorical understandings and scientific ideas. *International Journal of Science Education* 18(6), 631-652.
- ✚ Ogborn, J., Kress, G., Martins, I. & McGillicuddy, K. (1996). *Explaining science in the classroom*. Buckingham: Open University Press.
- ✚ Oosterheert, I. (2007). *Leren over leren. Praktische leerpsychologie voor het basisonderwijs*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- ✚ Ortony, A. (1975). Why metaphors are necessary and not just nice. *Educational Theory* 25, 43-53.
- ✚ Ortony, A. (ed.)(1993). *Metaphor and thought*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ✚ Paivio, A. (1979). Psychological processes in the comprehension of metaphor. In A. Ortony (ed.) *Metaphor and thought*. Cambridge: ??, 150-171.
- ✚ Panagiotaki, G., Nobes, G. & Potton, A. (2009). Mental models and other misconceptions in children's understanding of the earth. *Journal of Experimental Child Psychology* 104, 52-67.
- ✚ Pauen, S. & Wilkening, F. (1997). Children's Analogical Reasoning about Natural Phenomena. *Journal of experimental Child Psychology* 67, 90-113.
- ✚ Petrie, H.G. & Oshlag, R.S. (1993). Metaphor and learning. In A. Orthony (ed.). *Metaphor and Thought. Second edition*. Cambridge: University Press, 579-609.
- ✚ Pramling, N. (2009). The role of metaphor in Darwin and the implications for teaching evolution. *Science Education* 93, 535-547.
- ✚ Quale, A (2002), The Role of Metaphor in Scientific Epistemology: A Constructivist Perspective and Consequences for Science Education in: *Science & Education* 11 (5), 443-457.

- ✚ Reynolds, R.E. & Schwartz, R.M. (1983). Relation of metaphoric processing to comprehension and memory. *Journal of educational psychology* 75, 450-459.
- ✚ Ritchie, S.M., Aubusson, P.J. & Harrison, A.G. (2006). Metaphorically thinking. In P.J. Aubusson, A.G. Harrison & S.M. Ritchie. *Metaphor and analogy in science education*. Dordrecht: Springer, 189-195.
- ✚ Shelley, C. (2003). *Multiple analogies in science and philosophy*. Amsterdam & Philadelphia: John Benjamins Publishing Company.
- ✚ Siegel, M. (2008). *Marvelous minds. The discovery of what children know*. Oxford: Oxford University Press.
- ✚ Simons, P.R.J. (1980). *Vergelijkenderwijs: onderzoek naar de invloed van metaforen op het leren* (diss.). Tilburg: Van Spaendonck.
- ✚ Valle, A & Callanan, M.A. (2006). Similarity Comparisons and Relational Analogies in Parent-Child Conversations About Science Topics, in: *Merrill-Palmer Quarterly* 52 (1), 96-124.
- ✚ Venville, G.J., Gribble, S.J. & Donovan, J. (2006). Metaphors for genes. In P.J. Aubusson, A.G. Harrison & S.M. Ritchie. *Metaphor and analogy in science education*. Dordrecht: Springer, 79-91.
- ✚ Verbrugge, R.R. & McCarrell, N.S. (1977). Metaphoric comprehension: studies in reminding and resembling. *Cognitieve Science* 9, 494-533.
- ✚ Verloop, N. & Lowyck, J. (red.) (2003). *Onderwijskunde. Een kennisbasis voor professionals*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- ✚ Vosniadou, S. (1987). Children and Metaphors. *Child Development* 58, 870-885.
- ✚ Vosniadou, S. (1992). Mental models of the earth: a study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology* 24, 535-585.
- ✚ Vosniadou, S. & Schommer, M. (1988). Explanatory analogies can help children acquire information from expository text. *Journal of Educational Psychology* 80 (4), 524-536.
- ✚ Vosniadou, S., Skopeliti, I. & Ikospentaki, K. (2005). Reconsidering the role of artifacts in reasoning: Children's understanding of the globe as a model of the earth. *Learning and Instruction* 15, 333-351.
- ✚ Vroon, P. & Draaisma, D. (1985). *De mens als metafoor: over vergelijkingen van mens en machine in filosofie en psychologie*. Baarn: Ambo
- ✚ Weiser, E. (2001). The functions of internet use and their social and psychological consequences. *Cyberpsychology and Behaviour* 4, 723-743.

## **Bijlagen**



## **Bijlage 1 Bekende voorbeelden van metaforen**

Zoals uit het literatuuronderzoek (hoofdstuk 4) is gebleken, heeft de mens de neiging datgene waarvan het de werking niet direct kan verklaren uit te leggen via een metafoor. Het *vehicle* is (altijd) iets bekends. Zo wordt de werking van ons lichaam vergeleken met technische apparatuur die we 'begrijpen'. Deze metaforen blijken echter niet altijd even adequaat te zijn en worden dan ook doorheen de geschiedenis herhaaldelijk bijgesteld.

Wat direct opvalt, is dat veel metaforen zijn ontleend aan:

- natuur
- techniek
- organische processen
- kunstmatige processen

Een reeks (bekende) voorbeelden:

### **Internet en computer**

Internet → digitale snelweg

*[Een van de 'kenners' kwam met de metafoor van de wegenkaart. Wie op internet iets zoekt, maar niet goed weet wat, gebruikt B-weggetjes en maakt bij elke splitsing een keuze (klikt door via sites). Soms zijn dit grote sprongen, vaak kleine met af en toe een doodlopende weg. Wie weet waar hij heen wil, neemt de snelweg en typt in: [www.marktplaats.nl](http://www.marktplaats.nl)]*

Andere internetmetaforen:

- 'surfen' over het internet,
- het volgen van 'linken' ('bookmarks') naar 'sites' en 'pages'.

Email → brief posten

Hyves → bijenkorf

Marktplaats.nl → marktplaats

Computer → instructieopvolger.

Veel 'op' de computer wordt gevisualiseerd of vernoemd naar 'dagelijkse dingen', zoals de

- 'prullenbak',
- 'mailbox'.

*[Een van de 'kenners' vergeleek de computer o.a. met het menselijke lichaam.]*

Moederbord → 'hart' van de computer

### **Menselijk lichaam**

In de medische wetenschap (en biologie) zijn veel metaforen ontstaan om de werking van het menselijk lichaam begrijpelijk te maken:

Hart → pomp (W. Harvey, 1628)

Lichaam → machine (R. Descartes, 1637)

"Dit zal niemand verbazen die weet met hoe weinig onderdelen het menselijk vernuft allerlei automaten of bewegende werktuigen kan maken, en die dat vergelijkt met de grote hoeveelheid botten, spieren, zenuwen, slagaders en aderen en andere delen die zich in het

levende lichaam bevinden, en die bereid is dit lichaam te beschouwen als een machine die, omdat ze het werk van God is, onvergelijklijk veel beter in elkaar zit, en veel prachtiger bewegingen kan maken, dan wat een mens op dit gebied ooit zal kunnen uitvinden" (Descartes 1637: 91).

Lichaam → uurwerk (R. Descartes, 1637)

"[Ik wil] er op wijzen dat de beweging die ik zojuist verklaard heb, een even noodzakelijk gevolg is van de bouw en de onderlinge verhouding der organen -, die men met het blote oog aan het hart kan waarnemen -, en van de warmte van het hart - die men er met zijn vingers kan voelen -, en van de aard van het bloed - die men door ervaring kan leren kennen -, als de bewegingen van een uurwerk volgen uit de kracht, de vorm en de verhoudingen van zijn gewicht en raderen" (Descartes 1637: 86).

Long → blaasbalg

Maag → blender

Nier → filter, zuiveringsinstallatie

Geheugen → als bergplaats: archief, bibliotheek, pakhuis, duivenhok, schatkist

als landschap: doolhof

als gebouwen: paleis, theater

als voorwerp: wastablet (Socrates), toverlei (Freud), boek, computer

[Draaisma (2003, 12) schrijft hierover: 'De geschiedenis van het geheugen heeft iets van een rondgang door de depots van een technisch museum'.]

Denk ook aan

- 'fotografisch geheugen'
- 'staat in het geheugen gegrift',
- 'is uit het geheugen gewist'

En aan vergelijkingen met foto(toetsel) en schrijfwaren.

Bloedsomloop → transportsysteem (hart en (slag)aderen / bloedvaten)

Virus → onzichtbare indringer

Infectie bestrijden → hoe een oorlog gestreden wordt ('An infection is like a war')

Dromen → film

### **Anders**

Samenleving → organisme

Communicatieverbindingen → zenuwen

Voetbal → oorlog

Ozonlaag → een zeef aan de hemel

Mierenhoop → koninkrijk

Radar → echo

### **Demonstratie**

Elektrische spanning, stroomsterkte → experiment waterslang

Golftheorie van licht → steen in water (is waarschijnlijk ook zo bedacht).

### **Bedenkzels (in de wandelgangen)**

Computer → typemachine + opbergkast (+ brievenbus + telefoon + televisie + gameboy)

Computer → hersenen [legt verbindingen tussen informatie, net als hersenen; maakt informatie toegankelijk]

Telefoon = snelweg, vliegveld met vliegtuigjes (chips) die verbinding leggen.

Harddisk = menselijk geheugen

Software = doos met gebruiksvorwerpen, je kiest uit wat je nodig hebt

Computer = heelal met sterren en spaceshuttles

## ***Bijlage 2 Accepted paper Proposal(ATEE august 2010)***

*Fedor de Beer*

*Teacher trainer*

*Faculty of education*

*Han University of applied sciences*

[Fedor.deBeer@han.nl](mailto:Fedor.deBeer@han.nl)

*Arjan Dieleman*

*Professor in the Pedagogic Quality of the teacher*

*Faculty of education*

*Han University of applied sciences*

[A.Dieleman@han.nl](mailto:A.Dieleman@han.nl)

*Paper proposal*

***Title: The challenge of metaphors and analogies in science and technology learning.***

The shortage of educated workers in the technology sector is a threat to the Dutch economy in the near future. Workers who have a background in scientific or technical education are essential to Dutch society, both for developing new products or services and for scientific and social change. Scientists and technical experts are needed in all sort of fields: not only outstanding academics but also professionals running production processes. Despite this important and urgent need, there are relatively few young people who are interested in taking science and technology subjects. There is a lack of enthusiasm for understanding how technology works, especially the new Ict-technology. This already starts in primary education. Due to modest training and to little commitment of teachers to science and technology, there is not a climate of curiosity and inquisitiveness in primary schools in this respect. The last three years a special Dutch program (Verbreiding techniek basisonderwijs) has tried to create enthusiasm and to promote expertise in primary schools. It is important to bring children at an early age in contact with science and technology that appeals to them. Linking exploratory learning and technology is a challenge for forming a modern and motivating learning environment. But not only do a lot of teachers miss enthusiasm and commitment, they are also inconvenienced with regard to the teaching of new ict-technology. If teachers in primary schools teach science or technology, they are not very inclined to give attention to the new technology, they tend to fall back on old-fashioned technology, showing objects that are big enough to see and to study, like mills or bikes.

There is a divide between old and new ict-technology. In contrast to the old technology, most of the new technology is high-tech, individualised and 'miniaturised'. It is so small that it is nearly invisible. When you open a mobile phone,

you see little to nothing. Most of the space is taken by the battery. More than in the past and due to miniaturisation you need metaphors and analogies to explain how it works. This a challenge for teachers: which metaphors and analogies can help young children's understanding of the workings of new technology. The paper will contain an overview of the problems of Dutch primary education in science and technology, a literature review on the role of metaphors and analogies in learning science and technology and on the different conditions of learning during children's phases of development. The review will be followed by a summary of the small-scale research we have conducted about children's thinking about technology. Experiments have been done on how children see and explain old and new technology (for example a compass as opposed to a gps) and on which metaphors and analogies can help children's understanding of new technology. Further, the paper will give suggestions for the use of metaphors and analogies in science and technology learning by children. These can support teachers to introduce children to the world of science and technology.

### ***Bijlage 3: Workshop Velon Congres 2011: De kracht van metaforen in het basisonderwijs***

In het kader van KWT-programma Gelderland is een deelonderzoek verricht naar de meerwaarde van het gebruik van metaforen bij de uitleg van ICT-techniek in het basisonderwijs. Het doel was te achterhalen of en in hoeverre metaforen en analogieën behulpzaam kunnen zijn om met name de werking van ‘onzichtbare’ techniek aan kinderen uit te leggen. Dit is interessant omdat de techniek in veelgebruikte apparaten uit de dagelijkse leefwereld van kinderen en jeugdigen, zoals in de mobiele telefoon, MP3-speler en laptop, zo is geminiaturiseerd dat het onderliggende technische proces praktisch onzichtbaar is. Bij gebrek aan zichtbaarheid kunnen handige metaforen en analogieën leraren wendbaarder en effectiever maken bij het uitleggen.

Kinderen kunnen vaak met gemak deze apparaten bedienen en gebruiken; ze zijn ermee opgegroeid en deze apparaten behoren tot hun dagelijkse leefwereld. Het zijn feitelijk vanzelfsprekendheden waarbij echter niet of nauwelijks meer aan de orde is *hoe* ze werken. Kinderen hebben daardoor weinig besef van de onderliggende techniek en hoe die in zijn werk gaat. De belangstelling hiervoor is ook minimaal omdat vragen hierover thuis en op school nauwelijks worden gesteld, laat staan adequaat beantwoord. Dit maakt deze dagelijks gebruikte apparaten tot ‘black boxes’ voor kinderen (en hun opvoeders!).

In het perspectief van aansluiting van het onderwijs bij de dagelijkse leefwereld van kinderen zou gepoogd moeten worden deze dagelijkse ICT-techniek begrijpelijk en inzichtelijk te maken en daarmee de belangstelling voor (nieuwe) techniek te stimuleren. Dat is niet eenvoudig, juist *omdat* – anders dan bij veel apparaten uit het mechanische tijdperk – aan deze apparaten nauwelijks nog is waar te nemen *hoe* ze werken. Om tot begrijpen te komen, is het noodzakelijk om een beroep te doen op verbeelding, vergelijking en op het adequaat inzetten van metaforen.

De workshop gaat in op de resultaten van het onderzoek. De deelnemers van de workshop krijgen de confronterende vraag voorgelegd hoe *zij* denken dat gebruiksvoorwerpen als een TomTom, een mobiele telefoon of een Ipad technisch werken. Vervolgens worden de resultaten van het onderzoek voorgelegd. Met behulp van videomateriaal laten we zien wat opvalt in de verklaringen en uitleg die kinderen van groep 7 geven als ze geconfronteerd worden met vragen over nieuwe en oude techniek. Aan de hand van verschillende voorbeelden zal daarna het belang van metaforen in het onderwijs worden aangegeven en gaan we in op de moeilijkheden die hierbij zijn te overwinnen. Afsluitend dagen we de deelnemers aan de workshop uit zelf metaforen aan te dragen die zouden kunnen helpen de nieuwe geminiaturiseerde technieken voor kinderen inzichtelijker te maken.