



Concepten van kinderen over natuurweten- schappelijke thema's

Kerst Boersma
Marja van Graft
Marie-Christine Knippels

Januari 2009

slo

nationaal
expertisecentrum
leerplan-
ontwikkeling

Deze tekst is eerder verschenen in:
Kerst Boersma, Marja van Graft en Marie-Christine
Knippels (2003).
Natuuronderwijs: curricula en concepten van kinderen.
Enschede, SLO.



Concepten van kinderen over natuurweten- schappelijke thema's

slo

nationaal
expertisecentrum
leerplan-
ontwikkeling

Verantwoording

© 2009 Stichting leerplanontwikkeling (SLO), Enschede

Alle rechten voorbehouden. Mits de bron wordt vermeld is het toegestaan om zonder voorafgaande toestemming van de uitgever deze uitgave geheel of gedeeltelijk te kopiëren dan wel op andere wijze te verveelvoudigen.

Auteurs: Kerst Boersma, Marja van Graft, Marie-Christine Knippels

Eindredactie: Marja van Graft

Layout: Diny Aalbers m.m.v. Hermien Hesselink

In samenwerking met: Centrum voor didactiek van de β -wetenschappen,
Universiteit Utrecht

Contactadres

SLO, Stichting Leerplanontwikkeling

Marja van Graft

Postbus 2041, 7500 CA Enschede

Telefoon (053) 4840 840

E-mail: m.vangraft@slo.nl

Inhoud

| | |
|---|-----------|
| Voorwoord | 5 |
| Inleiding | 7 |
| 1. Concepten van kinderen over natuurwetenschappelijke thema's | 9 |
| 1.1 Inleiding | 9 |
| 1.2 Werkwijze en verantwoording | 9 |
| 1.3 Domein Biologie | 11 |
| 1.4 Domein Scheikunde | 25 |
| 1.5 Domein Natuurkunde | 29 |
| 1.6 Domein Aardwetenschappen | 49 |
| 1.7 Samenvatting | 52 |
| 2. Conclusie | 57 |
| Literatuurlijst | 59 |
| Bijlagen | 75 |
| Bijlage 1 - Biologie: concepten van kinderen | 77 |
| Bijlage 2 - Scheikunde: concepten van kinderen | 109 |
| Bijlage 3 - Natuurkunde: concepten van kinderen | 117 |
| Bijlage 4 - Aardwetenschappen: concepten van kinderen | 147 |

Voorwoord

De aanleiding voor het onderzoek dat in deze publicatie is beschreven is de herziening van de kerndoelen basisonderwijs die in 2003 op het programma staat. Het onderzoek richt zich op de inhoud van natuuronderwijs en op de begripsontwikkeling van kinderen over onderwerpen die bij natuuronderwijs aan de orde komen.

Voor de SLO is dit onderzoek van belang omdat de opbrengst ervan van invloed is op de keuzen die gemaakt gaan worden om te komen tot een evenwichtige samenstelling van de kerndoelen, maar vooral ook met de vertaling van de kerndoelen naar specifieke inhouden en werkwijzen bij natuuronderwijs. Daarbij zal inzicht in de problemen die kinderen hebben bij begripsontwikkeling over onderwerpen die deel uitmaken van natuuronderwijs mede van invloed zijn op de te maken keuzen.

Voor dit onderzoek is samenwerking gezocht met het Centrum voor didactiek van de β -wetenschappen van de Universiteit Utrecht. Er is een literatuuronderzoek uitgevoerd naar begripsontwikkeling van kinderen. De problemen die hieruit naar voren komen ten aanzien van begripsontwikkeling over onderwerpen die bij natuuronderwijs aan de orde komen kunnen van invloed zijn op de keuzen die bij de herziening van de kerndoelen worden gemaakt, alsmede bij de totstandkoming van een nieuw natuuronderwijscurriculum en lesmateriaal.

Inleiding

In het Nederlandse basisonderwijs is de laatste jaren de aandacht vooral gericht op taal- en rekenonderwijs. Beide leergebieden worden gezien als de peilers van het basisonderwijs. Zelfs het inspectiebezoek op basisscholen heeft, waar het de inhoud van onderwijs betreft, nagenoeg alleen betrekking op de kwaliteit van taal en rekenen. Door deze eenzijdige aandacht komen andere vakken in de knel, zoals het leergebied Oriëntatie op mens en wereld, waartoe onder andere de domeinen natuuronderwijs, milieu en techniek behoren. Voor leraren en inspectie verworden ze tot 'vakken onder de streep', hetgeen betekent dat het aanbod beperkt is en de controle op de kwaliteit van inhoud en uitvoering ontbreekt.

In een aantal Angelsaksisch georiënteerde landen is de situatie m.b.t. natuuronderwijs een geheel andere dan in Nederland. Het vak 'science' (biologie, natuurkunde, natuurkundige aardrijkskunde en milieu) heeft daar een *gelijkwaardige* positie als taal en rekenen. En terwijl er in Engeland een traditie is van onderzoek naar de ontwikkeling van 'science' in het primair onderwijs, ontbreekt in Nederland dergelijk gefundeerd onderzoek naar de inhoud en didactiek van het natuuronderwijscurriculum zoals dat in de jaren tachtig en negentig van de vorige eeuw is voorgesteld door de SLO en dat als basis fungeert voor de huidige kerndoelen en methoden voor natuuronderwijs.

Concepten van kinderen over onderwerpen bij natuuronderwijs

Bij natuuronderwijs komen onderwerpen aan bod op het gebied van biologie, natuurkunde, scheikunde en milieuwetenschappen. Bij science hoort daar ook de discipline aardwetenschappen bij. De afgelopen 20 jaar is veel onderzoek gedaan naar begripsontwikkeling bij kinderen over onderwerpen die bij natuuronderwijs/science aan de orde komen. Er zijn relatief veel praktijkstudies uitgevoerd naar onderwerpen waar de meeste kinderen niet direct een concrete relatie mee hebben, die abstract van aard zijn. Het betreft met name onderwerpen die gerelateerd zijn aan natuur- en scheikunde zoals fasen en (chemische) verandering van stoffen, licht, elektriciteit en magnetisme. Maar ook onderwerpen die concreter lijken zijn onderzocht, overerving van eigenschappen, gebergten en gebergtevorming. Er zal worden ingegaan op de problemen die kinderen daarbij hebben en op de gevolgen die dat heeft voor de samenstelling van de kerndoelen.

1. Concepten van kinderen over natuurwetenschappelijke thema's

1.1 Inleiding

In hoofdstuk 2 is een overzicht gegeven van de belangrijkste onderwerpen die over natuuronderwijs in de Nederlandse leerplandocumenten voor primair onderwijs zijn opgenomen. Daarnaast geeft dit overzicht een eerste indicatie van de overeenkomsten en verschillen in onderwerpen die in Nederland, Amerika en Canada en enkele van de ons omringende landen aan de orde moeten komen.

Een volgende vraag is wat een inhoudelijk relevante en haalbare invulling van natuuronderwijs in Nederland zou kunnen zijn. Aangezien natuuronderwijs of 'science' in een aantal Europese landen al een aantal jaren een belangrijk deel van het basisschool curriculum uitmaakt, is het van belang te inventariseren wat de ervaringen zijn met en welke problemen zich voordoen bij de uitvoering ervan in de dagelijkse lespraktijk. Deze studie is met name gefocust op concepten die kinderen hebben en ontwikkelen van natuurwetenschappelijke begrippen. Een dergelijke inventarisatie zou ons in staat stellen gebruik te maken en voort te bouwen op de ervaringen en knowhow van andere landen. Met deze achtergrond is een literatuurstudie gestart naar de (pre-)concepten die kinderen op de basisschool (4-12 jaar) ontwikkelen over natuurwetenschappelijke begrippen.

1.2 Werkwijze en verantwoording

1.2.1 Verzamelen van literatuur

Er is een selectie gemaakt uit een aantal (inter-)nationale tijdschriften, waarin vakdidactisch onderzoek naar natuurwetenschappelijke onderwerpen is beschreven. Deze selectie is gemaakt op basis van de aanwezige literatuur bij de Universiteit Utrecht en SLO. Nadat enkele exemplaren van de geselecteerde tijdschriften waren geraadpleegd, is een definitieve lijst gemaakt van relevante tijdschriften. Gezien de termijn waarop het onderzoek uitgevoerd moest worden was een praktische voorwaarde die daarbij gehanteerd is dat het tijdschrift in de bibliotheek van Didactiek van de Biologie van de Universiteit Utrecht of de SLO aanwezig moest zijn. Tenslotte zijn twaalf tijdschriften geselecteerd. In deze twaalf internationale tijdschriften zijn over een periode van 20 jaar (van ± 1983 - 2002) artikelen verzameld over leerproblemen dan wel over concepten van kinderen over natuurwetenschappelijke onderwerpen (zie tabel 1).

Ook zijn enkele 'SPACE' rapporten gebruikt, die in de literatuurlijst zijn opgenomen (zie referenties nrs. 135A, 136, 136A en 137).

Niet alle literatuur die opgenomen is in de literatuurlijst is verwerkt in dit rapport. In de eerste plaats bleek dat er toch enkele artikelen betrekking hadden op een andere doelgroep (leraren in plaats van leerlingen) of om andere, verschillende redenen niet relevant waren voor deze studie. Die referenties zijn niet uit de literatuurlijst verwijderd, zodat ze voor eventuele vervolgstudies kunnen worden gebruikt.

Ten tweede was er gezien de omvang van het project in relatie tot het aantal gevonden artikelen te weinig tijd om alle artikelen te lezen. Van sommige onderwerpen bleken er

veel artikelen te zijn. In dat geval zijn de artikelen gescreend, waarbij de qua inhoud en doelgroep meest relevante artikelen voor studie naar de concepten zijn vastgesteld. Van deze relevante artikelen zijn samenvattingen gemaakt, die u aantreft in de bijlagen 3 t/m 6.

Tabel 1. De onderzochte tijdschriften en het aantal relevante artikelen dat per tijdschrift is gevonden.

| Tijdschrift | Aantal artikelen |
|---|------------------|
| Education in Science | 4 |
| International/European Journal of Science Education | 73 |
| Journal of Biological Education | 38 |
| Journal of Research in Science Teaching | 32 |
| Journal of Science Education | 1 |
| Research in Science Education | 5 |
| Research in Science & Technology Education | 16 |
| Science Education | 17 |
| Science & Education | 10 |
| School Science and Mathematics | 27 |
| School Science Review | 15 |
| Studies in Science Education | 3 |
| Totaal | 241 |

1.2.2 Bepaling van de domeinen¹

In deze studie hebben we ons beperkt tot artikelen op het gebied van de vier disciplines biologie, scheikunde, natuurkunde en aardwetenschappen. Als zoekcriteria zijn natuurwetenschappelijke begrippen uit deze disciplines gehanteerd. Hierbij is gebruik gemaakt van de begrippen uit de tabellen van paragraaf 2.2.2. De gevonden artikelen zijn gegroepeerd volgens de domeinen uit paragraaf 2.2.2. In tabel 2 staan de domeinen vermeld waarvan in dit rapport de concepten van kinderen zijn beschreven.

Tabel 2. Een overzicht van de bestudeerde onderwerpen.

| Discipline | Domein |
|----------------------|---|
| 1. Biologie | 1.1 Eigenschappen, classificatie van organismen |
| | 1.2 Structuur, functie en levensprocessen |
| | 1.5 Voortplanting en erfelijkheid |
| | 1.7 Ecosystemen |
| 2. Scheikunde | 2.1 Classificatie en samenstelling van stoffen |
| | 2.5 Chemische verandering |
| 3. Natuurkunde | 3.1 Fasen en veranderingen van stoffen |
| | 3.4 Licht |
| | 3.6 Elektriciteit en magnetisme |
| 4. Aardwetenschappen | 4.1 Structuur en fysische processen van de aarde. |
| | 4.2 Processen, cycli en geschiedenis aarde |
| | 4.3 De aarde in het zonnestelsel en het heelal |

Uit bovenstaande tabel blijkt, dat in het onderhavige onderzoek niet alle domeinen onderwerp van studie zijn geweest. Naar sommige onderwerpen binnen een domein bleek veel studie te zijn verricht, terwijl naar andere onderwerpen of domeinen niet of

¹ Bij de indeling van de domeinen wordt verwezen naar de nummers in de tabellen 1 tot en met 4 uit paragraaf 2.2.2 van de oorspronkelijke publicatie van K. Boersma, M. van Graft en M.-C. Knippels (2003). *Natuuronderwijs: curricula en concepten van kinderen*. Enschede: SLO.

in beperkte mate onderzoek is gedaan. Gezien de omvang van het project is ook hier een keuze gemaakt. Voor deze studie zijn uit elke discipline onderwerpen gekozen die:

- qua abstractieniveau tot de 'moeilijke' thema's behoren (zie domein 2.1, 2.5, 3.1, 3.6, 4.2 en 4.3);
- op de basisschool aan de orde komen (1.1, 1.2, 1.5, 1.7, 3.6, 4.2 en 4.3).

1.2.3 Beschrijving van de concepten

Van een deel van de artikelen zijn samenvattingen gemaakt. Ze zijn per discipline en per domein gerangschikt en in de bijlagen opgenomen (bijlagen: 3 t/m 5). Deze samenvattingen zijn gebruikt als uitgangsmateriaal om concepten van kinderen over een bepaald onderwerp te beschrijven.

In de beschrijving van de concepten wordt zowel naar de samenvattingen verwezen als ook naar ondersteunende artikelen waarvan wegens tijdgebrek geen samenvatting is gemaakt. Waar mogelijk zijn aan het einde van de beschrijving van de concepten aanbevelingen gegeven voor onderwijsgevenden en onderwijsontwikkelaars. De in de beschrijving genoemde referenties zijn direct na de beschrijving van een onderwerp opgenomen.

1.3 Domein Biologie

1.3.1 Eigenschappen, classificatie van organismen

Veel studies richten zich op hoe kinderen dieren en planten herkennen, identificeren en groeperen. Methoden die hierbij veel gebruikt worden zijn combinaties van het tonen van afbeeldingen van verschillende organismen (kaartjes, foto's of opgezette dieren), waarna een kort één op één interview volgt, waarin de leerling moet uitleggen waarom het een dier of plant is en op basis waarvan hij of zij het organisme in een bepaalde groep indeelt. Het gaat hierbij meestal niet om het toetsen na een ontwikkelde onderwijsinterventie door de onderzoeker. Een uitzondering is de studie van Tamir *et al.* [177], waar een langlopende verplichte zoölogische verrijkingscursus (15 bijeenkomsten van 2 uur) in de vrije tijd van de leerlingen (10 jaar) werd gevolgd. Daarnaast zijn er ook enkele onderzoeken die gebruik maken van werkbladen en (meerkeuze) vragenlijsten [86, 112, 184] waardoor grotere populaties kinderen onderzocht (kunnen) worden variërend van 190 leerlingen [112] tot 536 leerlingen [86]. Naar het begrip van kinderen over planten en dieren is relatief veel onderzoek gedaan, ook onder de jongste groep van 3-5 jarigen. Het merendeel van de studies handelt over de opvattingen van kinderen ten aanzien van dieren. Dieren is een concept dat veel kinderen aanspreekt en ze kunnen hierbij vaak terugrijpen op dagelijkse ervaringen (o.a. huisdieren, dierentuinen e.d.). Het blijkt echter dat veel kinderen nog geen wetenschappelijk geaccepteerd begrip van dieren hebben en bepaalde diergroepen moeilijk kunnen identificeren en groeperen. Voornamelijk de invertebraten geven veel problemen, en onder de vertebraten zijn de reptielen en amfibieën moeilijke concepten voor kinderen. Voor veel leerlingen zijn dieren louter de grote landzoogdieren zoals dieren op een boerderij, in de dierentuin, huisdieren [54], of in het oerwoud [32]. Veel leerlingen waaronder ook 15-16 jarigen, beschouwen bijvoorbeeld een worm, spin of vis niet als een dier [22]. Daarnaast blijkt dat kinderen het classificeren van planten veel moeilijker vinden dan het classificeren van dieren en dat ze planten veelal als niet-levend beschouwen [Ryman in: 208].

Classificeren

Wanneer leerlingen de term 'dieren' moeten definiëren zijn veel gegeven antwoorden: 'dieren: leven; hebben poten, vleugels; eten; ademen; zijn géén mens; hebben haar, vacht, veren en leven buiten in de bossen'. Dit laat zien dat leerlingen (onafhankelijk van leeftijd) het label 'dier' synoniem gebruiken met 'vertebraten' [185]. De meeste invertebrate organismen krijgen een 'niet-dier' label toegekend als 'worm' en 'insect' [185]. De bekwaamheid van kinderen om dieren te classificeren als vertebraten en invertebraten blijkt uit meerdere studies zwak. Als typische vertebraten worden gezien grote dieren met een duidelijk hoofd en ledematen, terwijl invertebraten vormloze dieren zijn, zonder benen, die kruipen [33].

In het algemeen kan gesteld worden dat leerlingen in alle leeftijdscategorieën zowel uiteenlopende wetenschappelijk geaccepteerde als alternatieve concepten onderschrijven van dieren [184]. Veel alternatieve concepten ontwikkelen zich al voor de eerste schooljaren en veranderen niet of nauwelijks in de volwassenheid. Deze concepten kunnen als 'stabiel' gelabeld worden. Andere alternatieve concepten lijken meer te oogsten van het onderwijs en buitenschoolse ervaringen.

Wetenschappelijk geaccepteerde concepten van *zoogdieren en vogels* ontwikkelen zich al op jonge leeftijd en de meeste oudere leerlingen herkennen deze dieren als vertebraten. 'Typische' voorbeelden hiervan worden door de meeste kinderen goed geclassificeerd (bijv. uil, zeemeeuw), maar er zijn ook uitzonderingen op deze regel zoals: walvis, vleermuis en pinguïn [32, 184]. Jonge kinderen (7-9 jaar) hebben nog wel moeite met het identificeren van vogels als vertebraten [33].

De vis, als een taxonomisch concept, geeft meer problemen voor leerlingen. Voor veel leerlingen is het label vis toepasbaar op alle aquatische dieren, waaronder de walvis en praktisch alle marine invertebraten. Zelfs onder universitaire studenten blijven deze misconcepten bestaan, echter veel leerlingen verschuiven langzaam richting de wetenschappelijk geaccepteerde ideeën.

Onder de *vertebraten* geven de *reptielen* en bovenal de *amfibieën* de meeste problemen en de meest stabiele alternatieve concepten. Leerlingen herkennen de organismen niet als vertebraten (bijv. schildpad en slang) en zijn geneigd een aantal soorten te 'kruis-classificeren' (bijv. schildpad en hagedis als amfibie) en delen ook enkele invertebraten in deze klasse in [32, 184].

De *invertebraten* zijn duidelijk de minst begrepen groep organismen in alle leeftijdscategorieën [184]. De bevindingen komen overeen met die van Bell [22], die aangaf dat de spin, worm, en vlinder door veel leerlingen niet als deelverzameling van 'dieren' werd gezien. De jongste kinderen beperken zich voornamelijk tot vorm en grootte kenmerken in het herkennen en indelen van dieren [33]. Een idee dat door kinderen in alle leeftijdsgroepen sterk heerst is dat alle dieren die kunnen buigen en oprollen geen ruggengraat hebben (bijvoorbeeld slang, paling). Kinderen zien een ruggengraat als een brede, rechte structuur. Vissen bijv. moeten flexibel en buigzaam zijn in hun beweging en kunnen daarom geen ruggengraat hebben. Bijna alle kinderen in alle leeftijdsgroepen gaven aan dat de schildpad een invertebraat was, ondanks z'n grote schild dat de ruggengraat vervangt als ondersteuning. Van de weinige kinderen die een slang, zeehond en vis correct indeelden als vertebraten hadden de meesten een eigen directe ervaring met de interne structuur (bijvoorbeeld het eten van vis, visgraten op het strand) [33].

Voor kinderen bestaat er een groot verschil tussen dieren en planten. Volgens Stavy en Wax [in: 208] zien veel kinderen planten niet als levend, terwijl ze dat bij dieren wel doen. Slechts 30% van de 6-jarigen classificeerden planten als 'levend', 70% van 8-11 jarigen, maar zelfs van de oudere kinderen (12-15 jaar) zagen slechts 70-78% planten als levend [208]. Daarnaast wordt de term '*plant*' door kinderen voornamelijk gebruikt

voor 'bloeiende planten' met duidelijk zichtbare bloemen, zoals deze bij hen in de tuin of op de vensterbank staan [21A, 196]. Grassen of een eik vallen hier bijvoorbeeld niet onder [208]. Net als dieren benoemen kinderen planten met de dagelijkse [196] en/of volksnaam [188]. Wanneer ze deze naam niet weten maken ze gebruik van (verzinnen ze) een beschrijvende naam en als ze daar niet in slagen grijpen ze terug naar de algemene categorie van een 'plant' en 'dier'. Op deze manier proberen ze te verbergen dat ze de naam niet kennen [188]. De 'plant' blijft een abstracter concept voor kinderen dan het niveau van genus (bijvoorbeeld eik en olm) [188]. Kinderen vinden het classificeren van planten veel moeilijker dan van dieren. Uit de studie van Ryman [in: 208] onder 200 Engelse 12-jarige leerlingen bleek dat de gemiddelde scores voor het benoemen van 11 planten aan de hand van tekeningen slechts 3,6 was in vergelijking met 11,2 voor 13 vertebraten. Veel kinderen zien bijvoorbeeld bomen niet als planten [21A] en alledaagse groeperingen van planten als onkruid, groenten en zaden werden als gelijkwaardige categorie 'plant' gezien en niet als deelverzameling [196]. Sommige kinderen denken dat wortels en kool geen planten zijn maar groenten [21A, 188]. Alhoewel kinderen de alledaagse benaming van planten (uit hun omgeving) meestal kennen, zijn ze niet goed bekend met de plantentaxonomie [188]. Bij het classificeren van planten gebruiken ze geen specifieke methoden, maar maken ze gebruik van opvallende, eenvoudig te observeren kenmerken als kleur, vorm, geur, stekels, opvallende bladeren etc. [188, 194, 196].

Eigenschappen herkennen en identificeren

Jonge kinderen identificeren dieren voornamelijk op grond van *grootte en vorm* [33, 150, 170] en gebruiken dus voornamelijk anatomische kenmerken (83%) in het herkennen en benoemen van dieren [193, 195]. Ook planten worden in alle leeftijdsgroepen (5-14 jaar) voornamelijk herkent op grond van *anatomische* kenmerken (80%) [194, 196]. De visuele kenmerken zijn duidelijk als eerste richtinggevend, waarna criteria als *habitat* en *beweging* voor dieren het meest gebruikt worden [86, 193, 195, 196], en *habitat* (13%), *functie* (4%) en *vorm* (4%) voor planten [194]. Er blijken geen significante verschillen in leeftijd (5-14 jaar) in het gebruik van deze criteria voor het benoemen van organismen [194]. Kinderen zijn daarnaast beter in staat verschillen tussen organismen aan te geven dan overeenkomsten [170]. Problemen ontstaan wanneer fylogenetische kenmerken van een dier onscherp zijn in vergelijking met de bekende en typische voorbeelden van een concept, zoals bijvoorbeeld het 'visachtige' voorkomen van de dolfijn, en het gedrongen, rechtopstaande en aquatisch aangepaste voorkomen van de pinguïn [32]. Dat over het algemeen anatomische kenmerken beduidend meer worden gebruikt dan gedrags- of habitatkenmerken is natuurlijk niet verrassend wanneer kinderen geconfronteerd worden met foto's en opgezette driedimensionale dieren (en niet met bewegende dieren). In de studie van Kattmann [86] werden bewust geen afbeeldingen van dieren gebruikt, maar termen, om ervoor te zorgen dat leerlingen hun mentale modellen vrij gebruikten bij het groeperen en naam geven van dieren. Hier scoorde het gebruik van habitat kenmerken ('aquatisch dier') en verschillende manieren van voortbewegen (vliegen en kruipen) het hoogst.

Shepardson [150] heeft het begrip van kinderen (4-11 jaar) van *insecten* nader onderzocht en vond dat zij ook insecten identificeren op basis van grootte en vorm. Kinderen zouden dus de beperkingen van deze manier van identificeren moeten leren zien, aangezien het idee dat alles wat 'klein is' een 'insect is' niet opgaat (onderscheidend is). Het feit dat een hoog percentage kinderen vanaf groep 1 t/m groep 6 spinnen tekende als voorbeeld van een insect, geeft aan dat zij nog geen goed begrip van insectenkenmerken bezitten. Alhoewel kinderen vanaf groep 6 meer

organismen als insecten wisten te identificeren ontbrak ook bij hen nog steeds het begrip van fysieke karakteristieken van insecten. Kinderen uit groep 3 en groep 4 identificeerden organismen als (niet)-insecten aan de hand van het kenmerk of het kon vliegen of kruipen, maar niet aan de hand van het aantal vleugels of poten. Oudere kinderen (10-11 jaar) identificeerden insecten wel weer op basis van fysiek voorkomen, bijvoorbeeld het aantal vleugels, maar geven hierbij niet de functie aan. Deze bevindingen zijn vergelijkbaar met Leach [92], dat jongere kinderen geneigd zijn aanhangsels in termen van functie te zien en oudere kinderen in termen van structuur. Verder werden bij insecten vooral de negatieve aspecten benadrukt, zoals bijten, steken en eten van bloemen en zagen kinderen niet de voordelige kanten van insecten (zoals producten als honing, zijde, bestuiving van fruit en gewassen, voedselbron voor anderen dieren) [150].

Daarnaast moet gewaakt worden voor de transfer van specifieke 'alternatieve concepten' van de ene taal context naar de andere. Dit gevaar is waarschijnlijk zelfs groter in de biologische gebieden dan bij scheikunde en natuurkunde, aangezien veel biologische concepten geworteld zijn in de dagelijkse taal. Zo blijkt onder meer uit een aantal Nieuw-Zeelandse studies [o.a. 22], dat slechts enkele kinderen (4-15 jaar) de spin, worm en vlinder als dier categoriseerden en deed slechts de helft dit voor de vis, kind, kikker, slak, slang en walvis. Het leek erop dat de term 'dier' in Nieuw-Zeeland beperkt bleef tot de 'viervoeter zoogdieren' (de grote harige vertebraten). Dezelfde studie werd herhaald door een aantal Spaanse onderzoekers [204] en het bleek dat deze kinderen de insecten en vogels (naast de zoogdieren) gemakkelijker als dier herkenden. De mens bleef ook voor de Spaanse kinderen moeilijk, maar de spin en worm bijvoorbeeld werden beduidend beter herkend als dier dan in de Nieuw-Zeelandse studie (spin: 86,4% vs. 21% en worm: 90,8% vs. 39%). Daarnaast werd de vis, kikker, slak, slang en walvis door slechts 10% van de Spaanse kinderen niet als dier herkend. Voor kinderen is het moeilijk om eerst te leren dat een vlinder een 'insect' is, en dat insecten een onderdeel van 'dieren' blijken te zijn en dat een vlinder dus tegelijkertijd een insect en dier is [204].

Samenvattend zien kinderen voornamelijk de vertebraten en daarvan vaak ook alleen de grote zoogdieren (en vogels) als dieren. Ze krijgen problemen wanneer het dier geen viervoeter is of geen vacht of veren heeft (een 'standaard vertebraat' is). Een spin en een worm worden op grond van deze criteria die kinderen voor dieren hanteren veelal niet als dier gezien, maar ook de mens wordt niet tot de dieren gerekend. Aangezien kinderen voornamelijk identificeren op de visuele, vorm en grootte kenmerken en leefomgeving, zijn de dolfin, walvis, slang en pinguïn bij uitstek voorbeelden waar kinderen de mist ingaan. Ze missen nog de kennis dat een dolfin een zoogdier is en op grond van z'n 'visachtige' voorkomen wordt deze dan ook bij de vissen ingedeeld. En alles wat klein is, veel poten en geen vacht heeft wordt op grond van deze grootte en vorm kenmerken als insect geïdentificeerd. Naast de amfibieën en reptielen zijn de invertebraten voor kinderen lastige organismen om in te delen.

Het benoemen en herkennen van planten levert voor kinderen meer problemen op dan dieren. Ze rekenen voornamelijk de bloeiende planten tot de planten en groeperen planten op basis van opvallende visuele kenmerken als kleur en vorm. Ze zijn slecht bekend met de natuurwetenschappelijke taxonomische kenmerken en indeling. Kinderen benoemen planten voornamelijk op het genus niveau (bijvoorbeeld es, eik, madelief). Daarnaast zijn er nog veel kinderen die planten niet als levend beschouwen. Ook hanteren kinderen indelingen als bomen, onkruid en groenten, waarbij ze zich nauwelijks realiseren dat het om planten gaat.

Aanbevelingen

Het feit dat zo weinig leerlingen gebruik maken van kennis van de habitat waarin dieren in de natuur leven, reflecteert de nadruk die in science onderwijs ligt op het naam geven en categoriseren van organismen als geïsoleerde entiteiten [193]. Een andere aanpak zou zijn om te starten met omgevingen en hun significante kenmerken, waarna met leerlingen besproken kan worden hoe specifieke organismen zich in zulke omgevingen hebben kunnen aanpassen [193]. Kattmann [86] suggereert ook een evolutionaire aanpak om leerlingen te leren classificeren, aangezien ze nu voornamelijk indelen op grond van impliciete theorieën en persoonlijke taxonomie. Verder is het van belang om leerlingen meerdere voorbeelden en 'niet-voorbeelden' van elke groep voor te leggen en deze te bespreken [32], maar ook al vroeg diverse dieren te laten observeren (bijv. insecten en 'niet-insecten') [150], aan te raken en te bestuderen [184]. Zo zouden bijvoorbeeld de verschillende typen van metamorfose en de levenscyclus van het insect bestudeerd kunnen worden [150]. Ook voor planten geldt dat de nadruk in het onderwijs ligt op het benoemen en classificeren van planten, wat ten koste gaat van het begrip over de relatie van een plant met zijn omgeving [194]. Aangezien leerlingen voornamelijk focussen op opvallende anatomische kenmerken van planten adviseren Tunnicliffe & Reiss [194] om kinderen te helpen bij het leren observeren en meer aandacht te besteden aan de minder opvallende kenmerken. Daarnaast wordt gesuggereerd om onderwijs te starten vanuit de omgeving waarin de planten groeien en met kinderen te onderzoeken hoe de organismen zich anatomisch aan hun habitat hebben aangepast. Ook Tull [188] trekt de opzet van de curricula, waar de nadruk op de taxonomie ligt en er wordt gestart met de onderverdeling in klassen met categorieën als mono- en dicotyle, in twijfel. Het genus en speciesniveau komen pas veel later in het curriculum aan de orde, terwijl kinderen veel beter in staat zijn planten te onderscheiden en te benoemen op het genusniveau. Docenten zouden hiervan gebruik moeten maken en vanuit deze kennis het taxonomische systeem op moeten bouwen [188].

Referenties

- 21A*²Bell, B. (1981). When is an animal, not an animal? *Journal of Biological Education*, 15(3), 213-218.
22. Bell, B. and Barker, M. (1982). Towards a scientific concept of 'animal'. *Journal of Biological Education*, 16(3), 197-200.
32. Braund, M. (1991). Children's ideas in classifying animals. *Journal of Biological Education*, 25(2), 103-110.
33. Braund, M. (1998). Trends in children's concepts of vertebrate and invertebrate. *Journal of Biological Education*, 32(2), 113-118.
- 54.* Ediger, M. (1989). An introduction to classification using pets. *Journal of Biological Education*, 23(2), 112-113.
86. Kattmann, U. (2001). Aquatics, Flyers, Creepers and Terrestrials – students' conceptions of animal classification. *Journal of Biological Education*, 35(3), 141-147.
92. Leach, J., Driver, R., Scott, P. and Wood-Robinson, C. (1995). Children's ideas about ecology 1: theoretical background, design and methodology. *International Journal of Science Education*, 17(6), 721-732.
112. O-Saki, K.M. and Samiroden, W.D. (1990). Children's conceptions of 'living' and 'dead'. *Journal of Biological Education*, 24(3), 199-207.

² Van de artikelen die met een sterretje zijn aangeduid is geen samenvatting gemaakt.

150. Shepardson, D.P. (2002). Bugs, butterflies, and spiders: children's understanding about insects. *International Journal of Science Education*, 24(6), 627-643.
170. Strommen, E. (1995). How are living things alike and different? First graders' knowledge of basic life science concepts. *Journal of Biological Education*, 29(4), 286-292.
177. Tamir, P. and Shcurr, Y. (1997). Back to living animals: an extracurricular course for fifth-grade pupils. *Journal of Biological Education*, 31(4), 301-305.
184. Trowbridge, J.E. and Mintzes, J.J. (1988). Alternative conceptions in animal classification: a cross-age study. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(7), 547-571.
- 185.* Trowbridge, J.E. and Mintzes, J.J. (1985). Students' alternative conceptions of animals and animal classification. *School Science and Mathematics*, 85(4), 304-316.
- 188.* Tull, D. (1994). Elementary students' responses to questions about plant identification: Response strategies in children. *Science Education*, 78(4), 323-343.
193. Tunnicliffe, S.D. and Reiss, M.J. (1999). Building a model of the environment: how do children see animals? *Journal of Biological Education*, 33(3), 142-148.
194. Tunnicliffe, S.D. and Reiss, M.J. (2000). Building a model of the environment: how do children see plants? *Journal of Biological Education*, 34(4), 172-177.
195. Tunnicliffe, S.D. and Reiss, M.J. (2000). What sense do children make of three-dimensional, life-sized 'representations' of animals? *School Science and Mathematics*, 100(3), 128-137.
196. Tunnicliffe, S.D. (2001). Talking about plants- comments of primary school groups looking at plant exhibits in a botanical garden. *Journal of Biological Education*, 36(1), 27-34.
204. Villalbi, R.M. and Lucas, A.M. (1991). When is an animal not an animal? When it speaks English! *Journal of Biological Education*, 25(3), 184-186.
208. Wood-Robinson, C. (1991). Young people's ideas about plants. *Studies in Science Education*, 19, 119-135.

1.3.2 Structuur, functie en levensprocessen

Het menselijk lichaam

In de jaren '30 van de vorige eeuw gaven studies aan dat veel kinderen jonger dan 10 jaar dachten dat het lichaam alleen bestond uit voedsel dat net gegeten was. Kinderen tekenden lichaamsholtes gevuld met brood, melk en vlees [103]. Momenteel laten studies zien dat kinderen een goed ontwikkeld concept van de anatomische en fysiologische karakteristieken van de inwendige organen hebben. Het is ook bekend dat deze concepten zich snel ontwikkelen tussen specifiek 8-12 jaar. Jonge kinderen (6-7 jaar) hebben in het algemeen een uitgebreide kennis uit het dagelijks leven over hun lichaam. Zo weten ze bijvoorbeeld dat het lichaam verandert als ze ouder worden en dat je dunner wordt als je niet eet [130A]. Uit een grootschalige internationale studie van Reiss *et al.* [132], waarbij 53 landen waren betrokken, blijkt ook dat 7-jarige kinderen al een brede kennis hebben van hun organen (interne structuur). De tekeningen van kinderen van 'wat er in het lichaam zit' laten een gedetailleerde anatomische kennis zien met hart, hersenen, elementen van het skelet, darmen, longen, ribben, en maag, als ook al een duidelijk idee van grootte en plaats in het lichaam [103]. Echter, ze hebben nog weinig notie van verbindingen tussen de organen en orgaansystemen [48, 103, 132]. Ook het onderzoek van Cuthbert [48] laat zien dat 7-11 jaar oude kinderen weinig verbanden tussen de organen in hun tekening van het menselijk lichaam lieten zien en voornamelijk individuele organen tekenden. Er bestaat nog geen begrip van en kennis over de causale biologische mechanismen in het

lichaam [130A]. Kinderen hebben dus nog geen notie van wat er precies gebeurt in het lichaam en wat de functies zijn van de orgaansystemen. Ook oudere kinderen hebben hier nog moeite mee. Zo bleek uit de studie van Reiss *et al.* [132] dat 15-jarigen wel een betere kennis over hun organen hadden, maar nog weinig begrip van orgaansystemen. In geen enkel land was er een kind dat alle acht orgaansystemen correct weergaf.

Veel kinderen (7-11 jaar) tekenden de organen relatief klein, geïsoleerd en niet verbonden met andere organen [48]. Dus vrij 'zwevend' in de lichaamsholte (dit doet zich ook nog voor bij 11-jarigen en dit beeld wordt dus meegenomen naar het secundaire onderwijs). Meerdere kinderen tekenden armen en benen gevuld met bloed. Dat kan erop duiden dat kinderen denken dat de organen vrij rond zweven in bloed [48]. Daarnaast speelt taal een belangrijke rol in het begrip van kinderen over wat zich in hen zelf bevindt, zoals: 'adamsappel' die als 'appel' wordt getekend [48] en het hart wordt ook bij oudere kinderen veelal als een valentijnshart weergegeven. Wel blijkt dat sommige orgaansystemen duidelijk beter worden weergegeven dan andere. Het best getekend werden het spijsverteringsstelsel, het gasuitwisselingssysteem en het skelet. Weinig tekeningen lieten het spierstelsel en het endocriene- of circulatiesysteem zien [132]. Echter uit andere onderzoeken blijkt ook dat als je de vraag aan kinderen anders stelt, bijvoorbeeld 'teken het skelet', zij dit anatomisch vollediger en beter tekenen, dan wanneer je ze vraagt 'te tekenen wat zich in hen bevindt' [132].

Ten aanzien van het *ademhalingssysteem* tekenden weinig kinderen de luchtpijp en nog minder verbonden deze met de longen. Longen werden veelal als buizen getekend die bijvoorbeeld in het hoofd begonnen en in de onderbuik eindigden [48]. Arnaudin & Mintez [4] zagen ook dat kinderen de luchtpijp verbonden met het hart en een systeem van luchtbuizen in het lichaam tekenden (vergelijkbaar met het tracheeën stelsel bij insecten).

Het *cardiovasculaire systeem* wordt ook nog niet geheel begrepen door kinderen. Alhoewel veel kinderen het hart en aderen weergaven, waren er weinigen die deze twee met elkaar verbonden of aangaven dat ze wisten dat het hart betrokken was bij de bloedcirculatie. Ze tekenden losse aderen, voornamelijk in pols en armen waar ze gezien kunnen worden. In elke leeftijdsgroep (7-11 jaar) dachten een aantal kinderen dat de 'pulse' (hartslag) een orgaan was en ze tekenden dit als een rond orgaan in de nek of pols [48]. Arnaudin & Mintez [4] wijdden een grootschalige studie (n=495) van de basisschool tot en met de universiteit aan het begrip van leerlingen van het menselijke circulatiesysteem. Van de 10-11 jarigen (n=101) denkt 63% dat bloed 'rode vloeistof' is zonder nog enige notie van bloedcellen en plasma en dat de functie van bloed eenvoudigweg is dat het 'je in leven houdt' (84%). Ten aanzien van de structuur van het hart was de tekening van het driekamerhart (amfibieënhart) het populairst (40%) en de functie van het hart is het pompen van bloed in een enkele route (bijv. hart-teen-hart). Er waren weinig tot geen kinderen die een dubbele route, waarbij de longen betrokken zijn, aangaven. Een derde van de 10-11 jarigen gaf zelfs aan dat de lucht die de longen inkomt via 'luchtbuisjes' naar het hart gaat, 15-31% dacht dat er geen verbinding tussen longen en hart was en 7-14% gaf aan dat lucht door een luchtbuizenstelsel vervoerd wordt in het lichaam [4]. De meeste leerlingen kozen voor een gedeeltelijk open bloedcirculatiesysteem.

Ten aanzien van het *skelet* bleek dat veel kinderen botten tekenden, al werden deze niet verbonden met spieren en pezen. Ze werden als losse 'hondenbotten' weergegeven [48]. Tunncliffe & Reiss [192] vonden vergelijkbare gebrekkige kennis van het skelet. Weinig leerlingen (4-20 jaar) hadden een echt begrip van dierlijke

skeletten als ook geen functioneel en geïntegreerd beeld (holistisch) van hun eigen skelet [192].

Het reproductiesysteem werd door zeer weinig kinderen getekend (ook niet door de 11-jarige kinderen). Weinig kinderen hebben een duidelijk idee hoe voedsel door ons lichaam passeert en dat afval uit het voedsel uitgescheiden wordt [48].

De bekendheid en dagelijkse ervaringen met het *verteringsstelsel* verklaart dat veel kinderen dit systeem noemen en/of tekenen. Ze steken allemaal voedsel in hun mond en hebben dus empirisch bewijs waar het verteringsproces begint. Verder ervaringen met honger gevoel, vol zitten, rommelen en geluiden van de darmen, buikpijn e.d. [178] maken het verteringsstelsel een van de best bekende orgaansystemen. Echter het eindpunt van het verteringsproces, de ontlasting die via de anus het lichaam verlaat, ligt minder voor de hand aangezien het ingenomen voedsel verandert en er vooral door de jongere kinderen geen relatie tussen de ontlasting en het voedsel wordt gelegd [178]. Sommige kinderen denken dat het voedsel dat gegeten wordt naar de benen 'valt' als gevolg van de zwaartekracht (?), of zich door het lichaam verspreidt door middel van bewegen (bijv. lopen). Vanaf een jaar of 11 begint het idee van de verdeling van voedsel over de organen via absorptie in het bloed te komen, ook 13-jarigen hebben nog geen idee van chemische omzettingen, bijvoorbeeld via enzymen [128]. Het onderzoek van Núñez & Banet [110] liet zien dat veel leerlingen hun basisschool én voortgezet onderwijs afronden zonder een geïntegreerd beeld van het menselijke verteringssysteem te hebben ontwikkeld. Echter pas vanaf het vijfde jaar in het voortgezet onderwijs daalt dit aantal langzaam [110]. Ze hebben veelal eigen ideeën en theorieën gebaseerd op hun dagelijkse ervaringen met een zekere logische coherentie.

Het verkrijgen van een *biologisch basiskader* is kortom een belangrijke stap in de ontwikkeling van ideeën van kinderen over hun lichaam. Een basiskader van het lichaam dat stoffen verandert en verplaatst in het lichaam. Rowlands [134] geeft aan dat de meeste kinderen wanneer ze ouder worden (10-11 jaar) dit biologisch basiskader ontwikkeld hebben (ook als ze geen onderwijs over het lichaam hebben gehad) en dat het denken richting dit basiskader zich vanaf 7 jaar langs twee lijnen lijkt te ontwikkelen. Ten eerste ontwikkelen kinderen meer kennis over specifieke organen, voornamelijk de grootste organen als hart en spieren. Ten tweede ontwikkelen ze ideeën over stoffen die belangrijk zijn voor hun lichaam. Ideeën over voeding staan hierbij centraal. Wat gebeurt er met voedsel wanneer het gegeten is? [134, 130A]. Oudere kinderen zijn beter bekend met veranderingen van materialen buiten het lichaam en kunnen daarom het idee dat voedsel in het lichaam verandert sneller accepteren. Vergelijkbaar kunnen ze ook sneller begrip ontwikkelen ten aanzien van het bestaan van gassen, lucht en het idee dat ademhalen lucht verplaatsen is in het lichaam en dat het bloedcirculatiesysteem hierbij van belang is [134]. Deze uitspraken zijn echter enigszins in tegenspraak met die van Cuthbert [48], die concludeerde dat de meerderheid van de kinderen (7-11 jaar, n=348) het lichaam niet als een geïntegreerd en gerelateerd geheel zien. Alhoewel kinderen zeer verfijnde geïntegreerde modellen konden laten zien, waren ze nooit geheel juist. Verder bleek dat leren niet-lineair, maar eerder chaotisch leek, aangezien sommige 7 jaar oude kinderen relatief verfijnde modellen tekenden, terwijl een aantal 11-jarige kinderen nog losse organen tekenden die rondreven in het lichaam [48]. Deze modellen blijken dus zeer vasthoudend en moeilijk te veranderen. Arnaudin & Mintez [4] vonden ook een niet-logische en onvoorspelbare toename in het begrip van leerlingen over het cardiovasculaire systeem. Vergelijkbaar zagen Ramadas *et al.* [128] dat 8- en 9-jarigen een beter beeld van de structuur van het verteringsstelsel hadden dan 13-jarigen. Blijkbaar kan de

basisinformatie al op jonge leeftijd begrepen worden, maar naarmate de leerlingen ouder worden en meer (orgaan)systemen leren, wordt de verwarring groter [128]. Geconcludeerd kan worden dat kinderen al op jonge leeftijd relatief veel kennis van afzonderlijke organen blijken te hebben. Ze worden echter nog niet altijd in de juiste grootte weergegeven en veelal zwevend in het lichaam. Het probleem is dat kinderen moeite hebben de organen met elkaar te verbinden en een begrip van orgaansystemen op te bouwen. Ook blijken de onderlinge relaties tussen orgaansystemen voor oudere kinderen (15-18 jaar) nog steeds moeilijk. Relaties tussen ademhalings- en bloedcirculatiesysteem, als ook voeding, vertering en vervoer door het lichaam, blijven lastig voor jonge en oudere kinderen.

Planten

Er zijn relatief weinig studies die het begrip van kinderen van aspecten van de plantenstructuur hebben onderzocht [208]. Er is een studie van Symington *et al.* [in 208] waarin kinderen (5-9 jaar oud) werd gevraagd vier verschillende bladeren te tekenen aan het eind van een les waarin ze bladeren hadden geobserveerd. Het bleek dat de meeste kinderen hun 'concept van een blad' tekenden in plaats van het specifieke blad. In vergelijking met de vele studies die onderzoek doen naar het begrip van kinderen over de interne structuur van de mens (en dier) 'teken wat er in het lichaam zit' [o.a. 103, 132, 192], zijn er bijvoorbeeld geen artikelen gevonden die de concepten van leerlingen toetsen over 'wat zich in een plant bevindt', zoals het vaatstelsel van planten.

Studies naar het begrip van kinderen van planten handelen veelal over het herkennen en classificeren van planten [o.a. 21A, 188, 194, 196] en daarnaast over concepten als groei [136] en voeding [23]. Er zijn veel studies gedaan naar het begrip van fotosynthese, dat geduid wordt als 'het belangrijkste biochemische proces op aarde', en osmose. Echter, hierbij zijn de onderzoeksgroepen niet van basisschoolleeftijd [208]. Deze belangrijke processen horen thuis in het curriculum van het secundaire onderwijs, maar zijn wel sleutelconcepten voor een volledig begrip van de levensprocessen in een plant. In het primaire onderwijs ligt de focus dan ook meer op voorwaarden van planten om te leven, zoals voeding, watertransporten, bloeiwijze. Er zijn enkele studies die het begrip van kinderen over fotosynthese beschrijven, al is dit meer op een algemeen niveau van wat de functie van licht voor de plant is. De 11-jarige leerlingen uit het onderzoek van Simpson & Arnold [in 23] begrepen dat planten energie nodig hadden om te groeien, maar dachten dat deze voornamelijk uit het voedsel werd gehaald en via de wortels uit de grond werd opgenomen [23]. De 10-11 jarige leerlingen in de studie van Smith & Anderson [154] dachten dat 'planten licht nodig hadden om te leven en groeien'. Kinderen lieten daarna planten ontkiemen en in het licht en in het donker groeien, en het experiment liet zien dat de planten in het donker ook gegroeid waren met de reactie van de kinderen: 'dat planten dus géén licht nodig hadden om te groeien'. Dit werd later bijgesteld door te zeggen dat planten licht nodig hadden om 'gezond' te zijn. De leerlingen concludeerden in ieder geval niet dat planten licht nodig hadden om te overleven of dat ze licht gebruikten om hun eigen voedsel te maken.

De meeste basisschoolkinderen hebben het idee dat planten altijd licht nodig hebben om te leven en groeien [23, 154] maar ze kunnen niet verklaren waarom en waarvoor ze dit licht nodig hadden. Er komen dan niet-functionele verklaringen als 'om te leven', 'voor een goede gezondheid en kleur' [23]. Naast licht wordt voedsel aangemerkt als essentieel [17, 23]. Kinderen hebben echter een groot aantal ideeën over plantenvoedsel. Zo denken zij dat voedsel alleen door de wortels wordt opgenomen uit de grond en dat het voedsel kunstmest is. Vanuit een wetenschappelijk oogpunt maken planten hun eigen voedsel door middel van inwendige processen. De term

voedsel wordt gebruikt voor stoffen die als energiebron dienen voor organismen. Hieronder vallen dus niet water en mineralen. Kinderen denken ook dat plantenmateriaal voortkomt uit de aarde, dat door de wortels als voedsel wordt geabsorbeerd (dit was een breed geaccepteerd idee dat wetenschappers tot het begin van de 19e eeuw hadden). Deze intuïtieve visie staat ook oudere kinderen in de weg bij het leren van de fotosynthese [17].

Kinderen geven allemaal aan dat planten water nodig hebben, maar het begrip hoe dit water wordt opgenomen en zich verspreid in de plant, is nog zeer beperkt. Het merendeel van de 8-13 jarige kinderen (n=36) gaf aan dat een plant het water alleen via de wortels opneemt en 55% dacht dat de plant al het water vasthoudt dat het heeft geabsorbeerd (terwijl feitelijk 99% van het water dat door de wortels wordt geabsorbeerd verdampt via de bladeren) [15, 16]. Kinderen zijn geneigd om analogieën tussen dier en plant te maken [15, 17] als *'ik denk dat de plant van het water afkomt door te zweten'*, *'zoals wij water nodig hebben om gezond te blijven'*, *'water voorkomt uitputting'* en *'het water wordt rond gepompt net zoals ons hart het bloed rond pompt'* [15]. Deze laatste uitspraak was ook de enige die een notie weergaf van een watercirculatiesysteem in de plant. Aangezien kinderen niet kunnen zien dat water de plant verlaat (of via de wortels wordt opgenomen) is het logisch dat zij concluderen dat het een gesloten systeem is [15].

Levensprocessen

Het feit dat kinderen nog weinig begrip van de plantenstructuur en orgaansystemen en hun onderlinge relaties hebben, geeft ook aan dat hun notie van levensprocessen op die leeftijd nog minimaal is. Het mag van basisschoolkinderen misschien ook nog niet verwacht worden dat zij processen zoals ademen relateren aan de zuurstofvoorziening voor het lichaam en dat zuurstof via de longen en het cardiovasculaire systeem naar de weefsels en organen wordt vervoerd, waar het gebruikt wordt in chemische reacties om energie te genereren. Of dat ze het ingewikkelde proces van fotosynthese al kunnen behappen en relateren aan de eigen energie en voedselvoorziening van planten. Wel blijkt uit onderzoek van O-Saki & Samiroden [112] dat 80% van de kinderen (n=190) in de leeftijdsgroepen van 9, 11 en 13 jaar fysiologische functies als ademen, eten en drinken, bewegen en reproductie als hoofdcriteria voor levend beschouwen. Zoals ook beschreven in de paragraaf 'classificeren' (paragraaf 3.3.1), bestaat er voor veel kinderen een groot verschil tussen dieren en planten als het op 'levend' aankomt. Het leven van dieren en mensen wordt anders beschouwd dan dat van planten en embryo's [Tamir in: 208]. Veel kinderen zien planten niet als levend en dachten dat planten niet ademen en zich niet voortplanten. 'Groei' werd daarentegen door bijna alle kinderen in alle leeftijdsgroepen geassocieerd met planten, maar dit werd dus niet als een voorwaarde voor 'levend' beschouwd [Stavy en Wax in: 208]. De studie van Jewell [78] liet echter zien dat kinderen dachten dat zaden niet leven aangezien ze geen tekenen van groei vertoonden op dat moment, of dat ze pas tot leven komen op het moment dat het zaad geplant wordt [78].

Wat het begin van leven is werd door kinderen nogal verschillend geduid. 40% van de kinderen (n=190) dacht dat leven begint bij de geboorte, 18% gaf aan dat leven begint wanneer een organisme start met ademen. 30 % van de 9-jarigen gaf helemaal geen antwoord op deze vraag. Verder waren er ideeën als: nadat ledematen zich hebben gevormd, na bevruchting, wanneer het organisme gevoed wordt [112]. In het kader van zaadvorming bij planten vonden kinderen (4-11 jaar) het überhaupt moeilijk te verklaren hoe het zaad ontstaan was. Verklaringen als *'het groeide daar'*, *'de appel groeide rond het zaad'* en *'van een andere boom gekregen'* werden gegeven [78]. Kinderen wisten wel dat een zaad water en zonlicht nodig had om te groeien. Grond

werd door de helft van de 10-11 jarigen genoemd en een kwart noemde ook nutriënten, maar dit werd door slechts enkele jongere kinderen aangegeven [78]. Om te bepalen of iets levend is stelden kinderen voornamelijk voor om het te observeren en aan te raken, waarna het onthouden van lucht en het bepalen van groeisnelheid de voorkeur had. Het bleek echter wel dat veel kinderen het erg moeilijk vonden een experiment hiervoor te beschrijven aangezien 24% hierop antwoordde met 'weet ik niet' [112]. Daarnaast bleek dat veel kinderen twijfelden of bepaalde organismen en objecten die ze niet kenden levend waren of niet. Zo waren de eucalyptus en dieren als walvissen, duizendpoot en slangen voor veel leerlingen niet levend. Ook waren er niet-levende objecten die door de 9-11 jarigen wel als levend werden geduid zoals robots, water, auto's en mythologische figuren. Hieruit bleek blijkt dat 'beweging' het belangrijkste criterium voor 'levend' is voor deze kinderen [112]. Als oorzaken voor de dood duiden kinderen op gebrek aan voedsel (45%), lucht (27%) en water (25%), maar ook redenen als vergiftiging (10%), ongelukken of vechtpartijen (58%) en ziekten (40%) [112].

Aanbevelingen

Cuthbert [48] stelt voor om het onderwijs over organen en orgaansystemen vroeg te beginnen rond 7-9 jaar. Reiss *et al.* [132] adviseren om leerlingen eerst individuele organen te onderwijzen en ze te helpen deze samen te brengen in een functioneel systeem (i.p.v. andersom zoals nu gebeurt). Science curricula kunnen voortbouwen op de brede kennis die leerlingen de klas mee innemen ten aanzien van organen. Het lijkt erop dat ze op jonge leeftijd eerst leren dat ze afzonderlijke organen hebben, waarna ze zich realiseren dat deze specifieke locaties hebben. Daarna komen ze te weten dat bepaalde organen met elkaar verbonden zijn in functionele units, zoals slokdarm en maag. Daarom lijkt het verstandig leerlingen niet eerst het hele systeem te laten leren en pas daarna de individuele organen, maar andersom [132]. Arnaudin & Mintez [4] stellen voor om in het onderwijs juist specifiek gebruik te maken van de alternatieve concepten van leerlingen en deze als springplank te gebruiken. Verder suggereren ze de methode van concept mapping. Verran *et al.* [202] ontwikkelden in het kader van hun opleiding een bordspel in de vorm van een torso om kinderen (spelenderwijs) meer inzicht in de organen in het lichaam te geven. Lock & Richards [96] suggereren het gebruik van levensgrote contouren van de mens om kinderen hierop organen en orgaansystemen te laten tekenen of opprikken en ze vervolgens in tekstboeken naar aanvullende informatie en labels te laten zoeken.

Referenties

4. Arnaudin, M.W. and Mintez, J.J. (1985). Students' alternative conceptions of the human circulatory system: a cross-age study. *Science Education*, 69(5), 721-733.
- 15.* Barker, M. (2002). Putting thought in accordance with things: the demise of animal-based analogies for plant functions. *Science & Education*, 11, 293-304.
16. Barker, M. (1998). Understanding transpiration – more than meets the eye. *Journal of Biological Education*, 33(1), 17-20.
17. Barker, M. (1995). 'A plant is an animal standing on its head'. *Journal of Biological Education*, 29(3), 201-209.
- 21A.* Bell, B. (1981). When is an animal, not an animal? *Journal of Biological Education*, 15(3), 213-218.
- 23.* Bell, B. (1985). Students' ideas about plant nutrition: what are they? *Journal of Biological Education*, 19(3), 213-218.
48. Cuthbert, A.J. (2000). Do children have a holistic view of their internal body maps? *School Science Review*, 82(299), 25-32.

78. Jewell, N. (2002). Examining children's Models of Seed. *Journal of Biological Education*, 36(3), 116-122.
96. Lock, R. and Richards, B. (1996). Plant and animal organs and functions – a student-centred approach. *Journal of Biological Education*, 30(1), 15-16.
103. Mintez, J.J. (1984). Naive theories in biology: children's concepts of the human body. *School Science and Mathematics*, 84(7), 548-555.
110. Núñez, F. and Banet, E. (1997). Students' conceptual patters of human nutrition. *International Journal of Science Education*, 19(5), 509-526.
112. O-Saki, K.M. and Samiroden, W.D. (1990). Children's conceptions of 'living' and 'dead'. *Journal of Biological Education*, 24(3), 199-207.
- 128.* Ramadas, J. and Bhabha, H. (1996). The system idea as a tool in understanding conceptions about the digestive system. *International Journal of Science Education*, 18(3), 355-368.
- 130A.* Reiss, M.J. and Tunnicliffe, S.D. (1999). Conceptual development. *Journal of Biological Education*, 34, 13-16.
132. Reiss, M.J. et al (2002). An international study of young peoples' drawings of what is inside themselves. *Journal of Biological Education*, 36(2), 58-64.
134. Rowlands, M. (2001). The development of children's biological understanding. *Journal of Biological Education*, 35(2), 66-68.
- 136.* Russell, T. and Watt, D. (1990). *Growth*. Primary space project research report. Liverpool University Press.
- 154.* Smith, E.L. and Anderson, C.W. (1984). Plants as producers: a case study of elementary science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(7), 685-698.
- 178.* Teixeira, F.M. (2000). What happens to the food we eat? Children's conceptions of the structure and function of the digestive system. *International Journal of Science Education*, 22(5), 507-520.
- 188.* Tull, D. (1994). Elementary students' responses to questions about plant identification: Response strategies in children. *Science Education*, 78(4), 323-343.
192. Tunnicliffe, S.D. and Reiss, M.J. (1999). Students' understanding about animal skeletons. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1187-1200.
194. Tunnicliffe, S.D. and Reiss, M.J. (2000). Building a model of the environment: how do children see plants? *Journal of Biological Education*, 34(4), 172-177.
- 196.* Tunnicliffe, S.D. (2001). Talking about plants- comments of primary school groups looking at plant exhibits in a botanical garden. *Journal of Biological Education*, 36(1), 27-34.
202. Verran, J., Brintell, B., Brownrigg, N., Garcia, R. and Green, A. (1997). The body game: developed by undergraduates for key stage 2 National curriculum Science. *Journal of Biological Education*, 31(3), 181-184.
208. Wood-Robinson, C. (1991). Young people's ideas about plants. *Studies in Science Education*, 19, 119-135.

1.3.3 Voortplanting en erfelijkheid

Over het onderwerp 'Voortplanting en erfelijkheid' is relatief weinig onderzoek gedaan. Er zijn drie literatuurreferenties gevonden, waarvan de één een review artikel is [180], waarin de andere twee onderzoeken [87, 129] worden besproken. In deze artikelen gaat het met name om de overerving van eigenschappen. Daarbij is in [129] de leeftijd van de kinderen die bij het onderzoek betrokken waren, 12 jaar en ouder.

Erfelijkheid van eigenschappen

De wetten van Mendel maken op veel scholen deel uit van het elementaire genetica-onderwijs. Het is evenwel onduidelijk in hoeverre kinderen zich de formele wetenschappelijke opvattingen eigen maken in hun denken [180]. Uit het onderzoek van Kargbo *et al.* [87] blijkt bijvoorbeeld dat kinderen, in het geval dat de vader- en moederhond een verschillende kleur vacht hebben, aangeven dat de kleur van de vacht van jonge hondjes die van de moeder is. Dit wordt bevestigd door Engel Clough en Wood-Robinson [in 180], die aangeven dat 12-16 jarigen uit het Verenigd Koninkrijk denken dat ouders in verschillende mate bijdragen aan het genotype van de nakomelingen. Uit het onderzoek van Kargbo *et al.* kwam ook naar voren dat kinderen dachten dat de overerving van eigenschappen via de lijn van de sexe verloopt. Met andere woorden: de meerderheid van de kinderen voorspelde dat het kind (een jongen) van een lange vader en een korte moeder lang zal zijn. Oudere kinderen dachten dat met name de lengte werd bepaald door de vader, terwijl de kleur van haar en ogen en de vorm van de neus werden bepaald door de moeder. In tegenstelling daarmee zijn de resultaten van Ramorogo en Wood-Robinson [129]. Kinderen (12-16 jaar) uit Botswana, die geen genetica-onderwijs hebben gevolgd, geven aan dat beide ouders een gelijke verantwoordelijkheid hebben bij het doorgeven van eigenschappen aan jong vee. Eigenschappen van kinderen die verschillen van die van de ouders wijdden kinderen aan de omgeving, zoals de invloed van de zon of het eten [87]. Uit het onderzoek van Kargbo *et al.* werd ook duidelijk dat kinderen denken dat in het leven verworven eigenschappen worden doorgegeven aan de volgende generatie. Dit zou met name het geval zijn als er een lange tijd zit tussen de gebeurtenis in het leven van iemand en de geboorte van zijn nageslacht. Zo denken jonge kinderen dat de puppies van een hond een verlamd achterpootje hebben, als de moederhond een achterpoot gebroken heeft bij een ongeluk. Het merendeel van kinderen denkt dat als een jong iemand een vinger verliest, dat het gegeven van vier vingers aan een hand tijdens de ontwikkeling van een kind 'in de hersenen gaat zitten' en later wordt overgedragen op het nageslacht. Echter, als een volwassene een vinger verliest, dan 'weten de hersenen' dat die persoon vijf vingers heeft en heeft het nageslacht ook vijf vingers.

Geconcludeerd kan worden dat kinderen tussen 6 en 12 jaar hun eigen alternatieve conceptuele kader hebben ontwikkeld om de diverse fenotypische eigenschappen te verklaren die door verschillende organismen in hun omgeving werden getoond. Deze verklaringen kunnen worden gecategoriseerd in omgeving, somatisch, naturalistisch en genetisch. Het gegeven dat dergelijke kaders bestaan betekent dat het onderwerp overerving en zijn diverse vormen interessant en belangrijk is voor kinderen. Tenslotte blijkt dat jongere kinderen meer rigide zijn in hun denken, terwijl oudere kinderen flexibeler zijn en meerdere variabelen in ogenschouw kunnen nemen om tot voorspellingen te komen.

Referenties

- 87. Kargbo, D.B., Hobbs, E.D. and Erickson, G.L. (1980). Children's beliefs about inherited characteristics. *Journal of Biological Education*, 14(2),137-146.
- 129*. Ramorog, G. and Wood-Robinson, C. (1995). Batswana children's understanding of biological inheritance. *Journal of Biological Education*, 29(1), 60-71.
- 180*. Thomas, J. (2000). Learning about genes and evolution through formal and informal education. *Studies in Science Education*, 35, 59-92.

1.3.4 Ecosystemen

Leach *et al.* [92] geven in dit artikel de theoretische achtergrond, ontwerpen methodologie van studies [93] en [94].

Functie en herkomst van voedsel

Planten halen hun voedsel uit de grond. 60% van de 5-7 jarige kinderen geeft aan dat planten water nodig hebben, terwijl rond 10% van deze kinderen aangeven dat zonlicht en grond ook nodig zijn. Naarmate kinderen ouder worden neemt het percentage dat zonlicht en grond noemt, toe. Ook noemen 5 - 10% van de kinderen specifiek zuurstof en koolstofdioxide als iets dat planten nodig hebben. Jonge kinderen (5-7 jaar) denken dat het de mensen zijn die zorgen voor water en voedsel voor de planten en dieren [93].

Voedselketens

Kinderen (5-7 jaar) denken over organismen vooral als een individu en minder als een lid van een populatie van individuen. Ze hebben geen besef van onderlinge relaties tussen de verschillende groepen organismen binnen een populatie. Relaties in een voedselweb zijn voor 5-11 jarigen een één op één relatie tussen prooi en predator [94]. Ook in de studie van Hogan onder 11-jarigen [73] bleek dat de meerderheid van de kinderen relaties tussen organismen zagen als een lineair verband met eenrichtingsverkeer. Slechts enkele kinderen (< 10%) dachten dat er tweerichtingsverkeer was en een zelfde percentage had het over een cyclisch verband. Kinderen van 11 jaar zien een voedselweb meer als een verzameling van individuele voedselketens in plaats van onderling verbonden voedselketens.

Organismen in stofkringlopen

Kinderen denken dat planten hun voedsel uit de grond krijgen. Ze zien voedsel als iets dat planten uit de omgeving opnemen en niet als iets dat planten zelf maken. 10% van de kinderen van 5-11 jaar noemt water en grond als voedselbron, terwijl kinderen van 5-7 jaar niet beseffen dat zowel voor de groei van bomen als voor de groei van dieren, materie of stof nodig zijn. Zij denken dat alle materie besloten ligt in het zaadje waar de boom uit groeit. Iets oudere kinderen geven aan dat er ook lucht voor nodig is en dingen uit de grond. Een van de kinderen zegt: '*op een of andere manier komt er hout, maar ik weet niet zeker hoe*' [93].

Bij de afbraak van een plant, bijvoorbeeld een appel, denken kinderen dat de materie langzamerhand verdwijnt. Jonge kinderen (5 jaar) zeggen dat er steeds minder appel is. Slechts enkele kinderen tussen 8 en 13 jaar geven aan dat het organisch materiaal wordt omgezet in mineralen of aarde en dat daar micro-organismen voor nodig zijn. De grond zou daar op een of andere manier 'rijker' van worden [93].

Veranderingen in populaties

Kinderen van 5-7 jaar zijn onbekend met de natuurlijke omgeving en de onderlinge relaties tussen dieren en planten. Ze denken dat planten en dieren voor hun voorziening in behoeften afhankelijk zijn van mensen. Ook realiseren kinderen zich niet dat planten (bomen uitgezonderd) levende organismen zijn [94]. Jonge kinderen (5-7 jaar) denken dat primaire en secundaire consumenten de grootste groepen in een levensgemeenschap zijn, terwijl dat voor de oudere kinderen (7-11 jaar) de producenten zijn. Als reden geven de kinderen (5-7 jaar) op dat deze organismen graag in een bepaalde omgeving vertoeven en (7-11 jaar) dat de grootte wordt bepaald doordat een groep diende als voedsel voor een andere groep en dat de mate van reproductie van belang was voor de populatiegrootte [94].

Conclusies

De concepten lucht en materie ontbreken bij jonge kinderen. Ze gebruiken hun eigen ervaringen met voeding, ademhaling en afbraak van planten om verklaringen te geven over behoeften van planten en dieren om levend en gezond te blijven en over vertering en kringloop van materie.

Ze weten uit eigen ervaring dat mensen lucht nodig hebben, maar dat dieren ook lucht nodig hebben realiseren ze zich niet.

Vanaf 8 jaar beseft een toenemend aantal kinderen dat voedsel nodig is voor de groei van planten en dieren, maar dat lichaamsmateriaal bestaat uit 'chemisch veranderd voedsel' beseffen ze niet. Bij vertering verdwijnt materie in de grond. Dat is op een of andere manier goed voor planten [93].

Wat betreft veranderingen in concepten zijn ontologische verschuivingen geconstateerd bij jongere kinderen, in die zin dat zij aanvankelijk voor het gedrag van dieren het menselijk gedrag als metafoor gebruiken. Bij oudere kinderen zijn veranderingen waar te nemen over de concepten 'lucht' en 'energie' en 'afbraak' [94]. Ten slotte kan de conclusie worden getrokken dat het redeneren van kinderen over voedselwebben meer beperkt werd door het ontbreken van conceptuele modellen over complexe systemen dan door een gebrek aan het conceptuele begrip van controlemechanismen bij populaties [73].

Referenties

73. Hogan, K. (2000). Assessing students' systems reasoning in ecology. *Journal of Biological Education*, 35(1), 22-28.
92. Leach, J., Driver, R., Scott, P. and Wood-Robinson, C. (1995). Children's ideas about ecology 1: theoretical background, design and methodology. *International Journal of Science Education*, 17(6), 721-732.
93. Leach, J., Driver, R., Scott, P. and Wood-Robinson, C. (1996). Children's ideas about ecology 2: ideas found in children aged 5-16 about the cycling of matter. *International Journal of Science Education*, 18(1), 19-34.
94. Leach, J., Driver, R., Scott, P. and Wood-Robinson, C. (1996). Children's ideas about ecology 3: ideas found in children aged 5-16 about the interdependency of organisms. *International Journal of Science Education*, 18(2), 129-141.

1.4 Domein Scheikunde

In deze paragraaf wordt ingegaan op de onderwerpen 'fysische eigenschappen van stoffen en materialen' en 'chemische verandering'. De 'corpusculaire structuur van stoffen' en 'eigenschappen en gebruik van water' worden behandeld bij het domein natuurkunde. Over 'zuren en basen' is geen literatuur gevonden.

1.4.1 Classificatie en samenstelling van stoffen

Fysische eigenschappen van stoffen en materialen

Over het thema classificatie en samenstelling van stoffen is weinig literatuur gevonden. Een groot deel van de artikelen naar de opvattingen van kinderen over materie en de classificatie van materie, heeft betrekking op de fasen en verandering van stoffen en het begrip van vaste stoffen, vloeistoffen en gassen. De inzichten hierover zullen uitgebreid besproken worden in paragraaf 3.5.1. De studies die zijn verricht naar fysische eigenschappen van stoffen en het oplossen van stoffen zullen hieronder besproken worden.

Uit onderzoek van Russell *et al.* [135A] en Stavy [168] is gebleken dat het basisconcept van kinderen (4-12 jaar) van stoffen niet erg uitgebreid is, maar dat dit wel langzaam toeneemt naarmate ze ouder worden.

In de studie van Russell *et al.* [135A] werd kinderen (4-12 jaar) gevraagd een aantal materialen te classificeren. Het bleek dat kinderen de helft van de materialen indeelden op grond van de compositie van de stoffen (waarvan ze gemaakt zijn) en de andere helft op grond van waarneembare kenmerken zoals hard, zacht en glimmend [135A]. Bij de beoordeling van eigenschappen van materialen bleek dat kinderen weinig onderscheid maken tussen hardheid en sterkte. Om eigenschappen te beoordelen (bijvoorbeeld van twee verschillende metalen stroken en een katoenen en wollen draad) maakten kinderen voornamelijk gebruik van te observeren bewijs zoals grootte, dikte, structuur, gewicht en voelen. Dickinson [49] liet zien dat kinderen als ze jong zijn voornamelijk objecten classificeren naar hun functie. Naarmate kinderen ouder worden verschuift dat naar het classificeren van materialen.

Een aantal kinderen stelde ook het gebruik van een *experiment* voor om tot een besluit te komen, zoals buigt onder gewicht, breekt/versplintert, weerstaat knippen of slijtage [135A]. Na de onderwijsinterventie nam het gebruik van een test toe bij de beoordeling van de eigenschappen van stoffen.

Het classificatie-experiment van Stavy [168] onder tachtig kinderen in de leeftijd van 6 tot 13 jaar liet zien dat kinderen gassen niet tot materie rekenen, maar ook de meeste vloeistoffen als melk en water niet. Van de biologische materie (bloem, vlees, menselijk lichaam) werd minder dan 50% als materie ingedeeld en ook enkele vaste stoffen, waaronder grond (45%), werd niet als zodanig gezien. Daarnaast zijn jonge kinderen ook geneigd fenomenen die geassocieerd worden met materie (hitte, licht, schaduw, elektriciteit) als materie in te delen. Echter, de oudste kinderen (12-13 jaar) deelden de voorbeelden grotendeels juist in, al bleven ook voor hen gassen (bijv. lucht) problematisch [168]. Bij het definiëren van materie door kinderen, worden voornamelijk voorbeelden gegeven of de functie wordt omschreven. Het begrip materie blijft voornamelijk gebruikt te worden bij stoffen als cement, ijzer en klei. Dit model blijft bestaan tot aan de brugklas (12-13 jaar). Slechts 10% van de brugklassers relateren materie aan eigenschappen als gewicht en volume in een wetenschappelijke context [168].

Oplossen van stoffen

(Het betreft hier een vervolgstudie. Onduidelijk is in hoeverre leerlingen vooraf aan deze studie informatie hebben gehad over de deeltjestheorie.)

Aan kinderen (11-14 jaar) werd de vraag gesteld om te tekenen en te schrijven over twee verschillende manieren van 'oplossen'. De ene manier had betrekking op het observeren en representeren van een dagelijkse situatie. De andere manier vroeg om het representeren van oplossen in termen van deeltjes. Het bleek dat alle kinderen wel een juiste interpretatie van oplossen in termen van deeltjes konden geven, maar dat zij geen juiste omschrijving konden geven van het geobserveerde proces. Kennelijk is de theorievorming die onderwezen wordt op school doeltreffend, maar draagt het niet bij tot het ontwikkelen van denkbeelden over wat zich in dagelijkse situaties afspeelt [97]. Dit is in tegenstelling met het idee dat natuurwetenschap intrinsiek moeilijk is voor leerlingen en dat gebrek aan succes het beste aangepakt zou kunnen worden in het domein van dagelijkse kennis, de 'in het dagelijks leven ingebedde ideeën'. Het hardnekkige karakter van dagelijkse denkbeelden wordt door meerdere onderzoeken opgemerkt, en is duidelijk zichtbaar. Hiervoor zou het dagelijkse taalgebruik aangaande deze onderwerpen (bijv. metaforen die in spreektaal worden gebruikt, reclames, zinspelingen in dagelijks leven t.a.v. oplossen) direct geduid en behandeld moeten worden in de lessen. Een onverwachte bevinding is dat leerlingen die geen onderwijs hierover hebben gehad even consistent zijn in hun algemene en deeltjes interpretatie bij oplossen als die leerlingen die hierover wel onderwijs hebben gehad.

Referenties

49. Dickinson, D.K. (1987). The development of a concept of material kind. *Science Education*, 71(4), 615-628.
97. Longden, K., Black, P. and Solomon, J. (1991). Children's interpretation of dissolving. *International Journal of Science Education*, 13(1), 59-68.
- 135A. Russell, T., Longden, K. and McGuigan, L. (1991). *Materials*. Primary space project research report. Liverpool University Press.
168. Stavy, R. (1991). Children's ideas about matter. *School Science and Mathematics*, 91(6), 240-244.

1.4.2 Chemische verandering

Verbranding

Relatief weinig studies besteden aandacht aan de effecten van onderwijs op het begrip van kinderen over verbranding [64]. Het onderzoek dat gedaan is naar het begrip van leerlingen hierover is voornamelijk onder oudere kinderen uitgevoerd (basisvorming) [126]. Verbranding wordt veelal als voorbeeld gebruikt bij het thema 'chemische veranderingen', maar het wordt bijna nooit in detail besproken en het proces van verbranding wordt dan niet adequaat behandeld.

De gevonden artikelen over het concept verbranding die ook basisschoolleerlingen (4-12 jaar) betreffen zijn Gabel *et al.* [64], Meheut *et al.* [101] en Rahayu & Tytler [126]. Gabel *et al.* onderzochten kinderen in de leeftijdsgroep van 8-13 jaar (n=27), die een natuurwetenschappelijke zaterdagcursus van vijf uur volgden. Ze maakten gebruik van een meerkeuze toets en interviews. Meheut *et al.* maakten gebruik van vergelijkbare onderzoeksmethoden, echter het betrof hier vierhonderd 11-12 jarige leerlingen. De studie van Rahayu & Tytler [126] betrof kinderen van 6, 8 en 11 jaar (n=73) die nog géén onderwijs over verandering van materialen hadden gekregen en nu een aantal activiteiten rond het thema verbranding werd voorgelegd (o.a. brandende kaars, papier, chocolade etc.). Ze moesten voor elke activiteit voorspellen en beredeneren wat er zou gebeuren.

Bij verbranding zijn een aantal begrippen van belang voor een adequaat inzicht in het proces, en wel: de rol van zuurstof, brandstof en verandering van materialen (producten van verbranding).

Zuurstof

Uit alle studies komt naar voren dat leerlingen erkennen dat lucht (zuurstof) een rol speelt bij verbranding. Zo legt 64% van de 6-jarigen en 96% van de 11-jarigen [126] de relatie tussen het branden van een kaars en de aanwezigheid van lucht of zuurstof. In de studie van Gabel *et al.* is het 96% van de leerlingen die antwoordde dat lucht of zuurstof nodig is voor verbranden. Als de stolp over de kaars wordt gezet weten kinderen dat deze uitgaat, omdat de kaars zuurstof 'nodig' heeft of 'ademt' om te branden. Echter, ze kunnen niet nader uitleggen welke rol zuurstof precies speelt in het verbrandingsproces. Begrip van behoud van massa en het idee dat een deel van de massa als gassen in de lucht zijn opgenomen, zijn relaties die de leerlingen nog moeilijk kunnen leggen. De observaties die leerlingen deden tijdens verbrandingsprocessen stonden ver af van een concept van chemische reacties tussen brandbare stoffen en zuurstof [101]. Leerlingen onderkennen dat lucht een rol speelt in verbranding, maar ze denken aan veranderingen onafhankelijk van het brandbare materiaal.

Brandstof en de verandering van materialen

Leerlingen blijken niet één maar een scala aan verschillende opvattingen over verbranding te hebben, beïnvloed door de waarneembare kenmerken van het proces

[101]. Van sommige brandbare materialen werd gedacht dat zij niet konden branden, maar alleen smelten of verdampen. Zo werd bijvoorbeeld het branden van een kaars gezien als het smelten van de was, ijzer smelt maar brandt niet, en de verbranding van alcohol en een alcoholamp werden verklaard als verdamping [101]. Met name bij het voorbeeld van de kaars die in meerdere studies werd gebruikt, bleek dat kinderen weinig begrip van de rol van brandstof hebben. Zo dacht 79% van de kinderen dat de functie van de was van een kaars is 'het smelt en weerhoudt het lont ervan om te snel te branden'. Bij het uitblazen van de verjaardagskaarsjes is het 'de lucht die je wegblaast waardoor de kaars niet meer kan branden' de verklaring. De meeste kinderen weten niet dat het de brandstof is die je van het lont afblaast waardoor de vlam uitgaat [64].

Materialen als hout en lont veranderen in iets anders met heel andere eigenschappen (als kleur en geur) en worden veelal anders genoemd (as, koolstof). Geen van de kinderen legt bijvoorbeeld het verband dat het 'zwarte spul' (koolstof) dat ontstaat wanneer je papier verbrandt en toast maakt, hetzelfde is en ontstaat uit twee verschillende substanties (brood en papier) [126]. De concepten die leerlingen bij de verschillende situaties van verbranding hebben zijn zowel specifiek als context afhankelijk. Er is weinig coherentie in het gebruik van de concepten over de verschillende verschijnselen [126]. De opvattingen van kinderen staan dus nog ver af van een begrip van het verbrandingsproces als een interactie van stoffen. In de gedachten van de leerlingen is het niet de interactie van een aantal substanties dat resulteert in verbranding maar afzonderlijke omzetting van elke substantie die deel uitmaakt van het voorwerp.

Alhoewel er dus duidelijke vooruitgang werd geboekt in de erkenning dat zuurstof nodig was voor verbranding, konden slechts enkele kinderen precies uitleggen wat er tijdens verbranding gebeurt op het niveau van verschijnselen. Veel misconcepten blijken hardnekkig, leerlingen kennen lucht geen actieve rol toe in het proces van verbranding en denken niet dat er materiaal wordt omgezet in dit proces [64]. De opvattingen van kinderen over verbranding staan dus nog ver af van een begrip van het verbrandingsproces als een interactie van stoffen.

Referenties

64. Gabel, D.L., Stockton, J.D., Monaghan, D.L. and MaKinster, J.G. (2001). Changing children's conceptions of burning. *School Science and Mathematics*, 101(8), 439-451.
101. Meheut, M., Saltiel, E. and Tiberghien, A. (1985). Pupils' (11-12 year olds) conceptions of combustion. *International/European Journal of Science Education*, 7(1), 83-93.
126. Rahayu, S. and Tytler, R. (1999). Progression in primary school children's conceptions of burning: toward and understanding of the concept of substance. *Research in Science Education*, 29(3), 295-312.

1.5 Domein Natuurkunde

In deze paragraaf wordt ingegaan op de concepten die kinderen ontwikkelen binnen de onderwerpen 'fasen en verandering van stoffen', 'licht' en 'elektriciteit en magnetisme'. De onderwerpen 'energie en energieomzettingen', 'geluid en trilling' en 'kracht en beweging' worden hier niet behandeld wegens tijdgebrek. Over het onderwerp 'warmte en temperatuur' is weinig literatuur gevonden.

1.5.1 Fasen en veranderingen van stoffen

Over het thema fasen en verandering van stoffen is redelijk veel gepubliceerd, voornamelijk door Stavy [o.a. 163, 164, 164A, 165, 166, 167, 168]. Voor een adequaat begrip en inzicht in dit thema zijn dan ook een heel aantal concepten en processen van belang. Ten eerste moeten kinderen een begrip hebben van wat een vaste stof, vloeistof en gas is. Ten tweede zijn er de fase overgangen van vast naar vloeibaar, van vloeibaar naar gas en vice versa. Bij deze processen horen termen als smelten, stollen, verdampen, condenseren (voor water zijn hier nog begrippen als koken, waterdamp en bevroren aan verbonden). Tenslotte spelen inzichten in deeltjes (moleculen) een rol bij fase overgangen als ook het begrip van behoud van massa. Dit geheel maakt het een vrij complex thema voor kinderen. De literatuur hierover is dan ook relatief divers aangezien de nadruk in de artikelen op een van deze vele begrippen en processen kan liggen. De studies betreffen daarnaast ook veelal kinderen uit de basisvorming in hun onderzoeksgroep.

Vaste stoffen, vloeistoffen en gassen

Vaste stoffen en vloeistoffen worden door kinderen (5-12 jaar) voornamelijk gedefinieerd aan de hand van karakteristieke eigenschappen. Zo kun je vloeistoffen 'schenken', 'ze zijn nat' en 'ze zijn waterig' en vaste stoffen zijn 'hard', 'niet vloeibaar', 'zwaar, sterk, groot en maken geluid' [163]. Kinderen blijken vloeistoffen beter als zodanig te kunnen herkennen en indelen dan vaste stoffen [85, 163]. Het succes van het indelen van vloeistoffen is voornamelijk toe te schrijven aan het idee van kinderen dat 'alle vloeistoffen uit water bestaan of waterig zijn'. De meeste problemen hadden kinderen dan ook met het indelen van voorbeelden van dikkere en stroperige vloeistoffen zoals honing, chocoladesiroop en tomatensaus [85, 135A, 163].

Als vaste stoffen worden voornamelijk de 'harde en starre' stoffen gezien. In alle leeftijdsgroepen werden voorbeelden van harde vaste stoffen, zoals glas, koper en hout, door de kinderen juist geclassificeerd (80 tot 100%), echter met voorbeelden van 'niet harde' stoffen blijken ze moeite te hebben [85, 135A, 163]. In de studie van Stavy [163] worden de 'niet harde' stoffen als wol, deeg, metalen veer, spons door slechts 50% als vaste stof ingedeeld en de andere 50% deelden deze voorbeelden als een aparte groep in. Zo worden poeders (onder andere zand, suiker, bloem) in alle leeftijdsgroepen niet juist geclassificeerd. Ze worden of als vloeistoffen ingedeeld of als een aparte groep. De studie van Jones [85] gaf vergelijkbare resultaten. Zo werden katoen, bloem, gelei, klei en draad niet door alle kinderen als vaste stoffen gezien en waren er argumenten als 'suiker niet want het verdwijnt in water', draad 'nee, want het kan gebogen worden', chocolade 'nee, want het kan smelten' en kaarsenwas 'nee, want je kunt het breken'. Het bleek ook dat het aantal juiste antwoorden afnam naarmate de kinderen ouder werden (vanaf groep 5 een daling) [85]. De poederachtige stoffen gaven ook hier veel problemen, het zijn materialen waar ruimte zichtbaar of voor te stellen is, zoals bloem en suiker. Kinderen gaven hier redenen aan als 'het is pulverig'; 'het bestaat uit kleine stukjes'; 'je kunt het zeven' maar ook sterkte gerelateerde argumenten: 'het is zacht;' 'je kunt je handen erdoorheen halen'; 'het is als zand, het is los'. Vaste stoffen worden door kinderen dus niet als zodanig ingedeeld

op grond van: sterkte (niet hard), ruimtelijke rangschikking (poederachtig) en potentie tot verandering (het kan gebogen worden of smelten) [85]. De schoolboeken beschrijven vaste stoffen veelal als 'behoud z'n vorm' en 'niet vloeïend' en voor vloeistoffen 'iets dat geen eigen vorm heeft maar de vorm van het vat aanneemt waar het inzit of over het oppervlakte uitvloeit'. Echter veel materialen vervormen in de tijd onder druk van hun eigen gewicht, zelfs de 'harde materialen' als rotsblokken [85]. Deze definities lijken dan ook niet veel houvast en onderscheidende criteria aan kinderen te bieden.

De kennis van kinderen ten aanzien van gassen, voordat ze hierover onderwijs hebben gehad, blijkt minimaal [164]. Kinderen hebben moeite om gas als een substantie te zien. Ook oudere kinderen in de basisschool dachten dat gas geen gewicht had, of dat gas lichter is dan de vloeistof of vaste stof waarvan het verkregen is [166]. Wanneer kinderen de term gas moeten definiëren doen ze dit voornamelijk aan de hand van voorbeelden, zoals gas in frisdrank, lucht en gas om op te koken, maar ze hebben nog geen algemeen begrip van gassen [164]. Gas is een concept dat geen visuele kenmerken heeft en kinderen hebben daarbij toegang tot een beperkt aantal gassen in het dagelijks leven [164]. Zo is lucht, behalve wind en tocht, niet waarneembaar [99]. In het onderzoek van Russell *et al.* [135A] moesten kinderen onder meer een aantal vaste stoffen, vloeistoffen en gassen tekenen en het bleek dat het aantal getekende gassen door kinderen zeer gering was. Als er al iets getekend werd, waren dat associaties met voorwerpen als een gasfornuis [135A]. Verder werd door veel kinderen een 'leeg vat' ook als leeg beschouwd, ook nadat gevraagd werd of er misschien lucht in kon zitten antwoordden meer dan 75% van de kinderen dat dat niet het geval was [135A].

Het begrip van kinderen ten aanzien van gassen heeft voornamelijk betrekking op het gebruik en de functie van objecten. Zo weten leerlingen bijvoorbeeld dat banden opgepompt kunnen worden. Ze zijn bekend met objecten die de fysische eigenschappen van lucht gebruiken. Maar deze kennis en ervaringen leidt niet zonder meer tot het verwerven van een natuurwetenschappelijk begrip van lucht of gas [99]. Het denken wordt sterk beïnvloed door stereotype ideeën als 'lucht is overal' of 'hete lucht stijgt'. Deze stukjes kennis worden vaak zonder inzicht toegepast en kunnen tot fouten leiden.

Uit de studie van Stavy [164] onder 9-15 jarigen bleek dat leerlingen na het onderwijs over gassen eerst kennis over substantiële eigenschappen van gassen verwerven, daarna verwijzen naar gassen als een fase van de materie en alleen daarna passen ze de deeltjestheorie van materie toe om de term 'gas' uit te leggen. De ideeën van kinderen over gassen blijken echter niet consistent en ze worden beïnvloed door irrelevante waarneembare elementen van een opdracht. De kennis en het begrip van leerlingen over de deeltjestheorie van materie is zeer gefragmenteerd. Ze passen het in sommige situaties wel en andere niet toe. Ze gebruiken deze theorie bijvoorbeeld wel om de term 'gas' uit te leggen, maar doen dit niet bij de term 'vast' en 'vloeibaar' [164].

Fase overgangen van stoffen: fasen van water

Naast het begrip van kinderen over vaste stoffen, vloeistoffen en gassen zijn de processen die de overgangen in deze fasen bewerkstelligen (smelten, stollen, verdampen, condenseren) van belang voor een goed inzicht in het thema 'fasen en veranderingen van stoffen'. Daarnaast is een inzicht in de deeltjestheorie van belang om deze processen te kunnen begrijpen. Uit deze literatuurstudie blijkt dat het onderzoek naar het begrip van kinderen over deze processen voornamelijk is gericht op de verandering van *fasen van water*, waarbij de nadruk ligt op de processen *verdampen* en *condenseren* (vloeistof-gas). De overgang van vaste stof naar vloeistof en vice versa blijft enigszins onderbelicht.

Osborne & Cosgrove [114] waren een van de eersten die inzichten van kinderen in de fase overgangen van water bestudeerden [200]. Hierbij werden begrippen en processen als koken, verdampen, kamertemperatuur, condensatie en smelten onderzocht [114]. Door middel van meerkeuzevragen en interviews, waarbij een aantal gebeurtenissen aan de leerlingen getoond werden (smelten van ijs, koken van water, condensatie en verdamping) werden 43 leerlingen in de leeftijd van 8-17 jaar bevestigd. Osborne & Cosgrove waren redelijk pessimistisch in hun conclusie. Zij vonden een aantal niet-wetenschappelijke concepten, die ook door andere auteurs werden onderstreept.

1. Kinderen kunnen bepaalde labels zoals 'verdamping', 'condensatie' en 'smelten' juist gebruiken, maar hun begrip van deze termen is niet onderbouwd door een wetenschappelijk concept. Leerlingen associëren dus de juiste technische term met een bepaalde gebeurtenis of fenomeen, maar begrijpen niet het bijbehorende proces of concept.
2. Leerlingen in alle leeftijdsgroepen (8-17 jaar) hebben opvattingen over dagelijks te observeren fenomenen, echter oudere kinderen hebben vaak nog dezelfde opvattingen als jongere kinderen ondanks hun natuurwetenschappelijk onderwijs. Visies als *'bubbels in kokend water is lucht'*, *'kou die door het glas komt bevat ijs om condensatie aan de buitenkant te veroorzaken'*, *'water komt door het glas door middel van diffusie'*, blijven ook bij oudere kinderen bestaan ondanks onderwijs in deze gebieden. Leerlingen gebruiken wetenschappelijke kennis om hun niet-wetenschappelijke ideeën te onderbouwen.
3. Wanneer leerlingen ouder worden (14-15 jaar) nemen sommige niet-wetenschappelijke ideeën toe, zoals het idee dat water uiteenvalt in waterstof en zuurstof wanneer het verdampt.
4. De natuurwetenschappelijke modellen die leerlingen worden onderwezen kunnen nogal abstract overkomen en zijn (bijna) niet te relateren aan dagelijkse ervaringen. Het deeltjesmodel bijvoorbeeld houdt voor veel leerlingen in dat vloeistoffen minder dicht zijn dan vaste stoffen.

Na het onderzoek van Osborne & Cosgrove [114] volgden meerdere studies naar het begrip van kinderen over verdamping en condensatie, die onder meer de bevindingen van Osborne & Cosgrove probeerden te verifiëren. Zo namen Bar & Travis [11] de onderzoeksopzet van meerkeuzevragenlijsten van Osborne & Cosgrove [114] mee in hun onderzoeksmethode naast een aantal demonstraties van verdamping en condensatie. De onderzoeksopzet van de verschillende studies waren opvallend overeenkomstig: er werd een aantal demonstraties van verdampen, koken en condenseren gegeven, waarna leerlingen (5-15 jaar) bevestigd werden over deze activiteiten (observaties). Voor verdamping werden demonstraties gekozen, als het drogen van een vloer, het drogen van de was, dalend waterniveau in een vat [11, 12, 136A], verdampen van water van een schoteltje [12], koken van water [11, 79, 80] en het condenseren van adem in koude lucht of tegen een raam [136A]. Om het inzicht van kinderen in de processen verdampen en condenseren te kunnen toetsen werd door Russell & Watt [136A] daarnaast een lijst met concepten opgesteld:

1. Water kan bestaan in de vorm van waterdamp, een onzichtbaar, reukloos gas.
2. Lucht bevat deze onzichtbare damp.
3. De hoeveelheid waterdamp in de lucht kan variëren.
4. Verdamping en condensatie scheidt water van vaste stoffen die erin opgelost zijn.
5. Andere vloeistoffen verdampen en condenseren ook.
6. Verdamping leidt tot afkoelen, afkoelen leidt tot condensatie.

De bevindingen van deze studies over het begrip van kinderen van de fasen van water worden hieronder besproken.

Verdampen

Het blijkt dat kinderen in de leeftijd van 5-12 jaar (nog) geen duidelijk begrip van verdampen hebben en dat het gebruik van de bijbehorende terminologie ongericht en/of associatief is. Met name de jongere kinderen verklaren het dalende waterpeil in een vat en het drogen van de was als een verplaatsing van *vloeibaar* water. Zo denken kinderen dat het water verdwijnt doordat het vaste objecten binnendringt of naar een locatie dichtbij is gegaan: *'water is (door kleine gaatjes in de watertank) in de tafel of de grond getrokken'*, *'water is in het vat getrokken, bevindt zich onder het vat'* [11, 136A]. Kinderen denken dus dat vloeibaar water zich verplaatst, maar dit geeft ook aan dat ze zich blijkbaar wel bewust zijn dat volume behouden blijft [136A]. Het water is niet zomaar 'weg' of 'verdwenen'.

Andere kinderen dachten dat het water zich had verplaatst naar een locatie verder weg zoals de lucht en wolken, maar ze beschreven ook de *bron* van verandering, de zon (30%), als uiteindelijke locatie van het water: *'Ik denk dat het water opdroogt door de zon en dat het water in de zon droogt'* (8 jaar); *'Ik denk dat lucht in het water gaat, het water opdroogt en het water in de lucht trekt'* (8 jaar) [136A]. Een klein aantal opperde dat het water weggehaald was door een persoon of dier.

De enkele kinderen die erkenden dat water kon veranderen kunnen worden verdeeld in degenen die verwezen naar andere waarneembare vormen als *'mist'*, *'verstuiven'*, *'druppels'* en degenen die niet waarneembare constructen beschreven als *'gas'*, *'damp'* en *'deeltjes'* [136A]. Het merendeel van de kinderen sprak in de verklaring van deze fenomenen (dalende waterniveau in vat, het drogen van de vloer) echter niet over water als een substantie die meerdere fasen kent.

De opvattingen van kinderen ten aanzien van verdampen blijken echter wel sterk context afhankelijk te zijn. Bij het voorbeeld van het drogen van kleding was het percentage dat het proces interpreteerde als verandering van vloeistof naar waterdamp een stuk groter, en nam geleidelijk toe tot 60% bij de 11-jarigen [11, 136A]. Dit bleek ook het geval in de vergelijking van het verdampen van water van een schoteltje en het drogen van de was in de studie van Bar & Galili [12] en recente literatuur ondersteunt deze bevindingen [66, 200]. De jongste kinderen bleven echter ook hier tevreden met hun verklaring dat het water *'opdroogt'* of *'verdwijnt'*.

Het begrip van kinderen ten aanzien van verdamping van water blijkt zich in een aantal opeenvolgende stappen te ontwikkelen. Door de auteurs [11,12] worden hierin vier hiërarchische fasen onderscheiden:

1. Water verdwijnt (gangbaar onder jonge kinderen).
2. Water wordt opgenomen, geabsorbeerd door het oppervlak. Een visie die opduikt vanaf 7 jaar (verschuiving van een beschrijvende naar een redenerende visie).
3. Water wordt overgeplaatst ('verdamp't') naar een andere (opwaartse) locatie zoals het hemelgewelf, wolken, plafond of lucht. De overgang naar deze visie is rond 9 jaar.
4. Water verdwijnt (verspreidt zich) in de lucht, gepaard gaand met een fase overgang. Deze visie gaat overheersen rond 13 jaar.

Toegang tot het concept van de gasfase is dus kritiek in de ontwikkeling van het begrip van kinderen over verdamping en condensatie [79, 80].

Koken

Een juiste interpretatie van het proces van koken wordt al op jongere leeftijd bereikt, eerder dan een juiste verklaring voor het proces van verdampen. Zelfs meer dan de helft van de jongste groep (6 jaar) gaf aan dat wanneer water aan het koken is er *waterdamp* wordt gevormd en dat op hetzelfde moment de hoeveelheid water afneemt [11]. Niet alle kinderen konden echter de *bron* van de *damp* juist duiden als het water, maar zeiden dat deze uit de bellen kwam. Bij doorvragen gaven veel kinderen echter

aan dat de bellen een tussenfase van water en damp zijn. Aangezien koken verbonden is met verhitten bestonden er ook misvattingen onder kinderen (10-11 jaar) dat damp 'hete lucht' of 'water en warmte' is in plaats van 'een andere vorm van water'. Echter de bellen die ontstaan tijdens het koken van water geven toch nog de meeste problemen voor kinderen. De inhoud van de bellen werd naast waterdamp beschreven als 'water, water en warmte, lucht, hitte, rook en zuurstof'. Onder de jongste kinderen (6-7 jaar) waren lucht (25%) en water (40%) veel gegeven antwoorden, maar ook veel kinderen gaven geen antwoord op deze vraag. Jonge kinderen accepteren veelal het idee van onzichtbare lucht of damp nog niet en zeggen dus dat er water in de bellen zit of blijven een antwoord schuldig. De meeste oudere kinderen (11-12 jaar) (70%) verklaarden juist dat de *damp* die van het kokende water komt bestaat uit *water*. Paradoxaal is dat 75% van deze groep vervolgens zei dat in de bellen *lucht* zat [11]. Het blijkt dus dat er ook rond het kookproces nog wel enige misvattingen bij kinderen bestaan. Echter, het percentage dat aangaf dat de damp voortkomt uit het water bij het kookproces, is beduidend hoger dan het percentage dat het verdampingsprobleem (drogen van de vloer) juist beantwoordde. Veel kinderen weten dat water verandert in gas door het kookproces, maar ze begrijpen niet dat dezelfde omzetting (verdampen) plaats kan vinden bij het drogen van de was of vloer ('water verdwijnt' of 'gaat de vloer in'). Rond 9 jaar neemt het aantal dat denkt dat water verdampt, toe. Deze omslag is gerelateerd aan het kunnen begrijpen dat er lucht in een kamer aanwezig is [11].

Condenseren

Opvallend is dat het begrip van kinderen over condenseren in deze studies veel summierder wordt beschreven en er minder demonstraties van condensatie waren opgenomen in de onderzoeksopzet.

Russell & Watt [136A] hebben kleinschalig het begrip van kinderen over de omkeerbaarheid van het proces verdamping getoetst. Ze vroegen kinderen of het mogelijk was het water dat verdwenen was bij de verdampingsdemonstraties terug te krijgen. Ongeveer de helft van de kinderen dacht dat dit niet mogelijk was en dat het water niet langer bestond, 20% gaf geen antwoord of wist het niet. Een aantal kinderen gaf aan dat het als regen terugkwam. Uit hun studie bleek wel dat na het onderwijs alle kinderen dachten dat het proces omkeerbaar was. Een groot deel hiervan gaf aan dat het water terugkwam als regen of condensatie [136A].

Bar & Travis [11] gaven aan dat de ontwikkeling van het concept condensatie parallel verloopt aan de ontwikkeling van het concept verdampen, aangezien het aantal juiste antwoorden op de vraag 'kan damp veranderen in water?' ook hier toenam met de leeftijd ('ja, want damp bestaat uit water'). Echter, kinderen hadden erg veel moeite met het verklaren van het probleem 'waarom zich condensatie van water voordoet op een vat dat ijs bevat'. Dit is niet verwonderlijk omdat hier twee problemen tegelijk opgelost moeten worden en hiervoor inzicht in twee concepten nodig is. Ten eerste vraagt het om een begrip van de aanwezigheid van waterdamp in de lucht. Ten tweede om een begrip van condensatie en het inzicht dat deze waterdamp uit de lucht door de kou dus kan condenseren tot water. Hiervoor is een niveau van abstractie nodig en de aanname dat waterdamp altijd aanwezig is *in* lucht en dat deze damp *uit* de lucht kan condenseren op het vat wat waterdruppels op het vat veroorzaakt. Het blijkt dus dat de meeste leerlingen zich wel bewust zijn van het proces van condensatie en daarnaast weten dat damp in water kan veranderen. Echter het weten is iets anders dan in staat zijn dit te gebruiken bij het verklaren of begrijpen van een (nieuw) fenomeen [11]. Deze bevindingen zijn dus in overeenstemming met de eerdere resultaten van Osborne & Cosgrove [114].

De bevindingen van onder meer Bar & Travis [11] en Russell & Watt [136A] over het begrip van fase veranderingen van water bij basisschoolleerlingen komen dus grotendeels overeen met die van Osborne & Cosgrove [114] bij oudere kinderen. Enkele verschillen zijn dat Bar & Travis vonden dat het vertrouwen van kinderen groeide ten aanzien van de relatie tussen 'water en damp' en het bestaan van 'damp in de lucht' in de leeftijdsgroep van 6-13 jaar. Zij gaven aan dat jonge kinderen al bijna correcte visies hebben over koken, ze verwarren alleen stoom met damp, maar ze begrijpen dat tijdens het koken vloeistof in gas wordt omgezet. Deze claim wordt echter in twijfel getrokken door Johnson [79], die beweert dat de auteurs geen informatie hebben over het begrip van deze kinderen over de gastoestand en dat ze de subtiliteit van het gebruik van taal onderschatten door uitspraken als water is 'verdwenen' (terwijl kinderen hiermee veelal bedoelen 'kan niet meer worden gezien'), of dat 'lucht' door kinderen op dezelfde manier zou worden gebruikt als volwassenen dat doen. De taal en terminologie speelt dus een belangrijke rol in het begrijpen en interpreteren van uitspraken van kinderen.

Terminologie

Johnson [79] wijst erop dat woorden als 'damp' 'mist' 'stoom' 'gas' en 'lucht' slordig worden gebruikt door kinderen, zelfs inwisselbaar. Het is dus belangrijk om te begrijpen wat kinderen bedoelen met taal en termen in bepaalde contexten [80]. In het onderzoek bestaat de neiging om het begrip van volwassenen toe te kennen aan zowel vraagstellingen als het interpreteren van de antwoorden van kinderen. De moeilijkheid van het interpreteren van de terminologie die kinderen gebruiken wordt ook door Russell & Watt [136A] onderkend. Zij rapporteren ook dat de term 'verdampen' meer door de oudere kinderen wordt gebruikt en de jonge kinderen veelal niet-technische termen gebruiken als 'verdwijnen, opdrogen en foetsie' (45%), bij de vraag waar het water blijft bij het drogen van was of water in een tank [136A]. Echter, zowel het gebruik van de technische als niet-technische termen moet getoetst worden op de bedoelde betekenis. 'Verdwenen' werd slechts zelden gebruikt in de zin van dematerialiseren, en 'verdampen' werd zelden gebruikt met het juiste begrip van het woord. Voor kinderen zijn de termen verdampen en verdwijnen veelal inwisselbaar. De terminologie wordt door kinderen dus veelal ongericht en associatief gebruikt zonder een werkelijk begrip van de bijbehorende processen.

Behoud van massa

Om de wederkerigheid van de processen smelten, stollen, verdampen en condenseren te kunnen begrijpen is het van belang een besef van behoud van massa te hebben. Ideeën als 'water verdwijnt' of het 'proces van verdamping is onomkeerbaar', kunnen hierbij in de weg staan.

Stavy heeft onderzoek verricht naar het begrip van kinderen (6-15 jaar) van behoud van massa [165, 166, 167]. Zij heeft leerlingen getoetst op hun bekwaamheid om gewichtsbehoud te erkennen als ook de wederkerigheid van processen. De leerlingen (n=120) kregen een aantal formeel identieke opdrachten voorgelegd, waarbij materie een verandering ondergaat. Hen werd gevraagd de gelijkheid van het gewicht te beoordelen [165]. De volgende veranderingen van materie werden getoond: het smelten van ijs en kaarsen, het oplossen van suiker, en het verdampen van aceton en jood. Het bleek dat kinderen die behoud van gewicht in de ene opdracht erkenden, bijvoorbeeld smelten, dat niet per se ook in de verdampingsopdracht deden [165, 166]. Veel leerlingen denken dat een gesmolten voorwerp minder weegt dan hetzelfde materiaal in z'n vaste vorm en dat gas minder weegt (of geen gewicht heeft) dan dezelfde substantie in vloeibare of vaste vorm.

De leerlingen die behoud van gewicht wel erkenden waren zich niet altijd bewust van de *omkeerbaarheid* van de processen. Zo was het percentage dat de omkeerbaarheid van het smelten van ijs onderkende hoog in alle leeftijdsgroepen, terwijl bij de kaars alleen de oudere kinderen dit aangaven. Bij de omkeerbaarheid van verdamping van jood en aceton was het percentage zeer laag (met uitzondering van de 12-13 jarigen) [165].

Het blijkt dat tot de leeftijd van 12 jaar de specifiek beeldende input van de opdracht, zoals kleur, grote invloed heeft op de antwoorden van leerlingen ten aanzien van het behoud van gewicht en de omkeerbaarheid van de processen [165, 166]. Het inzicht van kinderen blijkt dus nog sterk afhankelijk van de context te zijn. Veel leerlingen uit deze studies hadden de kennis die nodig was om het 'behoud van gewicht'-probleem op te lossen, maar gebruikten in plaats daarvan irrelevante kennis die in bepaalde situaties of op een bepaalde leeftijd vrij sterk kan zijn. Voornamelijk het intuïtieve idee dat '*gassen geen gewicht hebben*' en '*vloeistoffen altijd lichter zijn dan vaste stoffen*' lijkt zeer vasthoudend [165]. Dus ook als de juiste kennis aanwezig is hoeft deze niet altijd gebruikt te worden bij het oplossen van een probleem.

Stavy heeft vervolgens geprobeerd de misconcepten van kinderen te veranderen door voort te bouwen op bestaande intuïtieve kennis van leerlingen met behulp van analogieën [167]. Het gebruik van analogische relaties tussen bekend en onbekend zou leerlingen kunnen helpen om nieuwe informatie te leren en misconcepten bij te stellen of verwerpen. Hiertoe kreeg de helft van de kinderen (n=74) eerst de 'behoud van gewicht'-opdracht bij verdamping van aceton, waarna ze een vergelijkbare opdracht kregen met een andere substantie (jood). Voor de andere helft van de leerlingen werd de volgorde van de opdrachten omgekeerd. Het bleek dat de prestaties in de 'aceton'-opdracht significant beter waren als deze de 'jood'-opdracht opvolgde. Het moeilijke en niet begrepen voorbeeld van aceton werd dus beter begrepen als het een bekend en/of intuïtief begrepen voorbeeld (jood) opvolgde. Leerlingen waren dus in staat het begrip van het verdampen van jood ook toe te passen bij de verdamping van aceton. Leren vond plaats als een resultaat van het vormen van analogieën [167]. Stavy concludeert dan ook dat het onderwijzen aan de hand van analogieën een effectief instrument in natuuronderwijs kan zijn en dat analogieën dus goed binnen één thema gebruikt kunnen worden, in plaats van de gebruikelijke analogieën tussen verschillende inhoudelijke thema's.

Deeltjes

Het begrip van kinderen van macroscopische en microscopische eigenschappen van de vaste -, de vloeibare - en de gasfase van materie als ook hun macro- en microscopisch begrip van fase verandering blijken minimaal [82, 106]. Meerdere studies [82, 106, 204A] laten zien dat kinderen voornamelijk macroscopische eigenschappen aan deeltjes toekennen. Zo geven leerlingen bijvoorbeeld aan dat individuele deeltjes smelten en uitzetten. Uit de studie van Nakhleh & Samarapungavan [106] bleek dat van een 7-10 jarige onderzoeksgroep (n=15) 20% van de kinderen 'microdeeltjes-achtige' opvattingen van materie lieten zien en 60% 'macrodeeltjes-achtige' opvattingen. De overige 20% bleef de fasen en fase overgangen van stoffen zelfs alleen op macroniveau verklaren en beschrijven, zonder enig deeltjes concept [106]. Daarnaast hebben kinderen veel problemen met het idee dat er '*niets*' tussen de deeltjes is. Met name bij de gasfase hebben ze hier veel moeite mee. Veel kinderen denken toch dat er '*iets*' tussen de deeltjes zit, en dat iets wordt meestal geduid als '*lucht*' [82].

Men kan zich ook afvragen of kinderen in de basisschoolleeftijd zo'n abstract concept als de deeltjestheorie wel kunnen begrijpen en of dit concept wel thuishoort in het primaire curriculum. Kinderen hebben al veel moeite met het concept gassen, omdat gassen zo moeilijk waarneembaar zijn.

Skamp [152] echter, concludeert uit zijn studie dat basisschool kinderen (10-12 jaar) al onderwezen moeten worden over atomen en moleculen, omdat ze in staat zijn om een aantal belangrijke aspecten van de kinetische moleculaire theorie te begrijpen. Na onderwijs volgens Leistens lessenreeks over atomen en moleculen, bleek 60% van de leerlingen naar atomen en moleculen te verwijzen bij onderwerpen die in de lessenreeks aan de orde waren geweest, zoals structuur van vaste stof, fasen, en verandering van fasen [152]. Zowel de 10- als 12-jarigen presteerden na onderwijs beter dan een controle school, maar voornamelijk op die items die direct betrekking hadden op delen uit de Leisten lessequentie. Echter, ook hier kwam naar voren dat sommige kinderen nog macroscopische eigenschappen aan atomen en moleculen toeschrijven. En de vraag blijft of kinderen werkelijk een inzicht hebben in de deeltjestheorie als blijkt dat ze gemakkelijk moleculaire termen gebruiken na het onderwijs. Het is heel goed mogelijk dat kinderen de juiste termen gebruiken zonder dat ze een adequaat begrip van het concept hebben, zoals onder meer ook bleek uit het ongerichte en associatieve gebruik van termen door kinderen bij het proces van verdamping (zie laatste alinea van deze paragraaf onder 'Aanbevelingen').

Samenvattend blijkt dat kinderen in de leeftijd van 6 tot 12 jaar de meeste moeite hebben met de gasfase van stoffen. Gassen blijft een lastig concept aangezien het veelal niet waarneembaar is, immers je kunt het moeilijk voelen en niet vasthouden, dit in tegenstelling tot vaste stoffen en vloeistoffen. Inzicht in de gasfase is dan ook een cruciaal punt in de begripsontwikkeling van kinderen ten aanzien van het thema fasen en verandering van stoffen. Wanneer de gasfase adequaat wordt begrepen krijgt ook de deeltjestheorie z'n vorm en hiermee kunnen dan ook de overgangen van vast naar vloeibaar en van vloeibaar naar gas beter begrepen worden. Het blijkt echter dat het (abstracte) concept van gassen en deeltjes zich veelal pas rond 12-13 jaar begint te ontwikkelen (alhoewel leerlingen macroscopische eigenschappen aan deeltjes toekennen) en dat leerlingen voor die leeftijd dus veelal nog alternatieve concepten van fasen van stoffen zullen hebben. Zo worden voornamelijk de 'harde' vaste stoffen als vaste stoffen gezien door kinderen en hebben ze moeite om poederige en buigzame stoffen als vaste stoffen te zien. De vloeistoffen worden goed als zodanig herkend, echter de overgang van vloeistof naar gas (verdamping) brengt nogal wat misvattingen met zich mee. Vooral jongere kinderen erkennen nog geen gasfase (bijv. waterdamp). Alhoewel het kookproces van water weer redelijk goed wordt begrepen door kinderen, is het gebruik van de bijbehorende terminologie (zoals verdampen, damp, mist, stoom, gas en lucht) veelal ongericht en associatief, zonder dat ze een goed beeld van de begrippen en processen hebben.

Aanbevelingen

Leerlingen nemen sterke opvattingen over hoe en waarom dagelijkse dingen zich voordoen mee de klas in. Gezien hun ervaringen zijn deze opvattingen logisch en zinnig. Daarnaast kunnen deze opvattingen onveranderd blijven of beïnvloed worden in onvoorziene richtingen door het natuurwetenschappelijke onderwijs [114]. Zo blijken kinderen het kookproces van water beter te begrijpen dan verdamping van water in een andere context. Het herkennen van de verschillende vormen van materie blijkt ook sterk te variëren afhankelijk van de materie die wordt bevraagd [85]. Vloeistoffen worden bijvoorbeeld beter als zodanig herkend dan vaste stoffen. Het wordt dan ook geadviseerd om het thema 'fasen van materie' in eerste instantie te onderwijzen met

de focus op vloeistoffen. Dit zou kunnen starten in groep 3 met het herkennen van overeenkomsten tussen vloeistoffen [163]. Behandeling van het concept vloeistof zou zich voornamelijk moeten richten op demonstraties die laten zien dat niet alle vloeistoffen waterig zijn.

Bij het onderwijzen van vaste stoffen moet er extra aandacht worden besteed aan de 'niet harde' materialen en poeders door verschillende voorbeelden te laten zien. Tot groep 5 herkennen kinderen overeenkomsten tussen verschillende vaste stoffen niet spontaan, daarom wordt geadviseerd het onderwijs van harde vaste stoffen niet vóór groep 5 te starten. Onderwijs moet op een concreet niveau plaatsvinden met de focus op het herkennen van overeenkomsten tussen harde vaste stoffen en het gebruik van de term vaste stof om deze te beschrijven. Tenslotte zou de behandeling van niet harde vaste stoffen pas moeten starten nadat leerlingen begrip van harde vaste stoffen hebben [163].

Onderwijs ten aanzien van gassen zou zoveel mogelijk de natuurlijke sequentie en snelheid van leerlingen moeten volgen. Leerlingen blijken eerst kennis over de substantiële aard van gassen te verwerven, waarna het algemene idee van een gas wordt ontwikkeld als een vorm van materie. Pas in de laatste fase ontwikkelen kinderen kennis van de deeltjestheorie van materie. Het lijkt logisch deze volgorde ook in het onderwijs te volgen [164]. Omdat leerlingen verschillend reageren op identieke opdrachten in verschillende contexten zou men leerlingen zoveel mogelijk contexten moeten voorleggen en de vorm en essentie van de opdracht moeten benadrukken. Aangezien de leerlingen de deeltjestheorie voornamelijk accepteren met betrekking tot gassen en niet tot vaste stoffen en vloeistoffen, wordt geadviseerd hen te confronteren met tegenstellingen en specifiek de overgang van fasen van gas naar vloeistof en vice versa te behandelen in termen van gelijkheid van substantie, behoud van gewicht, identieke deeltjes en behoud van het aantal deeltjes [164]. Bij het onderwijzen van atomen en moleculen zouden docenten een strategie moeten gebruiken waarbij concrete representaties van atomen en moleculen worden gebruikt met actieve aanpakken als rollenspellen e.d., zodat enige conceptuele verandering bereikt kan worden [152].

Tenslotte is gebleken dat kinderen taalregisters gebruiken die juiste antwoorden geven vanuit ónjuiste argumenten [85]. De terminologie wordt door kinderen veelal associatief gebruikt zonder dat ze inzicht in de bijbehorende begrippen en processen hebben. Deze bevindingen benadrukken dat docenten veel zorgvuldiger moeten luisteren en moeten reageren op de alternatieve opvattingen van leerlingen. Ze moeten zich meer bewust zijn van het talige karakter van leren en de theoretische beperkingen van veel fundamentele classificatie schema's in de natuurwetenschappen. Zo zijn in de praktijk de overgangen van vaste stof naar vloeistof en gas niet duidelijk gescheiden en afhankelijk van tijd en ruimte variabelen. In schoolboeken worden echter veelal de ideale omstandigheden beschreven [85]. Docenten zouden de opvattingen van de leerlingen moeten identificeren en hun onderwijs hierop moeten afstemmen, willen de ideeën van leerlingen in de juiste richting veranderen [114].

Referenties

11. Bar, V. and Travis, A.S. (1991). Children's views concerning phase changes. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(4), 363-382.
12. Bar, V. and Galili, I. (1994). Stages of children's views about evaporation. *International Journal of Science Education* 16(2), 157-174.
- 66*. Galili, I. and Bar, V. (1997). Children's operational knowledge about weight. *International Journal of Science Education*, 19(3), 317-340.

- 79*. Johnson, P. (1998). Children's understanding of changes of state involving the gas state, Part 1: Boiling water and the particle theory. *International Journal of Science Education*, 20(5), 567-583.
- 80*. Johnson, P. (1998). Children's understanding of changes of state involving the gas state, Part 2: Evaporation and condensation below boiling point. *International Journal of Science Education*, 20(6), 695-709.
- 82*. Johnson, P. (1998). Progression in children's understanding of a 'basic' particle theory: a longitudinal study. *International Journal of Science Education*, 20(4), 393-412.
85. Jones, B.L., Lynch, P.P. and Reesink, C. (1989). Children's understanding of the notions of solid and liquid in relation to some common substances. *International Journal of Science Education*, 11(4), 417-427.
99. [142A] Marie-Genevieve, S. (1986). Children's conceptions of the gaseous state, prior to teaching. *International/European Journal of Science Education*, 8(4), 413-425.
106. Nakhleh, M.B. and Samarapungavan, A. (1999). Elementary school children's beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(7), 777-805.
114. Osborne, R.J. and Cosgrove, M.M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(9), 825-838.
- 135A. Russell, T., Longden, K. and McGuigan, L. (1991). *Materials*. Primary space project research report. Liverpool University Press.
- 136A. Russell, T. and Watt, D. (1990). *Evaporation and condensation*. Primary space project research report. Liverpool University Press.
152. Skamp, K. (1999). Are atoms and molecules too difficult for primary children? *School Science Review*, 81(295), 87-96.
163. Stavy, R. and Stachel, D. (1985). Children's ideas about 'solid' and 'liquid'. *International/ European Journal of Science Education*, 7(4), 407-421.
164. Stavy, R. (1988). Children's conception of gas. *International Journal of Science Education*, 10(5), 553-560.
- 164A.* Stavy, R. (1989). Children's understanding of the notions of solid and liquid in relation to some common substances. *International Journal of Science Education*, 11(4), 417-427.
165. Stavy, R. (1990). Pupils' problems in understanding conservation of matter. *International Journal of Science Education*, 12(5), 501-512.
166. Stavy, R. (1990). Children's conceptions of changes in the state of matter: from liquid (or solid) to gas. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(3), 247-266.
167. Stavy, R. (1991). Using analogy to overcome misconceptions about conservation of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(4), 305-313.
168. Stavy, R. (1991). Children's ideas about matter. *School Science and Mathematics*, 91(6), 240-244.
200. Tytler, R. (2000). A comparison of year 1 and year 6 students' conceptions of evaporation and condensation: dimensions of conceptual progression. *International Journal of Science Education*, 22(5), 447-467.
- 204A*. Vos de, W. and Verdonk, A.H. (1996). The particulate nature of matter in science education and in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6), 657-664.

1.5.2 Licht

Ook voor het onderwerp licht kan gesteld worden dat het merendeel van de artikelen onderzoek naar oudere kinderen beschrijft (secundair onderwijs) en dan voornamelijk leerlingen in de basisvorming³. In het merendeel van de gevonden literatuur werden kinderen geïnterviewd tijdens of net na een opdracht c.q. interventie over het thema licht [34, 57, 60, 114A] met als doel het peilen van de opvattingen van kinderen over licht en schaduw. Uitzondering is het onderzoek van Selley [141], die data verzamelt in een longitudinale studie van 9 tot 11 jaar en leerlingen interviewt en tekeningen laat maken over licht, zonder dat ze hier enig onderwijs over hebben gehad. De onderzoeken betroffen merendeel relatief kleine onderzoeksgroepen ter grootte van een klas, rond de 20 à 30 leerlingen. Uitzondering is het SPACE project [114A] dat in totaal 64 leerlingen van vijf basisscholen in de pre-interventie en 64 leerlingen in post-interventie heeft betrokken.

Uit de onderzoeken blijkt dat maar weinig (tot geen) kinderen een adequaat wetenschappelijk begrip van licht hebben. Het concept schaduw blijkt zelfs nog moeilijker voor kinderen te zijn. Kinderen zien licht niet als een duidelijke entiteit die zich door de ruimte voortplant en zien niet dat schaduwen worden veroorzaakt door het blokkeren van licht door een ondoorzichtig object. Het zien van een object wordt door de meeste kinderen verklaard via een 'actief model', waarbij het oog iets 'uitstraalt' naar het object waardoor het gezien wordt [141].

Enkele algemeen voorkomende alternatieve opvattingen van kinderen over licht die door de auteurs [o.a. 34, 60] worden genoemd staan hieronder.

- a. Licht wordt geïdentificeerd met z'n bron of z'n effect in plaats van een duidelijke entiteit. Licht wordt veelal gelijkgesteld aan z'n bron, kinderen zien licht als 'inzittende' in de bron, dus licht zit *in* de kaars of *in* de lamp.
- b. Licht is een fase van zijn: daglicht wordt gezien als een resultaat van het bestaan in een zee van licht.
- c. Schaduwen worden gezien als een reflectie (soms van 'donker licht') die dezelfde vorm heeft als het object: er is geen begrip van de verspreiding van licht en er worden geen pogingen gedaan om de overeenkomsten in vorm te verklaren.
- d. Licht raakt op: een kaars verlicht niet de hoeken van een kamer omdat de bron te zwak is en omdat het licht opraakt voordat het de hoek van de kamer bereikt (dit is duidelijk gekoppeld aan de ervaringen van kinderen, dat het licht niet gezien kan worden, dus het is gestopt). Kinderen hebben eerder het idee dat licht verloren kan gaan of versterkt kan worden, dan dat licht behouden blijft.
- e. Licht verplaatst zich alleen als het sterk en intens genoeg is om te zien.
- f. Licht verplaatst zich verder in het donker.
- g. Kinderen hebben geen begrip dat licht door de ruimte voortbeweegt, behalve misschien bij de zon omdat de afstand groot is.

De onderdelen die deel uitmaken van (een adequaat inzicht in) het begrip licht, zijn lichtbronnen, schaduw en zien. Deze zullen hieronder verder worden besproken.

Lichtbronnen

Het blijkt dat leerlingen in alle leeftijdsgroepen goed in staat zijn lichtbronnen te noemen, maar dan met name primaire lichtbronnen als een lamp, kaars, autolichten en verkeerslichten. De zon bijvoorbeeld werd door de 4-jarigen niet uit zichzelf genoemd [60]. Het onderzoek van Osborne *et al.* [114A] liet ook zien dat kinderen in alle

³ Andersson, B. & Karrqvist, C. (1983). How Swedish pupils, aged 12-15 years, understand light and its properties. *European Journal of Science Education*, 5(4), 387-402.

leeftijdsgroepen (7-11 jaar) een brede kennis van lichtbronnen hadden en er waren geen aanwijzingen dat dit veranderde als gevolg van een interventie. Echter, ook hier spraken kinderen voornamelijk over primaire lichtbronnen (vier keer zoveel als over secundaire lichtbronnen). De aard van het begrip dat kinderen van secundaire lichtbronnen had werd onderzocht, maar slechts een minderheid bleek in staat enige verklaring te geven die in de richting van een 'wetenschappelijk' begrip van deze bronnen ging. De oudere kinderen ontwikkelden een vollediger begrip van secundaire lichtbronnen, wat inhoudt dat zij in staat zijn een verklaring te geven waarin de ware lichtbron wordt erkend. Deze verandering lijkt het gevolg te zijn van ontwikkelingen in ervaringen van de kinderen (en niet als gevolg van de interventie). De data lieten zeer weinig verandering in het begrip van kinderen van lichtbronnen zien als gevolg van de interventie [114A].

Schaduw

Duisternis wordt niet geassocieerd met de afwezigheid van licht [60] en de uitspraken van kinderen over schaduw waren zeer onvoorspelbaar, zoals 'reflecties veroorzaakt door licht die overal kunnen zijn' [34]. Schaduw is een complexer fenomeen dan licht dat een verfijnder verklaringskader behoeft. Het onderzoek van Fehrer [57] laat zien dat slechts een kwart van de kinderen (8-14 jaar) een duidelijk begrip van schaduw had als 'de afwezigheid van licht'. De meeste kinderen spraken over schaduwen alsof er iets 'aanwezig' was, iets met materiële eigenschappen: het heeft een duidelijk gedefinieerde vorm, beslaat ruimte, is in staat te bewegen en kan vooruit geduwd worden. Veel van deze ideeën kunnen herleid worden naar ervaringen en spreektaal: we spreken over 'onze schaduw'. De schaduwen die we veelal zien zijn bijvoorbeeld onze eigen schaduw op straat, waarbij het object ver van de lichtbron staat en dicht bij het 'scherm' en waarbij de vorm van de schaduw hetzelfde is als het object en mee beweegt als we lopen. De belichaming hiervan is de schaduw van Peter Pan in de film. Het idee dat de schaduw 'eigendom van het object is', is erg sterk. Kinderen denken zo ook dat de lichtbron z'n schaduw '*in zich*' heeft. De jongere kinderen dachten dat de schaduw ook 's nachts (in het donker) aanwezig is. De schaduw die er 's nachts is, is de schaduw die het object toebehoort in de donkere kamer. Je kunt het niet zien maar het verschuilt zich in het object totdat het licht het object raakt en de schaduw tevoorschijn komt (de schaduw '*behoort het object toe*'). En '*licht stelt ons in staat de schaduw te zien*', waarbij licht een passieve rol krijgt toebedeeld. De kinderen die volhielden dat schaduwen onafhankelijk van het licht bestaan en dat het licht zelf de schaduw naar de achtergrond '*duwt*', zijn voornamelijk kinderen in de leeftijd van 8-9 jaar. De kinderen die ontkennen dat er een schaduw bestaat in het donker en al een idee van oorzaak-gevolg relatie hebben tussen licht en schaduw, maar deze nog niet geheel kunnen verklaren, zitten in de leeftijd van 9-11 jaar (overgangsgroep tussen de niet-causale en wetenschappelijke verklaring) [57].

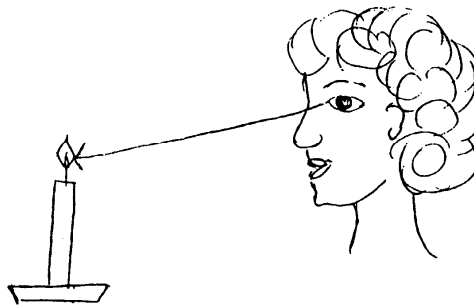
Zien

Het zien van objecten wordt door de meeste leerlingen verklaard via het 'emissiemodel'. Bij het emissiemodel is er het idee dat het oog zelf iets 'uitstraalt' waardoor een object gezien wordt, in plaats van het oog dat licht opvangt. Uit de longitudinale studie van Selley [141] bleek dat het aantal kinderen dat een vorm van het emissiemodel aanhing sterk toenam gedurende de twee tot drie jaar dat ze gevolgd werden (groep 4, 5 en 6: 9-11 jaar oud). Het aantal leerlingen dat het meer verfijnde 'ontvangstmodel' had was klein.

De auteurs [141] geven aan dat het emissiemodel niet een 'primitief model' is en dat deze resultaten niet een afname maar een *voortgang* van minder precies begrip zijn. Het wordt gesuggereerd dat dit idee eenvoudig weerlegd kan worden met de vraag

'Waarom kunnen we dan niet in het donker zien?'. Echter, leerlingen kunnen hiervoor ideeën opperen die overeenkomen met de ideeën die wetenschapsfilosofen vroeger ook hadden: 'licht wordt door het oog gereflecteerd'. Hoewel Sprod [160] de methodiek van Selley bekritiseert, bevestigt hij wel diens bevindingen.

Het is opmerkelijk dat kinderen wel (parallele) stralen vanuit een lichtbron tekenen, zoals het onderzoek van Fehrer [57] laat zien, wanneer ze schaduw moesten verklaren, maar dit begrip niet als vanzelfsprekend gebruiken bij de uitleg van zien. Hierbij wordt veelal het 'actieve model' gebruikt. Veel kinderen waren in staat om de link tussen oog en object aan te geven voornamelijk door één lijn tussen oog en object te tekenen (figuur 1).



Figuur 1. Zien als een actief 'emissiemodel' getekend door een 10-jarige. Een enkele link tussen oog en object als verklaring voor het zien van een object. [114A]

Echter 35% van de jongere kinderen (7-9 jaar) gaven antwoorden die geen enkele verklaring voor zien bevatten [114A]. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat 'zien' geen probleem voor hen vormt en dat 'we met onze ogen zien' voldoende verklaring voor hen was. De interventie in de studie van Osborne *et al.* [114A] bleek voornamelijk effect te hebben bij de oudere kinderen (9-11 jaar) die vaker de tweeledige link: oog-object en object-bron gebruikten in hun verklaring (7% vóór interventie en 45% na), terwijl dit bij jongere kinderen afnam (30% vóór en 18% na interventie). Daarnaast bleek dat de antwoorden van kinderen sterk context afhankelijk konden zijn. Zoals de tekening (figuur 2) van een 11-jarige weergeeft [114A], wordt het zien van een primaire lichtbron wel als het 'ontvangstmodel' weergegeven, maar het zien van een boek niet.



Figuur 2. Context afhankelijkheid van de verklaring van zien door een 11-jarige. Het zien van een primaire lichtbron als 'ontvangst model' en het zien van een boek als 'emissie model'. [114A]

Het blijkt dat het verklaren van het zien van objecten die te maken hebben met een secundaire lichtbron, zoals een boek of een klok, erg moeilijk voor kinderen was. Ook na interventie is hier weinig (positieve) verandering in waar te nemen. Het geeft aan dat het begrijpen van hoe we een object zien dat niet een directe lichtbron is, een gebied van conceptuele moeilijkheden is voor basisschoolkinderen.

Ideeën van kinderen zijn opmerkelijk vasthoudend. Het actieve model van zien wordt moeilijk losgelaten [207]. Soms lijkt het erop dat de alternatieve concepten zijn verdwenen, maar na een tijd komt het oude idee weer terug, of wordt in sommige situaties naast het 'nieuwe idee' gebruikt [207].

Whitworth & Millar [207] denken dat inzicht in de bouw van het oog kinderen kan helpen te accepteren dat zien afhangt van licht dat het oog binnenkomt in plaats van iets dat wordt uitgezonden vanuit het oog. En zoals Flear [60] reeds aangaf, moeten kinderen eerst een idee van het begrip licht hebben voordat ze begrippen als reflectie en zien zinvol kunnen begrijpen. Ze moeten dus eerst hun 'lichte en donkere wereld' leren begrijpen. Zonder de notie dat donker het ontbreken van licht is, kunnen ze geen duidelijk begrip van licht opbouwen.

Referenties

34. Brickhouse, N. (1994). Children's observations, ideas, and the development of classroom theories about light. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(6), 639-656.
57. Fehrer, E. and Rice, K. (1988). Shadows and anti-images: children's conceptions of light and vision. II. *Science Education*, 72(5), 637-649.
60. Flear, M. (1996). Early learning about light: mapping preschool children's thinking about light before, during and after involvement in a two week teaching program. *International Journal of Science Education*, 18(7), 819-836.
- 114A. Osborne, J., Black, P., Smith, M. and Meadows, J. (1990). *Light*. Primary space project research report. Liverpool University Press.
141. Selley, N.J. (1996). Children's ideas on light and vision. *International Journal of Science Education*, 18(6), 713-723.
160. Sprod, T. (1997). Longitudinal research and development: Selley on children, light and vision. *International Journal of Science Education*, 19(6), 739-740.
207. Whitworth, G. and Millar, R. (1994). How do we see? Teaching the scientific model of vision. *School Science Review*, 76(275), 113-116.

1.5.3 Elektriciteit en magnetisme

Naar het begrip van kinderen over elektriciteit is relatief veel onderzoek gedaan. De onderzoeken richten zich voornamelijk op leerlingen in het begin van het voortgezet onderwijs, waar in Engeland de leeftijdsgroep van 11-12 jarigen ook onder valt. Veel van deze studies omvatten dan ook een leeftijdsgroep van 11-14 jarigen, en het onderscheid tussen de oudere en jongere leerlingen werd niet altijd gemaakt in het bespreken van de resultaten. Het merendeel van de onderzoeken richten zich op het begrip van kinderen ten aanzien van stroomkringen waarbij de methode van onderzoek opvallend overeenkomstig is: leerlingen moeten een stroomkring bouwen met behulp van een lampje, elektriciteitsdraad en een batterij met de opdracht het lampje te laten branden. Hierna wordt ze gevraagd uit te leggen hoe zij denken dat de stroom loopt die het lampje laat branden [113, 115, 148]. Naast een klein aantal artikelen over (elektro)magnetisme [3, 20, 143] beschrijft een aantal studies zienswijzen van kinderen over elektriciteit [111, 125, 157].

Elektriciteit

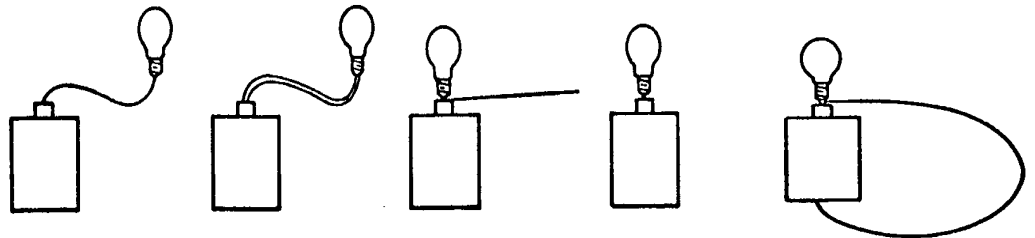
Kinderen beschikken over een grote hoeveelheid aan potentieel beschikbare kennis over elektriciteit uit het dagelijks leven en de meeste kennis hebben ze thuis opgedaan. Ze kunnen veel specifieke voorbeelden geven van apparaten die werken op elektriciteit en ze kunnen aangeven dat elektriciteit wordt gebruikt voor onder andere verlichten en verwarmen [111, 115, 157]. Alhoewel kinderen relatief veel directe ervaringen en kennis uit hun dagelijks leven hebben met elektriciteit zijn gevoelens van *angst* hier onlosmakelijk mee verbonden. [111, 115, 157, 158]. Er zijn duidelijke signalen dat dit z'n grondslag heeft in de houding van angst en zegswijzen van ouders in het dagelijks leven. Kinderen worden door ouders vaak gewaarschuwd voor het gevaar van stopcontacten. Ouders hebben kinderveilige contactdozen geplaatst en veel kinderen hebben ervaringen met een elektrische schok. De meeste kinderen mogen thuis ook niet in aanraking komen met elektriciteit. Zo wist slechts 12% van de 241 kinderen tussen 11-14 jaar hoe ze een lamp of zekering moesten verwisselen of hoe ze een contactdoos moesten aansluiten [111]. Uit het onderzoek van Solomon *et al.* [157] bleek dat de vergelijking '*elektriciteit is een gevaarlijk dier*' en '*elektriciteit is als vuur*' hoog scoorde bij de leerlingen en dat de vergelijking '*elektriciteit is als een rivier*' bijvoorbeeld weinig werd gekozen. Veel leerlingen vinden elektriciteit dan ook spannend; het staat voor iets avontuurlijks en mysterieus [111].

De kennis van kinderen over eigenschappen van elektriciteit blijkt matig. Ze doen uitspraken als '*elektriciteit is als gas*', '*elektriciteit is als toverkracht*' of '*elektriciteit komt via een satelliet*'. Ze maken weinig gebruik van kennis die ze op school hadden geleerd over elektriciteit. Wanneer ze in een tekening moeten omcirkelen waar ze denken dat elektriciteit is, omcirkelen veel kinderen bijvoorbeeld ook een stekker die niet in het stopcontact zit. De enige eigenschap van elektriciteit die door bijna alle kinderen goed begrepen leek te worden, was de snelheid waarmee elektriciteit zich verplaatst [157]. Alhoewel leerlingen veel voorbeelden kunnen geven van apparaten die op elektriciteit werken, hebben de meeste leerlingen geen notie waar de elektriciteit in oorsprong vandaan komt. Het onderzoek van Qualter [125] liet zien dat leerlingen (7-11 jaar oud) geen besef hebben dat elektriciteit opgewekt moet worden en dat hier energiebronnen voor nodig zijn. Ze duiden het stopcontact, plafond en elektriciteitsdraden als energiebron. Slechts enkele kinderen uit een onderzoeksgroep van 115, begrepen dat elektriciteit '*gemaakt*' (opgewekt) moest worden maar wisten niet wat er nodig was om het te 'maken'. Gebruik van fossiele brandstoffen in krachtcentrales was onbekend, enkelen noemden kernenergie. Als kinderen bijvoorbeeld waterkracht noemden, waren ze onduidelijk over hoe het in z'n werk zou gaan. Wanneer de kinderen ouder zijn is er een algemene toename te zien in het begrip dat elektriciteit opgewekt wordt in krachtcentrales of via de zon en dat brandstoffen worden verbruikt in dit proces van elektriciteitsproductie [125].

Stroom en stroomkringen

Kinderen hebben verschillende ideeën over elektrische stroom voor het onderwijs start. Het begrip van kinderen van stroomkringen is afhankelijk van de wisselwerking tussen hun begrip van *circuitverbindingen* en hun begrip van elektrische *stroom*. Het begrijpen hoe een stroomkring aangesloten en gebouwd moet worden helpt hen om verklarende kennis over stroomkringen te ontwikkelen en vice versa [148]. Het inzicht van leerlingen (8-13 jaar) in stroomkringen en stroom werd voornamelijk getoetst door ze een eenvoudige stroomkring te laten bouwen met behulp van een lampje, elektriciteitsdraad en een batterij met de opdracht het lampje te laten branden [113, 115, 148, 173]. Het blijkt dat veel leerlingen het lampje niet aan het branden krijgen, omdat ze het ene einde van de draad aan de batterij houden en het andere einde aan de fitting van de lamp, of het ene einde van de draad boven aan de batterij houden en

het andere einde onder aan de batterij en de lamp op een uiteinde van de batterij te zetten (zie figuur 3). Meer dan 50% van de veertig kinderen [113] bouwden zo'n model waarbij slechts één of geen draad werd gebruikt tussen batterij en lamp (figuur 3). Slechts zes kinderen (allemaal jongens) bouwden direct een geschikte stroomkring [113].

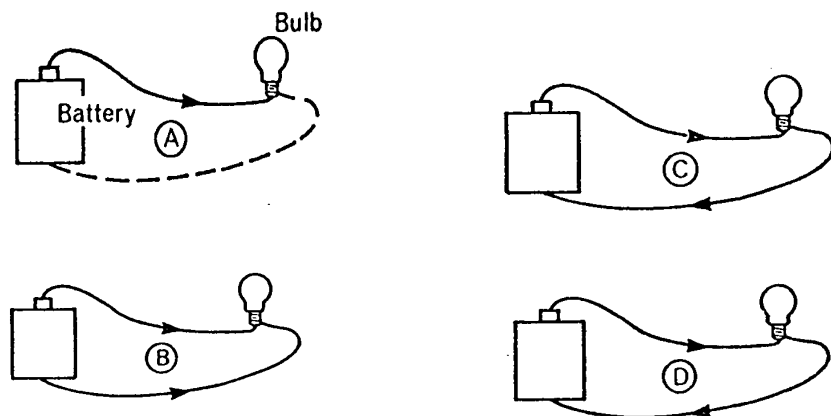


Figuur 3. Verschillende modellen van kinderen (8-12 jaar) van hun stroomcircuits waarbij slechts één of geen draad tussen de batterij en lamp werd gebruikt. [113]

Door middel van 'trial en error, hulp van de docent of onderzoeker, kregen de leerlingen het lampje uiteindelijk aan het branden. Het bleek dat leerlingen uit het voortgezet onderwijs en universiteit dezelfde stappen doorlopen als basisschoolleerlingen als ze de opdracht voorgelegd krijgen.

Ook bleek dat de antwoorden van leerlingen *context afhankelijk* zijn. Ze bouwden bijvoorbeeld wel de juiste stroomkring om een lampje aan het branden te krijgen, maar bouwden weer een 'enkele' stroomkring als er een apparaat (bijvoorbeeld een motor) ingezet moest worden [115]. Deze variatie laat zien dat de kinderen nog geen generaliseerbare concepten van stroomkringen hebben waarmee ze de overeenkomsten kunnen herkennen.

Het verklaren waarom het lampje gaat branden is zeer problematisch voor kinderen. Hun begrip van *stroom* is minimaal en ook na onderwijs hebben weinig tot geen kinderen een wetenschappelijk begrip van dit concept [148]. De modellen van kinderen over stroom in een eenvoudige stroomkring die door Osborne [113] werd beschreven zijn daarna in veel studies gebruikt en/of gevonden [o.a. 148, 173]. De vier modellen blijken de verschillende inzichten die kinderen hebben van stroom(kringen) te dekken (figuur 4). Het gaat om de volgende vier modellen:



Figuur 4. De verschillende stroommodellen van kinderen in een eenvoudig stroomcircuit. Model A: geen stroom in de teruggaande route, Model B: 'botsende' stroom, Model C: minder stroom in teruggaande route, Model D: gelijke stroom in beide delen (wetenschappelijke model). [113]

Zo bleek uit het onderzoek van Osborne [113] dat geen enkele leerling het juiste model D (figuur 4) beschreef, waarin de stroom in beide draden (van batterij naar lamp en van lamp naar batterij) gelijk is. Vijf leerlingen beschreven het model waarbij de stroomrichting correct was, maar waarbij ze dachten dat de stroom van de lamp af naar de batterij minder zou zijn dan in de eerste draad (naar de lamp toe) (model C, figuur 4). Hierin zit het sterke intuïtieve idee van kinderen dat stroom 'verbruikt' wordt door de lamp en dus minder is wanneer het de lamp is gepasseerd [173]. Deze notie is natuurlijk correct, echter het is energie dat 'verbruikt' wordt en niet stroom (bewegende elektronen) [173]. Alle andere leerlingen beschreven model B waarin de stroom van zowel de eerste als de tweede draad van de batterij naar de lamp toestroomt (figuur 4). Om het juiste model te helpen begrijpen en het concept van stroom te verduidelijken en concretiseren werd de analogie van het hart (batterij), aders (stroomdraden), bloedstroom (elektrische stroom) en warmte naar het topje van de vingers (lamp) gebruikt. Echter leerlingen gebruikten de analogie ook weer om hun verkeerde model mee te rechtvaardigen [113]. Het blijkt dat kinderen na het onderwijs in plaats van vele ideeën nu meestal nog één concept van elektrische stroom(kringen) hebben. Dit is echter vaak wetenschappelijk onjuist. Ze lieten wel een beter technisch inzicht van stroomkringen zien, maar slechts één kind bezat een wetenschappelijk inzicht van elektrische stroom [148]. Het bouwen van stroomkringen in het onderwijs helpt kinderen dus wel om beter inzicht te krijgen in het verbinden van lampjes, stroomdraden en batterij, maar het hielp niet om hun bestaande ideeën over elektrische stroom bij te stellen in de gewenste wetenschappelijke richting. Het ontwikkelde en versterkte zelfs vaak hun bestaande (onjuiste) inzichten [148].

Magnetisme

Over (elektro)magnetisme is weinig onderzoek beschreven op basisschoolniveau. Er werden in dit literatuuronderzoek vier artikelen gevonden. Slechts één artikel handelt over magneten [20], maar voert voornamelijk een inhoudsanalyse van schoolboeken uit. Eén artikel betreft een schoolexcursie naar een interactief science museum [3]. De twee artikelen over elektromagnetisme [25, 143] handelen voornamelijk over het gebruik van het historisch perspectief en experimenten in het onderwijzen van de leerlingen.

Barrow [20] heeft in een eerder onderzoek het begrip van leerlingen ten aanzien van magneten bestudeerd en daaruit kwam naar voren dat leerlingen een beter begrip

hebben van aantrekking dan van afstoting. Over het algemeen was er geen verschil in begrip tussen leerlingen die wel of niet magneten op school hadden bestudeerd. Het onderwijs op school maakte voornamelijk gebruik van hoefijzer- en staafmagneten terwijl de ervaringen van leerlingen thuis met keramische magneten was. Barrow [20] heeft in dit onderzoek ook acht magneetconcepten bepaald (en gevalideerd door experts) voor het primair onderwijs, en wel:

1. Magnetten hebben altijd twee polen waar ze de meeste kracht hebben.
2. IJzeren materialen worden door magneten aangetrokken.
3. Wanneer magneten worden samengebracht, trekken verschillende polen elkaar aan en stoten gelijke polen elkaar af.
4. Magnetten hebben een krachtveld dat door dingen heengaat.
5. Kompassen wijzen richting het magnetische noorden.
6. Bewegende elektrische stroom creëert een magnetisch veld (elektromagneet).
7. Magnetten zijn er in een variëteit aan grootte en vorm (hoefijzer, staaf, keramiek).
8. Magnetten kunnen voor veel verschillende dingen gebruikt worden, onder andere koelkast, blikopener, elektrische motoren, tape recorder, PC, telefoon, tv en klok.

Hij heeft vervolgens in tien schoolboeken voor primair onderwijs het thema magneten geanalyseerd, om na te gaan welke magneetconcepten in de verschillende science tekstboeken worden aangetroffen, hoe deze concepten worden aangeboden en om potentiële misconcepten ten aanzien van magneten te identificeren. Het bleek dat in een tekstboek serie voor groep 3 tot 5 en groep 6 tot 8 magneetconcepten tenminste één keer werden aangetroffen [20]. De verslaglegging is echter zeer variabel in de verschillende series. Zo bleek onder meer dat er geen consistente definitie van 'polen' in de verschillende tekstboek series was.

Binnie [25] beschrijft de historische ontwikkelingen van de ideeën over elektriciteit, magnetisme en elektromagnetisme, maar heeft hierbij geen studie naar het begrip van kinderen over deze thema's uitgevoerd. Wel wordt door de auteur gesuggereerd dat het begrip van de huidige leerlingen een soortgelijke weg zal afleggen als dat van onze voorouders, en dat de experimenten die zij van 16^e tot en met 20^e eeuw uitvoerden gemakkelijk te herhalen zijn in de klas.

Gebruik maken van de experimenten en concepten uit de historie wordt ook door Seroglou *et al.* [143] gesuggereerd. In hun onderzoek naar de alternatieve ideeën over elektromagnetisme onder leerlingen (10-14 jaar) en docenten in opleiding (19-21 jaar) bleek dat zij elektrostatische en magnetische verschijnselen op dezelfde manier aan elkaar relateren als de wetenschappers dit in de 16^e eeuw deden [143].

In deze studie werden aan de onderzoeksgroep zes activiteiten en fenomenen voorgelegd, waarbij zij moesten aangeven welke fenomenen gebaseerd waren op dezelfde wetenschappelijke verklaring. Het betrof: 1) aansteken lucifer, 2) batterij met lamp verbinden waardoor deze gaat branden, 3) plastic staaf opwrijven met wollen doek en bij papiersnippers houden die dan worden aangetrokken, 4) bal laten vallen, 5) magneet bij spelden houden die dan worden aangetrokken, 6) elektrostatische generator: wanneer aangezet gaan platen draaien, borsteltjes wrijven tegen plaat waardoor balletjes vonken gaan uitslaan. Het blijkt dat 83% van de leerlingen (n=109) de geladen staaf en papiersnippers relateert aan de aantrekking van de spelden door de magneet. 23% relateerde ook het vallen van de bal aan de voorgaande twee verschijnselen '*de staaf wordt magnetisch en trekt de papiersnippers aan*' en '*de aarde is een magneet, daarom trekt het objecten aan*'. Hun redenering laat zien dat in de context van de geobserveerde aantrekkingskracht ze elektrostatische met magnetische fenomenen aan elkaar relateren (vergelijkbaar met visies in de historie). Slechts 1% van de leerlingen dacht dat het oplichten van het lampje en de opgeladen staaf eenzelfde natuurwetenschappelijke verklaring hadden. Geen enkele leerling relateerde

de drie elektrische fenomenen (lamp, generator, staaf) aan elkaar. 26% van de leerlingen zag alleen het lampje als een elektrisch verschijnsel, maar wel dacht een heel aantal leerlingen dat het oplichten van de lamp en het aansteken van de lucifer eenzelfde wetenschappelijke verklaring deelden. Hun opvatting is gebaseerd op het licht dat ze bij beide fenomenen observeerden [143].

Aanbevelingen elektriciteit en magnetisme

Het blijkt dat kinderen veel directe ervaringen met elektriciteit in hun dagelijkse leven hebben en daar omheen kennis construeren. Naast spannend wordt elektriciteit voornamelijk geassocieerd met gevaarlijk en beangstigend. Wanneer het onderwerp op school behandeld wordt, nemen zij dus al veel persoonlijke ervaringen mee de klas in en ook veel ideeën 'van horen zeggen'. Het zou in het onderwijs verstandig zijn als de docent eerst deze ruime voorkennis bespreekt met leerlingen, gevoelens van angst aanstipt, maar ook duidelijk maakt wat wel en niet veilig is [111]. Kinderen zijn niet (goed) bekend met elektriciteitsbronnen en het feit dat elektriciteit opgewekt moet worden en dat hiervoor fossiele brandstoffen gebruikt moet worden. Qualter [125] betoogt dan ook dat kinderen eerst geholpen moeten worden om hun begrip van hoe elektriciteit wordt opgewekt te ontwikkelen. Pas daarna kunnen zij profiteren van onderwijs over alternatieve energiebronnen en zijn ze in staat juiste beslissingen te nemen over gerelateerde milieu onderwerpen in het latere leven.

Ten aanzien van stroom en stroomkringen blijkt uit onderzoek dat kinderen veelal onjuiste verklaringen geven voor correcte voorspellingen [148]. In de klas worden vaak alleen de voorspelling getoetst. Shepardson & Moje [148] adviseren dan ook om zowel op procedureel (handelwijze) als verklarend begrip te toetsen door middel van diverse opdrachten. Daarnaast kan beargumenteerd worden dat het misplaatst is om zulke abstracte ideeën als elektriciteit te bespreken met basisschool leerlingen, of om opzettelijk bij te dragen aan de verwarring over elektrisch stroom en elektrische energie door het negeren van elektrische energie in het onderwijs van elektrische circuits [113]. Summers *et al.* [173] adviseren juist om zelfs bij het eerste onderwijs over stroom(kringen) expliciet onderscheid te maken tussen het behoud van stroom en de overdracht ('verbruik') van energie. Osborne [113] is van mening dat 'elektrische stroom' het belangrijke basisconcept is dat leerlingen nodig hebben om vervolgens ook parallel- en serieschakelingen te begrijpen. Wat de beste leeftijd is om hiermee te beginnen is moeilijk te zeggen, omdat sommige kinderen niet in staat zijn het abstractie niveau te hanteren. Aan de andere kant bestaat de angst dat wanneer de ideeën van kinderen niet op jonge leeftijd worden bijgesteld dit hun denken zal belemmeren [113].

Ten aanzien van magnetisme is aangetoond dat leerlingen door dagelijkse ervaringen kennis van magneten bezitten, maar dat deze veelal in conflict is met de wetenschappelijke kennis [20]. Barrow [20] adviseert dan ook dat docenten voor het onderwijs over magneten leerlingen eerst moeten bevragen om hun naïeve concepten duidelijk te krijgen. Daarnaast moeten zij op de hoogte zijn van de concepten zoals die in de schoolboeken worden gepresenteerd (aangezien deze zeer kunnen verschillen en niet altijd juist of volledig zijn) [20]. Ook moeten docenten zich ervan verzekeren dat alle leerlingen een 'magneet ervaring' hebben gehad, en wanneer dit niet het geval is moeten zij deze ervaring alsnog opdoen en tenminste één keer de afstotende kracht van twee magneten hebben ervaren. Verder vindt Barrow [20] dat leerlingen alleen onderwijs zouden mogen krijgen over elektromagneten nadat elektriciteit en magneten zijn behandeld.

Seroglou *et al.* [143] adviseren om onderwijs over elektromagnetisme te baseren op experimenten uit de historie met sterk waarneembare kenmerken, aangezien het leerlingen feitelijk helpt om hun alternatieve ideeën te overwinnen. Zo moet je leerlingen elektrostatische en magnetische experimenten aanbieden waarbij ze de overeenkomsten en verschillen kunnen observeren net als Gardano en Gilbert (16^e eeuw) dat konden doen, en elektrostatische en elektrodynamische opdrachten die geïnspireerd zijn op Faraday's experimenten. Echter het blijkt wel dat experimenten waarbij (veel) instrumenten en apparatuur worden gebruikt naast een gevorderde 'instrumenttheorie' ook een gevorderde conceptuele context van de leerling vraagt. Hierdoor is het mogelijk dat leerlingen de experimenten niet begrijpen omdat ze nog niet de gevorderde conceptuele context hebben bereikt [143].

Referenties

3. Anderson, D., Lucas, K.B. and Ginns, I.S. (2000). Development of knowledge about electricity and magnetism during a visit to a science museum and related post-visit activities. *Science Education*, 84(6) 658-679.
20. Barrow, L.H. (1990). Elementary science textbooks and potential magnet misconceptions. *School Science and Mathematics*, 90(8), 716-720.
25. Binnie, A. (2001). Using the history of electricity and magnetism to enhance teaching. *Science & Education*, 10, 379-389.
111. Oldham, V., Black, P., Solomon, J. and Stuart, H. (1986). A study of pupil views on the dangers of electricity. *International/European Journal of Science Education*, 8(2), 185-197.
113. Osborne, R. (1983). Towards modifying children's ideas about electric current. *Research in Science & Technological Education*, 1(1), 73- 82.
- 115.*Osborne, J., Black, P., Smith, M. and Meadows, J. (1991). *Electricity*. Primary space project research report. Liverpool University Press.
125. Qualter, A. (1995). A source of power: young children's understanding of where electricity comes from. *Research in Science & Technological Education*, 13(1), 177-186.
143. Seroglou, F., Koumaras, P. and Tselfes, V. (1998). History of science and instructional design: the case of electromagnetism. *Science & Education*, 7, 261-280.
148. Shepardson, D.P., Moje, E.B. (1994). The nature of fourth graders' understandings of electric circuits. *Science Education*, 78(5), 489-514.
157. Solomon, J., Black, P., Oldham, V. and Stuart, H. (1985). The pupils' view of electricity. *International/European Journal of Science Education*, 7(3), 281-294.
158. Solomon, J. (1987). The pupils' view of electricity revisited: social development or cognitive growth? *International Journal of Science Education*, 9(1), 13-22.
- 173.*Summers, M., Kruger, C. and Mant, J. (1998). Teaching electricity effectively in the primary school: a case study. *International Journal of Science Education*, 20(2), 153-172.

1.6 Domein Aardwetenschappen

1.6.1 Structuur en fysische processen van de aarde

Kinderen (11-12 jaar) hebben verschillende ideeën over de plaats van *ozon* of de *ozonlaag* in de atmosfeer [40]. Sommigen denken dat de ozon in een laag om de aarde zit; anderen denken aan een laag om de zon. De ozonlaag zou UV-stralen die afkomstig zijn van de zon tegenhouden. Kinderen denken niet aan een reflectie functie van de ozonlaag.

De meeste kinderen weten dat de ozonlaag dunner wordt of dat er gaten in ontstaan en noemen als oorzaak gassen die afkomstig zijn van menselijke activiteiten. Kinderen realiseren zich ook wat de consequenties hiervan zijn, namelijk dat meer UV-stralen de aarde bereiken met als gevolg het opwarmen van de aarde en het ontstaan van ernstige ziektes als kanker. Kinderen zien UV-licht als warmtebron en minder als lichtbron. Ze verwarren de eigenschappen van UV-licht met die van infrarood licht en ze relateren het opwarmen van de aarde aan UV-licht in plaats van kooldioxide in de atmosfeer. Het gebruik van juiste metaforen kan als educatief gereedschap worden toegepast om deze problematiek voor kinderen te verhelderen [41].

Kinderen zijn aan de hand van tekeningen die ze maakten over bergen en berglandschappen over dit thema bevraagd [182].

De meeste kinderen kunnen een of meerdere namen noemen van *gebergten*. Over de vorm en het ontstaan van gebergten denken kinderen verschillend. Bergen bestaan uit gesteenten of gesteentefragmenten. Sommige kinderen geven aan dat er een kern is van klei en aarde. Slechts enkele kinderen tekenden ook een vulkaan als een berg met vuur en lava. Een enkel kind zegt te weten dat God de bergen heeft gemaakt. Kinderen geven ook aan dat ze weten hoe fossielen ontstaan. Over dieren die door mensen zijn gedood komen lagen steen en tenslotte is er een fossiel ontstaan. Hieruit blijkt dat er bij de kinderen verwarring is over de geologische tijd waarin zich verschillende zaken voordeden op aarde.

Kinderen tekenen bergen over het algemeen met spitse toppen. Ze komen deze vorm tegen in cartoons en beschouwen het als geaccepteerde vorm van communiceren over bergen. Sommige kinderen hadden daardoor wel problemen omdat ze zich afvroegen hoeveel mensen er tegelijk op de top van een berg aanwezig zouden kunnen zijn en of ze niet van de berg af zouden vallen als er teveel kwamen.

De top van de bergen was bij de meeste kinderen wit, maar ze realiseerden zich dat als het sneeuwde de sneeuw ook aan de zijken van de berg sneeuw viel. Alleen oudere kinderen maken tekeningen waar rivieren op voorkomen.

Kinderen tekenen ook planten en dieren op de bergen. Jongere kinderen tekenen vooral dieren die ze kennen uit hun eigen omgeving ((kinder-)boerderij, huisdieren), maar die niet in het berglandschap thuishoren. Bij oudere kinderen is dat wel het geval. 30 - 40% van de jongere en oudere kinderen tekenen verspreid over de berghellingen bomen. Het zijn zowel loof- als naaldbomen.

Referenties

40. Christidou, V. and Koulaidis, V. (1996). Children's models of the ozone layer and ozone depletion. *Research in Science Education*, 26(4), 421-436.
41. Christidou, V. and Koulaidis, V. (1997). Children's use of metaphors in relation to their mental models: the case of ozone layer and its depletion. *Research in Science Education*, 27(4), 541-552.
182. Trend, R., Everett, L. and Dove, J. (2000). Interpreting primary children's representations of mountains and mountainous landscapes and environments. *Research in Science & Technological Education*, 18(1), 85-112.

1.6.2 Processen, cycli en geschiedenis aarde

De gelezen artikelen hebben betrekking op het thema 'weer'. Kennis van kinderen over weer en klimaat is niet-wetenschappelijk. Kinderen focussen zich bij beschrijvingen en verklaringen van de fenomenen op elementen die ze met hun zintuigen kunnen waarnemen en die zij in het denkkader dat ze tot dan toe ontwikkeld hebben, kunnen inpassen [159].

In het review van Dove [50], waarin ook gegevens van Henriques [72] zijn opgenomen, wordt ingegaan op de grote verscheidenheid van alternatieve concepten waarover kinderen beschikken als het gaat om de meteorologische concepten *wolken*, *regen* en *sneeuw*, *donder* en *bliksem*, *wind* en *luchtdruk*. Sommige kinderen denken dat wolken, regen en bliksem door God zijn gemaakt. Wolken bestaan uit vaste stof (wol, aarde, steen) en worden voortbewogen door God of mensen. Pas vanaf 10 jaar geven kinderen aan dat wolken bestaan uit waterdruppels en leggen ze een relatie met regen. Vanaf 11 jaar geven sommige kinderen correcte verklaringen voor donder en bliksem. Bij sneeuw halen kinderen oorzaak en gevolg door elkaar: ze denken aanvankelijk dat sneeuw de oorzaak is van koude in plaats van het gevolg ervan. Kou zou ook worden veroorzaakt doordat de zon achter de wolken zit of omdat de zon verder van de aarde afstaat.

Referenties

50. Dove, J. (1998). Alternative conceptions about the weather. *School Science Review*, 79(289), 65-69.
72. Henriques, L. (2002). Children's ideas about weather: a review of the literature. *School Science and Mathematics*, 102(5), 202-291.
159. Spiropoulou, D., Kostopoulos, K. and Jacovides, C.P. (1999). Greek children's alterative conceptions on weather and climate. *School Science Review*, 81(294), 55-59.

1.6.3 De aarde in het zonnestelsel en het heelal

Over het *ontstaan van de aarde* [100] blijkt 65% van de kinderen van 10-11 jaar nagedacht te hebben. Een klein deel van de kinderen (10%) geeft aan dat er niets was voordat de aarde bestond, terwijl andere kinderen (46%) fysieke processen en gebeurtenissen noemen zoals de aanwezigheid van andere zonnestelsels, planeten en meteorieten of zij gaven meer mythologische getinte antwoorden (38%), namelijk dat er vreemde creaturen als draken waren voordat de aarde ontstond. Op de vraag hoe ze aan informatie konden komen over het ontstaan van de aarde geven kinderen aan dat de zeebodem informatie zou kunnen geven. Ook fossielen worden genoemd. Informatie die van buiten de aarde inzicht zou kunnen geven wordt nauwelijks genoemd.

Over de *leeftijd van de aarde* verschillen de ideeën van kinderen. Uit dezelfde studie [100] bleek dat sommigen (48%) denken dat de aarde enkele honderden of duizenden jaren bestaat, anderen (31%) denken aan miljoenen jaren. Kinderen denken ook verschillend over wanneer het leven is ontstaan. De helft denkt dat leven is ontstaan tegelijk met het ontstaan van de aarde, terwijl 7% denkt dat het leven ouder is dan de aarde. Kinderen hebben verschillende beelden van vroege levensvormen. Zowel ongewervelde dieren als primitieve mensvormen worden genoemd, maar ook denken kinderen dat vissen primitiever zijn dan mensen, terwijl muizen en vogels genoemd worden als dieren die later zijn ontstaan. Kennelijk zien ze deze dieren als complexer dan de ongewervelden en vissen.

Uit de studie van Nussbaum [in 155] bleek dat kinderen verschillende beelden hebben van de *vorm van de aarde*. Volgens sommigen is de aarde plat, terwijl andere kinderen denken dat de aarde een bol is waarvan we op het platte middengedeelte leven. Ook hebben sommige kinderen het beeld dat we op het topje van een bol leven. Het beeld dat we op een 'bal' leven komt ook voor bij kinderen. In dat geval geven ze aan dat we overal op die 'bal' leven. Slechts een deel van deze kinderen heeft het daarbij over een kracht die naar het centrum gericht is, terwijl andere kinderen denken aan een kracht in de richting van de Noord- naar de Zuidpool.

In het onderhavige onderzoek werd het beeld dat door Nussbaum geschetst was bevestigd. Ook in deze studie bleek dat bij kinderen tot en met 10 jaar 30 - 89% dacht dat de aarde plat was. Bij kinderen uit minder ontwikkelde gebieden was dat bij 12-jarigen nog steeds 53%. Het beeld dat de aarde rond is en dat er een zwaartekracht is komt maar bij een paar procent van de kinderen tussen 8 en 10 jaar voor. Pas als kinderen 13 - 14 jaar zijn heeft ongeveer 50% een compleet beeld van een ronde aarde waar een zwaartekracht heerst. In het onderwijs zullen leraren rekening moeten houden met deze alternatieve concepten van kinderen [155].

Met vier kinderen in de leeftijd van 8 en 9 jaar zijn gesprekken gevoerd over het *ontstaan van maanstanden* en de oorsprong van het *maanlicht* [161]. De vier kinderen bleken verschillende voorstellingen te hebben van de maanstanden. Twee kinderen gaven aan dat de maan een baan om de aarde beschreef. Volgens een van de twee was dit de verklaring van de maanstanden: als de persoon aan de kant van de maan is dan is het volle maan en als de maan aan de andere kant van de aarde zit dan is het nieuwe maan. Het eerste en laatste kwartier zouden hier tussenin zitten. De ander had er geen verklaring voor. Van de andere twee leerlingen gaf een aan dat de maanstanden ontstonden doordat de wolken tussen de maan en de aarde zaten, terwijl de andere leerling de maanstanden verklaarde doordat de aarde om de maan wentelde.

Nadat deze leerlingen lessen hadden gevolgd over het ontstaan van de maanstanden, bleek wel dat de vorm van de maanstanden duidelijker was geworden, maar het cyclische concept en de tijdspanne waarin de maancyclus zich voltrok hadden de leerlingen niet opgepikt. Geconcludeerd kon worden dat de lessen de concepten van kinderen wel in de richting van het wetenschappelijk geaccepteerde perspectief brachten, maar dat zij ook een deel van hun aanvankelijke ideeën behielden. Het onderwerp maanstanden bleek voor deze groep leerlingen een complex onderwerp te zijn.

Referenties

100. Marques, L. and Thompson, D. (1997). Portuguese students' understanding at ages 10-11 and 14-15 of the origin and nature of the earth and the development of life. *Research in Science & Technological Education*, 15(1), 29-51.
155. Sneider, C. and Pulos, S. (1983). Children's cosmographies: understanding the earth's shape and gravity. *Science Education*, 67(2), 205-221.
161. Stahly, L.L., Krockrover, G.H. and Shepardson, D.P. (1999). Third grade students' ideas about lunar phases. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(2), 159-177.

1.7 Samenvatting

Hieronder volgt per discipline een samenvatting van de meest opvallende alternatieve concepten van kinderen, zoals die hiervoor beschreven zijn.

1.7.1 Biologie

Planten en dieren

Kinderen hebben een beperkt en onjuist beeld van het begrip planten. Voor kinderen is het begrip planten beperkt tot 'bloeiende' planten: groene planten met bladeren en duidelijke, kleurige bloemen. Grassen, bomen en groenten worden door de meeste kinderen niet tot de planten gerekend. Planten behoren volgens veel kinderen niet tot de levende wezens.

Ook van het begrip dieren hebben veel kinderen geen wetenschappelijk geaccepteerd begrip. Kinderen denken over het algemeen aan een organisme op vier poten met een harige vacht, anders gezegd de grotere landzoogdieren. Volgens hen behoren kleine invertebraten als spin en worm niet tot de dieren. Overigens behoort de mens daar volgens veel kinderen ook niet bij. Over de classificatie in gewervelde of ongewervelde dieren kan worden opgemerkt dat reptielen (bijvoorbeeld de schildpad en de slang) en amfibieën tot de laatstgenoemde worden gerekend. Maar ook (wal)vissen, zeehonden en pinguïns leveren problemen op bij de indeling. Ook zij behoren volgens velen tot de ongewervelde dieren. Ze zien de ruggengraat kennelijk als een star, weinig buigzaam geheel, die het vissen onmogelijk zou maken om zich soepel door het water te bewegen.

Bij het herkennen en benoemen van planten en dieren gebruiken kinderen vooral de anatomische kenmerken, de vorm en de grootte. De leefomgeving en beweging worden door de meeste kinderen niet bij het classificeren betrokken.

Een aanpak bij het classificeren is om kinderen voorbeelden en niet-voorbeelden voor te leggen en daarover met hen te discussiëren. Omdat kinderen planten en dieren op genusniveau benoemen, zouden leraren beter vanuit het soortniveau het taxonomisch systeem kunnen opbouwen in plaats van uit het grote geheel, omdat ze op die manier aansluiten bij de kennis en ervaringen van kinderen met flora en fauna.

Onderwijs over de structuur, functies en levensprocessen heeft, als het over dieren gaat, in de meeste situaties betrekking op de mens. Kinderen ontwikkelen uit eigen ervaring kennis over het functioneren van hun eigen lichaam. Kinderen weten dat er een aantal organen zijn die zich in het lichaam bevinden, maar ze hebben geen begrip van onderlinge relaties tussen organen. Organen en skelet worden 'zwevend' in een lichaam getekend. Verbindingen tussen de organen ontbreken. Kinderen tekenen wel 'luchtbuizen' die lopen van de hersenen tot in de benen, maar er is geen verbinding met de longen getekend. Ook hart en bloedvaten worden als losse onderdelen weergegeven in een tekening.

Wat betreft planten gaat het onderwijs wel in op voorwaarden om te groeien, zoals energie, water en voedsel, maar er zijn geen studies gevonden over de bouw van de plant.

De beperkte begripsontwikkeling van kinderen over de interne structuur en orgaansystemen betekent dat hun notie van levensprocessen minimaal is. In het onderwijs kan op de ervaringen van kinderen over hun eigen lichaam worden voortgebouwd, waarbij eerst op de aanwezigheid en het functioneren van organen kan worden ingegaan. Vervolgens kunnen orgaansystemen aan de orde komen, waarbij de vraag gesteld kan worden of dat al in het primair onderwijs zou moeten plaatsvinden.

Levend en niet-levend

Al eerder is gewezen op het feit dat kinderen planten en (sommige) invertebraten als niet-levend beschouwen. Criteria voor levend zijn voor kinderen: ademen, bewegen, eten, drinken en reproductie. Op de vraag aan kinderen wanneer het leven begint worden verschillende antwoorden gegeven. Een derde van de 9-jarige kinderen geeft geen antwoord. Verder worden antwoorden gegeven als:

bij de geboorte, als een organisme gaat ademen, als de ledenmaten zich ontvouwen of bij bevruchting. Bij planten doet zich in dit verband het probleem voor dat kinderen wel aangegeven dat planten groeien, maar groeien wordt niet als criterium voor levend gezien. Hoe zaden zich vormen is voor kinderen moeilijk te verklaren. Zaden zouden wel zonlicht en water nodig hebben om te groeien.

Als oorzaken van dood noemden kinderen gebrek aan voedsel, lucht en water, maar ook vergiftiging, ongelukken en ziekte.

Voortplanting en erfelijkheid

Kinderen ontwikkelen een heel eigen conceptueel kader als het om overerving gaat. Het betreft somatische, omgevings, naturalistische en genetische verklaringen. In feite proberen ze te verklaren wat ze waarnemen of voorspellen of filosoferen ze over wat zich zou kunnen voordoen. Kinderen denken dat eigenschappen worden overgeërfd via de lijn van de sekse. Maar verworven eigenschappen zouden volgens hen als ze maar lang genoeg aanwezig zijn kunnen worden overgedragen op de nakomelingen. Eigenschappen die verschillen van die van de ouders, worden verworven uit de omgeving.

Ecosystemen

Bij jonge kinderen is het begrip ecosysteem maar beperkt ingevuld evenals de concepten lucht en materie. Ze weten uit eigen ervaring dat mensen lucht nodig hebben, maar dat dieren ook lucht nodig hebben realiseren ze zich niet. Een andere gedachte bij kinderen is dat zij voor hun voorziening afhankelijk zijn van mensen. Mensen zorgen voor voedsel en water.

Vanaf 8 jaar beseft een toenemend aantal kinderen dat voedsel nodig is voor groei van planten en dieren, dat bij vertering van planten materie verdwijnt in de grond en dat dat op een of andere manier goed is voor planten. Maar ze beseffen niet dat planten en dieren bestaan uit materie en dat dat 'chemisch veranderd' voedsel is

Tenslotte kan de conclusie worden getrokken dat het redeneren van kinderen over voedselwebben meer beperkt werd door het ontbreken van conceptuele modellen over complexe systemen dan door een gebrek aan het conceptuele begrip van controlemechanismen bij populaties [73].

1.7.2 Scheikunde

Stoffen

Jonge kinderen classificeren materialen op grond van hun compositie, functie en waarneembare kenmerken. Gassen en vloeistoffen worden door kinderen niet tot materie gerekend, evenals sommige biologische materie als bloem, vlees en grond. Echter, jonge kinderen neigen ertoe om aan materie gerelateerde fenomenen als hitte, elektriciteit, licht en schaduw in te delen bij materie. Tot aan het eind van de basisschool zijn er maar enkele kinderen die eigenschappen als volume en gewicht relateren aan materie. Bij het verklaren van oplossen van stoffen bleek dat kinderen nadat ze hierover onderwijs hadden gevolgd wel een theoretische interpretatie konden geven, terwijl ze geen verklaring konden geven van wat zich in een praktische situatie afspeelde. Kennelijk was de theorievorming doeltreffend, maar het is de vraag in hoeverre die bijdraagt aan de totstandkoming van denkbeelden van wat zich praktisch afspeelt. De consequentie hiervan zou kunnen zijn dat het maar de vraag is of aansluiten bij de belevingswereld van kinderen voor het verklaren van verschijnselen een juiste aanpak is.

Chemische verandering

Verbranding is een veelgebruikt voorbeeld van het thema chemische verandering. De meeste kinderen weten dat er lucht of zuurstof nodig is voor verbranding, maar ze hebben geen idee welke rol dat speelt bij verbranding. Het begrip behoud van massa en dat een deel van de massa in gassen in de lucht worden opgenomen bij verbranding, kunnen kinderen moeilijk uitleggen.

Kinderen hebben verschillende opvattingen over verbranding, die beïnvloed worden door waarneembare effecten tijdens het verbrandingsproces. Verbranding wordt gezien als 'smelten' bij het branden van een kaars en als 'verdamping' bij het verbranden van alcohol. Kinderen zien verbranding niet als een interactie van chemicaliën, maar meer als een omzetting van de verschillende substanties in een andere fase.

1.7.3 Natuurkunde

Fasen en veranderingen van stoffen

Voor een adequaat begrip van dit thema moeten kinderen begrip hebben van wat een vaste stof, vloeistof en een gas is. Voor kinderen zijn vaste stoffen met name die stoffen die hard en star zijn zoals hout, glas en metaal. Buigzame, zachte of poedervormige stoffen zoals wol, suiker en koperdraad worden door kinderen niet als vaste stof geïnclassificeerd. Vloeistoffen zijn volgens kinderen nat, waterig en kun je schenken. Kinderen hebben dan ook problemen bij het classificeren van stroperige vloeistoffen. Gassen is misschien wel het lastigste begrip voor kinderen. Gassen hebben geen visuele kenmerken. Ze zijn beperkt concreet waarneembaar, bijvoorbeeld als belletjes in limonade of lucht die verplaatst wordt bij wind en tocht. Kinderen hebben moeite om gas als substantie te zien. Volgens kinderen heeft gas geen gewicht en is een leeg vat echt leeg.

Daarnaast moeten kinderen begrip hebben van de processen die er plaats vinden tijdens fase overgangen zoals smelten, verdampen, stollen en condenseren. Kinderen hebben opvattingen over deze dagelijks te observeren fenomenen. Ze blijken daarbij labels als verdamping, smelten en condensatie wel juist te gebruiken, maar het begrip van deze termen bleek niet wetenschappelijk correct te zijn.

Het begrip verdampen van water blijkt zich op een bepaalde manier te ontwikkelen. Jonge kinderen denken dat water verdwijnt of wordt geabsorbeerd door het oppervlak van het materiaal waarin het water zich bevindt. Vanaf 9 jaar denken kinderen dat

water verdwijnt in een opwaartse richting naar een waarneembaar iets als wolken of het plafond. Pas vanaf 13 jaar geven kinderen aan dat het water zich verspreidt in de lucht, bijvoorbeeld bij het koken van water. Paradoxaal is echter, dat deze categorie kinderen aangeeft dat tijdens het koken de bellen in het water lucht bevatten. En op de vraag of het water terug te krijgen was antwoordde de helft van de kinderen ontkennend.

Condensatie is een complex begrip waarvoor bij kinderen inzicht nodig is, dat waterdamp zich in de lucht bevindt en dat waterdamp uit de lucht bij afkoeling water wordt. Daarvoor is ook het besef van behoud van massa nodig.

Tenslotte spelen bij dit thema inzicht in de deeltjestheorie en het begrip van behoud van massa een rol. Het probleem daarbij is dat deze wetenschappelijke modellen abstract zijn en kinderen ze niet kunnen relateren aan eigen ervaringen. Bij behoud van massa speelt het probleem dat veel kinderen hardnekkige intuïtieve concepten hebben dat vloeistoffen minder wegen dan vaste stoffen en dat gassen minder wegen dan vloeistoffen en vaste stoffen.

Over de deeltjestheorie kan worden opgemerkt dat kinderen macroscopische eigenschappen toekennen aan deeltjes, maar ook microscopische kenmerken aan materie geven. Het is de vraag of kinderen die moleculaire termen gebruiken wel begrip hebben van de deeltjestheorie en of de deeltjestheorie wel binnen het primair onderwijs aan de orde moet komen.

Licht

Kinderen hebben geen adequaat wetenschappelijk begrip van licht en schaduw. Licht wordt niet gezien als een zelfstandige entiteit dat zich door de ruimte voortbeweegt. Alternatieve opvattingen van kinderen over licht laten zien dat zij licht identificeren met een lichtbron, waarin het licht zit. Kinderen kennen vooral primaire lichtbronnen, waarbij jonge kinderen de zon niet noemen. Oudere kinderen ontwikkelen pas een begrip van secundaire lichtbronnen, waarbij zij het bestaan van een primaire lichtbron erkennen.

Schaduw wordt door slechts een kwart van de kinderen gezien als 'afwezigheid van licht'. Veel kinderen spreken over schaduw alsof het iets is dat materiële eigenschappen heeft en dat door het licht als het ware naar de achtergrond wordt geduwd.

Het zien van een object is voor jonge kinderen geen probleem. De verklaring dat we objecten met onze ogen zien is voor hen voldoende. Wat oudere kinderen geven aan dat het gaat om een actief proces, waarbij het oog iets uitstraalt naar het object (het emissiemodel) en niet het gevolg is van licht dat door het object wordt teruggekaatst en door het oog ontvangen wordt. Hierbij blijkt de context een rol te spelen. Zo tekende een 11-jarige leerling wel het ontvangstmodel bij het zien van een primaire lichtbron (kaars), maar niet bij het zien van een secundaire lichtbron (boek).

Elektriciteit en magnetisme

Kinderen beschikken over een grote hoeveelheid ervaringskennis als het gaat over elektriciteit. Ze kennen veel apparaten waar elektriciteit voor nodig is, maar kennis over de bron van elektriciteit ontbreekt bij de meesten. Veel kinderen hebben beperkt kennis van de eigenschappen van elektriciteit. Ze kennen ook een zekere vorm van angst voor elektriciteit en bedelen elektriciteit de eigenschappen toe als toverkracht, stromende rivier of afkomstig van een satelliet. Kinderen hebben een beperkt begrip van stroom en stroomkring en denken dat stroom door een brandend lampje wordt verbruikt. Er zijn geen studies gevonden over begripsontwikkeling bij kinderen over

magnetisme. Een artikel beschreef dat kinderen geen onderscheid maken tussen elektrostatische en magnetische aantrekkingskracht.

1.7.4 Aardwetenschappen

Structuur en fysische processen van de aarde

Kinderen weten dat er een ozonlaag is, maar over de plaats en de effecten ervan hebben ze verschillende ideeën die wetenschappelijk gezien niet allemaal correct zijn. Ze leggen relaties met menselijke activiteiten en de aantasting van de ozonlaag. Verder blijkt dat kinderen eigenschappen van UV-licht en infrarood met elkaar verwarren.

Het begrip bergen is bij kinderen beperkt ontwikkeld. Ze kennen wel enkele gebergten, maar ze hebben geen juist beeld waaruit bergen bestaan. Wat betreft de vorm van bergen sluiten kinderen aan bij de tekeningen die ze kennen uit cartoons, waarbij sommigen zich wel realiseren dat dat geen werkelijke weergave is. Anderen zijn daardoor in verwarring en vragen zich af of er meerdere personen tegelijkertijd op de top van een berg kunnen staan als deze zo 'spits' is. Alleen oudere kinderen (9-11 jaar) hebben een reëler beeld van berglandschappen en tekenen naast planten en dieren die bij het landschap horen ook rivieren.

Processen, cycli en geschiedenis aarde

Veel kinderen tot 10 jaar hebben alternatieve concepten over elementen van het weer. Pas vanaf 10 jaar leggen kinderen relaties tussen wolken, waterdruppels en regen. Ook bij andere meteorologische concepten als wind, sneeuw, luchtdruk, wind, en bliksem en donder zijn er veel alternatieve concepten, waar leraren rekening mee moeten houden bij het lesaanbod over het weer.

De aarde in het zonnestelsel en het heelal

Ongeveer de helft van de kinderen van 10-11 jaar geeft aan dat bij het ontstaan van de aarde meteorieten, andere zonnestelsels of planeten een rol hebben gespeeld. Zo'n 40% van de kinderen gaf een mythologisch getint antwoord, waarin draken en andere creaturen een rol speelden. Over de leeftijd van de aarde denken kinderen ook verschillend: de ouderdom liep van enkele honderden tot enkele miljoenen jaren. Het leven is volgens de helft van de kinderen net zo oud als de aarde, terwijl er ook enkele kinderen zijn die denken dat het leven ouder is dan de aarde. Volgens kinderen zijn ongewervelde dieren eenvoudige dieren, die zich het eerst ontwikkeld hebben, naast primitieve mensvormen; muizen en vogels zijn pas later ontstaan. Kennelijk redeneren kinderen dat de complexiteit van de levensvormen toenam in de tijd.

De vorm van de aarde is ook bij kinderen tot 10 jaar divers en varieert van plat (tot 89%) tot een compleet beeld (enkele procenten) van een ronde aarde, inclusief het besef van een naar het centrum gerichte zwaartekracht. Dat laatste besef ontstaat pas bij de meeste kinderen vanaf 13-14 jaar. In de basisschoolleeftijd zullen leraren rekening moeten houden met deze alternatieve concepten.

Het ontstaan van maanstanden en maanlicht is onderzocht bij kinderen van 8 en 9 jaar. Geen van de kinderen had daar een goed beeld van. Hoewel van beperkte omvang kan uit deze studie geconcludeerd worden dat niet alle kinderen weten dat de maan om de aarde draait (sommigen denken dat de aarde om de maan draait). Daarnaast is het cyclische karakter van de maanstanden lastig te begrijpen voor deze leeftijdscategorie. Ook niet alle kinderen wisten dat het maanlicht afkomstig was van de zon.

2. Conclusie

Uit de onderzoeken die in deze literatuurstudie zijn geraadpleegd komt naar voren dat kinderen in de basisschoolleeftijd over inhoudelijke onderwerpen op het gebied van science wel concepten hebben ontwikkeld, maar die zijn in de meeste gevallen slechts gedeeltelijk ontwikkeld en natuurwetenschappelijk gezien onjuist. Kinderen in het primair onderwijs (maar ook in het vervolgonderwijs) beschikken over een scala aan alternatieve concepten. Leraren zouden in de dagelijkse praktijk van het lesgeven Leraren gaan in de dagelijkse praktijk doorgaans niet specifiek na om welke - alternatieve- concepten het gaat, maar zij zouden zich daar bewust van moeten zijn en er aandacht aan moeten besteden. Het is bij de science- of natuuronderwijslessen belangrijk om tijd te besteden aan het checken van de aanwezige kennis bij kinderen, omdat dat de leraar enigszins zicht biedt op hoe en op welke niveau bij kinderen een begrip is ontwikkeld, voordat zij met de kinderen start met een les.

Uit sommige studies kwam ook naar voren dat kinderen bij de aanduiding van processen wel het juiste begrip konden noemen, maar dat ze de betekenis ervan niet verder konden toelichten. Leraren dienen er dan ook alert op te zijn dat kinderen in veel gevallen niet in staat zijn om het begrip te voorzien van de wetenschappelijk geaccepteerde invulling. Leraren zullen dus moeten doorvragen om daar achter te komen.

Om aan te sluiten bij de verschillende begripsniveaus van de kinderen is het van belang dat de leraar zelf een volledig en wetenschappelijk juist conceptueel kader heeft van de begrippen die bij natuuronderwijs aan de orde komen.

Hieronder volgt een samenvatting van enkele veelvoorkomende problemen bij de conceptontwikkeling van kinderen bij de verschillende disciplines.

Literatuurlijst

Overzicht zoekacties literatuur

A

1. Adreani Dentici, O., Grossi, M.G., Borghi, L., De Ambrosis, A. and Massara, C.I. (1984). Understanding floating: a study of children aged between six and eight years. *International/European Journal of Science Education*, 6(3), 235-243.
2. Aho, L., Huopio, J. and Huttunen, S. (1993). Learning science by practical work in Finnish primary schools using materials familiar from the environment: a pilot study. *International Journal of Science Education*, 15(5), 497-507.
3. Anderson, D., Lucas, K.B. and Ginns, I.S. (2000). Development of knowledge about electricity and magnetism during a visit to a science museum and related post-visit activities. *Science Education*, 84(6), 658-679.
4. Arnaudin, M.W. and Mintez, J.J. (1985). Students' alternative conceptions of the human circulatory system: a cross-age study. *Science Education*, 69(5), 721-733.
5. Arnold, P., Sarge, A. and Worrall, L. (1995). Children's knowledge of the earth's shape and its gravitational field. *International Journal of Science Education*, 17(5), 635-641.
6. Asami, N., King, J. and Monk, M. (2000). Intuition and memory: mental models and cognitive processing in Japanese children's work on d.c. electrical circuits. *Research in Science & Technological Education*, 18(2), 141-154.
7. Atwood, R.K. and Atwood, V.A. (1996). Preservice elementary teachers' conceptions of the causes of seasons. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(5), 553-563.
8. Ault, C.R., Novak, J.D. and Gowin, D.B. (1984). Constructing vee maps for clinical interviews on molecule concepts. *Science Education*, 68(4), 441-462.

B

9. Bainbridge, J.W. (1984). *Aesculus hippocastanum* in war and peace. *Journal of Biological Education*, 18(1), 65-71.
10. Bar, V. (1989). Children's views about the water cycle. *Science Education*, 73(4), 481-500.
11. Bar, V. and Travis, A.S. (1991). Children's views concerning phase changes. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(4), 363-382.
12. Bar, V. and Galili, I. (1994). Stages of children's views about evaporation. *International Journal of Science Education*, 16(2), 157-174.
13. Bar, V., Zinn, B., Goldmuntz, R. and Sneider, C. (1994). Children's concepts about weight and free fall. *Science Education*, 78(2), 149-169.
14. Bar, V., Zinn, B. and Rubin, E. (1997). Children's ideas about action at a distance. *International Journal of Science Education*, 19(10), 1137-1157.
15. Barker, M. (2002). Putting thought in accordance with things: the demise of animal-based analogies for plant functions. *Science & Education*, 11, 293-304.
16. Barker, M. (1998). Understanding transpiration – more than meets the eye. *Journal of Biological Education*, 33(1), 17-20.

17. Barker, M. (1995). 'A plant is an animal standing on its head'. *Journal of Biological Education*, 29(3), 201-209.
18. Barman, C.R., Lessow, B., Lessow, D. and Shedd, J.D. (1996). The zoo connection: a cooperative project between formal and informal educational instructions. *School Science and Mathematics*, 96(1), 36-41.
19. Barman, C.R., Barman, N.S. and Miller, J.A. (1996). Two teaching methods and students' understanding of sound. *School Science and Mathematics*, 96(2), 63- 67.
20. Barrow, L.H. (1990). Elementary science textbooks and potential magnet misconceptions. *School Science and Mathematics*, 90(8), 716-720.
21. Baxter, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education*, 11(Special issue), 502-513.
- 21A. Bell, B. (1981). When an animal is not an animal? *Journal of Biological Education*, 15, 202-218.
22. Bell, B. and Barker, M. (1982). Towards a scientific concept of 'animal'. *Journal of Biological Education*, 16(3), 197-200.
23. Bell, B. (1985). Students' ideas about plant nutrition: what are they? *Journal of Biological Education*, 19(3), 213-218.
24. Bendall, S., Goldberg, F. and Galili, I. (1993). Prospective elementary teachers' prior knowledge about light. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(9), 1169-1187.
25. Binnie, A. (2001). Using the history of electricity and magnetism to enhance teaching. *Science & Education*, 10, 379-389.
26. Bloom, J.W. (1990). Contexts of meaning: young children's understanding of biological phenomena. *International Journal of Science Education*, 12(5), 549-561.
27. Borghi, L., Ambrosio, A. de, Massara, C.I., Grossi, M.G. and Zoppi, D. (1988). Knowledge of air: A study of children aged between 6 and 8 years. *International Journal of Science Education*, 10(2), 179-188.
28. Boyes, E. (1990). Pupils' ideas concerning energy sources. *International Journal of Science Education*, 12(5), 513-529.
29. Boyes, E. and Stanisstreet, M. (1991). Development of pupils' ideas about seeing and hearing – the path of light and sound. *Research in Science & Technological Education*, 9(2), 223-244.
30. Boyes, E. and Stanisstreet, M. (1993). The 'Greenhouse Effect': children's perceptions of causes, consequences and cures. *International Journal of Science Education*, 15(5), 531-552.
31. Boyes, E. and Stanisstreet, M. (1994). Children's ideas about radioactivity and radiation: sources, mode of travel, uses and dangers. *Research in Science & Technological Education*, 12(2), 145-160.
32. Braund, M. (1991). Children's ideas in classifying animals. *Journal of Biological Education*, 25(2), 103-110.
33. Braund, M. (1998). Trends in children's concepts of vertebrate and invertebrate. *Journal of Biological Education*, 32(2), 113-118.
34. Brickhouse, N. (1994). Children's observations, ideas, and the development of classroom theories about light. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(6), 639-656.
35. Burton, G. and Edge, D. (1985). Helping children develop a concept of time. *School Science and Mathematics*, 85(2), 109-120.

C

36. Carter, G. and Jones, M.G. (1994). Relationship between ability-paired interactions and the development of fifth graders' concepts of balance. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(8), 847-856.

37. Chidley, L. (1990). Panda, people, and planet – the work of WWF education department. *Journal of Biological Education*, 24(3), 149-152.
38. Chin-Chung Tsai and Chai-Ming Huang (2001). Development of cognitive structures and information processing strategies of elementary school students learning about biological reproduction. *Journal of Biological Education*, 36(1), 21-26.
39. Chin-Chung, T. (2001). Ideas about earthquakes after experiencing a natural disaster in Taiwan: An analysis of students' worldviews. *International Journal of Science Education*, 23(10), 1007-1016.
40. Christidou, V. and Koulaidis, V. (1996). Children's models of the ozone layer and ozone depletion. *Research in Science Education*, 26(4), 421-436.
41. Christidou, V. and Koulaidis, V. (1997). Children's use of metaphors in relation to their mental models: the case of ozone layer and its depletion. *Research in Science Education*, 27(4), 541-552.
42. Clough, E.E. and Driver, R. (1985). What do children understand about pressure in fluids? *Research in Science & Technological Education*, 3(2), 133-144.
43. Cochener, D. and Cochener, D. (1993). How many miles per hour is that fan going? An experiment to implement problem solving in grades 5-8. *School Science and Mathematics*, 93(3), 158-159.
44. Cross, R.T. and Mehegan, J. (1988). Young children's conception of speed: possible implications for pedestrian safety. *International Journal of Science Education*, 10(3), 253-265.
45. Cross, R.T. and Pitkethly, A. (1988). Speed, education and children as pedestrians: a cognitive change approach to a potentially dangerous naïve concept. *International Journal of Science Education*, 10(5), 531-540.
46. Cross, R.T. and Pitkethly (1989). A curriculum model to improve young children's concept of speed to reduce their pedestrian accident vulnerability. *School Science and Mathematics*, 89(4), 285- 292.
47. Cross, R.T. and Pitkethly, A. (1991). Concept modification approach to pedestrian safety: a strategy for modifying young children's existing conceptual framework of speed. *Research in Science & Technological Education*, 92(1), 93-106.
48. Cuthbert, A.J. (2000). Do children have a holistic view of their internal body maps? *School Science Review*, 82(299), 25-32.

D

49. Dickinson, D.K. (1987). The development of a concept of material kind. *Science Education*, 71(4), 615-628.
50. Dove, J. (1998). Alternative conceptions about the weather. *School Science Review*, 79(289), 65-69.
51. Dove, J.E., Everett, L.A. and Preece, P.F.W. (1999). Exploring a hydrological concept through children's drawings. *International Journal of Science Education*, 21(5), 485-497.

E

52. Eckstein, S. and Shemesh, M. (1989). Development of children's ideas on motion: intuition vs. logical thinking. *International Journal of Science Education*, 11(3), 327-336.
53. Eckstein, S.G. and Shemesh, M. (1993). Development of children's ideas on motion: impetus, the straight-down belief and the law of support. *School Science and Mathematics*, 93(6), 299-305.

54. Ediger, M. (1989). An introduction to classification using pets. *Journal of Biological Education*, 23(2), 112-113.
55. Enderstein, L.G. and Spargo, P.E. (1996). Beliefs regarding force and motion: a longitudinal and cross-cultural study of South African school pupils. *International Journal of Science Education*, 18(4), 479-492.
56. Enochs, L.G. and Gabel, D.L. (1984). Preservice elementary teachers' conceptions of volume. *School Science and Mathematics*, 84(8), 670-680.

F

57. Fehrer, E. and Rice, K. (1988). Shadows and anti-images: children's conceptions of light and vision. II. *Science Education*, 72(5), 637-649.
58. Feher, E. and Meyer, K.R. (1992). Children's conceptions of color. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(5), 505-520.
59. Fisher, B. (1998). There's a hole in my greenhouse effect. *School Science Review*, 79(288), 93-99.
60. Flear, M. (1996). Early learning about light: mapping preschool children's thinking about light before, during and after involvement in a two week teaching program. *International Journal of Science Education*, 18(7), 819-836.
61. Flear, M. (1997). A cross-cultural study of rural Australian aboriginal children's understandings of night and day. *Research in Science Education*, 27(1), 101-116.
62. Francis, C., Boyes, E., Qualter, A. and Stanisstreet, M. (1993). Ideas of elementary students about reducing the "greenhouse effect". *Science Education*, 77(4), 375-392.
63. Fusco, D. (2001). Creating relevant science through urban planning and gardening. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(8), 860-877.

G

64. Gabel, D.L., Stockton, J.D., Monaghan, D.L. and MaKinster, J.G. (2001). Changing children's conceptions of burning. *School Science and Mathematics*, 101(8), 439-451.
65. Gair, J. and Stancliffe, D.T. (1988). Talking about toys: an investigation of children's ideas about force and energy. *Research in Science & Technological Education*, 6(2), 167-180.
66. Galili, I. and Bar, V. (1997). Children's operational knowledge about weight. *International Journal of Science Education*, 19(3), 317-340.
67. Galili, I. (2001). Weight versus gravitational force: historical and educational perspectives. *International Journal of Science Education*, 23(10), 1073-1093.
68. Gilbert, J.K. and Watts, D.M. (1983). Concepts, misconceptions and alternative conceptions: changing perspectives in science education. *Studies in Science Education*, 10, 61-89.
- 68A. Gonzalez, F.M. (1997). Diagnosis of Spanish primary school students' common alternative science conceptions. *School Science and Mathematics*, 97(2), 68-74.
69. Greaves, E., Stanisstreet, M., Boyes, E. and Williams, T. (1993). Children's ideas about rainforests. *Journal of Biological Education*, 27(3), 189-195.
70. Gomez, E. J. and Duran, E.F. (1998). Didactic problems in the concept of electric potential difference and a analysis of its philogenesis. *Science & Education*, 7, 129-141.

H

71. Hale, M. (1986). Approaches to ecology teaching: the educational potential of the local environment. *Journal of Biological Education*, 20(3), 179-184.

72. Henriques, L. (2002). Children's ideas about weather: a review of the literature. *School Science and Mathematics*, 102(5), 202-291.
- 72A. Hill, D. and Wheeler, A. (1991). Towards a clearer understanding of students' ideas about science and technology: an exploratory study. *Research in Science & Technological Education*, 9(2), 125-137.
73. Hogan, K. (2000). Assessing students' systems reasoning in ecology. *Journal of Biological Education*, 35(1), 22-28.
74. Hogan, K. and Fisher-Keller, J. (1996). Representing students' thinking about nutrient cycling in ecosystems: bidimensional coding of a complex topic. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(9), 941-970.
75. Honey, J.H. (1987). Where have all the flowers gone?- the place of plants in school science. *Journal of Biological Education*, 21(3), 185-189.
76. Huber, R.A. and Burton, G.M. (1995). What do students think scientist look like? *School Science and Mathematics*, 95(7), 371-376.

J

77. Jennison, B.M. and Reiss, M.J. (1991) Does anyone know what energy is? *Journal of Biological Education*, 25(3), 173-176.
78. Jewell, N. (2002) Examining children's Models of Seed. *Journal of Biological Education*, 36(3), 116-122.
79. Johnson, P. (1998). Children's understanding of changes of state involving the gas state, Part 1: Boiling water and the particle theory. *International Journal of Science Education*, 20(5), 567-583.
80. Johnson, P. (1998). Children's understanding of changes of state involving the gas state, Part 2: Evaporation and condensation below boiling point. *International Journal of Science Education*, 20(6), 695-709.
81. Johnson, P. (2000). Children's understanding of substances, part 1: recognizing chemical change. *International Journal of Science Education*, 22(7), 719-737.
82. Johnson, P. (1998). Progression in children's understanding of a 'basic' particle theory: a longitudinal study. *International Journal of Science Education*, 20(4), 393-412.
83. Jones, M.G., Carter G. and Rua, M.J. (2000). Exploring the Development of Conceptual Ecologies: Communities of Concepts Related to Convection and Heat. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(2), 139-159.
84. Jones, B.L. and Lynch, P.P. (1987). Children's conceptions of the earth, sun and moon. *International Journal of Science Education*, 9(1), 43-53.
85. Jones, B.L., Lynch, P.P. and Reesink, C. (1989). Children's understanding of the notions of solid and liquid in relation to some common substances. *International Journal of Science Education*, 11(4), 417-427.

K

86. Kattmann, U. (2001). Aquatics, Flyers, Creepers and Terrestrials – students' conceptions of animal classification. *Journal of Biological Education*, 35(3), 141-147.
87. Kargbo, D.B., Hobbs, E.D. and Erickson, G.L. (1980). Children's beliefs about inherited characteristics. *Journal of Biological Education*, 14(2), 137-146.
88. Keirle, K. and Thomas, M. (2000). The influence of school health education programmes on the knowledge and behaviour of school children towards nutrition and health. *Research in Science & Technological Education*, 18(2), 173-190.

89. Kruger, C. and Summers, M. (2000). Developing primary school children's understanding of energy waste. *Research in Science & Technological Education*, 18(1), 5-21.

L

90. Lawrenz, F. and Dantchik, A. (1985). Attitudes toward energy among students in grades 4,7, and high school. *School Science and Mathematics*, 85(3), 189- 202.
91. Lawrenz, F. (1983). Student knowledge of energy issues. *School Science and Mathematics*, 83(7), 587-595.
- 91B. Lawson, A. (1988). The acquisition of biological knowledge during childhood: cognitive conflict or tabula rasa? *Journal of Research in Science Teaching*, 25(3), 185-199.
- 91A. Leach, J., Driver, R. and Scott, P. (1994). The Nature of Science – young people's representations. *Education in Science*, 157(April), 20-21.
92. Leach, J., Driver, R., Scott, P. and Wood-Robinson, C. (1995). Children's ideas about ecology 1: theoretical background, design and methodology. *International Journal of Science Education*, 17(6), 721-732.
93. Leach, J., Driver, R., Scott, P. and Wood-Robinson, C. (1996). Children's ideas about ecology 2: ideas found in children aged 5-16 about the cycling of matter. *International Journal of Science Education*, 18(1), 19-34.
94. Leach, J., Driver, R., Scott, P. and Wood-Robinson, C. (1996). Children's ideas about ecology 3: ideas found in children aged 5-16 about the interdependency of organisms. *International Journal of Science Education*, 18(2), 129-141.
95. Lehrer, R. and Schauble, L. (1998). Reasoning about structure and function: children's conceptions of gears. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(1), 3-25.
96. Lock, R. and Richards, B. (1996). Plant and animal organs and functions – a student-centred approach. *Journal of Biological Education*, 30(1), 15-16.
97. Longden, K., Black, P. and Solomon, J. (1991). Children's interpretation of dissolving. *International Journal of Science Education*, 13(1), 59-68.

M

98. Mantle, G. and Heath, S. (1986). The use of urban open spaces for environmental education. *Journal of Biological Education*, 20(4), 279-286.
99. [142A] Sere, Marie-Genevieve. (1986). Children's conceptions of the gaseous state, prior to teaching. *International/European Journal of Science Education*, 8(4), 413-425.
100. Marques, L. and Thompson, D. (1997). Portuguese students' understanding at ages 10-11 and 14-15 of the origin and nature of the earth and the development of life. *Research in Science & Technological Education*, 15(1), 29-51.
101. Meheut, M., Saltiel, E. and Tiberghien, A. (1985). Pupils' (11-12 year olds) conceptions of combustion. *International/European Journal of Science Education*, 7(1), 83-93.
102. Melber, L.M. and Abraham, L.M. (2002). Science education in U.S. natural history museum: a historical perspective. *Science & Education*, 11, 45-54.
- 102B. Metz, K. E. (1991). Development of explanation: incremental and fundamental change in children's physics knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 785-797.
- 102A. Millar, R. and Kragh, W. (1994). Alternative frameworks or context-specific reasoning? *School Science Review*, 75(272), 27-34.

103. Mintez, J.J. (1984). Naive theories in biology: children's concepts of the human body. *School Science and Mathematics*, 84(7), 548-555.
104. Monk, M. (1995). On the identification of principles in science that might inform research into students' beliefs about natural phenomena. *International Journal of Science Education*, 17(5), 565-573.
105. Monk, M. (1991). Genetic epistemological notes on recent research into children's understanding of light. *International Journal of Science Education*, 13(3), 255-270.

N

106. Nakhleh, M.B. and Samarapungavan, A. (1999). Elementary school children's beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(7), 777-805.
107. Newton, D.P. and Newton, L.D. (1992). Young children's perceptions of science and the scientist. *International Journal of Science Education*, 14(3), 331-348.
108. Newton, L.D. (1998). Primary children's conceptions of science and the scientist: is the impact of a National Curriculum breaking down the stereotype? *International Journal of Science Education*, 20(9), 1137-1149.
109. Nicholls, G. and Ogborn, J. (1993). Dimensions of children's conceptions of energy. *International Journal of Science Education*, 15(1), 73-82.
110. Núñez, F. and Banet, E. (1997). Students' conceptual patterns of human nutrition. *International Journal of Science Education*, 19(5), 509-526.

O

111. Oldham, V., Black, P., Solomon, J. and Stuart, H. (1986). A study of pupil views on the dangers of electricity. *International/European Journal of Science Education*, 8(2), 185-197.
112. O-Saki, K.M. and Samiroden, W.D. (1990). Children's conceptions of 'living' and 'dead'. *Journal of Biological Education*, 24(3), 199-207.
113. Osborne, R. (1983). Towards modifying children's ideas about electric current. *Research in Science & Technological Education*, 1(1), 73- 82.
114. Osborne, R.J. and Cosgrove, M.M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(9), 825-838.
- 114A. Osborne, J., Black, P., Smith, M. and Meadows, J. (1990). *Light*. Primary space project research report. Liverpool University Press.
115. Osborne, J., Black, P., Smith, M. and Meadows, J. (1991). *Electricity*. Primary space project research report. Liverpool University Press.
116. Osborne, J.F. and Black, P. (1993). Young children's (7-11) ideas about light and their development. *International Journal of Science Education* 15(1), 83-94.
117. Oversby, J. (1996). Knowledge of earth science and the potential for its development. *School Science Review*, 78(283), 91-97.

P

118. Palmer, D.H. (1997). Students' application of the concept of interdependence to the issue of preservation of species: observations on the ability to generalize. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(8), 837-850.
119. Palmer, D.H. and Flanagan, R.B. (1997). Readiness to change the conception that "Motion-Implies-Force": A comparison of 12-year-old and 16-year old students. *Science Education*, 81(3), 317-331.

120. Palmer, D. (2001). Students' alternative conceptions and scientifically acceptable conceptions about gravity. *International Journal of Science Education*, 23(7), 691-706.
121. Potari, D. and Spiliotopoulou, V. (1996). Children's approaches to the concept of volume. *Science Education*, 80(3), 341-360.
122. Potts, A., Stanisstreet, M. and Boyes, E. (1996). Children's ideas about the ozone layer and opportunities for physics teaching. *School Science Review*, 78(283), 57-62.
123. Prieto, T., Blanco, A. and Rodriguez, A. (1989). The ideas of 11 to 14-year-old students about the nature of solution. *International Journal of Science Education*, 11(4), 451-463.
124. Proverbio, E. (1989). Spontaneous models and the formalization of the concepts of weather and time at the elementary school level. *International Journal of Science Education*, 11(1), 113-123.

Q

125. Qualter, A. (1995). A source of power: young children's understanding of where electricity comes from. *Research in Science & Technological Education*, 13(1), 177-186.

R

126. Rahayu, S. and Tytler, R. (1999). Progression in primary school children's conceptions of burning: toward and understanding of the concept of substance. *Research in Science Education*, 29(3), 295-312.
127. Rahm, J. (2002). Emergent learning opportunities in an inner-city youth gardening program. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(2), 164-184.
128. Ramadas, J. and Bhabha, H. (1996). The system idea as a tool in understanding conceptions about the digestive system. *International Journal of Science Education*, 18(3), 355-368.
129. Ramorogo, G. and Wood-Robinson, C. (1995) Batswana children's understanding of biological inheritance. *Journal of Biological Education*, 29(1), 60-71.
130. Rath, A. and Brown, D.E. (1996) Modes of engagement in science inquiry: a microanalysis of elementary students' orientations toward phenomena at summer science camp. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(10), 1083-1097.
- 130A. Reiss, M.J. and Tunnicliffe, S.D. (1999). Conceptual development. *Journal of Biological Education*, 34, 13-16.
131. Reiss, M.J. and Tunnicliffe, S.D. (2001). Students' understanding of human organs and organ systems. *Research in Science Education*, 31, 383-399.
132. Reiss, M.J. et al (2002). An international study of young peoples' drawings of what is inside themselves. *Journal of Biological Education*, 36(2), 58-64.
- 132A. Rollnick, M. (1990). African public school teachers-what ideas do they hold on air and air pressure? *International Journal of Science Education*, 12(1), 101-113.
133. Ross, K.E.K. and Shuell, T.J. (1993). Children's beliefs about earthquakes. *Science Education*, 77(2), 191-205.
134. Rowlands, M. (2001). The development of children's biological understanding. *Journal of Biological Education*, 35(2), 66-68.
135. Russell, T., Harlen, W. and Watt, D. (1989). Children's ideas about evaporation. *International Journal of Science Education*, 11(Special issue), 566-576.

- 135A. Russell, T., Longden, K. and McGuigan, L. (1991). *Materials*. Primary space project research report. Liverpool University Press.
136. Russell, T. and Watt, D. (1990). *Growth*. Primary space project research report. Liverpool University Press.
- 136A. Russell, T. and Watt, D. (1990). *Evaporation and condensation*. Primary space project research report. Liverpool University Press.
137. Russell, T., McGuigan, L. and Hughes, A. (1998). *Forces*. Primary space project research report. Liverpool University Press.

S

138. Schibeci, R.A. and Sorensen, I. (1983). Elementary school children's perceptions of scientists. *School Science and Mathematics*, 83(1), 14-20.
139. Schibeci, R.A. and Hickey, R. (2000). Is it natural or processed? Elementary school teachers and conceptions about materials. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1154-1170.
140. Selley, N. (1993). Why do things float? *School Science Review*, 74(269), 55-62.
141. Selley, N.J. (1996). Children's ideas on light and vision. *International Journal of Science Education*, 18(6), 713-723.
142. Selley, N.J. (1996). Towards a phenomenography of light and vision. *International Journal of Science Education*, 18(7), 837-846.
- 142A [99] Sere, Marie-Genevieve. (1986). Children's conceptions of the gaseous state, prior to teaching. *International/European Journal of Science Education*, 8(4), 413-425.
143. Seroglou, F., Koumaras, P. and Tselfes, V. (1998). History of science and instructional design: the case of electromagnetism. *Science & Education*, 7, 261-280.
144. Settlage Jr., J. (1995). Childrens' conceptions of light in the context of a technology-based curriculum. *Science Education*, 79(5), 535-553.
145. Sharp, J.G. (1996). Children's astronomical beliefs: a preliminary study of Year 6 children in south-west England. *International Journal of Science Education*, 18(6), 685-712.
146. Sharp, J.G., Bowker, R. Mooney, C.M., Grace, M. and Jeans, R. (1999). Teaching and learning astronomy in primary schools. *School Science Review*, 80(292), 75-86.
147. Shepardson, D.P. and Moje, E.B. (1994). The impact of a science demonstration on children's understanding of air pressure. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(3), 243-258.
148. Shepardson, D.P., Moje, E.B. (1994). The nature of fourth graders' understandings of electric circuits. *Science Education*, 78(5), 489-514.
- 148A. Shepardson, D.P. (1997). Of butterflies and beetles: first graders' ways of seeing and talking about insect life cycles. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9), 873-889.
149. Shepardson, D.P. (1999). The role of anomalous data in restructuring fourth graders' frameworks for understanding electric circuits. *International Journal of Science Education*, 21(1), 77-94.
150. Shepardson, D.P. (2002). Bugs, butterflies, and spiders: children's understanding about insects. *International Journal of Science Education*, 24(6), 627-643.
151. Shipstone, D.M. (1984). A study of children's understanding of electricity in simple DC circuits. *International/ European Journal of Science Education*, 6(2), 185-198.

152. Skamp, K. (1999). Are atoms and molecules too difficult for primary children? *School Science Review*, 81(295), 87-96.
153. Slone, M. and Bokhurst, F.D. (1992). Children's understanding of sugar water solutions. *International Journal of Science Education*, 14(2), 221-235.
154. Smith, E.L. and Anderson, C.W. (1984). Plants as producers: a case study of elementary science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(7), 685-698.
155. Sneider, C. and Pulos, S. (1983). Children's cosmographies: understanding the earth's shape and gravity. *Science Education*, 67(2), 205-221.
156. Sneider, C.I. and Ohadi, M.M. (1998). Unraveling students' misconceptions about the earth's shape and gravity. *Science education*, 82(2), 265-284.
157. Solomon, J. , Black, P., Oldham, V. and Stuart, H. (1985). The pupils' view of electricity. *International/European Journal of Science Education*, 7(3), 281-294.
158. Solomon, J. (1987). The pupils' view of electricity revisited: social development or cognitive growth? *International Journal of Science Education*, 9(1), 13-22.
159. Spiropoulou, D., Kostopoulos, K. and Jacovides, C.P. (1999). Greek children's alternative conceptions on weather and climate. *School Science Review*, 81(294), 55-59.
160. Sprod, T. (1997). Longitudinal research and development: Selley on children, light and vision. *International Journal of Science Education*, 19(6), 739-740.
161. Stahly, L.L., Krockrover, G.H. and Shepardson, D.P. (1999). Third grade students' ideas about lunar phases. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(2), 159-177.
162. Stavridou, H. and Solomonidou, C. (1989). Physical phenomena-chemical phenomena: do pupils make the distinction? *International Journal of Science Education*, 11(1), 83-92.
163. Stavy, R. and Stachel, D. (1985). Children's ideas about 'solid' and 'liquid'. *International/ European Journal of Science Education*, 7(4), 407-421.
164. Stavy, R. (1988). Children's conception of gas. *International Journal of Science Education*, 10(5), 553-560.
- 164A. Stavy, R. (1989). Children's understanding of the notions of solid and liquid in relation to some common substances. *International Journal of Science Education*, 11(4), 417-427.
165. Stavy, R. (1990). Pupils' problems in understanding conservation of matter. *International Journal of Science Education*, 12(5), 501-512.
166. Stavy, R. (1990). Children's conceptions of changes in the state of matter: from liquid (or solid) to gas. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(3), 247-266.
167. Stavy, R. (1991). Using analogy to overcome misconceptions about conservation of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(4), 305-313.
168. Stavy, R. (1991). Children's ideas about matter. *School Science and Mathematics*, 91(6), 240- 244.
- 168A. Stein, S.J. and McRobbie, C.J. (1997). Students' conceptions of science across the year of schooling. *Research in Science Education*, 26(4), 611-628.
169. Stocklmayer, S.M. and Traegust, D.F. (1994). A historical analysis of electric currents in textbooks: a century of influence on physics education. *Science & Education*, 3, 131-145.
170. Strommen, E. (1995). How are living things alike and different? First graders' knowledge of basic life science concepts. *Journal of Biological Education*, 29(4), 286-292.

171. Strommen, E. (1995). Lions and Tigers and Bears, oh my! Children's conceptions of forests and their inhabitants. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(7), 683-698.
172. Stylianidou, F. (1997). Children's learning about energy and processes of change. *School Science Review*, 79(286), 91-97.
173. Summers, M., Kruger, C. and Mant, J. (1998). Teaching electricity effectively in the primary school: a case study. *International Journal of Science Education*, 20(2), 153-172.
174. Sunal, D.W. and Sunal, C.S. (1991). Young children learn to restructure personal ideas about growth in trees. *School Science and Mathematics*, 91(7), 314- 317.
175. Symington, D. and Spurling, H. (1990). The 'draw a scientist test': interpreting the data. *Research in Science & Technological Education*, 8(1), 75-77.

T

176. Taiwo, A.A., Ray, H., Motswiri, M.J. and Masene, R. (1999). Perceptions of the water cycle among primary school children in Botswana. *International Journal of Science Education*, 21(4), 413-429.
177. Tamir, P. and Shcurr, Y. (1997). Back to living animals: an extracurricular course for fifth-grade pupils. *Journal of Biological Education*, 31(4), 301-305.
178. Teixeira, F.M. (2000). What happens to the food we eat? Children's conceptions of the structure and function of the digestive system. *International Journal of Science Education*, 22(5), 507-520.
179. Tema, B.O. (1989). Rural and urban African pupils' alternative conceptions of 'animal'. *Journal of Biological Education*, 23(3) 199-207.
180. Thomas, J. (2000). Learning about genes and evolution through formal and informal education. *Studies in Science Education*, 35, 59-92.
181. Trend, R. (1997). An investigation into understanding of geological time among 10- and 11-year-old children. *International Journal of Science Education*, 20(8), 973-988.
182. Trend, R., Everett, L. and Dove, J. (2000). Interpreting primary children's representations of mountains and mountainous landscapes and environments. *Research in Science & Technological Education*, 18(1), 85-112.
183. Trend, R.D. (2001). Deep time framework: a preliminary study of U.K. primary teachers' conceptions of geological time and perceptions of geoscience. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(2), 191-221.
184. Trowbridge, J.E. and Mintzes, J.J. (1988). Alternative conceptions in animal classification: a cross-age study. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(7), 547-571.
185. Trowbridge, J.E. and Mintez, J.J. (1985). Students' alternative conceptions of animals and animal classification. *School Science and Mathematics*, 85(4), 304-316.
186. Trumper, R. (2001). A cross-age study of junior high school students' conceptions of basic astronomy concepts. *International Journal of Science Education*, 23(11), 1111-1123.
187. Trumper, R. (1993). Children's energy concepts: a cross-age study. *International Journal of Science Education*, 15(2), 139-148.
188. Tull, D. (1994). Elementary students' responses to questions about plant identification: Response strategies in children. *Science Education*, 78(4), 323-343.

189. Tunnicliffe, S.D. (1996). A comparison of conversations of primary school groups at animated, preserved, and live animal specimens. *Journal of Biological Education*, 30(3), 195-206.
190. Tunnicliffe, S.D. (1996). The relationship between pupils' age and the content of conversations generated at three types of animal exhibits. *Research in Science Education*, 26(4), 461-480.
191. Tunnicliffe, S.D. and Reiss, M.J. (1999). Opportunities for sex education and personal and social education (PSE) through science lessons: the comments of primary pupils when observing meal worms and brine shrimps. *International Journal of Science Education*, 21(9), 1007-1020.
192. Tunnicliffe, S.D. and Reiss, M.J. (1999). Students' understanding about animal skeletons. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1187-1200.
193. Tunnicliffe, S.D. and Reiss, M.J. (1999). Building a model of the environment: how do children see animals? *Journal of Biological Education*, 33(3), 142-148.
194. Tunnicliffe, S.D. and Reiss, M.J. (2000). Building a model of the environment: how do children see plants? *Journal of Biological Education*, 34(4), 172-177.
195. Tunnicliffe, S.D. and Reiss, M.J. (2000). What sense do children make of three-dimensional, life-sized 'representations' of animals? *School Science and Mathematics*, 100(3), 128-137.
196. Tunnicliffe, S.D. (2001). Talking about plants- comments of primary school groups looking at plant exhibits in a botanical garden. *Journal of Biological Education*, 36(1), 27-34.
197. Turner, S. A. (1997). Children's understanding of food and health in primary classrooms. *International Journal of Science Education*, 19(5), 491-508.
198. Twigger, D., Byard, M., Driver, R., Draper, S., Hartley, R., Hennessy, S., Mohamed, R., O'Malley, C., O'Sheat, T. and Scanlon, E. (1994). The conception of force and motion of students aged between 10 and 15 years: an interview study designed to guide instruction. *International Journal of Science Education* 16(2), 215-229.
199. Tytler, R. (1998). Children's conceptions of air pressure: exploring the nature of conceptual change. *International Journal of Science Education*, 20(8), 929-958.
200. Tytler, R. (2000). A comparison of year 1 and year 6 students' conceptions of evaporation and condensation: dimensions of conceptual progression. *International Journal of Science Education*, 22(5), 447-467.

U

201. Urevbu, A.O. (1984). Teaching concepts of energy to Nigerian children in the 7-11 year-old age range. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(3), 255-267.

V

202. Verran, J., Brintell, B., Brownrigg, N., Garcia, R. and Green, A. (1997). The body game: developed by undergraduates for key stage 2 National curriculum Science. *Journal of Biological Education*, 31(3), 181-184.
203. Viard, J. and Khantine-Langlois, F. (2001). The concept of electrical resistance: How cassirer's philosophy, and the early developments of electric circuit theory, allow a better understanding of students' learning difficulties. *Science & Education*, 10, 267-286.
204. Villalbi, R.M. and Lucas, A.M. (1991). When is an animal not an animal? When it speaks English! *Journal of Biological Education*, 25(3), 184-186.

- 204A. Vos de, W. and Verdonk, A.H. (1996). The particulate nature of matter in science education and in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6), 657-664.

W

205. Wandersee, J.H. (1992). Exploring human growth: using a calculator to integrate mathematics and science. *School Science and Mathematics*, 92(2), 96- 98.
- 205A. Webb, L. and Morrison, I. (2000). The consistency of primary children's conceptions about the earth and its gravity. *School Science Review*, 81(296), 99-104.
206. Whitelock, D. (1991). Investigating a model of commonsense thinking about causes of motion with 7 to 16-year-old pupils. *International Journal of Science Education*, 13(3), 321-340.
207. Whitworth, G. and Millar, R. (1994). How do we see? Teaching the scientific model of vision. *School Science Review*, 76(275), 113-116.
208. Wood-Robinson, C. (1991). Young people's ideas about plants. *Studies in Science Education*, 19, 119-135.
209. Wright, L. (1997). 'Books don't move cos they haven't got legs'. *Education in Science*, 171(January), 26-27.

Evaluaties

210. Eichinger, J. (1990). Science education in the united states: are things as bad as the recent IEA report suggests? *School Science and Mathematics*, 90(1), 33-39.
211. Finson, K.D., Fitch, T., Lisowski, M. and Foster, G. (1996). The status of science education in K-6 Illinois schools. *School Science and Mathematics*, 96(3), 120-127.
212. James, R.K. and Hord, S.M. (1988). Implementing elementary school science program. *School Science and Mathematics*, 88(4), 315-334.14-20.
213. Jennings, A. (1992). Towards assessment of biological components of national curriculum science. *Journal of Biological Education*, 26(1), 54-62.
214. Lappan, G. and Ferrini-Mundy, J. (1990). Implementing NCTM *Curriculum and evaluation standards for school mathematics* in grades 5-8: obstacles and opportunities. *School Science and Mathematics*, 90(6), 486-493.
215. Lattery, M.J., Lemberger, J. and Herzog, B. (2002). Impact of the *Science and Technology for Children* curriculum in the Oshkosh area school district. *School Science and Mathematics*, 102(3), 124-136.
216. Leach, J. (2002). Teacher's views on the future of the secondary science curriculum. *School Science Review*, 83(304), 43-50.
217. Lunn, S. and Solomon, J. (2000). Primary Teachers' thinking about the English National Curriculum for science: Autobiographies, warrants, and autonomy. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1043-1056.
218. Nott, M. and Wellington, J. (1999). The state we're in: issues in key stage 3 and 4 science. *School Science Review*, 81(294), 13-18.
219. Reiss, M.J. and Tunnicliffe, S.D. (1999). Conceptual development. *Journal of Biological Education*, 34(1), 13-16.
220. Reiss, F. (2000). Problems with German science education. *Science & Education*, 9, 327-331.
221. Rutherford, F.J. (2001). Fostering the history of science in American science education. *Science & Education*, 10, 569-580.
222. Schwartz, R.S., Abd-El-Khalick, F. and Lederman, N.G. (2000). Achieving the reforms vision: the effectiveness of a specialist-led elementary science program. *School Science and Mathematics*, 100(4), 181-193.
223. Shymansky, J.A., Kyle, W.C. and Alport, J.M. (1983). The effects of new science curricula on students performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(5), 387-404.
224. Van Driel, J.H., Beijaard, D. and Verloop, N. (2001). Professional development and reform in science education: the role of teachers' practical knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(2), 137-158.
225. Windale, M., Hudson, T. and Smith, R. (1995). Teaching and learning approaches in science education – what has been the effect of the National Curriculum? *Journal of Biological Education*, 29(4), 235-236.
226. Wood Robinson, V., Watson, R. and Goldsworthy, A. (2000). Improving investigations from the AKSIS Project. *Education in Science*, 184(September), 22-2.
227. Wood Robinson, V., Watson, R. and Goldsworthy, A. (2000). Improving investigations from the AKSIS Project. *Education in Science*, 188(June), 14-15.
228. Lederman, N. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.

229. Lederman, N.G. (2002). Everyday thoughts about nature: A worldview investigation of important concepts students use to make sense of nature with specific attention to science. W. Cobern, 2000, Kluwer, Dordrecht, The Netherlands. *Science Education*, 86(4), 591-593.
230. Solomon, J., Scott, L. and Duveen, J. (1996). Large-scale exploration of pupils' understanding of the nature of science. *Science Education*, 80(5), 493-508.

Bijlagen

Bijlage 1 - Biologie: concepten van kinderen

22
Nieuw-Zeeland
5, 9/10 en 14 jaar

1. Biologie 1.1 Eigenschappen en classificatie van organismen

Blijkt dat veel leerlingen niet een wetenschappelijk geaccepteerd begrip van 'dieren' hebben. Voor veel leerlingen zijn dieren louter de grote landzoogdieren zoals dieren op een boerderij, in de dierentuin, huisdieren, of in het oerwoud. Veel leerlingen waaronder ook 15-16 jarigen, beschouwen een worm, spin of vis niet als dieren, terwijl een wetenschapper dat wel doet. Doel van de publicatie is om het concept dat leerlingen van dieren hebben te verhelderen en te modifieren zodat zij gevoelig worden voor, en in staat zijn om een onderscheid te maken tussen de betekenis van alledag en wetenschappelijke betekenis van 'dieren'.

Methode: 'Action-research': groep biologiedocenten, deze probeerden in hun klassen nieuwe onderwijsactiviteiten uit, waarin leerlingen dieren moesten categoriseren, met elkaar moesten discussiëren wat wel en niet dieren waren in een omgeving waar de ideeën van leerlingen als waardevol beoordeeld werden voor de klas en de persoon. De onderwijsactiviteiten werden geëvalueerd, door de leden van de 'action-groep', gebruik makend van parallel, pre- en posttest onderzoek. De leerlingen kregen 10 tekeningen van dieren en niet-dieren voorgelegd met de vraag: 'Is dit een dier?'. De leerlingen schreven hun antwoord op een vel papier. Aantallen: 5 jaar oud (n=15), 8/9 jaar (n=23), 14 jaar (n=20).

Resultaten: Blijkt dat na onderwijsinterventie, leerlingen vragen meer als een wetenschapper beantwoordden en dat nu ook de mens, zeemeeuw, dolfijn, spin en worm als dieren werden gezien en ingedeeld.

32
Engeland
12, 14 en 15 jaar

Taxonomie heeft een vooraanstaande positie in het natuuronderwijs curriculum op school. Blijkt echter dat kinderen veelal slecht presteren wanneer ze dieren moeten classificeren.

Methode: Leerlingen moesten 15 tekeningen van vertebraten en invertebraten classificeren en hun antwoord opschrijven. Werd aan drie leeftijdsgroepen voorgelegd: 12 jaar (n=25), 14 jaar (n=20), 15/16 jaar (n=19).

Resultaten: In het algemeen chronologische verbetering in classificatie merkbaar. Tot 11 jaar zijn er geen verschillen merkbaar in prestatie tussen jongens en meisjes, vanaf 12 is verschil in het voordeel van de meisjes merkbaar, dat op latere leeftijd door de jongens weer wordt bijgehaald. Het verschil van de meisjes in het beter classificeren van dieren is waarschijnlijk gebaseerd op observatievaardigheden. Om classificeren van kinderen te verbeteren blijkt dat er rekening moet worden gehouden met een aantal interacterende factoren. De kaders van kinderen zijn zeer volhardend en worden beïnvloed door houding en visuele aanwijzingen. Kinderen hadden voornamelijk problemen wanneer de fylogenetische kenmerken van de voorbeelden onscherp waren in vergelijking met typische gevallen/voorbeelden van een concept. Zoals bijv. het 'visachtige' voorkomen van de dolfijn en het gedrongen, rechtopstaande en aquatische aangepaste voorkomen van de pinguïn. Het kader van veel kinderen lijkt matig geconstrueerd of onvolledig en kan de ongebruikelijke en afwijkende voorbeelden niet onderbrengen. Waar de alternatieve kaders van kinderen volhardend en vasthoudend lijken te zijn, wordt gesuggereerd enige vorm van interventie (onderwijs) in te bouwen. Zoals meer voorbeelden en niet-voorbeelden voor elke groep.

Bekwaamheid van schoolkinderen om **dieren te classificeren** als **vertebraten en invertebraten** blijkt uit eerdere studies zwak. Als typische vertebraten worden gezien grote dieren met een duidelijk hoofd en ledematen, terwijl invertebraten worden gezien als vormloze dieren zonder benen die kruipen. Er is echter weinig bekend welke concepten jonge kinderen hierover hebben en de manier waarop deze ideeën variëren/verschuiven in leeftijd.

Methode: Kinderen tussen de 7 en 15 jaar werden gekozen (groep 3 t/m basisvorming). Ze kregen een aantal gekleurde foto's van dieren voorgelegd, en hen werd gevraagd of zij dachten dat het dier een ruggengraat had of niet, en hun antwoord te verklaren. Basisschoolkinderen werden door de onderzoeker geïnterviewd en er werden verslagen van de gesprekken gemaakt, leerlingen uit de basisvorming moesten hun antwoorden op een antwoordblad invullen. Groep 3 (n=14), groep 4 (n=19), groep 5 (n=17), groep 6 (n=14), groep 8 (n=25), groep 10 (n=26).

Resultaten: Blijkt dat de jongste kinderen zich beperken tot vorm en grootte kenmerken. Een idee dat door kinderen in alle leeftijdsgroepen sterk heerst is dat alle dieren die kunnen buigen en oprollen geen ruggengraat hebben (bijv. slang). Kinderen zien een ruggengraat als een brede, rechte structuur. Vissen bijv. moeten flexibel en buigzaam zijn in hun beweging en kunnen daarom geen ruggengraat hebben. Bijna alle kinderen in alle leeftijdsgroepen gaven aan dat de schildpad een invertebraat was, ondanks z'n grote schild dat de ruggengraat vervangt als ondersteuning. Van de weinige kinderen die een slang, zeehond en vis correct indeelden als vertebraten hadden de meesten een eigen directe ervaring met de interne structuur. Kinderen in de leeftijd van de basisvorming, generaliseren sneller ('de mier is een insect en insecten hebben geen ruggengraat') of overwegen dat andere manieren van ondersteuning een ruggengraat overbodig maken.

Methode: 536 leerlingen: groep 6 (9-10 jaar), groep 7 (10-11 jaar) en basisvorming (13-16 jaar). **Classificeren**

Taak 1: groeperen en naam geven: De namen van 25 dieren worden op een werkblad gegeven (deze namen zijn uit een pilot studie gehaald waarin leerlingen zoveel mogelijk dieren moesten noemen). De leerlingen moesten deze 25 dieren groeperen en elke groep een geschikte naam geven (er werden geen afbeeldingen van de dieren gegeven, om er voor te zorgen dat leerlingen hun mentale modellen vrij gebruikten).

Taak 2: leerlingen kregen 6 items die elk een multiple choice gedeelte en een open vraag deel bevatten. In de multiple-choice vraag werden 5 dieren gegeven en de leerlingen moesten er 1 uithalen waarvan zij dachten dat deze niet in de groep thuishoorde. In de open vraag moesten zij een reden geven waarom zij dachten dat dit dier er niet bij hoorde. De dieren waren zo gekozen dat 1 ervan om biologisch taxonomische redenen er niet in paste en 1 omdat deze verschilde in methode van voortbeweging, habitat of grootte.

Taak 3: Toewijzen: 5 items. Voor elk item werd de leerling een keuze van 2 dieren voorgelegd en gevraagd te selecteren welk dier behoorde tot de gegeven groep van drie of vier dieren. Waarna zij de reden van hun keuze moesten geven.

Resultaten: (1) Groeperen en naam geven: in groep 6 en 7 waren de *niet-taxonomische* categorieën dominant (als ook in basisvorming) Classificeren naar *habitat* was de meest gebruikte door alle groepen, vnl. 'aquatisch dier' veel gebruikt. Tweede meest significante criterium was verschillende typen van voortbeweging (vliegen en kruipen). Bij alle groepen was het aantal en frequentie van taxonomische categorieën significant lager dan de niet-taxonomische categorie.

(taak 2) ook hier blijkt dat het % studenten dat taxonomische categorieën gebruikt lager is dan de *niet-taxonomische*: beide taken samen voor groep 6 97% . groep 7 92%, 65% basisvorming. De criteria van *habitat* en *beweging* werden het meest gebruikt.

Suggereert een evolutionaire aanpak om leerlingen te leren classificeren aangezien

leerlingen voornamelijk indelen op grond van impliciete theorieën en persoonlijke taxonomie.

Method: Betreft een onderzoek naar het ecologische begrip van kinderen in de leeftijd van 5-16 jaar (n=200). Het is het eerste van 3 artikelen, en dit artikel richt zich op de theoretische achtergrond, ontwerp en methodologie. De andere 2 artikelen zullen de belangrijkste resultaten bespreken.

In 1989 heeft de National Curriculum Council de Children's Learning in Science Research Group opdracht gegeven een onderzoeksproject uit te voeren om de ontwikkeling van het conceptuele begrip van kinderen in de natuurwetenschappen te documenteren op basis waarvan revisies in het nieuw geïntroduceerde nationale curriculum konden worden geënt. Voor de natuurkunde waren al een aantal studies uitgevoerd en nu was het tijd dat er aandacht aan het biologische domein werd besteed om curriculum planning te kunnen informeren.

Deze studie was ontwikkeld om de manieren waarop kinderen denken en situaties uitleggen over die betrekking hebben op kringlopen van materie, energie stromen en de wederzijdse afhankelijkheid van organismen in ecosystemen. De studie beschrijft de vooruitgang in het denken over natuurlijke verschijnselen in termen van 3 gerelateerde factoren:

1. De kennis van leerlingen over verschijnselen (fenomenen),
2. de ontologische betrokkenheid die met deze kennis is geassocieerd (vooruitgang in leren niet alleen gerelateerd aan kennis ook aan de veranderingen in aannames van kinderen over de wereld om hen heen) en de
3. epistemologische betrokkenheid van leerlingen. Doel was om de individuele redeneringen van de leerling over ecologie in kaart te brengen (zonder ze in te kaderen naar situaties). Daarom werd gekozen voor een fenomenologische aanpak om het denken van leerlingen te toetsen, door hen specifieke biologische situaties voor te leggen, illustraties, foto's en video.

6 Sleutelideeën werden gedefinieerd om het domein van studie te definiëren:

a) overdragen van materie en energie tussen organismen, b) uitwisseling van materie en energie met de omgeving, c) habitat, d) fotosynthese, e) ademhaling, f) bederf, rotten (afbreekbaar). Verder bepaalt de *context* waarin het fenomeen zich voordoet ook het type van verklaring dat gegeven wordt.

5 Diagnostische instrumenten werden ontwikkeld om een context te verschaffen waarin het denken van de kinderen over elk van de 6 sleutelideeën onderzocht kon worden; genaamd: 'Appel', 'video', 'gemeenschap', 'toneel' en 'eet'. Biologische situaties werden geselecteerd als context voor het instrument op zo'n manier dat het alle sleutelideeën bedekte. Tot de leeftijd van 8 jaar werd alleen het interview toegepast, bij de oudere leerlingen interview en geschreven antwoorden. Voorbeeld van het instrument (context) 'appel': leerlingen kregen eerst een foto van een rottende appel onder een appelboom te zien. De foto was vergroot om details te kunnen waarnemen en de jongere kinderen kregen een echte rottende appel te zien (oudere kinderen, vanaf 8 jaar opdracht op papier). Ze werden gevraagd te beschrijven wat ze opviel aan de appel en daarna wat zij dachten dat dit veroorzaakte. Wanneer leerlingen specifieke wetenschappelijke termen gebruikten werd gevraagd deze uit te leggen, zoals bacillen, bacteriën, rotten, verteren etc. Dus in het 'appel'-instrument werden vragen t.a.v. de aard en oorzaak van verteren en het lot van materie tijdens het vertering/ bederf proces. Zo was elk van de 5 diagnostische instrumenten ontworpen om de ideeën van leerlingen over een van de sleutelideeën te triggeren.

In de leeftijd van 5-7 jaar werden 45 interviews afgenomen, in de leeftijd van 7-11 jaar 16 interviews en 81 geschreven opdrachten, van 11-14 jaar 16 interviews en 220 geschreven opdrachten (en 14-16 jaar 8 interviews en 153 geschreven opdrachten). Interviews werden op geluidsband opgenomen. Voor elk diagnostisch instrument werd

een coderingssysteem opgesteld. De antwoorden van de kinderen in elke leeftijdsgroep werden bekeken en hieruit werden algemene ideeën en wijze van verklaren te geïdentificeerd. Het coderingssysteem werd dus gebaseerd op de antwoorden en gesprekken van de kinderen en niet op basis van het wetenschappelijke perspectief.

'**Levend**' is een basaal concept in biologie. Blijkt bijv. uit studie van Tamir (1981) dat veel kinderen het leven van dieren en mensen anders beschouwen dan dat van planten en embryo's. Doel studie: Bijdrage leveren aan de onderzoeken naar misconcepties die kinderen hebben over 'levend' en 'dood' in kaart te brengen.

Methode: Onderzoeksgroep bestond uit basisschool kinderen in de leeftijd van 9 (n=50), 11 (n=60) en 13 jaar (n=80) uit Dar es Salaam. Vragenlijst gericht op 6 items. Sommige items richtten zich op het bepalen of kinderen specifieke karakteristieken gebruiken om te beoordelen of iets wel of niet levend is; en of ze eenvoudige experimenten konden voorstellen om hun claims te bewijzen, of items gericht op wanneer leven begint en wat de dood veroorzaakt.

Resultaten: per item belangrijkste resultaten:

1. criteria voor levend: meer dan 80% van de kinderen refereert naar fysiologische functies als hoofdcriteria voor het beschrijven van levende dingen, fysiologische functies als ademen, eten & drinken bewegen en reproductie worden als belangrijke criteria voor levend beschouwd door de leerlingen.
2. experimenten: werd voornamelijk voorgesteld om te observeren en aan te raken om te bepalen of iets levend is, daarna was het meest gegeven antwoord het onthouden van lucht, en de groeisnelheid bepalen. Bleek dat veel kinderen het erg moeilijk vonden een experiment te beschrijven en 24% antwoordde met 'weet ik niet'.
3. begin van leven: 40% van de kinderen dacht dat leven begint bij de geboorte, 18% gaf aan dat leven begint wanneer een organisme start met ademen. 30% van de 9-jarigen gaf geen antwoord op deze vraag. Verder ideeën zoals: nadat ledematen zich hebben gevormd, na bevruchting, wanneer gevoed.
4. oorzaken van dood: Meeste kinderen dachten dat levende dingen dood gaan door gebrek aan voedsel (45%), lucht (27%) en water (25%). Verder redenen als vergiftiging (10%), ongelukken of vechtpartijen (58%) en ziekte (40%). Voor de maïsplant werden ondermeer onkruid en wortelen genoemd.
5. twijfelachtige gevallen van levende dingen: Dingen die kinderen niet kenden werden vaak met die reden ook als twijfelachtig geduid, waaronder planten die niet bekend waren in de streek als eucalyptus, en dieren als walvissen, duizendpoot en slangen.

De 9-11 jarigen gaven ook objecten als robots, water, auto's en mythologische dingen als levend aan. Blijkt dat 'beweging' het belangrijkste criterium voor 'levend' is voor deze kinderen. Studie laat dus zien dat deze Tanzaniaanse kinderen een aantal misconcepten hebben t.a.v. levend, niet-levend en dood. De methode van onderzoek (vragenlijst) geeft echter geen inzicht in de oorzaken waardoor leerlingen deze misconcepten ontwikkelen. Hiertoe zouden interviews moeten worden gehouden. Auteurs suggereren dan ook dat interviews met leerlingen nodig zouden zijn om duidelijk te krijgen waar hun concepten precies vandaan komen, en waarom ze iets als levend indelen of niet.

Methode: totaal 120 kinderen vanaf kleuterschool t/m groep 7 (10-11 jaar), van elk niveau 20 kinderen. Kinderen werd gevraagd 2 insecten te tekenen, waarna gevraagd werd waarom zij dachten dat dit een insect was. Tekenen werd gevolgd door een semi-structureerd interview, waar naar voorbeelden en situaties gevraagd werd die kinderen kenden met insecten. Vervolgens werden in totaal 13 kaartjes getoond waarop insecten en niet-insecten waren afgebeeld met hun naam. Kinderen werd gevraagd of

zij het als een (niet)insect zagen en waarom. Deze voorbeeldkaarten werden zo over 2 stapels verdeeld. Kinderen konden kaarten nog verschuiven van ene naar andere stapel. Aan eind werd ze gevraagd een algemene regel te formuleren die verklaarde waarom alle kaarten in de insectenstapel insecten waren. Alles werd op geluidsband opgenomen en uitgeschreven.

Resultaten: Blijkt dat jonge kinderen organismen identificeren als insecten op basis van grootte en vorm, wat ook overeenkomt met bevindingen van andere auteurs. Kinderen zouden dus de beperkingen van deze manier van identificeren moeten leren zien, aangezien het idee dat alles wat 'klein' is een 'insect is' niet opgaat, (onderscheidend is). Het feit dat een hoog percentage kinderen vanaf groep 1 t/m groep 6 spinnen tekende als voorbeeld van een insect geeft aan dat zij nog geen goed begrip van insecten karakteristieken bezitten. Alhoewel kinderen vanaf groep 6 meer organismen als insecten wisten te identificeren ontbrak ook bij hen nog steeds het begrip van fysieke karakteristieken van insecten. De groep als geheel benadrukte voornamelijk de negatieve aspecten van insecten, als bijten, steken en eten van bloemen, en zagen niet de voordelige kanten van insecten (zoals producten als honing, zijde, bestuiving van fruit en gewassen, voedselbron voor anderen dieren, wat voordelen zijn voor mens en omgeving). Door de voedingsgewoonte van insecten te bestuderen zouden kinderen kunnen leren over de positieve en negatieve rol die insecten spelen in een natuurlijke en menselijke omgeving. De insect predatorprooi relaties. Kinderen uit groep 3 en groep 4 identificeerde organismen als (niet)insecten op basis van of het kon vliegen of kruipen, maar niet aan de hand van het aantal vleugels of poten. Oudere kinderen identificeren insecten wel weer op basis van fysiek voorkomen, aantal vleugels ed. maar geven hierbij niet de functie aan. Deze bevindingen zijn vergelijkbaar met Leach (1992) dat jongere kinderen geneigd zijn aanhangsels in termen van functie te zien en oudere kinderen in termen van structuur.

Aanbevelingen voor curriculum ontwikkeling en onderwijs: 5 punten:

1. Kinderen in de gelegenheid stellen meerdere (niet) insecten te observeren en vergelijken, en hier ook een aantal grote tropische insecten bij doen zodat ze zien dat het criteria 'grootte' als 'klein' niet voldoende is om insecten mee te identificeren.
2. Kinderen zouden insecten in hun natuurlijke omgeving moeten kunnen bestuderen zodat zij de relatie tussen fysieke aanpassing en functioneren leren zien. Het bestuderen van insecten in verschillende habitats maakt dat ze zowel de voordelige en nadelige kanten van insecten kunnen ontdekken in natuurlijke- en 'mensenhand' omgeving.
3. Gebruik maken van levende insecten om de verschillende type van metamorfose te bestuderen en de levenscyclus van insecten te bestuderen en vergelijken.
4. Mogelijkheden creëren voor kinderen om de overlevingsmechanismen van insecten te bestuderen. Van de 120 geïnterviewden sprak geen enkele leerling over insecten in termen van bescherming en kleuring (kleurpatronen ter afschrikking, camouflage, mimicry).
5. Geen enkel kind heeft gesproken over de sociale aard van insecten. Hier zou aandacht aan besteed moeten worden, alhoewel de meeste insecten solitair zijn, kunnen ze bijv. wel op bepaalde tijden zwermen (sprinkhanen) en andere vormen complexe sociale structuren (mier, bij).

170
USA
6 jaar

Methode: 40 kinderen (20 jongens, 20 meisjes) groep 3 (6 jaar oud). Werden geïnterviewd in ruimte vlak bij hun klaslokaal. Interviews werden op videoband opgenomen. Ze werden gevraagd **verschillen en overeenkomsten** te bepalen tussen verschillende **organismen** (o.a. tussen beer, bomen, kikkers, vissen, bloemen, mieren). Alleen het eerste verschil en overeenkomst werd meegenomen in de data. Dit was een onderdeel in het interview dat verder handelde over bossen en het leven in bossen.

Resultaten: De overeenkomsten en verschillen die kinderen aangaven werden ingedeeld in 10 categorieën: geen respons/weet ik niet, kleur, grootte, beweging, lichaamsdelen, habitat, voedsel, anders, fundamentele levenseigenschappen, ongeldige vergelijkingen.

Belangrijkste resultaten:

- kinderen zijn beter in staat verschillen aan te geven dan overeenkomsten,
- ze gebruiken dezelfde oppervlakkige eigenschappen (grootte, kleur etc.) als basis voor beide soorten beslissingen (verschillen/overeenkomsten). Terwijl de fundamentele eigenschappen van levende dingen door sommige kinderen gebruikt werden als basis om overeenkomsten te bepalen, werden deze kenmerken inconsequent toegepast bij de verschillende type organismen.

177
Israël
10 jaar

Studie beschrijft de ervaringen van kinderen uit groep 7 die kleine dieren mochten bestuderen in lessen buiten het curriculum om. Het doel van de studie is de initiatie, implementatie en evaluatie van een (buiten curriculaire) verrijkingscursus die zich richt op het beschrijven van verschillende dieren en met name kleine dieren.

Methode: 86 leerlingen (45 meisjes, 41 jongens) groep 7 (10 jaar) namen deel aan verplichte verrijkingslessen op school (in hun vrije tijd) die aandacht besteedden aan structuur en functie bij dieren. Deze zoölogische verrijkingscursus bestond uit 15 bijeenkomsten van 2 uur waarin de volgende onderwerpen werden behandeld: zoogdieren, kippen, reptielen, amfibieën, vissen, insecten, schorpioenen, een waterplas, verdedigingsmechanismen, leven onder een steen, zintuigen, en slangen. Vier onderwijsstrategieën werden gebruikt: directe observaties, videobanden kijken, aan klassendiscussie deelnemen, bouwdozen ('kits') en spellen. Mening en houding t.a.v. verschillende aspecten in de cursus werd van de kinderen verkregen d.m.v. een vragenlijst die eenmalig werd afgenomen aan eind van de cursus. In de data analyse werd de t-test en het effect berekend.

Resultaten: Over het algemeen was de mening en houding van kinderen erg positief. Na de cursus was de houding van alle leerlingen verbeterd, en de attitude van meisjes t.a.v. kleine dieren was nu gelijk aan die van jongens (voor cursus was de attitude van meisjes minder dan die van jongens). Kinderen houden van dieren en zijn in het algemeen zeer gemotiveerd om ze te bestuderen. Echter, in de klas worden zelden kleine dieren gebruikt (terwijl grotere dieren weer problemen geven, met onderhoud, omgeving, ongerief). Het blijkt dat meisjes positiever staan t.o.v. lessen buiten het standaard curriculum om (in hun vrije tijd) dan jongens (90% vs. 75%), meisjes hebben voorkeur voor het observeren van dieren terwijl jongens voorkeur aan de klassendiscussie geven.

184
USA
10-11 jaar

Deze studie onderzoekt de alternatieve concepten van leerlingen t.a.v. **classificatie van dieren**, op basisschool, middelbaar onderwijs, en hogeschool niveau.

Methode: Gebaseerd op een eerdere studie waarin d.m.v. klinische interviews en een classificatie opdracht, werd de onderzoeksgroep (n=468) aan een multiple-choice en open vragenlijst onderworpen dat het begrip van de concepten: 'dieren', 'onderscheid tussen vertebraten en invertebraten', en de principes van 'klassen vertebraten' werd getoetst. Groep 7 (n=100), basisvorming (n=80) en studenten universiteit (n=100 en n=88).

Resultaten: De resultaten van deze studie laten zien dat leerlingen in alle leeftijdscategorieën zowel uiteenlopende wetenschappelijk geaccepteerde als alternatieve concepten onderschrijven. Veel alternatieve concepten ontwikkelen zich al voor de eerste schooljaren en veranderen niet of nauwelijks in volwassenheid. Deze concepten werden als 'stabiel' gelabeld. Andere alternatieve concepten lijken meer te oogsten van het onderwijs en buitenschoolse ervaringen. Wetenschappelijk geaccepteerde concepten van zoogdieren en vogels ontwikkelen zich al op jonge leeftijd en de meeste oudere leerlingen herkennen deze dieren als vertebraten. 'Typische' voorbeelden hiervan worden door de meeste kinderen goed geclassificeerd, uitzonderingen op deze regel zijn: walvis, vleermuis, pinguïn.

De vis, als een taxonomisch concept, heeft meer problemen voor leerlingen. Voor veel leerlingen is het label vis toepasbaar op alle aquatische dieren, waaronder de walvis en praktisch alle marine invertebraten. Zelfs onder universitaire studenten blijven deze misconcepten bestaan, echter veel leerlingen verschuiven langzaam richting de wetenschappelijk geaccepteerde ideeën. Onder de vertebraten geven de reptielen en voornamelijk de amfibieën de meeste problemen en de meeste stabiele alternatieve concepten. Ze herkennen de organismen niet als vertebraten (bijv. schildpad en slang) en zijn geneigd aantal soorten te 'kruis-classificeren' (bijv. schildpad als amfibie) en het opnemen van enkele invertebraten in deze klassen.

De invertebraten zijn duidelijk de minst begrepen groep organismen in alle leeftijdscategorieën. De bevindingen komen overeen met die van Bell (1981) die aangaf dat, spin, worm en vlinder, door veel leerlingen niet als 'dier' werd gezien.

Aanbevelingen voor onderwijs:

1. vroege, diverse, multi-sensorische ervaringen;
2. aandacht vestigen op dierkarakteristieken;
3. links genereren en betekenis verlenen;
4. evalueren en onderbrengen van betekenissen;
5. confrontatie strategieën (verdedigen en discussiëren over alternatieve concepten);
6. 'Empowering' de lerende (de lerende meer verantwoordelijkheid geven over z'n leren, waaronder concept maps en V-diagrammen).

Methode: Doel: verkennen hoe schoolkinderen in de leeftijd van 5-14 jaar dieren herkennen, identificeren en groeperen. Geïnteresseerd in de relatie tussen persoonlijke kennis van leerlingen en wetenschappelijk geaccepteerde kennis, en de kennisbron die zij duiden als belangrijk. Geconserveerde/opgezette specimen van 6 verschillende dieren werden de leerlingen voorgelegd en vragen over gesteld. Onderzoeksgroep (n=36): 9 leerlingen van 5, van 8, van 10 en van 14 jaar. Uitgezocht door docent van de klas met een spreiding in 'boven gemiddeld', 'gemiddeld' en 'onder gemiddelde' leerlingen. Leerlingen in categorie 5-11 jaar afkomstig van 'a church of England aided Primary state school'; en 11-16 jaar van een 'secondary comprehensive school'.

Kinderen werden individueel uit reguliere les gehaald en of in hoek van de klas door de onderzoeker 6 dieren voorgelegd: vliegend hert, krab, huisgekko, spreeuw, gordeldier, hermelijn. Onderzoeker maakt aantekeningen.

1. Gevraagd werd of ze de dieren in de volgorde wilde leggen in welke ze erover wilden praten;
2. Deze volgorde werd door de onderzoeker aangehouden, en alle dieren werden nu individueel besproken;
3. Bij elk dier werden aantal vragen gesteld: Wat voor dier is het? respons 'X'. Waarom ze het dier zo noemden en wat het een 'X' maakte. Daarna moesten ze de dieren groeperen, horen er dieren bij elkaar? Antwoord onderbouwen.
4. De redenen die door leerlingen werden gegeven voor het benoemen van de dieren werden gecategoriseerd als 'anatomie', 'gedrag' of 'habitat'.

Resultaten: Leerlingen uit alle leeftijdscategorieën herkennen en gebruiken *anatomische kenmerken* wanneer ze dieren benoemen (naam geven) (83%) en uitleggen waarom ze zijn wat ze zijn. Echter oudere kinderen lijken ook meer *gedrags- en habitat* kenmerken te gebruiken. Echter geen significant verschil. In uitleggen waarom geven oudere kinderen (10 en 14 jaar) naast het hoge % anatomische redenen, ook meer gedrag redenen.

Voor zowel meisjes als jongens zijn thuis en directe observaties belangrijkere bronnen van kennis dan school of boeken. Wanneer leerlingen ouder worden, worden hun argumenten voor het groeperen van dieren complexer: naast het steunen op anatomische kenmerken beginnen ze tekenen van ingebedde *taxonomische kennis* te gebruiken in het groeperen van dieren (bijv. weten wat een zoogdier is en dit gebruiken in het groeperen van de dieren).

Het feit dat zo weinig leerlingen gebruik maken van kennis van de habitat waarin de dieren in de natuur leven reflecteert de nadruk die in science onderwijs op het naam geven en categoriseren van organismen ligt als geïsoleerde entiteiten. Andere aanpak zou zijn om te starten met omgevingen en hun significante kenmerken waarna met leerlingen besproken kan worden hoe specifieke organisme zich in zulke omgevingen hebben kunnen aanpassen.

Doel: verkennen hoe schoolkinderen in de leeftijd van 5-14 jaar **planten herkennen, identificeren en groeperen.**

Methode: De leerlingen werden geconserveerde monsters van 6 verschillende planten voorgelegd waarover een aantal vragen werden gesteld. Leerlingen in de leeftijd van: 5, 8, 10 en 14 jaar oud. Onderzoeksgroep (n=36): 9 leerlingen van 5, van 8, van 10 en van 14 jaar oud. Uitgezocht door docent van de klas met een spreiding in 'boven gemiddeld', 'gemiddeld' en 'onder gemiddelde' leerlingen. Leerlingen in categorie 5-11 jaar afkomstig van a Church of England aided Primary state school'; en 11-16 jaar van een 'seconday comprehensive school'.

Kinderen werden individueel uit reguliere les gehaald en of in hoek van de klas en door de onderzoeker 6 planten voorgelegd (waarvan 1 zwam): Champignon, mos, varen, den, madelief, weidegras. Onderzoeker maakt aantekeningen.

1. Gevraagd werd of ze de planten in de volgorde wilde leggen in welke ze erover wilden praten
2. Deze volgorde werd door de onderzoeker aangehouden, en alle planten werden nu individueel besproken
3. Bij elke plant werden aantal vragen gesteld: Wat voor plant het was? respons 'X'. Waarom ze de plant zo noemde en wat het een 'X' maakte. Daarna moesten ze de planten groeperen, horen er planten bij elkaar? Antwoord onderbouwen.

Het argument dat door de leerlingen werd gebruikt om de naamgeving van de plant te verantwoorden werd gecategoriseerd als 'anatomie', 'habitat', 'functie' of 'vorm plant'.

Resultaat: Blijkt dat leerlingen vanuit alle leeftijdscategorieën voornamelijk herkennen en gebruik maken van *anatomische* kenmerken wanneer ze een plant benoemen en uitleggen waarom ze zijn wat ze zijn. 80% van de leerlingen geeft anatomische redenen, zowel in de 5, 8, 10 als 14 jaar groep. Oudere leerlingen zullen sneller habitat kenmerken gebruiken. Ziet hier echter geen (significant) verschil in leeftijd.

Thuis en directe observaties zijn de belangrijkste bronnen van kennis dan school, tv, cd-rom (voor zowel meisjes als jongens).

Wanneer leerlingen ouder worden, worden hun argumenten/onderbouwing voor het groeperen van planten gecompliceerder: ze beginnen tekenen van *taxonomische* kennis te vertonen en te gebruiken in hun groepering van de planten (naast anatomische en *habitat* kenmerken).

De nadruk in het science curriculum op het benoemen en classificeren van organismen zou ten koste kunnen gaan van het begrip van omgeving/milieu.

Ondanks het potentiële **leereffect van het observeren van dieren in dierentuinen en musea** is dit nooit onderzocht. Een manier om te onderzoeken wat kinderen over dieren leren is het onderzoeken van hun mentale modellen die ze ten toon spreiden door hun verhalen over dieren te laten vertellen als ze levensechte representaties van dieren onder ogen krijgen.

Methode: Data zijn in 2 situaties verzameld: in het klaslokaal en in het museum. Er werden drie soorten representaties van dieren gebruikt: robot modellen in het museum, geconserveerde dieren in het museum en geconserveerde dieren geleend van het museum en gebruikt in de klas. Door het opnemen van gesprekken van leerlingen in deze 3 settings, werd de inhoud geanalyseerd op opmerkingen t.a.v. variatie in de anatomie, hun gedrag, habitat kenmerken e.d. Er werden zowel overeenkomsten als verschillen gevonden afhankelijk van de setting. Museum: kinderen tussen 3-12 jaar, vergezeld door onderwijzers en ouders. Gesprekken op geluidsband opgenomen (totaal 25 uur aan gesprekken). Klas: 36 leerlingen (9 van 5 jaar, 9 van 8 jaar, 9 van 10 jaar, en 9 van 14 jaar oud) werden van hun reguliere werk weggehaald voor het 1 op 1 interview. Hierin kregen ze 6 gehele geconserveerde dieren voorgelegd, waarvan ze de volgorde waarin ze erover wilde praten moesten bepalen (kever: vliegend hert; krab; huisgekko; spreeuw; gordeldier; hermelijn). Bij elk dier werd gevraagd wat het voor een dier was, waarom ze het dier zo noemde, en wat het een 'X' maakte [zie ook *referentie 193= zelfde opbouw van de studie!*]

195

Engeland

5, 8, 10 & 14 jaar

3-12 jaar

196
Engeland
6-11 jaar

Resultaten: In de klas: Over het algemeen worden anatomische kenmerken beduidend meer gebruikt dan gedrags- en/of habitat kenmerken. Opvallende kenmerken worden veel genoemd, zoals de tenen van de gekko, kaken van het vliegend hert, kleur, staart en vleugels. Sommige kinderen koppelen anatomische kenmerken aan waar een dier leeft en soort gedrag dat die zou moeten vertonen. Het is natuurlijk niet verrassend dat kinderen voornamelijk *anatomische kenmerken* (i.p.v. gedrags- of habitat kenmerken) noemen wanneer ze met opgezette niet bewegende dieren worden geconfronteerd. Echter deze *driedimensionale* representaties geven kinderen wel de kans om meer anatomische kenmerken te zien dan bij tweedimensionale representaties in boeken en films.

De dieren in het museum werden niet individueel aan de kinderen gepresenteerd en kinderen hebben dus verdeelde aandacht voor de verschillende dieren in het museum. Docenten en ouders begeleiden maar zelden het leren van kinderen in het museum. De gesprekken in het museum lieten zien dat er veel minder natuurwetenschappelijk leren plaats vond dan mogelijk was in de situaties.

Methode: Tijdens een schoolexcursie naar een botanische tuin werden de gesprekken van groepen leerlingen (van 6-11 jaar) van het primaire onderwijs opgenomen. De gesprekken werden genotuleerd (n=412), waarna geanalyseerd waarbij ze in categorieën werden ingedeeld (categorieën onderdeel van een systematisch netwerk). Het doel van de studie was na te gaan of kinderen de planten benoemden, over hun structuur en fysiologie spraken en of ze het over esthetische en bruikbaarheidsaspecten hadden.

204
Spanje
9, 12 en 15 jaar

Meerdere Nieuw-Zeelandse studies (o.a. Bell and Barker) en studies in Engelstalige landen rapporteren over de verwarring bij kinderen tussen het dagelijks gebruik van de term 'dier' en de wetenschappelijke betekenis. In deze Spaanse studie (Catalaans) blijkt dat deze problemen zich niet voor doen onder Spaans sprekende kinderen. Auteurs wijzen op het gevaar van generalisatie van resultaten van de ene context naar de andere, en herhaalt daarom het onderzoek van Bell (1981) om de resultaten te interpreteren in termen van taal en vocabulaire.

Methode: gestructureerd interview volgens Bell's methode met 23 leerlingen van 9 jaar oud, 40 van 12 jaar oud, en met 41 van 15 jaar oud (totaal n=104). In Bell's methode werden 19 kaarten van dieren en objecten gebruikt, die een voor een aan de leerling werden voorgelegd met de vraag: 'is de [vb. koe] een dier? *Waarom denk je dat het wel/niet een dier is?*' Interviews waren 1 op 1 in een aparte ruimte op school. De volgende illustraties werden gebruikt: zeemeeuw, koe, spin, worm, kruid, kat, paddenstoel, sardine, kind, kikker, slak, olifant, slang, vuur, leeuwin, walvis, auto, boom en vlinder.

Resultaten: Numerieke data worden gepresenteerd in tabel met daarbij de data van Bell en vergeleken. De verschillen tussen de antwoorden van de Spaanse kinderen en de Nieuw-Zeelandse zijn zeer groot.

a. In Bell's studie konden 35 van de 39 kinderen (10-15 jaar oud) niet alle dieren correct duiden, de meerderheid van de Spaanse kinderen kon dit wel (slechts 22 van de 104 maakten hierin een fout).

- b. In Bell's studie zijn er slechts enkele kinderen die de *spin, worm en vlinder* als dier categoriseren. In de Spaanse studie waren dit ook de dieren waarmee de meeste fouten (naast de *mens*) werden gemaakt, echter het aantal fouten is veel minder (spin 78% vs. 13,6% en worm: 61% vs 8,2%).
- c. Bell geeft verder aan dat slechts de helft van de kinderen de vis, kind, kikker, slak, slang en walvis als dier indeelde. Met uitzondering van 'het kind/mens' werden deze dieren door slechts 10% van de Spaanse kinderen niet als dier erkent.

De Spaanse data laten geen variatie in leeftijd zien met uitzondering van het menselijke voorbeeld dat door 91% van de jonge kinderen (9 jaar) en 65% van de 12-jarige en 20% van de 15-jarige kinderen *niet* als dier werd gezien. (Bell zegt niets over de verschillen in leeftijd). Het blijkt dus dat deze Catalaanse/Spaanse kinderen ook enkele fouten maken in het indelen van de voorbeelden als dier. De Spaanse kinderen herkennen de insecten en vogels gemakkelijker als dier, net als de viervoeter zoogdieren waartoe de term 'dier' in Nieuw-Zeeland beperkt leek te blijven. Voor kinderen is het moeilijk om eerst te leren dat een vlinder een 'insect' is, en dat insecten een onderdeel van 'dieren' blijken te zijn en dat een vlinder dus tegelijkertijd een insect en dier is.

Concluderend moet er gewaakt worden voor de transfer van specifieke 'alternatieve concepten' van de ene taal context naar de andere. Zo bleken er ook verschillen tussen Duitse en Engelse kinderen te bestaan t.a.v. het concept 'energie' (Duits 'Energie' 'Kraft'). Dit gevaar is waarschijnlijk zelfs groter in de biologische gebieden dan scheikunde en natuurkunde, aangezien veel biologische concepten geworteld zitten in de dagelijkse taal.

Review artikel. Het doel van de auteur is een overzicht te geven van de bevindingen van een aantal studies t.a.v. het begrip van kinderen over planten. (Dit n.a.v. overzicht gemaakt door Carmichael et al. 1990).

Methode: Literatuur bespreking.

Resultaten: Literatuur is ingedeeld in aantal categorieën: 1) Identificatie en classificatie van planten, 2) Structuur van plant, 3) Water relaties, 4) Voeding plant.

1. Identificatie en classificatie van planten:

Studie in Israël van Stavy en Wax (1989) liet zien dat kinderen veelal planten niet als 'levend' beschouwen terwijl ze dat bij dieren wel doen. Slechts 30% van de 6 jarige classificeerde planten als 'levend', 70% van 8-11 jarige, maar zelfs onder oudere kinderen 12-15 jaar zagen slechts 70-78% planten als levend. Veel kinderen dachten dat planten niet ademen en niet voortplanten, terwijl 'groei' door bijna alle kinderen in alle leeftijden geassocieerd werd met planten, maar dit werd dus niet al een voorwaarde voor 'levend' beschouwd.

Probleem dat in Hebreeuws de termen, leven, levend en dieren heel erg op elkaar lijken terwijl het woord 'plant' hier niet op lijkt.

Ryman (1974 a, b) deed onderzoek naar de bekwaamheid van het herkennen en classificeren van planten in de context van levende organismen in het algemeen.

200 Engelse leerlingen in de leeftijd van 12 jaar kregen 38 tekeningen van een aantal dieren en planten voorgelegd die ze moesten benoemen en classificeren in categorieën als 'plant' 'bloeiende plant', 'vertebraten', 'invertebraten' 'vissen' 'insecten' e.d. het bleek dat de kinderen het classificeren van planten veel moeilijker vonden dan dieren.

De gemiddelde scoren voor het benoemen van 11 planten slechts 3,6 in vergelijking met 11,2 voor 13 vertebraten. Bloeiende planten werden voornamelijk zo geclassificeerd als bloemen duidelijk zichtbaar waren (hieronder vielen dus bijv. niet grassen of de eik).

2. Structuur van planten;

Relatief weinig aspecten over plantenstructuur onderzocht. In een studie van Symington et al. (1981) werden kinderen tussen de 5-9 jaar oud gevraagd 4 verschillende

bladeren te tekenen aan het eind van een les waarin ze bladeren hadden geobserveerd. Blijkt dat veel kinderen hun 'concept van een blad' tekenen i.p.v. het specifieke blad.

3. *Water relaties:*

Osmose is een sleutelconcept voor een volledig begrip van belangrijke processen als wateropnamen bij planten. Het concept is ook sterk verbonden met concepten uit de natuurkunde zoals diffusie en specifieke aard van stoffen. Wordt als een van de moeilijkste thema's in het biologieonderwijs ervaren. De beschreven studies naar dit thema hebben echter allemaal onderzoeksgroepen in de leeftijd van 15-18 jaar en valt dus buiten het bereik van deze studie.

4. *Voeding plant:*

Fotosynthese wordt geduid als het 'belangrijkste biochemische proces op aarde' en daarom begrijpelijk dat het uitgebreidste onderzocht is in het kader van planten. Echter ook hier zijn de onderzoeksgroepen niet van basisschool leeftijd (al is er een studie die ook 11 jarige leerlingen erbij betrokken heeft: leerlingen begrepen dat planten energie nodig hadden om te groeien maar dachten dat deze voornamelijk uit het voedsel werd gehaald en via de wortels uit de grond werd gehaald. In een studie van Smith & Anderson (1984) werden 10-11 jarige kinderen onderzocht. De onderzoekers observeerde de lessen waarin de docent een unit over groei van planten en fotosynthese behandelde. Uit de pre-test bleek dat de meerderheid van de kinderen dachten dat '*planten licht nodig hadden om te leven en groeien*'. Kinderen lieten daarna planten ontkiemen en in het licht en in het donker groeien, en het experiment liet zien dat de planten in het donker ook gegroeid waren: met reactie van de kinderen '*dat planten dus géén licht nodig hadden om te groeien*'. Dit werd later bijgesteld door te zeggen dat planten licht nodig hadden om '*gezond*' te zijn. De leerlingen concludeerde in ieder geval niet dat planten licht nodig hadden om te overleven of dat ze licht gebruikten om hun eigen voedsel te maken.

Referenties

22. Bell, B. and barker, M. (1982). Towards a scientific concept of 'animal'. *Journal of Biological Education*, 16(3), 197-200.
32. Braund, M. (1991). Children's ideas in classifying animals. *Journal of Biological Education*, 25 (2), 103-110.
33. Braund, M. (1998). Trends in children's concepts of vertebrate and invertebrate. *Journal of Biological Education*, 32(2), 113-118.
86. Kattmann, U. (2001). Aquatics, Flyers, Creepers and Terrestrials – students' conceptions of animal classification. *Journal of Biological Education*, 35(3), 141-147.
92. Leach, J., Driver, R., Scott, P. and Wood-Robinson, C. (1995). Children's ideas about ecology 1: theoretical background, design and methodology. *International Journal of Science Education*, 17(6), 721-732.
112. O-Saki, K.M. and Samiroden, W.D. (1990). Children's conceptions of 'living' and 'dead'. *Journal of Biological Education*, 24(3), 199-207.
150. Shepardson, D.P. (2002). Bugs, butterflies, and spiders: children's understanding about insects. *International Journal of Science Education*, 24(6), 627-643.
170. Strommen, E. (1995). How are living things alike and different? First graders' knowledge of basic life science concepts. *Journal of Biological Education*, 29(4), 286-292.
177. Tamir, P. and Shcurr, Y. (1997). Back to living animals: an extracurricular course for fifth-grade pupils. *Journal of Biological Education*, 31(4), 301-305.
184. Trowbridge, J.E. and Mintzes, J.J. (1988). Alternative conceptions in animal classification: a cross-age study. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(7), 547-571.
193. Tunnicliffe, S.D. and Reiss, M.J. (1999). Building a model of the environment: how do children see animals? *Journal of Biological Education*, 33(3), 142-148.
194. Tunnicliffe, S.D. and Reiss, M.J. (2000). Building a model of the environment: how do children see plants? *Journal of Biological Education*, 34(4), 172-177.
195. Tunnicliffe, S.D. and Reiss, M.J. (2000). What sense do children make of three-dimensional, life-sized 'representations' of animals? *School Science and Mathematics*, 100(3), 128-137.
196. Tunnicliffe, S.D. (2001). Talking about plants- comments of primary school groups looking at plant exhibits in a botanical garden. *Journal of Biological Education*, 36(1), 27-34.
204. Villalbi, R.M. and Lucas, A.M. (1991). When is an animal not an animal? When it speaks English! *Journal of Biological Education*, 25(3), 184-186.
208. Wood-Robinson, C. (1991). Young people's ideas about plants. *Studies in Science Education*, 19, 119-135.

1. Biologie

1.2 Structuur, functie en levensprocessen

Studie bestudeert alternatieve concepten van leerlingen t.a.v. het **menselijke bloedcirculatie systeem**. Groepen in studie: primair en voortgezet onderwijs.

Methode: 2 fasen te onderscheiden: 1. constructieve fase; 2. validatie fase.

Constructieve fase had naturalistische onderzoeksmethode om leerlingconcepten te karakteriseren m.b.v. concept maps en gestructureerde klinische interviews. De respons van leerlingen vormde de basis voor een conceptuele inventarisatie welke werd gebruikt om toetsinstrument te ontwikkelen. In *constructieve fase* werden 25 leerlingen groep 6 gevraagd een concept map te maken van het circulatiesysteem en 25 leerlingen uit het voortgezet onderwijs. De leerlingen hadden geoefend in het maken van concept maps, drie keer 20 min voorafgaand aan het onderzoek en kregen opdrachten waarin ze moesten oefenen met deze techniek. Ze kregen nu 8 labels voorgelegd (bijv. hart, bloed, vat) en werden gevraagd hiervan een concept map te maken en mochten zoveel extra concepten toevoegen als ze wilden en nodig achtten om hun kennis duidelijk te maken. Vervolgens werd de concept map gebruikt in het interview om het begrip over de volgende cardiovasculaire concepten te toetsen: *structuur en functie van het bloed, structuur en functie van het hart, het circulatie patroon, relaties circulatie en respiratie, gesloten circulatie*.

Aan het begin van elk interview werd de leerling gevraagd z'n map uit te leggen, waarna vooraf geplande vragen werden gesteld waardoor leerlingen moesten uitleggen, beschrijven, verloop van meerdere cardiovasculaire fenomenen beschrijven en voorspellen etc. De interviews duurden 20-25 minuten en werden in een kleine aparte kamer gehouden en op geluidsband opgenomen. De antwoorden van alle 50 leerlingen werden geverifieerd en gegroepeerd naar concept om een set van 'alternatieve opvattingen' te kunnen vormen: een 'conceptuele inventarisatie'. Deze vormde de vragen en respons beslissingen voor het test instrument. *Validatie fase:* test instrument bestond uit 15 items: 11 multiple choice (MC) en 4 open vragen, die het begrip van leerlingen t.a.v. het cardiovasculaire systeem toetsten. De MC-vragen hadden ook een 'ik weet niet' en 'geen van de bovenstaande' optie, evenals een schaal waarop ze konden duiden hoe zeker ze van hun antwoord waren (4 punts van: heel erg zeker t/m helemaal niet zeker). Toets werd door 495 studenten gemaakt: groep 7 (n=101), 1e klas voortgezet onderwijs (n=100), 3e klas voortgezet onderwijs (n=102) 1e jaars biologie studenten (n=99), 3e jaars biologie studenten (n=93).

Resultaten: *concept 1: structuur van bloed:* (4 alternatieve concepten geïdentificeerd). Basisschoolleerlingen (63%) denken dat bloed rode vloeistof is, dit % daalt naarmate leerlingen ouder worden. Dan begrijpen de meeste leerlingen dat bloed een cellulaire component bezit (vaak 'cellen in rode vloeistof' of 'rode cellen die intercellulaire vloeistof missen') maar begrip van plasma ontbreekt. Zelfs studenten denken dat er niets overblijft wanneer cellen uit bloed worden verwijderd. *Concept 2: functie van bloed* (6 alternatieve concepten geïdentificeerd). Van de basisschoolleerlingen komt 84% met vitalistische response ('het houdt je in leven'); ook 1e en 3e klas vo-leerlingen komen hiermee (46%, 43%). Een of twee juiste functies kunnen noemen stijgt van 1% basisschoolniveau tot 25-30% bij 1e en 3e klas vo-leerlingen en 60% bij biologie studenten. *Concept 3: structuur van het hart.* Hier moesten leerlingen uit meerdere figuren/tekeningen van hart keuze maken. Bij basisschoolleerlingen was het 3 kamer hart het populairst (Amfibieënhart, 40%), op elk niveau minstens 25% die dit koos. *Concept 4: functie hart:* pompt bloed (65-80%).

Concept 5: circulair patroon: meerdere illustraties van de route van bloeddruppel van hart naar lichaamsdeel (teen). Meest gekozen patroon hart-teen-hart. Slechts 7-15% op elk niveau gaf de dubbele route aan. De meeste leerlingen denken dus aan het hart

meer als een enkele pomp dan een dubbele, en dat het hart ofwel zuurstofarm, ofwel zuurstofrijk bloed vervoert.

Concept 6: relaties circulatie en respiratie: 'waar gaat lucht naar toe als het longen inkomt?' 1/3 van de basisschoolleerlingen koos het antwoord van 'luchtvaten' die long en hart verbinden (i.p.v. bloedvaten) en zo lucht vervoeren. 15% goed antwoord, 15-31% gaf aan dat er geen verbinding tussen longen en hart was. 7-14% geven aan dat lucht door lichaam vervoerd wordt via 'luchtvaten', dus soort tracheeënsysteem.

Concept 7: open/gesloten systeem. Meest gekozen was het gedeeltelijk open systeem (28-36%) en het quasi gesloten systeem (18-32%).

Conclusie: Blijkt progressie in niveaus van relatief naïef naar meer onderbouwd en soms wetenschappelijk geaccepteerde antwoorden, echter deze toename blijkt niet te logisch noch voorspelbaar. Functie van bloed stelt minder conceptuele eisen aan de leerling dan het gesloten circulaire systeem. In onderwijs wordt vaak alleen nadruk gelegd op de bouw en structuur van het hart, bloedvaten e.d. Het centrale punt, de nauwe relatie tussen capillairen en lichaamscellen wordt vaak achtergesteld. De alternatieve concepten zoals die uit deze studie naar voren komen, staan in de weg voor succesvol inzicht/ leren in de klas, maar zouden ook als springplank kunnen worden gebruikt wanneer hier direct gebruik van wordt gemaakt door de docent (naar positieve concept verandering). Het maken van concept maps (welke leerling helpt te zien wat deze wel/niet begrijpt) en de confrontatiestrategie worden voorgesteld om te gebruiken bij het onderwijzen van het circulaire systeem.

16

Nieuw-Zeeland

8-17 jaar (en oudere)

Methode: Individuele interviews (geluidsband opgenomen) over planten en wateropname met 60 leerlingen in de leeftijd van 8-17 jaar. 36 interviews voor reguliere 'transpiratie' onderwijs en 24 na. Per leeftijdsgroep 6 leerlingen geïnterviewd, 3 meisjes en 3 jongens. (dus 6 van 8 jaar, 6 van 9 jaar etc.). Leerlingen van 8-10 jaar, leerlingen 11-12 jaar en 13-17 jaar. De 36 leerlingen van 8-13 jaar hebben geen enkel onderwijs over wateropnamen (transpiratie) gehad.

In interview werd gevraagd: Hoe krijgt de plant z'n water? Kun je me laten zien waar het water de plant ingaat?

Leerlingen kregen een tekening van plant voorgelegd en rode pijlen waarmee ze konden aangeven in de tekening waar zij dachten dat het water de plant inging. Wat gebeurt er dan? Verlaat water de plant of niet? Waar verlaat het water de plant?

Helaas worden de leeftijdsgroepen verder niet gescheiden in het bespreken van de resultaten (m.u.v.) leerling 'na onderwijs' en 'leerlingen voor onderwijs' (waar onder meer de PO-leerlingen onder vallen maar ook alle leerlingen t/m 17 jaar die nog niet het onderwijs hebben gevolgd).

Resultaten: Belangrijkste resultaat is dat 25% (voor onderwijs) en 22% (na onderwijs) denken dat bladeren (als ook wortels) water opnemen, en 56% en 37% geloven dat planten al hun water vasthouden dat ze geabsorbeerd hebben. Dus zelfs na onderwijs worden veel van deze niet-wetenschappelijke ideeën vastgehouden. Veel leerlingen trekken ook analogieën tussen planten en dieren, als een gesloten circulatiesysteem van bloedvaten. Leerlingen zien ook veelal niet hoe het water wordt opgenomen of afgegeven.

De gebruikte methode voor het interview zou ook goed in de klas gebruikt kunnen worden om leerlingen hun voorkennis over de relatie tussen water en planten uit te laten spreken en zo misconceptie te signaleren. Leerlingen hun ideeën uit te laten proberen/ testen kan zeer waardevol zijn.

17

Nieuw-Zeeland

10-18 jaar

De visie dat plantenmateriaal voortkomt uit de aarde en als voedsel wordt geabsorbeerd door de wortels was een breed geaccepteerd idee dat wetenschappers hadden tot het begin van de 19^e eeuw, en wordt in dit artikel beschreven.

Leerlingen van vandaag hebben enigszins dezelfde intuïtieve visie die inbreuk doet op hun leren over fotosynthese.

48
Engeland
7-11 jaar

Methode: Enigszins onoverzichtelijke studie t.a.v. gebruikte methode, wordt verwezen naar een artikel uit '85 en '89. Uit tabel is op te maken dat leerlingen in de leeftijdscategorie van 10 t/m 18+ jaar worden onderzocht. De aantallen voor 10 jaar: (n=159); 11 jaar: (n=171); 12 jaar (n=186).

Resultaten: Auteur heeft gecategoriseerd wat leerlingen als plantenvoedsel zagen (in de context van fotosynthese): zon, lucht, koolhydraat, insecten, water, aarde, mineralen en nutriënten, (kunst)mest. Op jonge leeftijd associëren leerlingen plantenvoedsel eerder met aarde. Blijkt dat bijna 20% van de leerlingen van 10 en 11 jaar oud antwoorden gaven waarin analogieën tussen planten en dieren werden gemaakt.

Doel studie: zien kinderen hun lichaamsplan/kaart als geïntegreerde systemen en hoe kunnen hun modellen ons onderwijs informeren?

Methode: Pilot studie met 30 kinderen van 8/9 jaar oud, tekenen wat ze denken dat zich in hen bevindt. Uitgebreid tot 348 leerlingen leeftijd 7-11 jaar oud.

Resultaten: Vergelijkbare resultaten als Osborne et al (1992) die vond dat weinig kinderen een duidelijk idee hadden van hoe voedsel door ons lichaam passeerde en dat het afval uit het voedsel gescheiden werd. Arnaudin & Mintez (1986) zagen ook dat kinderen trachea (luchtpijp) verbonden met het hart, en systeem van luchtbuizen in het lichaam tekenden. Tunnicliffe & Reiss (1999) vonden vergelijkbare gebrekkige kennis van het skelet.

Blijkt dat veel kinderen individuele organen tekenen, waaronder bijv. 80 tot 100% het hart, maar ook hersenen, botten in arm, been, longen, darmen, ribben, maag, blaas etc. Opvallend is dat meeste kinderen organen relatief klein tekenen, geïsoleerd en niet verbonden met andere organen, vrij 'zwevend' in de lichaamsholte (dit doet zich ook nog voor bij 11-jarigen en dit beeld wordt dus meegenomen naar het secundaire onderwijs). Meerdere kinderen tekenden armen en benen gevuld met bloed. Wat erop kan duiden dat kinderen denken dat de organen vrij rondzweven in bloed. Taal speelt belangrijke rol in het begrip van kinderen over wat zich in henzelf bevindt zoals: 'adamsappel' wordt als 'appel' getekend.

Ademhalingssysteem: weinig tekenden de luchtpijp, nog minder verbonden deze met de longen. Longen werden veelal als buizen getekend, die bijv. in het hoofd begonnen en in onderbuik eindigden. Cardiovasculaire: alhoewel veel kinderen het hart en aderen tekende, waren er weinig die deze twee met elkaar verbonden, of aangaven dat ze wisten dat het hart betrokken was bij de bloedsomloop. Ze tekenden losse aderen voornamelijk in pols en armen waar ze gezien kunnen worden. Aantal kinderen in elke leeftijdsgroep dachten dat 'pulse' (hartslag) een orgaan was dat ze als een rond orgaan in de nek of pols tekenden. Skelet: Botten werden in veel tekeningen van kinderen getekend, al werden ze niet verbonden met bijv. spieren, pezen e.d. maar als 'hondenbotten' (los) weergegeven. Zelfs in groep 8 (11 jaar) gebrek aan kennis t.a.v. reproductiesysteem.

Deze studie geeft aan dat de meerderheid van de kinderen het lichaam niet als een geïntegreerd en gerelateerd geheel zien. De geïntegreerde modellen die kinderen lieten zien konden zeer verfijnd zijn maar lieten bijna nooit zien wat erin het boek stond. Verder lijkt het leren niet-lineair maar eerder chaotisch: aangezien sommige 7 jarigen relatief verfijnde modellen tekenen, terwijl er ook nog 11-jarigen zijn die losse organen tekenen die rondzweven/drijven in het lichaam.

Deze modellen lijken zeer vasthoudend en moeilijk te veranderen. Wanneer we willen dat ze (meer) wetenschappelijk geaccepteerde modellen ontwikkelen zou hier al in groep 3-5 mee begonnen moeten worden.

Methode: 1-op-1 interviews met 75 leerlingen waarin standaard aantal voorbeelden van zaden en niet-zaden aan de leerling werd voorgelegd. N=75: 25 leerlingen groep 1/2 van 4 en 5 jaar oud; 25 leerlingen groep 4 van 7 en 8 jaar; 25 leerlingen groep 7 van 10 en 11 jaar oud.

78
Engeland
4/5, 7/8 en 10/11 jaar

Leerlingen zijn afkomstig van 5 basisscholen (Zuid Engeland: voorstad school, 2 stads- en 2 landelijke scholen). Docent moest 5 kinderen uit klas kiezen die een verdeling wat betreft niveau van de klas weergaven.

Interviews op rustige plek school. Interview: 16 voorbeelden van zaden en niet-zaden (fruit, groente, noten, dennenappels; aardappel, ui, ei, snoep: n.a.v. reclame waarin snoep geplant wordt) . Elk vb. werd in de context van fruit, het zaad van de appel, en de erwt in de dop besproken. Bij elk voorbeeld werd gevraagd:

1. Of er een zaad is? (en antwoord te onderbouwen)
2. Appelzaad laten zien: Of ze het als levend beschouwen en of het een plant is (onderbouwen)
3. Vel papier: zaad doormidden snijden en erin kijken met vergrootglas: teken wat erin zit en tekening labelen of uitleggen.
4. a. Wat dit zaad nodig had om te groeien?
b. Hoe ze dachten dat het zaad daar gekomen was?
5. Welke bronnen zij belangrijk vonden voor het ontwikkelen van hun modellen van zaden.

Resultaten: *Grootte en vorm.* Appel- en sinaasappelzaden werden door de meeste kinderen goed geïdentificeerd (veel kinderen hadden zelf al eens een appelzaad geplant thuis of op school), ook de erwt en boon scoorde hoog (feit dat ze eetbaar waren gaf voor aantal kinderen aanleiding om te zeggen dat het geen zaden konden zijn). Kokosnoot werd door meeste niet als zaad gezien. Door de grootte en vorm van de walnoot werd deze ook vaak verkeerd ingedeeld en het 'feit dat het een noot was waardoor het niet ook een zaad kon zijn'.

Groei-leven: Het feit dat de zaden geen tekenen van groei lieten zien op het moment maakte dat veel kinderen dachten dat ze niet 'leven' (of pas tot leven kwamen op moment dat zaad geplant wordt). Kinderen die het wel als levend zagen onderbouwden dit uit de verklaring dat het van een levend ding afkomstig was.

Interne structuur zaad: Meest gegeven antwoord is dat er een zaad/zaden in het zaad zitten. Verder ideeën als cirkels, klein plantje, en 'stof'. Twee kinderen uit groep 7 en één uit groep 4 gaven aan dat er wortels en/of scheuten inzitten, niemand heeft voedselvoorraad genoemd.

(Ont)kiemen: Wat een zaad nodig heeft om te groeien: werd door de meeste kinderen water genoemd, verder werd ook de zon in alle leeftijdscategorieën genoemd. Grond werd door bijna de helft van groep 7 kinderen genoemd en aantal uit groep 4 (niet doorgroep 1/2), kwart van groep 7 kinderen noemde ook voedsel en nutriënten/voedingsstoffen.

Zaadvorming: Meeste kinderen vonden het moeilijk te verklaren hoe het zaad er was gekomen/ontstaan: 'groeide daar' 'appel groeide rond het zaad' 'van een andere boom gekregen'.

Infobronnen leerlingen: school, docent, ouders, tv.

Conclusie: Blijkt dat leerlingen zaden voornamelijk associëren met klein, rond of druppelvormig en niet eetbaar voor mensen. Het is belangrijk dat leerlingen de gelegenheid krijgen een grote variatie aan fruit, zaden en niet-zaden te bestuderen. Veel kinderen dachten dat zaden niet-levend zijn, echter wanneer zaad geplant wordt groeit er wel een plant uit. Weinig kinderen konden een juiste tekening maken van wat zich in het zaad bevond. Analogieën trekken tussen embryo van de plant dat in het zaad wacht voor de juiste condities en een overwinterend dier dat wacht voor juiste omstandigheden. Het was uitermate moeilijk voor de kinderen om uit te leggen hoe het zaad in de appel kwam. Levenscyclus van de plant is moeilijk voor leerlingen.

Meest positieve resultaat uit deze studie was dat er een duidelijke toename was in het noemen van de school en docenten als bron van hun kennis over zaden van leerlingen uit groep 1/2 naar groep 4 naar groep 7.

96
Engeland
7-14 jaar

Praktisch georiënteerd artikel, dat suggesties doet voor lespraktijk t.a.v. onderwijs over de locatie en functie van orgaansystemen in zoogdieren en bloeiende planten. Idee aan de hand gedaan om levensgroot contour van de mens te tekenen en kinderen hierop de organen en orgaansystemen te laten tekenen. Uitknippen van organen en deze erop prikken is andere mogelijkheid, en kinderen daarna in tekstboeken aanvullende informatie en labels te laten zoeken. Voordeel van methode is dat deze misconcepten die leerlingen kunnen hebben, signaleert, die niet naar boven zouden komen wanneer gewerkt wordt met werkbladen die al geheel ingevulde en getekende orgaansystemen met labels laat zien. Vergelijkbaar kan dit ook met de transport en opnamesystemen van de plant worden gedaan.

103
Diverse landen
8-12 jaar

Geen beschrijving van methode: literatuuroverzicht.
Artikel geeft een overzicht van ongeveer 50 jaar onderzoek naar 'naïeve theories' in biologie van de mens. Geeft aan dat leerlingen veelal 'school science' uit het hoofd leren, en wetenschappelijk geaccepteerde concepten gebruiken om de docent tevreden te stellen, maar weer teruggrijpen naar hun eerdere theorieën wanneer ze met nieuwe en dagelijkse wereldproblemen in aanraking komen. Ze sluiten af met een aantal aanbevelingen die tot doel hebben leerlingen te confronteren met hun misconcepties en voorwaarden te scheppen voor 'conceptual change'.
In jaren 30 gaven studies aan dat veel kinderen onder de 10 jaar dachten dat het lichaam alleen bestond uit voedsel dat net was gegeten: tekenen lichaamsholtes gevuld met brood, melk en vlees. Nu echter (artikel is uit '84!) laten studies zien dat kinderen een goed ontwikkeld concept van de anatomische en fysiologische karakteristieken van de inwendige organen hebben. Het is ook bekend dat deze concepten zich snel ontwikkelen tussen specifiek 8-12 jaar. Kinderen kunnen veel organen benoemen, meest genoemde zijn botten, bloed en bloedvaten, hart en hersenen. Leerlingen uit groep 3 noemen gemiddeld 3-4 organen terwijl leerlingen uit groep 7 er gemiddeld 9 noemen. Hun tekeningen van 'van wat er in het lichaam zit' laten een gedetailleerde anatomische kennis zien met hart, hersenen, elementen van het skelet, darmen, longen, ribben en maag. Hun tekeningen laten veel zien over hun idee van grootte en plaats in het lichaam.

110
Spanje
11-17 jaar

Onderwerp: voeding. Conceptuele schema's en conceptuele patronen, laten volgens de auteurs de mate waarin leerlingen de geïntegreerde aard van deze processen begrijpen, zien.
Methode: Totaal 444 leerlingen: 159 leerlingen basisschool groep 8 (11-12 jaar oud), verder secundair onderwijs: 167 van 13-14 jaar oud, 72 van 14-15 jaar, en 46 van 16-17 jaar oud. Specifieke vragenlijst (aangepast voor de verschillende niveaus) die bestond uit 19 items waarin probleemsituaties werden voorgelegd, aangevuld met persoonlijke interviews. Focus op volgende aspecten: functie van voedsel, vertering van voedsel, relatie verteringsstelsel en bloedcirculatiesysteem, relatie ademhalings- en circulatiesysteem, structuur van cellen in het lichaam, metabolisme en uitscheiden op basisschool niveau.
Resultaten: Blijkt dat de conceptuele patronen die leerlingen hebben een zekere coherentie, relatie, en homogeniteit vertonen. Vele specifieke ideeën behorende bij het begrip voeding (zoals vetering, ademhaling relaties tussen processen etc.) zijn niet geïsoleerd in de conceptuele structuur van leerlingen, maar zijn aan elkaar gerelateerd door hun eigen ervaringen op en buiten de school. Alhoewel deze noties/ideeën fout kunnen zijn, hebben ze een zekere logische coherentie en geven ze de theorie van de leerling t.a.v. voeding weer, waarmee zij aspecten interpreteren die verband houden met voedingsprocessen. Daarnaast vormt dit de conceptuele basis waarmee leerlingen nieuwe inhouden leren en relateren aan hun eigen ideeën.
Blijkt dat er drie categorieën te onderscheiden zijn waarin de resultaten in te delen waren: 1) niet-gerelateerde niet-geïntegreerde patronen, 2) gerelateerde niet-geïntegreerde patronen, 3) geïntegreerde patronen. (totaal 6 patronen).

112
Tanzania
9, 11 en 13 jaar

Resultaten laten zien dat veel leerlingen hun basisschool en voortgezet onderwijs afronden zonder een geïntegreerd beeld van het menselijke voedings-/verteringssysteem te hebben ontwikkeld. Vanaf het vijfde jaar in het voortgezet onderwijs daalt dit aantal langzaam.

De karakteristieke van impliciete theorieën van leerlingen verschillen duidelijk van de redenering die volgens de wetenschappelijk verantwoorde theorieën gevolgd zou moeten worden.

'Levend' is een basaal concept in biologie. Blijkt bijv. uit studie van Tamir (1981) dat veel kinderen het leven van dieren en mensen anders beschouwen dan dat van planten en embryo's. Doel studie: Bijdrage leveren aan de onderzoeken naar misconcepties die kinderen hebben over 'levend' en 'dood' in kaart te brengen.

Methode: Onderzoeksgroep bestond uit basisschool kinderen in de leeftijd van 9 (n=50), 11 (n=60) en 13 jaar (n=80) uit Dar es Salaam. Vragenlijst gericht op 6 items. Sommige items richtten zich op het bepalen of kinderen specifieke karakteristieken gebruiken om te beoordelen of iets wel of niet levend is; en of ze eenvoudige experimenten konden voorstellen om hun claims te bewijzen, of items gericht op wanneer leven begint en wat de dood veroorzaakt.

Resultaten: per item belangrijkste resultaten:

- 1) criteria voor levend: meer dan 80% van de kinderen refereert naar fysiologische functies als hoofdcriteria voor het beschrijven van levende dingen, fysiologische functies als ademen, eten & drinken bewegen en reproductie worden als belangrijke criteria voor levend beschouwd door de leerlingen.
- 2) experimenten: werd voornamelijk voorgesteld om te observeren en aan te raken om te bepalen of iets levend is, daarna was het meest gegeven antwoord het onthouden van lucht, en de groeisnelheid bepalen. Bleek dat veel kinderen het erg moeilijk vonden een experiment te beschrijven en 24% antwoordde met 'weet ik niet'.
- 3) begin van leven: 40% van de kinderen dacht dat leven begint bij de geboorte, 18% gaf aan dat leven begint wanneer een organisme start met ademen. 30 % van de 9-jarigen gaf geen antwoord op deze vraag. Verder ideeën zoals: nadat ledematen zich hebben gevormd, na bevruchting, wanneer gevoed.
- 4) oorzaken van dood: Meeste kinderen dachten dat levende dingen dood gaan door gebrek aan voedsel (45%), lucht (27%) en water (25%). Verder redenen als vergiftiging (10%), ongelukken of vechtpartijen (58%) en ziekte (40%). Voor de maïsplant werden ondermeer onkruid en ontwortelen genoemd.
- 5) twijfelachtige gevallen van levende dingen: Dingen die kinderen niet kenden werden vaak met die reden ook als twijfelachtig geluid, waaronder planten die niet bekend waren in de streek als eucalyptus, en dieren als walvissen, duizendpoot en slangen. De 9-11 jarigen gaven ook objecten als robots, water, auto's en mythologische dingen als levend aan. Blijkt dat 'beweging' het belangrijkste criterium voor 'levend' is voor deze kinderen. Studie laat dus zien dat deze Tanzaniaanse kinderen een aantal misconcepten hebben t.a.v. levend, niet-levend en dood. De methode van onderzoek (vragenlijst) geeft echter geen inzicht in de oorzaken waardoor leerlingen deze misconcepten ontwikkelen. Hiertoe zouden interviews moeten worden gehouden. Auteurs suggereren dan ook dat interviews met leerlingen nodig zouden zijn om duidelijk te krijgen waar hun concepten precies vandaan komen, en waarom ze iets als levend indelen of niet.

132
Diverse landen
7 en 15 jaar

Er zijn meerdere studies gedaan in de loop der jaren naar het begrip van kinderen t.a.v. **bouw en functie van het lichaam**. Echter geen kwantitatief en systematisch onderzoek waarin de volgende 3 punten beantwoord worden:

1. Hoe kennis, wanneer tentoongespreid door tekeningen van menselijke interne structuur, afhangt van de leeftijd.
2. Hoe deze kennis de verschillende organen en orgaansystemen verschild.

3. Hoe vergelijkbaar of verschillend deze kennis is tussen verschillende landen. Doel van deze studies is om start te maken met beantwoorden van bovenstaande 3 punten.

Method: 568 leerlingen uit 11 verschillende landen, 7 of 15 jaar oud. Onderdeel van grootschalige studie die loopt onder 54 landen. Leerlingen kregen een leeg vel A4 en werd gevraagd 'te tekenen wat zij dachten dat zich in hen bevond'. Tekeningen werden geanalyseerd aan de hand van een 7 puntsschaal op grond van anatomische juistheid. Per land zelfde instructies: minstens 20 tekeningen 7 jaar oude kinderen, waarvan 10 meisjes en 10 jongens, idem voor 15 jaar oude kinderen.

Resultaten: 7 jaar: leerlingen hebben brede kennis over hun organen/interne structuur, echter weinig notie van hoe organen bestaan als verbindende structuur in een orgaansysteem. 15 jarigen: hadden een betere kennis over hun organen al hadden de meesten ook weinig begrip van orgaansystemen. In geen enkel land was er een kind dat alle 8 orgaansystemen correct weergaf. Blijkt wel dat sommige orgaansystemen duidelijk beter worden weergegeven dan anderen: best getekend: spijsverteringstelsel, gasuitwisselingssysteem en het skelet. Weinig tekeningen lieten het spierstelsel, endocriene - of circulatiesysteem zien. Echter uit andere onderzoeken blijkt ook dat als je de vraag aan kinderen anders stelt, zij bijv. het skelet anatomisch vollediger en beter tekenen, dan wanneer je ze vraagt 'te tekenen wat zich in hen bevindt'. Als het op individuele organen aankomt is bijna altijd het hart getekend. Sommige landen lieten ook veel tekeningen met 'losse' organen, delen zien. Dit kan duiden op de manier waarop de organen zijn onderwezen of dat leerling er nog niet in geslaagd is de losse delen samen te brengen.

T.a.v. onderwijs: Het lijkt er op dat het beter is de leerlingen eerst individuele organen te onderwijzen en ze te helpen deze samen te brengen in een functioneel systeem i.p.v. andersom zoals nu gebeurt. Science curricula kunnen voortbouwen op de brede kennis die leerlingen de klas mee innemen t.a.v. organen. Het lijkt erop dat ze op jonge leeftijd eerst leren dat ze afzonderlijke organen hebben waarna ze zich realiseren dat deze specifieke locaties hebben. Daarna komen ze te weten dat bepaalde organen met elkaar verbonden zijn in functionele units, zoals slokdarm en maag. Dus leerlingen niet eerst het hele systeem laten leren waarna individuele organen, maar andersom.

134

Diverse landen

6-7 jaar

Review van de literatuur t.a.v. ontwikkelingspsychologie m.b.t. het begrip van **kinderen over hun eigen lichaam**. Er wordt nadruk gelegd op de manier waarop kinderen de dingen die ze van hun lichaam weten uitleggen. Jonge kinderen < 8 jaar hebben intuïtief begrip van onderscheid tussen de biologische aard van het lichaam en manieren waarop de geest/verstand het lichaam controleert en beïnvloedt. Kenmerkend is dat ze soms processen die volwassenen als biologisch zien, op een psychologische manier uitleggen. Oudere kinderen verwerven met name kennis van organen en processen in het lichaam die betrokken zijn bij de omzetting van stoffen. Echter het begrip van deze processen wijkt af van het standaard biologische kader.

De laatste decennia neemt de literatuur over de ontwikkeling van het begrip en kennis van kinderen t.a.v. interne organen, systemen en processen in hun lichaam toe.

Centrale issue is hoe kinderen een concept van zichzelf als levend organisme ontwikkelen. **130A: Reiss & Tunnicliffe (1999)** geven een overzicht van hoe kinderen beslissen dat iets 'levend' is en hoe dit verandert als ze ouder worden.

Een manier om te kijken naar de ontwikkeling van deze concepten is:

1. na te gaan hoe we dingen classificeren en groeperen op basis van overeenkomsten;
2. manier waarop causaliteit een sleutelrol lijkt te spelen in de ontwikkeling van de concepten t.a.v. hun lichaam.

Jonge kinderen (6-7 jaar) hebben in het algemeen een uitgebreide kennis uit het dagelijks leven t.a.v. hun lichaam (weten dat het lichaam verandert als ze ouder worden, door niet eten dun worden). Echter geen begrip van causale mechanismen,

geen specifieke kennis van het biologische mechanisme: wat er gebeurt in het lichaam. Ze gebruiken psychologische kennis om biologische fenomenen te verklaren, omdat hun biologische kennis niet sterk genoeg is.

Wanneer kinderen ouder worden (10-11 jaar) hebben de meeste een biologisch basiskader ontwikkeld (ook als ze geen onderwijs over lichaam hebben gehad.

Vanaf 7 jaar lijkt hun denken zich langs 2 lijnen te ontwikkelen:

1. meer kennis over specifieke organen vnl. de grootste organen (hart, spieren) en
2. ideeën over stoffen die belangrijk zijn voor hun lichaam.

Ideeën over voeding staan hier centraal. Wat gebeurt ermee wanneer voedsel wordt gegeten? Oudere kinderen zijn meer bekend met veranderingen van materialen/stoffen buiten het lichaam en kunnen daarom het idee dat voedsel in het lichaam verandert sneller accepteren. Vergelijkbaar ook sneller begrip t.a.v. het bestaan van gassen, lucht en het idee dat ademhalen lucht verplaatsen is in het lichaam, en dat het bloedcirculatiesysteem hierbij van belang is. *Dus: het verkrijgen van een biologisch basis kader van het lichaam: dat stoffen verandert en verplaatst in het lichaam is een belangrijke stap in de ontwikkeling van de ideeën van kinderen over hun lichaam.*

48: onderzoek naar de 'internal body map' van 7-11 jaar oude kinderen, liet zien dat weinig kinderen verbanden tussen organen in hun body map lieten zien.

Basisbegrip van lichaam als 'biochemische fabriek' waarin reacties onderling gerelateerd zijn is een kader dat kinderen missen (ze kunnen misschien technische termen herhalen).

Hatano et al (1999) geven aan dat kinderen unieke 'krachten', 'energie' en 'vitale krachten' aan levende dingen toekennen. Met voedsel nemen we 'vitale krachten' tot ons, zieke en oudere mensen verliezen vitale krachten, overmaat aan vitale kracht maakt dat we groeien. Dit kan erop duiden dat kinderen bepaalde fenomenen niet kunnen onderscheiden en de vitale krachten en energie, relateren aan elektrische energie en magnetische kracht, zwaartekracht. Kinderen maken niet het onderscheid dat wetenschappers maken, zij maken onderscheid tussen fenomenen. Naar dit idee van 'vitale energie' zou verder onderzoek gedaan moeten worden. Denken van oudere kinderen is weinig onderzocht.

Studie kijkt naar het begrip van leerlingen over de structuur van het skelet van dieren (waaronder de mens). Blijkt dat vele studies zijn gedaan naar begrip van menselijke skelet maar niet naar dat van dieren. [Deze en andere artikelen van Tunnicliffe zijn allemaal gebaseerd op dezelfde studie (leerlingen, scholen, methode), waarover meerdere artikelen geschreven zijn.]

Methode: 175 leerlingen uit 6 verschillende leeftijdsgroepen. 4/5 jaar oud n=21; 6/7 jaar oud n= 38; 7/8 jaar oud n=36; 10/11 jaar n=35; 13/14 jaar n=25; 18/22 jaar n=20. Op verschillende momenten kregen de leerlingen een dood dier voorgelegd en wel: opgezette bruine rat, spreeuw, verse haring en krab. Bij elke gelegenheid werd de leerling gevraagd te tekenen wat zij dachten dat zich in het dier bevond als het levend was. De laatste keer werd ze gevraagd te tekenen wat ze dachten dat zich in hen zelf bevond. Ze kregen hiervoor 10 minuten de tijd. Totaal werden er 572 tekeningen gemaakt. Er werd geen rekening met leeftijd gehouden in het scoren van de tekeningen. De scoring vond plaats aan de hand van 7 niveaus (vb. niveau 1 geen botten, niveau 2 botten aangegeven met eenvoudige lijnen of cirkels etc.).

Resultaten: Data zijn statisch berekend (t-test) en in numerieke tabellen weergegeven. Twee eerdere studies naar de tekeningen van kinderen over het **skelet** zijn van Caravita en Tonucci (1987) & Guichard (1995): Caravita werkte met Italiaanse kinderen (7, 9 en 12 jaar oud) en vond 5 categorieën: a) uitwendig frame type, b) opgevuld type, c) half georganiseerde delen bot type d) ijzerdraad type e) georganiseerde delen bot type. Guichard werkte met Franse kinderen van 3-12 jaar oud en vond 5 categorieën: 1) zak botten, 2) vis botten 3) stok vormig 4) ketting van botten 5) correct diagram.

In deze (Tunncliffe) studie zou het beter zijn geweest naast de tekeningen kinderen te interviewen om meer duidelijkheid te krijgen over hun begrip van het skelet. De verschillen tussen de kennis van de leerlingen over hun eigen skelet en dat van de rat, spreeuw en haring zijn eigenlijk kleiner dan verwacht. De spreeuw daarentegen gaf meer problemen dan verwacht. De verwachting was dat leerlingen meestal in staat zouden zijn hun kennis van het menselijke skelet te vertalen naar dat van een rat (ander zoogdier) en dat ze a.g.v. bepaalde thuisituaties bijv. het visskelet (te zien wanneer gegeten) beter zouden kunnen tekenen dan dat van een vogel. Blijkt dat bijv. sommige 10-jarige kinderen beter beeld hebben van het skelet als functioneel geheel dan sommige 20-jarigen. Over het algemeen is het de mening van de auteurs dat te weinig leerlingen een echt begrip hebben van skeletten, niet eens van hun eigen skelet als een functioneel en geïntegreerd geheel (holistisch beeld).

194

Engeland

5, 8, 10 & 14 jaar

Doel: verkennen hoe schoolkinderen in de leeftijd van 5-14 jaar **planten herkennen, identificeren en groeperen.**

Methode: De leerlingen werden geconserveerde monsters van 6 verschillende planten voorgelegd waarover een aantal vragen werden gesteld. Leerlingen in de leeftijd van: 5, 8, 10 en 14 jaar oud. Onderzoeksgroep (n=36): 9 leerlingen van 5, van 8, van 10 en van 14 jaar oud. Uitgezocht door docent van de klas met een spreiding in 'boven gemiddeld', 'gemiddeld' en 'onder gemiddelde' leerlingen. Leerlingen in categorie 5-11 jaar afkomstig van a 'Church of England aided Primary state school'; en 11-16 jaar van een 'secondary comprehensive school'.

Kinderen werden individueel uit reguliere les gehaald en of hoek van de klas en door de onderzoeker 6 planten voorgelegd (waarvan 1 zwam): Champignon, mos, varen, den, madelief, weidegras. Onderzoeker maakt aantekeningen.

1. Werd gevraagd of ze de planten in de volgorde wilde leggen in welke ze erover wilde praten
2. Deze volgorde werd door de onderzoeker aangehouden, en alle planten werden nu individueel besproken
3. Bij elke plant werden aantal vragen gesteld: Wat voor plant het was? respons 'X'. Waarom ze de plant zo noemde en wat het een 'X' maakte. Daarna moesten ze de planten groeperen, horen er planten samen? Antwoord onderbouwen.

Het argument dat door de leerlingen werd gebruikt om de naamgeving van de plant te verantwoorden werd gecategoriseerd als 'anatomie', 'habitat', 'functie' of 'vorm plant'.

Resultaat: Blijkt dat leerlingen vanuit alle leeftijdscategorieën voornamelijk herkennen en gebruik maken van *anatomische* kenmerken wanneer ze een plant benoemen en uitleggen waarom ze zijn wat ze zijn. 80% van de leerlingen geeft anatomische redenen, zowel in de 5, 8, 10 als 14 jaar groep. Oudere leerlingen zullen sneller habitat kenmerken gebruiken. Ziet hier echter geen (significant) verschil in leeftijd.

Thuis en directe observaties zijn de belangrijkste bronnen van kennis dan school, tv, cd-rom (voor zowel meisjes als jongens).

Wanneer leerlingen ouder worden, worden hun argumenten/ onderbouwing voor het groeperen van planten gecompliceerder: ze beginnen tekenen van *taxonomische* kennis te vertonen en gebruiken in hun groepering van de planten (naast anatomische en *habitat* kenmerken).

De nadruk in het science curriculum op het benoemen en classificeren van organismen zou ten koste kunnen gaan van het begrip van omgeving/milieu.

202

Engeland

Praktisch artikel over een bordspel in de vorm van torso ontwikkeld door studenten in het kader van hun opleiding. Beschrijft het spel dat aandacht besteed aan organen in het lichaam, en 3 weken in de klas is uitprobeerde.

208

Diverse landen

5-18 jaar

Het doel van de auteur is een overzicht te geven van de bevindingen van een aantal studies t.a.v. het begrip van kinderen over planten. (Dit n.a.v. overzicht gemaakt door Carmichael et al. 1990).

Methode: Literatuurbespreking

Resultaten: Literatuur is ingedeeld in aantal categorieën: 1) identificatie en classificatie van planten, 2) structuur van plant 3) water relaties 4) voeding plant.

1. *Identificatie en classificatie van planten:* Studie in Israël van Stavy en Wax (1989) liet zien dat kinderen planten veelal niet als 'levend' beschouwen terwijl ze dat bij dieren wel doen. Slechts 30% van de 6-jarigen classificeerden planten als 'levend', 70% van 8-11 jarigen, maar zelfs onder oudere kinderen 12-15 jaar zagen slechts 70-78% planten als levend. Veel kinderen dachten dat planten niet ademen en niet voortplanten, terwijl 'groei' door bijna alle kinderen in alle leeftijden geassocieerd werd met planten, maar dit werd dus niet als een voorwaarde voor 'levend' beschouwd.

Probleem dat in Hebreeuws de termen, leven, levend en dieren heel erg op elkaar lijken terwijl het woord 'plant' hier niet op lijkt.

Ryman (1974a, b) deed onderzoek naar de bekwaamheid van het herkennen en classificeren van planten in de context van levende organismen in het algemeen. 200 Engelse leerlingen in de leeftijd van 12 jaar kregen 38 tekeningen van een aantal dieren en planten voorgelegd die ze moesten benoemen en classificeren in categorieën als 'plant', 'bloeiende plant', 'vertebraten', 'invertebraten', 'vissen', 'insecten' e.d.. Het bleek dat de kinderen het classificeren van planten veel moeilijker vonden dan het classificeren van dieren. De gemiddelde score voor het benoemen van 11 planten was slechts 3,6 in vergelijking met 11,2 voor 13 vertebraten. Bloeiende planten werden voornamelijk zo geclassificeerd als bloemen duidelijk zichtbaar waren (hieronder vielen dus bijv. niet grassen of de eik).

2. *Structuur van planten;* Relatief weinig aspecten over plantenstructuur onderzocht. In een studie van Symington et al. (1981) werden kinderen tussen de 5-9 jaar oud gevraagd 4 verschillende bladeren te tekenen aan het eind van een les waarin ze bladeren hadden geobserveerd. Blijkt dat veel kinderen hun 'concept van een blad' tekenen i.p.v. het specifieke blad.

3. *Water relaties:* Osmose is een sleutelconcept voor een volledig begrip van belangrijke processen als wateropnamen bij planten. Het concept is ook sterk verbonden met concepten uit de natuurkunde zoals diffusie en specifieke aard van stoffen. Wordt als een van de moeilijkste thema's in het biologieonderwijs ervaren. De beschreven studies naar dit thema hebben echter allemaal onderzoeksgroepen in de leeftijd van 15-18 jaar en valt dus buiten het bereik van deze studie.

4. *Voeding plant:* Fotosynthese wordt geduid als het 'belangrijkste biochemische proces op aarde' en daarom begrijpelijk dat dit het uitgebreidste onderzocht is in het kader van planten. Echter ook hier zijn de onderzoeksgroepen niet van basisschool leeftijd (al is er een studie die ook 11-jarige leerlingen erbij betrokken heeft: leerlingen begrepen dat planten energie nodig hadden om te groeien, maar dachten dat deze voornamelijk uit het voedsel werd gehaald en via de wortels uit de grond werd gehaald. In een studie van Smith & Anderson (1984) werden 10-11 jarige kinderen onderzocht. De onderzoekers observeerden de lessen waarin de docent een unit over groei van planten en fotosynthese behandelde. Uit de pre-test bleek dat de meerderheid van de kinderen dachten dat '*planten licht nodig hadden om te leven en groeien*'. Kinderen lieten daarna planten ontkiemen en in het licht en in het donker groeien, en het experiment liet zien dat de planten in het donker ook gegroeid waren: met reactie van de kinderen '*dat planten dus géén licht nodig hadden om te groeien*'. Dit werd later bijgesteld door te zeggen dat planten licht nodig hadden om '*gezond*' te zijn. De leerlingen concludeerden in ieder geval niet dat planten licht nodig hadden om te overleven of dat ze licht gebruikten om hun eigen voedsel te maken.

Referentias

4. Arnaudin, M.W. and Mintez, J.J. (1985). Students' alternative conceptions of the human circulatory system: a cross-age study. *Science Education*, 69(5), 721-733.
16. Barker, M. (1998). Understanding transpiration – more than meets the eye. *Journal of Biological Education*, 33(1), 17-20.
17. Barker, M. (1995). 'A plant is an animal standing on its head'. *Journal of Biological Education*, 29(3), 201-209.
48. Cuthbert, A.J. (2000). Do children have a holistic view of their internal body maps? *School Science Review*, 82(299), 25-32.
78. Jewell, N. (2002). Examining children's Models of Seed. *Journal of Biological Education*, 36(3), 116-122.
96. Lock, R. and Richards, B. (1996). Plant and animal organs and functions – a student-centred approach. *Journal of Biological Education*, 30(1), 15-16.
103. Mintez, J.J. (1984). Naive theories in biology: children's concepts of the human body. *School Science and Mathematics*, 84(7), 548-555.
110. Núñez, F. and Banet, E. (1997). Students' conceptual patters of human nutrition. *International Journal of Science Education*, 19(5), 509-526.
112. O-Saki, K.M. and Samiroden, W.D. (1990). Children's conceptions of 'living' and 'dead'. *Journal of Biological Education*, 24(3), 199-207.
132. Reiss, M.J. et al (2002). An international study of young peoples' drawings of what is inside themselves. *Journal of Biological Education*, 36(2), 58-64.
134. Rowlands, M. (2001). The development of children's biological understanding. *Journal of Biological Education*, 35(2), 66-68.
192. Tunnicliffe, S.D. and Reiss, M.J. (1999). Students' understanding about animal skeletons. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1187-1200.
194. Tunnicliffe, S.D. and Reiss, M.J. (2000). Building a model of the environment: how do children see plants? *Journal of Biological Education*, 34(4), 172-177.
202. Verran, J., Brintell, B., Brownrigg, N., Garcia, R. and Green, A. (1997). The body game: developed by undergraduates for key stage 2 National curriculum Science. *Journal of Biological Education*, 31(3), 181-184.
208. Wood-Robinson, C. (1991). Young people's ideas about plants. *Studies in Science Education*, 19, 119-135.

87
Canada
7-12 jaar

1. Biologie

1.5 Erfelijkheid van eigenschappen

Kinderen (n=32: twee jongens en twee meisjes uit de leeftijdsgroepen 6 tot en met 13 jaar) werden bevroegd over (a) het verschil tussen erfelijke eigenschappen en door de omgeving aangebrachte eigenschappen. Ook werd bij de kinderen getracht na te gaan (b) in welke mate ze waarschijnlijkheidsdenken hanteerden om te voorspellen welke eigenschappen van de ouders terug te vinden zijn in hun nakomelingen. Het type verklaringen dat bij ad a en ad b gebruikt werd, is bestudeerd.

Veel kinderen, ook van 12 jaar, denken dat door de omgeving geïnduceerde kenmerken worden overgedragen op de volgende generatie, met name als er een lange tijd tussen een gebeurtenis en geboorte zit. Tijdens de ontwikkeling 'ervaren' de hersenen dat er bijvoorbeeld maar vier vingers zijn en dat wordt overgedragen op het nageslacht. Dus, als een jong kind een vinger verliest en opgroeit met vier vingers, dan denken kinderen over het algemeen dat de nakomelingen ook vier vingers hebben. Als iemand al volwassen is en een vinger verliest dan zal het nageslacht toch vijf vingers hebben omdat 'zijn hersens wisten dat hij vijf vingers had'.

Kinderen bedelen de moeder een belangrijker rol toe dan de vader in het overdragen van erfelijke eigenschappen. Ze geven aan dat ze niet begrijpen hoe het kan dat iemand andere eigenschappen heeft dan de vader of de moeder, terwijl ze wel die ervaring hebben. Sommige kinderen geven als verklaring dat het komt door omgevingsfactoren als het eten of het zonlicht.

Over overerving van lengte zeggen kinderen dat jongens groter worden dan hun vader en meisjes groter worden dan hun moeder. Oogkleur, haarkleur, vorm van de neus worden bepaald door de moeder omdat zij het meest contact heeft met de groeiende baby. Andere kinderen denken dat beide ouders invloed hebben op de lengte.

Geconcludeerd kan worden dat kinderen tussen 6 en 12 jaar hun eigen alternatieve conceptuele kader hebben ontwikkeld om de diverse fenotypische eigenschappen te verklaren die door verschillende organismen in hun omgeving werden getoond. Deze verklaringen kunnen worden gecategoriseerd in omgeving, somatisch, naturalistisch en genetisch. Het gegeven dat dergelijke kaders bestaan betekent dat het onderwerp overerving en zijn diverse vormen interessant en belangrijk is voor kinderen. Tenslotte blijkt dat jongere kinderen meer rigide zijn in hun denken, terwijl oudere kinderen flexibeler zijn en meerdere variabelen in ogenschouw kunnen nemen om tot voorspellingen te komen.

Referenties

87. Kargbo, D.B., Hobbs, E.D. and Erickson, G.L. (1980). Children's beliefs about inherited characteristics. *Journal of Biological Education*, 14(2),137-146.

73
USA
11 jaar

1. Biologie

1.7 Ecosystemen

Bestudeerd zijn twee kenniscomponenten van leerlingen met betrekking tot ecologie: hun vaardigheden in het redeneren in systemen en hun domeinspecifieke concepten. Daartoe kregen de ze twee taken. Een analytische taak waarin ze een analyse van een voedselweb moesten maken, waarbij alle verbindingen tussen organismen waren gegeven. En een constructieve taak, waarbij leerlingen hun eigen ecosysteem met relaties bouwden, waarin ze hun kennis over het gedrag van vervuilers toonden. Leerlingen moesten aangeven hoe verstoringen in het voedselweb verliepen. De meeste leerlingen (114 van de 156) gaven een verklaring die duidde op een lineair verband in een richting. Slechts 11 van de 156 gaven aan dat er tweerichtingsverkeer was en eenzelfde aantal gaf aan dat er een cyclisch verband was. Na hands-on experimenten gedurende een maand was het aantal dat in 'eenrichtingsverkeer' dacht verminderd (van 114 naar 99) en het aantal leerlingen dat in tweerichtingsverkeer en cyclisch verband dacht gestegen van respectievelijk 11 naar 28 en 11 naar 15 leerlingen. Bij het schetsen van het effect van vervuilers op de organismen in een ecosysteem worden drie 'levels' aangegeven. Level I (genoemd door 2 van de 16 leerlingen) is dat de vervuilende stof in een of meerdere organismen van een ecosysteem komt, zonder dat er relaties zijn tussen die effecten; level II (8 van de 16 leerlingen) is dat de vervuiler via een lineaire weg het ecosysteem binnen komt en level III (6 van de 16 leerlingen) is dat er een indirect effect is van de vervuiler op een organisme dat net zelf is aangetast. Een probleem bij de vragen over de vervuiler was dat bij de leerlingen concepten over vervuilers, ook na lessen hierover, en over biochemische processen onvolledig zijn. Ze denken aan vervuilers meer als iets dat een direct effect heeft op organismen van een ecosysteem en dat daarbij van organisme naar organisme gaat, dan aan iets dat een aantal gebeurtenissen in beweging zet. Geconcludeerd wordt dat leerlingen van 11 jaar een voedselweb meer zien als een aantal individuele voedselketens in plaats van verbonden voedselketens. Verder werd geconcludeerd dat het redeneren van kinderen over voedselwebben meer beperkt werd door het ontbreken van conceptuele modellen over complexe systemen dan door een gebrek aan het conceptuele begrip van controlemechanismen bij populaties.

92
Engeland
5-16 jaar

Method: Betreft een onderzoek naar het ecologische begrip van kinderen in de leeftijd van 5-16 jaar (n=200). Het is het eerste van 3 artikelen, en dit artikel richt zich op de theoretische achtergrond, ontwerp en methodologie. De andere 2 artikelen zullen de belangrijkste resultaten bespreken.

In 1989 heeft de National Curriculum Council de Children's Learning in Science Research Group opdracht gegeven een onderzoeksproject uit te voeren om de ontwikkeling van het conceptuele begrip van kinderen in de natuurwetenschappen te documenteren op basis waarvan revisies in het nieuw geïntroduceerde nationale curriculum konden worden geënt. Voor de natuurkunde waren al een aantal studies uitgevoerd en nu was het tijd dat er aandacht aan het biologische domein werd besteed om curriculum planning te kunnen informeren.

Deze studie was ontwikkeld om de manieren waarop kinderen denken en situaties uitleggen over die betrekking hebben op kringlopen van materie, energie stromen en de wederzijdse afhankelijkheid van organismen in ecosystemen. De studie beschrijft de vooruitgang in het denken over natuurlijke verschijnselen in termen van 3 gerelateerde factoren:

1. De kennis van leerlingen over verschijnselen (fenomenen),
2. de ontologische betrokkenheid die met deze kennis is geassocieerd (vooruitgang in leren niet alleen gerelateerd aan kennis ook aan de veranderingen in aannames van kinderen over de wereld om hen heen) en de

3. epistemologische betrokkenheid van leerlingen. Doel was om de individuele redeneringen van de leerling over ecologie in kaart te brengen (zonder ze in te kaderen naar situaties). Daarom werd gekozen voor een fenomenologische aanpak om het denken van leerlingen te toetsen, door hen specifieke biologische situaties voor te leggen, illustraties, foto's en video.

6 Sleutelideeën werden gedefinieerd om het domein van studie te definiëren:

a) overdragen van materie en energie tussen organismen, b) uitwisseling van materie en energie met de omgeving, c) habitat, d) fotosynthese, e) ademhaling, f) bederf, rotten (afbreekbaar). Verder bepaalt de *context* waarin het fenomeen zich voordoet ook het type van verklaring dat gegeven wordt.

5 Diagnostische instrumenten werden ontwikkeld om een context te verschaffen waarin het denken van de kinderen over elk van de 6 sleutelideeën onderzocht kon worden; genaamd: 'Appel', 'video', 'gemeenschap', 'toneel' en 'eet'. Biologische situaties werden geselecteerd als context voor het instrument op zo'n manier dat het alle sleutelideeën bedekte. Tot de leeftijd van 8 jaar werd alleen het interview toegepast, bij de oudere leerlingen interview en geschreven antwoorden. Voorbeeld van het instrument (context) 'appel': leerlingen kregen eerst een foto van een rottende appel onder een appelboom te zien. De foto was vergroot om details te kunnen waarnemen en de jongere kinderen kregen een echte rottende appel te zien (oudere kinderen, vanaf 8 jaar opdracht op papier). Ze werden gevraagd te beschrijven wat ze opviel aan de appel en daarna wat zij dachten dat dit veroorzaakte. Wanneer leerlingen specifieke wetenschappelijke termen gebruikten werd gevraagd deze uit te leggen, zoals bacillen, bacteriën, rotten, verteren etc. Dus in het 'appel'-instrument werden vragen t.a.v. de aard en oorzaak van verteren en het lot van materie tijdens het vertering/ bederf proces. Zo was elk van de 5 diagnostische instrumenten ontworpen om de ideeën van leerlingen over een van de sleutelideeën te triggeren.

In de leeftijd van 5-7 jaar werden 45 interviews afgenomen, in de leeftijd van 7-11 jaar 16 interviews en 81 geschreven opdrachten, van 11-14 jaar 16 interviews en 220 geschreven opdrachten (en 14-16 jaar 8 interviews en 153 geschreven opdrachten). Interviews werden op geluidsband opgenomen. Voor elk diagnostisch instrument werd een coderingssysteem opgesteld. De antwoorden van de kinderen in elke leeftijdsgroep werden bekeken en hieruit werden algemene ideeën en wijze van verklaren te geïdentificeerd. Het coderingssysteem werd dus gebaseerd op de antwoorden en gesprekken van de kinderen en niet op basis van het wetenschappelijke perspectief.

93

Engeland

5-16 jaar

De ideeën van kinderen over een aantal ecologische concepten werden opgeroepen door in bepaalde contexten een aantal geschreven opdrachten en individuele interviews af te nemen, n=200, leeftijd 5-16 jaar.

Leerlingen zijn bevroegd op en hebben tekeningen gemaakt over:

1. waar de stoffen van afkomstig zijn die voor plantengroei zorgen;
2. wat planten nodig hebben;
3. waar de stoffen van afkomstig zijn die voor de groei van dieren zorgen;
4. het afbraakproces;
5. de rol van afbraak in de kringloop van materie.

Ad 1. Kinderen (leeftijd niet gespecificeerd) denken dat planten hun voedsel uit de grond krijgen. Voedsel is iets dat organismen uit de omgeving opnemen en is niet iets dat planten zelf maken. Ongeveer 10% van de kinderen (5-11 jaar) noemen water en grond als voedselbron voor planten. Kinderen van 5-7 jaar beseffen niet dat er voor groei van bomen materie/stof nodig is. In een interview geven ze aan dat alles aanwezig is in het zaad waaruit de boom groeit. Iets oudere kinderen geven aan dat er naast het zaadje ook lucht nodig is en 'dingen' uit de grond die via de wortels in de boom komen. 'Op een of andere manier komt er hout, maar ik weet niet zeker hoe'.

Ad 2. 60% van de kinderen van 5-7 jaar geeft aan dat planten water nodig hebben, terwijl 15% en 9 % van de kinderen vindt dat planten respectievelijk zonlicht en grond nodig hebben. Deze percentages verschuiven naarmate de kinderen ouder worden. Kinderen in de leeftijd van 7-11 jaar geven aan dat planten water (70%), grond (55%), zonlicht (45%), zuurstof (10 %) en lucht en koolstofdioxide (beide 5%) nodig hebben.

Grond wordt door kinderen niet zozeer als voedselbron maar vooral genoemd als plaats voor planten om te groeien. Ook denken kinderen (5-7 jaar) dat mensen de planten voeden en water geven. Twee kinderen die geïnterviewd worden over wat mest doet als het over gras wordt verspreid vertellen dat het alleen maar het gras helpt bij het groeien. Eerder verklaarden deze twee kinderen dat bomen voedsel opnamen via hun wortels en omzetten in hout. De kinderen verklaarden dat het verschillend was bij bomen en gras.

Ad 3. Volgens kinderen (5-7) voorzien mensen de dieren van voeding en schuilplaatsen die ze nodig hebben. Dieren eten bijna alles en veranderen hun eetgewoontes gemakkelijk in wat beschikbaar is in hun omgeving (5-9 jaar).

Wat betreft ideeën van kinderen over voedselbronnen die dieren nodig hebben om te groeien kan gezegd worden dat kinderen (5-12 jaar) -evenals bij planten- wel aangeven dat dieren materie/stof nodig hebben, maar dat ze dat niet koppelen aan groei. 40% van de kinderen van 5-7 jaar geven aan dat voedsel de bron voor het lichaamsmateriaal van dieren is. Slechts enkele kinderen noemen water als bron voor lichaamsmateriaal.

Ad 4. De meeste kinderen denken dat materie tijdens het afbraakproces langzamerhand verdwijnt. Slechts enkele kinderen tussen 8–13 jaar geven aan dat organisch materiaal bij afbraak wordt omgezet in mineralen. Sommige kinderen geven aan dat micro-organismen belangrijk zijn bij afbraak.

Kinderen van 12 jaar geven over de kringloop van materie aan dat bij afbraak geen andere organismen betrokken zijn. Materie van dode organismen wordt omgezet in mineralen of aarde als ze verteren. Andere kinderen geven aan dat bij vertering organismen kleiner worden en na verloop van tijd wegrotten en dat de grond daarbij op een of andere manier 'rijker' wordt.

Nadat kinderen een video over de vertering van een appel hebben gezien geeft ruim 40% van de kinderen (7-11 jaar) aan dat dieren (koe, kevers, insecten) de appels opeten, terwijl ruim 35% aangeeft dat ze door micro-organismen worden opeten. Nog eens 65% van de kinderen geven een natuurlijke oorzaak, waarbij de gedachte is dat als een appel van de boom is gevallen hij geen voedsel meer krijgt en wegrot. Door 25% van de kinderen worden fysische oorzaken als lucht, zon en warmte genoemd.

Ad 5. Op de vraag wat er na het wegrotten van een organisme gebeurt met materie geven kinderen verschillende antwoorden. Bij jonge kinderen wordt bij vertering het begrip materie of stof niet genoemd. Uitspraken dat er na verloop van tijd steeds minder is komen veel voor. Sommige kinderen geven daarbij aan dat er een deel in de omgeving, met name in de grond, achterblijft, terwijl anderen denken dat materie na vertering verdwenen is.

Conclusies:

- Kinderen van 5-7 jaar hebben onvoldoende ervaring met voeding, ademhaling en afbraak van planten om verklaringen te geven over behoeften van planten en dieren (o.a. aan lucht) om levend en gezond te blijven en over vertering en kringloop van materie;
- De verklaringen van jonge kinderen zijn contextgebonden; zo weten ze wel dat mensen lucht nodig hebben (eigen ervaring), maar dat dieren ook lucht nodig hebben

noemen ze niet;

- Vanaf 8 jaar beseft een toenemend aantal kinderen dat voedsel nodig is voor groei van planten en dieren;
- Kinderen hebben niet het besef dat lichaamsmateriaal bestaat uit 'chemisch veranderd voedsel';
- Vanaf 8 jaar denken veel kinderen dat de materie die in de grond verdwijnt bij vertering op een of andere manier goed is voor planten;
- Kinderen van 5-7 jaar noemen voornamelijk fysische factoren als oorzaak van vertering;
- Bij jonge kinderen ontbreekt het concept lucht, waardoor het niet genoemd wordt als behoefte van planten en dieren om te leven.

Jonge kinderen weten dat op de grond micro-organismen voorkomen (op een appel die op de grond gevallen is zitten micro-organismen); ze noemen die micro-organismen wel bij het verteringsproces (op de grond), maar denken niet aan micro-organismen als levende organismen.

In deze studie gaat het over onderlinge afhankelijkheid tussen organismen. Deze is bestudeerd aan de hand van de volgende vier vragen:

1. Wat is nodig voor een evenwichtige levensgemeenschap?
2. Welke populaties in een gemeenschap zijn het omvangrijkst en waarom?
3. Welke relatie is er tussen organismen en een voedselweb?
4. Welke organismen zijn afhankelijk van elkaar?

Ad 1. De kinderen kregen een plaatje voorgelegd met verschillende diersoorten erop getekend. Ze moesten zes verschillende organismen uitkiezen die gedurende langere tijd zouden kunnen samenleven, en daarbij over alles wat ze nodig hadden beschikten. 60% van de kinderen van 5-11 jaar noemden in hun zes uitgekozen organismen voorbeelden van producenten en van primaire en secundaire consumenten in een levensgemeenschap. Kinderen kozen hun voorbeelden omdat ze wisten dat de dieren vaak in het wild voorkwamen, maar niet op basis van bekende onderlinge relaties. Kinderen weten dat er planten en een variëteit aan dieren in een levensgemeenschap voorkomen, echter, de gedachte aan een voedselketen had geen rol gespeeld in hun keuze. Enkele kinderen hadden echter een populatie gekozen waarbij de een voedsel verschafte voor de ander (teleologische redenering).

Kinderen van 5-7 jaar zijn onbekend met de natuurlijke omgeving en denken dat planten en dieren afhankelijk zijn van mensen die ze voorzien in hun behoeften. Bovendien geven ze aan dat planten niet levend zijn. Als kinderen (5-12 jaar) wordt gevraagd op een plaat van een bos naar levende organismen te zoeken, wijzen ze wel dieren, maar geen planten aan. Terwijl, als ze gevraagd wordt of een boom levend is, ze dat beamen. Voor jonge kinderen zijn relaties tussen dieren eenvoudig. Ze hebben te maken met voedsel of bescherming (5-8 jaar) en hebben betrekking op een individu en niet op populaties van organismen.

Ad 2. Voor kinderen van 5-7 jaar zijn de grootste groepen in een levensgemeenschap de primaire en secundaire consumenten; kinderen van 7-11 jaar geven aan dat de producenten de grootste groep is. De reden die kinderen (5-7 jaar) hierbij gaven was dat dieren van een bepaalde omgeving hielden, terwijl anderen verklaarden dat een populatie zo groot was om als voedsel voor een andere populatie te dienen. Wat betreft de populatiegrootte is vooral bij kinderen tussen 7 en 11 jaar de teleologische redenering (60%) aanwezig; de onderlinge afhankelijkheid wordt door maar enkele kinderen (5%) genoemd. Daarnaast is het vooral de beschrijving van wat ze zien (5-8 jaar) en vanaf 9 jaar noemen kinderen ook de mate van reproductie als van belang voor de populatiegrootte.

Ad 3. Relaties in het voedselweb zijn voor kinderen tussen 5 en 11 jaar alleen één op één relaties tussen een predator en een prooidier. Kinderen tussen 5 en 7 jaar hebben geen besef dat er onderlinge relaties tussen groepen van organismen zijn. Ze kennen dieren alleen van de dierentuinen, boeken en boerderijen en als huisdier. Jongere kinderen verklaren het effect van een verandering in de ene populatie op de andere populatie door een oorzaak te noemen.

Ad 4. Kinderen van 5-7 jaar denken aan organismen vooral als individu en minder als een lid van een populatie van individuen. Kinderen denken dat organismen vertrouwen op mensen die hun voorzien in een aantal of al hun behoeften. Jongere kinderen denken ook dat dieren net zoals mensen waarden en emoties hebben. Vanaf hun zevende jaar geven kinderen aan dat dieren ook in hun eigen behoeften voorzien, maar het idee dat er te weinig voedsel kan zijn en dat er competitie is tussen dieren komt niet bij hen op. Vanaf 9 jaar onderkennen kinderen verschillende relaties tussen organismen. Ze weten bijvoorbeeld dat sommige organismen zich snel voortplanten en geven aan dat dat in de natuur zo is gepland om in een bepaalde behoefte te voorzien (teleologische visie).

In deze studie zijn verschillende veranderingen in het biologische redeneren van kinderen te zien: verandering in kennis over fenomenen, veranderingen in ontologie en epistemologische veranderingen. Het doel van de studie was om een map te maken met verklaringen die kinderen van 5-16 jaar gebruiken bij ecologische fenomenen. Er zijn epistemologische veranderingen waargenomen, maar het is de vraag of jonge kinderen anders denken dan oudere kinderen of dat ze nog niet geleerd hebben om op een bepaalde wijze te denken.

Wat betreft veranderingen in concepten zijn ontologische verschuivingen geconstateerd bij jongere kinderen, in die zin dat zij aanvankelijk voor het gedrag van dieren het menselijk gedrag als metafoor gebruiken. Bij oudere kinderen zijn veranderingen waar te nemen over de concepten 'lucht' en 'energie' en 'afbraak'.

Referenties

73. Hogan, K. (2000). Assessing students' systems reasoning in ecology. *Journal of Biological Education*, 35(1), 22-28.
92. Leach, J., Driver, R., Scott, P. and Wood-Robinson, C. (1995). Children's ideas about ecology 1: theoretical background, design and methodology. *International Journal of Science Education*, 17(6), 721-732.
93. Leach, J., Driver, R., Scott, P. and Wood-Robinson, C. (1996). Children's ideas about ecology 2: ideas found in children aged 5-16 about the cycling of matter. *International Journal of Science Education*, 18(1), 19-34.
94. Leach, J., Driver, R., Scott, P. and Wood-Robinson, C. (1996). Children's ideas about ecology 3: ideas found in children aged 5-16 about the interdependency of organisms. *International Journal of Science Education*, 18(2), 129-141.

Bijlage 2 - Scheikunde: concepten van kinderen

49
Engeland
4-12 jaar

| 2. Scheikunde | |
|--|---|
| 2.1. Classificatie en samenstelling van stoffen | |
| <p>97 Engeland 11-14 jaar</p> | <p>Dickinson bestudeerde de ontwikkeling van de concepten van kinderen in de leeftijd van 4-12 jaar m.b.t. 'materiaalachtig'. Bij jonge kinderen is het waarschijnlijk dat zij een concept van materiaal beginnen te ontwikkelen wanneer ze beginnen met het benoemen van gangbare materialen.</p> <p>Methode: 42 kinderen werden aan een aantal activiteiten onderworpen:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Sorteertaak, waarin 3 materialen (plastic, hout, metaal) met van elk twee voorbeelden die verschilden van kleur (geel en bruin plastic, koper en metaal en aluminium, den en walnoot).2. Gedwongen keuzevragen: kinderen moesten aantal voorwerpen indelen op grond van 'is gemaakt van hetzelfde materiaal' waarna de onderzoeker een andere indeling voorstelde (bijv. 'de lepels samen omdat je met beide eet').3. Transformatiedemonstratie: metalen nagel, houten vliegtuig, plastic mes.4. Interview 'waar is het van gemaakt', waarin de kinderen werden bevraagd over de samenstelling van een fiets en tafel. <p>Resultaten: kinderen verschuiven gedurende deze jaren van een neiging tot het classificeren van objecten naar een begrip van materialen dat onafhankelijk van het object was. Zo blijkt bijv. dat kinderen in de leeftijd van 4-9 steeds meer vertrouwd raakten in het herkennen dat een materiaal dat verpulverd is nog steeds hetzelfde materiaal is. Er zijn twee punten van overgang in deze leeftijd: tussen 4 en 6 jaar, en tussen 9 en 12 jaar.</p> |
| | <p>Deze studie was ontworpen om op 2 manieren verder te gaan dan voorafgaande studies: 1- het verkende de aard van interacties tussen ideeën die op school worden onderwezen en ideeën die buiten school zouden hebben kunnen ontstaan. 2- de studie trachtte enig inzicht te krijgen in de leerproblemen en de ontwikkeling in dit gebied.</p> <p>Methode: kinderen uit verschillende groepen (11-12 jaar en 13-14 jaar) werden gevraagd op twee verschillende manieren te tekenen en om te schrijven over oplossen. De eerste vereiste een representatie van dagelijks te observeren proces en de tweede vroeg om een representatie van oplossen in termen van deeltjes.</p> <p>Resultaten: Uit beide leeftijdsgroepen gaven meer kinderen een juiste interpretatie van oplossen in termen van deeltjes dan een juiste visie op het te observeren proces. Terwijl het begrip van de deeltjes toenam met de leeftijd bleek dit niet het geval voor het begrip van de dagelijkse denkbeelden.</p> <p>Het opvallendste resultaat is dus dat het aantal leerlingen dat een juist inzicht van oplossen op niveau van het dagelijks leven had, kleiner was dan het aantal leerlingen dat de interpretatie van deeltjes in oplossen juist had.</p> <p>Deze data suggereren dat het onderwijs op school zeker niet ondoeltreffend is om nieuwe theoretische modellen te leren en dat het tegelijkertijd van minder waarde is voor het ontwikkelen van dagelijkse denkbeelden. Dit is in tegenstelling met het idee dat natuurwetenschap intrinsiek moeilijk is voor leerlingen en dat gebrek aan succes het beste aangepakt zou kunnen worden in het domein van dagelijkse kennis, de 'de in het dagelijks leven ingebedde ideeën'. Het hardnekkige karakter van dagelijkse denkbeelden wordt door meerdere onderzoeken opgemerkt, en is duidelijk zichtbaar.</p> |

Hiervoor zou het dagelijkse taalgebruik aangaande deze onderwerpen (bijv. metaforen die in spreektaal worden gebruikt, reclames, zinspelingen in dagelijks leven t.a.v. oplossen) direct geduid en behandeld moeten worden in de lessen. Een onverwachte bevinding is dat leerlingen die geen onderwijs hierover hebben gehad even consistent zijn in hun algemene en deeltjes interpretatie bij oplossen als die leerlingen die hierover wel onderwijs hebben gehad.

SPACE onderzoek. Over het begrip van kinderen van **materialen**. (Samenvatting van een deel van het onderzoek.)

Methode: onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met 12 docenten in 6 primaire scholen, waar alle kinderen uit de klas van de docent het onderzoek aan hebben meegewerkt. 86 kinderen zijn aselekt gekozen en aan het eind van de verkennende fase waarin ze de gelegenheid kregen zich bekend te maken met een aantal materialen geïnterviewd. Een vergelijkbaar interview is elf weken later uitgevoerd nadat de leerlingen een aantal activiteiten in de klas hadden uitgevoerd.

Resultaten: de conceptuele items waaromheen het onderzoek opgebouwd was zijn:

- a) beschrijving en eigenschappen van materialen;
- b) vaste stoffen, vloeistoffen en gassen;
- c) gebruik van materialen;
- d) oorsprong, fabricage en verandering in materialen.⁴

Ad a): *Classificatie van materialen*: kinderen werd gevraagd een aantal materialen te groeperen op grond van hun samenstelling (waarvan ze gemaakt zijn). Er konden vijf type definities worden onderscheiden in de indelingen van kinderen: compositorisch, functioneel, locatie, waarneembare eigenschappen, fabricage. Ruwweg de helft van de materialen werden ingedeeld op grond van de compositie van het materiaal (waarvan ze gemaakt waren). Bijna de helft werd door kinderen ingedeeld op grond van waarneembare kenmerken als: 'hard, zacht, glimmend etc'. Fabricage werd door geen enkel kind gebruikt, maar de categorie was toegevoegd omdat het als belangrijk werd gezien voor de classificatie van stoffen. De andere categorieën werden alleen door 'juniors' gebruikt.

Beoordeling van eigenschappen van materialen, welk materiaal harder of sterker is stond centraal in de onderwijsinterventie, aangezien weinig kinderen onderscheid maakten tussen hardheid en sterkte (2 metalen stokken, katoenen en wollen draad). Veel kinderen waren tevreden met te *observeren bewijs* als grootte, dikte, structuur, gewicht en voelen, terwijl anderen het gebruik van een *experiment* voorstelden om tot een besluit te komen (buigt onder gewicht, breekt/versplintert, weerstaat knippen/slijtage). Het gebruik van een test nam toe na onderwijs.

Ad b): *Vaste stoffen, vloeistoffen, gassen*: de ideeën van kinderen hoe *ruiken* in z'n werk gaat werden getoetst. De jongere kinderen neigen naar het idee van ruiken als een 'actief proces', waarin de rol van de neus wordt genoemd en dit werd als voldoende beschouwd om ruiken uit te leggen (vergelijkbaar met 'actief zien' en 'actief horen' andere SPACE rapporten). Andere kinderen verwijzen alleen naar het materiaal of de eigenschappen van het materiaal alsof deze een intrinsieke eigenschap van 'geur' zouden bezitten. Ongeveer een kwart van de kinderen in alle leeftijdsgroepen lieten een beginnend begrip van interactie tussen het object en het orgaan (neus) zien, maar er was geen bewijs van een intuïtieve deeltjestheorie. Ideeën van kinderen over lucht werden onderzocht door gebruik te maken van een 'lege' container.

⁴ Alleen van ad a en ad b zijn samenvattingen gemaakt.

Doel van de studie is de ontwikkeling van het begrip van leerlingen over **materie** te onderzoeken. De ideeën die leerlingen over materie hebben werden onderzocht aan de hand van vragen waarbij leerlingen verbaal moesten uitleggen wat materie is en voorwerpen moesten classificeren naar materie/niet-materie.

Methode: onderzoeksgroep bevatte 4 verschillende leeftijdsgroepen: groep 3, 5, 7 & brugklas respectievelijke leeftijden: 6-7, 8-9, 10-11 en 12-13 jaar. In elke leeftijdsgroep werden 20 leerlingen getoetst, totaal 80 leerlingen. Elke leerling werd individueel geïnterviewd terwijl materialen en verschijnselen getoond werden.

Resultaten: de resultaten van de classificatie experimenten lieten zien dat het basisconcept van jonge kinderen van materie niet erg uitgebreid is: geen gassen, de meeste vloeistoffen (melk, water) en biologische materie (minder dan 50%) als ook enkele vaste stoffen (grond 45%) werden niet als materie gezien. De niet-materie werd ook door de jonge kinderen makkelijk geduid (waaronder hitte, licht, schaduw). Echter kinderen in de brugklas delen de voorbeelden grotendeels juist in.

Al blijven gassen (vb. lucht) problematisch. Bij het definiëren van materie blijkt dat de jongere kinderen voornamelijk voorbeelden geven, of de functie beschrijven en het blijkt dat hun begrip voornamelijk bruikbare vaste stoffen als cement, ijzer, klei, omvat. Dit model blijft bestaan tot aan de brugklas. Slechts 10% van de brugklassers relateren materie aan eigenschappen als gewicht en volume in een wetenschappelijke context. Tijdens ontwikkeling en onderwijs is er een geleidelijk verschuiving van classificatie patronen naar meer wetenschappelijke patronen waarneembaar, maar het lijkt er op dat deze overgang niet een gevolg is van een parallelle verschuiving in de aard van verklaringen of in de definitie van de term materie.

De vooruitgang in de uitleg van de term materie blijft achter bij de bekwaamheid om items te classificeren in materie en niet-materie in termen van gewicht en volume.

Referenties

49. Dickinson, D.K. (1987). The development of a concept of material kind. *Science Education*, 71(4), 615-628.
97. Longden, K., Black, P. and Solomon, J. (1991). Children's interpretation of dissolving. *International Journal of Science Education*, 13(1), 59-68.
- 135A. Russell, T., Longden, K. and McGuigan, L. (1991). *Materials*. Primary space project research report. Liverpool University Press.
168. Stavy, R. (1991). Children's ideas about matter. *School Science and Mathematics*, 91(6), 240-244.

64
USA
8-13 jaar

2. Scheikunde

2.5 Chemische verandering

Aangezien relatief weinig studies aandacht besteden aan de effecten van onderwijs op het begrip van kinderen over verbranding, richt deze studie zich op de volgende drie vragen:

1. Wat zijn de opvattingen van kinderen over verbranding voor en na onderwijs?
2. Worden deze opvatting meer wetenschappelijk na instructie en indien ja, hoe?
3. Zijn de veranderingen in het begrip van de kinderen over verbranding gecorreleerd aan hun leeftijd?

Verbranding wordt veelal als voorbeeld gebruikt bij het thema 'chemische veranderingen', maar het wordt bijna nooit in detail besproken en het proces van verbranding wordt dan niet adequaat behandeld.

Methode: Data werden verzameld voor en na een vijf uur durende natuurwetenschappelijke zaterdagcursus, m.b.v. een korte meerkeuze toets gebaseerd op algemene misconcepten uit de literatuur en interviews. Er waren 2 groepen kinderen, een van 18 leerlingen in de leeftijd van 8-11 jaar (waarvan 15 getoetst en geïnterviewd werden) en een groep van 16 leerlingen in de leeftijd van 11-13 jaar (waarvan 12 getoetst en geïnterviewd werden).

Resultaten: Er werd een significant verschil gevonden tussen het begrip van kinderen voor en na de cursus op basis van de meerkeuze toets aangevuld met de interviews. De jongere kinderen (8-11) maakten significant meer vooruitgang dan de oudere kinderen, en beide groepen bereikten een gelijkwaardig niveau van inzicht na de cursus. Dit geeft ondermeer aan dat het onderwerp verbranding een interessant onderwerp voor groep 5 tot groep 7 zou zijn en dat zij in staat zijn vooruitgang te boeken in dit onderwerp.

Alhoewel duidelijke vooruitgang werd geboekt in de erkenning dat zuurstof nodig was voor verbranding en in het onderscheiden van ontbinden en verbranden, lieten de interviews zien dat slechts enkele kinderen in alle leeftijdsgroepen precies konden uitleggen wat er gebeurde op het niveau van verschijnselen. Vele misconcepten die ook in de literatuur werden beschreven zijn ook hier waarneembaar en hardnekkig (echter de literatuur handelt over studies naar kinderen in het voortgezet onderwijs en niet basisschool). Hier komen opvattingen naar voren als: leerlingen kennen lucht geen actieve rol toe in het proces van verbranding en denken niet dat er materiaal wordt omgezet in dit proces. Dit werd ook in deze studie bevestigd. Ook dachten veel kinderen dat het lont van de kaars de brandstof was, ook al zagen ze was branden zonder lont. 79% van de kinderen dacht dat de functie van de was van een kaars is '*het smelt en weerhoudt het lont ervan om te snel te branden*'. Bij het uitblazen van de verjaardagskaarsjes is '*de lucht die je wegblaast waardoor de kaars niet meer kan branden*' de verklaring. De meeste kinderen weten niet dat het de brandstof is die je van het lont afblaast waardoor de vlam uitgaat (weinig begrip van rol van brandstof met name bij kaars). 96% antwoordde dat lucht of zuurstof nodig is voor verbranden. Als stolp over kaars wordt gezet weten kinderen dat deze uitgaat omdat kaars zuurstof 'nodig' heeft of 'ademt' om te branden.

Methode: Totaal 400 leerlingen uit de eerste klas van het secundaire onderwijs in Frankrijk (11-12 jaar), die voor en tijdens het onderwijs over verbranding werden geïnterviewd en vragenlijsten moesten invullen.

Resultaten: De resultaten laten zien dat leerlingen observaties maakten tijdens verbrandingsprocessen, die ver verwijderd waren van een concept van chemische reacties tussen brandbare stoffen en zuurstof. De verandering van eigenschappen van object tijdens verbranding is een resultaat van de verandering van elke afzonderlijke substantie die deel uitmaakt van het object.

Meheut et al. (1985) vonden dat 11-12 jarige leerlingen niet 1 maar een scala aan

101
Frankrijk
11-12 jaar

verschillende opvattingen over verbranding hadden, beïnvloed door de waarneembare kenmerken van het proces. Van sommige brandbare substanties werd gedacht dat zij niet konden branden maar alleen smelten of verdampen (bijv. branden van kaars werd gezien als smelten van de was, ijzer smelt maar brand niet, en de verbranding van alcohol en een alcohol lamp wordt verklaard als verdamping). Materialen als hout of een lont veranderen in iets anders met heel andere eigenschappen (als kleur en geur) en worden veelal anders genoemd (as, koolstof). Leerlingen onderkennen dat lucht een rol speelt in verbranding. Ze dachten aan veranderingen onafhankelijk van het brandbare materiaal. De opvattingen zijn dus nog veraf van een begrip van het verbrandingsproces als een interactie van chemicaliën. In de gedachten van de leerlingen is het niet de interactie van een aantal substanties dat resulteert in verbranding, maar afzonderlijke transformaties van elke substantie die deel uitmaakt van het object.

Na een redelijk uitgebreide literatuurbespreking wordt geconcludeerd dat het onderzoek dat gedaan is naar het begrip van leerlingen over **verbranding** voornamelijk onder oudere kinderen is uitgevoerd (basisvorming). Daarom is deze studie geïnitieerd onder 6, 8 en 11 jarige kinderen. De onderzoekers zijn geïnteresseerd in de kritieke conceptuele vooruitgangen die de voortgang in het begrip van de leerlingen markeert t.a.v. materie.

Een studie die ook basisschool leerlingen betreft in de literatuurbespreking is het onderzoek van Meheut et al. (1985): [101] en Dickinson (1987) [49]. In [101] vond dat 11-12 jarige leerlingen niet 1 maar een scala aan verschillende opvattingen over verbranding hadden, beïnvloed door de waarneembare kenmerken van het proces. Van sommige brandbare substanties werd gedacht dat zij niet konden branden maar alleen smelten of verdampen (bijv. branden van kaars werd gezien als smelten van de was, ijzer smelt maar brandt niet, en de verbranding van alcohol en een alcohol lamp wordt verklaard als verdamping). Materialen als hout of een lont, veranderen in iets anders met heel andere eigenschappen (als kleur en geur) en worden veelal anders genoemd (as, koolstof). Leerlingen onderkennen dat lucht een rol speelt in verbranding. Ze dachten aan veranderingen onafhankelijk van het brandbare materiaal. De opvattingen zijn dus nog ver af van een begrip van het verbrandingsproces als een interactie van chemicaliën. In de gedachten van de leerlingen is het niet de interactie van een aantal substanties dat resulteert in verbranding, maar afzonderlijke transformaties van elke substantie die deel uitmaakt van het object.

Dickinson [49] bestudeerde de ontwikkeling van de concepten van kinderen m.b.t. 'materiaalachtig' in de leeftijd van 4-12 jaar. Hij vond dat kinderen gedurende deze jaren verschoven van een neiging tot het classificeren van objecten naar een begrip van **materiaal** dat onafhankelijk van het object was. Zo blijkt bijv. dat kinderen in de leeftijd van 4-9 steeds meer vertrouwd raakten in het herkennen dat een materiaal dat verpulverd is nog steeds hetzelfde materiaal is.

Methode: De concepten van kinderen m.b.t. verbranding werden verkend aan de hand van observaties en discussies en een aantal uitdagende fenomenen. Het betrof kinderen uit de basisschool in de leeftijd van 6 jaar (n=21), 8 jaar (n=26) en 11 jaar (n=26). Kinderen hadden nog geen onderwijs over 'verandering van materialen' gehad en kregen nu een aantal activiteiten rond het thema verbranding voorgelegd (o.a. brandende kaars, papier, chocolade etc.). Ze moesten voor elke activiteit voorspellen en beredeneren wat er zou gebeuren.

Resultaten: Analyse van geschreven antwoorden liet zien dat de concepten van kinderen zowel specifiek zijn als context afhankelijk, en dat er weinig coherentie is in het gebruik van de concepten over de verschillende fenomenen. Er is wel progressie waar te nemen in termen van groeiend vertrouwen van kinderen met het idee van transformatie van stoffen.

Referenties

64. Gabel, D.L., Stockton, J.D., Monaghan, D.L. and MacKinster, J.G. (2001). Changing children's conceptions of burning. *School Science and Mathematics*, 101(8), 439-451.
101. Meheut, M., Saltiel, E. and Tiberghien, A. (1985). Pupils' (11-12 year olds) conceptions of combustion. *International/European Journal of Science Education*, 7(1), 83-93.
126. Rahayu, S. and Tytler, R. (1999). Progression in primary school children's conceptions of burning: toward and understanding of the concept of substance. *Research in Science Education*, 29(3), 295-312.

Bijlage 3 - Natuurkunde: concepten van kinderen

11
Israël
6-15 jaar

3. Natuurkunde

3.1 Fasen en veranderingen van stoffen

Rapporteert over de antwoorden van kinderen in de leeftijd van 6-15 jaar op mondelinge en geschreven vragen t.a.v. faseverandering van vloeistof naar gas en gas naar vloeistof. De ontwikkeling van de concepten werden gevolgd.

In een eerder artikel van Bar (1990) [lijkt op:12] werd de ontwikkeling van het concept verdamping in een groep van 5-14 jarige beschreven. Er werd aangetoond dat er een ontwikkeling plaatsvindt in een aantal achtereenvolgende hiërarchische fasen in de leeftijd van 5-12 jaar, en wel: a) water verdwijnt, b) water dringt door in de vloer, c) water verdampt in een container, d) het water verdampt en verspreidt zich in de lucht. In dit onderzoek worden twee claims over bronnen van misconcepten van Osborne & Cosgrove (1983) [114] gecheckt: Eerste claim is dat sommige misconcepten geïnduceerd worden door onderwijs. Deze claim was al geverifieerd door het eerdere onderzoek (Bar, 1990) t.a.v. verdamping. Willen nu nagaan of deze conclusie ook bij andere fase-overgangen van toepassing zijn als koken en condensatie. Tweede claim is dat leerlingen de concepten zelf identificeren, omdat ze weten welk concept aan welk probleem is gerelateerd. Echter, leerlingen maken fouten wanneer ze het feitelijke natuurkundige proces moeten uitleggen, ze hebben dus mogelijkheden in de toepassing.

Methode: Drie soorten toetsen afgenomen: een individuele mondelinge toets met open vragen, een geschreven toets met open vragen, een meerkeuze toets. Drie fasen in het onderzoek. Fase 1: de mondelinge toets vergezeld met demonstraties met 83 kinderen leeftijd 6-12 jaar. Werden bevraagd over verdamping, koken van water, de bubbels, 'damp' (=stoom). Dit om na te gaan of de opvattingen over *verdampen* anders waren dan die van *koken*. Fase 2: meerkeuze toets bestaande uit 9 problemen, gelijk aan het onderzoek van Osborne en Cosgrove (1983) [114] om te kunnen vergelijken. Leeftijd 10-14 jaar, per jaar respectievelijk 37 (10/11 jaar), 28, 50, 37 leerlingen. Fase 3: geschreven toets met open vragen, twee groepen: n=134 en n=132 in de leeftijd van 11-15 jaar.

Resultaten:

Verdampen

Dezelfde alternatieve opvattingen als in Bar (1990) werden hier ook gevonden: kinderen dachten dat water verdween doordat het vaste objecten binnendrong (de grond in, het vat in). Echter het % dat het proces van drogen interpreteerde als verandering van vloeistof naar waterdamp nam geleidelijk toe naar 60% bij de 11-jarigen. Bij het voorbeeld van het drogen van de vloer dacht 18% van de jongste groep (10,5 jaar) dat damp zich verzamelt bij het plafond, echter van de oudste kinderen gaf 84% het juiste antwoord. In de meerkeuzevragen kozen veel kinderen het onjuiste antwoord 'omzetting in waterstof en zuurstof' terwijl ze dit in beide open-vragen toetsen niet deden. Hierbij zien we dat misconcepten geïnduceerd worden door de vorm van onderwijs/instructie. Het blijkt dat in de leeftijd van 11-15 jaar het effect van de context verdwijnt (niet context afhankelijk), de meeste leerlingen verklaarden dat waterdamp bestaat uit water, 19% dacht dat het lucht was.

Koken

De juiste interpretatie van het proces koken wordt op een jongere leeftijd bereikt dan een juiste verklaring van het proces verdampen. Zelfs in de jongste groep (6,3 jaar) ziet meer dan de helft dat wanneer water aan het koken is er waterdamp wordt gevormd en dat op hetzelfde moment de hoeveelheid water afneemt. Niet alle kinderen konden echter de

bron van de damp juist duiden als het water, maar zeiden dat deze uit de bellen kwam. Bij doorvragen gaven de kinderen aan dat de bellen een tussenfase waren tussen water en damp, waardoor het % juiste antwoorden weer toenam. Anderen konden echter niet de bron van de bellen duiden. Echter het % dat aangaf dat de damp voortkomt uit het water is duidelijk hoger dan het % dat het verdampingsprobleem (drogen van de vloer) juist beantwoordden. Veel kinderen weten dat water verandert in gas door het kookproces, maar ze begrijpen niet dat dezelfde omzetting plaats kan vinden bij verdampen (bij het wasdroog probleem: hoog % 'water verdwijnt'; 'gaat de vloer in'). Aangezien koken verbonden is met verhitten bestond de misvatting onder de jongere kinderen (10,5) dat damp 'hete lucht' of 'water en warmte' is i.p.v. 'een andere vorm van water'.

Wat er in de bellen zit:

Alhoewel de meeste leerlingen koken leken te begrijpen kwamen er veel alternatieve opvattingen over wat er in de (kook)bellen zat naar voren: deze werd beschreven als water, waterdamp, water en warmte, lucht, hitte, rook, zuurstof. Lucht (25%) en water (40%) waren de populairste antwoorden. Paradoxaal is dat de meeste (70%) kinderen (11,8 jaar) verklaarden dat de damp die van het kokende water komt bestaat uit water en dat 75% van deze groep zei dat in de bellen lucht zat. In de leeftijdsgroep van 7-9 jaar geeft groot deel aan dat tijdens het proces van drogen het water de vloer intrekt, rond 9 jaar neemt het aantal dat denkt dat water verdampt toe. Deze omslag is gerelateerd aan het kunnen begrijpen dat er lucht in een kamer aanwezig is. Zo ook de omslag voor de bellen, jonge kinderen accepteren het idee van onzichtbare lucht of damp niet, en zeggen dus dat er water in de bellen zit (of geven geen antwoord).

Condensatie en de aanwezigheid van waterdamp in de lucht: De data laten zien dat de ontwikkeling van het concept condensatie parallel verloopt aan de ontwikkeling van het concept verdampen. Het aantal juiste antwoorden op de vraag 'kan damp veranderen in water?' nam toe met de leeftijd ('ja, want damp bestaat uit water')

Het probleem: 'de condensatie van water op een vat dat ijs bevat doet zich voor omdat het erg moeilijk 'bleek' voor de kinderen omdat hier twee problemen tegelijk opgelost moeten worden. Ten eerste vraagt het om een begrip van de aanwezigheid van waterdamp in de lucht. En begrip van condensatie. Hiervoor is een niveau van abstractie nodig en de aanname dat waterdamp altijd aanwezig is in lucht en dat deze damp uit de lucht kan condenseren op het vat wat waterdruppels op het vat veroorzaakt die bevroren. Concluderend: Het blijkt dat de meeste leerlingen bewust zijn van het proces van condensatie. Ze weten dat damp veranderen kan in water. Maar het weten is iets anders dan in staat zijn dit te gebruiken in de verklaring van een (nieuw) fenomeen/probleem. Hiermee kan de 2e claim van Osborne & Cosgrove (1983) bevestigd worden.

Moeilijkheden in de toepassing van abstractie werden gevonden en leerlingen werden vaak misleid wanneer ze een keuze uit meerkeuze antwoorden moesten maken (hier werden veel fouten gemaakt terwijl ze bij de open vragen in dezelfde leeftijdscategorie juiste antwoorden gaven). Leerlingen classificeerden de problemen rond verdamping, koken, en twee van de condensatieproblemen met damp in de lucht samen. Dus de structuur van jongere kinderen is gelijk aan oudere kinderen.

Echter, wanneer ze deze processen moesten uitleggen en vertellen wat er nou eigenlijk precies gebeurde, kwamen er veel alternatieve ideeën en misconcepten naar voren, die zwakte van het begrip onderstreept.

Sommige alternatieve ideeën zijn zeer standvastig. Ideeën typisch voor jonge kinderen worden ook onder oudere kinderen die wel al enige ervaring met science onderwijs hebben gehad, gesignaleerd. De reden is dat de wetenschappelijke modellen die de leerlingen geleerd hebben te abstract voor ze zijn. Ze worden dan ook bijna nooit door de leerling gebruikt om een fenomeen uit te leggen. In alle leeftijdsgroepen was het probleem rond de aanwezigheid van damp in lucht meest problematisch (meeste onjuiste

antwoorden). Leerlingen hadden moeite met probleem oplossen, ook als ze mogelijk het benodigde kennisniveau hadden. Daarom is het belangrijk dat specifieke situaties en ervaringen worden uitgelegd, gebruik makend van duidelijke en relevante modellen geschikt voor de discussie.

[11] Bar & Travis (1991) echter bestudeerden perspectieven van basisschoolkinderen en hun bevindingen kwamen grotendeels overeen met die van Osborne & Cosgrove bij oudere kinderen. Enkele verschillen waren: dat **[11]** vonden dat het vertrouwen groeide t.a.v. relatie tussen water en damp en het bestaan van damp in de lucht in de 6-13 jaar range. Zij geven aan dat jonge kinderen al bijna correcte visies hebben t.a.v. koken, ze verwarren alleen stoom met damp. Maar ze begrijpen dat tijdens het koken vloeistof in gas wordt omgezet. Deze claim wordt in twijfel getrokken door **[79]** Johnson die beweert dat de auteurs geen informatie hebben over het begrip van deze kinderen over de gas toestand. **[11]** lijkt de subtiliteit van het gebruik van taal te onderschatten, door uitspraken als water is 'verdwenen' (terwijl kinderen hiermee veelal bedoelen 'kan niet meer worden gezien'), of dat 'lucht' door kinderen op dezelfde manier zou worden gebruikt als volwassenen dat doen. **[12]** Bar & Galili voerden een vergelijkbaar onderzoek uit waarin ze reacties van kinderen vergeleken op vragen over het drogen van de was en het verdampen van water van een schoteltje, en concludeerden dat er in de opvattingen van kinderen een substantiële afhankelijkheid van de context was.

Het artikel presenteert resultaten die een goed gedefinieerde hiërarchie van de opvattingen die kinderen over **verdamping** hanteren laat zien. De sequentiële verandering van deze opvattingen werd bestudeerd, beschreven en ingeschaald naar de leeftijd van 5-14 jaar. Factoren die deze ontwikkeling en de toetsing beïnvloedden werden geëvalueerd. Het onderzoek concerteert zich op de volgende vragen:

- Kunnen de opvattingen van kinderen over verdamping uitgezet worden tegen hun leeftijd?
- Wat is de relatie tussen deze opvattingen en het begrip van kinderen van zowel het behoud van vloeistoffen en de structuur van lucht?
- Wat is het effect van de toetsmethode op de verdeling van opvattingen?
- Zijn de opvattingen van kinderen over verdamping context afhankelijk?

Methode: 3 fasen:

Fase 1: doelt op het beoordelen van het spectrum aan opvattingen die kinderen tussen 6-12 jaar hebben over verdamping. Methode: interviews, n=293.

Fase 2: toetsten het verband tussen de getoonde opvattingen en het idee van behoud, interview, n=165, leeftijd van kleuterschool tot groep 8 (5-11 jaar).

Fase 3: om de afhankelijkheid van de resultaten van de onderzoeksmethode te ondervangen werd in deze fase een andere methode gebruikt om dit te compenseren: geschreven toets met open en meerkeuze vragen, n=260, 10-15 jaar.

Resultaten: De conceptuele verandering van opvattingen t.a.v. verdamping die plaatsvinden in het hoofd van de kinderen, laat een duidelijke correlatie met hun cognitieve ontwikkeling zien, hun vooruitgang in toe te passen kennis, namelijk: het gebruik van behoud principes en de aanname van het abstracte model van lucht.

De volgorde van opvattingen die zich voordoet over de leeftijd van 5-14 is:

A→B→C→D. A: 'water verdwijnt', B: 'water wordt geabsorbeerd', C: 'water verplaatst zich naar een andere locatie', D: 'water verspreidt zich in de lucht'.

Tegen de leeftijd van 12-13 jaar passen leerlingen 3 opvattingen toe bij verdamping: A, C en D. Ze zijn alle op hetzelfde abstractieniveau, en omvatten het denkbeeld van water op de een of andere manier dat verandert in een onzichtbare fase van kleine deeltjes (of welke vorm dan ook) verstrooid in de lucht. Ze zijn alle drie even plausibel voor de kinderen om toe te passen. En kinderen die geen onderwijs hierover hebben gehad zullen niet de wetenschappelijke opvatting (D) aanhangen.

Alhoewel het spectrum van opvattingen van leerlingen *niet* beïnvloed werd door de fysieke context van de opdracht, is in alle leeftijden de verdeling van voorkomen *wel* afhankelijk van de context. Bijv: klein aantal leerlingen dat opvatting B ('water wordt geabsorbeerd') aanhing in de context van 'de was' t.o.v. de context 'water op de vloer' (water gaat de vloer in). Het is makkelijker voor te stellen dat water in de vloer doordringt dan dat het uiteindelijk de droge was ingaat.

Het lijkt erop dat deze opvattingen duidelijk een aantal hiërarchische fasen zijn. Hiermee is geprobeerd leraren de nodige kennis te bieden om een aantal basale vragen aan te pakken (welke leeftijd zal het onderwijs over verdamping effectiefst zijn, in welke mate zijn leerlingen in staat hun begrip te ontwikkelen etc.).

De aard van materie is een centraal natuurwetenschappelijk thema en leent zich voor relatief eenvoudige directe en doelgerichte ervaringen voor jonge leerlingen. Echter als gevolg van eerdere praktijk en taalkundige ervaringen uit het dagelijks leven, hebben kinderen al ideeën en taal ontwikkeld die interfereert met inspanningen om de wetenschappelijke ideeën en taal te begrijpen.

Methode: Het begrip van kinderen van **vaste stoffen en vloeistoffen** is getoetst m.b.v. individuele interviews en een vragenlijst. Het betrof 137 Australische kinderen in de leeftijd van 7-12 jaar.

Resultaten: Vaste stoffen: Het bleek dat kinderen voornamelijk de 'harde' vaste stoffen als vast zagen, zoals hout, koper, glas. Deze werden in alle leeftijdscategorieën goed ingedeeld (80%). Echter, met de andere voorbeelden bleken de kinderen meer moeite te hebben (katoen, suiker '*nee, want het verdwijnt in water*', bloem; gelei, klei, draad '*nee want het kan gebogen worden*'; ijs, chocolade '*nee want het kan smelten*', was '*nee want je kunt het breken*'). Daarnaast bleek dat het aantal juiste antwoorden *afnam* naarmate de kinderen ouder werden (vanaf groep 5)!

Materialen waarin ruimte zichtbaar is of voor te stellen zoals suiker en bloem poederachtig werden niet als vaste stoffen gezien. Ze gaven hier redenen aan als '*het is pulverig*' '*het bestaat uit kleine stukjes*' '*je kunt het zeven*' maar ook sterkte gerelateerde argumenten: '*het is zacht*' '*je kunt je handen erdoorheen halen*' '*het is als zand, het is los*'.

Schoolboeken beschrijven vaste stoffen veelal als 'behoud z'n vorm' en 'niet vloeibaar' en voor vloeistoffen, iets dat geen eigen vorm heeft maar de vorm van het vat aanneemt waar het inzit of over het oppervlakte uitvloeit'. Echter, veel materialen vervormen in de tijd onder druk van hun eigen gewicht, zelfs de 'harde materialen' als rotsblokken. In de praktijk zijn de overgangen van vaste stof naar vloeistof en gasvorm niet duidelijk gescheiden en afhankelijk van tijd en ruimte variabel. In de schoolboeken worden de ideale omstandigheden beschreven.

Vloeistoffen: Het bleek dat een duidelijke meerderheid de drie vaste stoffen (rijst, hout, appel) in deze vraag niet als vloeistof indeelden en dat een hoog % de gangbare vloeistoffen (benzine, melk) ook als vloeistof indeelden. De meest problematische voorbeelden waren de dikkere vloeistoffen als honing en tomatensaus.

De verklaringen van kinderen konden in 3 groepen worden ingedeeld: 'sterkte gerelateerd', 'ruimtelijke rangschikking', 'potentieel voor verandering'.

De antwoorden van kinderen in de vragenlijst over de vormen van materie varieerden zeer afhankelijk van de materie (stof) die werd bevraagd. Daarnaast bleek dat kinderen taal registers gebruikten die juiste antwoorden gaven vanuit onjuiste argumenten, zelfs bij de 'niet moeilijke' voorbeelden.

De aard van materie is een centraal natuurwetenschappelijk thema en leent zich voor relatief eenvoudige directe en doelgerichte ervaringen voor jonge leerlingen. Echter als gevolg van eerdere praktijk en taalkundige ervaringen uit het dagelijks leven, hebben kinderen al ideeën en taal ontwikkeld die interfereert met inspanningen om de wetenschappelijke ideeën en taal te begrijpen.

Methode: Het begrip van kinderen van **vaste stoffen en vloeistoffen** is getoetst m.b.v.

individuele interviews en een vragenlijst. Het betrof 137 Australische kinderen in de leeftijd van 7-12 jaar.

Resultaten: Vaste stoffen: Het bleek dat kinderen voornamelijk de 'harde' vaste stoffen als vast zagen, zoals hout, koper, glas. Deze werden in alle leeftijdscategorieën goed ingedeeld (80%). Echter, met de andere voorbeelden bleken de kinderen meer moeite te hebben (katoen, *suiker 'nee, want het verdwijnt in water'*, bloem; gelei, klei, draad *'nee want het kan gebogen worden'*; ijs, chocolade *'nee want het kan smelten'*, was *'nee want je kunt het breken'*). Daarnaast bleek dat het aantal juiste antwoorden *afnam* naarmate de kinderen ouder werden (vanaf groep 5)!

Materialen waarin ruimte zichtbaar is of voor te stellen zoals suiker en bloem poederachtig werden niet als vaste stoffen gezien. Ze gaven hier redenen aan als *'het is pulverig'* *'het bestaat uit kleine stukjes'* *'je kunt het zeven'* maar ook sterkte gerelateerde argumenten: *'het is zacht'* *'je kunt je handen erdoorheen halen'* *'het is als zand, het is los'*.

Schoolboeken beschrijven vaste stoffen veelal als 'behoud z'n vorm' en 'niet vloeibaar' en voor vloeistoffen, iets dat geen eigen vorm heeft maar de vorm van het vat aanneemt waar het inzit of over het oppervlakte uitvloeit'. Echter, veel materialen vervormen in de tijd onder druk van hun eigen gewicht, zelfs de 'harde materialen' als rotsblokken. In de praktijk zijn de overgangen van vaste stof naar vloeistof en gasvorm niet duidelijk gescheiden en afhankelijk van tijd en ruimte variabel. In de schoolboeken worden de ideale omstandigheden beschreven.

Vloeistoffen: Het bleek dat een duidelijke meerderheid de drie vaste stoffen (rijst, hout, appel) in deze vraag niet als vloeistof indeelden en dat een hoog % de gangbare vloeistoffen (benzine, melk) ook als vloeistof indeelden. De meest problematische voorbeelden waren de dikkere vloeistoffen als honing en tomatensaus.

De verklaringen van kinderen konden in 3 groepen worden ingedeeld: 'sterkte gerelateerd', 'ruimtelijke rangschikking', 'potentieel voor verandering'.

De antwoorden van kinderen in de vragenlijst over de vormen van materie varieerden zeer afhankelijk van de materie (stof) die werd bevestigd. Daarnaast bleek dat kinderen taal registers gebruikten die juiste antwoorden gaven vanuit onjuiste argumenten, zelfs bij de 'niet moeilijke' voorbeelden.

De bevindingen benadrukken dat docenten veel zorgvuldiger moeten luisteren en moeten reageren op de alternatieve opvattingen van leerlingen. Ze moeten zich meer bewust zijn van de dialectische aard van leren en de theoretische beperkingen van veel fundamentele classificatieschema's in de natuurwetenschappen.

Het begrip dat kinderen van de **gassen** hebben wordt besproken.

Methode: vragenlijst onder 600 leerlingen en interviews met 20 leerlingen die allemaal rond de 11 jaar oud waren. Twee aspecten zijn bekeken: de kennis van kinderen die ze uit hun dagelijks leven hebben, en de spontane interpretaties van experimenten die ze voorgelegd kregen in het onderwijs over lucht en gassen.

Resultaten: Het dagelijks leven geeft aanleiding voor enkele problemen t.a.v. lucht en gas. Behalve wind en tocht is lucht niet waarneembaar. Echter, kinderen weten vaak waar lucht zich bevindt, ze verbeelden zich enkele verkeerde verdelingen van lucht en denken dat het zich zowel in de atmosfeer als een vat beweegt. Leerlingen hebben nog niet het begrip van behoud van materie verworven, en leerlingen hebben intuïtief gevoel dat er 'iets' verandert wanneer de druk van een gas verandert.

De resultaten lieten zien dat kinderen zelf slechts enkele problemen zien t.a.v. lucht en gassen. Hun denken t.a.v. lucht en gassen heeft de volgende karakteristieken:

- a) het heeft voornamelijk betrekking op het gebruik en de functie van objecten: leerlingen weten bijv. dat banden opgepompt kunnen worden, dus objecten die de fysische eigenschappen van lucht gebruiken. Maar deze kennis en ervaringen leidt niet tot het verwerven van een natuurwetenschappelijk begrip van lucht of gas;
- b) het denken van leerlingen over lucht/gas is afhankelijk van hun waarnemingen;

- c) het denken wordt sterk beïnvloed door stereotype ideeën als 'lucht is overal; of 'hete lucht stijgt'. Deze kennis worden vaak toegepast en kan tot fouten leiden;
- d) het denken is van analogische aard: de eigenschappen van gassen worden veelal in analogievorm beschreven. Veel kinderen weten wel dat lucht beweegt, maar hun begrip is nog niet van dien aard dat ze een idee van druk hebben.

106
USA
7-10 jaar

Onderzoek naar het begrip van kinderen van de **'deeltjes aard' van materie** voordat zij enig onderwijs hierover hebben gehad.

Methode: 15 kinderen in de leeftijd van 7-10 jaar (8 jongens, 7 meisjes) werden geïnterviewd om hun begrip van macroscopische en microscopische eigenschappen van de fase van materie (vast, vloeibaar, gas) als ook hun macro/microscopisch begrip van faseverandering en oplossen te peilen.

Resultaten: Kinderen lieten ideeën zien van de fase van stoffen die gecategoriseerd konden worden als 'macro-doorlopend', 'macrodeeltjes', 'micro-deeltjes'. 9 kinderen (60%) lieten opvattingen over materie zien die macrodeeltjes-achtig van aard waren, 3 (20%) lieten microdeeltjes-achtige opvattingen van materie zien, 3 kinderen (20%) hadden 'macro-blijvende' opvattingen van materie, en de meeste kinderen gaven verklaringen van eigenschappen en processen die consistent waren met deze opvattingen.

De opvattingen van kinderen waren niet geheel consistent ontwikkeld over het spectrum van fasen van vast naar vloeibaar naar gas. De auteurs speculeren dat kinderen eerst lokale kaders ontwikkelen voor verschillende klassen van stoffen en deze dan langzaam uitbreiden met een grote hoeveelheid aan stoffen en eigenschappen als ook processen als smelten en bevriezen.

114
Nieuw-Zeeland
8-17 jaar

Studie werd geïnitieerd om te onderzoeken welke concepten kinderen bij het **koken van water, verdampen, condenseren en smelten van ijs** hebben.

Methode: 43 leerlingen in de leeftijd van 8-17 jaar werden geïnterviewd. Kinderen werden uit aantal klassen geselecteerd: 2 leerlingen 8 jaar, 7 van 10 jaar, 1 van 11, 6 van 12 jaar, 9 van 13, 4 van 14, 6 van 15, 5 van 16 en 3 van 17 jaar. Tijdens de individuele interviews werden een aantal gebeurtenissen getoond waaronder het smelten van ijs, koken van water, condensatie en verdamping, waarbij bekende keukenapparatuur werd gebruikt (bijv. waterkoker). Interviews duurden ongeveer

30 minuten en werden op geluidsband opgenomen, uitgetypt en geanalyseerd.

Resultaten: De opvattingen die kinderen hebben bij de verandering van fasen van water zijn onderzocht. Bevindingen die niet uniek zijn voor deze studie, maar ook al door andere auteurs zijn beschreven zijn:

1. het begrip van leerlingen over wetenschappelijke termen zijn vaak oppervlakkig ondanks dat zij veelal de juiste technische term associëren met een bepaalde gebeurtenis of fenomeen. Zo waren de leerlingen in staat om bij de gebeurtenissen in het interview correct 'condensatie', 'verdamping' en 'smelten' te benoemen. Echter, wanneer verder gevraagd werd wat er precies gebeurde bij deze processen, bleek dat zelfs veel oudere kinderen geen duidelijk wetenschappelijk concept hadden dat deze termen onderbouwde;
2. leerlingen in alle leeftijdsgroepen hebben opvattingen over dagelijks te observeren fenomenen, echter oudere kinderen hebben vaak nog dezelfde opvattingen als de jongere kinderen ondanks hun natuurwetenschappelijk onderwijs (bijv. 'bubbels in kokend water is lucht', 'kou komt door het glas', 'water komt door het glas d.m.v. diffusie'). Leerlingen gebruiken wetenschappelijke kennis om hun niet-wetenschappelijke ideeën te onderbouwen;
3. de populariteit van bepaalde opvattingen verandert met de leeftijd. Zo is het niet-wetenschappelijke idee dat water verandert in zuurstof en watersof als het kookt, populairder onder de 15-jarigen dan de 12-jarigen;
4. de natuurwetenschappelijke modellen die leerlingen worden onderwezen kunnen nogal

abstract overkomen en zijn (bijna) niet te relateren aan dagelijkse ervaringen. Het deeltjesmodel bijv. houdt voor veel leerlingen in dat vloeistoffen minder dicht zijn dan vaste stoffen.

Concluderend: leerlingen nemen sterke opvattingen mee de klas in over hoe en waarom dagelijkse dingen zich gedragen zoals ze doen. In relatie met hun ervaringen zijn deze opvattingen logisch en zinnig. Daarnaast kunnen deze opvattingen onveranderd blijven of beïnvloed worden in onvoorziene richtingen door het natuurwetenschappelijk onderwijs. Voor het onderwijs houdt dit in dat docenten de opvattingen van de leerlingen moeten identificeren en hun onderwijs hierop moeten afstellen willen de ideeën van leerlingen in de juiste richting veranderen.

135A
Engeland
4-12 jaar

SPACE onderzoek. Over het begrip van kinderen van materialen. Samenvatting van een deel van het onderzoek.

Methode: onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met 12 docenten in 6 basisscholen, alle kinderen uit de klas van de docent hebben aan het onderzoek meegewerkt. 86 kinderen zijn aselekt gekozen en aan het eind van de verkennende fase waarin ze de gelegenheid kregen zich bekend te maken met een aantal materialen geïnterviewd. Een vergelijkbaar interview is elf weken later uitgevoerd nadat de leerlingen een aantal activiteiten in de klas hadden uitgevoerd.

Resultaten: de conceptuele items waaromeen het onderzoek opgebouwd was zijn: a) beschrijving en eigenschappen van materialen, b) vaste stoffen, vloeistoffen & gassen, c) gebruik van materialen, d) oorsprong, fabricage en verandering in materialen. ⁵

Ad a): classificatie van materialen: kinderen werd gevraagd een aantal materialen te groeperen op grond van hun samenstelling (waarvan ze gemaakt zijn). Er konden vijf type definities worden onderscheiden in de indelingen van kinderen: compositorisch, functioneel, locatie, waarneembare eigenschappen, fabricage.

Ruwweg de helft van de materialen werd ingedeeld op grond van de compositie van het materiaal (waarvan ze gemaakt waren). Bijna de helft werd door kinderen ingedeeld op grond van waarneembare kenmerken als: 'hard, zacht, glimmend etc'. Fabricage werd door geen enkel kind gebruikt, maar de categorie was toegevoegd omdat het als belangrijk werd gezien voor de classificatie van stoffen. De andere categorieën werden alleen door 'juniors' gebruikt.

Beoordeling van eigenschappen van materialen, welk materiaal harder of sterker is stond centraal in de onderwijsinterventie, aangezien weinig kinderen onderscheid maakten tussen hardheid en sterkte (2 metalen stokken, katoenen en wollen draad). Veel kinderen waren tevreden met te *observeren bewijs* als grootte, dikte, structuur, gewicht en voelen, terwijl anderen het gebruik van een *experiment* voorstelden om tot een besluit te komen (buigt onder gewicht, breekt/versplintert, weerstaat knippen/slijtage). Het gebruik van een test nam toe na onderwijs.

Ad b): vaste stoffen, vloeistoffen, gassen: de ideeën van kinderen hoe *ruiken* in z'n werk gaat werden getoetst. De jongere kinderen neigen naar het idee van ruiken als een 'actief proces', waarin de rol van de neus wordt genoemd en dit werd als voldoende beschouwd om ruiken uit te leggen (vergelijkbaar met 'actief zien' en 'actief horen' andere SPACE rapporten). Andere kinderen verwijzen alleen naar het materiaal of de eigenschappen van het materiaal alsof deze een intrinsieke eigenschap van 'geur' zouden bezitten. Ongeveer een kwart van de kinderen in alle leeftijdsgroepen lieten een beginnend begrip van interactie tussen het object en het orgaan (neus) zien, maar er was geen bewijs van een intuïtieve deeltjestheorie. Ideeën van kinderen over lucht werden onderzocht door gebruik te maken van een 'lege container'.

⁵ Alleen van ad a en ad b zijn samenvattingen gemaakt.

Onderwijsinterventie waarna interviews met leerlingen over **verdamping & condensatie**.

Methode: 6 scholen, leeftijd 5-11 jaar. Per klas aantal kinderen geïnterviewd (geselecteerd door docent voor hoog, gemiddeld en laag scorend). Lessen over 'verdamping & condensatie' vonden op verschillende punten in het schooljaar plaats: pilot (maart '87), interviews (april), verkenning (oktober), interviews (oktober), interventie (november), interviews (januari '88).

Definitie 'verdamping/condensatie': Een lijst van concepten was opgesteld om als kader voor het onderzoek in dit gebied te dienen:

- 1) Water kan bestaan in de vorm van waterdamp, een onzichtbaar, reukloos gas.
- 2) Lucht bevat deze onzichtbare damp.
- 3) De hoeveelheid waterdamp in de lucht kan variëren.
- 4) Verdamping en condensatie scheiden water van vaste stoffen die erin opgelost zijn.
- 5) Andere vloeistoffen verdampen en condenseren ook.
- 6) Verdamping leidt tot afkoelen. Afkoelen leidt tot condensatie.

Resultaten: *Ideeën kinderen:* De reacties van kinderen op een aantal vragen behorende bij de volgende 3 activiteiten zijn:

Activiteiten:

- a. het in de gaten houden van het waterniveau in een grote container water (watertank).
- b. nat maken en drogen van een aantal materialen
- c. condenseren van adem in koude lucht, of tegen een raam.

Vragen:

- 1) Waar is het water gebleven? (uiteindelijke locatie).
- 2) Wat heeft het water doen verdwijnen? (bron en omstandigheden).
- 3) Kan het water versnelt en/of vertraagd worden? (versnellen en vertragen van verdamping).

ad a) Watertank: de algemene respons van jonge kinderen was dat het water 'opdroogt' of 'omlaag gaat' (45%), met geen verdere uitleg waar het water is gebleven. Dit % werd lager naarmate de leerlingen ouder werden (21%, naar 5%). Een klein aantal gaf aan dat het water naar een locatie ergens dichtbij was gegaan (bijv. in/onder de tank, door kleine gaatjes in de watertank in de tafel/vloer getrokken) en deze kinderen moesten zich dus bewust zijn dat volume behouden blijft.

Er werd echter gedacht aan 'vloeibaar' water dat zich verplaatst had. Andere kinderen dachten dat het water zich had verplaatst naar een locatie verder weg, zoals lucht, wolken, zon. 'Ik denk dat het water opdroogt door de zon en dat het water in de zon droogt' [8 jaar]; 'Ik denk dat lucht in het water gaat, het water opdroogt en het water in de lucht trekt' [8 jaar]. Een klein aantal kinderen opperde dat het water weggehaald was door een persoon of dier. Het merendeel van de kinderen sprak niet over water als een substantie die meerdere fasen/vormen kent. De minderheid van kinderen die erkende dat water kon veranderen kan worden verdeeld in degenen die verwezen naar andere waarneembare vormen als intermediair (mist, verstuiven, druppels etc.) en degenen die niet-waarneembare constructen beschreven als 'gas', 'damp' en 'deeltjes'. Enkele kinderen beschreven de *bron* (vr.2) van verandering als de uiteindelijke locatie van water (ongeveer 30% van jongste kinderen beschreven dat water zich verplaatst naar *de zon*). De enige grote verschuiving in het denken was hier waarneembaar onder de hoogste klassen in de basisvorming, die de *lucht* als uiteindelijke locatie voor het water uit de tank aangaven.

Ad b) Het drogen van kleren en handafdruk op papier

Op de vraag waar het water was gebleven, bleven de jongste kinderen tevreden met hun verklaring dat het water 'opdroogt'. Twee andere verklaringen die hier wel en niet bij de watertank werden gegeven betroffen: 'druipen' (door alle leeftijdsgroepen

ingebracht, echter ongeveer 60% van jongste, 20% middengroep, 10% oudste) en 'doordrenken' werd door 20% -40% van de midden- en oudere groep ingebracht als verklaring voor het verdwijnen van de natte handafdruk op de papierenhanddoek. Bij het drogen van kleding en de handafdruk was het aantal dat aangaf dat het water de lucht in was gegaan een stuk groter dan bij de watertank.

De ideeën van kinderen over de bron van het drogen van kleding was interessant: de conditie van 'warmte' nam af naarmate de kinderen ouder werden terwijl het noemen van de 'lucht' of 'beweging van lucht' toenam.

Ad c) Verdampen van oplossingen

Meer dan de helft van de kinderen beschreef dat het water van een oplossing naar de lucht/hemel/wolken ging. Meer dan een kwart van de kinderen gaf aan dat het water uit de koffie of suikeroplossing in het schoteltje verdween, in de koffie, of in de suiker of eenvoudig 'hard' werd. Het denkbeeld dat water deel van vaste stof kan zijn anders dan ijs leek acceptabel voor deze kinderen.

Ongeveer een kwart van de kinderen suggereerde dat enkele vaste stoffen verdwenen waren uit de oplossing. Warmte was de meest populaire conditie waaraan het verdwijnen van water werd toegekend (2/3 tot 3/4 van alle kinderen) Dit heeft betrekking op zowel koffie als de suikeroplossing. Relatief weinig kinderen verwezen naar de beweging van lucht.

Vocabulaire/terminologie

Niet-technische woorden om het resultaat van verdamping te beschrijven waar het populairst: 'verdwijnen, opdrogen, foetsie'. 'Verdampen' werd meer gebruikt door oudere kinderen. Echter, zowel het gebruik van de technische als niet-technische termen moet getoetst worden op de bedoelde betekenis. 'Verdwenen' werd slechts zelden gebruikt in de zin van de-materialiseren, en 'verdampen' werd zelden gebruikt met het juiste begrip van het woord. Kinderen gebruikten de termen verdampen en verdwijnen veelal als omwisselbaar.

Effecten van de context

Elke activiteit bracht specifieke aspecten van het proces naar voren. Het zou mogelijk moeten zijn om deze verschillende karakteristieken samen te brengen in een coherenter en effectiever programma voor in de klas dan tot nu toe mogelijk is geweest.

Methode: De lessequentie van Leisten (1995) is gebruikt om leerlingen in de bovenbouw van de basisschool te onderwijzen over **atomen en moleculen** en deze lessen te evalueren door te kijken of leerlingen dit begrip konden toepassen in het begrijpen van chemische en natuurkundige fenomenen. De lessequentie omvatte 8 uur verdeeld over de laatste 2 jaar van de basisschool.

Het eerste deel van de lessequentie werd getoetst onder 10 jaar oude leerlingen, en het tweede deel van de lessequentie onder 12 jaar oude leerlingen (die deel 1 het jaar daarvoor hadden gehad).

Leerlingen en docenten werden geïnterviewd. In de lessen zijn ondermeer atomen en modellen van moleculen aan de orde gekomen (bijv. waterstof) en bindingen.

Resultaten: Aantal algemene kenmerken die zich voordeden:

- vóór het onderwijs, gebruiken de 10-jarige kinderen geen specifieke modellen in hun uitleg van natuurkundige en chemische verschijnselen;
- ná onderwijs verwijst ongeveer 60% van de 10-jarigen naar atomen en moleculen bij die onderwerpen die inhoud bevatten uit de eerste lessequentie (structuur van vaste stof, fase, en verandering van fase);
- de 12-jarigen hadden voor de tweede lessequentie een vergelijkbare verdeling van conceptuele categorieën als de 10-jarigen voor hun eerste lessequentie;
- ná onderwijs hadden zowel de 10- als 12-jarigen gelijkwaardige verdeling over de conceptuele categorieën met uitzondering van de structuur van vaste stof;

- zowel de 10- als 12-jarigen presteerden na onderwijs beter dan een controle school, maar voornamelijk op dié items die direct betrekking hadden op delen uit de Leisten lessequentie.

Sommige kinderen blijken toch nog alternatieve concepten te hebben die ook in de literatuur worden beschreven, zoals macroscopische eigenschappen aan atomen en moleculen toeschrijven.

Het is moeilijk aan te tonen of deze lessen van Leisten ook leiden tot conceptueel begrip van de modellen op de lange duur. De data laten echter zien dat veel kinderen gemakkelijk moleculaire termen gebruiken na het onderwijs, en een aanvaardbaar begrip van lesspecifieke items laten zien. De auteurs concluderen dan ook dat kinderen uit de bovenbouw van de basisschool in *staat zijn om een aantal belangrijke aspecten van de kinetische moleculaire theorie te begrijpen*. Uit deze evaluatie wordt de vraag of 'basisschoolkinderen al onderwezen moeten worden over atomen en moleculen' *bevestigd*. Docenten moeten dan wel een strategie gebruiken waarbij concrete representaties van atomen en moleculen worden gebruikt en actieve aanpakken als rollenspellen e.d. zodat enige conceptuele verandering bereikt kan worden.

163

Israël

5-12 jaar

Doel van deze studie was om de voorkennis van leerlingen van de kleuterschool (5 jaar) t/m 12 jaar oud, t.a.v. **vaste stoffen en vloeistoffen** te toetsen.

Methode: 25 leerlingen uit elke leeftijdsgroep (5-12 jaar) totaal 200 leerlingen, werden getoetst voordat ze onderwijs over de structuur van materie hadden gehad. Drie taken:

1. definitie van de begrippen 'vaste stof' en 'vloeistof';
2. classificeren van vaste en vloeistoffen (30 materialen waarvan 21 vaste en 9 vloeistoffen);
3. voorspellen van het gedrag van het materiaal (van 28 materialen aangeven of ze het konden opstapelen en hun antwoord onderbouwen).

Resultaten: definities van vloeistoffen en vaste stoffen bevatten voornamelijk karakteristieken van eigenschappen. Vloeistoffen kun je 'schenken' 'zijn waterig', en vaste stoffen zijn 'hard', 'niet vloeibaar', 'zwaar, sterk, groot, maken geluid'. Blijkt dat kinderen van jongs af aan vloeistoffen goed kunnen classificeren als zodanig. Dit succes was toe te schrijven aan het idee van kinderen dat 'alle vloeistoffen uit water bestaan'. Het classificeren van vaste stoffen volgt een ander patroon. Terwijl starre vaste stoffen juist wordt geclassificeerd door kinderen in alle leeftijdsgroepen, worden de niet 'harde' stoffen door slechts 50% van de kinderen juist ingedeeld, de ander 50% deelt de niet harde vaste stoffen als een aparte groep in. Poeders worden in alle leeftijdsgroepen foutief geclassificeerd en worden of als vloeistoffen ingedeeld of als een aparte groep.

Aanbevelingen:

1. Wordt geadviseerd om het onderwerp 'toestand van materie' in eerste instantie te onderwijzen met de focus op vloeistoffen, dit kan in groep 3 starten met het herkennen van overeenkomsten tussen vloeistoffen.
2. Behandeling van het concept vloeistof zou zich voornamelijk moeten richten op demonstraties die laten zien dat niet alle vloeistoffen waterig zijn (dit vanaf groep 8).
3. Bij het onderwijzen van vaste stoffen moet er extra aandacht worden besteed aan de 'niet-harde' materialen en poeders door voorbeelden te laten zien.
4. Tot groep 5 herkennen kinderen overeenkomsten tussen verschillende vaste stoffen niet spontaan, daarom wordt geadviseerd het onderwijs van harde vaste stoffen niet voor groep 5 te starten. Onderwijs zou dan op een concreet niveau zijn met de focus op het herkennen van overeenkomsten tussen harde vaste stoffen en het gebruik van de term vaste stof om deze te beschrijven.
5. Behandeling van niet harde vaste stoffen zou pas moeten starten nadat leerlingen het begrip van harde vaste stoffen hebben.

Het doel van deze studie was het bestuderen van de kennis die leerlingen bezaten over het concept **gas** voordat ze hierover onderwijs kregen.

Methode: De onderzoeksgroep omvatte zes verschillende leeftijdsgroepen van groep 6 (9-10 jaar) tot en met de basisvorming (14-15 jaar). Elke leeftijdsgroep omvatte 20 leerlingen. Elke leerling werd persoonlijk geïnterviewd terwijl de materialen en processen getoond werden [**zie ook 165, 167, 168**].

De opdracht: gas ontsnapt uit een CO₂ patroon en uit sodawater. De leerlingen werden bevroegd over het gewicht van de cartridge (patroon) voor en nadat het gebruikt werd om sodawater te maken en ze moesten hun antwoord uitleggen. De leerlingen werden een kop sodawater voorgehouden en gevraagd naar het gewicht van het sodawater voor en nadat het gas ontsnapte, hun antwoord uit te leggen en uit te leggen wat er met de gasbubbel gebeurde.

Resultaten:

1. De bevindingen laten zien dat leerlingen niet spontaan een algemeen idee van gassen ontwikkelen voordat ze hierover onderwijs krijgen. Na het onderwijs, verwerven ze eerst kennis over substantiële eigenschappen van gassen, daarna verwijzen ze naar gassen als een fase van de materie en alleen daarna passen ze de deeltjestheorie van materie toe om de term 'gas' uit te leggen.
2. Verder bleek dat de reacties van leerlingen t.a.v. in essentie identieke wetenschappelijke problemen verschillen.
3. Hun ideeën zijn niet consistent, en veel leerlingen worden beïnvloed door irrelevante waarneembare elementen van een opdracht (zo denken ze bijv. dat koolstofdioxide gas dat uit sodawater ontsnapt geen gewicht heeft, maar als ditzelfde gas in de cartridge zit wel gewicht heeft).
4. De kennis en het begrip van leerlingen over de deeltjestheorie van materie is zeer gefragmenteerd. Ze passen het in sommige situaties wel en andere niet toe. Ze gebruiken deze theorie bijv. wel om de term 'gas' uit te leggen maar doen dit niet bij de term 'vast' en 'vloeibaar'.

Aanbevelingen voor onderwijs:

- a. Onderwijs zou zoveel mogelijk de natuurlijke sequentie en snelheid van leerlingen moeten volgen. Er werd gevonden dat leerlingen eerst kennis over de substantiële aard van gassen verwerven, waarna het algemene idee van een gas wordt ontwikkeld als een vorm van materie en pas in de laatste fase ontwikkelen ze kennis van de deeltjes theorie van materie. Het lijkt logisch deze volgorde ook in het onderwijs te volgen.
- b. Omdat leerlingen verschillend reageren op identieke opdrachten in verschillende contexten zou men leerlingen zoveel mogelijk contexten moeten voorleggen en de vorm en essentie van de opdracht moeten benadrukken.
- c. Aangezien de leerlingen de deeltjestheorie voornamelijk accepteren m.b.t. gassen en niet vaste stoffen en vloeistoffen, wordt geadviseerd hen te confronteren met tegenstellingen en specifiek de overgang van fasen van gas naar vloeistof en vice versa te behandelen, in termen van gelijkheid van substantie, behoud van gewicht, identieke deeltjes en behoud van aantal deeltjes.

Artikel beschrijft het verwerven van **behoud van materie** door leerlingen in de leeftijd van 9-15 jaar.

Methode: De onderzoeksgroep bestond uit leerlingen uit groep 3 (6-7 jaar) t/m basisvorming (14-15 jaar). Elke groep omvatte 20-25 leerlingen, die elk persoonlijk geïnterviewd werden terwijl hun de materialen en processen getoond werden.

| | |
|-------------------------------------|---|
| <p>166 Israël 9-15 jaar</p> | <p>Resultaten: Leerlingen werden getoetst op hun bekwaamheid om gewichtsbehoud te herkennen als ook de wederkerigheid van processen in de volgende veranderingen van materie: translocatie, smelten (ijs en kaarsen), oplossen (suiker) en verdampen (aceton en jodium).</p> <p>Er werd gevonden dat kinderen die behoud van gewicht erkenden in de translocatie opdracht niet perse dit ook onderkenden in de opdracht over smelten, en degenen die het in de opdracht over smelten erkenden deden dit niet perse ook in de verdampingsopdracht. Leerlingen denken dat een gesmolten voorwerp minder weegt dan hetzelfde materiaal in z'n vaste vorm en dat gas minder weegt dan dezelfde substantie in vloeibare of vaste vorm.</p> <p>De leerlingen die behoud van gewicht erkenden waren zich niet altijd bewust van de omkeerbaarheid van de processen. (Zo was het % dat de omkeerbaarheid van het smelten van ijs onderkende hoog in alle leeftijden terwijl bij de kaars alleen de oudere kinderen dit onderkenden; bij de omkeerbaarheid van verdamping van jodium en aceton was het % zeer laag m.u.v. 12/13-jarigen). Tot 12 jaar bleek de specifiek beeldende input van de opdracht grote invloed te hebben op de antwoorden van leerlingen t.a.v. het behoud van gewicht, maar niet op de omkeerbaarheid van de processen.</p> <p>Alle opdrachten waren formeel identiek, materie ondergaat een verandering en de leerling wordt gevraagd de gelijkheid van het gewicht te beoordelen. Zoals ook uit andere onderzoeken blijkt zijn leerlingen in staat bepaalde opdrachten wel en andere niet op te lossen. Dit verbetert naarmate ze ouder worden. Het is interessant om te kijken welke factoren hierop van invloed zijn. De belangrijkste lijkt het bestaan van alternatieve systemen van kennis gerelateerd aan gewicht en materie in het cognitieve systeem van de leerlingen (bijv. 'gassen hebben geen gewicht' en 'vloeistoffen zijn altijd lichter dan vaste stoffen'). Deze intuïtieve onjuiste kennis concurreert met de relevante en logische op zo'n manier dat de sterkste wint. De sterkste kennis zal die zijn die de persoon beïnvloedt bij z'n oplossing voor het probleem. Dus ook als de juiste kennis aanwezig is in het cognitieve systeem hoeft deze niet altijd geuit te worden bij het oplossen van een probleem. Het is een dynamische competitie. De leerlingen uit deze studie hadden de kennis die nodig was om het probleem van het behoud van gewicht op te lossen, maar gebruikten in plaats daarvan irrelevante kennis welke in bepaalde situaties of op een bepaalde leeftijd vrij sterk kan zijn.</p> |
| <p>167 Israël 7-10 jaar</p> | <p>Deze studie onderzoekt de concepten van kinderen in de leeftijd van 9-15 jaar over de verandering van de <u>toestand van materie van vloeistof of vaste stof naar gas</u>, als ook hun begrip van de <u>omkeerbaarheid</u> van deze processen.</p> <p>Methode: kinderen werden getoetst op hun begrip van behoud van materie, z'n identiteit en gewicht in opdrachten waarbij verdamping van aceton en sublimatie van jood. 20 leerlingen uit elke zes leeftijdsgroepen (9-10 groep 6 t/m 14-15) waren betrokken in het onderzoek (n=120).</p> <p>Resultaten: er werd gevonden dat kinderen die behoud van gewicht onderkenden in de ene taak dit niet vanzelfsprekend ook in een andere taak deden. Leerlingen dachten dat gas geen gewicht had of dat gas lichter is dan hetzelfde materiaal in z'n vloeibare of vaste vorm. Daarnaast bleek dat leerlingen die behoud van gewicht onderkenden niet altijd bewust waren van de omkeerbaarheid van dit proces. Tot de leeftijd van 12 jaar blijkt de waarneembare input van een opdracht zoals kleur grote invloed te hebben op de antwoorden van kinderen t.a.v. behoud van gewicht.</p> <p>Een nieuwe aanpak om misconcepten van leerlingen te veranderen is om voort te bouwen op de bestaande intuïtieve kennis van leerlingen. Dit kan worden gedaan m.b.v. analogieën. Het gebruik van analoge relaties tussen bekend en onbekend kan leerlingen helpen om nieuwe informatie te leren en misconcepten bij te stellen of te verwerpen. Deze studie onderzocht het gebruik van analogieën in onderwijs om</p> |

misconcepten over **behoud van materie** te ondervangen. Leerlingen die het concept van behoud van materie begrepen toen jodium verdampte waren in staat dit begrip ook toe te passen bij de verdamping van aceton. Dit geeft aan dat het onderwijzen in analogieën een effectief instrument in natuuronderwijs kan zijn.

Methode:

Experiment 1: 'Spontane transfer van nieuw opgedane kennis over tegengestelde functies van de leersituatie naar een analoge situatie': 192 kinderen namen deel aan het onderzoek, waarvan 80 kinderen groep 4 (7-8 jaar), 76 kinderen groep 5 (8-9 jaar) en 36 kinderen groep 6 (9-10 jaar). Elk kind werd individueel getoetst op het begrip van tegengestelde functie in drie contexten:

1. Vergelijk de smaak van twee suikeroplossingen in water die dezelfde hoeveelheid suiker maar verschillende hoeveelheden water bevatten.
2. Vergelijk de temperatuur van twee verschillende hoeveelheden water even lang verhit door dezelfde warmtebron.
3. Vergelijk de smaak van twee 'happen' brood die even groot zijn maar van twee verschillende grootte brood met dezelfde hoeveelheid chocoladepasta besmeerd zijn. 82 leerlingen waren niet in staat alle opdrachten uit te voeren.

Experiment 2: 'Gebruik van analogieën om misconcepten over behoud van gewicht te overwinnen': 74 leerlingen uit groep 7 en 8 werden getoetst, de helft kreeg eerst de behoud van gewicht opdracht bij verdamping van aceton, waarna ze een vergelijkbare opdracht kregen met een andere substantie (jodium). Voor de andere helft van de leerlingen werd de volgorde van de opdrachten omgekeerd.

Resultaten:

Experiment 1: De kinderen uit de experimentele groep ondervangen hun misconcepten en verkregen een begrip van de 'inverse functie' in de context van de onderwijssituatie direct na het onderwijs als ook nog 3 weken daarna. Hun winst was significant hoger dan die van de controle groep. Verder hadden de kinderen ook geleerd om analoge problemen in andere contexten op te lossen zonder enig specifiek onderwijs. Concluderend: onder geschikte omstandigheden kunnen analogieën als een natuurlijk mechanisme dienen om misconcepten te overwinnen.

Experiment 2: Het bleek dat de prestaties in de acetonopdracht significant beter waren wanneer deze de jodiumopdracht opvolgden. Leren vond plaats als een resultaat van het vormen van analogieën tussen het moeilijke en niet begrepen voorbeeld van aceton door het intuïtief begrepen voorbeeld van jodium.

Het onderwijzen aan de hand van analogieën kan een effectief instrument in natuuronderwijs zijn en analogieën kunnen dus goed binnen één thema gebruikt worden i.p.v. de gebruikelijke analogieën tussen verschillende inhoudelijke thema's. Verder wordt er een vergelijking gemaakt met 'conflict onderwijs'.

Het onderwijzen aan de hand van analogieën kan een effectief instrument in natuuronderwijs zijn en analogieën kunnen dus goed binnen één thema gebruikt worden i.p.v. de gebruikelijke analogieën tussen verschillende inhoudelijke thema's. Verder wordt er een vergelijking gemaakt met 'conflict onderwijs'. Voordeel van analogie onderwijs wordt geduïd als: dat leerlingen niet bewust zijn van misconcepten als ook niet van hun leren, vindt intuïtief plaats, geen verlies van vertrouwen.

Suggestie: nader onderzoek waarin deze twee aanpakken worden vergeleken.

Implicaties voor onderwijs:

1. Eerdere studies naar denkbepelden van leerlingen hadden de neiging om alleen de misconcepten te benadrukken. Als het mogelijk is zoals hier wordt aangetoond, om voort te bouwen op de juiste intuïtieve concepten van leerlingen is het noodzakelijk dat we zoeken naar de wezenlijk correcte preconcepten van leerlingen i.p.v. de incorrecte.
2. Identificeren van die voorbeelden en situaties die correcte intuïtieve preconcepten

168
Israël
6-13 jaar

ondersteunen.

3. Wanneer een nieuw fenomeen, term, wet of theorie onderwezen wordt zouden we moeten beginnen met een voorbeeld of experiment waarbij maximale beeldende versterking van de correcte intuïtieve kennis wordt toegepast.

Doel van de studie is de ontwikkeling van het begrip van leerlingen over **materie** te onderzoeken. De ideeën die leerlingen over materie hebben werden onderzocht aan de hand van vragen waarbij leerlingen verbaal moesten uitleggen wat materie is en voorwerpen moesten classificeren naar materie/niet-materie.

Methode: onderzoeksgroep bevatte 4 verschillende leeftijdsgroepen: groep 3, 5, 7 & brugklas respectievelijke leeftijden: 6-7, 8-9, 10-11 en 12-13 jaar. In elke leeftijdsgroep werden 20 leerlingen getoetst, totaal 80 leerlingen. Elke leerling werd individueel geïnterviewd terwijl materialen en verschijnselen getoond werden.

Resultaten: de resultaten van de classificatie experimenten lieten zien dat het basisconcept van jonge kinderen van materie niet erg uitgebreid is: geen gassen, de meeste vloeistoffen (melk, water) en biologische materie (minder dan 50%) als ook enkele vaste stoffen (grond 45%) werden niet als materie gezien. De niet-materie werd ook door de jonge kinderen makkelijk geduid (waaronder hitte, licht, schaduw). Echter kinderen in de brugklas delen de voorbeelden grotendeels juist in.

Al blijven gassen (vb. lucht) problematisch. Bij het definiëren van materie blijkt dat de jongere kinderen voornamelijk voorbeelden geven, of de functie beschrijven en het blijkt dat hun begrip voornamelijk bruikbare vaste stoffen als cement, ijzer, klei, omvat. Dit model blijft bestaan tot aan de brugklas. Slechts 10% van de brugklassers relateren materie aan eigenschappen als gewicht en volume in een wetenschappelijke context.

Tijdens ontwikkeling en onderwijs is er een geleidelijk verschuiving van classificatie patronen naar meer wetenschappelijke patronen waarneembaar, maar het lijkt er op dat deze overgang niet een gevolg is van een parallelle verschuiving in de aard van verklaringen of in de definitie van de term materie.

De vooruitgang in de uitleg van de term materie blijft achter bij de bekwaamheid om items te classificeren in materie en niet-materie in termen van gewicht en volume.

200
Australië
6/7 jaar en 11/12 jaar

Methode: Een aantal uiteenlopende activiteiten die allemaal draaiden om **verdamping en condensatie** werden verkend met kinderen uit groep 3 en groep 8. Hun uitleg in groepsdiscussies, geschreven antwoorden en interviews werden geanalyseerd, om de aard en coherentie van hun concepten te verkennen. De data werden gebruikt om kritisch te reflecteren op de *literatuur* waarin eerdere onderzoeken naar deze thema's worden beschreven.

Resultaten: *Literatuur* bespreking: waaronder de nummers: 11, 12, 79, 80, 114 en 135 worden besproken! Concepten van kinderen t.a.v. verdamping & condensatie.

[114] Osborne & Cosgrove's (1983) waren een van de eersten die inzichten in koken, verdampen, kamertemperatuur, condensatie en smelten onderzochten in de leeftijdsgroep van 12-17 jaar. Ze gebruikten een multiple-choice onderzoek en diepte interviews, en ontblootten een aantal niet-wetenschappelijke concepten en waren redelijk pessimistisch in hun conclusie: kinderen konden bepaalde labels zoals 'verdamping' en 'condensatie' juist gebruiken, maar hun begrip van deze termen is niet onderbouwd door een wetenschappelijk concept.

Deze claim wordt in twijfel getrokken door [79] Johnson (1998a), die beweert dat de auteurs geen informatie hebben over het begrip van deze kinderen over de gas toestand. [11] lijkt de subtiliteit van het gebruik van taal te onderschatten, door uitspraken als water is 'verdwenen' (terwijl kinderen hiermee veelal bedoelen 'kan niet meer worden gezien'), of dat 'lucht' door kinderen op dezelfde manier zou worden gebruikt als volwassenen dat doen. Johnson [79] wijst erop dat woorden als 'damp' 'mist' 'stoom' 'gas' en 'lucht' losbandig worden gebruikt door kinderen, zelfs inwisselbaar. Het is dus belangrijk om te begrijpen wat kinderen bedoelen met taal en

termen in bepaalde contexten [80]. In onderzoek bestaat de neiging om het begrip van volwassenen toe te kennen aan zowel vraagstellingen als het interpreteren van de antwoorden van kinderen.

[12] Bar & Galili (1994) voerden een vergelijkbaar onderzoek uit waarin ze reacties van kinderen vergeleken op vragen over het drogen van de was en het verdampen van water van een schoteltje, en concludeerden dat er in de opvattingen van kinderen een substantiële afhankelijkheid van de context was. Een bevinding die ook in de recente literatuur wordt onderstreept, waaronder [66]. De auteurs claimen 4 fasen in de vooruitgang van het begrip van kinderen te kunnen onderscheiden:

1. water verdwijnt (gangbaar onder jonge kinderen);
2. water wordt opgenomen door de oppervlakten, een visie die opduikt vanaf 7 jaar (verschuiving van een beschrijvende naar een redenerende visie);
3. water wordt overgeplaatst ('verdamp't') naar een andere (opwaartse) locatie zoals de lucht (hemelgewelf), wolken, plafond of 'lucht'. De overgang naar deze visie is rond 9 jaar;
4. water verdwijnt in de lucht, gepaard gaand met een fase overgang. Deze visie gaat overheersen rond 13 jaar.

Russell & Watt (1990) en [135] Russell et al. (1989) benadrukken meer het verschil tussen waarneembaar (stoom) en niet waarneembare producten van verdamping, en richten zich op de verschillen in het idee van verplaatsing van water (zonder vormverandering) vergeleken met verandering van vorm. Johnson (1998a, 1998b) [79, 80] voerde een longitudinale studie uit naar de opvattingen van basisvorming leerlingen over verdamping en condensatie gedurende een aantal opeenvolgende scheikunde blokken gedurende 3 jaar (leeftijd 11-14 jaar). Hij beargumenteerde dat de opvattingen van de leerlingen over deze verschillende verschijnselen (bubbels in kokend water, verdamping en condensatie verschijnselen) zowel consistent als coherent zijn, en dat toegang tot het concept van de gasfase kritiek is in de ontwikkeling van hun begrip.

Doel van deze studie: een gedetailleerdere kijk op de concepten van groep 3 en groep 8 leerlingen geven, om ons begrip te verrijken van de onderliggende dimensies die de verschillen karakteriseren. De meeste bevindingen zijn in overeenstemming met de hierboven beschreven bevindingen uit de literatuur.

Het lijkt erop dat de oudere kinderen veel vertrouwder zijn met het concept 'lucht' als ook met de manier waarop bewijs kan worden gebruikt om verklaringen te construeren. De oudere kinderen lieten een zekerder gevoel voor ontologische categorieën zien en zijn epistemologisch verfijnder waaronder hun bekwaamheid om verklaringen en bewijs aan elkaar te koppelen. Ze zijn preciezer in het gebruik van de conceptuele taal, en bredere associaties.

Referentias

11. Bar, V. and Travis, A.S. (1991). Children's views concerning phase changes. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(4), 363-382.
12. Bar, V. and Galili, I. (1994). Stages of children's views about evaporation. *International Journal of Science Education* 16(2), 157-174.
85. Jones, B.L., Lynch, P.P. and Reesink, C. (1989). Children's understanding of the notions of solid and liquid in relation to some common substances. *International Journal of Science Education*, 11(4), 417-427.
99. [142A] Sere, Marie-Genevieve. (1986). Children's conceptions of the gaseous state, prior to teaching. *International/European Journal of Science Education*, 8(4), 413-425.
106. Nakhleh, M.B. and Samarapungavan, A. (1999). Elementary school children's beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(7), 777-805.
114. Osborne, R.J. and Cosgrove, M.M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(9), 825-838.
- 135A. Russell, T., Longden, K. and McGuigan, L. (1991). *Materials*. Primary space project research report. Liverpool University Press.
- 136A. Russell, T. and Watt, D. (1990). *Evaporation and condensation*. Primary space project research report. Liverpool University Press.
152. Skamp, K. (1999). Are atoms and molecules too difficult for primary children? *School Science Review*, 81(295), 87-96.
163. Stavy, R. and Stachel, D. (1985). Children's ideas about 'solid' and 'liquid'. *International/European Journal of Science Education*, 7(4), 407-421.
164. Stavy, R. (1988). Children's conception of gas. *International Journal of Science Education*, 10(5), 553-560.
165. Stavy, R. (1990). Pupils' problems in understanding conservation of matter. *International Journal of Science Education*, 12(5), 501-512.
166. Stavy, R. (1990). Children's conceptions of changes in the state of matter: from liquid (or solid) to gas. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(3), 247-266.
167. Stavy, R. (1991). Using analogy to overcome misconceptions about conservation of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(4), 305-313.
168. Stavy, R. (1991). Children's ideas about matter. *School Science and Mathematics*, 91(6), 240-244.
200. Tytler, R. (2000). A comparison of year 1 and year 6 students' conceptions of evaporation and condensation: dimensions of conceptual progression. *International Journal of Science Education*, 22(5), 447-467.

34
USA
8-9 jaar

3. Natuurkunde

3.4 Licht

Doel studie: bestuderen van de interactie tussen de observaties van licht en schaduw door kinderen en de door hun ontwikkelde theorieën in de context van de lessenserie.

Methode: Eén klas van ongeveer 30 leerlingen in de leeftijd van 8-9 jaar oud.

Gedetailleerde analyse van video-opnames van de les, waarin kinderen discussieerden over hun onderzoek naar licht en schaduw. Lessen vonden plaats gedurende twee weken ongeveer 1 uur per dag. Veldaantekeningen werden tijdens de lessen gemaakt. De lessen waren ontwikkeld door een onderzoeker in samenwerking met de docent. Lessen waren ondermeer gebaseerd op interviews met kinderen om na te gaan of ze alternatieve concepten hadden t.a.v. licht: bleek dat kinderen licht niet zagen als een duidelijke entiteit die zich door de ruimte voortplant, en dat schaduwen werden veroorzaakt door het blokkeren van licht door een ondoorzichtig object. Les bestond meestal uit 3 fasen:

1. docent introduceert het onderwerp, (of terugblikken op wat ze vorige les hadden onderzocht) en demonstreert wat ze zullen gaan onderzoeken in kleine groepjes, waarbij de kinderen moesten voorspellen wat zij dachten te gaan zien en dit verklaren;
2. onderzoeken van licht & schaduw in kleine groepjes (3 à 4 kinderen);
3. klassendiscussie over wat de kinderen in hun onderzoek hadden gevonden.

Resultaat: Het bleek dat het onderzoek en de discussies van de kinderen over licht leidden tot een beperkte theorie over licht die als goede basis kon dienen voor het verklaren van het onderzoek. Echter deze theorie over licht hielp hen niet in het begrijpen en verklaren van schaduw verschijnselen, en was te beperkt om buitenschoolse ervaringen met licht en schaduw te verklaren.

Kinderen hadden wel consensus over observaties van licht, echter geen consensus over observaties van schaduw. Uitspraken over schaduw waren zeer onvoorspelbaar: 'reflecties veroorzaakt door licht, die overal konden zijn', zijn niet erg functioneel in het observeren van schaduwen. Schaduw is een complexer fenomeen dan licht dat een verfijnder verklaringskader behoeft. De kennis die in de klas over licht werd opgebouwd laat een beperkt en gedeeltelijk begrip zien. De opbouw van de lessen was zo dat er een beperkte sturing door docent was, waardoor er relatief grote verdeeldheid kon ontstaan in de verklaringen. Verder blijkt dat kinderen hun verklaring van observaties veelal geloofwaardig vinden ook al konden ze niet verklaren waarom het plaatsvond. Dus zowel 'slechte data' als 'goede data' werden door de kinderen ingebracht en gelijkwaardig beoordeeld. Alternatieve concepten interviews:

- a. licht wordt geïdentificeerd met z'n bron of z'n effect i.p.v. een duidelijke entiteit;
- b. schaduwen zien als een reflectie die dezelfde vorm heeft als het object;
- c. geen begrip hebben dat licht door de ruimte voortbeweegt, behalve misschien bij de zon omdat de afstand groot is;
- d. idee dat licht verloren kan gaan of versterkt kan worden, eerder dan dat licht behouden blijft;
- e. denken dat licht alleen bestaat als het sterk en intens genoeg is om te zien;
- f. denken dat licht zich verder verplaatst in het donker.

Methode: 40 kinderen tussen de 8-14 jaar werden geïnterviewd op basis van een protocol dat bestond uit 6 vragen (interview ontwikkeld op basis van 50 pilot interviews). Het interview vond plaats in een natuurwetenschappelijk museum, waarbij een opstelling werd gebruikt. De opstelling bestond uit een lichtbron in de vorm van een kruis, een ondoorzichtig object (kleine en grote bal) dat tussen deze lichtbron en een scherm werd geplaatst. Het onverwachte effect van de kleine bal tussen kruislichtbron en scherm is dat er een schaduw in de vorm van het kruis (de lichtbron) ontstaat. Bij de grote bal ontstaat er een schaduw die lijkt op de bal maar enigszins vierkant.

De 6 vragen in het interview waren:

57
USA
8-14 jaar

1. wat is een schaduw?;
2. is er een schaduw in het donker, waar geen licht aanwezig is?;
3. voorspellen wat er gebeurt als de grote bal voor de lichtbron wordt gehouden: tekening van maken;
4. voorspellen kleine bal tussen scherm en lichtbron: tekening;
5. licht wordt aangedaan: kun je verklaren waarom de schaduw een kruis is: tekening?
Wil je je voorspelling voor de grote bal aanpassen? Zo ja maak een nieuwe tekening.

Resultaat: de twee hoofdvragen die in deze studie beantwoord worden zijn: hoe denken kinderen over schaduwen? En wat vertelt dit ons over hoe zij denken over licht?

Schaduw: Slechts een kwart van de kinderen had een duidelijk begrip van schaduw als 'de afwezigheid van licht'. De meeste kinderen spraken over schaduwen alsof er iets 'aanwezig' was, iets met materiële eigenschappen: het heeft een duidelijk gedefinieerde vorm, beslaat ruimte, is in staat te bewegen en kan vooruit geduwd worden. Veel van deze ideeën kunnen herleid worden naar ervaringen en spreektaal: we spreken over 'onze schaduw' en de schaduwen die we veelal zien, bv. onze eigen schaduw op straat waarbij het object ver van de lichtbron staat en dicht bij het 'scherm', waarbij de vorm van de schaduw hetzelfde is als het object en mee beweegt als we lopen. De belichaming hiervan is de schaduw van Peter Pan in de film. Het idee dat de schaduw 'van eigendom van het object is' is erg sterk. Kinderen denken zo ook dat de lichtbron z'n schaduw heeft, en gaan ervan uit dat in de schaduw van het kruis ook de schaduw van het balletje zit. De helft van de kinderen, de jongeren, dachten dat de schaduw ook 's nachts (in het donker) aanwezig is. De schaduw die er 's nachts is, is de schaduw die het object toebehoort in de donkere kamer, je kunt het niet zien maar het verschuilt zich in het object totdat het licht het object raakt en de schaduw tevoorschijn komt (de schaduw 'behoort het object toe'). De kracht van de opstelling is dat het kinderen confronteert met de fundamentele rol die de lichtbron speelt in de schaduwvorming, en ze uitdaagt de sterk gewortelde ideeën dat een schaduw alleen een niet lichtgevend object toebehoort te overdenken.

De rol van licht: Alle kinderen gaven aan dat licht een rol speelt bij schaduwen, maar welke rol verschilde onder de leerlingen van 'actieve vorming' tot 'passieve verlichting'. De kinderen zijn wel vasthoudend in hun beeld gedurende het interview en een kwart van de kinderen gaf type 1-2 antwoorden en was op weg naar een inzichtelijk begrip van schaduwen (dit waren de oudere kinderen 11-14 jaar) de andere driekwart gaven type 3-4 antwoorden.

Type 1: licht produceert een schaduw wanneer het geblokkeerd wordt door een object.
Type 2: licht produceert een schaduw wanneer het uit de koers wordt gebracht door een object. Type 3: licht zorgt ervoor dat het object een schaduw produceert, en kan de schaduw ook naar het scherm duwen. Type 4: licht stelt ons in staat de schaduw te zien (licht speelt hier een passieve rol).

De kinderen die volhielden dat schaduwen onafhankelijk van het licht bestaan en dat het licht zelf de schaduw naar het scherm 'duwt' zijn voornamelijk kinderen in de leeftijd van 8-9 jaar. De kinderen die ontkennen dat er een schaduw bestaat in het donker, en al een idee van oorzaak-gevolg relatie hebben tussen licht en schaduw, maar deze nog niet geheel kunnen verklaren zitten in de leeftijd van 9-11 jaar (overgangsgroep tussen de niet-causale en wetenschappelijke verklaring).

Verspreiding van licht: de meeste tekeningen van kinderen lieten parallelle stralen zien die de bron verlieten en een schaduw vormden die even groot als het object was. Elk punt van de bron straalt slechts 1 'straal' in de stralingsbundel, en het begrip dat elk punt van de bron licht uitstraalt in alle richtingen is opvallend afwezig.

Doel studie is ten eerste de visies van 4 jaar oude kinderen t.a.v. licht en donker in kaart te brengen en ten tweede de ontwikkelingen in het denken over het wetenschappelijk concept van licht gedurende deze 2 weken te traceren.

Methode: 24 kinderen van 4 jaar oud, die deelnamen aan een aantal ervaringen met het

concept licht over een periode van 2 weken. Er werd gebruik gemaakt van gesprekjes (interviews) met de kinderen die ongeveer 15 min. duurden en op video- en audioband werden opgenomen. In totaal 6 dagen van datacollectie gedurende de 2 weken, waarin kinderen werden geïnterviewd tijdens en aan het einde van het 'blok' over licht.

Resultaten: Niet volledig uit eerdere onderzoeken blijkt dat kinderen (ouder dan 10 jaar) alternatieve ideeën hebben t.a.v. licht. Enkele ideeën die algemeen voorkomen zijn:

- a. licht gelijkstellen aan z'n bron: kinderen zien licht als 'inzittende' in de bron, dus dat het in de kaars zit of in de lamp;
- b. licht is een fase van zijn: daglicht wordt gezien als een resultaat van het bestaan in een zee van licht;
- c. schaduwen worden soms gezien als reflecties van 'donker licht': er is geen begrip van de verspreiding van licht en er worden geen pogingen gedaan om de overeenkomsten in vorm te verklaren;
- d. licht raakt op: een kaars verlicht niet de hoeken van een kamer omdat de bron te zwak is en omdat het licht opdraait voordat het de hoek van der kamer bereikt (dit is duidelijk gekoppeld aan de ervaringen van kinderen, dat het licht niet gezien kan worden dus het is gestopt);
- e. vergrootglazen maken het licht groter zodat er meer licht achter het glas is dan voor het glas.

Kinderen moeten eerst een idee van het begrip licht hebben voordat ze ideeën van reflectie, zien e.d. zinvol kunnen begrijpen. Ze moeten dus eerst hun 'lichte & donkere wereld' leren begrijpen. Zonder de notie dat donker het ontbreken van licht is, kunnen ze niet een helder begrip van licht opbouwen.

Uit het onderzoek blijkt dat er een duidelijke vooruitgang waarneembaar is in de conceptuele ontwikkeling die kinderen ondergaan over de begrippen *licht & donker*. Voor het onderwijs zijn de concepten van kinderen over licht relatief beperkt. Enkele kinderen noemden bijvoorbeeld kunstmatige lichtbronnen, zoals autolichten, verkeerslichten etc. De zon als lichtbron werd niet door de kinderen zelf aangedragen, hiervoor moest de docent toch heel wat voorzetten geven. Vergelijkbaar werd duisternis, niet geassocieerd met het afwezigheid van zonlicht.

114A
Engeland
7-11 jaar

Methode: 5 basisscholen waar groepen kinderen tussen de 7-11 jaar gevolgd werden. Er werden data verzameld voor, na en tijdens de interventie. De interventie omvatte een aantal activiteiten rond het onderwerp 'licht' die in overleg met de docent en op basis van de eerdere dataverzameling werden ontworpen en uitgezocht.

Doel van het onderzoek was om na te gaan in hoeverre de natuurwetenschappelijke ideeën en definities van *licht zich* ontwikkeld bij de kinderen als gevolg van hun ervaringen en de activiteiten: 3 onderzoeksvragen:

1. Hoe verschillend zijn de concepten die leerlingen hebben?
2. Welke ontwikkeling is te zien in de ideeën van kinderen in de verschillende leeftijdsgroepen?
3. Welke potentie heeft de interventie voor de ontwikkeling van ideeën van kinderen richting de wetenschappelijke visie?

Resultaten:

Lichtbronnen: Kinderen in alle leeftijdsgroepen lieten een brede kennis van lichtbronnen zien en er waren geen aanwijzingen dat dit veranderde als gevolg van de interventie of door ontwikkeling. Echter, kinderen spraken voornamelijk over primaire lichtbronnen, 4 keer zo vaak als over secundaire bronnen. De aard van het begrip dat kinderen van secundaire lichtbronnen had werd onderzocht, maar slechts een minderheid bleek in staat enige verklaring te geven die in de richting van een 'wetenschappelijk' begrip van deze bronnen ging. De oudere kinderen ontwikkelden een vollediger begrip van secundaire lichtbronnen, wat inhoudt dat zij in staat zijn een verklaring te geven waarin de ware lichtbron wordt erkend. Deze verandering lijkt het gevolg te zijn van ontwikkelingen

in ervaringen van de kinderen (en niet als gevolg van de interventie). De data lieten zeer weinig verandering in het begrip van kinderen van lichtbronnen zien als gevolg van de interventie.

Weergave/representatie van licht: De representatie die kinderen gebruikten om licht te laten zien waren in het begin voornamelijk korte lijnen rond het object. Het gebruik van lijnen die de bron en het object met elkaar verbonden werden weinig waargenomen. Na de interventie bleek dat veel kinderen deze manier van weergeven gingen gebruiken. Zeker de oudere kinderen maakten significant meer gebruik van lijnen en pijlen die een idee van richting weergaven. Wat verder opviel was dat de tekeningen van de oudere kinderen meer gingen variëren en afhankelijk werden van de context. Tweeledige representaties van licht werden significant meer gebruikt door de oudere kinderen na de interventie. Verder bleek dat slechts enkele kinderen helemaal geen representaties van licht lieten zien, maar bij de jongere kinderen bleef de weergave van licht meestal beperkt tot enkele 'eenvoudige' lijnen.

De uitleg van kinderen van zien: Veel kinderen waren in staat om een link tussen oog en object aan te geven en de meeste van deze antwoorden gaven ook een idee van richting aan in de relatie tussen oog en object. Echter 35% van de jongere kinderen gaven antwoorden die geen enkele verklaring voor zien bevatten. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat 'zien' geen probleem voor hen vormt en dat 'we met onze ogen zien' was voldoende verklaring voor hen. Het meest opvallende effect van de interventie was zichtbaar bij de oudere kinderen die in grotere mate een tweeledige link: oog-object en object-bron, gebruikten in hun verklaring (7% voor en 45% na), terwijl dit bij de jongere kinderen juist afnam na de interventie (30% voor en 18% na interventie).

De twee significante effecten bij jonge kinderen na de interventie hadden betrekking op: een toename in het gebruik van enkele links tussen object en oog en een daarmee gepaard gaande afname in het aantal reacties die geen verklaring voor zien gaven. Vanuit het ontwikkelingsperspectief kan dit gezien worden als een stadium dat nodig is om te komen tot een beter begrip (al kan dit niet door de data bevestigd of weerlegd worden).

Context afhankelijkheid: Veel van de antwoorden van kinderen bleken afhankelijk van de context, dus hun begrip t.a.v. licht liet verschillende antwoorden zien in verschillende contexten.

Veranderingen per individu: de data werden ook per individu geanalyseerd om te kijken of zich veranderingen per individu voordeden. Dezelfde vragen werden voor en na de interventie aan de kinderen voorgelegd om na te gaan of hun antwoorden zich richting wetenschappelijk geaccepteerde antwoorden ontwikkelden. De data laten zien dat de kinderen inderdaad meer kenmerken van wetenschappelijk begrip van licht laten zien en dat er een grotere verandering merkbaar was bij de oudere kinderen. Echter, voor de meerderheid van de kinderen bleek er geen verandering in hun respons waarneembaar. De veranderingen blijken voornamelijk bij de oudere kinderen te zitten. Het bleek verder dat minder ontwikkeling te zien was bij de kinderen in de representaties en reacties die fenomenen verklaren die te maken hebben met een secundaire bron, zoals een boek en een klok. Zeer weinig kinderen lieten hier een positieve verandering zien, wat aangeeft dat het begrijpen van hoe we een object zien dat directe lichtbron is, een gebied van conceptuele moeilijkheden is voor basisschoolkinderen.

Kleinschalige longitudinale studie naar de ontwikkeling van de ideeën van kinderen over licht en zien. De mate van ontwikkeling richting het meer wetenschappelijke perspectief van zien wordt besproken.

Methode: Dezelfde klas werd gevolgd van groep 4 (9 jaar, n=22) tot groep 6 (11 jaar, n=23). Data werden verzameld d.m.v. groepsinterviews, tekeningen van kinderen en geschreven opdrachten. De leerlingen hebben geen onderwijs over licht gehad in deze periode. De visies van de kinderen zijn gecategoriseerd.

Resultaten: De categorisering liet een sterke aanhang zien voor het actieve model van 'zien'. Het bleek dat gedurende deze twee jaar de leerlingen die een bepaalde vorm van het *emissiemodel* aanhingen sterk toenam: van 8/21 (groep 4), 13/16 (groep 5), 21/13 (groep 6). Bij het emissiemodel is er het idee dat het oog zelf iets 'uitstraalt' waardoor een object gezien wordt, (i.p.v. het oog dat licht opvangt). De auteurs geven aan dat het emissiemodel niet een 'primitief-model' is en dat deze resultaten niet een afname maar een *vooruitgang* van minder precies begrip is. Er wordt gesuggereerd dat dit idee eenvoudig weerlegd kan worden met de vraag 'Waarom kunnen we dan niet in het donker zien?'. Echter, leerlingen kunnen hiervoor ideeën opperen die overeenkomen met de ideeën die wetenschapsfilosofen vroeger ook hadden: 'licht wordt door het oog gereflecteerd'.

Het aantal leerlingen dat het meer verfijnde 'ontvangst model' had was klein. In groep 5 was er 1 leerling, in groep 6 waren het er 4 en anderen die het in overweging wilden nemen. Van de 4 die in groep 5 optische emissie hadden ontkend en het ontvangstmodel aanhingen, waren er nog slechts 2 van deze leerlingen die in groep 6 nog achter het ontvangstmodel stonden.

Aanwijzingen voor onderwijs:

Wanneer we ervan uitgaan dat kinderen wetenschappelijke concepten het effectiefst leren en gebruiken als ze in overeenstemming zijn met hun ervaringen, lijkt het logisch dat ze eerder het emissiemodel zullen accepteren bij objecten die zelf geen licht geven dan het ontvangstmodel. Leraren zouden deze ideeën bij leerlingen moeten ontlocken (de onjuiste modellen) waarna ze door demonstraties, discussies en onderzoek de ideeën proberen te verbeteren en te verklaren. Het proces is belangrijker dan de inhoud.

160
Australië
9-11 jaar

Auteur (Sprod) reageert op artikel 141 van Selley.

Hij bevestigt de bevindingen van Selley en heeft dezelfde ervaringen uit z'n eigen onderzoek over de denkbeelden van kinderen over licht. Sprod bevestigt ondermeer de uitspraak van Selley dat de boeken eisen dat kinderen uitspraken uit het hoofd moeten leren die betekenisloos zijn of intuïtief/ uit ervaring niet plausibel voor de kinderen zijn. Het is daarom dus belangrijk om ook 'niet-standaard' verklaringen en uitleg te gebruiken om 'zien' te onderwijzen.

De belangrijkste kritiek die Sprod uit over het artikel van Selley heeft betrekking op de methodologie. Het is een longitudinale studie waarbij de ideeën van kinderen over licht en zien in kaart werden gebracht zonder dat ze hier onderwijs over hadden gehad. Met de implicatie dat de bevindingen een normale ontwikkeling van de ideeën van kinderen laat zien naarmate ze ouder worden en meer ervaringen opdoen, hetgeen niet letterlijk wordt gezegd door Selley. Echter het volgen van kinderen gedurende een aantal jaren en hun intuïtieve ideeën over licht en zien in kaart brengen, maakt dat dit onderwerp expliciet onder de aandacht wordt gebracht en dat kinderen dan dus wel bewust met het onderwerp bezig zijn. Zeker zijn groepsinterviews met 4 à 5 kinderen juist een krachtige methode om ruimte te bieden om nieuwe ideeën te construeren (eventueel misconcepten). Groepsinterviews zijn belangrijke leerervaringen.

207
Engeland
9-10 jaar

Hoofddoel van de studie is kinderen helpen te verschuiven van het 'actieve model van zien' (iets dat van het oog naar het object gaat) naar het 'passieve model' van zien (licht komt het oog binnen): conceptual change aanpak van onderwijzen.

Achtergrond: Het nationaal curriculum stelt een balans van 50-50 voor tussen inhouds- en proceselementen. Dit betekent een grotere nadruk op natuurwetenschappelijke inhoud. Het lijkt erop dat docenten in de basisscholen zich hierbij ongemakkelijk voelen, door hun eigen onzekerheid t.a.v. hun natuurwetenschappelijke kennis. Auteurs werken hier een aanpak uit, waarvan zij denken dat deze zowel voor leerling als leraar stimulerend kan werken. Voortbouwend/gebruikmakend van de resultaten en opdrachten van het SPACE (1990) project.

Methode: (enigszins onduidelijk beschreven). 1 school, groep 5 (9-10 jaar oud),

gebruikmakend van opdrachten vergelijkbaar uit het SPACE-project. Kinderen werd gevraagd aan de tekening toe te voegen wat zij dachten dat nodig was om uit te leggen hoe: een persoon een brandende kaars ziet, een gedoofde kaars, een boek en een spiegel, waarna ze persoonlijk werden geïnterviewd. Twee groepen van 6 kinderen werden geselecteerd om nader te observeren tijdens het vervolgonderwijs. Vervolgens krijgt de klas een aantal lessen onderwijs over 'zien', waarna ze nogmaals dezelfde tekeningen moeten invullen. (Onderwijs: Activiteit A1: met zaklamp in het oog van partner schijnen gedurende 5 sec. en noteren wat het effect pupil was;

A2: M.b.v. lichtmeter helderheid van licht meten en verklaren wat de meter meet;

A3: werkblad met instructies om blinde vlek te vinden, structuur en werking van het oog werd klassikaal uitgelegd m.b.v. modellen en schema's waarin ondermeer, lens, pupil, retina, optische zenuw werden geïdentificeerd). Gedurende deze activiteiten werden leerlingen geobserveerd, antwoorden naar leraar en gesprekken met medeleerlingen werden genoteerd, waarna een interview werd afgenomen in kleine groepjes. Leerlingen werden gevraagd om weer de tekeningen aan te vullen, hoe zij dachten dat de persoon het object zag.

Resultaten:

1. deze kinderen hadden vergelijkbare misconcepten t.a.v. licht en zicht als door het SPACE project en andere onderzoeken werd gevonden;
2. de ideeën van kinderen zijn opmerkelijk vasthoudend. Het kan erop lijken dat ze zijn verdwenen, maar na een tijd komt het oude idee weer terug, of wordt in sommige situaties naast het 'nieuwe idee' gebruikt;
3. het effect van specifieke activiteiten op kinderen is mogelijk minder dan wel anders dan verwacht;
4. het lijkt erop dat enig inzicht in de bouw van het oog kinderen helpt accepteren dat zien afhangt van licht dat het oog binnenkomt i.p.v. iets dat wordt uitgezonden vanuit het oog.

Referenties

34. Brickhouse, N. (1994). Children's observations, ideas, and the development of lass room theories about light. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(6), 639-656.
57. Fehrer, E. and Rice, K. (1988). Shadows and anti-images: children's conceptions of light and vision. II. *Science Education*, 72(5), 637-649.
60. Fleer, M. (1996). Early learning about light: mapping preschool children's thinking about light before, during and after involvement in a two week teaching program. *International Journal of Science Education*, 18(7), 819-836.
- 114A. Osborne, J., Black, P., Smith, M. and Meadows, J. (1990). *Light*. Primary space project research report. Liverpool University Press.
141. Selley, N.J. (1996). Children's ideas on light and vision. *International Journal of Science Education*, 18(6), 713-723.
160. Sprod, T. (1997). Longitudinal research and development: Selley on children, light and vision. *International Journal of Science Education*, 19(6), 739-740.
207. Whitworth, G. and Millar, R. (1994). How do we see? Teaching the scientific model of vision. *School Science Review*, 76(275), 113-116.

3
Australië
11-12 jaar

3. Natuurkunde

3.6 Elektriciteit en magnetisme

Doel is na te gaan hoe leerlingen kennis construeren over **elektriciteit en magnetisme** op basis van een schoolexcursie naar een interactief science museum waarna onderwijs activiteiten in de klas werden uitgevoerd die terugkoppelden naar het museum.

Methode: De hele klas was betrokken bij de pre- en postactiviteiten en het bezoek aan het science centrum, maar 12 leerlingen werden intensiever bestudeerd. Zij werden 3 maal geïnterviewd: voor de ervaringen in het museum, daarna en na de deelname aan de activiteiten in de klas. 8 van deze 12 leerlingen hebben een audiorecorder gedragen tijdens museumbezoek en activiteiten in de klas. Door alle leerlingen werden concept maps gemaakt, werkbladen, video opnamen in museum e.d. In dit artikel worden 2 leerlingen (van de 12) besproken.

Resultaten: Bevindingen laten de relaties tussen leren op school, thuis en in informele settings zien. De studie laat zien dat de geïntegreerde serie aan activiteiten resulteerde in het construeren en reconstrueren van de persoonlijke kennis van leerlingen t.a.v. de science concepten en principes die in de science tentoonstelling werden gerepresenteerd/ vertegenwoordigd. Deze (re)constructies ontwikkelden zich soms richting de geaccepteerde wetenschappelijke kennis en soms in andere en verrassende richtingen. Begrip van de 2 leerlingen Roger en Heidi worden besproken.

20
USA
6-12 jaar

Deze studie had tot doel te bepalen welke magneetconcepten in de verschillende science tekstboeken werden aangetroffen, hoe deze concepten worden aangeboden en het identificeren van potentiële misconcepten t.a.v. **magneten**.

Methode: Auteur analyseert 10 science tekstboeken op het magneetconcept. Inhoudsanalyse uitgevoerd, gezocht naar sleutel woorden als magneten, magnetisme, polen en elektromagneten.

Resultaten: Uit een eerdere studie van Barrow (1987) bleek dat leerlingen een beter begrip hebben van aantrekking dan afstoting. Over het algemeen was er geen verschil tussen leerlingen die magneten wel of niet op school hadden bestudeerd.

De thuiservaringen van leerlingen waren met keramische magneten, terwijl het onderwijs op school gebruik maakte van hoefijzer- en staafmagneten.

1. Magneetconcepten werden tenminste één keer aangetroffen in een tekstboek serie voor groep 3 tot 5 en groep 6 tot 8. De verslaglegging is zeer variabel in de verschillende series;
2. Alle 8 concepten werden behandeld in alle tekstboek series (m.u.v. drie series);
3. De meeste concepten worden als fictie geïntroduceerd;
4. Er is geen consistente definitie van 'polen' in de verschillende series.

De 8 magneet concepten zijn (Barrow '87):

- a. magneten hebben altijd 2 polen waar ze de meeste kracht hebben;
- b. ijzeren materialen worden door magneten aangetrokken;
- c. wanneer magneten worden samengebracht, trekken verschillende polen elkaar aan en stoten gelijke polen elkaar af;
- d. magneten hebben een krachtveld dat door dingen heengaat;
- e. kompassen wijzen richting het magnetische noorden;
- f. bewegende elektrische stroom creëert een magnetisch veld/elektromagneet;
- g. magneten zijn er in een variëteit aan grootte en vorm (hoefijzer, staaf, keramiek);
- h. magneten kunnen voor veel verschillende dingen gebruikt worden (koelkast, blikopener, elektrische motors, taperecorder, pc, telefoon, tv, klok, etc.).

Aanbeveling: Onderzoek heeft aangetoond dat basisschoolleerlingen door dagelijkse ervaringen kennis van magneten bezitten. Deze kennis is vaak in conflict met de

natuurwetenschappelijke kennis. Leraren moeten op de hoogte zijn van zowel deze naïeve concepten van leerlingen en de concepten die in de tekstboeken worden gepresenteerd. Docenten moeten zeker zijn van een magneetervaring van leerlingen, het is 'verplicht' dat leerlingen tenminste een keer een eigen ervaring met 2 magneten hebben gehad zodat ze de afstotende kracht hebben kunnen ervaren. Leerlingen zouden alleen onderwijs mogen krijgen over elektromagneten als ze elektriciteit en magneten hebben behandeld. Docenten zouden voor het onderwijs over magneten leerlingen eerst moeten bevragen om hun naïeve concepten duidelijk te krijgen.

25
Australië

In het proces van het ontwikkelen van ons huidig begrip van **elektriciteit, magnetisme** en elektromagnetisme hebben onze voorgangers experimenten uitgevoerd die gemakkelijk na te doen zijn in de klas. Hun begrip van de betrokken fenomenen volgen een soortgelijke weg als dat van de moderne leerling als zij de concepten van elektrische lading, behoud van lading, aard van elektriciteit en magnetisch veld en hoe elektriciteit en magnetisme interacteren ontdekken. Dit artikel **beschrijft de historische ontwikkelingen** van deze ideeën waaronder ook een aantal experimenten en discussies die leerlingen in staat stellen deze concepten juist te construeren.

Artikel beschrijft geen data van interventie en/ of begrip leerlingen basisschool over elektriciteit en magnetisme.

111
Engeland
11-14 jaar

Studie onderzoekt de dagelijkse kennis van leerlingen t.a.v. de **gevaaren van elektriciteit**.

Methode: verwijst naar methodologie Solomon (1985) [157] welke co-auteur is van dit artikel. N = 241 bestaande uit 117 leerlingen in de leeftijd van 11-12 jaar en 124 van 12-13 jaar. De leerlingen van 11-12 jaar hadden nog geen onderwijs over elektriciteit gehad, een deel van de 13-14 jarige wel. Data werden verzameld d.m.v. een vragenlijst die ingevuld moest worden door de leerlingen en de algemene ideeën van de leerlingen t.a.v. elektriciteitstoetsen. Zo was er een vraag waar de leerlingen in 3 regels moesten opschrijven wat zij wisten van elektriciteit. De antwoorden werden gecategoriseerd en gecodeerd.

Resultaten: De data lieten zien dat een verwonderlijk hoog aantal van de leerlingen 'gevaar' hadden genoemd in de 3 regels over elektriciteit (11-12 jaar: 61% en 13-14 jaar: 35%). De leerlingen werden vervolgens ingedeeld in 'angstige' en 'niet-angstige' en geïnterviewd om kenmerken van hun denken te verkennen en wat dit beïnvloedt. Veel leerlingen hadden een persoonlijke ervaring van een elektrische schok, zowel onder de 'angstige' als 'niet-angstige' leerlingen, die varieerden van ervaringen als 'lichte tinteling' tot 'pijn door m'n arm' en 'ik kon me niet meer bewegen'. Veel leerlingen vinden elektriciteit ook spannend/opwindend, het staat voor iets avontuurlijks en mysterieus. Veel van de kennis van leerlingen over elektriciteit hebben ze thuis opgedaan en of ze er thuis wel of niet mee in aanraking (mogen) komen. Slechts 12% van de leerlingen wist hoe ze een lamp of zekering moesten verwisselen, of een stopcontact moesten aansluiten.

Kinderen hebben dus veel directe ervaringen met elektriciteit in hun dagelijkse leven en construeren daaromheen betekenis. Wanneer het onderwerp dus op school behandeld wordt, nemen zij al veel persoonlijke ervaringen mee de klas in maar ook veel ideeën 'van horen zeggen'. Het zou in het onderwijs verstandig zijn als de docent eerst deze ruime voorkennis bespreekt met leerlingen en ook gevoelens van angst of geen angst even aanstipt, maar ook duidelijk maakt wat wel en niet veilig is.

113
Nieuw-Zeeland, Engeland, USA
8-12 jaar

Het artikel beschrijft het tweede deel van een studie uitgevoerd in Californië met 40 leerlingen in de leeftijd van 8-12 jaar. In het eerste deel van de studie, in een eerder artikel beschreven, werd gebruik gemaakt van diepte-interviews om het begrip van kinderen over de term '**elektrische stroom**' te onderzoeken. De bevindingen van dit deel van de studie bevestigen dat geïnterviewde kinderen uit Californië, Engeland en

Nieuw-Zeeland dezelfde betekenis verlenen aan het begrip 'elektrische stroom'.

Methode: Interview:

1. Leerlingen kregen een batterij, lampje, en twee draden. Hen werd gevraagd om de lamp te laten branden;
2. Ze kregen een bijna volledig aangesloten circuit te zien en hen werd gevraagd het lampje te laten branden (de leerlingen die bij 1 het lampje niet aan het branden kregen, konden dit circuit als model gebruiken);
3. Er werd gevraagd hoe hij/zij dacht dat de elektrische stroom zou lopen in het circuit. De geïnterviewde leerlingen waren allen van een grote basisschool in Los Angeles uit 11 verschillende klassen en de onderzoeksgroep bestond uit: 8 jaar $n=1$, 9 jaar $n=17$, 10 jaar $n=11$, 11 jaar $n=9$, 12 jaar $n=2$.

Resultaten:

Ad 1: Slechts 6 leerlingen bouwden direct een geschikte stroomkring, dit waren allemaal jongens. 22 leerlingen bouwden een model waarbij slechts 1 of geen draad werd gebruikt tussen de batterij en de lamp.

Ad 2: Alle leerlingen verbonden direct de draden van het bijna gesloten circuit en kregen de lamp aan het branden.

Ad 3: Geen enkele leerling beschreef het juiste model waarin de stroom in beide draden (van batterij naar lamp – van lamp naar batterij) gelijk is. 5 leerlingen beschreven het model waarbij de stroomrichting correct was, maar ze dachten dat de stroom van de lamp af, naar de batterij minder zou zijn dan in de eerste draad. Alle andere leerlingen beschreven het model dat de stroom van zowel de eerste als de tweede draad van de batterij naar de lamp toestroomt. Hierna werd de analogie van het hart (batterij), aders (stroomdraden), bloedstroom (elektrische stroom) en warmte naar vingertopje (lamp) gebruikt, wat kon helpen het juiste model te begrijpen. Echter andere leerlingen gebruikten de analogie ook weer om hun verkeerde model mee te rechtvaardigen.

Het kan beargumenteerd worden dat het misplaatst is om zulke abstracte ideeën als elektriciteit te bespreken met basisschoolleerlingen, of om opzettelijk bij te dragen aan de verwarring over elektrische stroom en elektrische energie door het negeren van elektrische energie in het onderwijs van elektrische circuits. Het is de mening van de auteur dat 'elektrische stroom' het belangrijke basis idee is dat leerlingen nodig hebben om dadelijk ook parallel- en serieschakelingen te begrijpen. Wat de beste leeftijd is om hiermee te beginnen is moeilijk te zeggen, omdat sommige kinderen niet in staat zijn het abstractie niveau te hanteren. Aan de andere kant bestaat de angst dat wanneer de ideeën van kinderen niet op jonge leeftijd worden bijgesteld dit hun denken zal belemmeren.

Deze studie rapporteert over de zienswijze van 115 kinderen in de leeftijd van 7-11 jaar over waar **elektriciteit** vandaan komt.

Methode: Kinderen in studie afkomstig van 4 verschillende scholen: school 1: 27 leerlingen uit groep 4, (7-8 jaar); 29 leerlingen groep 6 (9-10 jaar); school 2: groep 5, $n=24$ (8-9 jaar); school 3: groep 6, $n=29$ (9-10 jaar), school 4: groep 7, 6 jongens uit speciaal onderwijs (emotioneel en sociaal gehandicapt). In een normale lessituatie werd de leerlingen gevraagd 'wat maakt dat het licht in het klaslokaal gaat branden' (waarop iedereen reageerde met elektriciteit), en om daarna een aantal apparaten te noemen die elektriciteit gebruikten. Hierna werd de leerlingen gevraagd een tekening te maken van waar zij dachten dat de elektriciteit vandaan komt, het startpunt van de elektriciteit. Per klas 4 leerlingen 10 min. geïnterviewd over hun tekening, om nadere uitleg hierover te krijgen.

Resultaten: De resultaten laten zien dat hoewel er een correlatie tussen leeftijd en bewustzijn dat elektriciteit wordt opgewekt is, en dat het via kabels wordt verplaatst, kinderen een beperkt begrip van elektriciteitsbronnen hebben. De meeste kinderen

hadden geen idee hoe elektriciteit werd opgewekt. Enkeligen begrepen dat het 'gemaakt' of 'geproduceerd' moest worden, maar wisten niet wat er dan gebruikt moest worden om het te 'maken'. Gebruik van fossiele brandstoffen in krachtcentrales was onbekend, enkelen noemden kernenergie. Als kinderen bijv. waterkracht noemden, waren ze onduidelijk over hoe het in z'n werk zou gaan.

Wanneer de kinderen ouder zijn is er een algemene toename te zien in het aantal kinderen dat begrijpt dat elektriciteit aangemaakt wordt in krachtcentrales, of via de zon. Echter, de huidige data laten niet zien dat er enige toename is in het aantal leerlingen dat begrijpt dat een energiebron nodig is om elektriciteit op te wekken, en dat brandstoffen worden verbruikt in dit proces van elektriciteitsproductie. Er bestaan ook sekseverschillen in de mate van begrip: meisjes zijn minder in staat een elektriciteitsbron te identificeren als ook de verbinding tussen het opwekken van elektriciteit en elektrische toestellen. Er wordt betoogd dat tenzij kinderen worden geholpen om hun begrip van hoe elektriciteit wordt opgewekt te ontwikkelen, zij niet zullen profiteren van studies over alternatieve energiebronnen, noch zullen zij in staat zijn juiste beslissingen te maken over gerelateerde milieu onderwerpen issues in het latere leven.

Twee onderzoeksvragen:

- a) Kunnen we zoeken naar de potentiële alternatieve ideeën van leerlingen in de historie van science en specifiek in die gebieden waar vroege wetenschappelijke ideeën verschillend waren van de huidige?
- b) Is het mogelijk de alternatieve ideeën van leerlingen te overwinnen door gebruik te maken van experimenten in de klas gebaseerd op de vroegere experimenten die door wetenschappers in het verleden werden gebruikt om de huidige wetenschappelijke ideeën te promoten?

Method: case studie naar het thema **elektromagnetisme**, 3 fasen in te onderscheiden: 10 individuele diepte interviews met leerlingen (10-14 jaar en 19-21 jaar), vragenlijst onder 109 13-jarige leerlingen en 148 lerarenopleiders, 10 individuele interviews met leerlingen en leraren om nadere uitleg en opheldering te verkrijgen. De onderzoeksgroep werd 6 activiteiten/fenomenen voorgelegd en ze moesten aangeven welke fenomenen gebaseerd waren op dezelfde wetenschappelijke verklaring. Het betrof:

1. aansteken lucifer;
2. batterij met lamp verbinden waardoor deze gaat branden;
3. plastic staaf opwrijven met wollen doek en bij papiersnippers houden die dan worden aangetrokken;
4. bal laten vallen;
5. magneet bij spelden houden die dan worden aangetrokken;
6. elektrostatische generator: wanneer aangezet gaan platen draaien, borsteltjes wrijven tegen plaat waardoor balletjes vonken gaan uitslaan.

Resultaten: 53% van docenten in opleiding en 83% van de leerlingen relateren elektrostatische aan magnetische fenomenen op dezelfde manier als wetenschappers dit in de 16^e eeuw deden. Resultaten laten ook zien dat een gebrek aan gemeenschappelijke denkbeelden, geobserveerde effecten of procedures, leidt tot onderzoeken om elektrostatische en elektrodynamische verschijnselen te onderscheiden.

83% van de leerlingen (n=109) relateert de geladen staaf en papiersnippers aan de aantrekking van de magneet. 23% relateerde ook het vallen van de bal aan de voorgaande 2 verschijnselen 'de staaf wordt magnetisch en trekt de papiersnippers aan' en 'de aarde is een magneet, daarom trekt het objecten aan'. Hun redenering laat zien dat in de context van de geobserveerde aantrekkingskracht ze elektrostatische met magnetische fenomenen met elkaar relateren (vergelijkbaar met visies in de

historie). Slechts 1% van de leerlingen dacht dat het oplichten van het lampje en de opgeladen staaf een zelfde natuurwetenschappelijke verklaring hadden, maar wel 40% dacht dat de vonken van de balletjes en het oplichtende lampje gebaseerd waren op dezelfde verklaring. Geen enkele leerling relateerde de 3 elektrische fenomenen (lamp, generator, staaf) aan elkaar. 26% van de leerlingen zag alleen het lampje als een elektrisch verschijnsel. Een heel aantal leerlingen dacht dat het oplichten van de lamp en het aansteken van de lucifer eenzelfde wetenschappelijke verklaring deelden. Hun opvatting is gebaseerd op het licht dat ze bij beide fenomenen observeren.

Aanbevelingen:

Stel leerlingen in staat/biedt aan:

- a) elektrostatische en magnetische experimenten uit te voeren waarbij ze de overeenkomsten en verschillen kunnen observeren net als Gardano en Gilbert (16^e eeuw) dat konden doen;
- b) elektrostatische en elektrodynamische opdrachten (geïnspireerd op Faraday's experimenten) uit te voeren die hen in staat stelt dezelfde elektrische effecten te observeren die of door wrijving worden of door gebruik te maken van een batterij of hoogvoltage leverancier geproduceerd. De eerste bevindingen met deze aanpak van experimenten liet zien dat onderwijsmaterialen met waarneembare kenmerken en een ontwerp gebaseerd op bepaalde historische experimenten, leerlingen feitelijk helpen om hun alternatieve ideeën te overwinnen. Echter, het blijkt ook dat experimenten waarbij instrumenten of apparatuur wordt gebruikt, vraagt om een gevorderde instrumenttheorie als ook een gevorderde conceptuele context. Daarom is het goed mogelijk dat leerlingen de experimenten niet begrijpen wanneer ze zich nog niet de conceptuele context hebben eigen gemaakt.

Doel van de studie is het begrip van leerlingen uit groep 6 (9-10 jaar) over **stroomkringen** te interpreteren.

Methode:

Kwalitatieve studie, onderzoeksgroep: twee groepen van 4 leerlingen (n=8). Elke leerling werd voor, na en tijdens de lessen over eenvoudige stroomcircuits geïnterviewd en gedurende de lessen geobserveerd. De interviews werden op video en geluidsband opgenomen, uitgeschreven en geanalyseerd. De interviews concentreerden zich rond 3 verschillende stroomkring opdrachten:

- a. het voorspellen en verklaren van 8 verschillende stroomkringproblemen;
- b. het voltooiën en verklaren van 3 stroomkring tekeningen;
- c. de identificatie van een elektrisch stroomdiagram gebaseerd op het werk van Osborne (1983).

Resultaten:

1. de aard van het begrip van kinderen van stroomkringen is afhankelijk van de wisselwerking tussen hun begrip van circuit verbindingen en begrip van elektrische stroom. In andere woorden, het begrijpen van hoe de stroomkring aangesloten/gebouwd moet worden helpt hen om verklarende kennis over stroomkringen te ontwikkelen en vice versa;
2. voor het onderwijs is het begrip van kinderen over stroomkringen wetenschappelijk onjuist en in hun uitleg (begrip) werd de nadruk op het verbinden van stroomkringen gelegd;
3. kinderen hebben verschillende ideeën/concepten over elektrische stroom voor het onderwijs start, terwijl ze na het onderwijs meestal 1 concept over elektrische stroom hebben ofschoon dit wetenschappelijk onjuist is;
4. na het onderwijs lieten de kinderen een beter technisch inzicht van stroomkringen zien, maar slechts 1 kind liet een wetenschappelijk inzicht van elektrische stroom zien. Het bouwen van stroomkringen in het onderwijs hielp kinderen dus wel om

148
USA
9-10 jaar

beter inzicht te krijgen in het verbinden van lampjes, stroomdraden en batterij etc., maar hielp niet om hun bestaande ideeën over elektrische stroom bij te stellen in de gewenste wetenschappelijke richting. Het ontwikkelde en versterkte zelfs vaak hun bestaande (onjuiste) inzichten.

Uit het onderzoek blijkt dat kinderen veelal onjuiste verklaringen geven voor correcte voorspellingen. In de klas wordt vaak alleen de voorspelling getoetst, wat de procedurele handelwijze van leerlingen toetst en wat dat betreft is er een significante vooruitgang in hun begrip van stroomkringen. Echter, men zou op zowel procedureel als verklarend begrip moeten toetsen d.m.v. diverse opdrachten.

Het onderzoek laat tenslotte zien dat er behoefte is aan studies die de manier van denken en construeren van kennis van kinderen op grond van hun interacties en ervaringen in de klas toetst. En dat onderzoek moet verschuiven van het beschrijven van wat en hoeveel kinderen weten naar het interpreteren van de unieke processen en kaders die leerlingen gebruiken in het begrijpen van natuurwetenschappelijke fenomenen in de les.

157

Engeland

11-14 jaar

Onderzoek naar de visie van leerlingen op de aard van **elektriciteit**.

Methode: Onderzoek werd uitgevoerd door docenten die ook ervaring hadden met onderwijskundig onderzoek in hun eigen lespraktijk. Het ging om leerlingen van 11-12 jaar oud en 13-14 jaar oud. In de groep van 11-12 jaar oude (Nederland: groep 8) leerlingen: n=117 en n=147 voor de 13-14 jaar oude leerlingen. De leerlingen kregen een vragenlijst voorgelegd waarin ze eerst een 1) schrijfofdracht moesten vervullen: 'schrijf drie regels over wat jij denkt dat elektriciteit is'; 2) leerlingen moesten aangeven of ze het eens waren met een vijftal vergelijkingen die met elektriciteit werden gemaakt en hun antwoord beargumenteren: 'Elektriciteit is als a) vuur, als b) een rivier, c) een gevaarlijk dier, d) brandstof, benzine of kolen, e) heel veel kleine deeltjes'. In het derde deel van de vragenlijst kregen de leerlingen figuren van objecten voorgelegd en moesten zij omcirkelen waar ze dachten dat elektriciteit was: a) wolken met donder, b) zaklamp met batterijen, c) hoogspanningsmast met kabels, d) stekker aan schemerlamp uit het stopcontact.

Resultaten: Duidelijke signalen van invloed van ouders op zeggwijze en houding van angst t.a.v. elektriciteit. Kinderen hebben een grote hoeveelheid aan potentieel beschikbare kennis uit het dagelijks leven. Er is niet alleen feitelijke kennis, maar onlosmakelijk hiermee verbonden zijn de gevoelens van angst. In het onderzoek maakten weinig kinderen gebruik van de kennis die ze op school hadden geleerd over elektriciteit. Beide groepen leerlingen hadden veel algemene sociale kennis over het onderwerp (uit het dagelijks leven). Data moeten volgens auteurs nader onderzocht worden om meer uitspraken te kunnen doen.

158

Engeland

11-14 jaar

Methode: zie nr. 157 eerdere artikel van auteur over dit onderzoek

Resultaten: De reacties van jonge leerlingen op **elektriciteit** worden waarschijnlijk voornamelijk gevormd door de sociale kanalen en niet door de schoolkanalen/omgeving. Artikel probeert de invloed van de regels van ouders, leeftijd kinderen, cognitieve groei en verbale ontwikkeling te achterhalen. Artikel sluit af met speculaties t.a.v. interactie tussen deze sociale en cognitieve factoren.

Referenties

3. Anderson, D., Lucas, K.B. and Ginns, I.S. (2000). Development of knowledge about electricity and magnetism during a visit to a science museum and related post-visit activities. *Science Education*, 84(6) 658-679.
20. Barrow, L.H. (1990). Elementary science textbooks and potential magnet misconceptions. *School Science and Mathematics*, 90(8), 716-720.
25. Binnie, A. (2001). Using the history of electricity and magnetism to enhance teaching. *Science & Education*, 10, 379-389.
111. Oldham, V., Black, P., Solomon, J. and Stuart, H. (1986). A study of pupil views on the dangers of electricity. *International/European Journal of Science Education*, 8(2), 185-197.
113. Osborne, R. (1983). Towards modifying children's ideas about electric current. *Research in Science & Technological Education*, 1(1), 73- 82.
125. Qualter, A. (1995). A source of power: young children's understanding of where electricity comes from. *Research in Science & Technological Education*, 13(1), 177-186.
143. Seroglou, F., Koumaras, P. and Tselfes, V. (1998). History of science and instructional design: the case of electromagnetism. *Science & Education*, 7, 261-280.
148. Shepardson, D.P., Moje, E.B. (1994). The nature of fourth graders' understandings of electric circuits. *Science Education*, 78(5), 489-514.
157. Solomon, J., Black, P., Oldham, V. and Stuart, H. (1985). The pupils' view of electricity. *International/European Journal of Science Education*, 7(3), 281-294.
158. Solomon, J. (1987). The pupils' view of electricity revisited: social development or cognitive growth? *International Journal of Science Education*, 9(1), 13-22.

Bijlage 4 - Aardwetenschappen: concepten van kinderen

40
Griekenland
11-12 jaar

| 4. Aardwetenschappen 4.1 Structuur en fysische processen van de aarde |
|---|
| <p>Wat kinderen weten is dat de ozonlaag er voor zorgt dat de aarde te warm wordt. De meeste kinderen weten echter niet dat ultraviolet licht daar een rol in speelt. In deze studie is onderzocht hoe kinderen van 11 en 12 jaar de afname van de ozonlaag begrijpen. Daarbij is gebruik gemaakt van de concepten van kinderen om de positie en de rol van de ozonlaag in de atmosfeer te verklaren om vervolgens in te gaan op de betekenis van de afname van de ozonlaag.</p> <p>De concepten van kinderen over de ozonlaag variëren in de plaats van de ozonlaag en de plaats van de ozon in de atmosfeer. Kinderen beschrijven dat de ozonlaag op een bepaalde afstand om de aarde heen ligt en dat het UV-stralen tegenhoudt dan wel terugkaatst. Sommige kinderen denken dat de ozonlaag om de zon ligt en daar de UV-stralen tegenhoudt. Voor andere kinderen is het onduidelijk waar de ozon is, maar wel om de aarde heen.</p> <p>De afname van de ozonlaag wordt volgens kinderen veroorzaakt door gassen die vanaf de aarde komen als gevolg van menselijke activiteiten. Ze noemen Cfk's als oorzaak, maar ook andere gassen als kooldioxide, methaan, smog etc. Sommige kinderen geven aan dat er gaten in de ozonlaag ontstaan, terwijl andere kinderen denken dat de Cfk's de ozonlaag dunner maken of de ozon op die plaats verdunnen. Andere kinderen geven aan dat schadelijke stoffen omhoog gaan en lagen vormen in de atmosfeer, die vervolgens de ozonlaag aantasten. Andere kinderen noemen de mogelijkheid dat het schadelijke gas dat een gat heeft gemaakt in de ozonlaag verder omhoog kan stijgen, maar ook van richting kan veranderen en opnieuw een gat kan maken in de ozonlaag. Tenslotte denken sommige kinderen dat schadelijke gassen de ozonlaag rondom de zon vernietigen waardoor er gaten in ontstaan. In de gaten is geen ozon meer aanwezig. Een ander concept is dat de zon de Cfk's helpt verdampen, die vervolgens gaten maken in de ozonlaag rondom de zon.</p> <p>Volgens kinderen zijn de consequenties van de gaten in de ozonlaag dat UV-licht de planeet opwarmt, dat de poolkappen smelten en dat levende organismen beschadigd worden. Kinderen noemen verbranden van de huid en ziektes die ontstaan door UV-stralen: kanker. Een andere consequentie is dat dorpen bij de zee kunnen overstromen.</p> <p>De kinderen hebben gemeenschappelijke patronen over de ozonlaag, de afname ervan en de consequenties van de afname. Er is een concept dat ozon een atmosferische laag is, die de eigenschap heeft om schadelijke stralen van de zon tegen te houden. Kinderen zijn niet consequent in het benoemen van de UV-straling: ook worden zonlicht of warmte genoemd. Wat betreft de lagen kan geconstateerd worden dat kinderen denken aan een laag om de aarde, om de zon of dat ozon verspreid voorkomt in de atmosfeer om de aarde heen. Wat betreft de functie van ozon of de ozonlaag denken meer kinderen aan het blokkeren van UV-straling dan aan reflectie ervan.</p> <p>Kinderen denken bij de afname van ozon dat het wordt vernietigd door gassen die afkomstig zijn van menselijke activiteiten op aarde en die zich vrij kunnen bewegen in de</p> |

atmosfeer. Daarbij dient opgemerkt te worden dat kinderen alle gassen die ze kennen, of vervuiling in het algemeen, als oorzaak noemen.

Over het gat in de ozonlaag wordt verschillend gedacht. Sommige kinderen denken dat op die plaats alle ozon verdwenen is, terwijl anderen spreken over een minder dichte of dunnere ozonlaag of over verdunde ozon.

De consequenties van de gaten in de ozonlaag zijn dat UV-stralen ongehinderd de aarde kunnen bereiken, terwijl andere kinderen denken dat er minder UV-stralen kunnen worden tegengehouden bij een dunner gedeelte van de ozonlaag. Als directe consequenties wordt genoemd dat er schade aan levende organismen ontstaat, waarbij kinderen vooral denken aan huidkanker of andere ernstige ziekten; verder wordt het opwarmen van de aarde genoemd, waarbij poolkappen smelten. Op basis hiervan kan geconcludeerd worden dat kinderen kennelijk UV-licht zien als warmtebron en minder als lichtbron en dat de eigenschappen van UV-licht worden verward met die van infrarood licht.

Conclusie

Leerlingen werden geïnterviewd over hun ideeën over ozon en over de afname van de ozonlaag. Op basis van de interviews bleken de kinderen over een variatie aan alternatieve concepten te beschikken waaruit bleek dat er een aantal obstakels was, waardoor kinderen niet in staat waren om adequate modellen te construeren. De vijf belangrijkste obstakels zijn:

1. het ontbreken van een conceptueel verschil tussen ultraviolet en andere van de zon afkomstige straling;
2. het ontbreken van het concept dat ultraviolet licht door ozon wordt geabsorbeerd;
3. het niet beschikken over het concept van de atmosfeer als een homogeen mengsel van gassen;
4. het concept van de lokalisatie van de ozonlaag om de aarde;
5. het ontbreken van de interpretatie dat het gat in de ozonlaag een afname in ozonconcentratie betekent.

41

Griekenland
11 en 12 jaar

Deze studie is een vervolg op de vorige (nr. 40) en gaat over het gebruik van metaforen door kinderen in relatie tot hun mentale model betreffende de ozonlaag en de afname van de ozonlaag.

Voorbeelden van metaforen die de kinderen gebruikten zijn voorwerpen (ozon is een *deken* over de aarde), stoffen (ozon is een paraplu gemaakt van *gassen die we niet kunnen waarnemen...*) of personen (Cfk's *vechten* tegen de ozon, ze *verjagen of doden* het).

Er blijkt een correlatie te zijn tussen de ontologische basis van de metaforen en de specifieke modellen die kinderen gebruiken om de rol en de afname van de ozonlaag te kunnen begrijpen en verklaren. Om metaforen te gebruiken bij het verklaren van abstract, complex en onbekend fenomeen, moet het belangrijke morfologische, structurele en/of functionele overeenkomsten hebben met belangrijke aspecten van het model dat een kind adopteert. Als dat het geval is, kunnen metaforen worden gebruikt als educatief gereedschap.

182

Engeland
7-11 jaar

Hoewel het onderwerp 'bergen, berglandschappen' niet genoemd wordt in het National Curriculum van Engeland en Wales, komt het onderwerp vaak aan bod als leraren rivieren, de waterkringloop of gesteenten behandelen.

In het onderzoek zijn kinderen bevroegd over hun ideeën dan wel beleving van bergen en berglandschappen aan de hand van tekeningen die ze erover hadden gemaakt. Daarnaast zijn de concepten van kinderen over het ontstaan en de interne structuur van bergen bestudeerd door kinderen te interviewen over hun tekeningen en nadat ze modellen van bergen hadden nagebouwd.

28% van de jongere kinderen (7–9 jaar; n=239) en 62% van de oudere kinderen (9–11 jaar; n=205) konden namen noemen van bergen of gebergten. De meeste kinderen noemden meer dan 2 namen, veelal de Everest en Ben Nevis, waarschijnlijk omdat dat de hoogste berg ter wereld, respectievelijk van het Verenigd Koninkrijk zijn. Ook de Rocky Mountains en de Alpen werden vaak genoemd, waarschijnlijk omdat ze meer in het nieuws zijn dan andere bergen of gebergten.

De kegelvorm van bergen verklaren de kinderen als volgt. De meeste kinderen (66% van de jongere kinderen; 85% van de oudere kinderen) geloofden dat de bergen grotendeels uit gesteenten bestaan. Ze (JK: 64%; OK: 46%) denken dat bergen uit kleine gesteentefragmenten zijn opgebouwd in plaats van vast gesteente. Andere kinderen denken dat bergen een buitenste laag hebben die uit een vast gesteente bestaat, die kleine keien of stenen omvat. Kinderen denken dat fossielen of schatten in grotten of openingen terecht komen in plaats van dat ze zijn ingebed in de gesteenten zelf. Ze verwijzen niet naar gesteenten of mineralen als bron van een of ander.

Als tweede substantie waaruit volgens kinderen bergen bestaan noemen de oudere kinderen modder en aarde. Jongere kinderen noemen sneeuw en ijs en geven aan dat sneeuw in scheuren van de rotsen komt.

Het ontstaan van fossielen koppelen kinderen aan dinosauriërs, die doodgaan op de berg en die in het gesteente komen of waar overheen lagen steen komen. Kinderen denken ook dat mensen dinosauriërs doden. Overigens blijkt uit een andere studie die in verband hiermee genoemd wordt, dat er bij mensen van verschillende leeftijden verwarring is over de volgorde van gebeurtenissen in de geologische tijd.

Minder dan 5% van de kinderen had bij de bergen een **vulkaan** getekend. 10% van de kinderen zei dat er in de berg rook, lava en vuur was. Volgens de helft van deze kinderen was een vulkaan een berg; de andere helft vond van niet.

Er waren verschillende verklaringen van kinderen hoe de **lava** in de berg kwam. Een kind vertelde dat God de berg maakte en er een speciaal drankje in had gedaan dat oranje was en dat hij lava noemde. Dit kind had in cartoons gezien dat bergen lava in zich hadden en dat de kleur waarschijnlijk zo fel was waardoor de mensen weten wanneer het gaan stromen en dan snel weg kunnen gaan. Sommige kinderen zeiden dat lava in het centrum van de Aarde is of diep onder de grond; anderen hadden geen idee hoe het daar kwam. De notie dat lava gesmolten gesteente is kwam niet bij kinderen op. Volgens jonge kinderen (22%) bevat de berg **goud** of een **schat**, die daar volgens hen door mensen of rovers is neergezet; oudere kinderen (17%) geven aan dat goud of schatten zich op 'natuurlijke wijze' vormde of 'groeide' in de berg.

Veel kinderen (JK: 62%; n=28; OK: 57%; n=24) geven aan dat zij niet weten hoe bergen worden gevormd. Vooral jongere kinderen denken dat aardbevingen een belangrijke rol speelden, terwijl oudere kinderen water een belangrijke rol toedichtten. Slechts één kind geeft aan dat God de bergen heeft gemaakt, terwijl een andere leerling zegt dat zijn vader geeft gezegd dat God de bergen heeft gemaakt, maar dat hij denkt dat het explosies waren. Door water of zeeën kunnen zachte gedeelten wegslijten. Enkele kinderen denken dat bergen groeien uit zaad of doordat rotsen vanzelf aan elkaar kleven.

Het merendeel van de kinderen (JK: 77%; n=239 en OK: 86%; n=205) tekende spitse bergen. De meeste kinderen (96%) gaven aan dat ze wisten dat bergen ook andere vormen hadden. Een kind gaf aan dat hij bergen als driehoeken had getekend, omdat dat in cartoons ook zo is. Anderen weten dat daarmee een berg bedoeld wordt, maar dat de realiteit anders is. Ook andere kinderen gaven aan dat bergen in boeken als driehoek

werden afgebeeld. Kennelijk betekent dat niet dat kinderen geloven dat die tekeningen een juiste weergave zijn van de realiteit. Ze beschouwen het als een geaccepteerde manier van communiceren over ideeën.

Veel kinderen tekenen een sneeuwlijn bij de top van de berg, maar tegelijkertijd geven ze aan dat als het sneeuwt ook de zijkanten van de berg sneeuw valt; of dat als het regent de top de meeste regen krijgt, waardoor er goed gras kan groeien. Deze sneeuwlijn bleek verschillende betekenissen te hebben. Bij enkele andere kinderen betekende de lijn het verschil in kleur van de gesteenten: paars beneden en wit bij de top. Deze kinderen onderscheidden een aparte sneeuwlijn. Bij weer andere kinderen betekende de lijn de grens tussen gras en aarde, of leek het daardoor meer op een berg omdat het ook in boeken zo stond getekend. Kennelijk leerden kinderen uit cartoons dergelijke lijnen te tekenen zonder dat het begrip er achter duidelijk was.

Oudere kinderen associeerden natuurlijke kenmerken met bergen en namen die op in de tekeningen. Rivieren komen in 36% van de tekeningen van oudere kinderen voor (JK:15%). Kennelijk hebben deze kinderen al kennisgemaakt met de watercyclus of zijn bergen voor hen afgebeeld als bron van afzettingsgesteenten.

Zo'n 30% van de jongere en 40% van de oudere kinderen tekenden, at random, naald- en/of loofbomen op de bergen. Zowel op de top als verspreid over de hele berg of alleen beneden aan de berg tekenden kinderen bomen. Er werd geen relatie gelegd met de omgeving waar bomen wel of niet kunnen groeien, hoewel sommige kinderen denken dat de condities bij de top beter zijn. Een van de verklaringen waarom er op de top geen bomen waren was dat mensen daar geen zaad strooiden, omdat het daar te gevaarlijk was om naar toe te klimmen. Andere verklaringen wijzen erop dat kinderen aangeven dat de natuur ten dienste staat van de mens: bomen staan er om er tegen aan te leunen als je wilt uitrusten van een wandeling.

21% van de kinderen tekenden dieren bij de bergen, zowel dieren die bij de bergen horen (geiten, schapen: vooral de oudere kinderen) als dieren die meer bij mensen horen (honden, katten: vooral de jongere kinderen). Sommige oudere kinderen denken ook dat er ijsberen op de top van de bergen wonen: beide zijn immers wit! Ook blijkt dat kinderen problemen oplossen zodra ze ermee geconfronteerd worden. Een jongen die een skiër tekende beneden de sneeuwlijn constateerde toen hij ermee werd geconfronteerd dat dat niet kon, immers de ski's zouden kapot gaan op de stenen. Het was een tekening van de berg in de zomer; in het echt is de skiër alleen in de winter op die plaats! Een ander kind realiseerde dat haar tekening van een spitse berg een probleem was, want zo konden mensen die naar de top klimmen en er vlaggen op plaatsen er niet op staan, nou ja, misschien één iemand. Na enige tijd kwam dit meisje met een verklaring dat het in het echt waarschijnlijk bij de top veel vlakker is, maar dat het er van veraf zo puntig uit ziet.

Wat betreft de menselijke activiteiten, tekenen jongere kinderen meer (maar niet significant) de huiselijke activiteiten, die niet specifiek zijn voor de bergen: hond uitlaten, appels plukken, picknicken, terwijl de activiteiten die oudere kinderen tekenen meer gerelateerd zijn aan mogelijkheden in de bergen. Als verklaring wordt gegeven dat jonge kinderen vooral zelf met dergelijke activiteiten bezig zijn, terwijl oudere kinderen al meer ervaring hebben met en zich meer bewust zijn van de natuurlijke omgeving.

Conclusies

Uit de gesprekken met kinderen over hun tekeningen bleek dat ze veel toevoegingen hadden op die tekening. Door bij onderzoek alleen een tekening te interpreteren zonder

daar een interview aan te wijden geeft een incompleet beeld van de concepties van kinderen.

Kinderen hebben geen kennis over de spreiding van bergen en gebergten en geen enkel begrip van dekplaten en tektoniek. Onbekend is of de kennis van kinderen over bergketens toeneemt als ze meer bekend zijn met vulkanen, aardbevingen en bergruggen in de oceanen. Door weloverwogen enkele voorbeelden van bergketens in een goed gedefinieerde geologische, tektonische en ruimtelijke context te plaatsen kunnen leraren zorgen voor geschikte leermogelijkheden op dit gebied.

Wat betreft de vorm van de bergen die kinderen tekenen geven ze aan dat ze een communicatief gewenste tekening maken. Ze weten dat de realiteit anders en meer divers is. Wel bestaan er bij kinderen belangrijke misconcepties over de interne structuur van bergen. Ook het ontstaan van gebergten is voor kinderen verwarrend. Kinderen vinden berglandschappen toegankelijke, veilige en welkome omgevingen, waar mensen, dieren en bomen hun plaats hebben.

Referenties

40. Christidou, V. and Koulaidis, V. (1996). Children's models of the ozone layer and ozone depletion. *Research in Science Education*, 26(4), 421-436.
41. Christidou, V. and Koulaidis, V. (1997). Children's use of metaphors in relation to their mental models: the case of ozone layer and its depletion. *Research in Science Education*, 27(4), 541-552.
182. Trend, R., Everett, L. and Dove, J. (2000). Interpreting primary children's representations of mountains and mountainous landscapes and environments. *Research in Science & Technological Education*, 18(1), 85-112.

4. Aardwetenschappen

4.2 Processen, cycli en geschiedenis aarde

In het review wordt ingegaan op alternatieve concepten van kinderen over het weer. Zowel uit onderzoek van Piaget in 1929 en 1930 als uit recent onderzoek (1980-1993) blijkt dat kinderen geen goed begrip hebben van meteorologische concepten. Kinderen (5 en 6 jaar) denken dat **wolken** uit vaste stof bestaan en zijn gemaakt van aarde en steen. Anderen (6-9 jaar) denken dat God de wolken heeft gemaakt of dat ze bestaan uit rook of stoom van fabrieken of de koekenpan. Kinderen denken ook dat wolken ontstaan doordat de zon het zeewater kookt. Als kinderen 9-10 jaar zijn weten ze dat wolken gemaakt zijn van natuurlijke componenten, inclusief waterdruppels. Ze denken dat wolken uit 'zakken' water bestaan die kapot scheuren. De wolken worden voortbewogen door God of ze worden geduwd door mensen. Ze bewegen als wij bewegen. Wij lopen en de wolken bewegen met ons mee (8-11 jaar).

Regen wordt gemaakt door God of door mensen, die water uit een emmer door een sproeier laten lopen. Andere kinderen denken dat regen ontstaat doordat wolken worden verwarmd en dan gaan smelten of zweten, terwijl weer andere kinderen denken dat regen het gevolg is van smeltende rook. Kinderen van 11 jaar denken dat het gaat regenen omdat de wolken te zwaar worden.

Donder wordt veroorzaakt door God die met een hamer slaat, wolken die feestvieren of engelen die spelletjes doen. **Bliksem** is vuur afkomstig van de zon of van lucifers die door God worden afgestroken. Sommige kinderen van 11 jaar geven correcte verklaringen voor donder en bliksem, bij anderen blijven de alternatieve concepten bestaan na hun 11^e jaar.

Kinderen denken dat **sneeuw** koude veroorzaakt en omgekeerd. Pas als ze wat ouder zijn realiseren ze zich dat sneeuw een gevolg is van koude. Ook denken kinderen dat het in de winter koud is, omdat de zon achter de wolken zit of omdat de zon verder van de aarde afstaat.

Zesjarigen denken dat **wind** wordt veroorzaakt door ademen en machines. Als ze wat ouder zijn (8 jaar) ontstaat wind door het bewegen van takken, bomen, bewegende wolken en doordat de aarde beweegt. Als kinderen 10 jaar zijn realiseren ze zich dat wind iets met lucht te maken heeft, maar het verband ontgaat ze. Wolken kunnen de wind doen afnemen.

Het fenomeen **druk** vinden kinderen moeilijk te begrijpen, waarschijnlijk omdat ze het niet zoals regen en wolken met hun zintuigen kunnen waarnemen. Op weerkaarten weten kinderen niet wat de 'H' en de 'L' betekenen; van de isobaren denken ze dat het dat het iets te maken heeft met de wind of de temperatuur aanduiding.

(N.B. In dit review is bovengenoemd review opgenomen. Alleen toevoegingen op bovengenoemd artikel zijn vermeld.)

Eerst is vastgesteld onder welke domeinen weer-gerelateerde begrippen vallen. De begrippen vallen deels onder 'physical science' en gedeeltelijk onder geografie/sociale wetenschappen of aardwetenschappen.

Uit het literatuuronderzoek bleek dat de meeste 'misconcepten' voorkwamen bij 'physical science' en niet bij aardwetenschappen.

De **watercyclus** bestaat uit het bevriezen en smelten van water (groep 6). Dit kan een onderdeel van de watercyclus zijn en hier is dan ook sprake van een gedeeltelijke misconceptie. Een andere opvatting van kinderen is dat meren en oceanen slechts water verdampen.

Bij het smelten van ijs denken kinderen van 12 jaar dat atomen veranderen of groter worden. IJsmoleculen zijn kouder dan watermoleculen (groep 8).

Water in een open vat wordt opgenomen door het vat en het verdwijnt. (groep 5).

Kinderen van 10 jaar denken dat het water verandert in lucht en verdwijnt in de lucht. Het

159
Griekenland
6-12 jaar

| |
|--|
| <p>water droogt op en gaat de lucht in. Condensatie aan de buitenkant van een vat komt doordat lucht in een vloeistof verandert (groep 8).</p> <p>Wolken bestaan uit rook, zijn gemaakt van katoen of wol (groep 5). Sommige kinderen denken dat ze niets met regen te maken hebben, anderen denken dat wolken regen voorspellen (groep 5).</p> <p>Donder ontstaat als twee wolken botsen (groep 3-5).</p> |
| <p>Kinderen hebben dagelijks te maken met het weer. Hoe kunnen kinderen geholpen worden om hun misconcepties te overwinnen?</p> <p><u>Methode</u>: 210 kinderen van 11 en 12 jaar hebben een week na een introductieles over weer en klimaat een enquêteformulier ingevuld.</p> <p><u>Resultaten</u>: 9% van de kinderen duiden het begrip 'weer' aan met zon, regen, wind en 'slecht weer'. Van de kinderen noemt 1,5% alleen het begrip 'temperatuur' bij weer. 16% van de kinderen verwarren het begrip 'weer' met het begrip 'klimaat'. Het concept klimaat is voor ruim 90% onduidelijk. 40% van de kinderen geeft een relatie aan met temperatuur. Kinderen koppelen klimaat aan jaarlijkse veranderingen. Kennis van kinderen over weer en klimaat is niet-wetenschappelijk en gefocust op elementen die zijn waar te nemen met zintuigen. De in de studie aangeboden introductielessen lijken niet effectief in het veranderen van preconcepten.</p> |

Referenties

50. Dove, J. (1998). Alternative conceptions about the weather. *School Science Review*, 79(289), 65-69.
72. Henriques, L. (2002). Children's ideas about weather: a review of the literature. *School Science and Mathematics*, 102(5), 202-291.
159. Spiropoulou, D., Kostopoulos, K. and Jacovides, C.P. (1999). Greek children's alternative conceptions on weather and climate. *School Science Review*, 81(294), 55-59.

100
Portugal
10-11 jaar

4. Aardwetenschappen

4.3 De aarde in het zonnestelsel en het heelal

Doel van de studie was om onderzoek te doen naar ideeën van kinderen over het ontstaan en de aard van de aarde en de oorsprong en ontwikkeling van het leven tijdens de geologische tijd. Bij leerlingen werden een vragenlijst en een interview afgenomen over de oorsprong en de ontwikkeling van de aarde en het leven. De leerlingen hadden hier geen les over gevolgd en de gedachte was dat zij eigen opvattingen hierover hadden ontwikkeld aan de hand van extra-curriculaire culturele bronnen.

Het bleek dat 65% van de kinderen ooit had nagedacht over het ontstaan en de aard van de aarde. Door 46% kinderen werden concrete fysieke processen en gebeurtenissen genoemd. Voordat de aarde bestond was er al water of waren er planeten, meteorieten, kometen, sterren of zonnestelsels. 38% van de kinderen gaf mythologisch getinte antwoorden, namelijk dat er vreemde creaturen waren: draken, vreemde wezens, of dat er een tuin van Eden was. Tenslotte was er een categorie kinderen (10%) die aangaf dat er helemaal niets was voor het ontstaan van de aarde. Alles begon met het ontstaan van de aarde als onderdeel van het universum.

Historisch gezien hadden theoretici tot de zeventiende eeuw toen Galileo's theorie werd geaccepteerd, dezelfde ideeën.

Over de relatie van de aarde met andere planeten zeggen kinderen (40%) dat gesteenten, vulkanen en zeebodems informatie kunnen verschaffen over de oorsprong van de aarde. Het idee dat de zeebodem informatie kan verschaffen over het ontstaan van de aarde omdat die er altijd geweest zou zijn leefde ook in het begin van de 20^{ste} eeuw.

Andere kinderen (15%) noemen het belang van fossielen, maar die geven aanwijzingen over het ontstaan van het leven en niet over het ontstaan van de aarde. Tenslotte was er een derde categorie antwoorden (16%) dat er van buiten de aarde informatie gezocht kon worden, zoals van satellietfoto's die informatie zouden kunnen geven over het ontstaan van de aarde. Kinderen betrekken andere hemellichamen niet in hun antwoorden. Kennelijk denken ze dat alleen de aarde zelf informatie over haar ontstaan of oorsprong kan geven.

Wat betreft de verdeling van materialen over de aarde geven kinderen aan dat het massiefste materiaal bij de Zuidpool ligt.

Over de relatie tussen de oorsprong van de aarde en de ontwikkeling van het leven worden de volgende antwoorden gegeven. Kinderen (48%) geven aan dat de aarde slechts enkele honderden of duizenden jaren bestaat, terwijl 31% van de kinderen denkt aan miljoenen jaren. Van de kinderen denkt 35% dat het leven op aarde begon na het ontstaan van de aarde. Interessant is, dat 50% denkt dat het leven tegelijk met de aarde ontstond, terwijl 7% denkt dat het leven ouder is dan de aarde.

Wat betreft het ontstaan van het leven hebben kinderen verschillende opvattingen. Sommige kinderen denken dat mensen en primitieve levensvormen gelijktijdig aanwezig waren. Anderen denken bij primitieve levensvormen vooral aan primitieve mensvormen. Een ander gedachte van kinderen is dat er geen vroege levensvormen gevonden kunnen worden van organismen die nu nog leven omdat er veel veranderd is op de aarde en dat organismen zich aan die veranderingen hebben aangepast door evolutie. Van bekende dieren (worm, insect, vis, vogel en muis) werd gevraagd in welke volgorde ze zijn ontstaan. Wormen (42%) en insecten (20%) werden door de kinderen genoemd als organismen die het eerst verschenen. Waarschijnlijk vinden ze dieren zonder geraamte minder ontwikkeld. 22% noemde vissen als eerste levensvorm op aarde. Mogelijk denken kinderen dat het leven ontstond in het water. Vogels (40%) en muizen (20%) werden genoemd als dieren die het laatst ontstonden, waarschijnlijk omdat

kinderen dachten dat ze complex zijn wat betreft organisatie en beweging. Ondanks de impliciete moeilijkheden van de onderwerpen hebben kinderen er al wel over nagedacht en hebben ze er diverse misconcepten over ontwikkeld. Die zijn ontstaan in de dagelijkse praktijk door ervaringen en door informatie uit de verschillende media. Kinderen hebben op basis van boeken, video's en films hun eigen concepten ontwikkeld. Conclusie: Kinderen hebben over wat er was voordat de aarde ontstond vage en diffuse inzichten (38%) of denken dat de aarde ontstond uit andere planeten of zonnestelsels (46%). Ze denken dat alleen de aarde informatie kan verschaffen over haar oorsprong (40%), maar volgens hen geven fossielen hier ook aanwijzingen over (15%). Wat betreft de verdeling van materialen over de aarde denken ze dat het massieve materiaal bij de Zuidpool ligt (42%). De oorsprong van het leven en van de aarde vonden tegelijkertijd plaats (52%) of het leven begon voordat de aarde ontstond (10%). Veel kinderen (22%) denken dat vissen als eerste levensvorm op aarde verscheen, terwijl de vogels het laatst verschenen (40%). Op basis van deze studie is door auteurs een voorstel gemaakt voor een curriculum voor kinderen van 10-13 jaar.

Kinderen hebben verschillende beelden van de aarde: de aarde is plat, we kunnen er omheen vliegen of zeilen. De kinderen die dit denken hebben geen ideeën over zwaartekracht. Andere kinderen denken aan de aarde als een bol, waar we in het midden leven op het platte gedeelte. Het onderste deel is aarde, gesteenten, terwijl het bovenste gedeelte lucht is. Een derde idee is dat de aarde een bal is en dat wij op een klein stukje ervan, nl. op de top leven. Optie vier is dat kinderen de aarde zien als een bal en dat iedereen overal op de bal leeft. Als je wat laat vallen valt het recht naar beneden, maar als er op de Noordpool iets in een gat valt, dat valt het tot de Zuidpool. In optie vijf geven kinderen aan dat de aarde een ronde bal is waarop iedereen overal leeft en dat dingen naar het centrum van de aarde vallen. (Naar Nussbaum, Science Education. 1979, 63(1), 83-93).

In het onderhavige onderzoek hadden kinderen geen onderwijs ontvangen over de vorm van de aarde en de zwaartekracht. Wel hadden ze er via musea, boeken, video, film en in discussie met familie over gehoord. In deze studie werd de vorm van de aarde en de zwaartekracht in aparte vragen onder de aandacht van de kinderen gebracht. Ook in vergelijking met andere studies blijkt dat 30 tot 89 % van de kinderen van 8 tot en met 10 jaar denkt dat de aarde plat is en dat er geen zwaartekracht bestaat. Met name bij de kinderen van het platteland en bij kinderen uit Nepal komen de hoge percentages voor. Zelfs 31 en 53 % van de 12-jarige kinderen in bovengenoemde situaties denken dat de aarde plat is. In de leeftijdscategorie van 8 tot en met 10 jaar zijn er maar enkele kinderen die aangeven dat de aarde een ronde vorm heeft, waarop mensen verspreid wonen en dat er sprake is van een zwaartekracht die naar het centrum van de aarde gericht is. Ook bij 12-jarige kinderen komt dat concept maar weinig voor. Bij de tussenliggende opties (optie 2 t/m 5) treedt een verschuiving op van het concept dat mensen op een plat gedeelte van de aarde wonen naar het concept dat mensen verspreid over de aardbol wonen (en er niet afvallen), maar het begrip zwaartekracht is nog steeds dat iets 'naar beneden valt'. Pas als kinderen 13/14 jaar zijn heeft ongeveer de helft van de kinderen het complete concept voor ogen. Het blijft een gegeven dat de concepten van kinderen tussen 8 en 13 jaar een grote variatie vertonen, met name in de leeftijdscategorie 11 en 12 jaar. In het onderwijs over deze onderwerpen zullen leraren rekening moeten houden met deze alternatieve kaders van kinderen. In de interpretatie wordt gesuggereerd dat de resultaten ontstaan door de mate van fysieke en de aard van de culturele ontwikkeling van een kind.

Onderzocht zijn de ideeën van kinderen over maanstanden: welke zijn er en hoe ontstaan ze? Kinderen zijn hierover geïnterviewd en er zijn observaties uitgevoerd. Er zijn vier kinderen bevroegd. Twee kinderen gaven aan dat het afhankelijk is van de positie van de persoon op aarde ten opzichte van de maan welke maanstand we zien. Als de aarde roteert (draait om eigen as) dan heeft de persoon zich ten opzichte van de maan (die wordt gezien als iets dat stil staat) verplaatst. Als de persoon aan de kant van de maan is dan ziet hij de maan helemaal; als de aarde draait zodanig dat persoon aan de achterkant van de aarde terecht komt, dan is het nieuwe maan. Als de persoon daar tussenin zit is het eerste of laatste kwartier. De andere leerling gaf aan dat het niet de rotatie van de aarde om haar eigen as is, maar dat het de omwenteling van de maan om de aarde is waardoor de verschillende maanstanden ontstaan. Drie van de vier leerlingen waren zich bewust van het feit dat het maanlicht afkomstig was van de zon. De vierde leerling had geen antwoord op de vraag waar het licht van de maan vandaan kwam. Kinderen konden de plaats van de zon niet goed in hun schema over de maanstanden krijgen.

Een andere leerling zei dat de vorm van de maan werd veroorzaakt door de wolken naast het feit dat van de omwenteling van de aarde. Ze sprak ook over de gebeurtenis dat de aarde langs de zon en de maan een baan beschreef, maar het idee van de wolken bleef voorkeur houden bij haar. De vierde leerling gaf aan dat de maan een baan beschreef om de aarde, maar gaf geen verklaring voor de verschillende maanstanden. Uit de antwoorden van de kinderen bleek dat hun ideeën verschilden van de wetenschappelijke inzichten. Er was verwarring met het begrip eclips, het verschijnsel dag-en-nacht en de omwenteling van de aarde en of de aarde om de maan ging of andersom.

Na dit onderzoek zijn de leerlingen via lessen geïnformeerd over het ontstaan van de maanstanden. Dat leidde tot de volgende conclusies.

Na de lessen was de vorm bij de leerlingen duidelijker geworden. Ze konden tekeningen maken van een halve, volle, nieuwe, wassende en afnemende maan evenals van het eerste en laatste kwartier; een leerling gaf er geen namen bij. Het patroon van volle, halve en nieuwe maan werd niet voor alle kinderen even duidelijk. Een leerling gaf aan dat de maan elke dag een beetje verandert, maar dat elke maanstand een week duurt en dat de hele maancyclus een maand duurt. Andere leerlingen hebben het concept van een cyclisch patroon niet opgepakt. Eén vertelt dat de maan elke dag bijna hetzelfde is maar dat er verschillen zijn per week. De maan wordt groter en groter en kleiner en kleiner. Een andere leerling geeft geen antwoord en de vierde zegt dat in een nacht twee maanstanden te zien zijn en dat er geen cyclus is.

Tenslotte geeft een persoon aan dat de locatie van de persoon op aarde wat betreft de positie van de zon en de maan de maanstand bepaalt. Een andere leerling geeft aan dat de maan, de zon en de aarde betrokken zijn bij het ontstaan van de maanstanden. De positie van de maan in zijn omwenteling om de aarde ten opzichte van de zon veroorzaakt de vorm van de maan. De derde leerling geeft aan dat de omwenteling van de maan om de aarde een rol speelt in het verlichten van delen van de maan. Daarnaast helpt de gezichtshoek vanaf de aarde ten opzichte van de zon en de maan de waargenomen maanstanden te bepalen.

Geconcludeerd werd dat bij een deel van de kinderen na de lessen de concepten wel veranderden richting het wetenschappelijke perspectief, maar dat zij ook een deel van hun aanvankelijke ideeën behielden. Het onderwerp maanstanden is een complex onderwerp om te beheersen.

Referenties

100. Marques, L. and Thompson, D. (1997). Portuguese students' understanding at ages 10-11 and 14-15 of the origin and nature of the earth and the development of life. *Research in Science & Technological Education*, 15(1), 29-51.
155. Sneider, C. and Pulos, S. (1983). Children's cosmographies: understanding the earth's shape and gravity. *Science Education*, 67(2), 205-221.
161. Stahly, L.L., Krockrover, G.H. and Shepardson, D.P. (1999). Third grade students' ideas about lunar phases. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(2), 159-177.

