
Concept cartoons als ondersteuning van instructie om achtste groepers data-reading en theorie-revisie te leren

Loes Pepers (s0212180)

Februari 2013

Universiteit Twente, Enschede

Bachelorthese Psychologie

Instructie, Leren en Ontwikkeling

Eerste begeleider: Ard Lazonder

Tweede begeleider: Pascal Wilhelm

Concept cartoons as instructional support in teaching sixth-graders data-reading and theory-revision

Loes Pepers

Abstract

To prepare elementary school students better for scientific education, it is important to support the development of skills in scientific reasoning. Support is needed on the aspects of scientific reasoning with which children have difficulty. This study will focus on the difficulty children have with acknowledging alternative hypotheses. Because children find this quite difficult, they often do not realise that experiments are designed to test hypotheses. They think experimenting is used for supporting hypotheses; which is comparable with a 'confirmation bias'. In this case, children tend to base their conclusions not on data, but on their hypotheses. This study investigated whether concept cartoons could help acknowledging alternative hypotheses, so that the purpose of experimenting would become clearer and children would be more inspired by data when drawing conclusions. Concept cartoons are pictures with three or four cartoon figures who each have another hypothesis (or conclusion) about a scientific topic. The study was built on a physical experiment, in which thirty sixth graders had to investigate which factors (colour, weight or size) affected the falling time of a ball and how. Students began with formulating their hypotheses, after which half of the students ($N = 15$) were offered a concept cartoon with alternative hypotheses. Before experimenting, students in that same condition were offered another concept cartoon with alternative conclusions. Finally we investigated the experiments students ran, the conclusions they drew and whether they based their conclusions on the data or their hypotheses. The results didn't show any significant difference between the control- and experimental group. These findings are discussed and suggestions are provided for further research.

Concept cartoons als ondersteuning van instructie om achtste groepers data-reading en theorie-revisie te leren

Loes Pepers

Samenvatting

Om kinderen beter voor te bereiden op wetenschappelijk onderwijs is het van belang de ontwikkeling van vaardigheden in het wetenschappelijk redeneren zo goed mogelijk te ondersteunen. Ondersteuning is daar nodig waar kinderen moeite hebben met wetenschappelijk redeneren. Dit onderzoek richt zich op de moeite die kinderen hebben met het erkennen van mogelijk alternatieve hypothesen. Doordat kinderen dit moeilijk vinden, realiseren zij zich veelal niet dat experimenteren bedoeld is om hypothesen te toetsen. Daarentegen denken zij met het experimenteren bezig te moeten zijn hun hypothese te onderbouwen, waardoor ‘confirmation bias’ ontstaat. Kinderen zijn dan bij het trekken van conclusies vaak geneigd hun conclusie te baseren op hun hypothese en niet op de data. Verwacht werd dat concept cartoons kunnen helpen dit erkennen van alternatieve hypothesen op te wekken, waardoor het doel van het experimenteren duidelijker wordt en kinderen zich meer laten inspireren door de data bij het trekken van conclusies. Concept cartoons zijn tekeningen met drie of vier stripfiguren die allemaal een andere hypothese (of conclusie) hebben. Dit werd onderzocht met een natuurkundig experiment waarbij 30 achtste groepers moesten onderzoeken welke factoren (kleur, gewicht of omvang) invloed hadden op de tijd dat een bal nodig had om naar beneden te vallen en hoe die invloed was. Hierbij werd begonnen met het stellen van hypothesen, waarna de helft van de leerlingen (N=15) een concept cartoon te zien kreeg met hypothesen. Vóór het experimenteren kreeg deze zelfde groep nog een concept cartoon te zien met conclusies. Uiteindelijk werd gekeken naar de experimenten die leerlingen deden, de conclusies die ze trokken en de onderbouwingen die ze gaven. Uit het onderzoek bleek dat er geen enkele significant verschil bestond tussen de controlegroep en de experimentele groep. Deze resultaten worden besproken op basis van mogelijke verklaringen en er worden indicaties gegeven voor toekomstig onderzoek.

Inleiding

In onze groeiende kenniseconomie neemt de vraag naar wetenschappelijk onderzoek alsnar toe en daarom is wetenschappelijke educatie zeer belangrijk. Dit is dan ook al decennia lang een populair onderwerp binnen onder andere de onderwijs- en ontwikkelingspsychologie. Met wetenschappelijke educatie wordt geprobeerd het vermogen tot wetenschappelijk redeneren te ontwikkelen, waarbij door middel van informatieverzameling concepten ontstaan die ons beeld van (wetenschappelijke) onderwerpen vormen. Het is voor veel psychologen interessant om te kijken naar de processen die een rol spelen bij het tot stand komen en beïnvloeden van die concepten. Verder is het binnen het onderwijs van groot belang de beste instructie te creëren voor een zo goed mogelijke ontwikkeling van vaardigheden in het wetenschappelijke redeneren. Vooral wanneer kinderen naar het voortgezet onderwijs gaan, wordt met betrekking tot deze vaardigheden nogal wat verwacht. De hoogste vorm van dit onderwijs heet niet voor niets ‘Voorbereidend Wetenschappelijk Onderwijs’. Zoals blijkt uit onderzoek van Metz (2008) is het verschil in aandacht voor deze vaardigheden tussen basisonderwijs en voortgezet onderwijs te groot en zou binnen het basisonderwijs meer aandacht moeten komen voor het wetenschappelijke redeneren.

Zimmerman (2007) heeft een overzicht gemaakt van onderzoek naar het wetenschappelijk redeneren bij kinderen. Zij definieert wetenschappelijk redeneren als het gebruik van onderzoekende methoden en principes bij het oplossen van problemen en de denkprocessen die hierbij plaatsvinden. Hierbij wordt het Scientific Discovery as Dual Search-model van Klahr en Dunbar (1988) gebruikt als kader voor haar literatuuronderzoek. Dit model gaat ervan uit dat bij wetenschappelijk redeneren op twee gebieden wordt gezocht naar informatie om een probleem op te lossen; in de ‘hypothesis space’ en in de ‘experiment space’. Daarin maakt dit model onderscheid tussen drie processen: het genereren van hypothesen, experimenteren en het evalueren van de resultaten (data) om conclusies te trekken. Deze processen worden in dit onderzoek ook als leidraad gebruikt. Het doel van dit onderzoek is om een manier te vinden deze processen dusdanig te laten verlopen dat informatie op de juiste manier wordt verworven en verwerkt.

Hypothesen zijn stellingen die betrekking hebben op verbanden. Deze motiveren tot het testen van die verbanden door middel van een experiment (Klahr & Simon, 2001). Onderzoek naar dit proces heeft zich met name gericht op de invloed van voorkennis op het genereren van hypothesen en eventuele veranderingen in die voorkennis (Schauble, 1996). Met voorkennis wordt de kennis bedoeld, juist of niet, die iemand heeft over een bepaald verband

voordat deze kennis getoetst wordt. Hypothesen komen op natuurlijke wijze voort uit verwachtingen en de concepten die hierin een rol spelen (Zimmerman, 2007). Door een uiteindelijke verwerping van de hypothese kan conceptuele verandering plaats vinden, waarbij de concepten in het cognitieve netwerk veranderen. Met andere woorden verandert hierdoor de kennis over het betreffende onderwerp. Onderzoek heeft aangetoond dat kinderen deze conceptuele verandering soms proberen te voorkomen (Amsel & Brock, 1996; Chinn & Malhotra, 2002; Kuhn, Amsel & O'Loughlin, 1988). Dit kunnen ze doen door bij het toetsen van een hypothese onterecht hun hypothese aan te nemen. In dat geval zullen zij, ondanks dat zij informatie opdoen die hun hypothese tegenspreekt, concluderen dat hun hypothese klopt.

Het doel van experimenteren is het verzamelen van informatie. Hierbij worden observaties gedaan die hypothesen kunnen genereren, ondersteunen of tegenspreken. Onderzoek naar het experimenteren heeft zich gericht op de variabelen die worden onderzocht, de strategie die wordt gekozen, de grootte van het experiment en het percentage van de mogelijke experimenten dat uiteindelijk wordt onderzocht (Zimmerman, 2007).

Na het analyseren van de resultaten, wordt de hypothese aangenomen, verworpen of verder onderzocht. Deze data-analyse houdt in dat gekeken wordt naar de hoeveelheid bewijs voor of tegen de gestelde hypothese. Bij het onderzoek dat is gedaan is voornamelijk gekeken naar twee conclusie-eigenschappen. Ten eerste het type conclusie. Deze kan (a) causaal zijn, wat inhoudt dat A invloed heeft op B; (b) het kan niet-causaal zijn: A en B komen samen voor, maar er is niet bekend of geen sprake van welke de oorzaak is, en welke het gevolg.; (c) ook kan het onbeslissend zijn, wanneer er geen conclusie wordt getrokken; (d) ten slotte kan de conclusie fout zijn, waarbij de conclusie niet overeenkomt met de resultaten. De tweede conclusie-eigenschap waarnaar veel onderzoek is gedaan is de verantwoording. Deze kan (a) gebaseerd zijn op de theorie, waarbij de conclusie wordt getrokken op basis van initiële kennis of veronderstellingen en dus niet op basis van de resultaten. Dit is geen wetenschappelijke verantwoording en zal vaak, hoewel niet altijd (afhankelijk van de juistheid van die initiële kennis), een foute conclusie zijn.; (b) het kan ook gebaseerd zijn op de resultaten, wat wel wetenschappelijk verantwoord is, mits op de juiste wijze geïnterpreteerd (Zimmerman, 2007).

Uit de literatuur is op te maken dat wetenschappelijk redeneren in de praktijk niet zonder problemen verloopt. Uit Zimmerman's uitgebreide review blijkt dat zowel kinderen als volwassenen hier moeite mee hebben. Het SDDS-model van Klahr en Dunbar (1988) dat zij hanteert, verklaart de problemen als een discrepantie tussen informatie uit de 'hypothesis space' en informatie uit de 'experiment space'. Als de informatie die wordt verwacht

(hypothese) niet overeenkomt met de informatie die wordt waargenomen (experiment), ontstaat de neiging om ofwel de hypothese, ofwel de data-interpretatie aan te passen. Dan vormt zich het risico dat data wordt genegeerd, verdraaid of dat beperkt wordt gekeken naar (een deel van) de data, zonder het te koppelen aan de theorie.

Tschirgi (1980) maakt onderscheid tussen drie strategieën bij het testen van hypothesen. Wanneer kinderen er van uitgaan dat er één variabele is die er voor zorgt dat een (gewenst) effect wordt bereikt, zullen zij deze variabele steeds constant houden. Deze strategie heet 'hold-one-thing-at-a-time' (HOTAT) en maakt het niet mogelijk alternatieve conclusies te trekken. Om objectief naar alle mogelijkheden te kijken, moet gebruik worden gemaakt van de 'vary-one-thing-at-a-time'-strategie (VOTAT). Hierbij wordt steeds alleen de doelvariabele gevarieerd terwijl alle andere variabelen constant worden gehouden. Met deze strategie kan echt wat worden gezegd over de invloed van een variabele. Ten slotte kunnen variabelen ook allemaal tegelijk worden gevarieerd ('change all'). Deze laatste wordt vaak gehanteerd door hele jonge kinderen.

In dit onderzoek van Tschirgi (1980) werd aan de hand van een verhaaltje over een activiteit (bijvoorbeeld over het bakken van een taart) een karakter voorgesteld die een hypothese had over hoe deze activiteit met verschillende variabelen het meest succesvol kon worden uitgevoerd (bijvoorbeeld door honing te gebruiken). Er werd gevraagd hoe dit karakter die hypothese kon toetsen (bijvoorbeeld door een taart te bakken met of zonder honing) en daarna werd of een goed, of een slecht resultaat laten zien (de taart was niet of wel lekker). Uit dit onderzoek bleek dat kinderen (maar ook volwassenen), wanneer zij een slecht resultaat hebben (een niet succesvolle taart), systematisch naar de variabele zoeken die zij kunnen veranderen om zo het slechte resultaat in een goed resultaat te veranderen. Wanneer zij echter een goed resultaat hebben (een succesvolle taart), proberen zij de variabele te vinden die zij kunnen blijven gebruiken om het goede resultaat te behouden. Dit willen handhaven van positieve, hypothese-bekrachtende resultaten wordt ook wel 'confirmation bias' genoemd; het onterecht zwaarder wegen van informatie dat de verwachting bevestigt (Nickerson, 1998).

Kinderen, maar ook volwassenen, zijn dus vaak geneigd een onderzoeksstrategie te kiezen op basis van waarnemingen en overtuigingen, niet op basis van logica. Volgens Tschirgi (1980) zijn zij meer bezig met de functionele effecten van manipulaties, waarbij zij gericht zijn op een positief resultaat en gebruik maken van de HOTAT-strategie. Zij baseren hun strategieën dan niet op de logische causale verbanden tussen de variabelen, zoals gewenst om tot de juiste strategie te komen (VOTAT-strategie).

Daarbij heeft de aard van de hypothese (positief of negatief) invloed op het ontwerpen en uitvoeren van een experiment. Uit het onderzoek van Zimmerman en Glaser (2001) bleek dat een negatief gestelde hypothese (“Kraanwater is slecht voor planten”) sneller de neiging wekte om de juiste variabele te variëren en de juiste teststrategie (VOTAT) te gebruiken. Bij een positieve hypothese (“Koffiebonen zijn goed voor planten”) hadden leerlingen meer moeite met het opstellen van een goed experiment. Voor deze invloed van formulering werden drie mogelijke verklaringen gegeven: (a) kinderen selecteren hun onderzoeksstrategieën zo dat ze positieve effecten reproduceren en negatieve effecten proberen te voorkomen, zoals ook werd geïllustreerd door Tschirgi (1980). De groep met positieve hypothesen leek aan te nemen dat de hypothese waar was en leek sneller geneigd de generaliseerbaarheid van de stelling te testen. Anders gezegd: zij werden beïnvloed door ‘confirmation bias’; (b) kinderen presteren beter bij het testen van hypothesen waarover zij aanvankelijk meer kennis hebben. In dit onderzoek ging de negatieve stelling over de invloed van kraanwater en de positieve stelling over de invloed van koffiebonen; er kan worden verwacht dat kinderen meer kennis hebben over de invloed van water op het groeien van planten, dan over de invloed van koffiebonen.; (c) de context van de hypothese maakt het onwaarschijnlijk dat de alternatieve hypothese (in dit geval bij de positieve stelling) waar kan zijn, waardoor de kinderen hun aandacht richten op een variabele die wel een verschil lijkt te kunnen maken (plantsoort).

De moeite die kinderen ervaren met het onderscheid maken tussen hypothesen en data wordt ook geïllustreerd door het onderzoek van Koerber, Sodian, Thoermer en Nett (2005). In dit onderzoek werden kinderen geconfronteerd met data in drie condities (“perfect covariation”, “imperfect covariation” en “non-covariation”) en werden vervolgens hun vaardigheden op gebied van data-interpretatie getest. Uit dit onderzoek bleek dat zelfs hele jonge kinderen al op metacognitief niveau de relatie begrijpen tussen hypothese en resultaten. Dit bleek uit het feit dat zij in elke conditie op data gebaseerde conclusies trokken. Wel is dit begrip erg afhankelijk van de context en de structuur van de resultaten. Zo lijken kinderen veel sneller geneigd vast te houden aan hun veronderstellingen en de data-interpretatie hierop aan te passen wanneer zij een veronderstelling hebben van een causaal verband en de resultaten ambigue zijn. Ook wanneer deze veronderstellingen niet overeenkwamen met de resultaten waren de prestaties minder goed.

Om duidelijk te maken waarom het moeilijk is conclusies te trekken op basis van resultaten, laat Kuhn (1991) zien dat redeneren te maken heeft met het afwegen van argumenten. In wetenschappelijk redeneren wordt een stelling (de verwachting van een

verband, ofwel de hypothese) getoetst aan de hand van argumenten die worden verkregen of waargenomen uit een experiment. De uiteindelijke beoordeling van de validiteit van die hypothese hangt af van de waargenomen argumenten (data) en de interpretatie hiervan. Om dit proces goed te doorlopen is het van belang dat zowel gekeken wordt naar argumenten als tegenargumenten. Beide moeten worden gezien om een objectieve conclusie te kunnen trekken. Om deze afweging te kunnen maken, moet worden erkend dat de stelling waar kan zijn, maar ook onwaar. Hypothesen worden sterk beïnvloed door veronderstellingen. Onder veronderstellingen worden de (initiële) ideeën verstaan die we hebben van verbanden in de wereld om ons heen. Zo kan een kind de veronderstelling hebben dat de aarde plat is, omdat dat vanuit zijn of haar waarneming zo lijkt te zijn. Kinderen (maar ook volwassenen) vinden het moeilijk hun veronderstelling als ongeldig te verklaren en zij zien vaak niet zo snel dat de hypothese die hieruit ontstaat onwaar kan zijn (Kuhn, 1991). Hierdoor worden veel fouten gemaakt in het wetenschappelijk redeneren.

Al met al lijkt het erg moeilijk om hypothese en resultaten te koppelen. Dat gaat mis bij het onderscheiden van observatiegebaseerde conclusies en vooronderstellinggebaseerde conclusies (Klahr & Dunbar, 1988; Kuhn, Amsel & O'Loughlin, 1988; Kuhn, Garcia-Milla, Zohar & Andersen, 1995). Een gebrek aan controle over het coördineren van observaties en interpretaties speelt hierin een belangrijke rol en maakt het nog moeilijker (Kuhn, 1989). Kinderen zijn geneigd om in het geval van resultaten die de hypothese bekrachtigen, conclusies te trekken op basis van die resultaten. Wanneer de resultaten echter niet in overeenstemming zijn met de hypothesen, zullen zij, in tegenstelling tot wetenschappers, gauw kiezen voor hypothesegebaseerde conclusies en de resultaten ofwel negeren, ofwel interpreteren op een manier die overeenkomt met de hypothese. Het blijkt dan moeilijk te erkennen dat de hypothese onzekere informatie oplevert, en de resultaten juist zekere informatie, op basis waarvan een conclusie getrokken zou moeten worden.

Kinderen die moeite hebben met het onderscheid tussen hypothese en resultaten, hebben vaak de veronderstelling dat het doel van het experiment is om een gewenste uitkomst te produceren en niet om de hypothese te testen. Schauble (1988, 1990) liet kinderen een raceauto ontwerpen en vroeg ze te onderzoeken welke eigenschappen ervoor zorgen dat de auto sneller wordt. De kinderen blijken dan heel erg bezig te zijn met het ontwerpen van de meest snelle raceauto en niet zozeer met het onderzoeken van de eigenschappen op hun relatie met de snelheid van de auto. Ook in deze onderzoeken blijken de redeneringen van kinderen voornamelijk op hun veronderstellingen te zijn gebaseerd en geven zij verklaringen van resultaten die hun veronderstellingen bekrachtigen.

Het redeneren in wetenschappelijke situaties representeert maar een klein deel van het menselijke redeneren (Kuhn, 1989). In het algemene, alledaagse redeneren is tevens sprake van het ontstaan van theorieën en hypothesen die worden getest en eventueel aangepast aan de hand van experimenten, of zoals Kuhn, Schauble en Garcia Milla (1992) het beschrijven: aan de hand van argumenten. Kinderen zijn als baby al bezig met het onderzoeken van de wereld om hen heen en blijken in hun eerste levensjaar al causale verbanden te kunnen zien. Met hun mobiliteit verhoogt hun onderzoeksgedrag en wanneer zij leren praten vragen zij continu “waarom?”. De motivatie om te begrijpen is duidelijk aanwezig en resulteert in een continue zoektocht naar nieuwe informatie om hun netwerk van theorieën uit te breiden (Leslie, 1982).

In één van haar onderzoeken probeert Kuhn (1993) wetenschappelijk en informeel redeneren te koppelen. Zij definieert het informele redeneren als de denkprocessen die mensen ontwikkelen om om te gaan met problemen die zij tegenkomen in het alledaagse leven. Dit alledaagse redeneren, om het bij één begrip te houden, houdt het testen van vooronderstellingen in door middel van argumenten en bewijs hier voor of hier tegen en de conclusies die hieruit worden gevormd, die dan wel niet invloed hebben op de vooronderstellingen.

Volgens Kuhn (1993) wordt zowel in wetenschappelijk als alledaags redeneren de nadruk gelegd op het aantonen van de juistheid van een theorie in plaats van het testen van de theorie. In beide vormen van redeneren vindt men het moeilijk om alternatieve hypothesen of tegenstrijdige resultaten te erkennen en blijkt een tekort in “exclusion reasoning”; het zien van een afwezige causale relatie (A heeft geen invloed op B). Zij geeft meerdere verklaringen voor deze complicatie: (a) De aanwezigheid van iets is makkelijker op te merken dan de afwezigheid van iets; (b) de veronderstelling dat een variabele niet belangrijk is of geen invloed heeft, leidt vaak tot het negeren van die variabele; (c) de aanwezigheid van een verband wordt al gezien na één waarneming van het samen voorkomen van twee variabelen. Dat geldt niet voor de afwezigheid van een verband. De juiste toepassing van de “Control of Variables” strategie is hierbij essentieel; (d) “exclusion reasoning” is veel gevoeliger voor “false inclusion”. Het is heel makkelijk om een verband te leggen dat er eigenlijk niet is, omdat de afwezigheid ervan veel minder duidelijk is. Samengevat ligt het probleem in de herkenning van afwezige verbanden, dat volgens Kuhn (1993) in alle redeneervormen een rol speelt. Hierdoor is het makkelijk om een ‘foute’ conclusie te trekken, op basis van een (niet kloppende) hypothese.

Sodian, Zaitchik en Carey (1991) onderzochten of kinderen van 6 tot 10 jaar in staat waren conceptueel onderscheid te maken tussen hypothese en resultaten. Dit deden ze in twee

experimenten waarin kinderen een verhaaltje voorgelegd kregen met een onderzoeksvraag. In beide verhaaltjes waren er twee jongetjes die beiden een andere hypothese hadden. In het eerste verhaaltje werden twee onderzoeksopzetten gegeven; één om een gewenst effect te produceren en één om te toetsen welk jongetje gelijk had. Na het geven van de resultaten werd dan om een conclusie gevraagd. Kinderen bleken hier de juiste conclusies te trekken, zowel bij het produceren van het effect als bij het toetsen van de hypothese. Bij het tweede verhaaltje werd eerst gevraagd naar een onderzoeksopzet, waarna een onderzoeksopzet gegeven werd met resultaten en gevraagd werd naar een conclusie. Het bedenken van een onderzoeksopzet bleek lastig, maar de kinderen waren wel in staat om een conclusie te trekken op basis van de resultaten.

Uit bovenstaand onderzoek van Sodian et al (1991) kwam dus naar voren dat kinderen wel in staat zijn om conclusies te trekken op basis van resultaten. Omdat dit een belangrijke beperking blijkt te zijn in het succesvol wetenschappelijk redeneren, zou het stimuleren van dit begrip een positieve invloed moeten hebben op het trekken van conclusies. Er zijn echter een paar eigenschappen die dit onderzoek minder representatief maken. Uit een vervolgonderzoek van Koerber et al. (2005) kwam de belangrijkste naar voren: het conceptuele onderscheid wordt moeilijker wanneer veronderstellingen niet overeenkomen met de resultaten. Zou duidelijke uitleg over de onzekerheid van hypothesen en de zekerheid van resultaten dit makkelijker maken? Een beter begrip van het conceptuele verschil tussen hypothese en resultaten zou een positief effect kunnen hebben op het trekken van juiste conclusies over data die niet overeenkomen met de hypothese, namelijk op basis van resultaten.

De vraag is hoe dit onderscheid duidelijk gemaakt kan worden. Volgens Kuhn (1989, 1991) is de sleutel in het juist kunnen koppelen van hypothese en resultaten het besef dat dingen anders kunnen zijn. Dit uit zich in twee elementen: (a) erkenning van de mogelijkheid van alternatieve hypothesen en (b) erkenning van de mogelijkheid dat data niet overeenkomt met de theorie. Het onderscheiden van hypothesen en data wordt in het onderzoek van Sodian et al. (1991) makkelijker gemaakt door het aanbieden van verschillende hypothesen. Het erkennen van het feit dat er meerdere hypothesen mogelijk zijn, is in dat geval dus onvermijdelijk.

Het laten inzien dat er meerdere manieren zijn om over een onderwerp of verband te redeneren, wordt toegepast in 'concept cartoons' (Keogh, 1999). Deze toepassing vindt zijn oorsprong in 1992 en wordt sindsdien wereldwijd gebruikt in het onderwijs. Een 'concept cartoon' is een illustratie van een (al dan niet wetenschappelijke) situatie, waarbij twee of

meerdere stripfiguren worden uitgebeeld die elk een andere opvatting hebben over die situatie. Deze opvatting staat geschreven in een tekstballon. Uit het onderzoek van Keogh (1999) bleek dat het gebruik van 'concept cartoons' een motiverende werking heeft op het nadenken over wetenschappelijke situaties. Leerlingen leken cognitief geprikkeld te worden, doordat verschillende conflicterende, maar geloofwaardige ideeën werden gepresenteerd.

Dit onderzoek zal zich richten op de invloed van deze 'concept cartoons' op het trekken van conclusies. Aan de hand van de literatuur valt te verwachten dat kinderen door de 'concept cartoons' gestimuleerd worden na te denken over verschillende ideeën, daardoor erkennen dat er verschillende mogelijkheden zijn en dat zij zich realiseren dat hun eigen hypothese onzeker is. Hierdoor zal duidelijk worden dat de resultaten het antwoord moeten geven op welk idee klopt en dus ook of hun eigen hypothese wordt bekrachtigd of niet. De conclusie die zij vervolgens trekken – oftewel het antwoord op de onderzoeksvraag - zal dan niet gebaseerd zijn op de hypothese, maar op de resultaten waaraan die hypothese wordt getoetst.

Concreet zijn hieruit drie hypothesen af te leiden. (1) Leerlingen die werken met concept cartoons zullen beseffen dat er meer opvattingen bestaan die mogelijk juist zijn, (2) zij zullen zich beseffen dat de resultaten moeten aantonen welke mogelijkheid klopt en (3) hun conclusies zullen gebaseerd zijn op de data. Om er zeker van te zijn dat gemeten kan worden of leerlingen hun veronderstelling bijstellen, moeten een onderwerp worden gekozen waarvan bekend is dat hierover misconcepties bestaan. Eén van de bekendste veelvoorkomende misconcepties is te vinden in de natuurkunde over zwaartekracht. Veel kinderen, maar ook veel volwassenen, zijn ervan overtuigd dat gewicht invloed heeft op hoe snel een voorwerp naar beneden valt; zij geloven dat zware voorwerpen sneller vallen dan lichte voorwerpen. Het experiment zal daarom gaan over de valtijd van voorwerpen.

Datgene waar hypothese 1 betrekking op heeft, namelijk het beseffen dat er meerdere mogelijkheden zijn, zou een positieve invloed moeten hebben op het experimenteelgedrag. Als kinderen zich bewust worden van andere mogelijkheden, is er een grotere kans dat zij die mogelijkheden meenemen in hun dataverzameling. Zij zullen dan sneller geneigd zijn niet alleen hun eigen hypothesen te bekrachtigen, maar ook te toetsen wat zij van tevoren niet hadden verwacht. Hieruit blijkt eigenlijk ook al dat zij beseffen dat de verschillende ideeën moeten worden getoetst aan de hand van de resultaten (hypothese 2). Dit besef zal dan tot uiting komen in het aantal experimenten en de benodigde tijd hiervoor. Uiteindelijk zal uit hun eigen redenering moeten volgen of zij dan ook daadwerkelijk hun conclusie baseren op de resultaten die zij hebben gezien, zoals dat in hypothese 3 wordt gesteld.

Methode

Participanten

De participanten waren 30 leerlingen uit twee groepen 8 van een reguliere basisschool. Met toestemming van ouders of verzorgers deden 18 jongens en 12 meisjes mee tussen 11.1 en 13.2 jaar, met een gemiddelde leeftijd van 11.9 jaar ($SD = 0.49$). Deze participanten werden random verdeeld in twee condities; een controleconditie (9 jongens, 6 meisjes, gemiddeld 11.8 jaar, $SD = 0.43$) en een experimentele conditie (9 jongens, 6 meisjes, gemiddeld 12.0 jaar, $SD = 0.54$). De leerlingen hadden op school niet eerder les gekregen over de natuurkundige wetten bij vallende objecten.

Materialen

Op tafel waren voor aanvang 8 genummerde voorwerpen aanwezig die verschilden in de factoren gewicht, kleur en omvang, zoals te zien in Tabel 1.

Tabel 1

Eigenschappen van de voorwerpen

Voorwerp	Omvang	Gewicht	Kleur	Valtijd
Bal 1	4.5 cm	5 gram	Rood	0.50 sec
Bal 2	4.5 cm	5 gram	Blauw	0.50 sec
Bal 3	6.5 cm	5 gram	Rood	0.75 sec
Bal 4	6.5 cm	5 gram	Blauw	0.75 sec
Bal 5	4.5 cm	50 gram	Rood	0.50 sec
Bal 6	4.5 cm	50 gram	Blauw	0.50 sec
Bal 7	6.5 cm	50 gram	Rood	0.75 sec
Bal 8	6.5 cm	50 gram	Blauw	0.75 sec

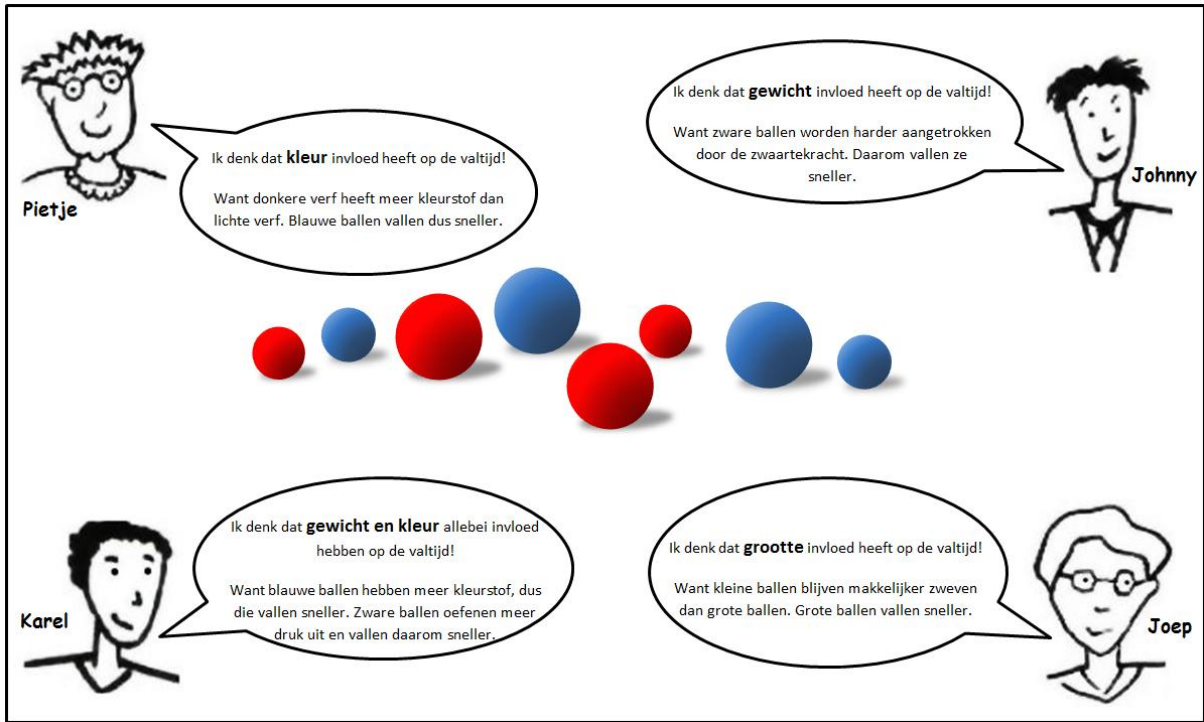
Hiervoor werden pingpongballen en tennisballen gebruikt, die al dan niet waren verzwaard en gekleurd. Ook stond er een kleine bak met zand om de voorwerpen in te laten vallen, zodat zij niet zouden stuiteren. Op een A4 stonden de drie factoren waarin de voorwerpen verschilden op een rijtje. De leerlingen in de experimentele conditie kregen tweemaal een concept cartoon aangeboden (zie Figuur 1 en 2). Zoals te zien in Figuur 1, werden hierop vier jongens afgebeeld die alle vier een andere hypothese hadden over welke factor invloed heeft,

of welke factoren invloed hebben, op de valtijd. Alle factoren (kleur, gewicht en omvang) werden minstens één keer genoemd en bij elke hypothese werd een onderbouwing gegeven om de geloofwaardigheid van de hypothesen te versterken. Deze eerste concept cartoon moest de leerlingen er op wijzen dat de mogelijkheid bestond een andere hypothese te hebben dan de hypothese die zijzelf hadden.

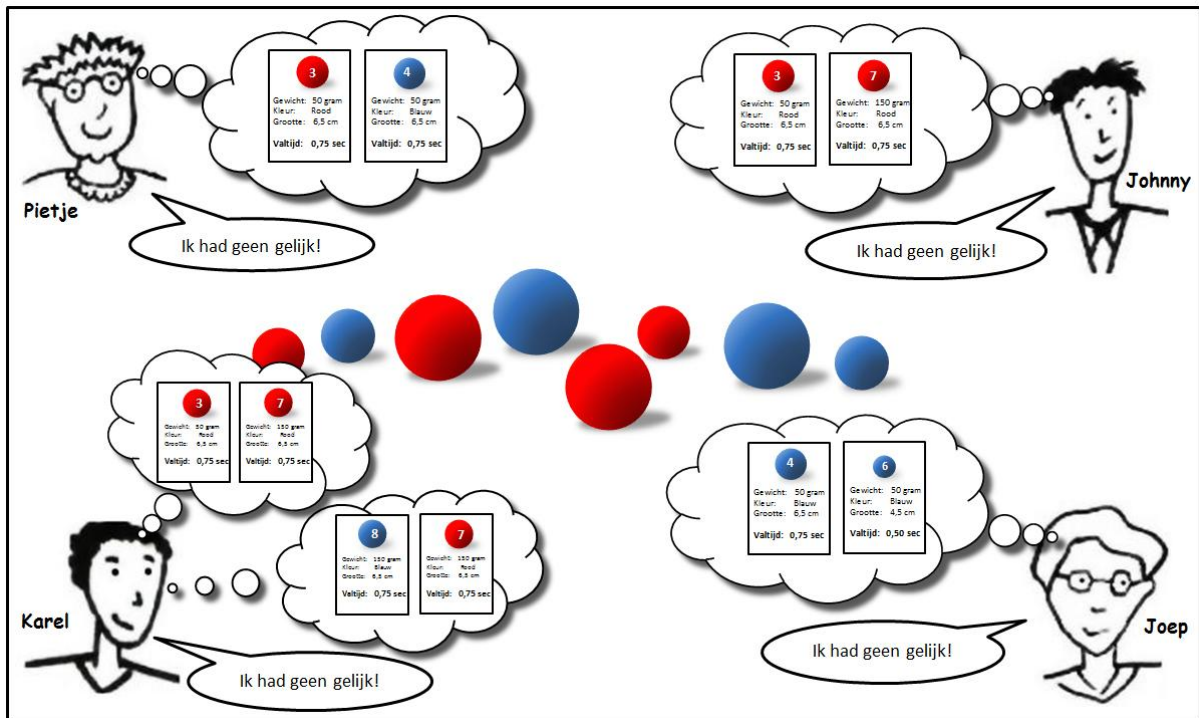
Het gewicht, de omvang en de valtijd van de ballen hoefden de leerlingen niet zelf te meten, maar waren op kaartjes weergegeven, zodat bij elke bal uit Tabel 1 een kaartje hoorde. Deze kaartjes hadden een voorkant en een achterkant (zie Figuur 3). Op de voorkant stonden een afbeelding, een balnummer, de kleur, het gewicht en de omvang. Op de achterkant stonden dezelfde waarden, met de toegevoegde valtijd. De kaartjes lagen naast elkaar, met de voorkant zichtbaar naar boven, op stapeltjes (met vier kaartjes per bal) in een display (zie Figuur 4). Zo konden de leerlingen goed zien wat precies de verschillen waren tussen de ballen. Wanneer de leerlingen de instructie kregen de ballen met elkaar te vergelijken, werden de bijbehorende kaartjes omgedraaid en naast elkaar op tafel gelegd, zodat de valtijden met elkaar vergeleken konden worden. De kaartjes dienden dan als resultaten voor hun experimenten.

Om de leerlingen in de experimentele conditie in de lijn van de concept cartoons te houden werd ook een concept cartoon getoond waarop de jongens uit de eerste concept cartoon een conclusie trekken over hun hypothese (zie Figuur 2). Zij zeggen of zij wel of geen gelijk hebben en onderbouwen dit met afgebeelde resultaten.

Ten slotte werd na het experiment een foto gemaakt van de kaartjes die de leerling met elkaar had vergeleken.



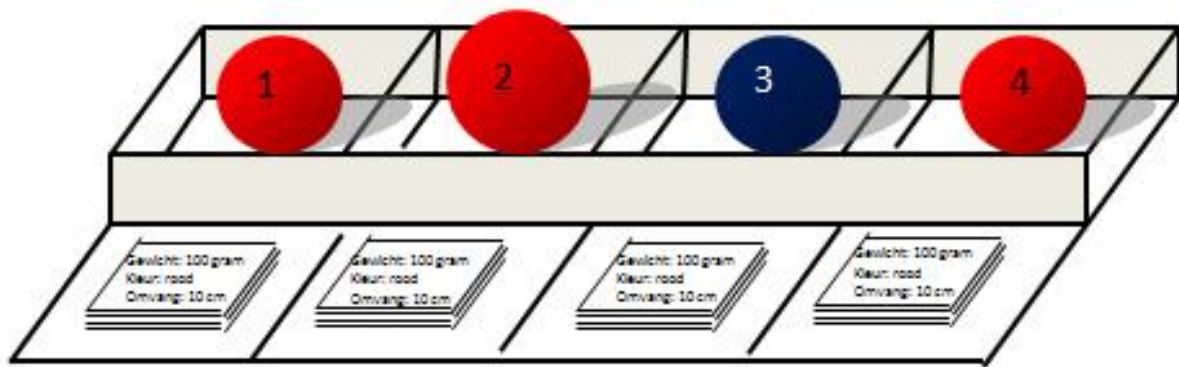
Figuur 1. Concept Cartoon 1: Hypothesen



Figuur 2. Concept Cartoon 2: Conclusies



Figuur 3. Voor en achterkant van een kaartje met data



Figuur 4. Display met ballen en kaartjes. In totaal waren er acht ballen. Deze lagen alle acht naast elkaar.

Procedure

De leerlingen werden één voor één uit de klas gehaald door één van de twee proefleiders en namen individueel deel aan het experiment. Het experiment vond plaats in een rustige ruimte, waar de leerlingen niet werden afgeleid. In die ruimte stond een tafel met daarop de 8 voorwerpen en de zandbak. Aan het begin van het experiment werd de leerling gevraagd of hij of zij echt mee wilde doen en vervolgens om zijn of haar geboortedatum. Hierna legde de proefleider uit waar het experiment over ging; de valtijd van vallende objecten. De leerlingen kregen daarna de factoren te zien, waarin de objecten van elkaar verschilden, en moesten antwoord geven op de vraag welke factor of factoren invloed zou hebben op de valtijd en hoe die invloed dan was, om zo de hypothesen van de leerlingen te meten. Deze vragen werden als volgt gesteld:

“Wat denk jij dat invloed heeft op die valtijd?”

“Wat valt dan sneller? Rood of Blauw/Zwaar of licht/Groot of klein?”

Hierna kregen leerlingen uit de experimentele conditie de eerste concept cartoon te zien (zie Figuur 1), die hen erop wees dat meerdere hypothesen mogelijk zijn. Na uitgelegd te hebben dat er metingen waren gedaan en dat de valtijden van de verschillende ballen achterop de kaartjes stonden, kreeg deze experimentele conditie vervolgens de tweede concept cartoon (zie Figuur 2). Wanneer ze deze goed hadden bekeken, werden beide concept cartoons van tafel gehaald. Ook de controleconditie werd verteld dat er metingen waren gedaan en dat deze op de kaartjes stonden, maar zij kregen de concept cartoons niet te zien.

Beide condities werd dan gevraagd te gaan experimenteren met de ballen door er steeds twee te laten vallen en met elkaar te vergelijken. Daarbij moesten zij de kaartjes die daarbij hoorden in paren voor zich neer leggen. Om zeker te zijn dat de leerling de informatie zou zien die betrekking had op de misconceptie, werd de eerste vergelijking begeleid en bepaald door de proefleider. Het werd aan de leerling gelaten hoe lang en hoeveel zij wilden experimenteren en tijdens het experimenteren werden verder geen aanwijzingen gegeven.

Wanneer de leerlingen aangaven klaar te zijn, werd hen gevraagd welke factor of welke factoren invloed hadden op de valtijd en wat die invloed was. Ten slotte werd gevraagd hoe ze op dat antwoord waren gekomen. Dit werd gevraagd met de volgende woorden:

“Wat heeft nou invloed op de valtijd?”

“Wat valt dan sneller? Rood of Blauw/Zwaar of licht/Groot of klein?”

“Hoe kom je daar op?”

Scoring en data-analyse

Hypothesen Voorafgaand aan het experimenteren werd eenmaal bepaald wat de hypothesen waren van de leerlingen. Deze werden gecodeerd aan de hand van welke factoren volgens de leerling invloed zouden hebben op de valtijd en hoe. Op deze manier kon van elke factor gezegd worden hoe die hypothese er uit zag (bijvoorbeeld “licht valt sneller” of “zwaar valt sneller”). Aan de hand van deze hypothesen kon worden vastgesteld of er sprake was van een misconceptie.

Experimenten Tijdens het experimenteren werd gemeten hoeveel tijd de leerling gebruikte (in seconden), hoeveel vergelijkingen hij of zij maakte en welke vergelijkingen. Uit dit laatste kon worden opgemaakt welke factoren de leerlingen onderzochten. Belangrijk was

om hierbij te kijken of de leerling slechtst de factor onderzocht waarvan hij of zij dacht dat deze invloed had, of ook factoren waarvan hij of zij dacht dat deze geen invloed zouden hebben, om zo een algeheel beeld te krijgen. Hypothese 1 werd getoetst aan de hand van deze factoruitbreiding, waarbij per leerling werd bepaald of zij (“wel” of “niet”) factoren onderzochten die zij niet genoemd hadden bij hun hypothesen. Hypothese 2 werd ook gemeten aan de hand van die factoruitbreiding, maar ook aan de hand van de tijd en de hoeveelheid experimenten die de leerlingen maakten.

Conclusies Vervolgens werden de conclusies gemeten en gecodeerd op dezelfde manier als de hypothesen: per factor werd bepaald hoe die conclusie er uit zag (bijvoorbeeld “licht valt sneller” of “zwaar valt sneller”). Door hypothese en conclusie te vergelijken kon worden bepaald of er sprake was geweest van een conceptverandering. Per leerling werd dan gekeken of de conclusies (“wel” of “niet”) afweken van de hypothesen. Uit de onderbouwing van de leerling – hoe deze op die conclusie was gekomen - bleek of deze conclusie was gebaseerd op de data (wel of niet kloppend), op de hypothese (wel of niet kloppend) of dat de leerling in twijfel was gebracht en het niet wist. Een conclusie werd als kloppend gecodeerd, wanneer deze overeenkwam met de wetenschappelijke theorie omtrent het vallen van objecten. (Alleen omvang heeft invloed op de valtijd; kleine voorwerpen vallen sneller dan grote voorwerpen door de verminderde luchtweerstand.) In het eerste geval (wanneer de conclusie gebaseerd was op de data) gaven leerlingen een onderbouwing als: “Dat kan ik zien aan de kaartjes, de kleine valt sneller dan de grote”. In het tweede geval (wanneer de conclusie gebaseerd was op de hypothese) verklaarden zij hun conclusie door terug te vallen op hun oorspronkelijke theorie, bijvoorbeeld op de volgende manier: “Ik denk dat, want zware ballen vallen sneller, omdat zij meer worden aangetrokken.” Twijfel bleek wanneer leerlingen verward waren geraakt en bijvoorbeeld zeiden dat zij het niet meer wisten. Hypothese 3 werd getoetst aan de hand van dit onderscheid.

Resultaten

Hypothesen Kleur werd in beide condities geen enkele keer als causale factor genoemd. 14 van de 15 leerlingen uit de controleconditie en alle leerlingen uit de experimentele conditie dachten dat gewicht wel invloed zou hebben op de valtijd. Zowel in de controleconditie als in de experimentele conditie zat 1 leerling die voorspelde dat lichte voorwerpen sneller zouden vallen, de rest geloofde dat zware voorwerpen sneller beneden waren. Ten slotte noemden in

de controleconditie 9 leerlingen omvang niet, 2 leerlingen dachten dat kleine objecten sneller zouden vallen en 4 leerlingen dachten grote objecten. In de experimentele conditie dachten 10 leerlingen dat omvang geen invloed had, 4 leerlingen waren ervan overtuigd dat kleine objecten sneller zouden vallen en 1 leerling voorspelde dat voor grote objecten. De meeste leerlingen (96.7%) dachten dus (onterecht) dat gewicht invloed heeft op de valtijd. Bovendien kwamen er geen leerlingen voor die niet ten minste één niet-kloppende veronderstelling hadden. In beide condities waren de hypothesen voor de factor kleur gelijk. Een chi kwadraattoets liet zien dat de verschillen in hypothesen tussen de condities voor de factoren gewicht ($X^2(2, N = 30) = 1.04, p = 0.60$) en omvang ($X^2(2, N = 30) = 2.52, p = 0.28$) niet significant waren.

Experimenten De gemiddelde tijd die leerlingen voor het experimenteren nodig hadden (in seconden) was iets meer in de controleconditie (156 seconden, $SD = 79$) dan in de experimentele conditie (134 seconden, $SD = 57$). Uit een variantie-analyse bleek echter dat dit geen significant verschil is ($F(1, 28) = 0.75, p = 0.40$).

Leerlingen in de controleconditie maakten gemiddeld ook iets meer vergelijkingen (gemiddeld 4.1 vergelijkingen, $SD = 1.2$) dan leerlingen in de experimentele conditie (gemiddeld 3.6 vergelijkingen, $SD = 1.1$), maar dit verschil bleek wederom niet significant ($F(1, 28) = 1.25, p = 0.27$). Tabel 2 laat zien welke factoren zijn getest door de leerlingen uit beide condities. Opvallend is dat bijna alle leerlingen gewicht en omvang toetsten, maar slechts de helft van de leerlingen ook keek naar de factor kleur.

Tabel 2

Aantal en percentages leerlingen dat factor toetst

Getoetste factor	<u>Conditie</u>	
	Controle	Experimenteel
Kleur	7 (47%)	7 (47%)
Gewicht	13 (87%)	14 (93%)
Omvang	15 (100%)	13 (87%)

Ook in het aantal factoren dat leerlingen onderzochten bleek geen significant verschil te bestaan tussen de condities ($F(1, 28) = 0.08, p = 0.79$). Dit blijkt uit Tabel 3. Bovendien toetsten 11 leerlingen (73%) in de controleconditie en 12 leerlingen (80%) in de experimentele conditie ook één of meerdere factoren waarvan zij bij voorbaat dachten dat

deze geen invloed zou(den) hebben, wederom zonder verschil tussen de condities ($X^2(1, N = 30) = 0.19, p = 0.67$).

Tabel 3

Aantal en percentages leerlingen dat aantal factoren toetst

Aantal factoren	Conditie	
	Controle	Experimenteel
1	1 (7%)	2 (13%)
2	8 (53%)	7 (47%)
3	6 (40%)	6 (40%)

Conclusies In de controleconditie zaten 5 leerlingen (van de 15) die een foute conclusie trokken, in de experimentele conditie waren dat er 6 (van de 15). Daarbij verschilden bij 2 leerlingen uit de controleconditie en 3 leerlingen uit de experimentele conditie de conclusies niet van de hypothesen die zij gaven. Tabel 4 laat zien hoe de conclusies per factor waren verdeeld over de leerlingen.

Tabel 4

Conclusieverdeling per factor

	Conditie	
	Controle	Experimenteel
Kleur		
Geen invloed	15	14
Blauw sneller	0	1
Rood sneller	0	0
Gewicht		
Geen invloed	11	10
Licht sneller	1	0
Zwaar sneller	3	5
Omvang		
Geen invloed	0	4
Klein sneller	13	11
Groot sneller	2	0

Op basis van de conclusies en de onderbouwingen die leerlingen daarbij gaven, kon worden nagegaan hoe ze deze conclusie trokken. Dit kon op basis van de hypothese – wel of niet kloppend, op basis van de resultaten uit hun experimenten – wel of niet kloppend, of in twijfel. Hieronder volgt Tabel 5 waarin staat hoe de leerlingen per conditie hierin waren verdeeld. Ook hier verschilden de condities niet significant ($X^2(3, N = 30) = 1.39, p = 0.71$). Omdat er geen leerlingen waren die geen enkele hypothese hadden geformuleerd die onjuist bleek (“Alleen grootte heeft invloed, kleine voorwerpen vallen namelijk sneller.”), viel niemand in de eerste groep.

Tabel 5

Aantal en percentages leerlingen met type conclusies

	<u>Conditie</u>	
	Controle	Experimenteel
Gebaseerd op de hypothese, kloppend	0 (0%)	0 (0%)
Gebaseerd op de hypothese, niet kloppend	1 (7%)	3 (20%)
Gebaseerd op de resultaten, kloppend	10 (67%)	9 (60%)
Gebaseerd op de resultaten, niet kloppend	2 (13%)	2 (13%)
Twijfel	2 (13%)	1 (7%)

Conclusies en discussie

Het doel van dit onderzoek was om een manier te vinden kinderen beter te laten begrijpen dat het doel van een experiment is om een hypothese te toetsen aan de hand van resultaten. Hierdoor zouden kinderen beter in staat moeten zijn op een juiste manier conclusies te trekken en dit zou zich dan ook uiten in op resultaten gebaseerde conclusies in plaats van op hypothese gebaseerde conclusies. Om dit te bereiken kregen de kinderen concept cartoons die ervoor moest zorgen dat zij zich gingen realiseren dat er meerdere manieren zijn om over een wetenschappelijk fenomeen na te denken. Dit zou het begrip aanwakkeren dat het doel van het experimenteren is om erachter te komen hoe het werkelijk zit, door op basis van resultaten conclusies te trekken.

Er werd verwacht dat kinderen die de concept cartoons te zien kregen meer factoren onderzochten bij het experimenteren met de ballen, dan kinderen die de concept cartoons niet

te zien kregen. Ook zou deze eerste groep kinderen meer geneigd zijn naar factoren te kijken waarvan zij dachten dat deze geen invloed hadden op de valtijd. Vervolgens zouden zij met concept cartoons betere conclusies trekken. Dat wil zeggen; conclusies die gebaseerd zijn op empirische data. Ook zouden zij dit meer doen op basis van de resultaten, terwijl kinderen die geen concept cartoon te zien kregen meer geneigd zouden zijn terug te vallen op hun aanvankelijke veronderstelling; de hypothese.

Hypothese 1 Of leerlingen in de experimentele conditie zich meer zouden realiseren dan leerlingen uit de controleconditie dat er andere mogelijkheden waren dan hun eigen veronderstellingen, werd getoetst aan de hand van de experimenten die zij deden. Deze realisatie zou namelijk een positieve invloed moeten hebben gehad op het experimenteelgedrag waarbij in de experimentele conditie vaker niet alleen gekeken werd naar de factoren en verbanden waarover leerlingen een hypothese hadden gevormd, maar ook naar andere factoren en verbanden. Er bleek in dit opzicht geen verschil tussen de condities, hoewel in beide groepen het merendeel van de leerlingen dit wel deed. 73% van de leerlingen uit de controleconditie en 80% uit de experimentele conditie onderzochten factoren waarover zij geen hypothese hadden gevormd. Aan de hand van deze gegevens zou de eerste hypothese echter verworpen moeten worden; concept cartoons zorgen niet voor een beter besef van andere mogelijkheden.

Hypothese 2 Om te kijken of de concept cartoons ervoor zouden zorgen dat leerlingen zich beter gingen realiseren dat bij het toetsen van een hypothese gekeken moet worden naar resultaten, werd het kijken naar andere factoren, benodigde tijd en het aantal experimenten beoordeeld. Van de eerste blijkt hierboven al dat er geen significant verschil werd gevonden. Ook een verschil in de gemiddeld benodigde tijd en een verschil in het gemiddelde aantal experimenten bleek afwezig. Dat betekent dat ook hypothese 2 aan de hand van deze resultaten verworpen wordt; concept cartoons zorgen niet voor een beter begrip over het toetsen van hypothesen.

Hypothese 3 Kinderen zouden door de concept cartoons een conclusie moeten trekken op basis van de resultaten en niet op basis van hun initiële veronderstelling, zoals veel kinderen blijken te doen (Zimmerman, 2007). Dit zou opgemerkt worden aan de onderbouwing van hun uiteindelijke conclusie, het antwoord op de vraag “Hoe kom je daar nou op?”. Uiteindelijk bleek ook hier in geen significant verschil te bestaan tussen de condities. De meeste leerlingen (80% uit de controleconditie en 73% uit de experimentele conditie) lieten zich bij het trekken van hun conclusie inspireren door de resultaten en niet

door hun hypothese. Wederom moet op basis van die gegevens de hypothese worden verworpen; concept cartoons zorgen niet voor beter onderbouwde conclusies.

Al met al kan geconcludeerd worden dat het aanbieden van de concept cartoons geen effect had op de gemeten variabelen. Echter bleek uit het onderzoek niet dat leerlingen moeite hadden met het experimenteren en het trekken van conclusies. Zowel zonder cartoons als met cartoons onderzochten de meeste leerlingen ook factoren waar zij geen hypothese over hadden geformuleerd (70-80%). Bovendien onderzocht 40% van de leerlingen alle mogelijke factoren. Bij het trekken van conclusies liet in beide condities het merendeel zich inspireren door de resultaten (70-80%) en 80-85% van deze leerlingen trok hierbij ook nog eens de juiste conclusies.

Deze relatief hoge prestaties stroken niet met de bevindingen van veel andere onderzoeken (Zimmerman, 2007), waarin kinderen toch beduidend meer moeite lijken te hebben met deze vaardigheden. Dit verschil zou verschillende oorzaken kunnen hebben. Ten eerste kan het zo zijn dat het ontwerp en protocol van het onderzoek, zonder de concept cartoons, wellicht al genoeg houvast en informatie gaf om op een juiste manier de experimentele cyclus te doorlopen. De ballen lagen op volgorde naast elkaar, waardoor het misschien meer voor de hand lag om op een gestructureerde wijze te gaan experimenteren. Daarnaast werd er duidelijk één experiment voorgedaan, waaruit duidelijk genoeg zou kunnen blijken dat het van belang was de factoren te onderzoeken. Er was bovendien weinig 'ruis' - geen informatie waardoor leerlingen gemakkelijk afgeleid konden raken (drie factoren met steeds maar twee mogelijke waarden) - en daardoor misschien te veel structuur en een te laag moeilijkheidsniveau. Ten slotte werd de structuur wellicht ook te veel ondersteund door de manier waarop de resultaten werden gepresenteerd. Door met kaartjes te werken en deze in paren te laten neerleggen, werd het erg voor de hand liggend om daar iets mee te moeten doen.

Een mogelijk verschil zou ook het intelligentieniveau van de leerlingen kunnen zijn. Deze is in dit onderzoek niet gemeten, waardoor een vaststaand verband niet kan worden onderbouwd. Echter is op informele wijze van de betrokken school bekend dat deze is gevestigd in een omgeving met veel hoogopgeleide mensen en is te verwachten dat de sociaaleconomische status van de leerlingen relatief hoog is. Ook dit is niet gemeten en kan alleen hypothetisch worden gesteld. Een andere verklaring zou kunnen liggen in het onderwijsmodel op de betreffende school. Ook hiernaar is in deze context geen onderzoek gedaan. Het zou echter mogelijk kunnen zijn dat de leerlingen op deze school relatief goed worden ondersteund in de ontwikkeling van hun wetenschappelijke vaardigheden.

Toch liggen de uitkomsten van dit onderzoek niet geheel buiten de lijn van resultaten uit andere onderzoeken. Zimmerman (2007) concludeerde dat kinderen veel competentere zijn dan we denken, wanneer het gaat om wetenschappelijk redeneren. Zoals eerder besproken, lieten Sodian et al. (1991) bijvoorbeeld al zien dat kinderen in staat zijn conceptueel onderscheid te maken tussen hypothese en resultaten. De resultaten uit dit onderzoek zouden hierbij aan kunnen sluiten en het nut van verder onderzoek in dit gebied kunnen onderbouwen. Aan de hand van de observaties die gedaan zijn kan voor de praktijk worden geconcludeerd dat kinderen met structurele ondersteuning goed in staat zijn de wetenschappelijke cyclus te doorlopen.

Echter was een verschil in prestaties tussen de condities niet onmogelijk. Ondanks het feit dat de controlegroep weinig problemen ondervond met het experiment, had de experimentele groep het alsnog beter kunnen doen. Dat is niet gebeurd. Het effect van concept cartoons in wetenschappelijke context is dus niet naar voren gekomen, maar dit betekent nog niet dat ze in deze context geen effect kunnen hebben. De afwezige verschillen zouden kunnen liggen in de impliciete manier waarop de concept cartoons zijn toegepast; de leerling werd niet gewezen op het doel van de concept cartoons. Het effect zou groter kunnen zijn wanneer eerst met de leerling zou worden gepraat over de boodschap van de concept cartoon: er zijn meerdere manieren om hierover na te denken, wat jij denkt hoeft niet waar te zijn. Dit onderzoek heeft niet gecheckt of leerlingen de achterliggende boodschap begrepen. Leerlingen kunnen bovendien wel inzien dat er meerdere hypothesen mogelijk zijn, maar dit hoeft niet tot uiting te komen in hun experimenteelgedrag. Dit experimenteelgedrag is dus eigenlijk geen goede variabele om het inzicht dat alternatieve hypothesen mogelijk zijn te meten. Daarnaast zouden meer betrouwbare resultaten worden verkregen, wanneer tijdens het experimenteren expliciet gemeten werd welke factor de leerling onderzocht. Dat is nu afgeleid uit foto's die gemaakt zijn van gemaakte vergelijkingen.

Het effect van concept cartoons zou beter kunnen worden gemeten met een steekproef waarin kinderen wel moeite hebben met het wetenschappelijke redeneren. Toekomstig onderzoek zou zich bijvoorbeeld kunnen richten op een dergelijke invloed in situaties waarbij de taak moeilijker is en minder gestructureerd. Ook zou interessant kunnen zijn om te onderzoeken of ze een groter verschil maken bij jongere kinderen of kinderen uit verschillende sociaaleconomische milieus. Bovendien zou gekeken kunnen worden of de goede prestaties in dit onderzoek toe te wijzen zijn aan de manier waarop de methode was vormgegeven. Onderzoek zou zich kunnen richten op manieren om wetenschappelijke

vaardigheden aan te leren met de gestructureerde aspecten uit dit onderzoek als uitgangspunt voor instructie.

Referenties

- Amsel, E., & Brock, S. (1996). The development of evidence evaluation skills. *Cognitive Development, 11*, 523–550.
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Children's responses to anomalous scientific data: How is conceptual change impeded? *Journal of Educational Psychology, 94*, 327–343.
- Keogh, B. (1999). Concept cartoons, teaching and learning in science: an evaluation. *International Journal of Science Education, 21*, 431-446
- Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual search space during scientific reasoning. *Cognitive Science, 12*, 1-48.
- Klahr, D & Simon, H (2001) What Have Psychologists (And Others) Discovered about the Process of Scientific Discovery? *Current Directions in Psychological Science, 10*, 75-79.
- Koerber, S., Sodian, B., Thoermer, C., & Nett, U. (2005). Scientific reasoning in Young children: Preschoolers' ability to evaluate covariation evidence. *Swiss Journal of Psychology, 64*, 141-152.
- Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review, 96*, 674–689.
- Kuhn, D. (1991). *The skills of argument*. New York: Cambridge University Press.
- Kuhn, D. (1993). Connecting scientific and informal reasoning. *Merrill-Palmer Quarterly, 39*, 74–103.
- Kuhn, D., Amsel, E., & O'Loughlin, M. (1988). *The development of scientific thinking skills*. Orlando, FL: Academic Press.
- Kuhn, D., Schauble, L. & Garcia-Mila, M. (1992). Cross-Domail Development of Scientific Reasoning. *Cognition and Instruction, 9*, 285-327.
- Kuhn, D., Garcia-Mila, M., Zohar, A., & Andersen, C. (1995). Strategies of knowledge acquisition. *Monographs of the Society for Research in Child Development, 60*, 1–128.
- Leslie, AM (1982). The perception of causality in infants. *Perception, 11*, 173-186.
- Metz, K.E. (2008) Narrowing the gulf between the practices of science and the elementary school science classroom. *The Elementary School Journal, 109*, 138-161.

- Nickerson, R.S. (1998). Confirmation bias: A ubiquitous phenomenon in many guises. *Review of General Psychology*, 2, 175-220.
- Schauble, L. (1990). Belief revision in children: The role of prior knowledge and strategies for generating evidence. *Journal of Experimental Child Psychology*, 49, 31–57.
- Schauble, L. (1996). The development of scientific reasoning in knowledge-rich contexts. *Developmental Psychology*, 32, 102–119.
- Sodian, B., Zaitchik, D., & Carey, S. (1991). Young children's differentiation of hypothetical beliefs from evidence. *Child Development*, 62, 753–766.
- Tschirgi, J. E. (1980). Sensible reasoning: A hypothesis about hypotheses. *Child Development*, 51, 1-10.
- Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27, 172-223.
- Zimmerman, C. & Glaser, R. (2001). *Testing positive versus negative claims: A preliminary investigation of the role of cover story in the assessment of experimental design skills* (Tech.Rep. No. 554). Los Angeles, CA: UCLA National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing (CRESST) .