

ONDERZOEKEN HOE KINDEREN ONDERZOEKEN

BACHELOR**THESE**



ELLEN KAMP
S0156086

1^{ste} begeleider: Ard Lazonder
2^{de} begeleider: Pascal Wilhelm

Datum: 31-08-2011

CONTENTS

Samenvatting	3
Abstract	3
Inleiding.....	4
Vaardigheden voor onderzoekend leren	4
Onderzoeksvraag en hypothesen	4
Experimenten opzetten en uitvoeren	5
Resultaten evalueren	5
Instructie interventies	6
Inhoudelijke ondersteuning	6
Procesondersteuning	7
Methode	9
Proefpersonen.....	9
Materialen.....	9
Procedure.....	12
Resultaten	13
Conclusie & Discussie	15
Referenties.....	17
Bijlage 1	18

SAMENVATTING

In deze studie wordt onderzocht of de vaardigheid in systematisch experimenteren vergroot kan worden, door in te grijpen op het proces van het formuleren van een onderzoeksvraag. Zevenenvijftig leerlingen uit groep zeven en acht voerden een experiment uit in een digitale omgeving, waarbij ze het effect van vier variabelen op de nagalm tijd van een gong onderzochten. De leerlingen werden random over drie groepen verdeeld. Één groep kreeg de opdracht zelf een onderzoeksvraag te bedenken voordat ze startte met het experiment. De andere twee groepen kregen, alvorens ze begonnen te experimenteren, een onderzoeksvraag aangereikt door de proefleider. Dit was ofwel een brede vraag, gericht op alle vier variabelen tegelijkertijd, ofwel vier achtereenvolgende specifieke vragen, steeds gericht op slechts één van de vier variabelen. De resultaten laten zien dat er geen verschillen zijn in de mate van systematisch experimenteren tussen de groepen met een smalle onderzoeksvraag en de groep met een brede onderzoeksvraag. Wel blijkt dat wanneer kinderen een eigen onderzoeksvraag mogen kiezen, ze meestal kiezen voor een specifieke, smalle vraag, gericht op één variabele. Geconcludeerd kan worden dat type onderzoeksvraag dat wordt gebruikt tijdens het experimenteren niet van invloed is op de prestaties in het systematisch experimenteren. Hoewel kinderen in staat blijken te zijn om zelf een onderzoeksvraag te formuleren, is ondersteuning nodig om ervoor te zorgen dat zij alle mogelijke aspecten van een object of verschijnsel onderzoeken

ABSTRACT

This study investigated whether the skill of systematic experimentation can be increased through an intervention in the process of research question formulation. Fifty-seven seven and eight-graders engaged in a simulation-based inquiry task were asked to discover the effects of four different variables on the reverberation time of a gong. The pupils were randomly allocated to one of three groups; One group had to formulate a research question themselves, before starting their experimentation. The other two groups received a question from the experimenter. Here a distinction was made between one broad question, targeted at all four variables at once, and a series of four specific questions that addressed these variables one at a time. Results showed no differences in the degree of systematic experimentation between the groups that received the specific research questions and the group that received the broad question. Most of the participants who had to formulate their own research question, posed a specific question that involved just one of the four variables. From these findings it can be concluded that the type of research question used during experimentation does not influence the performance of systematic experimentation. Even though children are capable of formulating a research question themselves, support is needed to ensure that they investigate all possible aspects of an object or phenomenon.

INLEIDING

Binnen het basisonderwijs is er steeds meer aandacht voor onderzoekend leren. Kinderen krijgen bijvoorbeeld de kans om te experimenteren met ontdekkisten en proefjes. Er wordt verondersteld dat deze vorm van leren, ook wel 'inquiry learning' of onderzoekend leren genoemd, leidt tot een dieper begrip. Een kind moet echter over een uitgebreide set aan vaardigheden beschikken om op deze manier te kunnen leren (Lazonder, Wilhelm, & van Lieburg, 2009). Een belangrijke vraag is dan ook in hoeverre kinderen deze vaardigheden bezitten en welke processen een rol spelen bij de ontwikkeling van deze vaardigheden. Een volgende vraag is welke consequenties dit heeft voor het lesgeven in de praktijk en wat voor instructiemethodes toegepast kunnen worden om deze vaardigheden bij kinderen te bevorderen.

VAARDIGHEDEN VOOR ONDERZOEKEND LEREN

Er zijn drie vaardigheden nodig voor onderzoekend leren. De eerste stelt kinderen in staat om onderzoeksvragen en vervolgens toetsbare hypothesen te genereren. De tweede vaardigheid is het opzetten en uitvoeren van een experiment om deze hypothesen te toetsen. Ten slotte moeten de kinderen de data die hieruit voortkomt op een goede manier analyseren en interpreteren. De kinderen moeten de gevonden resultaten verklaren en bedenken hoe de conclusies van hun experiment gegeneraliseerd kunnen worden (Kuhn & Dean, 2005).

ONDERZOEKSVRAAG EN HYPOTHESES

Een eerste vaardigheid bij het doen van wetenschappelijk onderzoek – en dus ook bij onderzoekend leren door kinderen – bestaat uit het bedenken van een onderzoeksvraag en het afleiden van mogelijke hypothesen. Hypothesen komen voort uit voorkennis of ideeën over hoe iets werkt (Zimmerman, 2007).

Aanwezige conceptuele voorkennis lijkt invloed te kunnen uitoefenen op de vorming van hypothesen en zo de manier van experimenteren door kinderen te kunnen beïnvloeden. Onderzoek van Klahr en Dunbar (1988) toont aan dat leerlingen met geen of weinig voorkennis vaak minder goed in staat zijn om goede hypothesen te bedenken. Dit zorgt ervoor dat zij eerder geneigd zijn een zogenaamde datagedreven aanpak te volgen dan een theoriegedreven aanpak. Bij een datagedreven aanpak is er vaak geen sprake van hypothesen voor het uitvoeren van een experiment. In plaats van telkens opnieuw te zoeken naar nieuwe hypothesen, wordt gezocht naar nieuwe experimenten die uitgevoerd kunnen worden. In de uitkomsten hiervan, wordt gezocht naar regelmatigheden die eventueel kunnen wijzen op causale verbanden. Bij een theoriegedreven aanpak wordt telkens opnieuw naar nieuwe hypothesen gezocht. Conceptuele kennis en resultaten van eerdere experimenten worden gebruikt om nieuwe hypothesen te formuleren. Wanneer leerlingen over meer voorkennis beschikken, is het relatief eenvoudiger om goede hypothesen te bedenken en wordt relatief vaker een theoriegedreven aanpak gevolgd.

Mensen met een theoriegedreven aanpak voeren minder experimenten uit dan mensen met een datagedreven aanpak. Bovendien voeren mensen met een theoriegedreven aanpak meer discriminerende experimenten uit. Dit zijn experimenten op basis waarvan onderscheiden kan worden of een hypothese juist of onjuist is. (Klahr & Dunbar, 1988). Ook in een studie van Lazonder, Wilhelm en Hagemans (2008) volgden proefpersonen die over meer conceptuele kennis beschikten vaker een theoriegedreven aanpak dan proefpersonen zonder voorkennis. Meer conceptuele kennis stelt proefpersonen in staat om meer en relevantere hypothesen te genereren en zo informatievere experimenten te kunnen opzetten. (Lazonder et al. , 2008)

Aanwezige conceptuele kennis speelt dus een belangrijke rol bij het doen van experimenten, doordat deze kennis de te volgen onderzoekstrategieën beïnvloedt. Dit werkt als een soort zelfregulerend systeem. Goede conceptuele kennis leidt tot het kiezen van effectievere onderzoekstrategieën. Deze onderzoekstrategieën zorgen voor een beter conceptueel begrip, dat vervolgens weer leidt tot nog betere en verfijnde onderzoekstrategieën (Zimmerman, 2007).

Bij kinderen blijkt dat, naast aanwezige conceptuele kennis, ook leeftijd van invloed is op het al dan niet bedenken van hypothesen. Onderzoek van Penner en Klahr (1996) wijst uit dat kinderen van 10 jaar vaak aan experimenten beginnen zonder expliciete hypothese. Zij zijn geneigd om een voorspelling te doen over de

uitkomst van het experiment, bijvoorbeeld *'Ik denk dat de grotere kubus het snelst zinkt'*. Penner en Klahr geven aan dat dit overeen komt met een datagedreven aanpak. Oudere kinderen, tussen 12 en 14 jaar, zijn over het algemeen wel geneigd om een duidelijke hypothese te stellen voorafgaand aan een experiment, zoals *"Gewicht heeft invloed op de snelheid waarmee een voorwerp zinkt"*. Dit duidt volgens de onderzoekers op een theoriegedreven aanpak.

Er ontstaat een probleem wanneer voorkennis incorrect is. Kinderen ontwikkelen voor ze naar school gaan al theorieën over de wereld, onder andere op het gebied van beweging, kracht, temperatuur en massa. Deze theorieën zijn meestal naïef en niet (geheel) juist en kunnen het leren in de weg staan. Deze zogenoemde 'prior beliefs' zijn namelijk van invloed op het kiezen van hypothesen en op het uitvoeren van experimenten (Chinn & Malhotra, 2002, Klahr & Li, 2005). Kinderen lijken de neiging te hebben om experimenten op te zetten om te bewijzen dat hun oorspronkelijke theorie juist is. Hierbij hebben ze de neiging andere variabelen die van belang zouden kunnen zijn, maar die niet binnen hun theorie passen, te negeren. Zo richtte veel van de kinderen zich in het onderzoek van Penner en Klahr (1996) zich op het aantonen van het belang van gewicht bij het zinken van objecten, waarbij ze weinig aandacht hadden voor variabelen als vorm, grootte en massa. Verder blijkt dat wanneer kinderen resultaten vinden die hun 'prior beliefs' tegenspreken, zij het vaak moeilijk vinden hun opvattingen aan te passen. Hierbij lijkt er wel verschil te zijn in de mate waarin 'prior beliefs' als persoonlijk worden beschouwd. Dit zijn bijvoorbeeld 'beliefs' over een levensovertuiging of 'beliefs' over de voordelen van het beroep dat men heeft gekozen. Persoonlijke 'prior beliefs' lijken moeilijker te veranderen (Chinn & Malhotra, 2002).

EXPERIMENTEN OPZETTEN EN UITVOEREN

De volgende vaardigheid in onderzoekend leren betreft het opzetten en uitvoeren van experimenten. In de vele literatuur over dit onderwerp speelt de 'Control of Variables Strategy' (CVS) een centrale rol (Kuhn & Dean, 2005). CVS is een strategie waarbij telkens maar één variabele wordt veranderd en de overige variabelen gelijk worden gehouden. Het gebruik van de CVS maakt het mogelijk om valide conclusies uit een serie experimenten te trekken. Daarnaast beperkt deze strategie het aantal mogelijke experimenten dat gedaan kan worden; doordat er telkens maar één variabele per experiment veranderd mag worden. Kinderen die de CVS onder de knie hebben, zijn in staat om goede van slechte experimenten te onderscheiden en zelf een goed experiment op te zetten (Klahr & Li, 2005).

Uit onderzoek is gebleken dat zelfs hele jonge kinderen al enig begrip hebben van wat een goed experiment inhoudt. Desondanks bestaan er grote verschillen tussen kinderen wat betreft de vaardigheden in het opzetten en uitvoeren van goede experimenten. Bovendien zijn zelfs niet alle volwassenen in staat om een correct experiment op te zetten. Wel blijkt dat de vaardigheden in het gebruik van de CVS verbeteren door instructie en oefening; zonder oefening zijn echter maar weinig basisschoolleerlingen hiertoe in staat (Zimmerman, 2007).

Daarnaast lijkt voorkennis, ook van invloed te zijn op deze vaardigheid. Kinderen zijn namelijk eerder geneigd tot het opzetten van valide experimenten wanneer ze verwachten een negatieve uitkomst te zullen vinden. Wanneer ze verwachtten dat de uitkomst positief zal zijn, zullen ze echter eerder geneigd zijn om meer dan één variabele te veranderen. Wanneer kinderen bijvoorbeeld doormiddel van een experiment moeten uitvinden, welke combinatie van ingrediënten leidt tot een lekkere, goed gelukte taart, kan een lekkere taart gezien worden als een positieve uitkomst van een experiment en een mislukte taart als een negatieve uitkomst. Kinderen lijken in dat geval sneller overtuigd van een causaal verband tussen variabelen en kiezen dan een strategie die gericht is op het herhalen van het positieve resultaat en het vermijden van negatieve resultaten. Conceptuele kennis heeft dus invloed op validiteit van de onderzoeksmethode door de verwachtingen die het schept bij kinderen over uitkomsten van een experiment. (Zimmerman, 2007).

RESULTATEN EVALUEREN

Het bedenken van toetsbare hypothesen en het opzetten van goede experimenten is nog niet voldoende om tot goede conclusies te komen. Daarvoor is ook vaardigheid nodig in het evalueren van de resultaten.

Bij het evalueren van data spelen vier processen een rol: observatie, interpretatie, generalisatie, en retentie. Zoals genoemd kunnen 'prior beliefs' invloed uitoefenen op zowel de vorming van hypothesen als het opzetten

van experimenten. Chinn en Malhotra (2002) hebben onderzocht welke van de vier bovengenoemde processen het meest worden beïnvloed door 'prior beliefs'. Uit hun onderzoek komt naar voren dat 'prior beliefs' vooral op het gebied van observatie een probleem kunnen vormen. Wanneer kinderen correcte 'prior beliefs' hebben, komen zij meestal ook tot een juiste verwachting van wat er gaat gebeuren tijdens een experiment. Vervolgens maken ze dan meestal ook een juiste observatie van het resultaat van het experiment. Wanneer 'prior beliefs' onjuist zijn, hebben kinderen meestal een onjuiste verwachting. Het blijkt dat kinderen vervolgens minder vaak een juiste observatie doen. Hun observaties lopen weliswaar uiteen, maar vertonen eenzelfde patroon als de observaties van kinderen die geen enkele verwachting hebben. Het is dus niet zo dat de kinderen simpelweg observeren wat ze verwachten te gaan zien. Dit proces lijkt vooral een rol te spelen wanneer er sprake is van ambigue data, waarbij het moeilijk is om kleine verschillen goed waar te nemen (Chinn & Malhotra, 2002).

INSTRUCTIE INTERVENTIES

Er zijn verschillende onderzoeken gedaan naar hoe men wetenschappelijk denken bij kinderen kan bevorderen. De meeste onderzoeken laten zien dat onderzoeksvaardigheden zich niet spontaan ontwikkelen en dat instructie absoluut een toegevoegde waarde heeft (Zimmerman, 2007). Eerder is genoemd dat conceptuele kennis en onderzoeksvaardigheden elkaar wederzijds kunnen versterken. Men kan bij instructie dan ook onderscheid maken tussen twee vormen. Ten eerste een instructie gericht op het vergroten van kennis, ofwel inhoudelijke ondersteuning. Ten tweede instructie gericht op het verbeteren van onderzoeksvaardigheden en methodes, ofwel procesondersteuning. Hierbij kan bovendien onderscheid worden gemaakt tussen "support" en "supplant".

In het eerste geval is de ondersteuning erop gericht dat de leerling de vaardigheid leert beheersen. Dit kan bijvoorbeeld door de vaardigheid eerst een paar keer te demonstreren en vervolgens gerichte feedback te geven wanneer de kinderen zelf aan de slag gaan. Het doel is dat de leerling de vaardigheid uiteindelijk zelfstandig kan uitvoeren. Deze vorm van ondersteuning heeft dus een lange termijn doel.

Bij "supplant" wordt een vaardigheid die het kind nog niet beheerst van hem of haar overgenomen. Het is niet de bedoeling dat de kinderen de vaardigheid beter leren beheersen. Deze vorm van ondersteuning kan nuttig zijn wanneer kinderen een omvangrijke taak moeten uitvoeren, zoals bij onderzoekend leren. Door het deel van de taak over te nemen dat een leerling nog niet (voldoende) beheerst, kan de leerling de rest van de taak zelfstandig uitvoeren. Het doel is dat de kinderen op dat moment de taak tot een goed einde te laten brengen. Daarvoor moet soms een gedeelte van de taak van ze worden overgenomen. Deze vorm van ondersteuning heeft dus vooral een korte termijn doel.

INHOUDELIJKE ONDERSTEUNING

Er zijn diverse onderzoeken gedaan naar het effect van inhoudelijke ondersteuning. De theorie hierachter is dat (correcte) conceptuele kennis leidt tot het formuleren van betere hypotheses, tot systematischer experimenteren (Lazonder, et al., 2008; Reid, Zhang, & Chen, 2003) en het maken van juiste observaties (Chinn & Malhotra, 2002).

De instructiemethode in deze laatste studie is een typisch voorbeeld van inhoudelijke ondersteuning. Voordat de kinderen in deze studie aan een experiment begonnen, legde de onderzoeker uit wat hij verwachtte dat het resultaat zou zijn en waarom dat zo is. De instructie was dus van invloed op de verwachting die kinderen voorafgaand aan een experiment hadden. Vervolgens voerde de onderzoeker het experiment voor de klas uit, waarbij de kinderen observeerden. Er werd getest in hoeverre de kinderen juiste observaties maakten en of ze in staat waren deze waargenomen verschijnselen te interpreteren en generaliseren. De uitleg vooraf bleek de prestaties van de kinderen significant te verbeteren. Chinn en Malhotra gaven als verklaring dat de conceptuele kennis invloed heeft op de verwachtingen van de kinderen, die vervolgens leidden tot betere observaties. In dit onderzoek leverden de experimenten die voor de klas werden uitgevoerd echter ambigue data op, die moeilijk te observeren was. Het is niet duidelijk of de onderzoekers tot dezelfde conclusie zouden zijn gekomen, wanneer dit niet het geval was geweest.

Onderzoek van Reid et al. (2003) bevat ook een instructie gericht op conceptuele kennis, genaamd 'interpretative support'. Deze vorm van instructie was gericht op het activeren van voorkennis van de kinderen en het aanzetten tot het vooraf analyseren van het probleem. Kinderen kregen tijdens het experiment toegang tot een kennisbank. Aanwezige conceptuele kennis werd dus geactiveerd en was ook constant beschikbaar tijdens het experiment. Deze 'interpretative support' had een duidelijk positief effect op onderzoekend leren.

Er werden significante effecten gevonden op het gebied van intuïtief begrip, flexibele toepassing en kennisintegratie. Reid et al. (2003) geven als mogelijke verklaring dat de instructie het experiment betekenisvoller maakte voor de leerlingen.

PROCESONDERSTEUNING

Procesondersteuning richt zich op het verbeteren van onderzoeksvaardigheden. Bij procesondersteuning worden kinderen dus geholpen bij het proces van onderzoek doen. De ondersteuning kan gericht zijn op elk van drie bovengenoemde vaardigheden (het opstellen van hypothesen, het uitvoeren van een experiment en het interpreteren van data).

In een onderzoek van Gijlers en de Jong (2009) kregen vierdejaars middelbare school leerlingen procesondersteuning op het gebied van hypothesevorming. Dit gebeurde via een computerprogramma. Er waren drie verschillende condities. In de eerste conditie verschaftte het programma de studenten een lijst met hypothesen om uit te kiezen (propositietabel). In tweede conditie verschaftte het programma hulp bij het structureren van hypothesen, door schermen en menu's aan te bieden met frases zoals: "als", "dan", "wanneer" (hypothese kladblok). Leerlingen uit de controlegroep kregen geen hulp bij het opstellen van hypothesen.

In de 'kladblok' conditie kun je spreken van procesondersteuning ofwel 'support'; in de 'propositietabel' conditie is 'supplant' echter een betere term. De leerlingen in deze conditie voerden de vaardigheid, het opstellen van hypothesen, niet zelf uit; dit deed de onderzoeker voor ze door ze een lijst met hypothesen aan te bieden. Hoewel de leerlingen nog wel zelf een keuze moesten maken uit de verschillende hypothesen, waren deze hypothesen allemaal goed geformuleerd en relevant. En er zaten dus geen slechte hypothesen tussen. Leerlingen uit de 'propositietabel' conditie scoorden naderhand beter op een test die het begrip van onderliggende verbanden tussen variabelen mat, dan studenten uit de overige twee condities. Zowel leerlingen uit de 'propositietabel' conditie als leerlingen uit de 'kladblok' conditie deden meer uitspraken gerelateerd aan voorspellingen dan leerlingen uit de controle groep. De eersten discussieerden weer meer over unieke voorspellingen dan studenten uit de 'kladblok' conditie.

Een voorbeeld van procesondersteuning bij het doen van experimenten, is een instructie waarbij de CVS methode, voorafgaand aan het experimenteren, aan de kinderen wordt uitgelegd. Dit is in verschillende onderzoeken effectief gebleken (zie Klahr & Li, 2005, voor een overzicht). In al deze studies werd beter gepresteerd door de kinderen die directe instructie in het gebruik van de CVS kregen. Uit een onderzoek van Lorch et al. (2010) komt hetzelfde naar voren. Zij vonden dat een combinatie van instructie op het gebied van CVS en de kans om te experimenteren effectiever is dan experimenteren alleen. Alleen instructie is effectiever dan experimenteren alleen, maar de combinaties van beide levert duidelijk de beste prestaties op.

Andere onderzoekers komen echter tot andere conclusies. Reid et al. (2003) gaven hun een deel van hun proefpersonen zogenaamde 'experimental support'. Dit bestond uit uitleg van de CVS methode, hulp bij het identificeren van het doel van het experiment, en een duidelijke weergave van de uitkomsten van het experiment. Deze methode leverde kleine significante effecten op in het verschil tussen voor- en natest, maar niet in de vaardigheid in het experimenteren. Bovendien gold dit voor de prestatie van goed presterende studenten, maar niet voor de prestaties van minder goed presterende studenten. Zoals hierboven genoemd is een instructie gericht op conceptuele kennis effectiever.

Kuhn en Dean (2005) maakten in hun studie ook gebruik van een vorm van procesondersteuning op het gebied van experimenteren. Ze gebruikten hints die de kinderen ertoe aanzette zich te richten op slechts één variabele. De hint die zij gebruikten in hun onderzoek stimuleerde niet alleen het onderzoeken van slechts één variabele, maar gaf ook aan welke variabele dit zou moeten zijn. De kinderen die deze hint kregen bleken inderdaad significant beter te worden in systematisch experimenteren en in het maken van valide inferenties. Na afloop van de lessenserie verdween dit effect echter weer snel. Bovendien waren kinderen meestal niet in staat om deze vaardigheid te gebruiken in vergelijkbare situaties (transfer).

Tenslotte kan procesondersteuning worden gegeven voor het evalueren van data. Chinn en Malhotra (2002) gebruikten in hun studie een vorm van instructie die hierop was gericht. De kinderen in dit onderzoek deden voorafgaand aan het experiment mee aan een discussie. Hierin bespraken zij welke conclusies getrokken kunnen worden bij verschillende uitkomsten. Ook bespraken ze welke conclusies getrokken konden worden

wanneer metingen dicht bij elkaar lagen, maar net niet gelijk waren. Deze methode bleek echter niet effectief te zijn.

DOEL VAN HET HUIDIGE ONDERZOEK

Hoewel het duidelijk is dat kinderen niet in staat zijn tot onderzoekend leren zonder goede ondersteuning, is het nog onduidelijk hoe deze ondersteuning er uit zou moeten zien. Een aantal studies, waaronder die van Klahr en Nigam (2004), tonen aan dat directe instructie in CVS een effectieve manier is om de vaardigheid van experimenteren te leren. Kuhn en Dean (2005) geven aan dat dit volgens hen niet de juiste aanpak is. Door een strategie kant-en-klaar aan te bieden, krijgen kinderen geen kans om zelf na te denken over wat volgens hen een goede strategie is om hun doelen te bereiken. Doordat de kinderen niet uit zichzelf voor een strategie hebben gekozen, bestaat de kans dat het hen ontgaat waarom deze strategie effectief is. In een eigen onderzoek werkten Kuhn en Dean (2005) met een vorm van procesondersteuning, waarbij zij in plaats van directe instructie, een hint gaven aan de kinderen om zich te richten op één variabele. Zoals eerder gezegd bleekt dit effectief, maar verdween het effect weer snel. Bovendien waren kinderen niet in staat deze vaardigheid te generaliseren naar vergelijkbare situaties.

Klahr (2005) zegt in een reactie dat de interventie van Kuhn en Dean (2005) bijzonder veel lijkt op CVS instructie uit zijn eigen onderzoeken—een interventie waar Kuhn en Dean nu juist op tegen waren. Verder geeft Klahr aan dat kinderen in zijn eigen onderzoek wel degelijk in staat waren tot generalisatie naar andere situaties. Dit effect is ook gevonden in andere studies, waar gebruik werd gemaakt van directe instructie in CVS (Chen & Klahr, 1999). Dit in tegenstelling tot de kinderen in de studie van Kuhn en Dean (2005), die zoals genoemd hiertoe niet in staat waren.

Kuhn en Dean (2005) hebben niet alleen commentaar op de methode van instructie geven in CVS, maar voeren ook aan dat er teveel nadruk ligt op CVS. Ze beargumenteren dat kinderen vaak al problemen hebben met eerdere fases van het onderzoekend leerproces, in het bijzonder het formuleren van een onderzoeksvraag. Kinderen hebben wellicht moeite met systematisch experimenteren omdat zij niet de juiste vraag stellen. In een context waar meerdere variabelen een mogelijk effect hebben op de uitkomst van een experiment, zou volgens Kuhn en Dean de onderzoeksvraag van kinderen, erop gericht kunnen zijn om achter de effecten van alle variabelen tegelijk te komen. Om dit te onderzoeken, proberen de kinderen alle variabelen tegelijk te manipuleren. Volgens Kuhn en Dean stellen kinderen dus niet de juiste onderzoeksvraag, wat leidt tot experimenten die niet valide zijn. De onderzoeksvraag die kinderen stellen zou volgens hen te breed zijn, gericht op meerdere variabelen, terwijl een specifieke onderzoeksvraag, gericht op slechts één variabele, effectiever zou zijn. Ook uit onderzoek van Schauble en Glaser (1995) blijkt dat kinderen vaak niet begrijpen wat het doel van een experiment is. Zelfs wanneer zij over voldoende voorkennis beschikken en ervaring hebben met het doen van 'hands-on' experimenten, zijn ze vaak niet in staat om alle relevante variabele te noemen die worden onderzocht, noch welke fundamentele relaties tussen deze variabelen worden onderzocht.

Dit zou betekenen dat instructie vooral gericht moet zijn op de vaardigheid van het opstellen van een onderzoeksvraag en niet het gebruik van de CVS. Kuhn en Dean (2005) stellen dat door kinderen bewust te maken van het feit dat slechts één variabele het doel is van het experiment, ze er misschien ook bewust van worden dat andere variabelen niet relevant zijn voor de vraag die zij onderzoeken. Hierdoor worden deze andere variabelen geneutraliseerd en zullen kinderen niet langer aandacht besteden aan deze variabelen.

De interventie die Kuhn en Dean in hun studie gebruiken, grijpt echter niet alleen in op deze vaardigheid, maar tegelijkertijd ook op de vaardigheid in CVS. Het eerste deel van de hint die zij gebruiken; *“Laten we proberen om er met zekerheid achter te komen of [de doelvariabele van die sessie] iets te maken heeft met het risico op aardbevingen”* is gericht op de onderzoeksvraag, maar het tweede deel van de hint: *“Laten we om te beginnen vandaag maar achter één variabele proberen te komen”* richt zich op het opzetten van een experiment via de CVS methode. Om er achter te komen of kinderen niet in staat zijn tot systematisch experimenteren doordat zij ineffektieve, brede onderzoeksvragen stellen, zoals Kuhn en Dean suggereren, is meer onderzoek nodig. Dit leidt tot de volgende onderzoeksvraag:

Is het feit dat kinderen een brede onderzoeksvraag stellen, dus gericht op meer dan één variabelen tegelijk, ervoor verantwoordelijk dat zij meestal niet systematisch experimenteren?

Dit leidt tot de volgende twee hypothesen:

H1: Kinderen stellen uit zichzelf meestal een brede onderzoeksvraag, gericht op meer dan één variabele tegelijk.

H2: Wanneer kinderen voorafgaand aan het experiment een specifieke onderzoeksvraag hebben, gericht op slechts één variabele, zullen zij systematischer experimenteren.

Om deze hypothesen te onderzoeken, krijgt een deel van de proefpersonen een specifieke vraag aangereikt die is gericht op slechts één variabele. Deze 'specifieke vraag' conditie dient om onze tweede hypothese te verifiëren. Een ander deel van de proefpersonen krijgt juist een brede onderzoeksvraag waarin verschillende variabelen tegelijk worden genoemd. Deze 'brede vraag' conditie dient om onze tweede hypothese te falsificeren. Een derde groep proefpersonen wordt gevraagd zelf een onderzoeksvraag te bedenken; deze controlegroep dient om de eerste hypothese te toetsen. Bovendien biedt het de mogelijkheid om te onderzoeken of er verschil is tussen een eigen vraag en een vraag die door de onderzoeker is opgelegd. In dat laatste geval is er dus sprake van supplant.

Door in de specifieke vraag conditie de vaardigheid van het opstellen van een onderzoeksvraag over te nemen, wordt verwacht dat kinderen in deze conditie de overige vaardigheden, en met name het systematisch experimenteren, beter zullen uitvoeren. Oftewel, kinderen met een specifieke onderzoeksvraag, gericht op slechts één variabele, worden verwacht vaker uit zichzelf voor de CVS methode te kiezen bij het opzetten van experimenten. Deze effectievere manier van experimenteren zal vervolgens leiden tot meer conceptuele kennis

METHODE

PROEFPERSONEN

De proefpersonen waren 60 kinderen (32 meisjes, 28 jongens) uit groep 7 en 8 van twee verschillende basisscholen. De kinderen varieerden in leeftijd van 10 tot 12 jaar ($M = 11.22$, $SD = 0.61$). Negenentwintig van deze kinderen zaten in groep 7; de andere 31 zaten in groep 8. De kinderen werden *at random* over de drie condities verdeeld. In de specifieke vraag conditie en de eigen vraag conditie bevonden zich 19 kinderen, in de brede vraag conditie bevonden zich 22 kinderen.

MATERIALEN

VOOR- EN NATEST

Voorafgaand aan het experiment kregen de kinderen een test waarin voor elke variabele twee of drie hypothesen werden gegeven (zie Bijlage 1). Deze hypothesen waren tweeledig: eerst werd gevraagd of de betreffende variabele van invloed is op de nagalmtijd, daarna werd gevraagd naar de richting van het effect. De voortest was bedoeld om de proefpersonen bekend te maken met variabele, aangezien zij niet of nauwelijks over voorkennis beschikten over deze variabelen. Door het gebrek aan voorkennis was het voor hen erg lastig om een uitspraak te doen over eventuele effecten van de variabelen te doen. Om dit iets makkelijker te maken werd er gebruik gemaakt van meerkeuzevragen. De voortest werd klassikaal afgenomen. De natest was identiek aan de voortest en werd eveneens klassikaal afgenomen.

DIGITALE LEEROMGEVING

De kinderen werkten tijdens het onderzoek met een digitale omgeving. Binnen deze omgevingen moesten zij onderzoeken welke invloed vier verschillende variabelen hebben op de nagalmtijd van een gong. Deze vier variabelen waren toonhoogte, het soort ruimte, het materiaal op de muren en de kleur van de muren. In de specifieke vraag condities kregen zij een onderzoeksvraag aangereikt gericht op slechts één van deze vier variabelen, in de brede onderzoeksvraag had de vraag betrekking op alle vier variabelen. Binnen de eigen vraag conditie was dit afhankelijk van de vraag die de kinderen zelf stelden. De nagalmtijd werd langer naarmate de toonhoogte hoger was. Wanneer de muren bedekt waren met een glad materiaal leverde dit een langere nagalmtijd op dan bij ruw materiaal. Verder nam de nagalmtijd toe wanneer het oppervlak van de muren kleiner was. Aangezien oppervlakte nog een lastig begrip is voor sommige kinderen in de leeftijd van onze

proefpersonen, werd dit 'soort ruimte' genoemd. Er was sprake van een kleine, een middelgrote, of een grote ruimte. De kleine ruimte was lang en smal, en had dus een groot oppervlak. De grote ruimte was breder en korter en had dus minder oppervlak. Een kleine ruimte leverde zodoende een langere nagalmtijd op. De vierde en laatste variabele was kleur. Deze variabele had geen invloed op de nagalmtijd van de gong.

Voordat ze begonnen met experimenteren kregen ze een scherm te zien waar ze hun naam, leeftijd en groep moesten invullen.

Vervolgens kregen de kinderen een vraag die specifiek was voor de conditie waarin zij waren ingedeeld. Leerlingen uit de 'specifieke vraag' conditie kregen een onderzoeksvraag gericht op slechts één van de vier variabele (zie Figuur 1). Ze kregen de opdracht het antwoord op deze vraag te zoeken door te experimenteren. Door middel van deze opdracht werd de vaardigheid van het opstellen van een onderzoeksvraag overgenomen van de proefpersonen. In tegenstelling tot in het onderzoek van Kuhn en Dean (2005), werd de vaardigheid van het systematisch experimenteren echter niet beïnvloedt, omdat er niet expliciet werd verteld dat slechts één variabele veranderd moest worden. Wanneer de onderzoeksvraag door de proefpersonen was beantwoord, ontvingen ze een volgende vraag over één van de andere drie overgebleven variabelen en werd de procedure herhaald. In totaal ontvingen de proefpersonen binnen deze conditie vier vragen, voor elke variabele één.

Welke invloed heeft de toonhoogte op het aantal seconden dat je de gong nog hoort?

Voor je begint aan een experiment moet je bedenken wat je eigenlijk te weten wilt komen. Dit doe je door een vraag te stellen. Dit noemen we de onderzoeksvraag. Door te experimenteren probeer je antwoord te geven op deze vraag. Wij hebben het je makkelijk gemaakt en hebben alvast een vraag voor jou bedacht om te onderzoeken. Jouw onderzoeksvraag voor dit experiment is:

Welke invloed heeft **de toonhoogte** op het aantal seconden dat je de gong nog hoort?

Je mag nu beginnen met experimenteren. Wanneer je denkt dat je het antwoord hebt gevonden, vul je jouw antwoord in en ga je verder met de volgende opdracht. Vergeet niet om het kladblok te gebruiken om aantekeningen te maken!

[Ga nu beginnen](#)

Figuur 1.

Schermafbeelding van de uitleg en de vraag die de proefpersonen uit de 'specifieke vraag' conditie kregen voordat ze aan de experiment taak begonnen.

In de 'brede vraag' conditie kregen de kinderen eenzelfde scherm te zien. De vraag was hier echter niet alleen gericht op één variabele, toonhoogte in ons voorbeeld, maar op alle vier de variabelen. De vraag luidde: "Welke invloed hebben de **toonhoogte**, de **grootte** van de ruimte, het **materiaal** van de muren en **kleur** van de muren op het aantal seconde dat de gong nog hoort?"

In de 'eigen vraag conditie kregen de kinderen de opdracht zelf een onderzoeksvraag te bedenken. Net als in de andere twee condities kregen zij uitleg wat een onderzoeksvraag is. Vervolg verscheen een invulscherf waar ze hun vraag konden invullen (zie Figuur 2). Hoewel de proefpersonen werd uitgelegd wat 'een onderzoeksvraag' is, wordt de vaardigheid van het opstellen van deze onderzoeksvraag niet overgenomen. Dit gebeurde in de andere twee condities wel. De vraag werd opgeslagen.

Jouw experiment

Voor je begint aan een experiment moet je bedenken wat je eigenlijk te weten wilt komen. Dit doe je door een vraag te bedenken. Dit noemen we de onderzoeksvraag.

Door testjes te doen, ga je een antwoord zoeken op deze vraag. Bedenk nu wat je te weten wilt komen met dit experiment. Welke vraag stel jij jezelf? Schrijf hieronder je onderzoeksvraag op. Denk aan de vier dingen:

- Toonhoogte
- De grootte van de ruimte
- Het materiaal van de muren
- De kleur van de muren

[Ga nu beginnen](#)

Jouw experiment

Welke vraag wil je stellen?

[Start het experiment](#)

Figuur 2

Inleidende tekst bij de eigen vraag conditie. Daarop volgde een invulscherm waar de onderzoeksvraag kan worden ingevuld. (rechtsonderin)

Tenslotte kwamen de kinderen uit alle drie de condities terecht in het scherm waarbinnen zij konden experimenteren. Daarvan is een schermafbeelding te zien in Figuur 3. Bovenaan het scherm was steeds de onderzoeksvraag zichtbaar. Afhankelijk van de conditie waarin de kinderen zich bevonden, was deze smal of breed en gegeven, of zelfbedacht. Direct onder de vraag stond een simulatie van een gong. De proefpersonen konden voor elke variabele verschillende waarden kiezen. Door op 'probeer het uit' te klikken, kregen zij een filmpje te zien dat was gebaseerd op de waarden die zij hadden gekozen (in Figuur 3 is dus een kleine ruimte met gladde, witte muren te zien). Vervolgens werd door het poppetje in het filmpje op de gong geslagen. Het geluid van de gong was hoorbaar en doofde langzaam uit. De nagalmtijd (in seconden) werd onder het filmpje getoond. De leeromgeving bevatte een kladblok waarop de kinderen tussenresultaten konden noteren of hun gedachten over de variabelen kunnen opschrijven. Kinderen hadden niet de mogelijkheid om terug te kijken naar vorige experimenten. In het vak 'jouw antwoord' konden ze hun antwoord intypen en vervolgens inleveren.

Welke invloed heeft de toonhoogte op het aantal seconden dat je de gong nog hoort?

Probeer het hier uit!

De **toonhoogte** laag normaal hoog
 De soort **ruimte** klein middel groot
 Het **materiaal** dat gebruikt is glad ruw (van stof)
 De **kleur** van de muren wit zwart rood

[Probeer het uit](#)  [Gebruik je kladblok](#) 



Het geluid galmt nu 1.01 seconden na!

Jouw antwoord

Vul hieronder je antwoord in...

[Klik hier om je antwoord in te leveren](#)

Figuur 3

Schermafbeelding het experimenteer scherm. Binnen deze omgeving voerden de proefpersonen hun experimenten uit.

PROCEDURE

De voortest werd klassikaal afgenomen. De proefleider las de vragen voor, eventuele onduidelijkheden of vragen van kinderen werden door de proefleider beantwoord. Vervolgens werd op het digibord de leeromgeving getoond en werd kort uitgelegd hoe de proefpersonen konden navigeren binnen de omgeving. De kinderen werd verteld dat ze straks één enkele vraag kregen, of meerdere vragen kregen, of hun eigen vraag mochten bedenken. Er werd benadrukt goed te lezen en alleen de opdracht uit te voeren en de vraag (of vragen) te beantwoorden die bovenaan het scherm stond(en). Bij onduidelijkheden konden ze hun vinger opsteken en zou de proefleider indien nodig extra toelichting geven.

Na deze instructies werden de proefpersonen door de leeromgeving automatisch en willekeurig over de drie condities verdeeld. De proefpersonen werkten maximaal een half uur aan het experiment. Zij werkten individueel, zonder onderling te overleggen. De proefleider liep rond en herinnerde de proefpersoon er aan om goed te lezen wat er van hen gevraagd werd en spoorde hen aan om zich alleen hierop te richten gedurende het experimenteren.

Tijdens het experimenteren werden de instellingen van de variabelen gelogd op het moment dat een experiment werd uitgevoerd (d.w.z. als de proefpersonen op 'probeer uit' klikten). Ook werden de kladblokaantekeningen elke keer opnieuw, op dat moment opgeslagen. Bij het inleveren van het antwoord werd ook deze opgeslagen door de computer.

De proefpersonen in de specifieke vraag conditie ontvingen vervolgens een nieuwe onderzoeksvraag gericht op een andere variabele. Dit herhaalde zich tot alle vier variabelen aan bod waren geweest. Daarna werden ze bedankt voor hun deelname en teruggestuurd naar de klas. De kinderen in de overige twee conditie ontvingen geen extra onderzoeksvragen en konden direct na het inleveren van hun antwoord terug naar hun klas.

Tot slot werd de natest afgenomen. Dit gebeurde wederom klassikaal en volgens dezelfde procedure als de voortest.

CODING EN SCORING

Een experiment is gedefinieerd als de set van instellingen waarmee het effect van een variabele kan worden vastgesteld. Er wordt gesproken van systematisch experimenteren wanneer er telkens maar één instelling, ofwel één variabele, wordt veranderd en de rest gelijk houden wordt. Met deze algemene regel zijn de gegevens uit de log files gecodeerd. De regels die hierbij werden gebruikt worden hieronder uitgelegd aan de hand van enkele voorbeelden.

laag	klein	glad	wit	De proefpersoon heeft systematisch geëxperimenteerd, omdat telkens één variabele (kleur) is veranderd en de andere variabelen gelijk zijn gehouden. Deze drie proefjes zijn samen als één systematisch experiment gecodeerd.
laag	klein	glad	rood	
laag	klein	glad	zwart	
laag	klein	glad	wit	De proefpersoon lijkt zich hier gericht te hebben op de variabele kleur. In de laatste regel heeft hij/zij de variabele toonhoogte echter ook veranderd. Dit werd gecodeerd als één experiment, maar niet systematisch.
laag	klein	glad	rood	
middel	klein	glad	zwart	
laag	klein	glad	rood	Hier is sprake van twee experimenten, de eerste gericht op de variabele kleur en de tweede op de variabele materiaal op de muren. Beide experimenten zijn systematisch.
laag	klein	glad	zwart	
laag	klein	glad	wit	
laag	klein	ruw	wit	
hoog	klein	glad	wit	Ook hier is sprake van twee experimenten. Het eerste is gericht op het materiaal van de muren en het tweede op de grootte van de ruimte. Het eerste experiment is systematisch, maar binnen het tweede experiment zijn twee variabele tegelijk veranderd van regel 2 naar regel 3. Dit experiment is dus niet systematisch.
hoog	klein	ruw	wit	
hoog	middel	glad	wit	
hoog	groot	glad	wit	

laag	klein	glad	rood
laag	klein	glad	wit
laag	klein	ruw	wit

Ook hier is sprake van 2 experimenten. Beide zijn ook systematisch. Het eerste is echter niet volledig, de kleur zwart is namelijk niet meegenomen. Dit is dus een systematisch, maar onvolledig experiment.

hoog	groot	glad	rood
hoog	groot	ruw	wit
laag	middel	ruw	rood
hoog	middel	glad	rood

Hier lijkt de proefpersoon zich niet specifiek te richten op één variabele. De verandering lijken van de ene regel naar de andere lijken willekeurig te zijn. Daarom is dit gecodeerd als 3 onsystematische experimenten.

Alle log files zijn door twee onderzoekers onafhankelijk van elkaar gecodeerd volgens het bovenstaande codeersysteem. Het aantal experimenten per proefpersoon werd geteld, daarnaast werd genoteerd hoeveel van deze experimenten systematisch waren en hoeveel onsystematisch. Bij de systematisch experimenten werd bovendien onderscheid gemaakt tussen volledige en onvolledige experimenten.

Naderhand zijn de scores van de beide onderzoekers met elkaar vergeleken. Wanneer er verschillen bestonden werden deze besproken om overeenstemming te bereiken. Hierbij werden de kladblok gegevens en het antwoord van de proefpersoon gebruikt als extra informatiebronnen. Over één proefpersoon werd geen overeenstemming bereikt. Toch bleek het aantal experimenten en het aantal systematisch/onssystematisch wel overeen te komen, ondanks het verschil in codering. Daarom is deze proefpersoon wel meegenomen bij de analyses van de resultaten.

De vragen die de proefpersonen in de 'eigen vraag' conditie hebben opgesteld, zijn gecodeerd als een specifieke vraag of een brede vraag. Een vraag werd als smal gecodeerd wanneer deze was gericht op slechts één variabele. Bevatte de vraag twee of meer variabelen, dan werd deze als breed gecodeerd. De interbeoordelaars overeenstemming (Cohen's kappa) was 0,85.

SCORING

De voor- en natest bestonden uit vier vragen met elk 2 of 3 subvragen. Wanneer zowel de hoofdvraag als de bijbehorende subvragen juist waren beantwoord, leverde dit 1 punt op. De maximale score voor beide testen was 4 punten.

Aan het einde van het experiment werd er aan de proefpersonen gevraagd antwoord te geven op de onderzoeksvraag. De antwoorden werden op twee punten beoordeeld, namelijk op correctheid en volledigheid. Er kon, in het antwoord, een uitspraak worden gedaan over alle vier de variabelen. Per correcte uitspraak werd een punt toegekend. Dit leverde een maximum score op van 4 voor correctheid. Verder werden er punten toegekend voor volledigheid. Wanneer alle vier de variabelen in het antwoord werden genoemd werd er 1 punt gecodeerd, wanneer ook de richting van het effect van elke variabele werd genoemd werd dit als 2 punten gecodeerd. Dit leverde dus een maximale score op van 2.

RESULTATEN

De voortest gaf een indicatie van hoe goed de proefpersonen in staat waren om 'correcte' hypotheses te herkennen. De gemiddelde score op deze test was 2.25 ($SD = 0.77$). Wanneer deze score gecorrigeerd wordt voor gokkans komt deze 0,875 punten lager uit, dus op 1,38. Dit geeft aan dat, hoewel de proefpersonen intuïtief een redelijke inschatting konden maken van de effecten van de variabelen, ze nog niet alles wisten over de nagalmtijd van een gong.

Uit een eerste inspectie van de log files bleek dat drie proefpersonen de simulatie slechts één keer hadden uitgevoerd. Twee van deze proefpersonen waren afkomstig uit de specifieke vraag conditie en één proefpersoon bevond zich in de brede vraag conditie. Deze proefpersonen zijn niet meegenomen in de onderstaande analyses.

Volgens de eerste hypothese formuleren kinderen over het algemeen brede vragen. Uit de resultaten blijkt dat vijf proefpersonen uit de 'eigen vraag' conditie (26%) een brede vraag hadden geformuleerd; de overige 14 proefpersonen (74%) stelde een specifieke vraag. De hypothese wordt dus niet ondersteund door de

resultaten. Van de specifieke vragen waren 71,4% gericht op de variabele kleur, 14,3% van de vragen gericht op de vorm van de ruimte en 14,3% op de vorm van de ruimte. Geen van de specifieke vragen ging over de variabele materiaal op de muren. Aangezien slechts vijf proefpersonen een brede vraag hebben gesteld, is het niet mogelijk om deze resultaten verder te analyseren. Het aantal proefpersonen is namelijk te klein om tot betrouwbare uitspraken te komen. Wel zullen de proefpersonen met een brede vraag in de verdere analyses, waarbij de specifieke vraag conditie met de brede vraag conditie wordt vergeleken, meenemen in de brede vraag conditie. De onderzoeksvragen uit beide conditie zijn namelijk vergelijkbaar en de gevolgde procedure tijdens het experiment is, na het opstellen van de onderzoeksvraag, exact gelijk. De specifieke vragen uit de 'eigen vraag' conditie zijn daarentegen niet vergelijkbaar met die uit de 'specifieke vraag' conditie; bij deze laatste komen namelijk alle vier de variabele aan bod. Omdat dit niet het geval is binnen de 'eigen vraag' conditie, worden de 14 proefpersonen bij de verdere analyses buiten beschouwing gelaten.

Volgens de tweede hypothese zouden proefpersonen uit de specifieke vraag conditie meer systematische experimenten bedenken en uitvoeren. Uit analyse van de log files bleek dat de proefpersonen gemiddeld 4.80 experimenten hebben uitgevoerd ($SD = 2.50$). Uit Tabel 1 blijkt dat in de brede vraag conditie gemiddeld meer experimenten werden gedaan dan in de specifieke vraag conditie. Dit verschil bleek significant, $t(40) = -1.610$, $p < .05$.

Van elk experiment is vervolgens bepaald of dit systematisch en volledig was. Tabel 1 laat zien dat proefpersonen uit de specifieke vraag conditie gemiddeld meer systematische experimenten uitvoerden dan proefpersonen met een brede vraag. Deze verschillen waren echter niet significant, $t(40) = -0.675$, $p > .05$.

Van de systematische experimenten is bovendien gekeken of deze volledig waren. In een volledig experiment zijn alle mogelijke waarden van een variabele gevarieerd. Het percentage systematische volledige experimenten in de specifieke en brede vraag conditie lag rond de 70%; een t-test wees uit dat ook hier geen sprake was van een significant verschil, $t(40) = -0.691$, $p > .05$.

Tabel 1

Gemiddelden en Standaard Deviaties van het Aantal en Percentage Systematische en Volledige Experimenten.

	Specifieke vraag ($n = 19$)		Brede vraag ($n = 23$)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Aantal systematische experimenten	3.41	1.18	3.80	2.19
Percentage systematische experimenten	75.60	25.79	69.77	31.86
Percentage systematische volledige experimenten	74.14	32.87	70.89	31.65
Percentage systematische onvolledige experimenten	25.86	32.87	23.84	27.21

Tabel 2 geeft een overzicht van de antwoorden die de proefpersonen gaven op de onderzoeksvraag. Er is geanalyseerd of deze antwoorden correct en volledig waren. Een t-toets wees uit dat er geen significante verschillen waren wat betreft het aantal correcte antwoorden, $t(41) = 1.50$, $p > .05$, noch wat betreft het aantal volledige antwoorden, $t(41) = 0.28$, $p > .05$.

De gemiddelde score op de natest was 3.07 ($SD = 0.971$). De maximale te behalen score was 4. Uit een vergelijking tussen de scores op de voortest en de natest blijkt dat de proefpersonen uit beide condities iets hebben geleerd: de gemiddelde verschillscore op beide testen was 0.69 ($SD = 1.23$). Binnen de specifieke vraag blijkt het verschil tussen voor- en natestscore significant te zijn, $t(18) = -2,306$, $p < .05$. Dit is niet het geval bij de brede vraag conditie, $t(20) = -1.321$, $p > .05$.

Tabel 2

Gemiddelden en Standaard Deviaties van de Correctheid en Volledigheid van de Gegeven Antwoorden.

	Specifieke vraag ($n = 19$)		Brede vraag ($n = 23$)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Aantal correcte antwoorden	3.33	1.03	2.76	1.36
Aantal volledige antwoorden	1.61	0.61	1.48	1.94

CONCLUSIE & DISCUSSIE

In deze studie werd gezocht naar een methode om onderzoekend leren door kinderen effectiever te laten verlopen. Hierbij werd specifiek gekeken of de vaardigheid in het systematisch experimenteren vergroot kan worden door het formuleren van een onderzoeksvraag te ondersteunen. De proefpersonen voerden een onderzoekje uit waarbij ze keken naar de invloed van vier variabelen op de nagalmtijd van een gong, een onderwerp waarover zij naar verwachting weinig voorkennis zouden hebben. De eerste hypothesen in deze studie was dat de meeste proefpersonen een brede onderzoeksvraag, gericht op meer dan één variabele, zouden formuleren. Deze hypothese is gebaseerd op het werk van Kuhn en Dean (2005). Zij vermoedden dat kinderen moeite hebben met systematisch experimenteren doordat ze vaak een brede, allesomvattende vraag bedenken. Doordat deze vragen er op gericht zijn om achter de effecten van alle variabelen tegelijk te komen, proberen kinderen ook alle variabelen tegelijk te manipuleren. Dit zou betekenen dat wanneer proefpersoon voorafgaand aan het experiment een specifieke onderzoeksvraag hebben, gericht op slechts één variabele, zij systematischer zullen experimenteren. Dit is tevens de tweede hypothese van deze studie.

Er is helaas geen ondersteuning gevonden voor de beide hypothesen. Slechts ongeveer een kwart van de proefpersonen stelde een brede vraag. Een verklaring zou kunnen zijn dat de proefpersonen het zichzelf makkelijk wilden maken door slechts één van de vier variabelen te onderzoeken. Daarnaast speelt de voorkennis van de proefpersonen mogelijk een rol. Uit de literatuur blijkt dat kinderen geneigd zijn om de juistheid van een hypothese te willen bewijzen (Zimmerman, 2007). Hierbij hebben ze de neiging andere variabelen die van belang zouden kunnen zijn, maar die niet binnen hun theorie passen, te negeren (Penner & Klahr, 1996). Bijna driekwart van de proefpersonen met een specifieke vraag koos ervoor om zich te richten op de variabele kleur. Over deze variabele hadden de proefpersonen waarschijnlijk de meeste voorkennis; uit de voortest bleek dat vrijwel alle proefpersonen, namelijk 91,7%, de juiste hypothese bij deze variabele hadden aangekruisd. Het is dus mogelijk dat veel proefpersonen kozen voor een onderzoeksvraag gericht op kleur om aan te tonen dat hun hypothesen over deze variabele juist was. Hun voorkennis over de andere variabelen was beperkter, waardoor ze wellicht minder zeker waren over hun hypothese over deze variabelen. Mogelijk heeft dit geleid tot de keuze voor een specifieke onderzoeksvraag die alleen was gericht op de variabele kleur. Daarnaast is het de vraag of de proefpersonen de opgegeven onderzoeksvraag wel echt als leidraad gebruikten bij het experimenteren.

Het aanreiken van een specifieke onderzoeksvraag bleek niet te leiden tot significant betere prestaties op het gebied van systematisch experimenteren. De aanname van Kuhn, dat het gebruiken van een brede onderzoeksvraag tijdens het experimenteren door kinderen, een oorzaak is voor slechtere prestaties in het gebruik van CVS, kon dus niet worden bevestigd. Wel is het de vraag of de kinderen de aangeboden vraag daadwerkelijk als leidraad voor hun experimenteren hebben gebruikt. Ondanks het feit dat herhaaldelijk door de experimentleider werd benadrukt dat de kinderen zich moesten richten op de onderzoeksvraag, bleken veel kinderen hier moeite mee te hebben. Uit de log files bleek dat 47% van de proefpersonen in de smalle vraag conditie, eerst experimenteerden met alle variabelen alvorens antwoord te geven op de onderzoeksvraag. Mogelijk gebruikten de proefpersonen in deze gevallen een andere, impliciete onderzoeksvraag in plaats van de aangereikte onderzoeksvraag. Dit is echter niet te achterhalen uit de log file gegevens. Een andere mogelijke verklaring is dat het experimenteren met alle vier de variabelen voortkwam uit nieuwsgierigheid. Wanneer de kinderen in de specifieke vraag conditie de tweede, derde en vierde onderzoeksvraag ontvingen, elk gericht op één van de andere drie variabelen, werden hun experimenten namelijk steeds specifieker en wel slechts gericht op de variabele uit de onderzoeksvraag. Dit bleek uit het feit dat ze alleen nog de variabele, waarop hun onderzoeksvraag was gericht, veranderde en minder aandacht besteedde aan de overige variabele. Dit zou er op kunnen wijzen dat proefpersonen eerst wilden uitproberen wat er allemaal mogelijk was binnen de digitale omgeving van het experiment en zich pas daarna hebben gericht op de vraag die hen werd gesteld. Mogelijk waren de kinderen dus wel degelijke in staat om systematisch te experimenteren, maar was er sprake van een oriëntatiefase waarin ze de leeromgeving gingen verkennen. Het zou daarom interessant zijn om in vervolgonderzoek een dergelijke oriëntatiefase in te bouwen waarin kinderen eerst de simulatie kunnen verkennen en alvorens ze hun onderzoeksvraag of -vragen te zien krijgen.

Hoewel er geen verschillen zijn gevonden in de mate van systematisch experimenteren tussen beide condities, is er wel een verschil gevonden in de verschillen tussen de voor- en natest. Binnen de 'specifieke vraag' conditie bleek er een significant verschil te bestaan tussen de scores op de voor- en natest. Binnen de 'brede

vraag' conditie werd zo'n verschil niet gevonden. Een mogelijke verklaring is dat de proefpersonen in de 'specifieke vraag conditie' de procedure van het experimenteren en het vervolgens formuleren van een antwoord meerdere keren doorliepen. De proefpersonen waren gedwongen herhaaldelijk na te denken over de gevonden resultaten en wat deze resultaten betekenden voor het antwoord op de onderzoeksvraag. Mogelijk heeft dit geleid tot een diepere verwerking van de gevonden resultaten en antwoorden tijdens het experimenteren. Er is echter meer onderzoek nodig om te kunnen vaststellen dat dit het geval is. Dit zou gedaan kunnen worden door de proefpersonen uit de brede vraag conditie op verschillende momenten tijdens het experimenteren te dwingen tot het formuleren van een tijdelijk antwoord op de onderzoeksvraag.

Kuhn en Dean (2005) beargumenteerden dat kinderen vaak veel moeite hebben met de vaardigheid om onderzoeksvragen te formuleren. Dit wordt deels bevestigd door dit onderzoek. Veel van de geformuleerde onderzoeksvragen kunnen niet een echte onderzoeksvraag genoemd worden en zijn slecht geformuleerd, zoals 'kleuren?' of simpelweg 'alles? Slechts enkele kinderen stelde een goed geformuleerde onderzoeksvraag zoals, 'Duurt de toon langer als het een zwarte muur is?' Mogelijk beschikken kinderen, die over het algemeen beter geformuleerde onderzoeksvragen stellen ook over meer vaardigheid in de CVS. Aangezien het aantal proefpersonen in de eigen vraag conditie klein is, kan er op basis van dit onderzoek hierover geen algemene uitspraak worden gedaan.

De resultaten uit dit onderzoek geven een aantal implicaties voor de praktijk. Deze studie wijst uit dat ingrijpen op het gebied van de onderzoeksvraag niet de beste strategie is om de vaardigheid in CVS, ofwel systematische experimenteren, te vergroten. Dit kan erop duiden dat wanneer leerkrachten hun leerlingen willen leren systematisch te experimenteren, een vorm van korte, directe instructie over de CVS, zoals Klahr en Nigam (2004) gebruiken in hun studie, een betere methode is. Het bieden van ondersteuning op het gebied van het formuleren van een onderzoeksvraag leidt in ieder geval niet tot een significante verbetering van de prestaties op dit gebied, en is dus niet persé de meest geschikte aanpak.

Dit betekent echter niet dat instructie en ondersteuning op het gebied van de onderzoeksvraag niet belangrijk is. Het opstellen van onderzoeksvragen en hypothesen vormt een wezenlijk onderdeel van onderzoekend leren en is zeker zo belangrijk als het beheersen van de CVS en het interpreteren van data. Wil je kinderen bijbrengen om zelfstandig onderzoekend te leren en ze in staat te stellen om wetenschappelijk te leren denken, zul je dus instructie en ondersteuning moeten bieden in al deze drie vaardigheden. Hoewel ondersteuning in de ene vaardigheid niet automatisch leidt tot betere prestaties in de andere, kunnen ze elkaar versterken (Zimmerman, 2007). Een goede onderzoeker moet tenslotte alle drie vaardigheden beheersen.

Deze studie laat zien dat men, binnen de vaardigheid van het opstellen van een onderzoeksvraag, kinderen best de ruimte kan geven om een eigen onderzoeksvraag te bedenken. In de meeste gevallen zullen kinderen een specifieke vraag bedenken. Zowel brede als smalle vragen zullen leiden tot ongeveer evenveel systematische experimenten. Wel is het de taak van de leerkracht om te zorgen dat leerlingen wel alle aspecten onderzoeken die van belang zijn binnen het gegeven experiment. Wanneer zij geen vragen of verwachting hebben over bepaalde variabelen binnen het experiment, is het de taak van de leerkracht de leerling er toe aan zetten toch te experimenteren met deze variabelen.

Er is relatief veel onderzoek naar ondersteuning op het gebied van systematisch experimenteren en relatief weinig onderzoek op het gebied van het opstellen van onderzoeksvragen (Kuhn & Dean, 2005). Naast de studie van Kuhn en Dean (2005) is deze studie één van de weinige die zich op het laatste richt. Ondersteuning bij het opstellen van de onderzoeksvraag leidt niet direct tot significante verbeteringen op het gebied van systematisch experimenteren. Dit betekent echter niet dat meer onderzoek op het gebied van deze vaardigheid niet noodzakelijk is. Een belangrijke vraag hierbinnen is hoe kinderen gestimuleerd kunnen worden om een onderzoeksvraag helder te formuleren en of dit ook leidt tot betere prestatie op gebied van onderzoekend leren.

REFERENTIES

- Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All other things being equal: Children's acquisition of the control of variables strategy. *Child Development, 70*, 1098-1120.
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Children's responses to anomalous scientific data: How is conceptual change impeded? *Journal of Educational Psychology, 94* (2), 327-343.
- Gijlers, H., & de Jong, T. (2009). Sharing and confronting propositions in collaborative inquiry learning. *Cognition and Instruction 27* (3), 239-268.
- Klahr, D. (2005). Early science instruction. *Psychological Science, 16* (11), 871-872.
- Klahr, D., Dunbar K. (1988). Dual space search during scientific Reasoning, *Cognitive Science 12*, 1-48.
- Klahr, D., & Li, J. (2005). Cognitive research and elementary science instruction: from the laboratory, to the classroom, and back. *Journal of Science Education and Technology, 14* (2).
- Klahr, D., & Nigam, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction: Effects of direct instruction and discovery learning. *Psychological Science, 15*, 661-667.
- Kuhn, D., & Dean, D. (2005). Is developing scientific thinking all about learning to control variables? *Psychological Science, 16* (11), 866-870.
- Lazonder, A. W., Wilhelm, P., & Hagemans, M. G. (2008). The influence of domain knowledge on strategy use during simulation-based inquiry learning. *Learning and Instruction, 18*, 580-592.
- Lazonder, A. W., Wilhelm, P., & van Lieburg, E. (2009). Unraveling the influence of domain knowledge during simulation-based inquiry learning. *Instructional Science, 37*, 437-451.
- Lorch, R. F., Lorch E.P., Calderhead, W.J., Dunlap, E.E., Hodell, E.C., Dunham Freer, B. (2010). Learning the control of variables strategy in higher and lower achieving classrooms: Contributions of explicit instruction and experimentation. *Journal of Educational Psychology, 102* (1), 90-101.
- Penner, D., & Klahr, D. (1996). The interaction of domain-specific knowledge and domain-general discovery strategies: A study with sinking objects. *Child Development* (67), 2709-2727.
- Reid, D. J., Zhang, J., & Chen, Q. (2003). Supporting scientific discovery learning in a simulation environment. *Journal of Computer Assisted Learning* (19), 9-20.
- Schauble, L., Glaser, R., Duschl, R.A., Schulze, S. & John, J. (1995). Students' understanding of the objectives and procedures of experimentation in the science classroom. *The Journal of the Learning Science, 4* (2), 131-166.
- Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review, 27*, 172-223.

BIJLAGE 1

Voortest

Naam.....Leeftijd.....Groep.....

Je staat in een lege gang. Aan de ene kant van die gang staat een grote gong. Jij staat aan de andere kant van de gang. Wanneer ik op de gong sla maakt de gong geluid. Het geluid van de gong kun nog een paar seconden horen, nadat ik op de gong heb geslagen. Het geluid galmt dus nog na. Hoe lang jij het geluid nog blijft horen is afhankelijk van een aantal verschillende dingen.

Welke dingen zijn volgens jou van invloed op hoe lang je het geluid nog hoort?

Kruis het goede antwoord aan. Er kunnen meerdere goede antwoorden zijn.

1. *De vorm van de ruimte waarin de gong staat.*

0 **Nee** Ga door naar de volgende vraag

0 **Ja** Omcirkel hieronder welke vetgedrukte woorden volgens jouw goed zijn.

- a) Hoor je het geluid **langer** / **minder lang** als de ruimte heel langwerpig van vorm is?
- b) Hoor je het geluid **langer** / **minder lang** als de ruimte vierkanter van vorm is?

2. *Het materiaal waarmee de muren van de gang zijn bedekt. Zijn de muren ruw of juist glad?*

0 **Nee** Ga door naar de volgende vraag

0 **Ja** Omcirkel hieronder welke vetgedrukte woorden volgens jouw goed zijn.

- a) Hoor je het geluid **langer** / **minder lang** als de muren met ruw materiaal zijn bedekt?
- b) Hoor je het geluid **langer** / **minder lang** als de muren met glad materiaal zijn bedekt?

Vergeet niet de achterkant te maken!

3. *De toonhoogte van de gong. Geeft de gong een hoge, of een lage toon?*

0 **Nee** Ga door naar de volgende vraag

0 **Ja** Omcirkel hieronder welke vetgedrukte woorden volgens jou goed zijn.

- a) Hoor je het geluid **langer** / **minder lang** als de gong een hoge toon geeft.
- b) Hoor je het geluid **langer** / **minder lang** als de gong een lage toon geeft.

4. *De kleur van de muren*

0 **Nee** Ga door naar de volgende vraag

0 **Ja** Omcirkel hieronder welke vetgedrukte woorden volgens jou goed zijn.

- a) Hoor je de gong **langer** / **minder lang** als de kleur van de muren zwart is?
- b) Hoor je de gong **langer** / **minder lang** als de kleur van de muren wit is?
- c) Hoor je de gong **langer** / **minder lang** als de kleur van de muren rood is?