

Universiteit Twente

Het leren van de CVS: de toegevoegde waarde van oefenen en verklaren bij directe instructie.

Aniek Poort

Bachelorthese psychologie - Instructie, Leren en Ontwikkeling

Eerste begeleider: prof. Dr. A.W. Lazonder

Tweede begeleider: mw. E.T. Wassink-Kamp MSc

21-6-2015

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	3
Abstract	4
Inleiding	5
Methode	10
Deelnemers	10
Materialen	10
Leeromgeving	10
Demonstratie.....	10
Formulieren	11
Tests.....	11
Procedure	12
Data-analyse.....	13
Resultaten	14
Discussie	15
Referenties	19

Samenvatting

Het doel van het onderwijs is om kinderen goed voor te bereiden op deelname aan de samenleving. Een van de dingen die kinderen leren is hoe zij moeten experimenteren en hoe zij daar conclusies uit kunnen trekken. Per experiment mag dan slechts één variabele worden veranderd, dit staat centraal bij de Control of Variables Strategy (CVS). Directe instructie kan helpen bij het ontwikkelen van deze onderzoeksvaardigheid. Door kinderen vervolgens te laten oefenen met het opstellen van experimenten zou de methode concreter worden en zouden zij de CVS beter leren. Er werd daarom verwacht dat leerlingen die oefenden meer zouden leren dan kinderen die alleen de demonstratie kregen. Daarbij leren kinderen volgens het self-explanation effect meer wanneer hen gevraagd wordt om te verklaren waarom ze iets doen. Dit zou dan tot een extra leerwinst moeten leiden bovenop het oefenen zonder het geven van verklaringen. Deze verwachtingen zijn onderzocht door middel van een experiment waar 62 kinderen aan deelnamen. Zij maakten allemaal een pre-test en post-test en kregen een demonstratie. Kinderen in de oefen conditie mochten na de demonstratie zelf gaan oefenen, kinderen in de verklaar conditie werd daarbij nog gevraagd om de opzet van hun experimenten te verklaren. In alle condities was een leerwinst te zien, maar alleen in de demonstratie conditie was deze significant. Deze kinderen hadden alleen de instructie gekregen. Uit deze resultaten bleek dat er nog weinig zekerheid bestaat over de toegevoegde waarde van oefenen en verklaren bovenop directe instructie. Vervolgonderzoek moet nog uitwijzen wat er gebeurt als alle bronnen van afleiding bij het oefenen weg zouden vallen of als er in alle condities evenveel tijd zou zitten tussen instructie en afname post-test.

Abstract

The purpose of education is to prepare children to participate in the society. One of the things children learn is how they should conduct experiments and how they can draw conclusion from those experiments. Only variable per experiment can be changed, this is a central point of the Control of Variables Strategy (CVS). Direct instruction can be helpful to develop this research skill. The method would become more concrete for children if they were allowed to practice with conducting experiments after the instruction. This way they would learn how to use the CVS better. Therefore it was expected that students who practiced would learn more than students who only received the instruction. Furthermore, according to the self-explanation effect children learn more if they get asked to explain their actions. This should lead to a higher learning gain than practicing without giving explanations. These expectations were investigated with an experiment with 62 students who filled in a pre-test and post-test and received the instruction. Children in the practice condition were allowed to practice themselves afterwards. Children in the explain condition were also asked to explain the design of their experiments. There was a learning gain in all conditions, but this was only significant in the demonstration condition. These children had only received the instruction. These results showed that there is still little certainty about the added value of practicing and giving explaining on top of direct instruction. Further research should reveal what happens if all sources of distraction during practice would be removed or if there would be the same amount of time between instruction and post-test.

Inleiding

Het doel van het onderwijs is om kinderen goed voor te bereiden op deelname aan de samenleving, waarin technologie en wetenschap een steeds grotere rol gaan spelen. Op Nederlandse basisscholen wordt relatief weinig aandacht besteed aan wetenschap in vergelijking met omliggende landen (Expertgroep Wetenschap en Techniek Basisonderwijs, 2013). Het is echter wel van belang dat kinderen hier op jonge leeftijd op een positieve manier mee kennis leren maken. Onderzoek heeft laten zien dat als dit niet gebeurt voor het zevende levensjaar, de natuurlijke interesse voor dit vakgebied verdwijnt (Expertgroep Wetenschap en Techniek Basisonderwijs, 2013). Een van de componenten van het wetenschap- en techniekonderwijs is wetenschappelijke vaardigheden en denkwijzen, hier valt onderzoeken onder. Binnen dit kader spelen een aantal vaardigheden een rol, zoals het formuleren van een onderzoeksvraag en het opzetten en uitvoeren van een onderzoek (van Graft, Klein Tank & Beker, 2014). Op de basisschool leren kinderen tijdens de lessen wetenschap- en techniekonderwijs onderzoek doen naar eenvoudige verschijnselen, ze onderzoeken bijvoorbeeld welke materialen drijven en zinken of hoe een stroomkring werkt. Naast dat de kinderen hierdoor iets leren over natuurwetenschappelijke onderwerpen, leren ze ook hoe ze onderzoek moeten doen (Lazonder & Kamp, 2012).

Het trekken van valide conclusies uit een experiment is ook een van de vaardigheden die kinderen ontwikkelen bij het leren onderzoeken. Om dit te kunnen doen mag er per keer slechts een variabele gemanipuleerd worden en moeten de overige variabelen constant blijven, dit is een van de belangrijke vaardigheden van de Control of Variables Strategy (CVS). Competentie in de CVS kan worden beschreven als het bezitten van het vermogen om een valide experiment op te stellen, niet-valide experimenten te herkennen en te verbeteren en het trekken van juiste conclusies uit resultaten (Klahr & Li, 2005). Met deze methode kan er dus een onderscheid worden gemaakt tussen valide en niet-valide experimenten (van der Graaf, Segers & Verhoeven, 2015). Er is sprake van een niet-valide experiment, wanneer er meer dan een variabele tegelijkertijd gemanipuleerd wordt.

Het vermogen om bewust slechts een variabele aan te passen bij het opzetten van een experiment bestaat nog niet bij jonge kinderen. Toch kunnen 6-jarigen al wel onderscheid maken tussen experimenten waar wel of geen eenduidige conclusie uit kan worden getrokken, dit is namelijk een minder complexe taak dan het zelf opzetten van een experiment (Piekny & Maehler, 2013). Een van de dingen waar bij jonge kinderen ook rekening mee moet worden

gehouden, is dat zij vaak nog de neiging hebben om te zoeken naar bevestiging van eigen ideeën bij het opstellen van hypothesen en experimenten (Lazonder & Kamp, 2012)

In het onderzoek van Piekny en Maehler (2013) werd onder andere gekeken naar de ontwikkeling van onderzoeksvaardigheden bij kinderen van 4 tot 13 jaar oud, onderverdeeld in vijf leeftijdsgroepen. Deze onderzoeksvaardigheden betroffen het opstellen van hypothesen, experimenteren en het evalueren van bewijs. Er werd verondersteld dat wanneer leerlingen begrijpen dat experimenteren meer is dan slechts het produceren van gewenste effecten, dit zorgt voor een basisbegrip van experimenteren. De resultaten gaven geen significante verbeteringen aan tussen aangrenzende leeftijdsgroepen, maar wel tussen de eerste en derde groep als het gaat om het evalueren van bewijs en experimenteren. Naarmate kinderen ouder waren, werd er beter gepresteerd op de experimentele taak, dit gaf aan dat zij een basisbegrip hadden van experimenteren.

Het ontwikkelen van deze vaardigheden om een valide experiment uit te kunnen voeren kan positief worden beïnvloed door het geven van instructie (van der Graaf et al., 2015). Een manier om dit te doen is door middel van directe instructie. Bij deze methode worden doelen, materialen en uitleg gecontroleerd door de docent (Klahr & Nigam, 2004). Dit betekent dat er door de docent aan leerlingen wordt verteld wat er gedaan moet worden en hoe dit gedaan moet worden. Deze methode is niet specifiek voor wetenschap- en techniekonderwijs, maar kan worden gebruikt voor allerlei leergebieden. Diverse studies hebben laten zien dat het effectief kan zijn voor het aanleren van de CVS vanaf groep 6 (o.a., Lorch et al., 2010). Bij toepassing van directe instructie op experimenteren wordt uitgelegd dat er één variabele moet worden gekozen, dat voor iedere test de waardes voor die variabele gekozen moeten worden en dat de waardes van de overige variabelen constant moeten blijven. Dit werd toegepast in onderzoek van Klahr en Nigam (2004), waarin een aantal experimenten voorgedaan werd door de onderzoeker waar de kinderen naar keken. Bij elk experiment werd gevraagd of ze op basis van het experiment een zekere uitspraak konden doen over het effect van een bepaalde variabele. Ten slotte werd door de onderzoeker uitgelegd waarom valide experimenten wel iets konden zeggen over de invloed van een bepaalde variabele op de resultaten en niet-valide experimenten niet (Klahr & Nigam, 2004).

Onderzoek van Lazonder en Egberink (2014) toonde aan dat kinderen die voor het uitvoeren van een experiment directe instructie kregen over de CVS vaardiger waren in het ontwerpen van een zuiver experiment dan kinderen die geen instructie kregen. Dit sloot aan bij het onderzoek van Klahr en Nigam (2004), waaruit bleek dat directe instructie effectiever was dan onderzoekend leren, waarbij kinderen zelfstandig oefenen zonder verdere

begeleiding. Ruim driekwart (77%) van de kinderen in de directe instructie conditie was vaardig geworden in de CVS, tegenover slechts 23% in controle conditie waarin de kinderen geen verdere begeleiding of uitleg kregen. Directe instructie zorgt ervoor dat kinderen sneller leren dan bij onderzoekend leren, omdat de logica en procedure van het experimenteren expliciet worden uitgelegd. Ondanks dat er al een positief effect werd gevonden van directe instructie op het ontwikkelen van CVS vaardigheden, blijft het de vraag of oefenen hierbij kan zorgen voor een nog hoger percentage kinderen dat de CVS kan toepassen na directe instructie. In dit onderzoek werd niet zelfstandig geoefend door kinderen, in andere onderzoeken gebeurde dit wel (Lazonder & Egberink, 2012; Lazonder & Wiskerke-Drost, 2014).

Een andere manier om kinderen de CVS te leren is door middel van taakstructurering, zoals gedaan is door Lazonder en Kamp (2012). Zij gaven leerlingen een taak waarin meerdere variabelen onderzocht konden worden. In de controle conditie kregen kinderen de volledige taak in één keer aangeboden. In de taakstructurering conditie werd de taak echter opgedeeld in subtaken om kinderen zich slechts op één variabele tegelijk te laten richten en zo het aantal mogelijke experimenten te beperken (Lazonder & Kamp, 2012). Door leerlingen een taak te geven waarin slechts één variabele genoemd wordt, worden zij gestuurd om zich alleen op die variabele te focussen. Dit betekent dat door het opdelen van de taak er niet vier relevante variabelen zijn, maar slechts één. Zo wordt het makkelijker voor de kinderen om een valide experiment uit te voeren (Lazonder & Kamp, 2012). Kinderen die deze vorm van ondersteuning kregen, waren vaardiger in het maken van doelgerichte plannen voor hun experimenten en trokken meer valide conclusies dan kinderen in de controle groep. Kinderen die een opgedeelde taak kregen, pasten vaker de CVS toe dan kinderen die in een keer de volledige taak hadden gekregen. Toch bleek er geen significant verschil te zijn tussen deze twee groepen in het vermogen om valide conclusies te trekken uit de resultaten van een experiment (Lazonder & Kamp, 2012).

In ander onderzoek werd taakstructurering vergeleken met directe instructie. Zo werd door Lazonder en Wiskerke-Drost (2014) aan kinderen gevraagd om een conclusie te trekken uit hun experiment. Hieruit kwam naar voren dat kinderen in de controle conditie minder goed in staat waren om valide conclusies te trekken dan kinderen die directe instructie of taak structurering hadden gekregen. Daarnaast bleek dat kinderen die geen ondersteuning kregen minder valide experimenten uitvoerden dan kinderen die directe instructie of taak structurering hadden gekregen. De resultaten van het onderzoek toonden ook aan dat directe instructie en taak structurering even effectief zijn.

Ondanks dat onderzoekend leren zonder enige vorm van begeleiding niet erg effectief blijkt te zijn, zou het toch wel nuttig kunnen zijn om leerlingen zelfstandig experimenten uit te laten voeren. De mogelijkheid om zelf de CVS toe te passen door te experimenteren zou van belang zijn om deze methode aan te leren. Dit komt volgens Lorch et al. (2010) doordat de methode op deze manier concreter zou worden voor de leerlingen. Dit onderzoek toonde aan dat het combineren van instructie met experimenteren effectiever is dan alleen het uitvoeren van experimenten. Daarnaast bleken leerlingen die beide methodes aangeboden hadden gekregen beter te presteren op de CVS dan leerlingen die alleen directe instructie hadden gekregen.

Een manier om directe instructie te gebruiken is door het geven van een demonstratie waarbij de docent een aantal experimenten voordoet. Dit kunnen zowel valide als niet-valide experimenten zijn, zodat de docent aan de leerlingen kan vragen of het experiment met zekerheid iets zegt over het effect van de relevante variabele op de uitkomst. De docent kan hier dan vervolgens uitleg over geven (Klahr & Nigam, 2004). Leerlingen voerden in dit geval zelf geen experimenten uit. In het onderzoek van Lorch et al. (2014) werden drie condities vergeleken om te onderzoeken welke van de twee soorten experimenten effectiever was. Leerlingen in de valide conditie kregen instructie met alleen voorbeelden van valide experimenten, terwijl leerlingen in de niet-valide conditie slechts voorbeelden van niet-valide experimenten kregen. Leerlingen in de controle conditie ontvingen nog geen instructie. Uit de resultaten bleek dat leerlingen in de niet-valide conditie beter begrip hadden van de CVS dan dat bij de andere condities het geval was. Om deze reden kan er beter gebruik worden gemaakt van voorbeelden van niet-valide experimenten dan van valide experimenten.

Wanneer leerlingen een demonstratie krijgen, kunnen mogelijke nadelen van oefenen worden ontweken. Extra uitdagingen van experimenteren, zoals het opslaan van data en het meten van uitkomsten blijven achterwege. Zo kan de aandacht van leerlingen worden gericht op het ontwerpen van het experiment. Dit geeft de docent de kans om de aandacht van leerlingen te richten op de experimentele strategieën en niet zozeer op de inhoud van de taak (Schwichow, Croker, Zimmerman, Höffler & Härtig, 2014). Wanneer leerlingen zelf oefenen en van hen wordt verwacht dat zij zelf bijhouden welke variabelen ze gemanipuleerd hebben en wat de resultaten waren, dan zou dit afleidend kunnen werken. Het risico bestaat dat dit een nadelig effect heeft op het leren van CVS vaardigheden (Schwichow et al., 2014). Oefenen zou mogelijk wel effectief kunnen zijn wanneer deze afleiding wordt weggenomen. Het is al bekend dat directe instructie effectief is voor de verbetering van CVS vaardigheden (Lorch et al., 2010). Het hieraan toevoegen van zelfstandig oefenen, zonder afleidingen, zou

hierbij kunnen leiden tot een extra leerwinst, omdat het dan zorgt voor een concretisering van de CVS instructie. Hier is de volgende hypothese uit voortgekomen: Kinderen die naast het krijgen van een demonstratie ook zelf mogen oefenen met het uitvoeren van een experiment, zullen de CVS beter leren toepassen dan kinderen die alleen een demonstratie krijgen, in het geval dat zij niet zelf bij hoeven te houden welke variabelen gemanipuleerd worden en wat de resultaten zijn. Door iemand anders bij te laten houden wat de leerling doet en wat de resultaten zijn, wordt deze afleiding weggenomen.

Zoals al eerder genoemd kan er bij het geven van voorbeelden van experimenten gebruik worden gemaakt van valide en niet-valide experimenten. Een argument om niet-valide experimenten te gebruiken is dat fouten ervoor zorgen dat leerlingen meer betrokken zijn bij het leren. Dit komt doordat zij zelf proberen te verklaren waar het mis is gegaan in de redenering (Lorch et al., 2014). Dit geldt ook wanneer leerlingen zelf oefenen en het alleen gaat om het geven van het goede antwoord. Door leerlingen uit te dagen om na te denken over waarom zij iets doen, worden ze zich meer bewust van wat ze doen en raken ze ook meer betrokken bij het leerproces. Wanneer leerlingen alleen horen dat ze het juiste antwoord hebben, is het verklaren van dat antwoord minder belangrijk voor hen. Er wordt daarom verwacht dat door het geven van verklaringen leerlingen meer zullen leren. Dit wordt ook verklaard door het self-explanation effect dat stelt dat kinderen die zichzelf dingen uitleggen beter leren dan kinderen die dat niet doen (VanLehn, Jones, & Chi, 1992). Wanneer kinderen iets leren aan de hand van voorbeelden zorgt het zelf geven van uitleg voor het leren van meer regels en dus tot betere prestaties bij het oplossen van een vraagstuk. Ondanks de verwachting dat oefenen bovenop directe instructie al zorgt voor een extra leerwinst, is er mogelijk nog meer winst te behalen door kinderen ook nog hun eigen handelingen te laten verklaren. Binnen dit onderzoek gaat het erom welke variabelen er per experiment gemanipuleerd worden door de leerling en waarom. Dit sluit aan bij het feit dat de CVS een cognitieve strategie is (Schwichow et al., 2014). Leerlingen zouden tijdens het oefenen minder nadenken over de CVS dan tijdens een andere vorm van instructie. Door leerlingen verklaringen te laten geven, gaan zij juist wel weer nadenken over de strategie. Dit heeft geleid tot de volgende hypothese: Kinderen die tijd moeten verklaren waarom een uitgevoerd experiment wel of niet valide is, kunnen de CVS beter toepassen dan kinderen die dit niet hoeven te doen.

Methode

Deelnemers

De studie is uitgevoerd met 62 leerlingen (33 jongens en 29 meisjes) uit 3 klassen van één Nederlandse basisschool. De kinderen waren tussen de 10 en 12 jaar oud ($M = 10.77$, $SD = 0.84$). De kinderen werden willekeurig verdeeld over drie condities: de demonstratie conditie ($n = 21$), de oefen conditie ($n = 19$) en de verklaar conditie ($n = 22$).

Materialen

Leeromgeving

Tijdens het oefenen werd door kinderen gewerkt met een simulatie van een gong in een digitale leeromgeving die al in eerder onderzoek is gebruikt (Lazonder & Egberink, 2012; Lazonder & Kamp, 2012; Lazonder & Wiskerke-Drost, 2014). Met deze simulatie kon het effect van vier variabelen op de tijd van de echo van een gong worden onderzocht. Deze variabelen waren de toonhoogte van de gong (hoog, midden of laag), de afstand tot de gong (dichtbij, halverwege of veraf), de kijkrichting (links of rechts) en de inrichting van de gang (vol of leeg). Een experiment kon worden uitgevoerd door voor elk van de vier variabelen een waarde te kiezen en vervolgens op de 'start' knop te klikken. In de simulatie werd dan vervolgens het experiment uitgevoerd: er werd op de gong geslagen en het aantal seconden dat de gong te horen was, werd getoond. Alle uitgevoerde experimenten werden opgeslagen in een log file. Het voordeel van het gebruiken van een simulatie was dat alle gegevens op dezelfde manier bewaard werden door de computer in een log file. Voor zowel de demonstratie als het oefenen werd dezelfde leeromgeving gebruikt, zodat leerlingen tijdens het oefenen al gewend waren aan hoe de variabelen in de simulatie gemanipuleerd konden worden.

Demonstratie

De CVS werd aan de kinderen in alle condities uitgelegd door middel van een demonstratie. Hiervoor werden twee variabelen van de gong-simulatie als voorbeeld gebruikt, namelijk toonhoogte en kijkrichting. De andere twee variabelen, afstand tot de gong en inrichting van de gang, werd door een deel van de kinderen zelf onderzocht tijdens het oefenen. De instructie werd gegeven aan de hand van voorbeelden van niet-valide experimenten. Dit betekent dat de onderzoeker eerst vertelde welke variabele onderzocht ging worden en hier vervolgens een aantal niet-valide experimenten voor uitvoerde. Dit werd gedaan door meerdere variabelen of de verkeerde variabele te veranderen. Per experiment werd uitgelegd waarom het een niet-valide was om een van de twee variabelen te onderzoeken en wat er veranderd had moeten

worden om het experiment wel valide te laten zijn. Er werd dus niet ingegaan op de invloed van de andere twee variabelen, die een deel van de kinderen later zelf ging onderzoeken. Dit was om te voorkomen dat zij het antwoord op hun onderzoeksvraag al van te voren wisten.

Formulieren

Aan leerlingen in de verklaar conditie werd om een verklaring voor hun uitgevoerde experiment gevraagd. De antwoorden werden door de proefleider met een standaard formulier op drie punten gescoord, dit was het verklaar formulier. Ten eerste werd bepaald of de leerling wel of geen verklaring gaf. Ten tweede werd indien er een verklaring was gegeven bepaald of de verklaring overeenkwam met het uitgevoerde experiment. Ten derde werd gekeken of de gegeven verklaring paste binnen het toepassen van de CVS. Indien er meer dan een variabele werd benadrukt tijdens de verklaring, werd er geen begrip van de CVS aangenomen. Voor de oefen conditie werd een ander standaard formulier gebruikt, het oefen formulier, hierop kon door de proefleider worden genoteerd hoe de variabelen ingesteld werden en hoe lang de echo dan te horen was.

Tests

De pre-test en de post-test waren hetzelfde om later goed met elkaar vergeleken te kunnen worden. In de test werd de kinderen gevraagd om te bepalen of een bepaald experiment wel of niet valide was en het ontwerp van een niet-valide experiment te verbeteren. De items van de test zijn uit de story problem test van Chen en Klahr (1999) gehaald en waren al eerder gebruikt door Lazonder en Wiskerke-Drost (2014). Tijdens de tests werden voorbeelden van een ander inhoudelijk domein gebruikt dan tijdens de demonstratie om te voorkomen dat de kennis van de kinderen over het onderwerp werd gemeten in plaats van hun CVS vaardigheden. De test bevatte negen vragen over drie verschillende domeinen. Elke vraag bestond uit twee plaatjes die lieten zien hoe iemand iets had onderzocht. De leerlingen moesten aangeven of het een goede of een slechte test was en, in geval van een slechte test, de plaatjes zo te veranderen dat het wel een goede test zou worden. Binnen elk van de drie domeinen zat een goed experiment en twee slechte experimenten. Er werd door middel van een voorbeeldvraag aan de leerlingen uitgelegd hoe de vragen beantwoord moeten worden.

Procedure

Voorafgaand aan de demonstratie werd eerst de pre-test afgenomen om te bepalen op welk niveau van experimenteren de leerlingen al zaten. Deze test werd een paar dagen voor de rest van het onderzoek afgenomen en duurde inclusief instructie ongeveer 20 minuten. Het onderzoek werd in twee delen gesplitst, omdat de post-test gelijk was aan de pre-test; op deze manier zat er meer tijd tussen het maken van de tests, waardoor leerlingen zich hun eerdere antwoorden waarschijnlijk minder goed zouden herinneren. Tijdens de eerste sessie kregen de leerlingen eerst een korte uitleg over het doel van het onderzoek en over hoe de test ingevuld moest worden. Vervolgens maakten alle leerlingen de test.

Voorafgaand aan de demonstratie werden alle kinderen binnen de demonstratie en oefen conditie verder opgedeeld in groepjes van vijf om instructie te krijgen over de CVS, in de vorm van een demonstratie. Zo kon de proefleider in de gaten houden of alle leerlingen hun aandacht bij de instructie hadden en of zij het leken te begrijpen. In de verklaar conditie is een-op-een gewerkt met de leerlingen, omdat de proefleider de antwoorden moest noteren op het standaard formulier. In alle condities hoefden de leerlingen alleen maar te kijken en te luisteren naar de onderzoeker die een aantal experimenten voordeed en daarbij uitleg gaf. In de demonstratie conditie kregen kinderen alleen de demonstratie. Kinderen in de oefen conditie gingen na de demonstratie zelf oefenen met het opstellen en uitvoeren van experimenten. Zij hoefden hierbij alleen maar de experimenten op te stellen en uit te voeren om de onderzoeksvraag te beantwoorden over afstand tot de gong en inrichting van de gang. Er werd hen gevraagd om na het uitvoeren van een experiment hun hand op te steken, zodat de proefleider het oefen formulier voor hen kon invullen. Het formulier werd vervolgens teruggegeven, zodat de kinderen konden zien wat zij al hadden gedaan.

Kinderen in de verklaar conditie gingen na de demonstratie ook zelf met de simulatie aan de slag. Anders dan bij de leerlingen uit de oefen conditie, werd hen door de onderzoeker gevraagd om uit te leggen waarom ze bepaalde variabelen wel of niet gemanipuleerd hadden en waarom zij vonden dat ze wel of geen valide experiment uitgevoerd hadden. Dit gebeurde ongeveer na iedere twee experimenten. De onderzoeker kon bijvoorbeeld vragen: Kun je uitleggen waarom je je experiment op deze manier hebt uitgevoerd? In de verklaar conditie werd er een-op-een met leerlingen gewerkt om de antwoorden van leerlingen op de gevraagde verklaring te noteren op het verklaar formulier. Direct na afloop van de demonstraties en het oefenen werd een post-test afgenomen die gelijk was aan de pre-test. Deze tweede sessie van het onderzoek duurde ruim 20 minuten voor de demonstratie conditie, voor de andere twee condities kwam daar nog de tijd van het oefenen bij.

Data-analyse

Op de pre-test en post-test konden leerlingen in totaal 9 punten halen. Voor elk volledig correct antwoord werd 1 punt gegeven. Een item was correct beantwoord indien de leerling de vraag over het wel of niet valide zijn van een experiment juist had beantwoord en eventuele fouten in de onderzoeksopzet goed had verbeterd. De scores op beide testen zijn vergeleken om te bepalen of leerlingen vaardiger waren geworden in het gebruiken van de CVS. Ten eerste werd gekeken naar het verschil tussen pre-test en post-test voor alle condities. Ten tweede werd hiervoor gekeken naar het verschil binnen iedere conditie om te kijken of er een leerwinst was. Ten derde werd er voor iedere conditie gekeken naar de verandering van de score ten opzichte van de verbetering binnen de andere twee condities.

Voor kinderen in de oefen en de verklaar conditie werd in log files bijgehouden welke handelingen zij uitvoerden in de simulatie. Er werd data gebruikt over hoe lang leerlingen bezig waren en het aantal uitgevoerde experimenten. De gegevens uit de log files zijn gebruikt om de experimenten te coderen als wel of niet valide. Een experiment werd gecodeerd als valide als er slechts één factor veranderd was ten opzichte van het experiment daarvoor. Één experiment stond gelijk aan één run met de simulatie. Door het aantal valide experimenten te vergelijken met het totaal aantal experimenten kon er worden gekeken hoe goed leerlingen in de oefen en verklaar conditie de CVS toepasten ten opzichte van elkaar. Met de verzamelde data kon worden gekeken of er een verband was tussen de scores op de post-test en het niveau van CVS toepassen tijdens het oefenen.

Het ingevulde formulier in de verklaar conditie werd gebruikt om te kijken of leerlingen die een goede verklaring gaven ook betere CVS vaardigheden zouden krijgen dan kinderen die geen of een slechte verklaring gaven. Om hier een uitspraak over te kunnen doen werd ten eerste gekeken of er een verband was tussen het percentage goede verklaringen en het percentage valide experimenten tijdens het oefenen. Ten tweede werd gekeken of er een verband bestond tussen het percentage goede verklaringen en score op de post-test. Een verklaring was goed wanneer deze overeenkwam met de CVS. Uit het antwoord van de leerling moest blijken dat hij wist dat hij alleen die factor had moeten veranderen waarover hij iets wilde weten en de rest gelijk had moeten houden.

Resultaten

Tabel 1 geeft een overzicht van de prestaties van de leerlingen uit de drie condities. Uit de scores op de pre-test blijkt dat leerlingen aan het begin van het onderzoek niet verschilden in hun CVS vaardigheden. Er was namelijk geen significant verschil tussen de scores op de pre-test tussen de verschillende condities, $F(2, 59) = 0.63$, $p = .54$. Over het algemeen scoorden leerlingen hoger op de post-test dan op de pre-test. Van de 62 leerlingen waren er 11 leerlingen die lager scoorden dan op de pre-test en er waren 15 leerlingen met een gelijke score. In totaal was er dus een verbetering bij 58.06% van de leerlingen. Een ANOVA die werd uitgevoerd op het verschil in score op pre-test en posttest voor de hele groep liet een significant verschil zien, $F(1, 61) = 18.06$, $p < .01$. De gemiddelde score steeg met iets meer dan 1 punt. In de demonstratie conditie was deze leerwinst significant, $F(1, 20) = 36.66$, $p < .01$, in de andere condities was dit niet het geval. Dit betekent dat er alleen door de demonstratie conditie hoger werd gescoord op de post-test dan op de pre-test. Er werd gekeken of er een verschil was in de verbetering van de CVS vaardigheden tussen de drie condities. Na het uitvoeren van een ANOVA met post hoc analyse bleek dat leerlingen in de demonstratie conditie meer hadden geleerd van de CVS dan leerlingen in de oefen conditie, $p < .01$ en de verklaar conditie, $p = .01$. Er was geen significant verschil tussen de oefen en verklaar conditie, $p = .691$, wat betekent dat het geen verschil maakt of leerlingen tijdens het oefenen wel of niet gevraagd werd om hun experimenten te verklaren.

Tabel 1

Gemiddelden (en Standaarddeviaties) voor de prestaties per conditie

	Demonstratie conditie ($n=21$)	Oefen conditie ($n=19$)	Verklaar conditie ($n=22$)
Score pre-test	4.9 (1.91)	4.89 (3.11)	5.00 (2.55)
Score posttest	6.57 (2.38)	4.95 (3.05)	5.73 (3.14)
Vershil tussen pre- test en posttest	2.38 (1.80)	0.05 (1.72)	0.73 (1.80)
Aantal experimenten	-	9.21 (6.27)	7.77 (4.76)
Percentagevalide experimenten	-	63,97 (28.31)	79.75 (18.33)
Percentage CVS verklaringen	-	-	54.80 (42.77)
Tijd van het oefenen in seconden	-	719.71 (295.60)	702,25 (275.94)

Zowel in de oefen conditie als in de verklaar conditie mochten leerlingen zelf bepalen wanneer ze wilden stoppen met oefenen. In Tabel 1 is te zien dat er in beide groepen gemiddeld meer dan 700 seconden werd geoefend. Het verschil in tijd tussen de twee groepen was niet significant, $F(1,39) = 0.04$, $p = .85$. Daarnaast verschilden leerlingen ook niet significant in het aantal uitgevoerde experimenten $F(1, 39) = 0.70$, $p = .41$. Er was echter wel een significant verschil in het percentage valide experimenten $F(1, 39) = 4.61$, $p = .04$. Dit laat zien dat leerlingen in beide condities evenveel experimenten uitvoerden. Leerlingen in de verklaar conditie deden naar verhouding echter meer valide experimenten dan leerlingen in de oefen conditie. Er was een correlatie van $r = .60$, $p < .01$, tussen het percentage valide experimenten en de score op de posttest in deze twee condities. Dit geeft aan dat leerlingen met een hoger percentage valide experimenten, hoger scoorden op de posttest dan leerlingen die percentueel minder valide experimenten uitvoerden. Hetzelfde geldt voor leerlingen in de verklaar conditie voor het geven van verklaringen volgens de CVS. Leerlingen met een hoger percentage aan CVS verklaringen scoorden hoger op de posttest, $r = .72$, $p < .01$. Ten slotte was er ook een samenhang tussen het percentage verklaringen volgens de CVS en het percentage valide experimenten, $r = .71$, $p < .01$. Dus leerlingen die meer valide experimenten uitvoerden, gaven meer verklaringen volgens de CVS.

Discussie

In dit onderzoek is gekeken of het een toegevoegde waarde heeft om kinderen na een korte demonstratie van de CVS te laten oefenen met experimenteren en verklaringen te laten geven. In eerder onderzoek was al aangetoond dat directe instructie een positief effect heeft op het leren van CVS vaardigheden (Klahr & Nigam, 2004). Daarnaast leek het ook zo te zijn dat oefenen ervoor zorgt dat de methode concreter werd voor leerlingen en ze het daardoor beter leerden (Lorch et al., 2010). De verwachting vanuit de eerste hypothese was daarom dat een combinatie van demonstratie en oefenen ervoor zou zorgen dat kinderen beter zouden worden in het toepassen van de CVS dan wanneer zij alleen instructie zouden krijgen. Uit de resultaten kwam echter naar voren dat dit niet het geval was. Leerlingen in de demonstratie behaalden in tegenstelling tot de andere twee condities een significante leerwinst. De resultaten moeten echter wel met enige voorzichtigheid benaderd moeten worden, omdat dit onderzoek heeft gewerkt met een redelijk kleine steekproef.

Aangezien er in alle drie de condities een leerwinst optrad, is het aannemelijk dat de instructie effectief was, omdat deze in alle condities op dezelfde manier werd gegeven. Het is

echter nog onduidelijk waarom oefenen en het geven van verklaringen niet voor een extra leerwinst hebben gezorgd. Er zijn verschillende mogelijkheden die een verklaring zouden kunnen bieden. In eerder onderzoek werd al benoemd dat oefenen ervoor zou kunnen zorgen dat kinderen te veel afgeleid raken, omdat zij allerlei gegevens bij moeten houden tijdens het experimenteren en als gevolg daarvan de CVS minder goed zouden leren (Schwichow et al., 2014). In dit onderzoek is er zo goed mogelijk geprobeerd om deze afleiding weg te nemen door leerlingen niet zelf bij te laten houden welke experimenten zij al hadden gedaan en wat daar de uitkomsten van waren, maar dit te laten doen door de proefleider. Dit bleek echter niet voldoende te zijn om een bijdrage te leveren aan de leerwinst.

Een andere bron van afleiding kon zijn dat leerlingen tijdens het oefenen te veel vrijheid hadden, omdat er te veel mogelijkheden waren om iets te doen. Leerlingen kregen alleen de opdracht om de invloed van twee factoren te onderzoeken op de tijd dat de echo van de gong te horen was, zonder verdere aanwijzingen. Het zou zo kunnen zijn dat kinderen er in de opdracht aan herinnerd moeten worden om te blijven focussen op het toepassen van de CVS. In dit onderzoek waren leerlingen vrij om hun eigen gang te gaan en kregen zij geen verdere ondersteuning. Dit zou bijvoorbeeld kunnen door het toepassen van taak structurering, zodat leerlingen gestuurd worden om de factoren een voor een te onderzoeken. Er zijn twee mogelijke verklaringen voor het feit dat er een grotere leerwinst was in de verklaar conditie dan in de oefen conditie, ook al was deze niet significant. Leerlingen in de oefen conditie zouden afgeleid kunnen worden, omdat zij dichtbij elkaar zaten tijdens het oefenen. Hierdoor waren leerlingen mogelijk ook op elkaar aan het letten en waren zij minder gefocust op het gebruiken van de CVS. Daarnaast was er op deze leerlingen minder controle dan op leerlingen in de verklaar conditie, waar de proefleider constant bij zat en vragen stelde. Hierdoor voelden leerlingen in de oefen conditie zich misschien wat vrijer om hun eigen gang te gaan.

Tijdens de demonstratie werden alleen voorbeelden gegeven van niet-valide experimenten, wat volgens Lorch et al. (2014) effectiever is dan het voordoen van valide experimenten. Door middel van deze instructie werd uitgelegd hoe er gekeken zou moeten worden naar een experiment. Bij ieder voorbeeld werd namelijk uitgelegd waarom het volgens de CVS geen goed experiment was en wat er veranderd had moeten worden om het een valide experiment te maken. In de pre-test en post-test moesten leerlingen dit zelf doen. Kinderen in de demonstratie conditie kregen alleen twee keer de CVS test waarop zij beoordeeld werden, er werd hen dus alleen gevraagd om te herkennen of iets een goede test was of niet. Deze opdracht leek op de manier waarop de instructie was ingericht. Daarnaast werd bij hen de test direct na de instructie afgenomen. In de andere twee condities zijn

kinderen mogelijk in de war of afgeleid geraakt tijdens het oefenen, waardoor het toepassen van het geleerde op de post-test moeilijker werd, daarnaast zat er door het oefenen meer tijd tussen instructie en post-test. Het verschil in tijd tussen instructie en afname van de post-test zou een reden kunnen zijn voor de hogere leerwinst in de demonstratie conditie ten opzichte van de andere twee condities. In vervolgonderzoek kan hiernaar worden gekeken met behulp van een taak die niets te maken heeft met experimenteren. Op deze manier kunnen leerlingen in de demonstratie conditie niet oefenen, maar zit er toch evenveel tijd tussen instructie en post-test als in de andere condities. Als de demonstratie conditie dan nog steeds veel beter blijft presteren is dat een aanwijzing dat oefenen niet erg zinvol is bij het aanleren van de CVS. Als de verschillen vervagen, dan geeft dat aan dat de hier gevonden leerwinst in de demonstratie conditie afneemt over tijd. Er zou in dat geval onderzocht moeten worden hoe de kennis over de CVS beter behouden kan worden.

Uit onderzoek van Klahr en Nigam (2004) was al gebleken dat directe instructie veel effectiever is dan onderzoekend leren, oftewel oefenen zonder verdere begeleiding. Wat er in dit onderzoek is gebeurd in de oefen conditie lijkt op een combinatie van de twee methoden. De verklaar conditie lijkt er in eerste instantie minder op, omdat kinderen niet volledig zelfstandig hebben geoefend. Ondanks dat er aan deze kinderen werd gevraagd of zij dachten een goed experiment uitgevoerd te hebben en waarom dat zo was, werd hen niet verteld of hun antwoord goed of fout was. Beide groepen kregen op deze manier even weinig feedback over de validiteit van hun experimenten. Oftewel, leerlingen kregen geen begeleiding bij het opzetten van hun experimenten. Dit heeft geleid tot de conclusie dat ook al hebben leerlingen kennis over hoe ze een experiment uit zouden moeten voeren, dat dit oefenen nog niet tot een effectieve methode maakt om een goed experiment op te leren zetten. Het lijkt zelfs een negatieve invloed te hebben, omdat het geleerde tijdens de demonstratie was verdwenen na het oefenen. De leerwinst was namelijk lager dan in de demonstratie conditie. Door kinderen tijdens het oefenen op dezelfde manier uit te leggen waarom een experiment wel of niet valide was als tijdens de instructie, zouden zij meer gestuurd kunnen worden om zich te richten op de CVS. Daarnaast geldt dat leerlingen in de verklaar conditie verteld zou kunnen worden of hun verklaring correct is of niet, zodat zij zich bij een volgend experiment eventueel kunnen verbeteren. Een vraag die nog beantwoord moet worden is of oefenen wel effectief is wanneer dit zou worden gedaan.

Bij het vergelijken van de resultaten van de oefen conditie en de verklaar conditie viel op dat er geen significant verschil was in verbetering van CVS vaardigheden. De tweede hypothese, die stelde dat leerlingen aan wie gevraagd werd om te verklaren of en waarom een

experiment wel of niet valide was, de CVS beter toe zouden kunnen passen dan kinderen die geen verklaring hoefden te geven, wordt dus niet ondersteund. Toch kan niet worden geconcludeerd dat oefenen en het geven van verklaringen helemaal geen effect hadden. De resultaten lieten zien dat kinderen die meer verklaringen volgens de CVS gaven of meer valide experimenten uitvoerden hoger scoorden op de post-test dan kinderen die dit minder goed deden. Dit is een bevestiging van het self-explanation effect dat beschreven werd door VanLehn et al. (1992). Dit zou kunnen komen doordat leerlingen die de CVS goed hebben begrepen beter kunnen experimenteren en verklaringen kunnen geven. Doordat zij het goed hebben begrepen is het voor deze groep niet echt een probleem om die kennis over te brengen van toepassen tijdens experimenteren naar het herkennen van valide experimenten op de test. Voor de groep leerlingen die het minder goed heeft begrepen zou dat precies andersom kunnen werken. In het geval dat iemand de CVS niet voldoende heeft begrepen, zal het veel moeilijker zijn om de kennis uit de instructie om te zetten naar het zelf experimenteren en vervolgens weer naar herkennen.

Ook het uitvoeren van meer valide dan niet valide experimenten hing samen met een hogere score op de post-test. Leerlingen die hadden begrepen hoe ze moesten experimenteren, lieten dit dus zien tijdens het oefenen en op de post-test. Dit wijst erop dat het niet zinvol is om leerlingen te laten oefenen, omdat het net als de post-test laat zien of iemand de CVS heeft begrepen. Het oefenen zelf geeft dus geen extra informatie. Het is de vraag of oefenen wel zinvol zou zijn als het oefenen als dit zonder afleiding zou gebeuren. Er zou daarom nog meer onderzoek gedaan moeten worden om alle bronnen van afleiding te achterhalen om daar vervolgens voor te controleren.

Er kunnen een aantal punten vanuit dit onderzoek mee worden genomen naar de praktijk. Basisscholen kunnen leerlingen vanaf groep 6 leren hoe een goed experiment uitgevoerd moet worden. Op basis van de gevonden resultaten kan ten eerste gezegd worden dat dit effectief gedaan kan worden door het toepassen van directe instructie in de vorm van een demonstratie. Hierbij is het voldoende om voor de instructie alleen gebruik te maken van voorbeelden van niet-valide experimenten. Er hoeft dus geen directe uitleg gegeven te worden over het algemene principe van de CVS, maar dit kan verwerkt worden in de uitleg van de voorbeelden. Ten tweede is het beter om kinderen na de demonstratie niet zelf te laten oefenen. Kinderen die in dit onderzoek niet zelf oefenden behaalden namelijk een grotere leerwinst dan kinderen wel zelf oefenden, ook als zij tijdens het oefenen verklaringen moesten geven.

Referenties

- Chen Z., & Klahr, D. (1999). All other things being equal: acquisition and transfer of the control of variables strategy. *Child Development*, 70, 1098–1120. doi:10.1111/1467-8624.00081
- Expertgroep Wetenschap en Techniek Basisonderwijs (2013). *Verkenningcommissie wetenschap en technologie primair onderwijs*. Verkregen van <https://www.platformbetatechniek.nl/publicaties/advies-verkenningcommissie-wetenschap-en-technologie-primair-onderwijs>
- 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, 217-238. doi: 10.1007/s10956-005-4423-5
- 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. doi:10.1111/j.09567976.2004.00737.x.
- Lazonder, A.W., Egberink, A., (2014) Children's acquisition and use of the control-of-variables strategy: Effects of explicit and implicit instructional guidance. *Instructional science*, 42, 291–304. doi:10.1007/s11251-013-9284-3
- Lazonder, A.W., & Kamp, E. (2012). Bit by bit or all at once? Splitting up the inquiry task to promote children's scientific reasoning. *Learning and Instruction*, 22, 458–464. doi:10.1016/j.learninstruc. 2012.05.005.
- Lazonder, A.W., & Wiskerke-Drost, s. (2014). Advancing scientific reasoning in upper elementary classrooms: Direct instruction versus task structuring. *Journal of Science Education and Technology*, 24, 69-77. doi: 10.1007/s10956-014-9522-8
- Lorch, R. F., Lorch, E. P., Calderhead, W. J., Dunlap, E. E., Hodell, E. C., & Freer, B. D. (2010). Learning the control of variables strategy in higher and lower achieving classrooms: Contributions of explicit instruction and experimentation. *Journal of Educational Psychology*, 102, 90–101. doi:10.1037/a0017972.
- Lorch, R. F., Lorch, E. P., Calderhead, W. J., Dunlap, E. E., Hodell, E. C., & Freer, B. D. (2014). Using valid and invalid experimental designs to teach the control of variables strategy in higher and lower achieving classrooms. *Journal of Educational Psychology*, 106, 18–35. doi: 10.1037/a0034375
- Piekny, J., & Maehler, C. (2013). Scientific reasoning in early and middle childhood: The development of domain-general evidence evaluation, experimentation, and hypothesis generation skills. *British Journal of Developmental Psychology*, 31, 153-179. doi:10.1111/j.2044-835X.2012.02082.x

- Schwichow, M., Croker, S., Zimmerman, C., Höffler, T., & Härtig, H. (ter perse). Teaching the control-of-variables strategy: A meta-analysis. *Developmental review*, 1-27. doi: 10.1016/j.dr.2015.12.001
- Van der Graaf, J., Segers, E., & Verhoeven, L. (2015). Scientific reasoning abilities in kindergarten: Dynamic assessment of the control of variables strategy. *Instructional science*, 43, 381-400. doi: 10.1007/s11251-015-9344-y
- Van Graft, M., Klein Tank, M. en Beker, T. (2014) *Wetenschap & technologie in het basis- en speciaal onderwijs, Richtinggevend leerplankader bij het leergebied oriëntatie op jezelf en de wereld*. Verkregen van <http://www.slo.nl/organisatie/recentepublicaties/wetenschapentechnologie/>
- VanLehn, K., Jones, R.M., & Chi, M.T.H. (1992). A model of the self-explanation effect. *The Journal of the Learning Sciences*, 2, 1-59. doi: 10.1207/s15327809jls0201_1