

Het effect van feedback en zelfexplanatie op het wetenschappelijk redeneren van kinderen

Bachelorthese Psychologie

Babs Ernst

1^{ste} begeleider: Prof. dr. A.W. Lazonder

2^{de} begeleider: Dr. J. van der Graaf

Universiteit Twente, Enschede, Nederland

Faculteit Gedrags-, Management- en Maatschappijwetenschappen

Vakgroep Instructietechnologie

30-06-2017

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	3
Inleiding	3
Dit onderzoek	7
Methode.....	8
Deelnemers.....	8
Materialen.....	8
Procedure.....	11
Data analyse	12
Aanpassingen dataset	13
Resultaten	13
Discussie.....	15
Referentielijst	19
Bijlage 1	22

Samenvatting

Onderzoekend leren, een vorm van onderwijs waarbij leerlingen zelf experimenteren om kennis te vergaren, komt steeds vaker voor in het onderwijs. Om succesvol wetenschappelijk te redeneren, moeten leerlingen systematisch te werk gaan. Een manier om dit te doen is door de Control-of-Variables Strategy (CVS) te gebruiken. Bij de CVS dient een leerling tijdens een experiment één variabele te veranderen en de rest constant te houden. Dit onderzoek richt zich op de vraag hoe leerlingen van 10 tot 12 jaar het best ondersteund kunnen worden bij het leren van deze vaardigheid. Er is hierbij gekeken naar zowel de effecten van feedback als zelfexplanatie. Vierenveertig leerlingen hebben een CVS test gemaakt, waarna ze directe instructie kregen over de CVS. De leerlingen mochten vervolgens oefenen en zijn hierbij opgedeeld in drie onderzoekscondities. De zelfexplanatiegroep werd aangemoedigd om na elke twee experimenten te reflecteren over of ze een goed experiment hadden gedaan, de feedbackgroep kreeg feedback op de experimenten die ze hadden uitgevoerd en de controlegroep kreeg geen begeleiding. Vervolgens hebben de leerlingen dezelfde CVS test nog een keer gemaakt. De resultaten toonden dat enkel de leerlingen van de zelfexplanatieconditie een significante stijging in kennis op de CVS voor- en natest toonden. Er was geen significant verschil tussen de groepen tijdens het experimenteren zelf, noch qua tijd noch qua het percentage valide experimenten. Vervolgonderzoek moet uitwijzen of er nog een grotere stijging in kennis te behalen valt als leerlingen meer geoefend zijn in het reflecteren of een andere vorm van feedback krijgen.

Inleiding

Het onderwijs blijft innoveren. Ondanks dat directe instructie nog steeds een belangrijke lesmethode blijft in het basisonderwijs, komen er steeds meer alternatieve instructiemethoden die mogelijk ook bevorderlijk zijn voor het leren (“Onderzoekend en ontwerpnd leren in het primair onderwijs,” 2015; “Werkvormen en groeiperingsvormen,” z.d.). Onderzoekend leren is één van deze methoden. Bij onderzoekend leren worden leerlingen uitgedaagd om zelf te observeren, te experimenteren en conclusies te trekken, waarbij ze gebruik maken van hun vaardigheden om wetenschappelijk te redeneren (Lazonder, 2014). Het onderzoekend benaderen van problemen wordt ook steeds belangrijker in het vervolgonderwijs met vaardigheden zoals duidelijke argumentaties geven en evaluaties maken die de cognitieve ontwikkeling stimuleren (Osborne, Eduran, & Simon, 2004). Hierdoor wordt wetenschappelijk redeneren steeds vaker toegepast in het klassieke klaslokaal. Bij deze toepassing van

wetenschappelijk redeneren in het klaslokaal kan afgevraagd worden hoe leerlingen dan ondersteund dienen te worden. In dit onderzoek zal gepoogd worden hier inzicht in te brengen.

Het algemene doel bij wetenschappelijk onderzoek zelf is om de kennis van de wereld uit te breiden door het zelf ontdekken van regels, patronen en generalisaties, en door het bevestigen van hypothesen (Zimmerman, 2000). Deze activiteiten liggen dus ten grondslag aan wetenschappelijk redeneren, een vaardigheid die centraal staat bij het onderzoekend leren (“Onderzoekend en ontwerpend leren in het primair onderwijs,” 2015). Diverse auteurs hebben geprobeerd om de onderliggende vaardigheden te benoemen. Zo stellen Tolmie, Ghazali en Morris (2016) dat drie vaardigheden centraal staan bij het onderzoekend leren van kinderen: (1) accurate observatie, (2) de vaardigheid om causale connecties te herkennen en hierover te redeneren, en (3) kennis van mechanismen om deze connecties uit te leggen. Siegler en Liebert (1975) stellen dat (1) het genereren van een precieze hypothese, (2) experimenten kunnen ontwerpen, en (3) implementeren en de data systematisch kunnen analyseren ten grondslag liggen aan wetenschappelijk redeneren. Het ‘inquiry-based learning framework’ (Pedaste et al., 2015) brengt deze componenten samen in één onderzoekscyclus. Volgens deze cyclus beginnen de leerlingen met oriënteren, waarna ze een onderzoeksvraag bedenken en hypothesen opstellen. Vervolgens beginnen ze met onderzoeken door te proberen, te experimenteren en vervolgens de data te interpreteren. Tot slot trekken ze een conclusie. Ondertussen dient de leerling continu bezig te zijn met communicatie en reflectie.

Kinderen zijn van nature nieuwsgierig, waardoor ze de neiging hebben om onverwachte fenomenen uit te leggen en op een speelse manier causale relaties te ontdekken (Legare, 2014). Het is gebleken dat kinderen in de leeftijd van 6 tot 10 jaar al in staat zijn om wetenschappelijke redenering toe te passen na een korte instructie (Klahr & Li, 2005). Crowley en Siegler (1999) stellen echter dat kinderen sterk geneigd zijn om hierbij onsystematisch te werk te gaan. Toch lijkt er besef dat het uitvoeren van experimenten anders is dan het creëren van een gewenst resultaat wel aanwezig te zijn bij een groot gedeelte van de basisschoolleerlingen. (Piekny & Mahler, 2013). Bij hun onderzoek is gekeken naar drie vaardigheden die relevant zijn voor wetenschappelijk redeneren, namelijk hypothesen genereren, experimenten uitvoeren en het evalueren van de verkregen informatie. Eén van hun belangrijkste conclusies is dat de ambiguïteit van de taak een belangrijke factor is voor hoe goed een kind een experiment uit kan voeren. Hoe onduidelijker een taak wordt, hoe moeilijker het voor een kind wordt om wetenschappelijk te redeneren. Verder lieten Piekny en Mahler (2013) zien dat leerlingen naarmate ze ouder worden steeds beter begrijpen dat alleen een experiment dat eenduidige resultaten geeft hen in staat stelt om conclusies te trekken over je hypothesen.

Om een sluitend experiment te creëren, dient een leerling systematisch te werk te gaan. Dit kan door de ‘Control of Variables Strategy’, oftewel CVS, te gebruiken. De CVS houdt in dat iemand een experiment uitvoert waarbij slechts één variabele per keer wordt veranderd (Klahr & Li, 2005). Het is mogelijk om basisschoolleerlingen de CVS te leren wanneer een aansluitende instructiemethode toegepast wordt. (Schwichow, Croker, Zimmerman, Höffler, & Härtig, 2016; Chen & Klahr, 1999).

Directe instructie lijkt een effectieve manier te zijn om kinderen de CVS te leren. Klahr en Nigam (2004) stellen dat directe instructie een beter resultaat heeft bij het leren van de CVS aan kinderen dan wanneer ze de strategie zelf moeten ontdekken door zonder hulp of uitleg te experimenteren. Ook uit het onderzoek van Klahr en Li (2005) en Lorch et al. (2010) is gebleken dat directe instructie een efficiënte manier is om de CVS te leren. Maar bij het hiervoor genoemde onderzoek van Klahr en Nigam (2004) had 25% van de leerlingen die directe instructie kreeg, nog onvoldoende begrip van de CVS. Lorch et al. (2010) bevestigden dat kinderen die enkel aan het experimenteren gaan zonder enige vorm van feedback, weinig leren over het gebruik van de CVS. Maar leerlingen die zowel directe instructie kregen in combinatie met zelf experimenteren behaalden betere resultaten dan leerlingen die alleen directe instructie kregen. Lorch et al. (2010) stellen verder dat leerlingen een abstract begrip ontwikkelen van de CVS bij directe instructie en dat ze bij ‘hands-on’ werken meer aandacht besteden aan belangrijke variabelen. Hierbij ontstaat het beeld dat door directe instructie te combineren met een actieve werkvorm, de resultaten van leerlingen nog meer kunnen verbeteren.

Een belangrijke reden hiervoor is dat leerlingen beter begrip krijgen van de leerstof door hier actief mee aan de slag te gaan (Bonwell & Eison, 1991; Prince, 2004). Dit komt overeen met het ICAP framework (Chi & Wiley, 2014), waarin onderscheid gemaakt wordt tussen passieve, actieve, constructieve, en interactieve betrokkenheid. Hierbij wordt gesteld dat de interactieve betrokkenheid, waar de leerling samenwerkend een probleem oplost, de beste leeruitkomsten geeft en passieve, waar de leerling slechts informatie ontvangt, de slechtste. Er wordt dus nadruk gelegd op de uitvoer van betekenisvolle leeractiviteiten en denken actief nadenken over de stof in plaats van passief te luisteren naar de instructie (Chi & Wiley, 2014).

De leerlingen actiever betrekken kan op meerdere manieren. Mayer (2008) benadrukt hierbij het belang van begeleiding omdat het oefenen op zich weinig effectief is. Deze begeleiding kan ingevuld worden met feedback. Magill (1994) noemt ook dat vaardigheden tot een zekere hoogte geleerd kunnen worden zonder hulp, maar dat feedback noodzakelijk is om een beter begrip te krijgen. Feedback kan een leerling dus laten inzien waarom iets goed of fout is. Het krijgen van tijdige, specifieke en constructieve feedback is dus essentieel bij het leren.

Hierbij is het ook van belang dat deze feedback gegeven wordt door een betrouwbare leraar in een veilige omgeving (Sargeant et al., 2010). Feedback moet dus gepast zijn, aangezien er anders kans bestaat dat de leerling de feedback zal verwerpen (Magill, 1994). Feedback kan zowel een versterkend effect hebben, waar goed gedrag wordt beloond en dus aangemoedigd, als een informerende werking, waar leerlingen zich bewust worden van waar ze fout zijn gegaan (Mayer, 2008). Deze functies van feedback geven leerlingen een richting voor hun verdere voortgang door hun leerstof, waardoor de leeruitkomsten hoger zouden moeten zijn.

Magill (1994) stelt dat er echter wel over nagedacht moet worden hoe feedback gegeven moet worden, welke informatie erbij betrokken moet worden en hoe vaak het gegeven dient te worden. De antwoorden op deze vragen verschillen van situatie tot situatie en zouden moeten worden gebaseerd op de voorkennis die de leerling al heeft, het effect van de feedback op de vaardigheid en de kenmerken van de leerling. Ook het soort feedback is belangrijk (Johnson & Priest, 2016; Mayer, 2008). Leerlingen die alleen ‘goed-fout’ feedback ontvangen zullen minder leren dan leerlingen die een uitleg krijgen *waarom* iets goed of fout is. Het geven van uitgebreide feedback lijkt dan ook belangrijk te zijn in het leerproces omdat het dieper leren faciliteert (Johnson & Priest, 2016). Om deze reden kan feedback een meerwaarde hebben voor het leren van de CVS.

Desondanks het inzicht wat feedback verschaft ook vanuit de leerling zelf komen, bijvoorbeeld door het geven van zelfexplanaties (Chi, DeLeeuw, Chiu, & LaVancher, 1994). Bij deze methode worden leerlingen aangespoord om aan zichzelf uit te leggen waarmee zij bezig zijn of wat ze hebben gedaan. Dit uitleggen kan bijvoorbeeld het reflecteren zijn op de aannames die de leerling maakt over de opdracht en hier vervolgens over nadenken (VanLehn, Jones, & Chi, 1992). Hierbij geeft de leerling dus eigenlijk zichzelf een vorm van feedback in plaats van dat de leerkracht dit doet doormiddel van reflectie. De meeste leerlingen hebben al bepaalde strategieën die ze kunnen benutten tijdens het oplossen van problemen (Chi, Bassok, Lewis, Reimann, & Glaser, 1989). Chi et al. (1989) stellen verder dat wanneer deze kinderen een goede basis aan strategieën verzameld hebben, ze steeds handiger worden in zelfexplanaties. Hierbij kunnen ze ook steeds beter de juiste informatie uit een opdracht halen.

Maar ondanks dat er verschil naar voren kan komen in de strategieën die de leerlingen toepassen, kan wel gesteld worden dat zelfexplanatie leren faciliteert bij elke leerling (Chi et al., 1994). Uit onderzoek van Chi en VanLehn (1991) is gebleken dat zowel de minder goede als goede leerlingen een beter begrip kregen van de wetten van Newton. Chi en VanLehn veronderstelden dat dit werd veroorzaakt door drie mogelijke processen: (1) deductie, (2) generalisatie, en (3) het expliciet maken van impliciete kennis. In ieder geval kan gesteld

worden dat zelfexplanatie voor een diepere verwerking zorgt (Chi et al., 1994), wat opnieuw correspondeert met de theorie van actief leren (Bonwell et al., 1991) en het ICAP framework (Chi & Wiley, 2014). Zelfexplanatie valt hierbij over het algemeen onder de constructieve betrokkenheid, wat impliceert dat het hogere leeruitkomsten zou moeten geven dan directe instructie, wat meer naar het passieve neigt. Leerlingen zijn namelijk actief bezig met het construeren van regels bij de problemen die ze benaderen tijdens zelfexplanatie.

Zelfexplanatie kan daarom mogelijk goed aansluiten bij het leren van de CVS. Uit het onderzoek van Schwichow et al. (2016) is gebleken dat niet per se de manipulatie van variabelen leerlingen laat leren, maar het nadenken over de data en het bewijs en het reflecteren op experimentele strategieën. Aangezien leerlingen bij zelfexplanatie uitleggen wat ze aan het doen zijn (of gedaan hebben) en dit voor diepere verwerking zorgt, kan dit zorgen voor deze reflectie en het nadenken over de data.

Dit onderzoek

Volgens onder andere het ICAP framework (Chi & Wiley, 2014) en Mayer (2008) zou actief oefenen effectiever zijn dan passief luisteren. Maar indien leerlingen oefenen zonder enige begeleiding vallen de leerresultaten minder hoog uit dan bij enkel het krijgen van passieve instructie (Klahr & Nigam, 2004). Om deze reden wordt in dit onderzoek gekeken of twee toevoegingen bij dit oefenen, namelijk zelfexplanatie en feedback, tot positieve leerresultaten kunnen leiden. Hiervoor is de volgende onderzoeksvraag opgesteld: *‘In hoeverre hebben feedback en zelfexplanatie een positief effect op het oefenen van de ‘Control-of-Variables Strategy’ bij kinderen?’*

Hierbij zijn twee hypothesen geformuleerd. De eerste hypothese stelt dat als leerlingen oefenen met de CVS, zowel het krijgen van feedback als het geven van zelfexplanaties tot een beter begrip van de CVS zal leiden dan het oefenen zonder enige vorm van begeleiding. Dit begrip betreft zowel het begrip van de CVS zelf, gemeten door middel van testen, als de daadwerkelijke toepassing ervan tijdens het experimenteren zelf, opgeslagen in logfiles door het de simulatie waarmee de leerlingen oefenden. Aangezien resultaten van leerlingen zonder begeleiding laag uitvallen (Klahr & Nigam, 2004), terwijl actief bezig zijn met de stof juist tot een betere verwerking zou moeten leiden (Bonwell & Eison, 1991; Chi & Wiley, 2014), zou sturing door middel van zelfexplanatie en feedback mogelijk tot betere leerresultaten kunnen leiden.

De tweede hypothese is dat de leerlingen in de zelfexplanatie conditie de CVS beter zullen begrijpen en vaker zullen gebruiken dan de leerlingen uit de feedback conditie.

Zelfexplanatie zorgt ervoor dat leerlingen de stof dieper verwerken (Bonwell & Eison, 1991). Verder heeft zelfexplanatie een reflectief onderdeel wat volgens Schwichow et al (2016) het essentiële deel is van het leren, waarbij leerlingen nadenken over de verkregen data en het verkregen bewijs en hun strategieën hierop aanpassen. Bij feedback wordt deze informatie aangereikt door iemand anders, waardoor de leerling niet zelf over de materie nagedacht hoeft te hebben, waardoor de leerling het minder diep verwerkt dan bij zelfexplanatie. Tevens stelt het ICAP framework van Chi en Wiley (2014) dat wanneer leerlingen zelf iets produceren, bijvoorbeeld een reflectie, dit generatieve leren tot een diepere verwerking leidt. Luisteren naar feedback zal hierbij eerder actief of zelfs passief zijn, afhankelijk van hoe de leerling de feedback verwerkt. Indien een leerling de feedback naast zich neerlegt, zal het deze immers niet actief hiermee bezig zijn.

Methode

Deelnemers

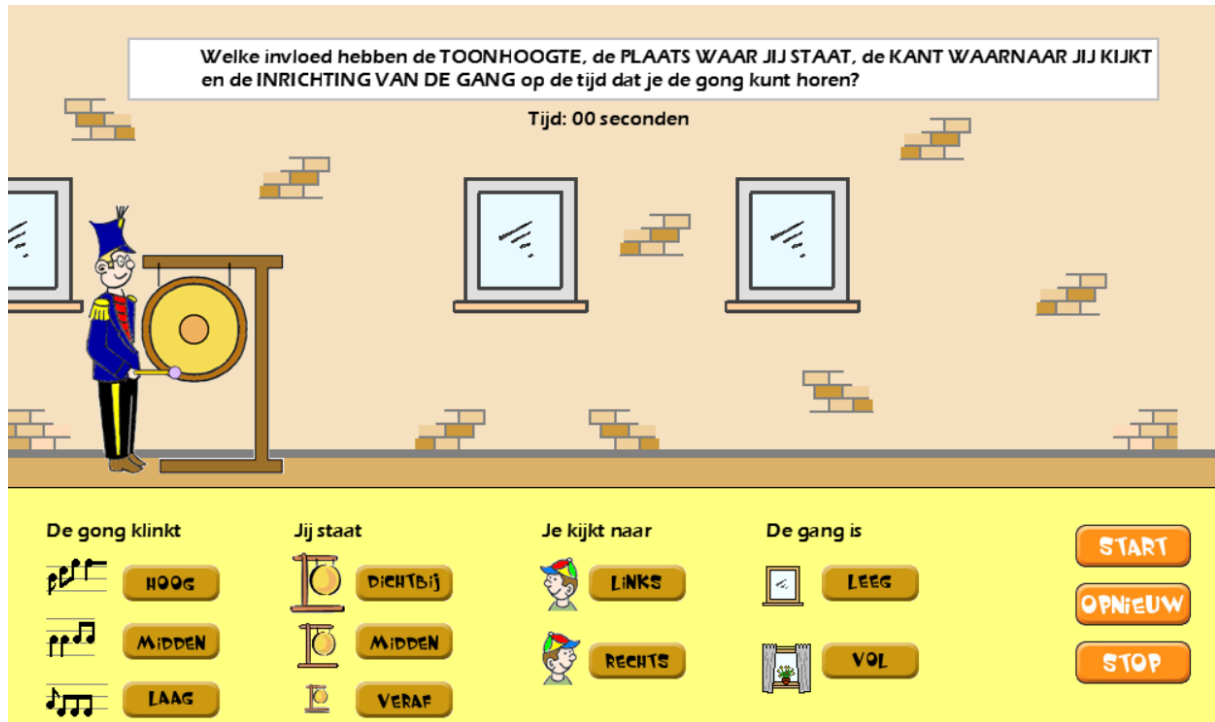
De deelnemers waren 44 leerlingen uit groep 7 en 8 van twee basisscholen. Alle leerlingen waren ouder dan 10 jaar ($M = 11.16$, $SD = 0.81$) en er waren 18 jongens en 26 meisjes. De leerlingen zijn voorafgaand aan het onderzoek willekeurig toegewezen aan een van de drie onderzoekscondities. Dit leidde tot 14 leerlingen in de controlegroep, 15 leerlingen in de feedbackgroep en 15 leerlingen in de zelfexplanatiegroep. Elke leerling had voldoende begrip van de taal waarin het onderzoek afgenomen had, Nederlands. De ouders en/of verzorgers van de leerlingen hebben passieve toestemming gegeven voor de deelname van hun kinderen aan het onderzoek, waarbij ze geïnformeerd zijn over de aard van het onderzoek en de mogelijkheid kregen hun kinderen hieraan te onttrekken.

Materialen

Simulatie muzikale gong

Voor het oefenen met de CVS zelf werd gebruik gemaakt van een computersimulatie van een muzikale gong. In deze simulatie konden de leerlingen op het eerste scherm hun naam, leeftijd en geslacht invullen, waarna een korte uitleg werd gegeven van de situatie in de simulatie. Hierna werd de onderzoeksvraag getoond: ‘Welke invloed hebben de toonhoogte, de plaats waar jij staat, de kant waarnaar jij kijkt en de inrichting van de gang op de tijd dat je de gong kunt horen.’ Het vervolgscherm bevatte de simulatie zelf, met op de onderste helft van het scherm de variabelen die de kinderen konden instellen (zie Figuur 1). Deze vier variabelen waren de toonhoogte, die ingesteld kon worden op ‘laag, midden of hoog’, de afstand tot de

gong, die ingesteld kon worden op ‘ dichtbij, midden of ver’, de kijkrichting, die ingesteld kon worden op ‘ links of rechts’ en de inrichting van de gang, die ingesteld kon worden op ‘ leeg of vol’.



Figuur 1. De hoofdinterface van de gongsimulatie.

De kinderen konden na de vier variabelen ingesteld te hebben met de knop ‘start’ de simulatie starten. Hierop sloeg de muzikant op de gong waarna secondes geteld werden totdat de echo niet meer te horen was. Na afloop van hun proefjes was er ruimte voor het noteren van het antwoord op de vraag in de simulatie. Tevens registreerde de simulatie de acties van de kinderen tijdens het experimenteren in een logfile, waardoor analyse achteraf mogelijk is.

Directe instructie

Voordat de leerlingen met de simulatie aan de slag gingen, kregen ze gedurende 20 minuten directe instructie over de CVS. Deze instructie werd gegeven aan de hand van een simulatie met rollende voorwerpen, waardoor de kinderen bekend konden raken met een soortgelijke simulatie. Deze simulatie werd aangeboden op een laptop en betrof een situatie waarbij onderzocht kon worden hoe drie variabelen de rolafstand van een bal beïnvloeden. Hierbij waren de volgende variabelen aanpasbaar: de hellingshoek van de laadbak waarop de ballen lagen (steil of vlak), de startpositie van de ballen in de laadbak (hoog of laag) en het gewicht

van de ballen (licht of zwaar). Tijdens de directe instructie werd eerst de simulatie interface uitgelegd met de bovengenoemde variabelen, waarna een experiment werd voorgedaan dat niet aan de CVS voldeed. De leerlingen werd hierna gevraagd of dit een correct proefje was. Hierna werd de leerlingen stap voor stap uitgelegd hoe een valide experiment opgesteld kon worden volgens de CVS, waarna ze mochten aangeven hoe het voorgedane experiment verbeterd kon worden. Hierop stelde de onderzoeker het correcte experiment in op de simulatie, waarna de leerlingen gevraagd werd wat ze nu konden concluderen. De leerlingen mochten hierna zelf een paar proefjes opzetten die vervolgens besproken werden. Tot slot kregen de leerlingen nog de kans om vragen te stellen indien dingen nog niet duidelijk waren.

Feedbackscript

Er is een script opgesteld om de leerlingen in de feedbackconditie op een gestandaardiseerde manier feedback te geven. Na elke twee experimenten vond er een feedback moment plaats, waarbij een experiment gedefinieerd was als twee proefjes. Dit script beschreef wat de leerlingen verteld moest worden op elk feedbackmoment. De leerlingen kregen hierbij uitgebreide feedback om het leerproces te faciliteren (Johnson & Priest, 2016). Tevens kregen zij zowel positieve feedback als feedback over wat ze konden verbeteren, aangezien feedback zowel belonend als informerend dient te zijn (Mayer, 2008). In het script werd eerst beschreven hoe het feedbackmoment aangekondigd moest worden aan de leerling, waarna positieve feedback gegeven diende te worden. Deze positieve feedback betrof onder andere ‘je onderzocht {variabele} twee keer! Nu kun je daar meer over zeggen!’ Hierop volgend kwam negatieve feedback zoals: ‘Je zou kunnen proberen om je alleen op {variabele} te focussen, dan kun je goed een conclusie trekken over wat je onderzoekt.’ Hierbij was de variabele het onderdeel waar de leerling op focuste, bijvoorbeeld de toonhoogte. In het script werden drie feedbackmomenten beschreven waarna, indien de leerling nog langer doorging, de onderzoeker de aanwijzingen van de drie beschreven feedbackmomenten van het script diende te herhalen.

Zelfexplanatie formulier

Het zelfexplanatie formulier (Bijlage 1) diende voor een gestandaardiseerde registratie van de verklaringen van de leerlingen uit de zelfexplanatieconditie. De leerlingen werd, net zoals in de feedbackconditie, na elke twee experimenten gevraagd om een zelfexplanatie te geven. Op het formulier stonden twee vragen geformuleerd om de kinderen aan te moedigen te reflecteren. Deze vragen waren: ‘Denk je dat je een goed experiment hebt uitgevoerd?’ en ‘Waarom heb je die factoren veranderd en die andere factoren niet veranderd?’ Kun je uitleggen waarom je dit

zo gedaan hebt?’ Op het formulier kon de proefleider aangeven of de leerling dacht een goed experiment uitgevoerd te hebben en of dit ook inderdaad het geval was. Vervolgens kon op het blad in grote lijnen geregistreerd worden of de leerling een verklaring gaf, of deze klopte met de CVS en of het overeen kwam met wat de leerling gedaan had. Onderaan op het formulier was ruimte voor opmerkingen.

CVS-test

Kennis van de CVS werd gemeten met een identieke voor- en natest. Het doel van deze test was om te meten hoe groot het begrip was van kinderen van de Control-of-Variables strategy. Deze test werd ook gebruikt in het onderzoek van Lazonder en Egberink (2014) en was gebaseerd op de CVS-test van Chen en Klahr (1999). De test bestond uit een voorbeeld en negen vragen die op papier gemaakt werd. Bij elke vraag moesten de kinderen naar twee plaatjes kijken en bepalen of er een correct experiment werd afgebeeld en zo nee, hoe dit verbeterd kon worden. De leerlingen moesten dit dan zelf verbeteren op de plaatjes bij de vraag. In de plaatjes waren steeds drie dichotome variabelen te zien; de vraag die boven de plaatjes stond gaf aan wat het doel van het experiment was, bijvoorbeeld onderzoeken of de lengte van de vleugels iets uitmaakt voor hoe snel een vliegtuig kan vliegen. Drie van de negen vragen bevatte een correct experiment, bij de overige vragen was meer dan één variabele veranderd of was in plaats van de doelvariabele een andere variabele veranderd. De score van de kinderen werd berekend door middel van één punt voor een correct antwoord en één punt voor een correcte verbetering. Dit leidde tot een totaalscore van maximaal 15 punten. Hierbij kregen de leerlingen één punt voor het correct aangeven of het een goed of fout experiment was, waardoor totaal 9 punten te behalen waren. Bij zes van de negen vragen moest de leerling het experiment verbeteren, waar één punt per vraag te behalen viel. Voor de interne consistentie is een Cronbach’s Alpha berekend met $\alpha = .88$ voor de voortest en $\alpha = .87$ voor de natest. Voor de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid is van 40 testen nagekeken door een tweede beoordelaar. Hierbij was de Cohen’s kappa interbeoordelaars betrouwbaarheid .986.

Procedure

Enkele dagen voor het onderzoek werd de CVS-test afgenomen. Hoewel deze test in de klas gemaakt werd, mochten de leerlingen niet overleggen over de antwoorden. Een paar dagen later werd het onderzoek voortgezet. De leerlingen werden in groepen van vijf of zes ontvangen in een rustige ruimte, waar de directe instructie werd gegeven. Vervolgens kregen de leerlingen

de kans om vragen te stellen, waarna vier van de vijf leerlingen weer terug naar de klas gingen en één leerling achterbleef om te oefenen met de simulatie.

De rest van het onderzoek verliep op een één-op-één basis. Na een korte herhaling van de CVS-instructie, om er zeker te zijn dat de leerling de strategie snapte, mocht de leerling zelf met de simulatie aan de gang. Hierbij werd eerst nog een korte uitleg gegeven over hoe de simulatie werkte, waarna de leerling vrij gelaten werden om zelf te experimenteren. Na het uitvoeren van twee experimenten kregen de leerlingen begeleiding indien ze in de zelfexplanatie- of feedbackconditie waren ingedeeld. Dit werd na elke twee experimenten herhaald. Hierbij was een experiment gedefinieerd als het uitvoeren van twee proefjes in de simulatie. De leerlingen uit de feedback conditie kregen hierbij feedback aan de hand van het feedback script. De leerlingen van de zelfexplanatieconditie werd gevraagd zelfexplanaties te geven aan de hand van het zelfexplanatie formulier. De leerlingen uit de controlegroep kregen geen enkele begeleiding bij het oefenen. Indien een leerling om hulp vroeg buiten de hiervoor aangegeven momenten, werd verwezen naar de instructie zonder hiervan een herhaling te geven. Indien een leerling een specifieke vraag over de werking van de simulatie had, werd deze wel beantwoord. Als de leerling langer dan 20 minuten oefende, werd verteld dat hij/zij nog 3 proefjes uit mocht voeren.

Wanneer de leerling klaar was met het onderzoek met de gongsimulatie, werd de CVS-test nogmaals afgenomen, waarbij uitgelegd werd dat dit nodig was om te kijken of er een verbetering opgetreden was in hun vaardigheden. Ondertussen werd de volgende leerling door de onderzoeker uit de klas gehaald. Wanneer de leerling klaar was met de natest, mocht deze weer terug naar de klas.

Data analyse

Voor de analyse is ten eerste gekeken naar mogelijke verschillen in voorkennis tussen de onderzoekscondities. Dit is gedaan door de scores van de voortesten te vergelijken op basis van de onderzoeksconditie. Hiervoor is een non-parametrische test gebruikt gezien de steekproef van geringe grootte was.

Daarna werd gekeken naar de mogelijke verbetering van de kinderen in hun begrip van de CVS. Hierbij is gekeken naar zowel het algehele verschil tussen de voor- en natest als het verschil per onderzoeksconditie, door middel van een non-parametrische gekoppelde paren test. Verder is er nog gekeken naar een significant verschil tussen de condities. Dit werd gedaan door de scores van de voortest van de natest af te trekken. Het verschil tussen deze twee variabelen werd hierbij gedefinieerd als de ‘verbetering’ en vergeleken tussen de condities. Ook

hierbij zijn non-parametrische testen uitgevoerd. Tevens werd er ook gekeken naar de relatieve toename van de score van de leerlingen, op basis van hoeveel punten de leerlingen nog konden halen na het maken van de voortest.

Verder is er gekeken door middel van 'logfiles' naar hoe lang elke leerling over het oefenen deed, het aantal experimenten dat de leerlingen uitgevoerd hadden en bij hoeveel van deze experimenten die valide was. Een experiment bestond hierbij uit twee proefjes, tenzij het zeer duidelijk was dat het opeenvolgende proefje deel uitmaakte van hetzelfde experiment. Een experiment was hierbij valide als de CVS werd toegepast. Hierbij is gekeken of de tijd, het aantal experimenten en het aantal en percentage valide experimenten verschilde tussen de onderzoekscondities. Bij de zelfexplanaties is bovendien gekeken naar het aantal gegeven verklaringen of deze klopten met de CVS en of hierbij verbanden waren met het aantal valide experimenten.

Aanpassingen dataset

Na de datacollectie is één deelnemer verwijderd uit de dataset. Deze leerling is verwijderd aangezien besloten was dat minder dan vier proefjes uitvoeren te weinig oefenen was. Aangezien deze leerling slechts drie proefjes heeft uitgevoerd is deze dan ook verwijderd. Dit heeft ertoe geleid dat de zelfexplanatieconditie uiteindelijk uit 15 kinderen bestond, de feedbackconditie uit 15 en de controlegroep uit 13 kinderen.

Resultaten

Een Kruskal-Wallis test wees uit dat er geen significant verschil was tussen de voorkennis van de verschillende onderzoekscondities, $\chi^2(2, N = 43) = 2.95, p = .23$. In Tabel 1 staan de gemiddelde scores van de leerlingen op de CVS testen. Bij de gemaakte testen hadden zeven kinderen een lagere score op de natest, acht kinderen een gelijke score en 24 kinderen een hogere score. Meer dan de helft van de kinderen (60.47%) had dus een hogere score op de natest dan op de voortest. Een Wilcoxon test toonde aan dat er een significant verschil bestond tussen de voor- en natest in het algemeen, $z = -3.06, p < .001$. Wanneer naar de leerwinst per conditie gekeken wordt, komen er echter andere resultaten naar voren. Hoewel de zelfexplanatiegroep een significante leerwinst had, $z = -2.68, p = .01$, was dit in de feedback- en controlegroep niet het geval (respectievelijk $z = -1.20, p = .23$ en $z = -1.23, p = .22$). Het algemene verschil tussen de condities op basis van het testverschil is echter aldus de Kruskal-Wallis test niet significant, $\chi^2(2, N = 43) = 1.29, p = .53$. Als naar het testverschil tussen de condities specifiek gekeken wordt door middel van een Mann-Whitney test, komt er geen significant tussen de

zelfexplanatie- en controlegroep naar voren, $z = -0.86$, $p = .41$. Een Mann-Whitney test wees ook geen significant verschil uit tussen de feedback- en controlegroep, $z = -0.05$, $p = .96$. Tussen de feedback en zelfexplanatiegroep is evenmin een significant verschil gevonden, $z = -1.07$, $p = .31$. Er is dus geen aanwijsbaar verschil in stijging van kennis tussen de ondersteuningscondities zelfexplanatie, feedback en de controlegroep. Verder is gekeken naar de relatieve leerwinst. Dit percentage is berekend door de behaalde leerwinst te delen door het totaal aantal punten wat de leerling nog kon verbeteren na het uitvoeren van de voortest. Het algemene verschil tussen de condities is niet significant aldus de Kruskal-Wallis test, $\chi^2(2, N = 43) = 0.24$, $p = .89$. Door middel van een Mann-Whitney test is nog gekeken naar verschillen tussen de condities specifiek, hierbij is ook geen significantie gevonden tussen de feedbackgroep en zelfexplanatiegroep, $z = -0.42$, $p = .68$, tussen de zelfexplanatiegroep en controlegroep, $z = -0.14$, $p = .31$ en de feedbackgroep en de controlegroep, $z = -0.42$, $p = .69$.

Tabel 1

Gemiddelde Scores op de CVS-test.

	Zelfexplanatie ($n = 15$)		Feedback ($n = 15$)		Controlegroep ($n = 13$)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Voortest	7.20	4.49	9.93	4.35	9.46	4.72
Natest	9.13	4.75	10.67	3.79	10.54	4.65
Leerwinst	1.93	2.55	0.73	2.19	1.08	2.66
Percentage	30.11	39.86	8.46	54.42	27.93	47.14
Relatieve leerwinst						

In Tabel 2 staat meer descriptieve data over het experimenteelgedrag in de verschillende onderzoekscondities. Een Kruskal-Wallis test wees uit dat er geen significant verschil bestond tussen hoe lang de groepen over hun experimenten gedaan hebben, $\chi^2(2, N = 43) = 0.27$, $p = .88$. Evenmin werd een significant verschil gevonden tussen de onderzoekscondities in het aantal valide experimenten, $\chi^2(2, N = 43) = 1.22$, $p = .54$. Het verschil tussen de afzonderlijke groepen is vervolgens geanalyseerd met een Mann-Whitney test. Bij vergelijking van de controlegroep met zowel de zelfexplanatie- als feedbackconditie, was bij beide condities geen significantie, respectievelijk, $z = -1.08$, $p = .29$, $z = -0.38$, $p = .72$. Ook tussen de feedback- en zelfexplanatieconditie bestond geen significant verschil, $z = -0.72$, $p = .49$.

Bij het totale aantal experimenten is tevens geen significantie in het algemeen gevonden door middel van een Kruskal-Wallis test, $\chi^2(2, N = 43) = 0.71, p = .70$. Wanneer de controlegroep met zowel de zelfexplanatie- als de feedbackgroep vergeleken werd met een Mann-Whitney test, kwam er geen significant verschil naar voren, $z = -0.79, p = .47$, respectievelijk, $z = -0.33, p = .75$. Tussen de zelfexplanatie- en feedbackgroep bestond evenmin een significant verschil, $z = -0.67, p = .54$. Ook bij het percentage valide experimenten is geen significantie gevonden met een Kruskal-Wallis test, $\chi^2(2, N = 43) = 0.74, p = .69$. Bij vergelijking met een Mann-Whitney test van de zelfexplanatiegroep met de feedbackgroep en de controlegroep, en de feedbackgroep met de controlegroep kwam tevens geen significant verschil naar voren, respectievelijk, $z = -0.28, p = .81, z = -0.87, p = .41, z = -0.54, p = .62$.

Tabel 2

Samenvatting van het Experimenteelgedrag van de Leerlingen.

	Zelfexplanatie ($n = 15$)		Feedback ($n = 15$)		Controlegroep ($n = 13$)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Tijd (sec.)	546.07	142.67	552.93	200.36	526.46	138.52
Aantal experimenten	4.00	1.82	5.40	4.31	4.23	1.83
Percentage valide experimenten	41.00	33.82	44.00	38.08	52.36	35.74

In de zelfexplanatieconditie werden de zelfexplanaties van de leerlingen gestandaardiseerd geregistreerd op het zelfexplanatieformulier. Hierbij gaf 73% van de leerlingen 1 of meer verklaringen en 55% van deze verklaringen kwam overeen met de CVS. Echter, wanneer er gekeken wordt naar de natestscores van de leerlingen die begrip van de CVS getoond hebben bij hun reflecties, waren deze niet significant beter dan de leerlingen die dit begrip niet getoond hebben, $z = -0.27, p = .78$. Leerlingen wie een correcte CVS verklaring gaven, waren wel geneigd om een hoger aantal valide experimenten uit te voeren, $Z = -2.15, p = 0.04$.

Discussie

Het doel van dit onderzoek was om te onderzoeken in hoeverre feedback en zelfexplanatie een positief effect zouden hebben op het begrijpen en gebruiken van de ‘Control of Variables Strategy’ (CVS). De hypothesen waren dat kinderen uit zowel de feedback- als

zelfexplanatieconditie de CVS vaker zouden gebruiken en beter zouden begrijpen dan kinderen uit de controleconditie, die zonder extra ondersteuning hebben geoefend met de CVS. Bij de voor- en natesten werd duidelijk dat er een significant verschil bestond tussen voor- en natest in het algemeen. Bij nadere analyses van onderzoeksconditie tot onderzoeksconditie kwam echter naar voren dat de natest alleen in de zelfexplanatieconditie significant beter was gemaakt dan de voortest, terwijl dit significante verschil zich niet toonde bij de feedbackconditie en de controleconditie. De algemene leerwinst is dus grotendeels te wijten aan de significante stijging van de zelfexplanatieconditie.

Dit resultaat komt niet overeen met de eerste hypothese, dat er zowel bij feedback als zelfexplanatie betere leerresultaten bereikt zouden worden. Ten aanzien van de feedback stelden Mayer (2008) en Sargeant et al. (2010) dat feedback een centrale rol heeft in het leerproces. Bij het oefenen bleek echter dat leerlingen wie de CVS al begrepen weinig behoefte hadden aan onderbrekingen met feedback en niet leken te begrijpen waarom ze feedback kregen. Voor leerlingen wie juist moeite hadden met het begrijpen van de CVS leek in een aantal gevallen de feedback tevens niet gepast. In deze gevallen leken de leerlingen behoefte te hebben aan meer uitleg naast de gegeven feedback en stelden extra vragen of gingen op dezelfde wijze door als voor het feedbackmoment. Dit kan mogelijk te wijten zijn aan de wijze waarop de leerlingen feedback kregen. Magill (1994) stelde immers dat de manier waarop feedback gegeven dient te worden, verschilt van situatie tot situatie en van leerling tot leerling. Aangezien elke leerling dezelfde vorm en hoeveelheid feedback gekregen heeft, sloot de feedback dus mogelijk niet aan op elke leerling die de feedback ontvangen heeft. De controleconditie ging geheel op eigen wijze aan het experimenteren en leek weinig acht te slaan op de onderzoeker. Deze conditie stelde in tegenstelling tot de feedbackconditie bijna geen vragen. Ook bij de zelfexplanatie conditie werden geen vragen gesteld aan de begeleider over de CVS. Dit kan mogelijk verklaard worden doordat de leerlingen in de feedbackconditie al in gesprek waren met de onderzoeker of de feedback mogelijk niet begrepen. Tevens kan het zijn dat de leerlingen het gevoel hadden meer ondersteund te worden, waardoor ze zich mogelijk meer geneigd voelden te steunen op de kennis van de onderzoeker.

De gevonden resultaten bij de voor- en natest zijn echter wel in overeenstemming met de tweede hypothese dat de grootste stijging te vinden is bij de zelfexplanatieconditie. Het verschil met de andere twee condities was echter niet significant. Dit kan erop duiden dat, ondanks dat er een significant verschil is tussen voor- en natest bij de zelfexplanatieconditie, het verschil tussen de groepen zelf nog steeds klein is qua stijging in kennis. Echter, aangezien dit onderzoek is afgenomen met een relatief klein aantal proefpersonen dienen deze resultaten

voorzichtig geïnterpreteerd te worden. Een bijkomende reden is dat de voortest op de ene school vlak voor het oefenen afgenomen is, terwijl de leerlingen van de andere school de voortest een paar dagen van tevoren hadden gemaakt. Dit heeft mogelijk ervoor gezorgd dat leerlingen van de ene school hun antwoorden op de voortest beter voor ogen hadden dan de leerlingen van de andere school. Dit kan ertoe geleid hebben dat de resultaten van de leerlingen zijn beïnvloed, al valt niet met zekerheid te zeggen in welke richting.

Desalniettemin is deze stijging van kennis bij de zelfexplanatie wel in overeenstemming met het ICAP framework van Chi en Wiley (2014). Ook Schwichow et al. (2016) stellen dat reflectie een essentieel onderdeel is wanneer een individu aan het leren is. Of deze reflectie correct is of niet lijkt hierbij niet uit te maken, aangezien er geen significant verband vindbaar is tussen de natest en het geven van een verklaring, of deze nou klopte met de CVS of niet. De leerlingen die reflecteerden leken hierin echter wel onwennig de eerste keer dat ze gevraagd werden om een reflectie. Desalniettemin zou de significante stijging tussen de voor- en natest te wijten kunnen zijn aan het feit dat de leerlingen even stil stonden bij hun experimenteergedrag. Er was verder wel een significant verband tussen het aantal valide experimenten en het geven van een CVS verklaring. Deze leerlingen toonden dus wel een beter begrip van de CVS tijdens het oefenen zelf. Dit heeft dus echter geen invloed op het begrip wat de leerlingen vertonen op de natest.

Aangezien de leerlingen van de zelfexplanatieconditie een significant verschil tussen de voor- en natest hadden in tegenstelling tot de leerlingen bij de andere condities, is het aannemelijk dat het reflecteren op zichzelf al een invloed heeft op het CVS begrip van de leerlingen. Chi et al. (1994) beamen dit met hun onderzoek, waaruit bleek dat bij zowel kinderen met goede als minder goede strategieën zelfexplanatie het leren faciliteerde. Tevens stelden Chi et al. (1989) dat kinderen handiger worden in zelfexplanaties naarmate ze meer strategieën verzamelen. Aangezien er niet vanuit gegaan kan worden dat de leerlingen al eerder zelfexplanaties gegeven hebben, zou er mogelijk een hogere leerwinst te behalen zijn naarmate de leerlingen hier geoefender in raken. Schwichow et al. (2016) stellen ook dat het nadenken over de data en het reflecteren tot een toename van kennis zullen leiden. Hierbij maakt de manipulatie van de variabelen volgens dit onderzoek niet per se een verschil. Dit komt overeen met de resultaten van dit onderzoek, waarbij de feedbackconditie en de controleconditie een niet significante stijging in kennis hebben getoond.

Er zijn meerdere aanbevelingen te geven voor vervolgonderzoek. Ten eerste zou een conditie die enkel directe instructie krijgt zonder te oefenen nog onderzocht kunnen worden. Hierdoor kan het effect van het oefenen zelf in kaart gebracht worden, waardoor beter te

definiëren valt wat het precieze effect is van de directe instructie op zich en de toegevoegde waarde van zelfexplanaties en feedback. Verder, zoals al eerder gesteld, stelden Chi et al. (1989) dat leerlingen steeds beter werden in zelfexplanatie naar mate ze beschikking krijgen over betere zelfexplanatie strategieën. In vervolgonderzoek zou gekeken kunnen worden of een training in zelfexplanatie tot betere leerprestaties kan leiden. Verder kan nog gekeken worden naar mogelijke andere vormen van feedback. Volgens Magill (1994) moet feedback gepast zijn aangezien de leerling de feedback anders kan verwerpen. Gezien het feit dat er geen significante stijging is tussen de voor- en natest voor de feedbackconditie, sloot de vorm van feedback geven mogelijk niet genoeg aan bij de behoeften van de leerling. Hierbij kan erover nagedacht worden of het werkzaam was om positieve en negatieve feedback direct achter elkaar te geven en of de frequentie van het feedback geven hoog genoeg of juist te hoog was.

Een andere aanbeveling betreft de mogelijkheid tot samenwerking. Samenwerkend leren is van oudsher populair in het basisonderwijs en aldus het ICAP framework van Chi en Wiley (2014) zou dit onder interactief leren vallen, wat tot de hoogste leerresultaten zou moeten leiden. Bij samenwerkend leren geven de leerlingen feedback aan elkaar waardoor zowel een reflectief deel, aangezien de leerlingen zelf feedback moeten formuleren, als een feedbackdeel, samenkomen in het leerproces. Door deze combinatie valt er mogelijk een nog grotere stijging te behalen bij het leren van de CVS. Tot slot zijn de natesten van dit onderzoek direct na het oefenen van de leerlingen afgenomen. Dit geeft echter geen duidelijkheid over de lange termijn effecten van de verschillende ondersteuningsvormen. Mogelijk kan daarom nog in vervolgonderzoek opgenomen worden wat de stijging in kennis is over de langere termijn en hoeveel de leerlingen achteraf mogelijk weer vergeten zijn van wat ze geoefend hebben.

Concluderend kan gezegd worden dat basisschoolleerlingen van ouder dan 10 jaar dus inderdaad de CVS aangeleerd kan worden en hiermee kunnen beginnen met onderzoekend leren. Het is hierbij aan te bevelen op basis van de resultaten van dit onderzoek om dit te doen door middel van zelfexplanatie. Hierbij is enkel het reflecteren zelf met aanmoediging van een begeleider om een poging te doen al effectief gebleven om de leerresultaten van de leerling te verhogen. Hierbij is het waarschijnlijk dat wanneer de basisschoolleerlingen betere reflectiestrategieën verkrijgen hun resultaten nog verder zullen stijgen.

Referentielijst

- Bonwell, C.C., & Eison, J.A. (1991). *Active learning: Creating excitement in the classroom*. Washington, DC: George Washington University Press
- Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All Other Things Being Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. *Child Development*, 70(5), 1098-1120.
doi:10.1111/1467-8624.00081
- Chi, M. T., Bassok, M., Lewis, M. W., Reimann, P., & Glaser, R. (1989). Self-Explanations: How Students Study and Use Examples in Learning to Solve Problems. *Cognitive Science*, 13(2), 145-182. doi:10.1207/s15516709cog1302_1
- Chi, M., DeLeeuw, N., Chiu, M., & LaVancher, C. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive Science*, 18(3), 439-477. doi:10.1016/0364-0213(94)90016-7
- Chi, M. T., & VanLehn, K. A. (1991). The Content of Physics Self-Explanations. *Journal of the Learning Sciences*, 1(1), 69-105. doi:10.1207/s15327809jls0101_4
- Chi, M. T., & Wylie, R. (2014). The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219-243.
doi:10.1080/00461520.2014.965823
- Crowley, K., & Siegler, R. S. (1999). Explanation and Generalization in Young Children's Strategy Learning. *Child Development*, 70(2), 304-316. doi:10.1111/1467-8624.00023
- Johnson, C.I. & Priest, H.A. (2016). *The Feedback Principle in Multimedia Learning*. Cambridge University Press
- 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), 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(10), 661-667. doi:10.1111/j.0956-7976.2004.00737.x
- Koerber, S., Mayer, D., Osterhaus, C., Schwippert, K., & Sodian, B. (2014). The Development of Scientific Thinking in Elementary School: A Comprehensive Inventory. *Child Development*, 86(1), 327-336. doi:10.1111/cdev.12298
- Kuhn, D., Pease, M., & Wirkala, C. (2009). Coordinating the effects of multiple variables: A skill fundamental to scientific thinking. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103(3), 268-284. doi:10.1016/j.jecp.2009.01.009
- Lazonder, A.W. (2014). Inquiry Learning. *University of Twente, Department of Instructional*

Technology. doi: 10.1007/978-1-4614-3185-5_36

- 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(2), 291-304. doi:10.1007/s11251-013-9284-3
- Legare, C. H. (2014). The Contributions of Explanation and Exploration to Children's Scientific Reasoning. *Child Development Perspectives*, 8(2), 101-106. doi:10.1111/cdep.12070
- 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(1), 90-101. doi:10.1037/a0017972
- Mayer, R. E. (2008). *Learning and instruction (second edition)*. Upper Saddle River, NJ: Pearson. ISBN 0-13-170771-X
- Magill, R. A. (1994). The Influence of Augmented Feedback on Skill Learning Depends on Characteristics of the Skill and the Learner. *Quest*, 46(3), 314-327. doi:10.1080/00336297.1994.10484129
- Mercer, N., Dawes, L., Wegerif, R., & Sams, C. (2004). Reasoning as a scientist: ways of helping children to use language to learn science. *British Educational Research Journal*, 30(3), 359-377. doi:10.1080/01411920410001689689
- Onderzoekend en ontwerpnd leren in het primair onderwijs (2015). Stichting Leerplan Ontwikkeling. Verkregen van: <http://natuurenteknik.slo.nl/thema-overzicht/onderzoekend-en-ontwerpend-leren-in-po>
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). *Enhancing the quality of argumentation in school science*. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., ... Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61. doi:10.1016/j.edurev.2015.02.003
- Piekny, J., & Maehler, C. (2012). 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(2), 153-179. doi:10.1111/j.2044-835x.2012.02082.x
- Prince, M. (2004). Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223-231. doi:10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x
- Sargeant, J., Armson, H., Chesluk, B., Dornan, T., Eva, K., Holmboe, E., ... Van der Vleuten, C. (2010). The Processes and Dimensions of Informed Self-Assessment: A

Conceptual Model. *Academic Medicine*, 85(7), 1212-1220.

doi:10.1097/acm.0b013e3181d85a4e

Schwichow, M., Croker, S., Zimmerman, C., Höffler, T., & Härtig, H. (2016). Teaching the control-of-variables strategy: A meta-analysis. *Developmental Review*, 39, 37-63.

doi:10.1016/j.dr.2015.12.001

Tolmie, A. K., Ghazali, Z., & Morris, S. (2016). Children's science learning: A core skills approach. *British Journal of Educational Psychology*, 86(3), 481-497.

doi:10.1111/bjep.12119

VanLehn, K., Jones, R.M., & Chi, M.T.H. (1992). A model of the self-explanation effect. *Journal of the Learning Sciences*, 2, 1-59.

Veugelers, W. M. (2004). Between Control and Autonomy: Restructuring Secondary Education in the Netherlands. *Journal of Educational Change*.

doi:10.1023/B:JEDU.0000033070.80545.01

Werkvormen en groepeeringsvormen (z.d.). *Stichting Leerplan Ontwikkeling*. Verkregen van:

<http://passendonderwijsaanbod.slo.nl/organisatie/werkvormen/>

Zimmerman, C. (2000). The Development of Scientific Reasoning Skills. *Developmental Review*, 20(1), 99-149. doi:10.1006/drev.1999.0497

Bijlage 1

Zelfexplanatie registratieformulier

Leerling:

Leeftijd:

Geslacht:

EXPERIMENT 1

Denk je dat je een goed experiment hebt uitgevoerd?

JA

☐

NEE

☐

* Komt dit overeen met wat de leerling heeft gedaan?

JA

☐

NEE

☐

Waarom heb je die factoren veranderen en die andere factoren niet veranderd?

Kun je uitleggen waarom je dit zo gedaan hebt?

* Geeft de leerling een verklaring?

JA

☐

NEE

☐

* Klopt de verklaring die de leerling geeft met CVS?

JA

☐

NEE

☐

* Komt de verklaring overeen met wat de leerling gedaan heeft?

JA

☐

NEE

☐

EXPERIMENT 2

Denk je dat je een goed experiment hebt uitgevoerd?

JA

☐

NEE

☐

* Komt dit overeen met wat de leerling heeft gedaan?

JA

☐

NEE

☐

Waarom heb je die factoren veranderen en die andere factoren niet veranderd?

Kun je uitleggen waarom je dit zo gedaan hebt?

* Geeft de leerling een verklaring?

JA

☐

NEE

☐

* Klopt de verklaring die de leerling geeft met CVS?

JA

☐

NEE

☐

* Komt de verklaring overeen met wat de leerling gedaan heeft?

JA

☐

NEE

☐

EXPERIMENT 3

Denk je dat je een goed experiment hebt uitgevoerd?

JA

☐

NEE

☐

* Komt dit overeen met wat de leerling heeft gedaan?

JA

☐

NEE

☐

Waarom heb je die factoren veranderen en die andere factoren niet veranderd?

Kun je uitleggen waarom je dit zo gedaan hebt?

* Geeft de leerling een verklaring?

JA

☐

NEE

☐

* Klopt de verklaring die de leerling geeft met CVS?

JA

☐

NEE

☐

* Komt de verklaring overeen met wat de leerling gedaan heeft?

JA

☐

NEE

☐