

Het effect van prompts op het gebruik van de control-of-variables strategie

Jessica Winter

s1051377

Juni 2014

Eerste begeleider: Ard Lazonder
Tweede begeleider: Pascal Wilhelm

Universiteit Twente
Faculteit der Gedragwetenschappen
Opleiding Psychologie

Samenvatting

Onderzoekend leren is een onderwijsvorm waarbij leerlingen kennis en vaardigheden kunnen opdoen door zelf een onderzoek uit te voeren. Binnen het huidige onderzoek is specifiek gekeken naar de experimentatiefase, waarin leerlingen de control-of-variables strategie (CVS) moesten gebruiken tijdens het uitvoeren van hun eigen experimenten. Omdat eerder onderzoek heeft aangetoond dat onbegeleid onderzoekend leren ineffectief is, werd het gebruik van de CVS ondersteund door instructie en herinneringen in de vorm van prompts. Het doel van dit onderzoek was om te onderzoeken wat effect is van de hoeveelheid prompts op het gebruik van de CVS. Aan het onderzoek namen 69 basisschoolleerlingen deel die willekeurig zijn verdeeld over drie condities. Deze condities bestonden uit één controle conditie en twee experimentele condities, waarbij de verschillen berustten op het aantal prompts dat werd aangeboden (alle leerlingen kregen de instructie). Uit de resultaten bleek dat leerlingen die voorafgaand aan elke nieuwe variabele een prompt kregen, de CVS vaker gebruikten dan leerlingen uit de controle conditie die geen prompts kregen. Een prompt voorafgaand aan elk experiment leidde tot evenveel gebruik van de CVS als in de controle conditie. Daarnaast is een correlatie gevonden tussen het gebruik van de CVS en de score op de CVS posttest. Dit verband bestond echter in twee van de drie condities: bij leerlingen die per nieuwe variabele een prompt kregen is geen significante samenhang gevonden.

Abstract

Inquiry learning is a form of education that allows pupils to gain knowledge and skills by self-directed investigations. Within the current study, the focus was set on the “experimentation” component of scientific inquiry. Pupils ran their own experiments to be able to give an answer to research questions. Previous research showed that unguided learning is ineffective, which is the reason why there was offered guidance during the current study. The chosen forms of guidance are instruction and prompts, since it turned out that a combination of these two forms is sufficient. Both types of guidance concerned the control-of-variables strategy (CVS), a research strategy pupils were supposed to use during their experiments. The goal of this study was to investigate the effect of the amount of prompts during the experimentation phase on the use of the CVS. 69 pupils participated to the experiment, randomly assigned to the three conditions. These conditions consisted of one control condition and two experimental conditions, with the sole difference in the amount of prompts (all pupils received the instruction). The results showed that pupils who received a prompt prior to every new variable in the simulation used the CVS more often than pupils from the control condition who did not receive any prompts. A prompt prior to every drawn out experiment led to as much CVS use as no prompts. Furthermore a correlation had been found between the use of the CVS and the score on the CVS posttest. However, this cohesion only existed in two of the three conditions: no significant correlation has been found in the condition in which pupils received a prompt prior to every new variable.

Inhoudsopgave

Inleiding	5
Methode	9
Deelnemers	9
Materialen	9
<i>Computersimulatie</i>	9
<i>CVS instructie</i>	10
<i>Prompts</i>	11
<i>Domeinkennistest</i>	11
<i>CVS test</i>	12
Procedure	12
Scoring domeinkennistest en CVS test.....	13
Data-analyse	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
Resultaten	15
Conclusie en discussie	18
Referenties	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
Bijlagen	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
Bijlage I: Domeinkennistest	24
Bijlage II: CVS test.....	26

Inleiding

Onderzoekend leren houdt in dat leerlingen een onderwerp leren te begrijpen door zelf onderzoek uit te voeren. Door middel van een wetenschappelijke aanpak doen ze hun eigen ontdekkingen. Uit hun zelf uitgevoerde onderzoeken kunnen leerlingen domeinkennis afleiden, wat hen helpt bij het leerproces; daarnaast draagt onderzoekend leren bij aan de ontwikkeling van wetenschappelijke redeneervaardigheden (Lazonder, 2014).

Een recente meta-analyse heeft aangetoond dat onbegeleid onderzoekend leren ineffectief is (Alfieri, Brooks, Aldrich, & Tenenbaum, 2011). Dit vereist vaardigheden waarover weinig basisschoolleerlingen beschikken (De Jong & Lazonder, 2014). Wanneer leerlingen echter op een geschikte manier worden begeleid tijdens het onderzoekend leren, presteren ze over het algemeen beter en leren ze meer dan de leerlingen die op een andere manier in contact zijn gebracht met het studiemateriaal (De Jong & Lazonder, 2014).

De basiscomponenten van onderzoekend leren zijn volgens het Scientific Discovery as Dual Search model (Klahr, 2000; Klahr & Dunbar, 1988) “hypothesegeneratie”, “experimentatie” en “bewijs evaluatie”. Hypothesegeneratie betreft het proces waarin leerlingen hun overtuigingen of theorieën verwoorden in een stelling die ze kunnen testen. Er is aangetoond dat het lastig wordt gevonden om hypothesen af te leiden uit experimentele resultaten (Mulder, Lazonder, & De Jong, 2010). Jonge kinderen stellen vaak niet eens hypothesen op voordat ze gaan experimenteren. Bij tieners gaat dit beter, zij zijn in staat om een eigen hypothese te bedenken en te onderzoeken (Penner & Klahr, 1996; Tomkins & Tunnicliffe, 2001). Leerlingen zouden bij deze moeilijkheden kunnen worden ondersteund door middel van uitleg. Er kunnen bijvoorbeeld instructies worden gegeven die de leerlingen helpen bij het opstellen van onwaarschijnlijke hypothesen of het afleiden van hypothesen uit experimentele uitkomsten (Lazonder, 2014).

Experimentatie is de fase waarin studenten zelf een onderzoek bedenken en uitvoeren. Het is de bedoeling dat zij hierbij gebruik maken van de control-of-variables strategie (CVS; Lazonder, 2014). Volgens deze strategie moet alleen de variabele die van belang is worden gemanipuleerd terwijl de overige variabelen constant worden gehouden. Kinderen begrijpen deze strategie al op jonge leeftijd, al hebben ze nog begeleiding nodig wanneer ze de CVS zelf kunnen toepassen. Een korte instructie of demonstratie van deze strategie voorafgaand aan het experimenteren, gevolgd door geheugensteuntjes tijdens dit proces lijken voldoende te

zijn (Lazonder, 2014). Er moet volgens Kuhn (2000, 2005) tijdens de experimentatiefase echter niet teveel nadruk worden gelegd op uitvoering van de CVS, aangezien dat een te beperkte kijk op experimentatie kan opleveren.

Bewijs evaluatie is de derde component uit het SDDS model. Tijdens deze fase worden regelmatigheden afgeleid uit de verkregen data opdat er een hypothese kan worden gegenereerd, getest of verfijnd. Volgens Kuhn, Amsel en O'Loughlin (1988) ontwikkelt deze vaardigheid zich langzaam. Mensen hebben vooral moeite met afwijkende data. Kinderen hebben de neiging om bij afwezige voorkennis of overtuigingen theorieën te bedenken om de data te kunnen verklaren (Amsel & Brock, 1996). Er wordt, zowel door kinderen als door oudere leerlingen, vaak gelet op oppervlakkige kenmerken, nieuwe fenomenen en situaties (Chi, Feltovich & Glaser, 1981). Domeinkennis helpt bij het wetenschappelijk observeren, vooral wanneer aangeboden stimuli dubbelzinnig blijken (Penner & Klahr, 1996). Bewijs evaluatie is dan ook waarschijnlijk de meest lastige vaardigheid om te ontwikkelen.

Het gebruik van onderzoekend leren in het onderwijs gaat voor leerkrachten nog vaak gepaard met moeilijkheden. Is het niet vanwege praktische beperkingen, dan is het vanwege de vraagstukken over vormen van ondersteuning, effectiviteit van verschillende typen ondersteuning, de mate waarin leerlingen moeten worden begeleid et cetera. In dit onderzoek wordt aandacht besteed aan het vraagstuk van de hoeveelheid ondersteuning die aan leerlingen wordt gegeven. Er is namelijk aangetoond dat de effectiviteit van onderzoekend leren afhankelijk is van de aanwezigheid van ondersteuning (Alfieri et al., 2011). Onbegeleid onderzoekend leren is minder effectief dan onderzoekend leren begeleid door een vorm van ondersteuning. Dit bewijst dat leerlingen meer baat hebben bij ondersteuning dan bij compleet zelfstandig onderzoeken. Er is daarbij ook een positief verband gevonden tussen de hoeveelheid ondersteuning die leerlingen kregen en hun leerresultaten (Fund, 2007; Zhang, Chen, Sun, and Reid, 2004).

Het is echter de vraag hoeveel ondersteuning leidt tot optimale resultaten en optimale leereffecten. Te weinig ondersteuning leidt tot onjuiste of onvolledige resultaten. Te veel ondersteuning kan echter ook nadelig zijn. Zo is uit onderzoek gebleken dat wanneer leerlingen meer ondersteuning krijgen dan ze nodig hebben, het 'expertise reversal effect' kan optreden (Roelle & Bertold, 2013). Dit houdt in dat ondersteuning die nuttig is voor leerlingen met weinig tot geen voorkennis, nadelig kan zijn voor leerlingen met meer expertise (Kalyuga, 2007; Kalyuga et al, 2003; Kalyuga & Renkl, 2010). Doordat de

ondersteuning die wordt aangeboden en de interne ondersteuning die sommige leerlingen zelf reeds bezitten in de vorm van voorkennis zouden kunnen botsen, kan een leerling worden afgeleid. Het verkrijgen van dieper conceptueel begrip van de stof kan daardoor worden belemmerd (Roelle & Bertold, 2013). Dit houdt in dat de hoeveelheid ondersteuning zal moeten worden afgestemd op de domeinkennis van leerlingen over het desbetreffende onderwerp. Hoeveel ondersteuning geschikt is zal in het huidige onderzoek worden onderzocht, waarbij de focus wordt gelegd op de experimentatiefase.

Uit onderzoek is gebleken dat het geven van instructie onvoldoende is om leerlingen te kunnen laten leren (voor een overzicht, zie Wittwer & Renkl, 2008). Kennis kan namelijk niet simpelweg aan leerlingen worden medegedeeld, het moet actief worden geconstrueerd door informatieverwerking in het werkgeheugen (Robins & Mayer, 1993).). Op basis van deze vindingen is er een opzet bedacht om te testen hoeveel CVS instructie zou moeten worden ondersteund om optimale leerresultaten te behalen. In het huidige onderzoek zal eerst de CVS worden uitgelegd aan de leerlingen. Ze leren dan dat er volgens deze strategie telkens één variabele moet worden gemanipuleerd, terwijl alle overige variabelen constant worden gehouden (Lazonder, 2014). Daarnaast zal er tijdens het experiment gebruik worden gemaakt van prompts. Deze helpen de aandacht te richten en conclusies te trekken, waardoor volgens ‘the principle of prompting focussed learning’ (Berthold & Renkl, 2010) conceptueel begrip van het behandelde domein kan worden verkregen. Prompts zijn herinneringen aan de uit te voeren acties en kunnen indien gewenst aanwijzingen bevatten over hoe die acties moeten worden uitgevoerd. In dit onderzoek zullen prompts slechts uit een herinnering bestaan. Er kan dan geen twijfel bestaan over welke component van de prompt eventuele leereffecten heeft veroorzaakt. De leerlingen die prompts zullen ontvangen, krijgen herhaaldelijk dezelfde opmerking te horen die hen herinnert aan het gebruik van de eerder geleerde CVS.

Onderzoeksvragen en hypotheses

Het doel van dit onderzoek is om te bepalen hoeveel ondersteuning bij het experimenteren tot optimaal gebruik van de CVS leidt. Daar vloeit de volgende onderzoeksvraag uit voort: *Wat is het effect van de hoeveelheid prompts tijdens de experimentatiefase op het gebruik van de control-of-variables strategie?*

Er wordt vanuit gegaan dat basisschoolleerlingen na een korte instructie in de CVS nog niet zo bedreven zijn in het zelfstandig uitvoeren van proefjes dat ze de CVS consequent

zullen toepassen. Daarom gaat de eerste hypothese er vanuit dat leerlingen die geen prompts ontvangen het minst gebruik zullen maken van de CVS tijdens het onderzoekend leren. Deze hypothese wordt onderzocht door de leerlingen in drie condities te verdelen, waarbij leerlingen uit de *controle conditie* geen prompts ontvangen, leerlingen uit de *gedeeltelijke prompts conditie* een prompt per variabele in de simulatie ontvangen en leerlingen uit de *volledige prompts conditie* een prompt per uitgevoerd experiment ontvangen. Volgens de hypothese zouden leerlingen uit de controle conditie dus in mindere mate gebruik van de CVS moeten maken dan leerlingen uit de beide prompt condities.

De tweede hypothese stelt dat leerlingen die één prompt per variabele in de simulatie ontvangen het meest gebruik zullen maken van de CVS. Deze hypothese ligt in het verlengde van de eerste hypothese en is daarnaast gebaseerd op het ‘expertise reversal effect’ (Roelle & Bertold, 2013). Er wordt namelijk verwacht dat leerlingen in de gedeeltelijke prompts conditie beter zullen scoren dan leerlingen in de controle conditie vanwege de extra ondersteuning die ze ontvangen. Daarnaast wordt verwacht dat nog meer ondersteuning leidt tot het ‘expertise reversal effect’ en er daarom voor zorgt dat leerlingen minder gebruik van de CVS zullen maken. Dit wordt verwacht omdat Roelle en Berthold (2012) vonden dat één prompt per concept voldoende was voor een toename van conceptuele kennis en er in de volledige prompts conditie bewust veel meer ondersteuning is aangeboden. Indien beide effecten zich voordoen, zouden leerlingen uit de gedeeltelijke prompts conditie meer gebruik maken van de CVS dan zowel leerlingen uit de controle conditie als leerlingen uit de volledige prompts conditie.

Vanwege het genoemde ‘expertise reversal effect’ en de veronderstelling uit de eerste hypothese gaat de derde hypothese er vanuit dat leerlingen die één prompt per experiment met de simulatie ontvangen de CVS minder vaak zullen gebruiken dan de leerlingen die één prompt per variabele ontvangen, maar vaker van de strategie gebruik zullen maken dan leerlingen die geen prompts ontvangen.

Uit de bovenstaande hypothesen blijkt dat er wordt verwacht bepaalde verschillen tussen de condities te vinden in de mate waarin leerlingen de CVS toepassen tijdens het experiment met de computersimulatie. Dat zij de strategie leren toepassen betekent echter niet per definitie dat leerlingen hoog op de posttest zullen scoren en een blijvend leereffect op gebied van de CVS zullen ervaren. Om te weten te komen of er daadwerkelijk sprake van een verband is, stelt de vierde hypothese dat er een samenhang bestaat tussen de mate van

toepassing en het leren van de CVS. Dit houdt in dat scores op de toepassing van de CVS zouden moeten correleren met scores op de CVS posttest.

Methode

Deelnemers

Aan dit onderzoek namen 69 basisschoolleerlingen (34 jongens en 35 meisjes) met een leeftijd van 9-12 jaar oud deel. De gemiddelde leeftijd was 10.8 jaar ($SD = 0.632$). Het waren allemaal leerlingen uit groep 7. Er was sprake van een vrijwillige deelname, waarbij aan de school toestemming is gevraagd en de ouders schriftelijk zijn geïnformeerd. De deelnemers zijn willekeurig toegewezen aan de control conditie ($n = 24$), de gedeeltelijke prompts conditie ($n = 22$) of de volledige prompts conditie ($n = 23$). Aan het begin van het onderzoek waren deze aantallen gelijk, maar wegens bezwaren tegen deelname bij één deelnemer en ziekte tijdens het onderzoek van twee andere deelnemers waren de condities aan het eind niet meer van gelijke grootte.

Materialen

Computersimulatie

Tijdens dit onderzoek is gebruik gemaakt van een computersimulatie. Deze start met een scherm waarbij er naar de gegevens van een deelnemer wordt gevraagd, gevolgd door enkele introductieteksten. Deze teksten werden mondeling doorgenomen met elke deelnemer. Na de introductie volgt de werkelijke simulatie. Deze bestaat uit een kamer met daarin een gong en een persoon, waarbij er vier te manipuleren variabelen aanwezig zijn. De duur van de echo van de gong kan namelijk worden beïnvloed door de toonhoogte van de gong, de inrichting van de gang, de afstand tussen de persoon en de gong en de kant die de persoon op kijkt. Er is één onderzoeksvraag per variabele. De onderzoeksvraag bij toonhoogte is: “De toon kan hoog, midden of laag zijn. Maakt dat wat uit voor hoe lang je de gong kunt horen?”. De onderzoeksvraag bij de opvulling van de gang is: “De gang kan leeg of vol zijn. Maakt dat wat uit voor hoe lang je de gong kunt horen?”. De onderzoeksvraag bij de afstand tot de gong is: “Je kunt dichtbij, midden of veraf staan. Maakt dat wat uit voor hoe lang je de gong kunt horen?”. De onderzoeksvraag bij de kijkrichting is: “Je kunt naar links of rechts kijken. Maakt dat wat uit voor hoe lang je de gong kunt horen?”

Om aan de hand van de simulatie een uitspraak over de invloed van variabelen op de duur van de echo te kunnen doen, konden de leerlingen experimenten uitvoeren waarbij ze de CVS moesten toepassen. Hierbij moesten ze de variabelen één voor één onderzoeken. Dit werd gestuurd door de simulatie. Na het experimenteren met elke variabele kregen leerlingen de gelegenheid om schriftelijk antwoord te geven op de bijbehorende onderzoeksvraag.

CVS instructie

Voorafgaand aan het werken met de simulatie kregen alle leerlingen de CVS instructie, welke klassikaal is aangeboden. In de instructie werd uitgelegd hoe een variabele invloed kan hebben op een afhankelijke variabele. Dit werd geïllustreerd aan de hand van voorbeelden in een simulatie van rollende voorwerpen. De simulatie betrof een vrachtwagen met een laadbak en een aantal ballen. De laadbak kon hoog of laag worden ingesteld. Er waren lichte en zware ballen beschikbaar, welke op twee verschillende plekken in de laadbak konden worden geplaatst. Vervolgens liet de simulatie zien hoever elke bal vanaf zijn plek en hoogte rolde. Tijdens de CVS instructie werd eerst een ‘slecht’ experiment getoond waarin meer dan één variabele werd veranderd. Leerlingen moesten aangeven of ze dachten dat het experiment goed of slecht was én aangeven waarom ze dachten dat dit zo was. Vervolgens werd er gediscussieerd over hoe het experiment kon worden verbeterd. Hierbij werd verteld hoe je een vraag over je onderwerp op moet stellen en hoe belangrijk het is om elke keer maar één variabele te veranderen. Ook werd uitgelegd dat een dergelijke variabele verschillende waarden heeft die je in kan stellen. Daarna is er gezamenlijk een correct experiment uitgevoerd. Hierbij werd kort herhaald wat er in het slechte experiment was gedaan en werd gevraagd hoe je nu een goed experiment kon doen. Vervolgens kregen leerlingen de vraag wat ze nog meer wilden onderzoeken en mochten ze dit in hun werkboekje opschrijven. Omdat één variabele reeds klassikaal was besproken, bleven er twee onafhankelijke variabelen in de simulatie over die konden worden gemanipuleerd. Dit werd echter niet aan de leerlingen verteld, het was de bedoeling dat ze dit zelf begrepen. Nadat ze in hun werkboekjes hadden opgeschreven en/of getekend wat ze nog wilden testen, zijn de resterende variabelen klassikaal besproken en zijn er experimenten uitgevoerd met de simulatie. Tussendoor werd feedback gegeven en op vragen in gegaan.

Prompts

Bij het werken met de computersimulatie werden de leerlingen uit de beide prompt condities er aan herinnerd om de CVS te gebruiken. Prompts zijn geheugensteuntjes waarmee de leerlingen werden herinnerd aan wat ze tijdens de instructie hadden geleerd over de CVS. De prompts werden steeds mondeling en op dezelfde manier geformuleerd, namelijk: “Denk aan wat je geleerd hebt over hoe je een experiment goed uitvoert”. Leerlingen uit de controle conditie ontvingen geen prompts. Leerlingen uit de gedeeltelijke prompts conditie ontvingen één prompt per variabele in de computersimulatie. Dit betekent dat zij in totaal vier prompts ontvingen, welke voorafgaand aan elke nieuwe variabele werden gegeven. Leerlingen uit de volledige prompts conditie ontvingen een prompt per experiment dat ze uitvoerden. Zij ontvingen de prompts voorafgaand aan elk experiment.

Het aantal prompts dat is toegewezen aan de deelnemers in de gedeeltelijke prompts conditie is gebaseerd op vindingen van Roelle en Berthold (2012), waaruit bleek dat één prompt per concept een toename van conceptuele kennis opleverde. Het aantal prompts dat deelnemers in de volledige prompts conditie ontvingen is op eenzelfde manier bepaald, maar dan per proefje.

Domeinkennistest

Met behulp van de domeinkennis test, welke aan dit onderzoek is toegevoegd als bijlage, is de voorkennis van leerlingen over het onderwerp van de computersimulatie gemeten. Zo kan met zekerheid worden gezegd of een bepaalde score kan worden verklaard door de hoeveelheid ondersteuning die is geboden of dat er een bepaalde hoeveelheid voorkennis over het domein aanwezig was waardoor de score hoger is uitgevallen. De test werd ingeleid met een korte uitleg en werd vervolgens klassikaal gemaakt. Er waren vier vragen, waarvan elke vraag betrekking had op één van de variabelen uit de computersimulatie. Zo was er een vraag over de invloed van toonhoogte op de echo van de gong, een vraag over de invloed van de kijkrichting, een vraag over de invloed van afstand en een vraag over de invloed van de inhoud van de gang. Op elke vraag kon met ja of nee worden geantwoord. Gaf een leerling ‘nee’ als antwoord dan kon verder worden gegaan naar de volgende vraag. Gaf diegene ‘ja’ als antwoord, dan moest er eerst nog een deelvraag worden beantwoord over of de echo langer of korter hoorbaar was in een bepaalde situatie. Zo werden toevalstreffers uitgesloten.

CVS test

De CVS test die in dit onderzoek is gebruikt is gebaseerd op de ‘Story problem test’ van Chen en Klahr (1999) en is als bijlage aan dit onderzoek toegevoegd. De test werd voorafgaand aan de instructie en het werken met de computersimulatie klassikaal afgenomen om te meten in hoeverre leerlingen de strategie reeds beheersten. Naar deze afname zal worden verwezen met de term ‘pretest’. Na de instructie en het uitvoeren van proefjes met behulp van de simulatie is bij elke leerling individueel nogmaals de CVS test afgenomen, ditmaal de ‘posttest’ genoemd. Deze afname vond per leerling direct na afronding van het werken met de computersimulatie plaats. De CVS test is dus in totaal twee keer afgenomen. Terwijl de leerlingen de eerste keer, tijdens de pretest, per vraag werden begeleid door de proefleider, werd de posttest zelfstandig gemaakt. De CVS test bestond uit negen vragen, elk geïntroduceerd door een korte situatieschets. Ook stonden overal twee plaatjes bij, welke twee verschillende proefjes moesten voorstellen. Bij elke vraag moesten de leerlingen aangeven of degene uit het verhaaltje op correcte wijze had getoetst wat hij wilde weten. Leerlingen moesten dus aangeven of ze vonden dat de persoon een goed of een fout experiment hadden gedaan. Dit werd ingevuld aan de hand van een ja/nee keuze. Wanneer er voor ‘ja’ werd gekozen, was de leerling klaar en mocht hij/zij doorgaan naar de volgende vraag. Wanneer er voor ‘nee’ werd gekozen, moest de leerling aangeven wat er in de plaatjes moest worden veranderd om ervoor te zorgen dat het een correct experiment werd. Deze manier werd wederom gebruikt om toevalstreffers voorkomen, aangezien een leerling alleen punten kreeg indien de gehele vraag correct was ingevuld.

Procedure

Allereerst is aan de deelnemers uitgelegd hoe alles in zijn werk zou gaan. Vervolgens zijn klassikaal de domein voorkennistest en de CVS pretest afgenomen. Om zo min mogelijk het lesprogramma te verstoren zijn de klassikale onderdelen per deelnemende klas uitgevoerd, ondanks dat leerlingen per klas willekeurig over de drie condities waren verdeeld. In verband met een vrije periode is de CVS instructie in de eerste klas twaalf dagen na de testafname gegeven en gebeurde dit in de tweede klas veertien dagen later. In de derde klas is de instructie direct na de afname van de twee tests gegeven. De instructie nam ongeveer twintig minuten in beslag per klas. Na deze uitleg hebben alle deelnemers voorafgaand aan het experimenteren met de simulatie individueel een korte samenvatting van de instructie

ontvangen en werd ze gevraagd of ze alles begrepen. De proefleider heeft nogmaals kort uitgelegd hoe de CVS in elkaar zit, oftewel hoe een goed experiment kan worden uitgevoerd. Ook is er een experiment voorgedaan aan de hand van de simulatie. Dit is gedaan om hun geheugen op te frissen, aangezien de tijd tussen de klassikale instructie en het experiment niet voor iedereen hetzelfde was. Daarnaast kon zo worden gepeild of leerlingen de CVS instructie hadden begrepen. Was dit niet het geval dan werden vragen of onduidelijkheden besproken. Na deze inleiding ging het experiment werkelijk van start. Aan de leerlingen werd een vraag gesteld, welke ze moesten beantwoorden aan de hand van de computersimulatie. Met behulp van de simulatie konden ze proefjes uitvoeren, waarbij ze de CVS hoorden te gebruiken. Het minimum aantal proefjes dat ze per variabele uit moesten voeren was twee. In de gevallen dat ze na één experiment al klaar dachten te zijn, zei de proefleider: “Als je het goed wilt onderzoeken, kun je beter nog een experiment doen.” Deze opmerking werd tegen alle leerlingen die het minimum niet haalden gemaakt, dus elke conditie kreeg een gelijke behandeling. Dit bleken uiteindelijk bij slechts enkele leerlingen nodig te zijn, dus het is onwaarschijnlijk dat de opmerking verdere invloed op de resultaten heeft gehad.

Afhankelijk van hun conditie kregen de deelnemers ondersteuning bij het experimenteren door middel van prompts, die mondeling door de proefleider werden gegeven. De deelnemers uit de gedeeltelijke prompts conditie ontvingen voorafgaand aan elk experiment, dus per variabele in de simulatie, een prompt. Deelnemers uit de volledige prompt conditie ontvingen voorafgaand aan elk experiment dat ze uitvoerden een prompt. Deelnemers uit de controle conditie kregen geen prompts. Direct na afloop van het werken met de computersimulatie werd de CVS posttest afgenomen.

Scoring domeinkennistest en CVS-test

Met de domeinkennistest is gemeten in hoeverre leerlingen kennis bezaten over het onderwerp van de simulatie. Per juist antwoord ontvingen leerlingen één punt. Dit betekent dat zowel het ja/nee antwoord als de eventuele toelichting daarop correct moest zijn om een punt te kunnen toekennen. Aangezien deze test uit vier vragen bestond, was de maximale score vier punten. Met de CVS test is gemeten hoeveel kennis leerlingen hadden van de CVS. Elk van de negen vragen bestond, zoals eerder aangegeven, uit een ja/nee vraag, waarbij er bij ‘nee’ een verbetering aan de situatie in de vraag moest worden aangebracht. Indien de leerling met ‘ja’ antwoordde, hoefde er verder niets te worden gedaan. Wanneer de leerling correct

met 'nee' antwoordde, maar niet de juiste verbeteringen aanbracht, bestond de kans dat de leerling toevallig goed had gegokt zonder te begrijpen waarom het correct was. Er konden namelijk drie verschillende soorten fouten worden gemaakt. Ten eerste kon behalve de doelvariabele nog een andere variabele worden veranderd. Daarnaast kon behalve de doelvariabele nog twee andere variabelen worden veranderd. Tenslotte kon een variabele worden veranderd die niet de doelvariabele was. Het correct invullen van de complete vraag geeft meer zekerheid van begrip en vaardigheid dan een deels correct antwoord. Daarom is de maximale score op deze test negen punten.

Voor de data-analyse zijn enkele extra variabelen opgesteld, namelijk 'CVStoepassing' en 'Vooruitgang'. De variabele 'CVStoepassing' is per leerling berekend door naar elk uitgevoerde experiment met de computersimulatie te kijken. Er is per variabele beoordeeld of er op correcte wijze een experiment is uitgevoerd. Het totaal aantal correct uitgevoerde experimenten werd gedeeld door het totaal aantal uitgevoerde experimenten, waaruit een percentage voortkwam. Dit was de mate waarin de CVS was toegepast, vandaar de term 'CVStoepassing'. De variabele 'Vooruitgang' duidt aan in hoeverre een leerling individueel vooruitgang heeft geboekt op de CVS test. Om de waarde van de variabele te kunnen bepalen is de score op de pretest afgetrokken van de score op de posttest. De score die daaruit voortkwam gaf aan hoeveel de score van de leerling was toegenomen.

Data-analyse

Tijdens de data-analyse is allereerst de interbeoordelaars betrouwbaarheid van de drie testen berekend. Deze waarden werden met behulp van SPSS (20.0) berekend aan de hand van Cohen's Kappa. Wanneer de waarde boven de 0.80 ligt is de interbeoordelaars betrouwbaarheid uitstekend.

Vervolgens is een descriptieve analyse uitgevoerd van de scores op de domeinkennistest, de CVS pretest, 'CVStoepassing', de CVS posttest en de variabele 'Vooruitgang'. De scores op de beide voorkennistests maken duidelijk waartoe de leerlingen zelf al in staat waren voorafgaand aan het experiment en bieden indien nodig verheldering over de gelijkheid van de condities. Uit de scores van CVStoepassing wordt zichtbaar in hoeverre de gemiddelde toepassingsscores van de strategie per conditie van elkaar verschillen. Om de invloed van de mate van ondersteuning op de mate van toepassing te kunnen meten, zijn de scores op de variabele 'CVStoepassing' berekend. Eerst is per leerling berekend

hoeveel experimenten zij correct hebben uitgevoerd ten opzichte van het totaal door hen uitgevoerde experimenten. Hieruit kwam een percentage naar voren dat aanduidde in hoeverre een leerling de CVS had toegepast tijdens het experimenteren. Vervolgens zijn deze scores per conditie opgeteld en gedeeld door het aantal deelnemers in de desbetreffende conditie. Op basis van deze gemiddelden is naar de verschillen tussen de condities gekeken. Tenslotte is de individuele toename op de CVS test berekend door middel van de variabele 'Vooruitgang'. Zo kan worden beoordeeld welke leerlingen de meeste vooruitgang hebben geboekt qua score.

Met een One-Way Anova is vervolgens getoetst of de onafhankelijke variabele 'hoeveelheid prompts' een significante invloed heeft op de toepassing van de CVS tijdens het experimenteren. Bij een significante uitkomst is een Bonferroni-toets uitgevoerd om 95%-betrouwbaarheidsintervallen te kunnen berekenen. Aan de hand van deze intervallen kan dan worden gezien in welke condities er sprake is van een significant effect op de toepassing van CVS tijdens de experimentatiefase.

Behalve het meten van de invloed van de mate van ondersteuning werd er ook gekeken naar correlaties tussen de posttest en de toepassing van de CVS. Zo kon worden gemeten in hoeverre de mate van toepassing van de CVS en de scores op de posttest met elkaar samenhangen. Hiervoor is gebruik gemaakt van Spearman's rangcorrelatie. Wanneer r tussen 0.2 en 0.4 ligt is er sprake van een zwakke samenhang. Ligt r tussen 0.4 en 0.6 dan is er een redelijke samenhang. Een r tussen 0.6 en 0.8 wijst op een sterke samenhang en een r hoger dan 0.8 op een zeer sterke samenhang.

Resultaten

Allereerst is een analyse uitgevoerd om de interbeoordelaars betrouwbaarheid te bepalen. De Cohen's Kappa voor de domeinkennistest was 0.94, de Kappa voor de pretest was 0.98 en de Kappa voor de posttest was 0.98. Deze hoge waarden duiden erop dat de mate van overeenstemming tussen de twee verschillende beoordelaars uitstekend is.

Vervolgens is gebruik gemaakt van een descriptieve analyse om een overzicht te krijgen van de resultaten in de drie condities. Deze gegevens zijn weergegeven in Tabel 1. Allereerst zijn de waarden van de domeinkennistest berekend. Hieruit bleek dat wat betreft de voorkennis over het onderwerp van de simulatie, de scores weinig van elkaar verschilden. Leerlingen uit de gedeeltelijke prompts conditie scoorden het hoogst, leerlingen uit de

volledige prompts conditie het laagst. De verschillen in de scores waren echter niet significant, $F(2, 66) = 1.32$, $p = 0.27$. De waarden van de CVS pretest tonen aan dat ook op gebied van kennis over de strategie die later moest worden gebruikt weinig verschil bestond tussen de drie condities. Leerlingen uit de gedeeltelijk prompts conditie scoorden wederom het hoogst en leerlingen uit de volledige prompts conditie wederom het laagst. Vanwege het gebrek aan een significant verschil mag echter worden verondersteld dat de voorkennis over de CVS gelijk was in elke conditie, $F(2,66) = 1.13$, $p = 0.33$.

Uit de waarden voor de variabele ‘CVStoepassing’ bleek dat de CVS vrijwel perfect werd toegepast in de gedeeltelijke prompts conditie waarin vier prompts werden gegeven. Uit het gemiddelde van de volledige prompts conditie, de conditie met één prompt per uitgevoerd proefje, bleek dat de CVS 10% minder vaak werd toegepast. Het gemiddelde was het laagst in de controle conditie, waarin geen prompts werden gegeven. Een One-Way Anova toonde aan dat er sprake was van een significante invloed van de onafhankelijke variabele ‘hoeveelheid prompts’ op de afhankelijke variabele ‘CVStoepassing’, $F(2,66)=4.849$, $p=0.011$. Dit betekent dat de mate waarin deelnemers de CVS toepasten tijdens het experimenteren werd beïnvloed door de conditie waarin ze zich bevonden. Om te onderzoeken welke condities significant van elkaar verschilden, zijn Bonferroni post-hoc analyses uitgevoerd. Aan de betrouwbaarheidsintervallen kon per conditie worden afgelezen of de invloed van conditie op de mate van toepassing van de CVS significant was. Er zijn hierbij verschillende betrouwbaarheidsintervallen van belang, namelijk een interval tussen de controle conditie en de gedeeltelijke prompts conditie, een interval tussen de controle conditie en de volledige prompts conditie en een interval tussen de gedeeltelijke prompts conditie en de volledige prompts conditie.

Uit het betrouwbaarheidsinterval [controle conditie-gedeeltelijke prompts conditie] = [-39.86;-4.70] kan worden opgemaakt dat er een significant verschil bestaat tussen de controle conditie en de gedeeltelijke prompts conditie, waarvan het 95% zeker is dat het verschil tussen -4.70 en -39.86 ($p = .008$) ligt. Leerlingen uit de gedeeltelijke prompts conditie halen dus significant hogere scores wat betreft CVS gebruik dan leerlingen uit de controle conditie. Het betrouwbaarheidsinterval [conditie1-conditie3] is niet significant gebleken, $p = 0.380$. Hetzelfde gold voor het interval [conditie2-conditie3] met de p -waarde 0.365. De scores van deelnemers uit de controle conditie verschillen dus niet significant van de scores van

deelnemers uit de volledige prompts conditie. Van het verschil tussen de scores in de gedeeltelijke prompts conditie en de volledige prompts conditie kan hetzelfde worden gezegd.

De CVS posttest die leerlingen direct na het werken met de simulaties invulden, resulteerde gemiddeld genomen in slechts kleine scoreverschillen tussen de condities. Leerlingen uit de gedeeltelijke prompts conditie scoorden, evenals op de CVS pretest, lichtelijk hoger dan leerlingen uit de andere condities, waarbij leerlingen uit de volledige prompts conditie weer het laagst scoorden. Deze verschillen waren echter minimaal, $F(2, 66) = .592$, $p = .556$. Tenslotte is gemeten wat de vooruitgang per leerling was op de CVS test. De verschillen in hun scores leverden gemiddelden per conditie op, waarbij het gemiddelde uit de volledige prompts conditie het hoogst was en uit de gedeeltelijke prompts conditie het laagst. Het verschil in gemiddelden was het kleinst tussen de controle conditie en de volledige prompts conditie. Geen van deze verschillen bleek echter significant te zijn, $2 F(2, 66) = .079$, $p = .924$.

Tabel 1. Gemiddelde en standaarddeviatie per conditie van de domeinkennistest, de CVS pretest, CVStoepassing, de CVS posttest en de vooruitgang op de CVS test

Variabele	Conditie					
	Controle (n=24)		Gedeeltelijke prompts (n=22)		Volledige prompts (n=23)	
	M	SD	M	SD	M	SD
Domeinkennis	2.63	1.14	2.73	1.08	2.26	.81
CVS pretest	6.00	2.43	6.36	2.15	5.30	2.60
CVStoepassing	68.40	32.71	90.68	14.82	79.35	20.85
CVS posttest	7.13	2.59	7.32	2.72	6.48	2.87
Vooruitgang	1.13	1.45	.95	1.79	1.17	2.44

Tenslotte is de Spearman's rangcorrelatie gebruikt om de samenhang tussen de scores op de CVS posttest en de mate van CVS gebruik tijdens de experimentatiefase te meten. Er is gebruik gemaakt van deze toets omdat er sprake was van een niet-normale verdeling, welke bleek uit de relatief hoge scores op de CVS posttest. Uit de correlatie voor alle condities samen komt naar voren dat er een significante samenhang is van $r = 0.364$, $p = 0.02$. Om te bepalen of dit voor alle condities apart ook gold, is de Spearman's rangcorrelatie ook voor de afzonderlijke condities berekend. Hieruit is gebleken dat $r = 0.448$ ($p = 0.028$) voor de

controle conditie, dat $r = 0.185$ ($p = 0.410$) voor de gedeeltelijke prompts conditie en dat $r = 0.445$ ($p = 0.033$) voor de volledige prompts conditie. Dit betekent dat de correlaties statistisch significant zijn in de controle conditie en de volledige prompts conditie, maar niet in de gedeeltelijke prompts conditie. De scores op de posttest en de toepassing van de CVS tijdens de experimentatiefase hangen dus significant samen in zowel de controle conditie als de volledige prompts conditie. In de gedeeltelijke prompts conditie is geen sprake van een significante samenhang.

Conclusie en discussie

In de huidige studie is onderzocht wat het effect is van de hoeveelheid prompts op het gebruik van de CVS tijdens de experimentatiefase. Om dit te kunnen onderzoeken zijn de deelnemers verdeeld over drie condities, waarvan twee experimentele condities en een controleconditie. De mate waarin zij, na ontvangst van verschillende hoeveelheden prompts, de CVS toepasten tijdens een computersimulatie zou duidelijk moeten maken welk effect de ondersteuning hierop heeft gehad. De eerste hypothese stelde dat leerlingen die geen prompts ontvangen tijdens het experiment het minst gebruik van de CVS zouden maken. Hypothese 2 ging uit van de verwachting dat leerlingen die een prompt per variabele ontvangen het meest gebruik van de CVS zouden maken. Uit de resultaten is gebleken dat er inderdaad een significant verschil bestaat tussen de scores van deelnemers uit de controle conditie en de gedeeltelijke prompts conditie. Scores zijn beduidend hoger in de gedeeltelijke prompts conditie. Leerlingen die vier prompts ontvangen maken dus, zoals verwacht, inderdaad meer gebruik van de CVS dan leerlingen die geen ondersteuning ontvangen. Er is echter geen duidelijk verschil naar voren gekomen tussen de scores van de controle conditie en de volledige prompts conditie en de scores van de gedeeltelijke prompts conditie en de volledige prompts conditie. Met het oog op de hypothesen kan dus worden gesteld dat de eerste en tweede hypothese deels kunnen worden bevestigd, gezien de significant hogere score in de gedeeltelijke prompts conditie ten opzichte van de controle conditie. Vanwege het gebrek aan een significant verschil tussen de gedeeltelijke prompts conditie en de volledige prompts conditie en tussen de controle conditie en de volledige prompts conditie blijft het overige deel van de beide hypothesen echter onbevestigd.

De derde hypothese, gebaseerd op het ‘expertise reversal effect’ (Roelle & Berthold, 2013), stelde dat leerlingen die een prompt per experiment ontvangen de CVS minder vaak gebruiken dan leerlingen die een prompt per variabele ontvangen. Deze hypothese wordt verworpen, aangezien er niet significant is aangetoond dat de scores in de volledige prompts conditie lager zijn dan in de gedeeltelijke prompts conditie. Samengevat komt het erop neer dat de mate waarin de CVS tijdens het experimenteren wordt toegepast significant hoger is in de gedeeltelijke prompts conditie dan in de controle conditie. Afgezien van deze relatie zijn er geen significante verschillen gevonden tussen de drie condities.

Ondanks dat de onderzoeksresultaten de verwachtingen niet volledig ondersteunen, zijn ze goed te verklaren. De hypothesen waren namelijk gebaseerd op de veronderstelling dat enige ondersteuning tot betere resultaten leidt dan geen ondersteuning. Dit is gemiddeld gezien waar gebleken in dit onderzoek. De andere veronderstelling waarop de hypothesen rustten was dat er ook teveel ondersteuning kon worden aangeboden. Het ‘expertise reversal effect’ (Roelle & Berthold, 2013) zou dan hoogstwaarschijnlijk optreden, wat inhoudt dat er na de optimale scores nog een daling kan optreden in de toepassing van de CVS wegens een mogelijk overschot aan ondersteuning. Verwacht werd dat één prompt per experiment dat door een deelnemer werd uitgevoerd zeker teveel zou zijn om de deelnemer nog optimaal te laten scoren. Blijkbaar is dat niet het geval. De scores verschilden enigszins, maar niet voldoende om significant af te wijken van de scores uit de tweede conditie. Binnen dit onderzoek betekent dit dat er geen sprake is van het ‘expertise reversal effect’. Dit zou eraan kunnen liggen dat leerlingen nog geen ware experts op gebied van de CVS waren. In toekomstig onderzoek zou er voorafgaand aan het onderzoek een groep deelnemers kunnen worden onderwezen om zo experts te creëren. Zij zouden vervolgens random over de drie condities kunnen worden verdeeld, zodat er met zekerheid kan worden gezegd of er sprake is van het expertise reversal effect en wat de mate van ondersteuning voor invloed heeft op het optreden van dit effect. Een andere mogelijke verklaring is dat één prompt per uitgevoerd experiment onvoldoende was om het effect te laten optreden.

Tenslotte behoeft het gebrek aan een significant verschil tussen de scores in de controle conditie en de scores in de volledige prompts conditie een plausibele verklaring. Er was in dit onderzoek sprake van een beperking op gebied van het aanbieden van prompts, welke een verklaring zou kunnen bieden voor het uitblijven van het ‘expertise reversal effect’. Voornamelijk in de derde conditie werden de prompts na verloop van tijd genegeerd.

Gedurende de eerste paar proefjes werd er geluisterd naar de prompt, maar daarna was het al gauw zo dat er na enkele woorden of kort 'ja' werd gezegd waarna er van start werd gegaan, of dat er helemaal geen reactie kwam maar dat het gepraat werd genegeerd. Op deze manier kan er niet met zekerheid worden vastgesteld dat de huidige resultaten gebaseerd zijn op de verwerking van een prompt per experiment in de derde conditie. Een aanbeveling voor eventueel toekomstig onderzoek is dat prompts worden aangeboden via de computersimulatie en dat de leerlingen pas weer variabelen kunnen instellen nadat ze de hele prompt hebben aangehoord. Zo is de kans groter dat ze de prompt in zich op nemen, omdat ze niet eerder aan het experimenteren kunnen slaan met het volgende proefje dan dat de prompt is afgespeeld. Een andere optie is het bevriezen van het beeld gedurende enkele seconden, waardoor leerlingen niet verder kunnen met het uitvoeren van proefjes voordat de prompt weer verdwijnt van het scherm. Verder wordt aanbevolen om een onderzoek te doen waarin nog grotere verschillen bestaan tussen de verschillende hoeveelheden ondersteuning. Het doel van het onderzoek zou dan zijn dat er een eenduidig advies aan basisscholen kan worden gegeven over de optimale hoeveelheid ondersteuning tijdens de experimentatiefase.

Uit Spearman's rangcorrelatie is gebleken dat de samenhang tussen de mate van toepassing van de CVS en de scores op de afgenomen posttest voor alle condities gezamenlijk significant is. Er is sprake van een zwak positief verband, wat aanduidt dat een stijging in het CVS gebruik enigszins samengaat met een stijging in de score op de posttest. Dit bevestigt de vierde hypothese, die stelde dat er een verband is tussen de toepassing van de CVS en de scores op de posttest. Om te kunnen zien of de beide scores in elke conditie apart met elkaar samenhangen, is Spearman's rho ook per conditie berekend. Hier is uit naar voren gekomen dat er slechts in de controle conditie en de volledige prompts conditie een significant verband bestaat. Omdat voor beide verbanden $0.4 < r < 0.6$ geldt, valt er te concluderen dat er in beide gevallen sprake is van een redelijk of gemiddeld positief verband. Dit betekent dat – in dezelfde conditie – een stijging of daling op de ene score redelijk correleert met een verandering in de andere score. Met andere woorden, wanneer de CVS meer wordt toegepast zal de score op de CVS posttest waarschijnlijk toenemen.

Een mogelijke verklaring voor deze correlaties is dat de scores op de CVS pretest gemiddeld gezien het hoogst waren in de gedeeltelijke prompts conditie. Dit zou kunnen betekenen dat leerlingen uit de gedeeltelijke prompts conditie misschien minder vooruitgang boekten aangezien ze van begin af aan reeds hoger scoorden dan hun klasgenoten. Vanwege

het gebrek aan significante resultaten op het gebied van vooruitgang in de CVS testcores kan dit echter niet met zekerheid worden geconcludeerd. Daar zou verder onderzoek voor nodig zijn.

Ondanks dat de hypothesen binnen dit onderzoek niet allemaal konden worden bevestigd, kan er aan de hand van de uitkomsten toch een advies aan basisschool leerkrachten worden gegeven. Er is namelijk gebleken dat CVS instructie alleen onvoldoende is en dat prompts nodig zijn voor het verbeteren van de prestaties wat betreft het strategiegebruik van de leerlingen. Daarnaast werd uit de correlaties zichtbaar dat er slechts een zwak verband bestaat tussen de score op het gebruik van de strategie en de score op de posttest. Dit betekent dat het correct toepassen van de CVS tijdens het merendeel van de experimenten niet per se leidt tot het leren van deze strategie. De aangeleerde CVS wordt dus niet bij iedereen omgezet naar een blijvende leerervaring. Mochten leerkrachten later in het schooljaar een toets willen geven over het uitvoeren van experimenten, dan wordt er aangeraden de leerlingen eerst weer zelf proefjes te laten uitvoeren om de vaardigheden op te frissen.

Referenties

- Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J., & Tenenbaum, H. R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of Educational Psychology, 103*, 1–18. doi: 10.1037/a0021017.
- Amsel, E., & Brock, S. (1996). The development of evidence evaluation skills. *Cognitive Development, 11*, 523–550. doi: 10.1016/S0885-2014(96)90016-7.
- Berthold, K., & Renkl, A. (2010). How to foster active processing of explanations in instructional communication. *Educational Psychology Review, 22*, 25–40.
- Chi, M. T. H., Feltovich, P., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science, 5*, 121–152. doi: 10.1207/s15516709cog0502_2.
- De Jong, T., & Lazonder, A. W. (2014). The guided discovery learning principle in multimedia learning. In W. S. R. E. Mayer J. J. G. van Merriënboer, *The Cambridge handbook of multimedia learning (2nd edition)* (pp. 371-390). Cambridge: Cambridge university press.
- Fund, Z. (2007). The effects of scaffolded computerized science problem-solving on achievement outcomes: A comparative study of support programs. *Journal of Computer Assisted Learning, 23*, 410–424. doi: 10.1111/j.1365-2729.2007.00226.x.

Kalyuga, S. (2007). Expertise reversal effect and its implications for learner-tailored instruction. *Educational Psychology Review*, 19, 509–539.

Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P., & Sweller, J. (2003). Expertise reversal effect. *Educational Psychologist*, 38, 23–31.

Kalyuga, S., & Renkl, A. (2010). Expertise reversal effect and its instructional implications: Introduction to the special issue. *Instructional Science*, 38, 209–215.

Klahr, D. (2000). *Exploring science: The cognition and development of discovery processes*. Cambridge, MA: MIT Press.

Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1–48. doi: 10.1207/s15516709cog1201_1.

Kuhn, D., Amsel, E., & O’Loughlin, M. (1988). *The development of scientific thinking skills*. Orlando, FL: Academic.

Kuhn, D., Black, J., Keselman, A., & Kaplan, D. (2000). The development of cognitive skills to support inquiry learning. *Cognition and Instruction*, 18, 495–523. doi: 10.1207/S1532690XCI1804_3.

Kuhn, D., & Dean, D. (2005). Is developing scientific thinking all about learning to control variables? *Psychological Science*, 16, 866–870. doi: 10.1111/j.1467-9280.2005.01628.x.

Lazonder, A. (2014). Inquiry Learning. In J. M. Spector, *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 453-464). New York: Springer Science+Business Media.

Mulder, Y. G., Lazonder, A. W., & De Jong, T. (2010). Finding out how they find it out: An empirical analysis of inquiry learners’ need for support. *International Journal of Science Education*, 32, 2033–2053. doi: 10.1080/09500690903289993.

Penner, D. E., & Klahr, D. (1996). The interaction of domain-specific knowledge and domain-general discovery strategies: A study with sinking objects. *Child Development*, 67, 2709–2727. doi: 10.1111/1467-8624.ep9706244829.

Robins, S., & Mayer, R. E. (1993). Schema formation in analogical reasoning. *Journal of Educational Psychology*, 85, 529–538.

Roelle, J., & Berthold, K. (2012). Contrasting cases effectively prepare learners for future learning from instructional explanations. Manuscript submitted for publication.

Roelle, J., & Bertold, K. (2013). The expertise reversal effect in prompting focused processing of instructional explanations. *Instructional Science*, 635-656.

Tomkins, S. P., & Tunnicliffe, S. D. (2001). Looking for ideas: Observation, interpretation and hypothesis-making by 12-year-old pupils undertaking science investigations. *International Journal of Science Education*, 23, 791–813. doi: 10.1080/09500690119322.

Wittwer, J., & Renkl, A. (2008). Why instructional explanations often do not work: A framework for understanding the effectiveness of instructional explanations. *Educational Psychologist*, 43, 49–64.

Zhang, J., Chen, Q., Sun, Y., & Reid, D. J. (2004). Triple scheme of learning support design for scientific discovery learning based on computer simulation: Experimental research. *Journal of Computer Assisted Learning*, 20, 269–282. doi: 10.1111/j.1365-2729.2004.00062.x.

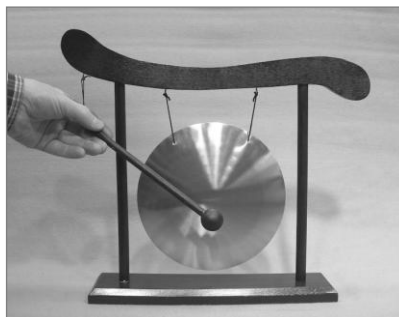
BIJLAGE I: DOMEINKENNIESTEST

Naam:

Leeftijd:

Jongen / Meisje:

Je staat in een lange gang. In die gang staat een grote gong. Als ik 1 keer op de gong sla, maakt hij geluid. Je hoort dan “boing”. Je kunt dit geluid nog een paar seconden horen. Dat heet de echo. Soms duurt de echo heel lang, soms heel kort. Hoe zou dat komen? Daarover gaat deze test.



Kruis aan welke dingen iets uitmaken voor hoe lang je de echo kunt horen.

Let op. Er kunnen meer goede antwoorden zijn. Dus als jij denkt dat 2 of 3 of misschien wel 4 dingen iets uitmaken, dan kan dat!

Vraag 1

Maakt het uit of de gong een hoog of een laag geluid maakt?

Nee, dat maakt niet uit voor hoe lang je de echo kunt horen
→ Ga door met vraag 2

Ja, dat maakt wel uit voor hoe lang je de echo kunt horen
→ Omcirkel het goede woord:

Bij een hoge toon hoor je de echo **langer / korter** dan bij een lage toon

Vraag 2

Maakt het uit of de gong voor of achter jou staat?

- Nee**, dat maakt niet uit voor hoe lang je de echo kunt horen
→ Ga door met vraag 3
- Ja**, dat maakt wel uit voor hoe lang je de echo kunt horen
→ Omcirkel het goede woord:

Als de gong voor je staat, hoor je de echo **langer / korter** dan als de gong achter je staat

Vraag 3

Maakt het uit of jij dichtbij staat of veraf?

- Nee**, dat maakt niet uit voor hoe lang je de echo kunt horen
→ Ga door met vraag 4
- Ja**, dat maakt wel uit voor hoe lang je de echo kunt horen
→ Omcirkel het goede woord:

Als de gong ver weg staat, hoor je de echo **langer / korter** dan als de gong dichtbij staat

Vraag 4

Maakt het uit of de gang leeg is of vol met spulletjes staat?

- Nee**, dat maakt niet uit voor hoe lang je de echo kunt horen
→ Je bent klaar met de test
- Ja**, dat maakt wel uit voor hoe lang je de echo kunt horen
→ Omcirkel het goede woord:

Als de gang leeg is, hoor je de echo **langer / korter** dan als de gang vol is

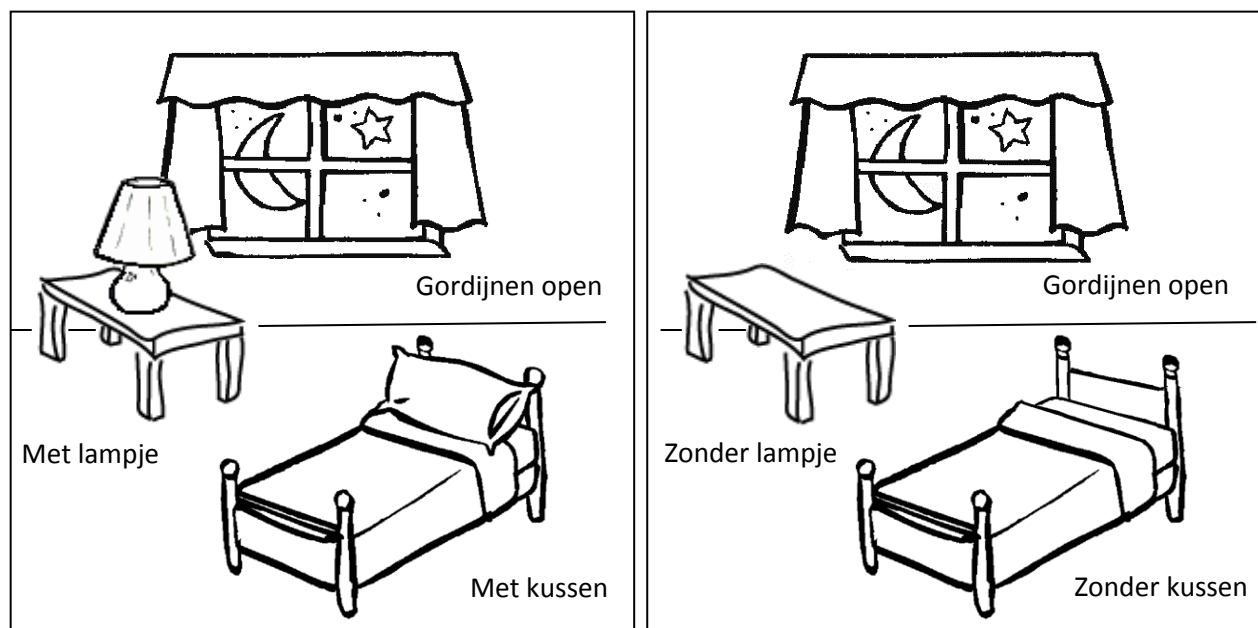
BIJLAGE II: CVS TEST

Voorbeeld

Henk kan soms niet goed slapen.

Hij wil weten of dat komt door zijn kussen.

In de plaatjes zie je hoe hij dat heeft onderzocht.



Is dit een goede test? Weet Henk straks zeker of zijn kussen iets uitmaakt voor hoe goed hij slaapt? Omcirkel het goede antwoord:

JA, dit is een goede test

NEE, dit is een slechte test

Is jouw antwoord NEE? Verander dan de plaatjes om er een goede test van te maken.

Naam:

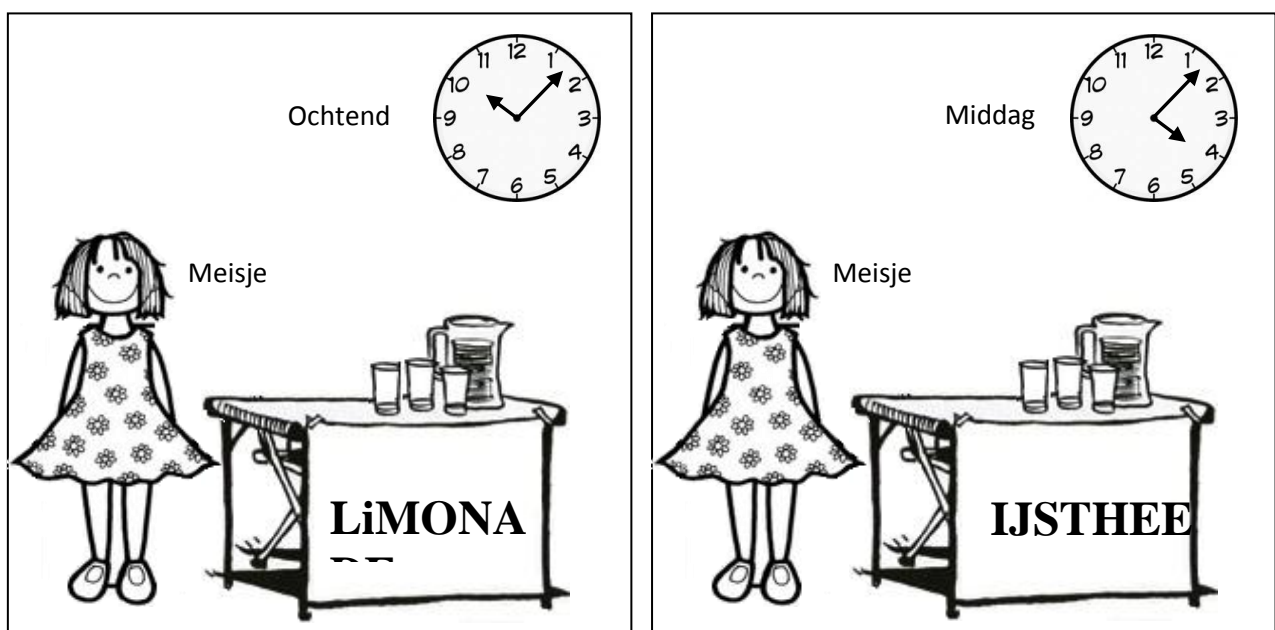
Leeftijd:

Jongen / Meisje:

Vraag 1

Meneer Mulder verkoopt drankjes.
Maar hij verkoopt niet altijd even veel.

Meneer Mulder wil weten of dat komt door het moment van de dag (ochtend of middag)
In de plaatjes zie je hoe hij dat heeft getest.



Is dit een goede test? Weet meneer Mulder straks zeker of het moment van de dag iets uitmaakt voor hoeveel drankjes er worden verkocht? Omcirkel het goede antwoord:

JA, dit is een goede test

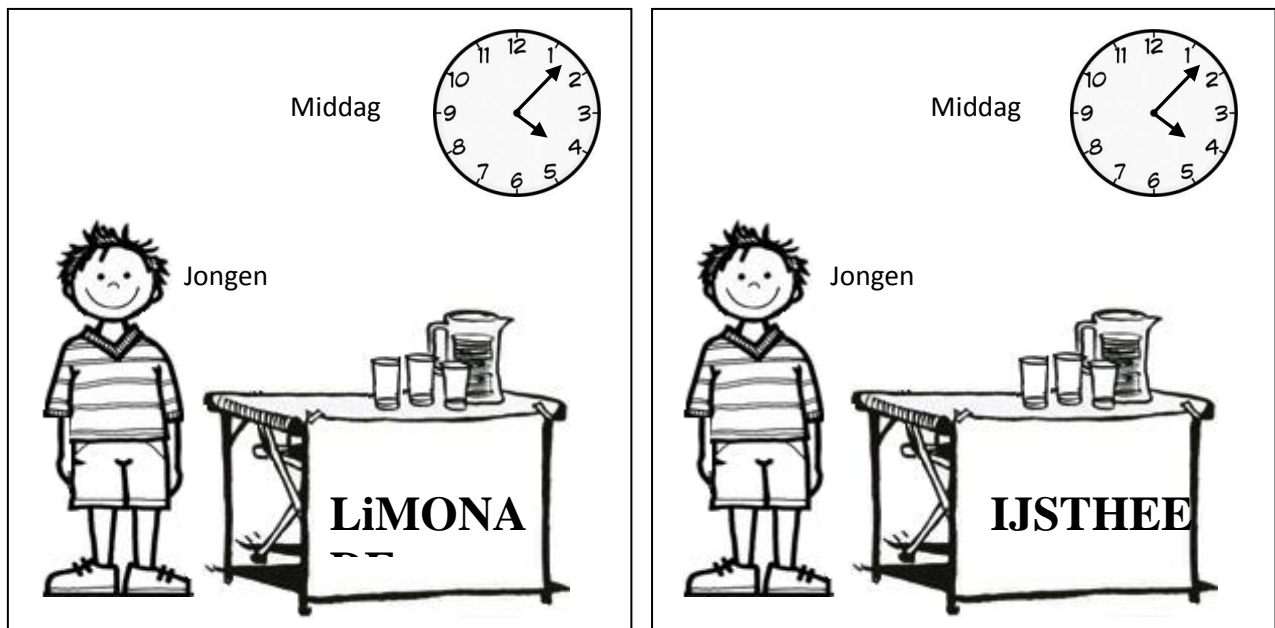
NEE, dit is een slechte test

Is jouw antwoord NEE? Verander dan de plaatjes om er een goede test van te maken.

Vraag 2

Meneer Mulder verkoopt drankjes.
Maar hij verkoopt niet altijd even veel.

Meneer Mulder wil weten of dat komt door het soort drankje (limonade of ijsthee).
In de plaatjes zie je hoe hij dat heeft getest.



Is dit een goede test? Weet meneer Mulder straks zeker of het soort drankje iets uitmaakt voor hoeveel drankjes er worden verkocht? Omcirkel het goede antwoord:

JA, dit is een goede test

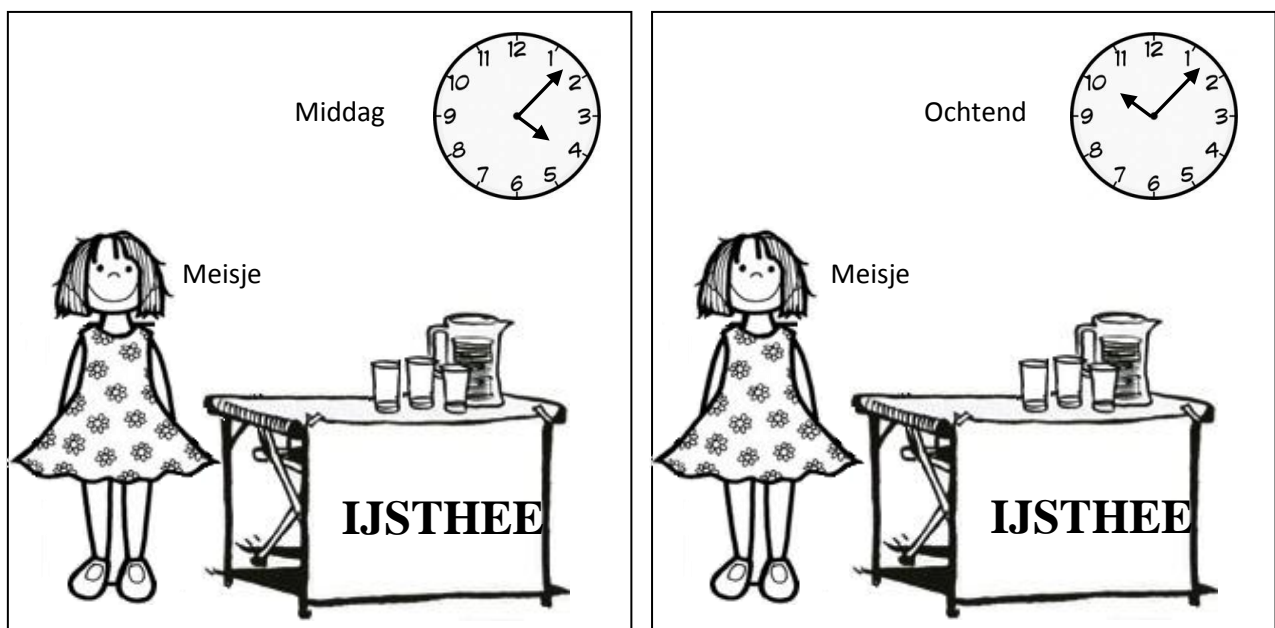
NEE, dit is een slechte test

Is jouw antwoord NEE? Verander dan de plaatjes om er een goede test van te maken.

Vraag 3

Meneer Mulder verkoopt drankjes.
Maar hij verkoopt niet altijd even veel.

Meneer Mulder wil weten of dat komt door **de verkoper** (jongen of meisje).
In de plaatjes zie je hoe hij dat heeft getest.



Is dit een goede test? Weet meneer Mulder straks zeker of **de verkoper** iets uitmaakt voor hoeveel drankjes er worden verkocht? Omcirkel het goede antwoord:

JA, dit is een goede test

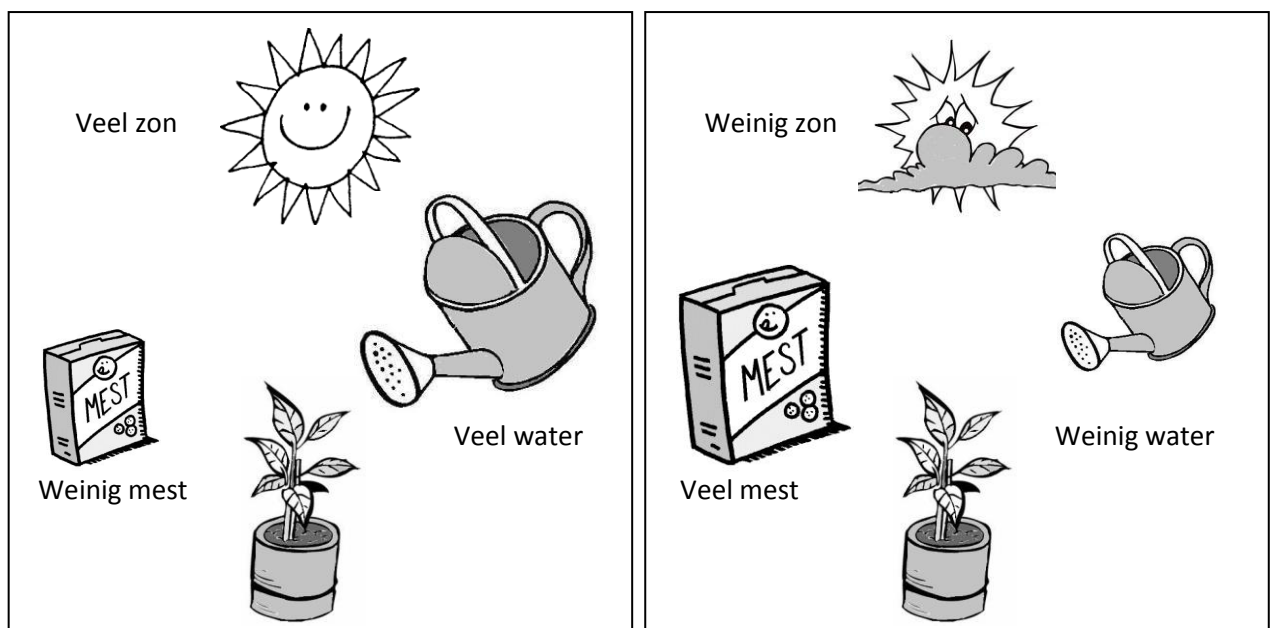
NEE, dit is een slechte test

Is jouw antwoord NEE? Verander dan de plaatjes om er een goede test van te maken.

Vraag 4

Mieke heeft veel planten.
Maar die groeien niet altijd even goed.

Mieke wil weten of dat komt door **de hoeveelheid zonlicht**.
In de plaatjes zie je hoe zij dat heeft getest.



Is dit een goede test? Weet Mieke straks zeker of **de hoeveelheid zonlicht** iets uitmaakt voor de groei van het plantje? Omcirkel het goede antwoord:

JA, dit is een goede test

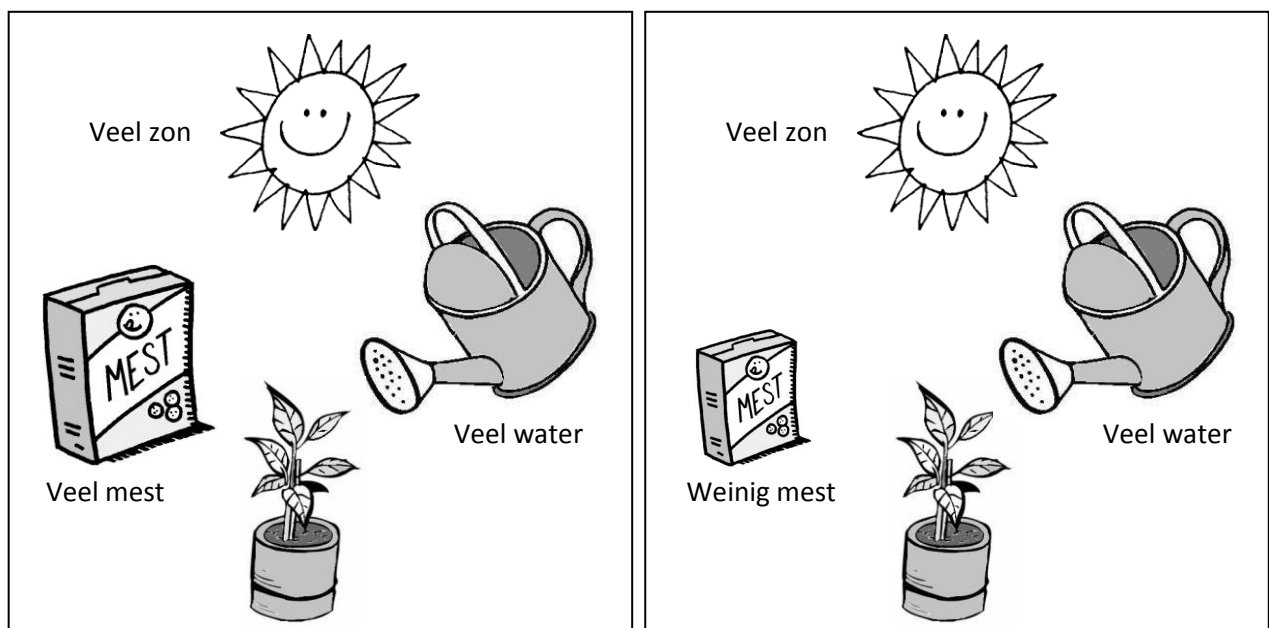
NEE, dit is een slechte test

Is jouw antwoord NEE? Verander dan de plaatjes om er een goede test van te maken.

Vraag 5

Mieke heeft veel planten.
Maar die groeien niet altijd even goed.

Mieke wil weten of dat komt door **de hoeveelheid mest**.
In de plaatjes zie je hoe zij dat heeft getest.



Is dit een goede test? Weet Mieke straks zeker of **de hoeveelheid mest** iets uitmaakt voor de groei van het plantje? Omcirkel het goede antwoord:

JA, dit is een goede test

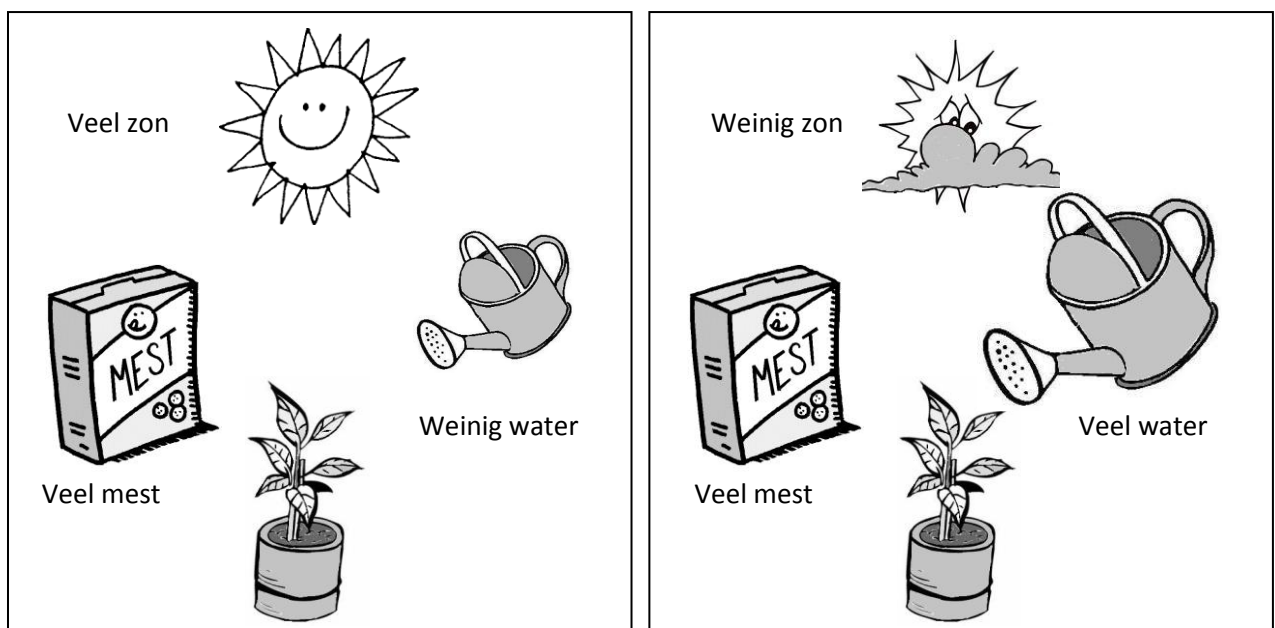
NEE, dit is een slechte test

Is jouw antwoord NEE? Verander dan de plaatjes om er een goede test van te maken.

Vraag 6

Mieke heeft veel planten.
Maar die groeien niet altijd even goed.

Mieke wil weten of dat komt door **de hoeveelheid water**.
In de plaatjes zie je hoe zij dat heeft getest.



Is dit een goede test? Weet Mieke straks zeker of **de hoeveelheid water** iets uitmaakt voor de groei van het plantje? Omcirkel het goede antwoord:

JA, dit is een goede test

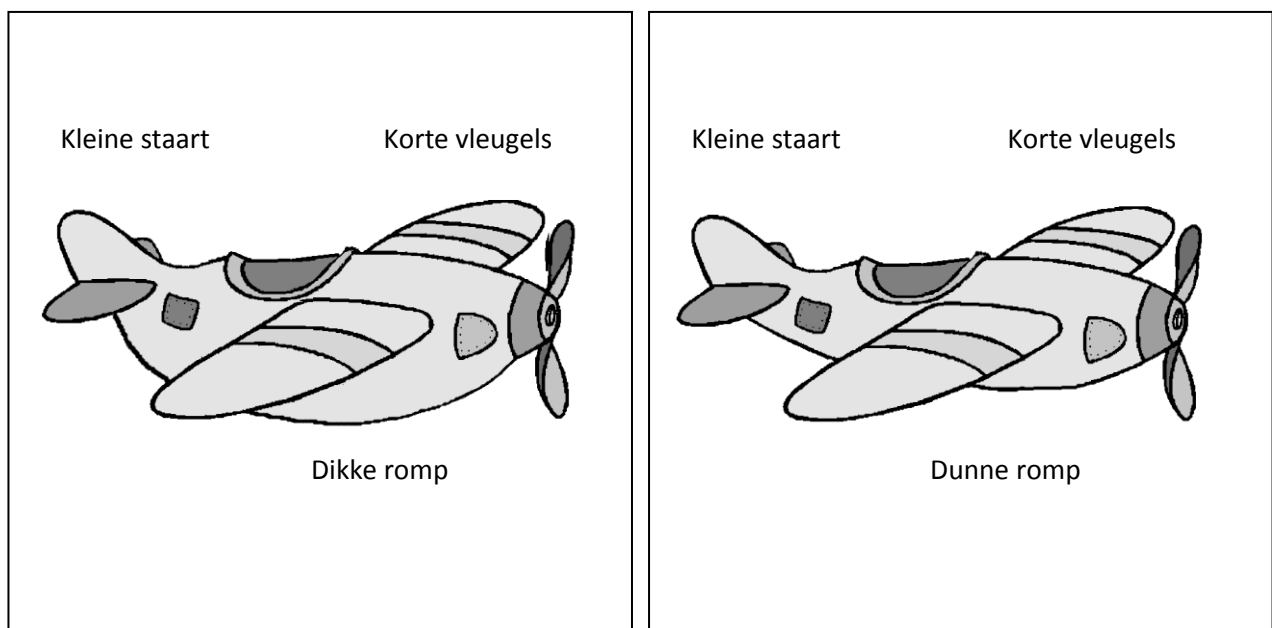
NEE, dit is een slechte test

Is jouw antwoord NEE? Verander dan de plaatjes om er een goede test van te maken.

Vraag 7

Peter maakt vliegtuigjes.
Maar die vliegen niet altijd even snel.

Peter wil weten of dat komt door de vorm van de romp.
In de plaatjes zie je hoe hij dat heeft getest.



Is dit een goede test? Weet Peter straks zeker of de vorm van de romp iets uitmaakt voor de snelheid van het vliegtuigje? Omcirkel het goede antwoord:

JA, dit is een goede test

NEE, dit is een slechte test

Is jouw antwoord NEE? Verander dan de plaatjes om er een goede test van te maken.

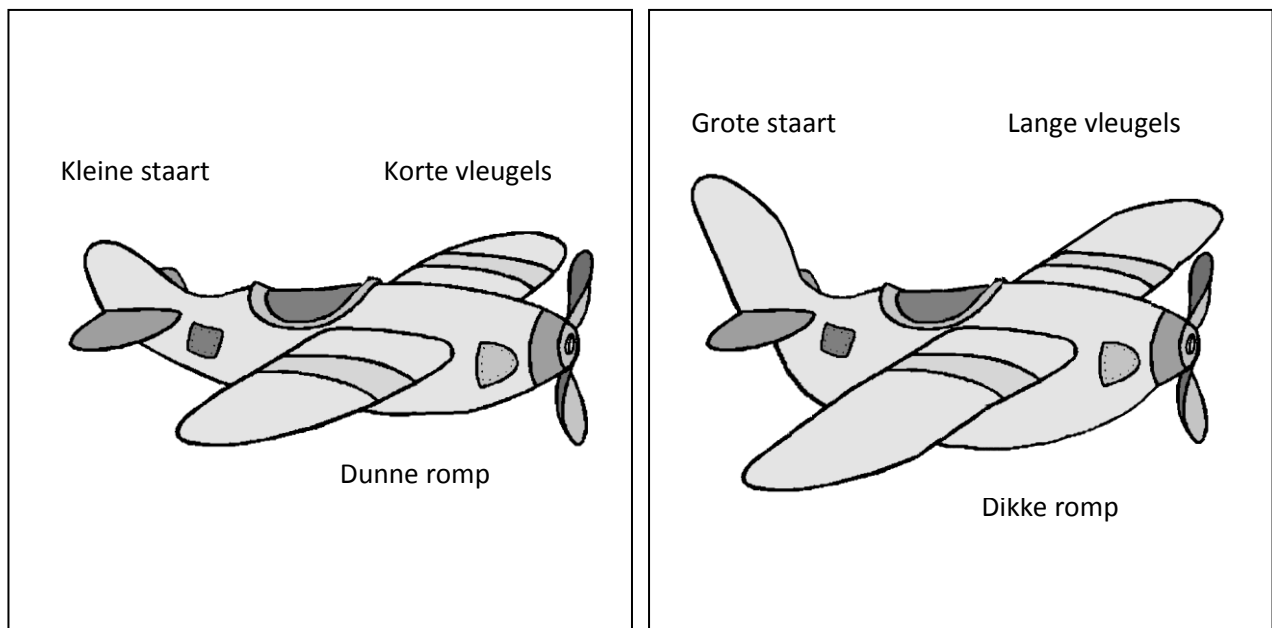
Vraag 8

Peter maakt vliegtuigjes.

Maar die vliegen niet altijd even snel.

Peter wil weten of dat komt door de lengte van de vleugels.

In de plaatjes zie je hoe hij dat heeft getest.



Is dit een goede test? Weet Peter straks zeker of de lengte van de vleugels iets uitmaakt voor de snelheid van het vliegtuigje? Omcirkel het goede antwoord:

JA, dit is een goede test

NEE, dit is een slechte test

Is jouw antwoord NEE? Verander dan de plaatjes om er een goede test van te maken.

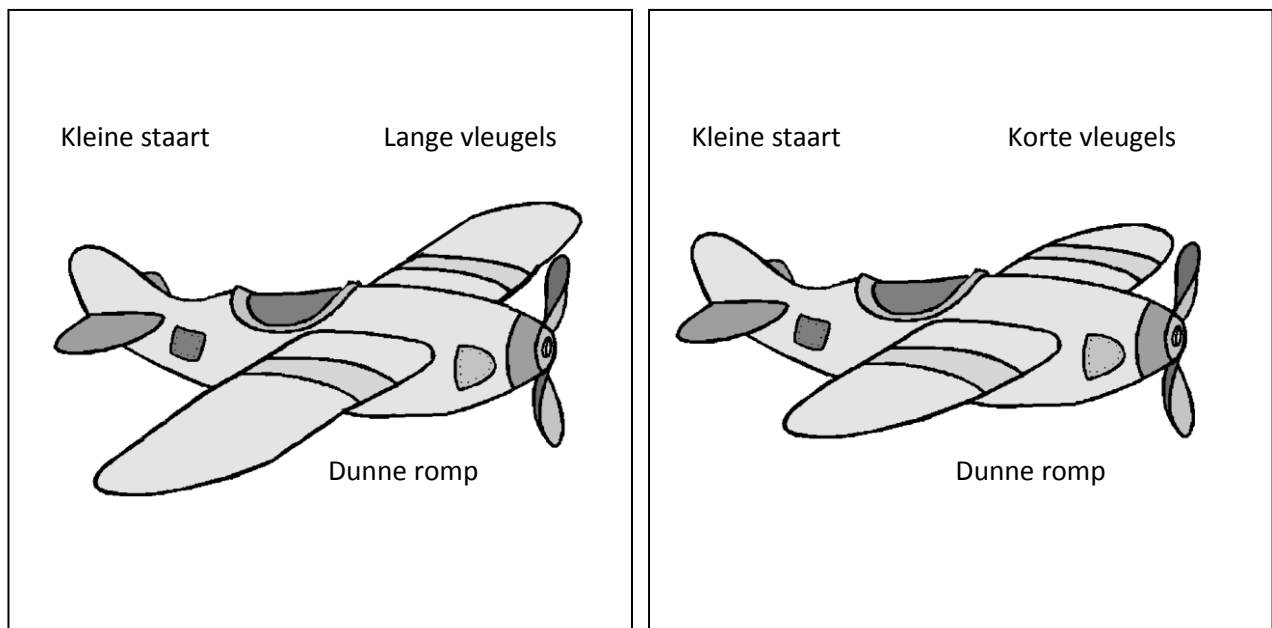
Vraag 9

Peter maakt vliegtuigjes.

Maar die vliegen niet altijd even snel.

Peter wil weten of dat komt door **de lengte van de staart**.

In de plaatjes zie je hoe hij dat heeft getest.



Is dit een goede test? Weet Peter straks zeker of **de lengte van de staart** iets uitmaakt voor de snelheid van het vliegtuigje? Omcirkel het goede antwoord:

JA, dit is een goede test

NEE, dit is een slechte test

Is jouw antwoord NEE? Verander dan de plaatjes om er een goede test van te maken.