

Het gebruik van analogieën bij het ontdekken van interacties tijdens onderzoekend leren

Masterthese

Astrid ter Braak, s1238302

Faculteit Gedragswetenschappen

Psychologie

Instructie Leren en Ontwikkeling

Eerste begeleider: Dr. P. Wilhelm

Tweede begeleider: Dr. H. Leemkuil

Universiteit Twente

ENSCHDE

10 Juli, 2013

Samenvatting

In dit onderzoek is onderzocht wat het effect is van twee verschillende soorten ondersteuning op het ontdekken van interacties tijdens onderzoekend leren met behulp van twee leertaken die aan de hand van een computerprogramma uitgevoerd werden. Basisschoolkinderen ($n = 131$) werden aan de hand van de Cito scores rekenen en begrijpend lezen verdeeld over drie condities. De eerste conditie was een controleconditie, deze kinderen kregen geen extra ondersteuning en begonnen gelijk met experimenteren na uitleg van de computertaken. De tweede conditie kreeg voor het experimenteren een analogie in de vorm van een verhaal te lezen en een hint dat het verhaal zou kunnen helpen bij het uitvoeren van de computertaken. De derde conditie kreeg net als de tweede conditie voor het experimenteren een analogie verhaal te lezen met de hint, maar daarnaast als extra hulpmiddel een structure map. Verwacht werd dat de twee experimentele groepen hoger zouden scoren op het ontdekken van interacties en daardoor ook een hogere leerwinst zouden behalen. Er werden verschillen gevonden in leerprestaties tussen de condities en verschillen in het ontdekken van interacties. Uit de resultaten blijkt dat de manipulatie met alleen een analogie en hint geen effect heeft op het ontdekken van interacties. Wel blijkt uit de resultaten dat een analogie + structure map een effectieve manier is om kinderen gevoelig te maken voor interacties en het ertoe leidt dat ze meer interacties gaan ontdekken. De structure map lijkt er dus voor te zorgen dat er een meer diepere verwerking plaatsvindt waardoor er hoger gescoord wordt op het ontdekken van interacties. Hieruit kan geconcludeerd worden dat wanneer een analogie ondersteund wordt hij effect kan hebben op het ontdekken van interacties.

Summary

Aim of this study was to examine the effectiveness of analogy support in inquiry learning. The study was conducted with primary schoolchildren ($n = 131$) who worked on two inquiry tasks. Students were assigned to a control condition, analogy condition or an analogy + structure map condition based on their scholastic achievement (Cito) scores arithmetic and reading. The children in the control condition started immediately after instruction with the learning tasks without any support. The children in the analogy condition received the same instruction but after that they read an analogy story and were given a hint that the analogy would help them in solving the learning tasks. The children in the analogy + structure map condition received the same instruction but after reading the analogy story they also used a structure map as a support tool. It was expected that the learners in the two experimental conditions would discover more interactions and therefore reach higher learning gains than

learners in the control condition. Data indicated that the analogy manipulation only had no effect. However, the analogy + structure map manipulation proved to be an effective way to prime children for interactions and make them better in finding interactions. It looks like the structure map provides a deeper understanding what causes higher interaction scores. It can be concluded that analogies can be effective in discovering interactions, provided that they are sufficiently supported.

Inleiding

Bij onderzoekend leren voeren leerlingen experimenten uit om het achterliggende model dat de relaties tussen onafhankelijke variabelen en afhankelijke variabelen in een taak weergeeft, te achterhalen (Kuhn, Black, Keselman, & Kaplan, 2000). Onderzoekend leren wordt beschreven als een manier van leren die betrekking heeft op het zelf verkennen van de wereld. Bij onderzoekend leren stelt de leerling zichzelf vragen, zal deze daarna grondig gaan onderzoeken en daardoor ontdekkingen doen. Op deze manier gebruiken leerlingen een wetenschappelijke aanpak, ze activeren en herstructureren bestaande kennischema's (de Jong, 2006). Quintana et al. (2004) beschrijven inquiry learning als het proces van vragen stellen en deze vervolgens onderzoeken met empirische data. Dit onderzoeken kan gedaan worden door middel van een experiment waarin variabelen gemanipuleerd worden of door het maken van vergelijkingen tussen bestaande data. Leerlingen leggen door middel van experimenteren met variabelen verbanden tussen deze variabelen. Dit is extra moeilijk wanneer er sprake is van een interactie effect. Er is sprake van interactie als het effect op de afhankelijke variabele van een onafhankelijke variabele afhangt van de waarde van een andere onafhankelijke variabele. Een voorbeeld hiervan is dat een plant groter groeit wanneer hij in een kleine pot zit en één keer water krijgt dan wanneer de plant in een kleine pot zit en twee keer water krijgt. Redeneren over variabelen en hun interacties doet een sterk beroep op het cognitieve systeem en daardoor is het identificeren van interacties complex (Halford, Wilson, & Phillips, 1998). In dit onderzoek wordt getracht het identificeren van interacties tijdens het onderzoekend leren te ondersteunen.

Inquiry learning wordt beschouwd als uitdagend voor kinderen (Chinn & Brewer, 1993; van Joolingen & de Jong, 2003). Vooral interacties zijn vaak moeilijk te ontdekken (Zohar, 1995). Onderzoek naar inquiry learning in simulaties laat zien dat leerlingen moeite hebben met het sturen van hun eigen leerprocessen en dat ze het moeilijk vinden informatie uit de simulatie af te leiden. Er wordt nu algemeen geaccepteerd dat als inquiry learning niet ondersteund wordt, het niet effectief is (de Jong & van Joolingen, 1998; Mayer, 2004). Om die reden wordt er nu veel onderzoek gedaan naar de manier waarop inquiry learning het beste ondersteund kan worden. Tot nu toe richt die ondersteuning zich onder meer op oefeningen voorafgaand aan de leertaak, uitleg over de fenomenen uit de simulatie en het veroorzaken van een cognitief conflict (van Joolingen & de Jong, 2003; Zohar, 1995). Met een cognitief conflict veroorzaken wordt bedoeld dat er bewijs wordt gepresenteerd dat niet overeenkomt met de voorkennis of de conclusies die leerlingen in eerste instantie zelf hebben getrokken op basis van hun onderzoek. Verder richt de ondersteuning zich op transfer. Het ondersteunen

van transfer wordt gedaan door middel van het oplossen van concrete problemen, actief leren, het formuleren van algemene conclusies door de leerling zelf en nadenken over het eigen denkproces.

Bij inquiry learning staan drie processen centraal: hypothesen genereren, experimenteren en bewijs evalueren (Klahr & Dunbar, 1988; Lazonder, in press.). Onderzoek laat zien dat leerlingen van verschillende leeftijden moeite hebben met deze processen (de Jong & van Joolingen, 1998; Njoo & de Jong, 1993). Ondersteuning wordt dan ook vaak op één van deze processen gericht. In dit onderzoek staat het proces hypothese genereren centraal. Op welke manier zou dit proces ondersteund kunnen worden zodat leerlingen interacties ontdekken tijdens onderzoekend leren?

Hypothese genereren wordt over het algemeen gezien als een moeilijk maar cruciaal aspect van inquiry learning. Sommige auteurs definiëren scientific inquiry learning als de coördinatie tussen hypothesen (theorie) en het experimentele bewijs (evidentie) (Klahr & Dunbar, 1988). Hypothesen geven opvattingen van leerlingen weer over het fenomeen dat ze willen onderzoeken. Hypothesen kunnen gevormd worden uit voorkennis of verkregen worden via experimentele data (Klahr & Dunbar, 1988; Lazonder, in press.). Sommige studies laten zien dat leerlingen zeer weinig hypothesen genereren bij een inquiry leertaak. Een probleem kan zijn dat leerlingen niet weten hoe ze een toetsbare hypothese moeten vormen. Ze kunnen ook problemen ervaren bij het identificeren van de mogelijke relaties tussen variabelen (Klahr & Dunbar, 1988). En verder blijkt uit onderzoek dat leerlingen hypothesen en voorspellingen door elkaar halen. Problematisch hieraan is dat leerlingen niet systematisch onderzoeken en te veel variabelen in één experiment veranderen waardoor ze geen goede conclusies kunnen trekken (Glaser et al. Njoo & de Jong, 1993).

Klahr en Dunbar (1988) hebben in hun onderzoek de vorming van hypothesen en het ontwerp van experimenten om deze hypothesen te testen bestudeerd. Dit hebben ze gedaan met een taak waarbij leerlingen de werking van een eenvoudig apparaat moesten ontdekken. Mede op basis van dit onderzoek ontwikkelde zij het Scientific Discovery as Dual Search (SDDS) model. SDDS beschrijft het wetenschappelijk ontdekkingsproces als een zoek proces in een hypothese ruimte (die alle mogelijke hypothesen bevat die iemand al heeft over het systeem dat bestudeerd wordt) en in een experimenteer ruimte (die bestaat uit alle experimenten die uitgevoerd kunnen worden met het systeem).

Er zijn een aantal vormen van ondersteuning (“scaffolds”) onderzocht die leerlingen kunnen helpen en assisteren bij het vormen van hypothesen. Een mogelijke manier om leerlingen te ondersteunen bij het hypothese genereren is het combineren van inquiry learning

met een kwalitatieve of kwantitatieve modeling tool (Löhner, van Joolingen & Savelsbergh, 2003). Computer ondersteunende modeling tools laten leerlingen de uitkomsten van hun eigen model vergelijken met de output van een model dat bijvoorbeeld een simulatie geeft. Uit dit onderzoek bleek dat leerlingen die met een grafische representatie werkten meer experimenten ontwierpen, kwalitatief meer hypothesen formuleerden, en meer tijd besteedden aan het evalueren van hun eigen model dan leerlingen die met een tekstuele representatie werkten.

Njoo en de Jong (1993) voorzagen leerlingen van een gestructureerde lijst van vooraf gevormde hypothesen. Leerlingen moesten hieruit een minimum aantal hypothesen selecteren. Vergeleken met de controle conditie lieten de leerlingen uit de experimentele conditie meer actief experimenteel gedrag zien en behaalden ze een hogere leerwinst. Een nadeel van deze al gevormde hypothesen kan zijn dat leerlingen worden belemmerd omdat ze niet vrij hun eigen ideeën kunnen onderzoeken.

In een studie van van Joolingen en de Jong (1991) is ondersteuning geboden door de leerlingen een hypothese scratchpad te laten gebruiken. Dit is een digitale tool waarmee de leerlingen hypothesen kunnen vormen. Hypothese scratchpads bieden leerlingen een gestructureerde kijk op hun hypothese ruimte en ondersteunen leerlingen bij het formuleren van hypothesen. Dit gebeurt aan de hand van aangeboden menu's waaruit ze woorden kunnen kiezen zoals "en", "als", "dan", en "wanneer" (van Joolingen & de Jong, 1991). Uit onderzoek blijkt dat het gebruiken van scratchpads leidt tot een vergroting van de hypothese ruimte. Vergeleken met een controle conditie maakten leerlingen in de scratchpad conditie meer gebruik van verschillende variabelen (van Joolingen & de Jong, 1991).

Het onderzoeken en identificeren van interacties tussen variabelen is belangrijk voor inquiry learning (Zohar, 1995). Interacties zijn echter vaak moeilijk te ontdekken. Volgens Zohar (1995) zijn er vier typen moeilijkheden bij het ontdekken van interacties tussen variabelen. Het eerste type probleem is dat de vergelijkingsstrategie ontbreekt die nodig is om geldige conclusies te trekken over de interacties tussen de variabelen. Dit heeft te maken met redeneringen kunnen maken na het data verzamelen en zien waar de interacties zitten. De meeste inferenties worden "op gevoel" gemaakt en zijn vaak logisch incorrect. Ten tweede ontbreekt een conceptueel kader voor de interacterende variabelen, het ontbreekt leerlingen vaak aan voldoende voorkennis. Ten derde heeft men moeite met het afleiden van de aandacht van andere factoren. Een voorbeeld hiervan is dat leerlingen weten dat een bepaalde variabele een irrelevant effect heeft, maar deze variabele toch tijdens het experimenteren veranderen. Dit hoeft eigenlijk niet want het maakt niet uit wat je invoert bij deze variabele omdat de

variabele toch geen effect heeft. Tot slot hebben beginners moeite om de andere variabelen onder controle te houden tijdens het onderzoeken. Dit heeft te maken met het opzetten van experimenten en systematisch experimenteren.

Dit onderzoek is gericht op het vergroten van het conceptuele kader. Met het conceptuele kader worden alle ideeën die een persoon al heeft over een bepaald systeem bedoeld. Het kan zo zijn dat een persoon al interacties veronderstelt. Dit komt overeen met het begrip hypothese ruimte. De hypothese ruimte bevat alle mogelijke hypothesen over het systeem dat bestudeerd wordt.

Een manier om de hypotheseruimte te vergroten zou kunnen zijn door een analogie in te zetten. Door in de analogie leerlingen kennis te laten maken met een interactie zou de hypothese ruimte over interacties vergroot moeten worden en zouden leerlingen hierdoor beter in staat moeten zijn om in de inquiry leertaak interacties te ontdekken. Er is bewijs dat bij probleem oplossen een analogie kan helpen om een probleem op te lossen met dezelfde kenmerken of onderliggende variabelen als in een analogie (Gick & Holyoak, 1980). Aan de hand van een analogie zou ook een interactie gepresenteerd kunnen worden. Wanneer leerlingen dan met de inquiry taak bezig zijn kunnen ze een koppeling maken tussen de kennis die ze op dat moment hebben over de analogie met wat ze tegen komen in de taak. Op deze manier kan de voorkennis van de leerlingen over interacties geactiveerd worden. Ook kan een analogie hints geven over de relatie tussen variabelen (van Joolingen & de Jong, 1991).

Analogieën zijn hulpmiddelen waarmee een bekende situatie ingezet wordt om een onbekende situatie te leren begrijpen. Het onbekende domein of fenomeen dat geleerd moet worden wordt ook wel het doel genoemd, het bekende domein of fenomeen wordt ook wel de bron genoemd (Dagher, 1995). Redeneren aan de hand van een analogie is een complex proces. Het heeft betrekking op het ophalen van gestructureerde kennis uit het lange termijn geheugen, het weergeven en manipuleren van taakverbindingen in het werk geheugen, het herkennen van elementen die met elkaar overeenkomen, nieuwe inferenties maken en het leren van abstracte schema's (Holyoak, 2012).

Analogieën zijn nooit gebaseerd op een exacte "fit" tussen de analogie en het doel. Het gebruik hiervan heeft om die reden intensieve begeleiding en uitwerking nodig zodat een leerling geen misconcepties uit het bron domein mee neemt in het doel domein. Wanneer studenten samen werken onder begeleiding en veel vragen kunnen stellen kan dit voorkomen worden. De leerkracht kan de leerlingen wijzen op de misvattingen van de leerlingen en ze helpen hun eigen interpretaties te wijzigen (Yerrick, Doster, Nugent, Parke, & Crawley, 2003).

Volgens Guerra-Ramos (2011) geeft een analogie betekenis doordat een basisstructuur van een bekend domein overgezet wordt naar een onbekend domein. Ook kan een analogie gebruikt worden als geheugensteun. Verder kan een analogie de self-efficacy van studenten verhogen en hen overtuigen van hun vermogen om bijvoorbeeld wetenschappelijke inhoud te leren. Volgens Guerra-Ramos (2011) is een analogie “*A transformer which facilitates the change in the mind of the learner from ‘matter’ to ‘processes’*” (Guerra-Ramos, 2011, p. 3) Hiermee wordt bedoeld dat de leerlingen alle losse elementen uit een onbekend domein (matter) zo integreren dat er een coherente cognitieve structuur in het lange termijn geheugen ontstaat (proces). Een voorbeeld is dat leerlingen alle losse elementen (matter) van een fietspomp kunnen benoemen zoals het handvat en het frame (matter), maar ook leren begrijpen hoe de fietspomp werkt (proces) op basis van een analoog probleem.

De meest prominente theorieën over analogieën zijn die van Gentner en Holyoak (Niebert, Marsch, & Treagust, 2012). Er zijn een aantal verschillen tussen deze theorieën, zie Niebert et al. (2012), maar omdat deze verschillen voor dit onderzoek niet relevant zijn worden alleen de overeenkomsten besproken. Gentners structuremapping approach (Gentner, 1989) en Holyoaks pragmatic approach (Holyoak, 1985) hebben gemeen dat er logische gelijkenissen tussen de bron en het doel moeten zijn, in instructiesituaties zou de leraar deze simpelweg moeten benadrukken bij het gebruik van een analogie. Bij een succesvolle analogie is de structuur en de inhoud van de bron een goed model dat je kunt gebruiken voor het representeren van het doel. Het beste is om de analogie te richten op de doel-relevante informatie en de andere details op de achtergrond te houden (Holyoak, 2012).

Een voorbeeld van een bekende analogie is het begrip van geluid (het doel) in termen van water golven (de bron) (Holyoak & Thagard, 1995). Geluid is analoog aan water golven omdat het zich ook verspreidt door de ruimte, afneemt in intensiteit en weerkaatst wanneer er een groot object in de weg staat. De elementen die je ziet zijn heel anders (water is nat en lucht niet, golven zijn zichtbaar maar lucht niet), maar het onderliggende patroon van relaties tussen de elementen is hetzelfde.

Volgens Holyoak (2012) en Niebert et al. (2012) helpen analogieën leerlingen om de kloof tussen hun bestaande opvattingen (de bron) en het fenomeen dat geleerd moet worden (het doel) te overbruggen. Een hoge graad van structurele overeenkomst tussen de bron en het doel is een vereiste. Dit wil zeggen dat de relevante elementen van de bron en het doel samenhangend in kaart moeten worden gebracht. Een soortgelijk punt maakt Guerra-Ramos (2011) die aangeeft dat het belangrijk is dat de gedeelde attributen uit de bron en de analogie precies geïdentificeerd moeten worden door de leraar.

Bij het oplossen van problemen realiseren mensen vaak niet dat ze analogieën kunnen gebruiken (Holyoak, 2012). Gick en Holyoak (1980) vroegen studenten het tumor probleem op te lossen. De analogie bestond uit een verhaal over het binnendringen van een fort door een leger soldaten. Het tumor probleem houdt in dat een tumor nooit in één keer bestraald kan worden omdat dit schade brengt aan gezonde cellen om de tumor heen. Het probleem bij het fort is dat je nooit met een hele grote groep soldaten tegelijk het fort binnen kan dringen omdat de soldaten in het fort je dan aan zien komen. Een oplossing was om in kleine groepjes van alle kanten het fort aan te vallen. Aan de hand van dit verhaal moesten de studenten bij het tumor probleem tot de oplossing komen dat de tumor vanaf verschillende kanten met zwakkere stralen bestraald moest worden. Ongeveer 10% van de studenten zonder analogie kwam met de juiste oplossing. Ongeveer 20% van de studenten uit de groep die wel een analogie kregen kwamen met de juiste oplossing, maar wanneer er een simpele hint gegeven werd zoals: “Je kunt gebruik maken van dit verhaal voor het oplossen van het probleem” kwamen ongeveer 75% van de studenten met de juiste oplossing.

Hoewel onderzoek aangeeft dat mensen in het dagelijks leven ook gebruik maken van analogieën zijn analogieën niet altijd zo effectief als gedacht in het onderwijs (Guerra-Ramos, 2011). Analogieën worden vaak niet begrepen zoals ze bedoeld zijn (Niebert et al., 2012). Wanneer leerlingen zich zonder begeleiding bezig houden met analogieën is de kans groot dat er misconcepties gevormd worden, dat ideeën over gegeneraliseerd worden en er connecties gemaakt worden tussen elementen die er niet zijn (Yerrick et al., 2003). Dit komt vooral voor wanneer leerlingen onbekend zijn met de analogie. Leerlingen koppelen dan elementen uit de bron en het doel aan elkaar die geen gedeelde attributen bevatten en hierdoor worden er verkeerde vergelijkingen gemaakt. Wanneer een heel gestructureerde analogie aangeboden wordt zonder deze te bespreken kan de analogie te letterlijk genomen worden wat ook een belemmering kan vormen bij de transfer. Door de analogie letterlijk te nemen blijven leerlingen hangen op het waarnemingsniveau, ze zien dan niet de betekenis van de onderliggende variabelen, en dat is juist de bedoeling van de analogie. Bij een minder gestructureerde analogie bestaat weer het risico dat de structuur zelf verzwakt wordt en er geen connecties gemaakt kunnen worden tussen de bron en het doel (Dagher, 1995). Daarom moeten leerlingen zich een analogie eigen maken door er bijvoorbeeld op te reflecteren. Op deze manier kan de effectiviteit van de analogie worden bevorderd (Niebert et al., 2012).

Naast de manier waarop de instructie rond een analogie het best vormgegeven kan worden, zijn er ook aanbevelingen voor het ontwerpen van analogieën. Volgens Niebert et al., (2012) zouden alleen de elementen uit een bron gebruikt moeten worden die ook terug komen

in het doel. Een aspect van het doel dat geen overeenkomstige tegenhanger heeft of geen belangrijke overeenkomst heeft met de bron, dus dat geen analoog heeft, moet niet besproken worden in de analogie. Er moet worden aangegeven waar de analogie niet meer overeenkomt met de bron, dit omdat studenten erg vatbaar zijn voor het vormen van inadequate opvatting verkregen vanuit zogenaamde “mapping errors” (Niebert et al. 2012). Door te “markeren en te verbergen”, de focus te leggen op één aspect van een concept, worden de aspecten van een concept die niet overeenkomen met de analogie niet belicht en worden er minder mapping errors gemaakt (Holyoak, 2012; Niebert et al., 2012; Paas, Renkl & Sweller, 2003).

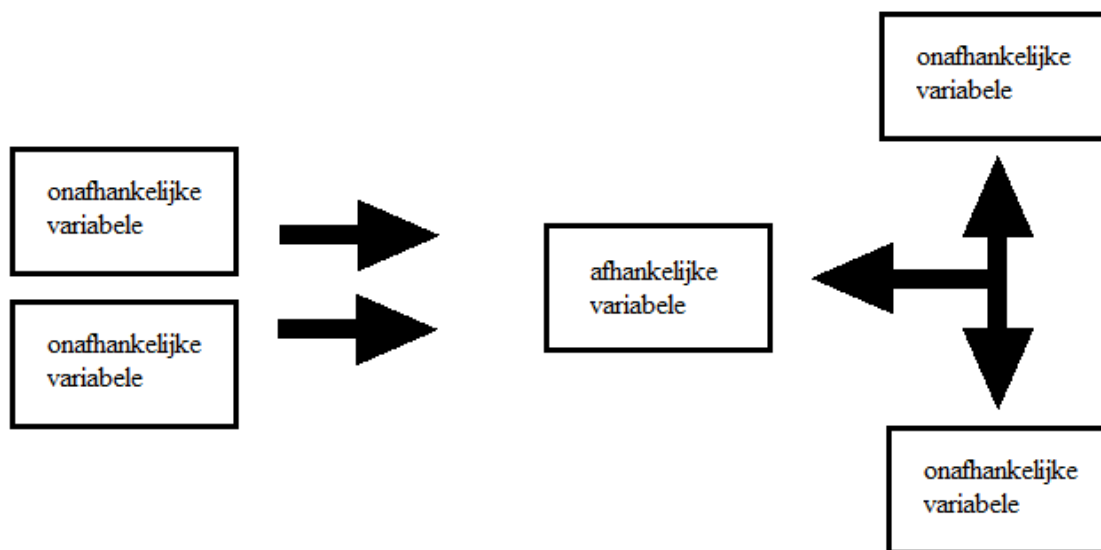
Net als Niebert et al. (2012) geven Harrison en Treagust (1993) ook aan dat het punt waar de analogie niet meer overeenkomst met het doel expliciet geïdentificeerd moet worden. Verder is er volgens Harrison en Treagust (1993) nog een element essentieel voor een goed gebruik van analogieën. De achtergrondkennis van de leerlingen over de analogie moet in overweging genomen worden zodat de analogie bekend is. Dit door bijvoorbeeld gebruik te maken van algemeen bekende domeinen in de analogie.

Volgens Paas et al. (2003) is het verder belangrijk ervoor te zorgen dat de totale cognitieve load binnen de grenzen van het werkgeheugen blijft. Cognitieve load kan worden gedefinieerd als de belasting van een taak op het werkgeheugen van de leerlingen. Een vorm van cognitieve load is de extraneous load, deze wordt veroorzaakt door instructie materiaal dat niet optimaal ontworpen is. Door zo min mogelijk extra informatie (zoals leuke plaatjes en tekst) aan de analogie toe te voegen kan ervoor gezorgd worden dat de load zo laag mogelijk blijft.

Analogieën kunnen dus, mits ze goed ondersteund worden, effectief zijn bij het opdoen van nieuwe kennis. Bij onderzoekend leren doen leerlingen ook nieuwe kennis op, het enige verschil is dat leerlingen zelf experimenten moeten doen.

Een mogelijke manier van ondersteuning zou kunnen zijn door middel van een structure map. Uit onderzoek van Jee et al. (2010) blijkt dat volwassenen (niet per se kinderen) eerder de voorkeur geven aan “analogisch mappen” gebaseerd op relationele overeenkomsten zoals de oorzakelijke of de ruimtelijke structuur dan aan concrete overeenkomsten zoals kleur, vorm of grootte. Met analogisch mappen wordt het systematisch vergelijken van overeenkomsten uit de bron en het doel bedoeld om zo de mate van verschil of overeenkomst in kaart te brengen. Deze impliciete voorkeur draagt bij aan de bruikbaarheid van analogieën bij het ontdekken van relationele principes. Om een analogie te kunnen begrijpen moet de student eerst de bron en het doel uitlijnen (Jee et al., 2010). Door gebruik te

maken van een zogenaamde “structure map” kan de relatie tussen het doel en de bron duidelijk gemaakt worden. Voor een voorbeeld van een structure map zie Figuur 1.



Figuur 1. Weergave structure map.

In Figuur 1 zie je op welke manier de variabelen met elkaar in verbinding staan. Zonder een structure map hebben leerlingen alleen een abstracte weergave van de variabelen in hun hoofd, door middel van een structure map hebben de leerlingen een concreet beeld van variabelen, die ze zelf kunnen zien. Als leerlingen expliciet “structure mappen” motiveert dit hen relationeel te denken, waardoor het leren van diepere overeenkomsten tussen de bron en het doel wordt ondersteund (Jee et al., 2010).

In dit onderzoek wordt onderzocht of analogieën ervoor kunnen zorgen dat leerlingen beter in staat zijn interacties te ontdekken tijdens onderzoekend leren. Hiervoor wordt een controle conditie vergeleken met een analogie conditie met hint en een analogie conditie met hint en ondersteuning.

De eerste groep is de controle groep, deze leerlingen maken alleen twee computertaken. In deze taken zijn interacties verwerkt die de leerlingen aan de hand van experimenteren moeten ontdekken. Er is gekozen voor een controle conditie om te kijken of leerlingen zelf al bepaalde interacties veronderstellen.

De tweede groep is de analogie met hint groep. Deze groep krijgt alleen een analogie in de vorm van een verhaaltje en vlak na de analogie een cue dat ze het goed moeten lezen omdat ze het verhaal kunnen gebruiken bij het uitvoeren van de twee computertaken die ze

daarna gaan maken. Omdat uit onderzoek van Gick en Holyoak (1980) blijkt dat problemen beter werden opgelost wanneer er bij de analogie wordt aangegeven dat de analogie van belang is bij het oplossen van het probleem (hint) dan wanneer de analogie alleen werd gegeven en er niks gezegd werd, is er gekozen om geen conditie te nemen die alleen een analogie krijgt zonder aanwijzing. Er is gekozen voor twee computertaken in twee verschillende domeinen omdat zo uitgesloten kan worden dat het effect van de analogie afhangt van het domein.

De derde groep is de analogie met hint en ondersteuning groep. In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van “structure mapping” als aanvullende ondersteuning bij het koppelen van de gedeelde attributen uit de analogie en het doel (Mayer, 2007). Deze groep krijgt dezelfde analogie als de analogie met hint groep. Daarna wordt klassikaal een “structure map” ingevuld. Het maken van een “map” ondersteunt het actief leren door de leerlingen aan te moedigen relevante informatie mentaal te selecteren en deze te relateren aan nieuwe informatie in een structuur (Mayer, 2007). Met mentaal selecteren wordt bedoeld dat leerlingen de informatie in hun werkgeheugen vasthouden. De “map” wordt klassikaal besproken met de leerkracht. De leerlingen moeten daarna zelf in de computer taak onderzoeken welke elementen uit de taak vergeleken kunnen worden met de elementen uit de analogie en vullen dit in op de structure map die bij de taak hoort. Ook krijgen ze dezelfde cue als de analogie met hint groep en gaan ze aan het werk met de computertaken.

De onderzoeksvraag die wordt beantwoord in dit onderzoek is: “Kan een analogie (+ structure map) ervoor zorgen dat leerlingen beter in staat zijn interacties te ontdekken tijdens onderzoekend leren en daardoor hogere leerwinsten halen?” Hiervoor wordt een pre-test en een post-test afgenomen bij de drie condities. De nul hypothese is dat er geen verschil is in het ontdekken van interacties tussen de controleconditie, de analogie conditie en de analogie + structure map conditie. De alternatieve hypothese is dat de analogie conditie en de analogie + structure map conditie ervoor zorgen dat leerlingen beter interacties kunnen ontdekken tijdens onderzoekend leren dan de controle groep. Ook wordt verwacht dat de analogie + structure map conditie ervoor zorgt dat leerlingen beter interacties kunnen ontdekken tijdens onderzoekend leren dan de analogie conditie.

De tweede (gerelateerde) nul hypothese is dat er geen verschil is in leerwinst (post-test - pre-test score) tussen de controle conditie, de analogie conditie en de analogie + structure map conditie. De alternatieve hypothese die hierbij hoort is dat de analogie conditie en de analogie + structure map conditie ervoor zorgen dat leerlingen hoger scoren op leerwinst dan

de controle groep. Ook wordt verwacht dat de analogie + structure map conditie ervoor zorgt dat leerlingen hogere leerwinsten halen dan de analogie conditie.

Methode

Proefpersonen

De proefpersonen waren leerlingen van groep 8 van vijf verschillende basisscholen uit de provincie Overijssel. Het aantal proefpersonen was 131, 68 meisjes en 63 jongens. De gemiddelde leeftijd was 11.51 jaar ($SD = 0.57$), range 10-13. Deze proefpersonen zijn aan de hand van de Cito scores rekenen en begrijpend lezen ingedeeld in de controle conditie (C), de analogie conditie (A) of de analogie + structure map conditie (A+). Van elke klas zijn de Cito scores rekenen en begrijpend lezen opgevraagd. Op de volgende manier zijn de leerlingen toegewezen: Alle leerlingen met de score A+ voor rekenen en de score A+ voor begrijpend lezen werden geteld en verdeeld over de 3 condities. Daarna werd precies hetzelfde gedaan bij kinderen met de score een A+ voor rekenen en de score A voor begrijpend lezen (Daarna A+ met B, A+ met C, A+ met D, A+ met E). Daarna werd deze procedure gedaan met alle leerlingen met de score A voor rekenen en een score A+ voor begrijpend lezen (daarna A met A, A met B, A met C, A met D en A met E). Daarna werd precies hetzelfde gedaan met de leerlingen die een B score hadden voor rekenen en een A+, A, B, C, D of E score begrijpend lezen. Daarna de leerlingen met een C, D en E score voor rekenen met een A+, A, B, C, D of E voor begrijpend lezen. Deze procedure werd herhaald tot dat alle leerlingen op niveau waren gematcht. Deze procedure werd per klas uitgevoerd. In totaal zaten in de controle conditie 42 leerlingen, in de analogie conditie 44 leerlingen en in de analogie + structure map conditie 45 leerlingen. Deze drie condities zijn weer onderverdeeld aan de hand van de volgorde waarin leerlingen de twee leertaken (Peter taak en Plant taak) uitvoerden (counterbalancing om te controleren voor taakvolgorde). Er zijn daardoor in totaal zes groepen gevormd (zie Tabel 1).

Tabel 1
Beschrijving van de Condities

Groep	Conditie	Eerste taak	Tweede taak	Aantal leerlingen	Aantal J/M	Leeftijd jaar (SD)	Range
1	Controle	Plant taak	Peter taak	22	10:12	11.50 (0.60)	11-12
2	Controle	Peter taak	Plant taak	20	7:13	11.65 (0.49)	11-12
3	Analogie	Plant taak	Peter taak	22	12:10	11.41 (0.60)	11-13
4	Analogie	Peter taak	Plant taak	22	11:11	11:50 (0.60)	11-13
5	Analogie + structure map	Plant taak	Peter taak	22	10:12	11.55 (0.60)	11-13
6	Analogie + structure map	Peter taak	Plant taak	23	12:11	11.48 (0.60)	11-13

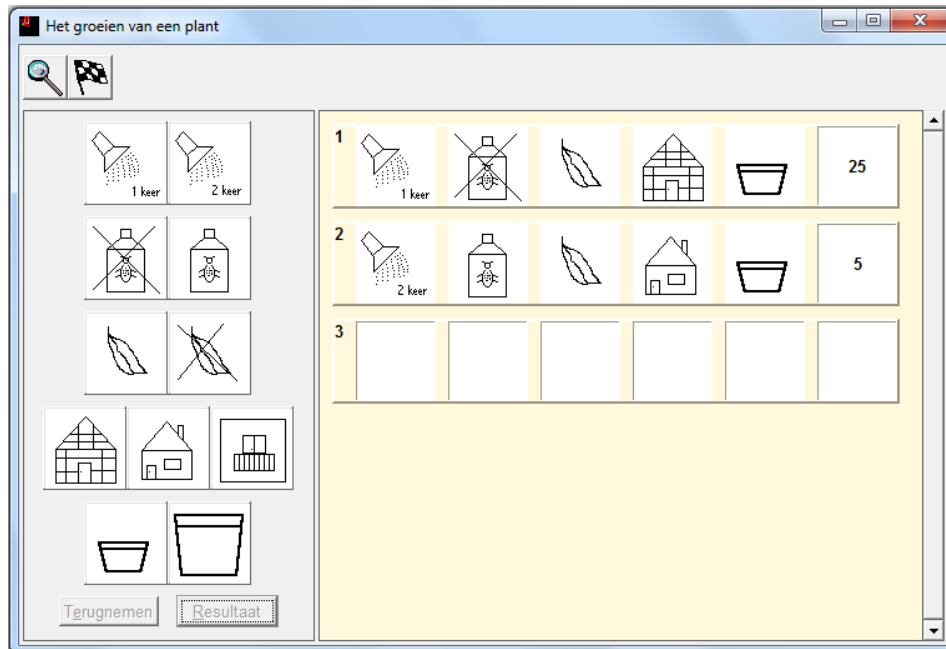
Materiaal

Computertaken

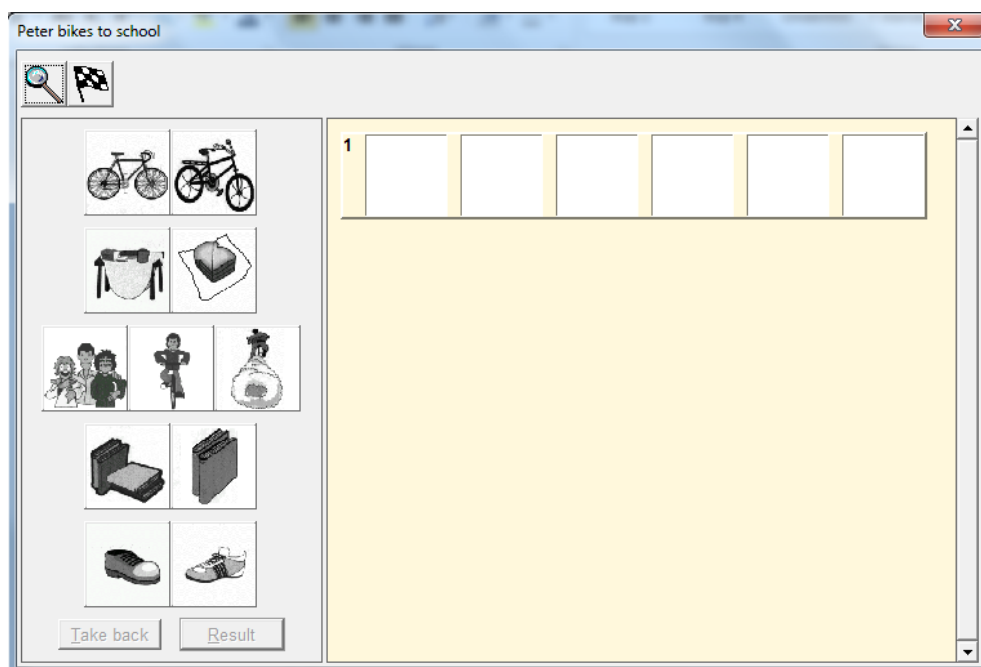
De computertaken zijn FILE taken (Hulshof, Wilhelm, Beishuizen & Van Rijn, 2004). Met het computer programma FILE (Flexible Inquiry Learning Environment) is het mogelijk verschillende leertaken te ontwerpen waarbij het de bedoeling is dat proefpersonen experimenten uitvoeren door telkens de onafhankelijke variabelen te veranderen en te kijken wat voor een invloed dit heeft op één afhankelijke variabele. Voorbeelden van de taken gebruikt in dit onderzoek zijn weergegeven in Figuur 2 en 3. In de Plant taak wordt de groei van een plant onderzocht, de afhankelijke variabele is de lengte van de plant. De lengte van de plant kan de volgende waarden aannemen: 5, 10, 15, 20 en 25 cm. De groei kan worden beïnvloed door vijf onafhankelijke variabelen: 1) één of twee keer per week water geven; 2) wel of geen gebruik maken van insecticide; 3) wel of geen dode bladeren in de bloempot leggen; 4) de locatie van de plant: binnen in huis, op het balkon of in een broeikas en 5) een grote of kleine bloempot. Het wel of geen gebruik maken van insecticide en het wel of niet plaatsen van dode bladeren in de bloempot hebben geen effect (irrelevant). Eén of twee keer per week water geven en de grote van de bloempot hebben een interactie effect. Wanneer de plant in een kleine bloempot zit heeft deze maar één keer per week water nodig. Hij wordt dan ook het grootst. Krijgt de plant twee keer per week water dan verdrinkt de plant. In een grote bloempot is er geen verschil in de groei van de plant bij het één of twee keer per week water geven. De locatie van de plant heeft een hoofdeffect, de plant groeit in een kas en op het balkon beter dan in huis.

In de Peter taak wordt het te laat op school komen onderzocht, de afhankelijke variabele is het aantal minuten te laat op school aankomen. Het aantal minuten kan de volgende waarden aannemen: 0 (op tijd), 5, 10, 15 of 20 minuten. Dit kan worden beïnvloed door vijf onafhankelijke variabelen: 1) thuis ontbijten of op de fiets; 2) gewone of sportschoenen aantrekken; 3) op de gewone fiets of op de racefiets; 4) aantal benodigde boeken voor school mee of meer boeken mee; 5) op zijn eigen rustige tempo fietsen, met een groepje mee fietsen, of zo hard mogelijk alleen fietsen. Het dragen van sportschoenen of gewone schoenen en het aantal benodigde boeken of meer boeken meenemen heeft geen effect (irrelevant). Het thuis ontbijten of op de fiets ontbijten en het fietsen op een normale of een race fiets hebben een interactie effect. Wanneer Peter op zijn racefiets naar school fietst en thuis ontbijt komt hij op tijd, wanneer hij op zijn racefiets naar school fietst en op zijn fiets ontbijt komt hij 15 minuten te laat. Wanneer hij op zijn gewone fiets naar school fietst, maakt

hij niet uit of hij thuis of op de fiets ontbijt, hij komt dan sowieso 10 minuten te laat. Het tempo van het fietsen heeft een hoofdeffect, wanneer Peter samen met Fred en Jos fietst, zal hij sowieso 5 minuten later op school aankomen.



Figuur 2. Weergave van de Plant taak.



Figuur 3. Weergave van de Peter taak.

Pretest en Posttest

Door middel van de pretest (zie Bijlage 1) werd er bekeken welke voorafgaande ideeën de leerlingen al hadden over de mogelijke effecten van de variabelen. Hiermee werd bovendien gecontroleerd of de leerlingen vooraf al interacties veronderstelden. De voortest bestaat uit twee delen. Er zijn zes vragen over de Plant taak en zes vragen over de Peter taak. Bij beide taken gaan de eerste vijf vragen over de invloed van één variabele op de onafhankelijke variabele, de zesde vraag gaat over wat ze nog meer veronderstellen. Een voorbeeld van een vraag uit de Plant taak is: “Je kunt kiezen tussen één keer water geven of twee keer water geven. Welke invloed denk je dat deze twee vormen van watergeven op de groei van de plant hebben?” Een voorbeeld van de Peter taak is: “Je kunt kiezen tussen op de racefiets naar school of op de gewone fiets naar school. Welke invloed denk je dat deze twee typen fietsen op de aankomsttijd op school hebben?” Een voorbeeld van de zesde vraag is: “Denk je dat er nog andere manieren zijn waarop deze factoren invloed zouden kunnen hebben op de groei van de plant?” Na elke taak vulden de leerlingen de posttests in, deze waren gelijk aan de pretests (zie Bijlage 2).

Analogie

De gebruikte analogie in de vorm van een verhaal heeft dezelfde onderliggende variabelenstructuur als de computertaken (zie Tabel 2). De analogie gaat over een jongen Lars die zich afvraagt hoe het komt dat sommige kinderen zich fitter voelen dan anderen (zie Bijlage 3). Hij gaat zelf experimenteren om te onderzoeken wanneer zijn klasgenoten zich fit voelen en wanneer niet. De onafhankelijke variabelen zijn: 1) één keer een tussendoortje eten (snoepen) of meer dan één keer een tussendoortje eten per dag; 2) binnen of buiten spelen; 3) slaap: zes, acht of tien uur slaap per nacht; 4) wel of geen inenting; 5) wel of geen vitamine pillen slikken. De afhankelijke variabele is hoe fit de kinderen zijn. Eén keer of vaker snoepen per dag en binnen of buiten spelen hebben een interactie effect. Wanneer het kind binnen speelt kan het één tussendoortje nemen per dag. Eet het kind meer tussendoortjes of snoept het vaker dan één keer per dag terwijl het binnenspeelt zal het kind minder fit worden. Als het kind buiten speelt maakt het niet uit of het kind één of meer keer een tussendoortje neemt omdat het kind veel in beweging is. Het aantal uren slaap van het kind heeft een hoofdeffect, het kind zal zich beter voelen wanneer het acht of tien uur slaapt per nacht. De variabelen inenting en vitamine pillen hebben geen effect. De overeenkomst in variabelenstructuur tussen de analogie en de computertaken is dat er twee onafhankelijke variabelen zijn die op dezelfde manier interacteren, één onafhankelijke variabele is met een hoofdeffect en twee

onafhankelijke variabelen zijn die geen effect hebben.

Er is voor gekozen om in de analogie te spreken over fitheid van kinderen en niet bijvoorbeeld de lichaamsgroei van kinderen omdat dat te veel op plantengroei lijkt. Nu lijkt de analogie wel op de Plant taak maar is hij niet helemaal hetzelfde. Er is gekozen om bij deze analogie de extraneous cognitieve load zo laag mogelijk te houden. Dit door bijvoorbeeld geen plaatjes of tekstjes toe te voegen die leuk zijn om te lezen of te bekijken, maar die verder geen functie hebben. Er is dan minder cognitieve capaciteit voor de leerling om de informatie te verwerken (Mayer & Moreno, 2003).

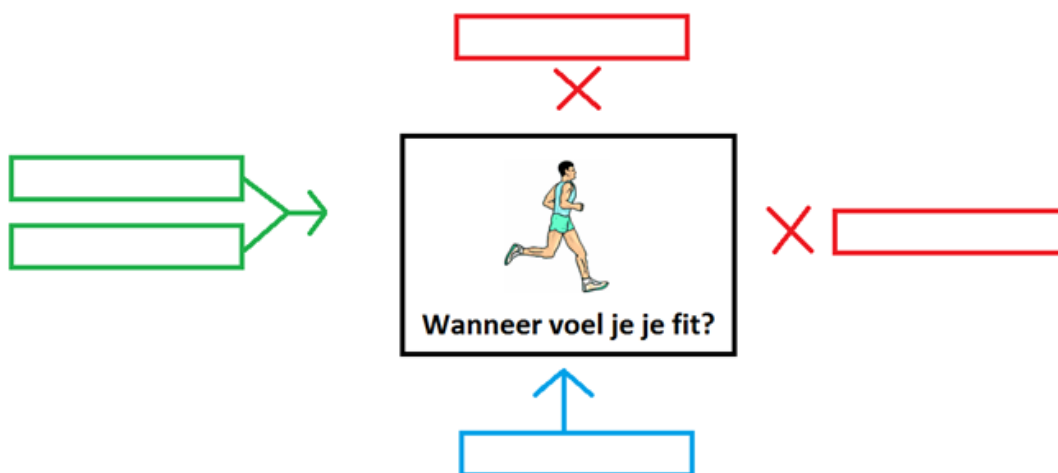
Tabel 2
Overeenkomsten Tussen de Analogie en de Computer Taken

Plant taak	Peter taak	Fitheid kinderen	Effect	Uitleg Plant taak	Uitleg Peter taak	Uitleg Fitheid kinderen
Één keer of twee keer water geven	Thuis ontbijten of op de fiets ontbijten	Één keer of vaker een tussendoortje per dag	Interactie effect	Wanneer de plant in een kleine bloempot zit heeft deze maar één keer per week water nodig. Geef je de plant twee keer per week water dan verdrinkt de plant.	Wanneer Peter op zijn racefiets naar school fietst en thuis ontbijt komt hij op tijd, wanneer hij op zijn racefiets naar school fietst en op zijn fiets ontbijt komt hij vijftien minuten te laat.	Wanneer Lars één tussendoortje eet en binnen speelt voelt hij zich fit, wanneer hij twee tussendoortjes neemt en binnen speelt voelt hij zich minder fit.
Wel of geen insecticide	Sport schoenen of gewone schoenen	Wel of geen inenting	Geen effect	Het maakt niet uit of je wel of geen insecticide gebruikt.	Het maakt niet uit of Peter sportschoenen of gewone schoenen aantrekt.	Het maakt niet uit of je wel of geen inenting hebt gehad.
Wel of geen dode bladeren	Benodigde boeken of meer boeken mee	Wel of geen vitaminen	Geen effect	Het maakt niet uit of je wel of geen dode bladeren in de bloempot legt.	Het maakt niet uit of je meer bagage in je tas hebt.	Het maakt niet uit of je wel of geen vitaminepillen slikt.
Binnen, balkon of broeikas	Eigen tempo fietsen, met Fred en Jos fietsen of alleen zo hard mogelijk fietsen	6 uur, 8 uur of 10 uur slaap	Hoofd effect	Wanneer de plant in een kas of op het balkon is groeit hij beter dan in huis.	Wanneer Peter op zijn eigen tempo of zo hard mogelijk fiets is hij eerder op school dan wanneer hij met Fred en Jos meefietst.	Wanneer Lars 6 uur slaapt is het niet fit, wanneer hij 8 of 10 uur slaapt is hij wel fit.
Grote of kleine bloempot	Normale fiets of race fiets	Binnen spelen of buiten spelen	Interactie effect	In een grote bloempot is er geen verschil in de groei van de plant bij het één of twee keer per week water geven.	Wanneer hij op zijn gewone fiets naar school fietst, maakt het niet uit of hij thuis of op de fiets ontbijt, hij komt dan sowieso tien minuten te laat.	Wanneer Lars buiten speelt maakt het niet uit of hij één of twee tussendoortjes eet, hij voelt zich dan fit.

Structure map

In de analogie is de onderliggende structuur van de computertaken al weergegeven in tekstvorm. De structure map geeft deze structuur in de vorm van plaatjes weer, zie Figuur 4 voor de structure map bij de gebruikte analogie. De leerlingen moeten zelf de informatie uit de twee computertaken mentaal selecteren en deze relateren aan de structuur in de structure map (Mayer, 2007), zie Bijlage 4.

Volgens Gentner en Markman (1997) heeft men een representatief schema nodig dat niet alleen de objecten weergeeft maar ook de relaties en tussen de objecten aangeeft, inclusief hogere orde relaties zoals causale relaties. Dit is ook wat in de structure maps terug te zien is. De rode kruizen geven aan dat er geen effect is (irrelevant effect), de blauwe pijl geeft aan dat één variabele alleen effect heeft (hoofdeffect) en de groene pijlen geven aan dat twee variabelen samen een effect hebben (interactie effect).



Figuur 4. Weergave van de structure map "Fitheid kinderen".

Procedure

Het eerste deel van het onderzoek was de pretest. Voorafgaand aan de pretest werd uitgelegd wat de bedoeling was. De onderzoeker gaf aan dat de leerlingen eerst een korte inleiding moesten lezen over de twee computertaken en dat daaronder vragen stonden die ze zo goed mogelijk moesten beantwoorden (zie Bijlage 1). Ook werd er aangegeven dat het erg belangrijk was dat de leerlingen de vragenlijst individueel invulden. Tijdens het maken van de pretest hield de onderzoeker in de gaten of de leerlingen de test wel individueel maakten. Wanneer de leerlingen vragen hadden kwam de onderzoeker langs om te helpen. Voor het maken van de pretest stond een half uur. Het tweede deel van het onderzoek, precies één week

na de pretest was het maken van de computertaken in verschillende condities zoals hieronder beschreven wordt.

Instructie controle conditie

In deze conditie kregen de leerlingen geen analogie. De leerlingen mochten plaatsnemen achter een computer en de opdracht werd uitgelegd door de onderzoeker. De onderzoeker gaf aan dat het de bedoeling was dat de leerlingen aan de hand van het uitvoeren van experimenten met het computerprogramma vragen over de variabelen moesten beantwoorden. Bij de eerste computertaak kregen de leerlingen een pakketje met de volgende informatie: instructie over de computertaken, betekenis van de plaatjes in de computertaken en het antwoordformulier van de eerste computertaak. Allereerst lazen de leerlingen allemaal de papieren instructie over de taak (zie Bijlage 5) en bekeken daarbij een pagina met de betekenis van de plaatjes in de taak (zie Bijlage 6). In de instructie kwam naar voren hoe er gewerkt moest worden met het computerprogramma. De instructie liet de leerlingen één experiment uitvoeren zodat ze leerden hoe het programma werkt. Daarna werd er aangegeven dat de leerlingen in ieder geval 15 experimenten moesten uitvoeren om zo de vragen op het antwoordformulier goed in te kunnen vullen. Na het lezen van de instructie begonnen de leerlingen met de computertaak. Hierbij gebruikten ze het antwoordformulier (zie Bijlage 2). Wanneer een leerling klaar was met de eerste computertaak sloot de onderzoeker het computerprogramma af, opende het tweede computerprogramma en gaf de leerling het antwoordformulier voor bij de tweede computertaak.

Instructie analogie conditie

Het was belangrijk voor de analogie conditie dat het analogie verhaal vlak voor de computertaken werd gelezen, zodat de leerlingen in de analogie conditie de analogie vers in het geheugen hadden tijdens het maken van de computertaken. Allereerst werd op dezelfde manier als bij de controle conditie de computertaken uitgelegd. Daarna werd het analogie verhaal uitgedeeld aan de leerlingen (zie Bijlage 3). Direct na het lezen werd de hint gegeven: “*Dit verhaal helpt je bij het vinden van de juiste antwoorden in deze opdrachten*”. Ook werd er aangegeven dat de leerlingen de analogie bij de computertaak mochten houden. Dit omdat Jee et al. (2010) aangeven dat wanneer de bron nog zichtbaar is voor de leerling de cognitieve belasting verminderd. De leerlingen lazen de analogie op hun eigen tempo en mochten na de hint “*Dit verhaal helpt je bij het vinden van de juiste antwoorden in deze opdrachten*” beginnen met de eerste computertaak. Wanneer een leerling klaar was met de eerste

computertaak sloot de onderzoeker het computerprogramma af, opende het tweede computerprogramma en gaf de leerling het antwoordformulier voor bij de tweede computertaak. Daarna gaf de onderzoeker wederom de hint: *“Dit verhaal helpt je bij het vinden van de juiste antwoorden in deze opdrachten”*.

Instructie analogie + structure map conditie

In deze conditie kregen de leerlingen ondersteuning bij het invullen van een structure map na het lezen van de analogie. Net als bij de analogie conditie was het van belang dat het analogie verhaal vlak voor de computertaken werd gelezen en mochten de leerlingen de analogie tijdens de computer taken bij zich houden. Allereerst kregen de leerlingen dezelfde instructie bij de computertaken als de controle en de analogie conditie. Daarna werd het analogie verhaal uitgedeeld aan de leerlingen. De leerlingen lazen in hun eigen tempo de analogie. Daarna werd de structure map “fitheid kinderen” uitgedeeld en klassikaal ingevuld met de factoren die in het verhaal een rol spelen (zie Bijlage 4). Het klassikaal invullen van de structure map ging bij alle leerlingen uit de analogie + structure map op dezelfde manier. Hoe het invullen precies is gedaan is te lezen in het protocol (zie Bijlage 7). De onderzoeker gaf aan dat de leerlingen per computertaak tijdens het experimenteren ook een structure map in moesten vullen als hulpmiddel voor het beantwoorden van de vragen. Daarna deelde de onderzoeker het antwoordformulier en de structure map van de eerste computertaak uit. Wanneer alles voor de eerste taak uitgedeeld was gaf de onderzoeker de hint: *“Dit verhaal helpt je bij het vinden van de juiste antwoorden in deze opdrachten”*. Wanneer een leerling klaar was met de eerste computertaak sloot de onderzoeker het computerprogramma af, opende het tweede computerprogramma en gaf de leerlingen het antwoordformulier en de structure map voor de tweede taak en gaf wederom de hint: *“Dit verhaal helpt je bij het vinden van de juiste antwoorden in deze opdrachten”*.

Scoring en Data analyse

Voor het bepalen van de scores op de pretest en de posttest staan in Tabel 3 regels. In totaal 9 stellingen geven alle effecten weer die in beide taken verwerkt zaten. In Tabel 3 zijn de correcte stellingen weergegeven in een abstracte vorm. De letters A-E refereren naar de vijf onafhankelijke variabelen in elke taak en de nummers 1, 2 en 3 refereren aan de “waarden”, (bijvoorbeeld race- of gewone fiets) van de onafhankelijke variabelen. Variabele A en B interacteren, variabele C heeft een hoofdeffect en variabele D en E zijn irrelevant. $C1 < C2$ betekent dat niveau 2 van variabele C een betere uitkomst geeft dan niveau 1 van variabele C

wanneer alle andere variabelen constant gehouden worden. Er werden twee punten gegeven voor elke respons die correspondeerde met een stelling over een effect en nul punten wanneer een respons dat niet deed of niet gegeven was. Wanneer een stelling zonder de beperkende conditie genoemd werd (als $B=1$) dan werd er één punt gegeven voor het beschrijven van de interacterende variabelen (variabele A en B). Een voorbeeld van een stelling zonder de beperkte variabele is: “De Plant wordt groter in een grote pot” ($B1 < B2$). Een voorbeeld van een stelling met genoemde beperkende variabele is: “De Plant wordt groter in een grote pot dan in een kleine pot wanneer je twee keer water geeft” ($B1 < B2$ (wanneer $A = 1$)). In totaal kunnen er per taak 18 punten worden behaald. Om de betrouwbaarheid van het scoringsprotocol te testen, zijn de pre- en post-testscores ook beoordeeld door een tweede beoordelaar. Er werd een inter-beoordelaars analyse uitgevoerd per effect in de taak aan de hand van Cohen’s Kappa. Vraag 1 tot en met 4 gaan over het interactie effect, vraag 5 tot en met 7 gaan over het hoofd effect en vraag 8 en 9 gaan over de irrelevante effecten. Resultaten worden weergegeven in Tabel 4.

Tabel 3

Punten Score voor Antwoorden op de Pre-test en de Na-test

	Goed	Zonder beperkende conditie	Fout
A1 = A2 (wanneer B = 1)	2	1	0
A1 > A2 (wanneer B = 2)	2	1	0
B1 > B2 (wanneer A = 2)	2	1	0
B1 < B2 (wanneer A = 1)	2	1	0
C1 < C2	2		0
C1 < C3	2		0
C2 = C3	2		0
D1 = D1	2		0
E1 = E1	2		0

Noot: De letters A-E refereren aan de onafhankelijke variabelen. De nummers 1,2 en 3 refereren aan de niveaus van de onafhankelijke variabelen. De variabelen A en B interacteren, de variabele C heeft een hoofdeffect, de variabelen D en E zijn irrelevant. A1 > A2 (wanneer B = 2) betekent dat niveau 1 van variabele A een betere uitkomst geeft dan niveau 2 van variabele A wanneer variabele B gekozen is. Leerlingen ontvangen 1 punt wanneer ze het “wanneer...” stelling niet toevoegen. De maximale score: 18.

Tabel 4

Cohen's Kappa Pre- en Post-test

	Voortest Cohen's k	Na-test Cohen's k
Vraag 1 t/m 4	.849	.701
Vraag 5 t/m 7	.754	.826
Vraag 8 en 9	.857	.936
Totaal	.611	.678

Er zijn twee datasets geanalyseerd. Omdat de data veelal niet normaal verdeeld was zijn er vooral non-parametrische toetsen uitgevoerd. Om de leerwinst (post-test score – pretest score) te analyseren zijn er Wilcoxon Signed Rank tests uitgevoerd. Daarna zijn er nog aanvullende analyses uitgevoerd, dit is gedaan door gebruik te maken van Kruskal-Wallis tests en Mann Whitney U tests.

Ook de score op het vinden van interacties is onderzocht. Dit is gedaan door gebruik te maken van Kruskal-Wallis tests en bij de aanvullende analyses Mann Whitney U tests.

Resultaten

Bij 30 proefpersonen zat er tijdens het afnemen van de computertaken door een programmeringsfout een tijd stop in de Peter taak. De leerlingen konden daardoor vanaf de stop niet meer experimenteren in dezelfde computertaak. De taak moest opnieuw geopend worden zodat de leerlingen die de taak nog niet af hadden alsnog verder konden testen. Er waren vier leerlingen die de taak nog niet af hadden voor de tijd stop. Als er gekeken wordt naar het gemiddelde en de standaarddeviatie van de totaalscore op de pre- en posttest en de leerwinst van de Peter en Plant taak vallen deze leerlingen binnen de range van de scores van de totale groep. Om deze reden is ervoor gekozen de leerlingen erin te laten.

Aan dit onderzoek hebben vijf verschillende scholen meegedaan. Leerlingen uit de verschillende scholen waren verdeeld over de drie condities, maar om toch te controleren of er een effect was van de school op het behalen van leerwinst op zowel de Plant als de Peter taak is er gekeken of er een ANOVA mocht worden uitgevoerd. Door het doen van een Levene's test om te controleren of de variantie van leerwinst tussen de vijf scholen gelijk was bij de Plant taak werd er ook eerst gekeken of de ANOVA gebruikt mocht worden bij deze gegevens. Uit de Levene's test kwam naar voren dat deze significant is en daardoor mag een ANOVA niet worden uitgevoerd. Hierdoor werd de non- parametrische versie van een ANOVA, de Kruskal-Wallis, uitgevoerd. Uit de Kruskal-Wallis komt naar voren dat deze niet

significant is $\chi^2(4, N = 127) = 0.88, p = .93$. Er is geen verschil tussen de leerwinstscore tussen de scholen op de Plant taak.

Door het doen van een Levene's test om te controleren of de variantie tussen de vijf scholen gelijk was bij de Peter taak werd er gekeken of de ANOVA gebruikt mocht worden bij deze gegevens. Uit de Levene's test kwam naar voren dat deze niet significant is. Dit betekent dat de variantie tussen de vijf scholen gelijk is, er is voldaan aan de voorwaarde van gelijke variantie, en daardoor mag er een ANOVA worden uitgevoerd. Uit de ANOVA komt naar voren dat deze significant is ($F(4, 120) = 4.61, p < .05$). Er is een verschil in leerwinst tussen scholen.

Om te kijken waar het verschil nu zat bij de leerwinst op de Peter taak moesten we een *post hoc* procedure uitvoeren. Uit de Bonferroni test blijkt dat school 1 ($M = 7.17, SD = 1.64$) significant hoger scoort dan school 3 ($M = 4.00, SD = 2.39$) $p = .003$ en school 4 ($M = 4.25, SD = 2.54$) $p = .025$ op de Peter taak. Ook scoort school 1 ($M = 7.17, SD = 1.64$) beter dan school 2 ($M = 4.86, SD = 2.59$) $p = .050$ op de Peter taak, het verschil zat op de significantiegrens.

Verder blijkt uit de resultaten dat er leerwinst is geboekt op zowel de Plant taak als op de Peter taak. Tabel 5 geeft een samenvatting van de statistieken van de resultaten per conditie. Door het uitvoeren van een Kolmogorov-Smirnov toets werd gecontroleerd of de scores van de pre-tests en posttests bij benadering normaal verdeeld waren. Uit de toets blijkt dat de scores op de pre-test Peter $D(124) = .00, p < .05$, pre-test Plant $D(124) = .00, p < .05$, test Peter $D(124) = .00, p < .05$, en test Plant $D(124) = .00, p < .05$ significant zijn. Dit betekent dat de data bij benadering niet normaal verdeel is. Daarom werd er een Wilcoxon Signed Ranks test uitgevoerd. Uit de Wilcoxon Signed Ranks test blijkt dat er leerwinst geboekt is op zowel de Peter taak ($z = -9.447, p < .05$), als de Plant taak ($z = -312, p < .05$).

Door middel van een Kruskal-Wallis toets is gekeken of er een verschil was tussen de drie condities. Er is geen significant verschil gevonden tussen de condities bij de leerwinst op de Peter taak $\chi^2(2, N = 125) = 1.87, p = .393$. Er is wel een significant verschil gevonden tussen de condities bij de leerwinst op de Plant taak $\chi^2(2, N = 127) = 6.42, p = .040$.

Om te kijken waar precies de verschillen zaten tussen de condities bij de Plant taak zijn losse Man Whitney U toetsen uitgevoerd. Uit de Mann Whitney U toets waarin de controle conditie ($M = 5.07, SD = 4.02$) met de Analogie conditie ($M = 6.68, SD = 4.11$) vergeleken werd is een significant verschil gevonden $p = .030$. Ook uit de Mann Whitney U toets waarin de controle conditie ($M = 5.07, SD = 4.02$) met de Analogie + structure map conditie ($M = 6.93, SD = 3.63$) vergeleken werd is een significant verschil gevonden $p = .027$.

Er is geen significant verschil gevonden tussen de Analogie conditie ($M = 6.68$, $SD = 4.11$) en de Analogie + structure map conditie ($M = 6.93$, $SD = 3.63$) $p = .808$.

Tabel 5

Gemiddelden en Standaardafwijkingen van de Scores op de Pre- en Post-tests en Leerwinst op de Computertaken

	C	A	A+
<i>Peter taak</i>			
Pre-test scores	3.98 (1.90)	4.18 (1.98)	4.59 (1.77)
Test scores	8.97 (2.93)	9.48 (2.22)	9.98 (2.08)
Leerwinst	4.49 (3.05)	5.25 (2.38)	5.26 (2.38)
<i>Plant taak</i>			
Pre-test scores	3.76 (1.78)	3.18 (1.81)	3.50 (2.05)
Test scores	9.07 (3.12)	9.86 (3.33)	10.16 (2.94)
Leerwinst	5.07 (4.02)	6.68 (4.11)	6.93 (3.63)

Noot: C = Controle conditie (geen ondersteuning) A = experimentele conditie 1 (Analogie) ; A+ = experimentele conditie 2 (Analogie + structure map)

Daarna is er een ANOVA uitgevoerd om te controleren of de leerwinst afhankelijk is van taakvolgorde. Uit de ANOVA blijkt dat er geen significant verschil is tussen de leerwinst wanneer eerst de Peter taak, $F(1, 124) = .47$, $p = .496$, of wanneer eerst de Plant taak, $F(1, 126) = .69$, $p = .409$, afgenomen werd. Ook blijkt er geen verschil tussen de totaal score op de Peter taak, $F(1, 126) = .41$, $p = .526$, en de Plant taak, $F(1, 126) = .64$, $p = .427$. De Kruskal-Wallis toets leverde dezelfde resultaten op.

In de data is gezien dat er ook leerlingen zijn die gedeeltelijk interacties ontdekken of verkeerde interacties veronderstellen. Daarom is er besloten een indeling te maken in verschillende categorieën. Een leerling scoorde een “1” wanneer een interactie duidelijk ontdekt werd, een leerling scoorde een “2” wanneer er een vermoeden was van een interactie met de correcte (interacterende) variabelen, een leerling scoorde een “3” wanneer er een vermoeden was van een interactie maar met de verkeerde variabelen, en tot slot scoorde een leerling een “4” wanneer er helemaal geen interactie werd vermoed. In Tabel 6 en 9 staan de citaten van alle leerlingen, die duidelijk een interactie hebben ontdekt in de Plant taak en de Peter taak. In Tabel 7 en 10 staan de citaten van alle leerlingen die een interactie hebben vermoed in de Plant en de Peter taak. In Tabel 8 en 11 staan de citaten van alle leerlingen die

wel een interactie vermoedde maar met de verkeerde variabelen in de Plant taak en de Peter taak. Deze resultaten zijn ook weergegeven in Figuur 5.

Tabel 6

Citaten van Leerlingen die een Interactie Hebben Ontdekt in de Plant Taak

Proefpersoon nr.	Conditie	Citaat
105	Analogie + structure map	‘Als je een kleine pot hebt, en je geeft 2x water, stroomt het potje over en gaat het plantje dood, andersom geldt dat ook. Daarom is het belangrijk als je een grote pot hebt iets meer water te geven dan met een klein potje. ‘
76	Analogie + structure map	‘Dat 1 keer watergeven en een kleine pot samen invloed hebben op de plant.’
75	Analogie + structure map	‘1 keer watergeven en een kleine pot helpt bij de groei van het plantje.’
58	Analogie + structure map	‘Als je één keer water geeft in een kleine bloempot hoef je er minder in te doen dus niet twee keer dus dat heeft invloed. Water heeft invloed op de grootte van de bloempot.’
47	Analogie + structure map	‘Water en de bloempot hebben met elkaar te maken als je twee keer water geeft in de kleine bloempot wordt de plant kleiner. En bij de grote pot maakt het niet uit.’
4	Analogie + structure map	‘Dat water 1 keer en kleine pot het beste groei’.
80	Analogie	‘Als je 2 keer water geeft met de kleine pot zou die plant verdrinken en word hij kleiner en als je de grote pot neemt dat hij dan niet verdrinkt.
74	Analogie	‘Er lijkt een verband te zijn tussen de pot en water geven. Als je in een grote pot meer water geeft en in de kleine minder heeft het hetzelfde effect.’
1	Analogie	‘Geef een kleine plantenbak nooit twee keer water in de week.’
109	Controle	‘Bij de kleine pot is 1x water geven beter en bij de grote pot maakt het niet uit.’
110	Controle	‘Bij een keer in een grote of kleine pot is het 10 cm verschil voor de kleine pot’.

Tabel 7

Citaten van Leerlingen die Wel Iets van een Interactie Hebben Vermoed in de Plant Taak

Proefpersoon nr.	Conditie	Citaat
85	Analogie + structure map	‘De pot en de hoeveelheid water.’
32	Analogie + structure map	‘Het water met de bloempot.’
28	Analogie + structure map	‘Grotere pot meer water, kleine pot minder water.’
25	Analogie + structure map	‘In een grote bloempot kan je meer water geven.’
98	Analogie	‘Soms wordt de plant huist groter als je een kleine pot hebt, en soms wordt de plant groter als je hem in een grote pot zet.’
33	Analogie	‘Één keer in een grote pot is meer, twee keer in een kleine pot is hetzelfde’

Tabel 8

Citaten van Leerlingen die een Verkeerde Interactie Hebben Vermoed in de Plant Taak

Proefpersoon nr.	Conditie	Citaat
97	Analogie + structure map	‘De plaats en de bloempot hebben samen effect want op sommige plaatsen is een grote bloempot beter en op sommige een kleine.’
95	Analogie + structure map	‘Locatie maakt uit en hoort bij bloempot. Bloempot maakt uit en hoort bij locatie.’
50	Analogie + structure map	‘Er is een verband tussen locatie en de bloempot zelf.’
10	Analogie + structure map	‘Als je water met de locatie veranderd, veranderd het effect toch wel.’
36	Analogie	‘Water geven: Het ligt eraan waar je het plantje neerzet en hoe groot de pot is.’

Tabel 9

Citaten van Leerlingen die een Interactie Hebben Ontdekt in de Peter Taak

Proefpersoon nr.	Conditie	Citaat
10	Analogie + structure map	‘Je bent met de normale fiets en thuis eten ontbijten even snel als met de normale fiets en op de fiets ontbijten.’
98	Analogie	‘Als hij op de race fiets eet komt hij 5 minuten later dan als hij thuis ontbijt en met de gewone fiets maakt dat niet uit.’
54	Controle	‘Op de race fiets 15 minuten langzamer als je op de fiets ontbijt. Op de andere fiets is het even snel.’

Tabel 10

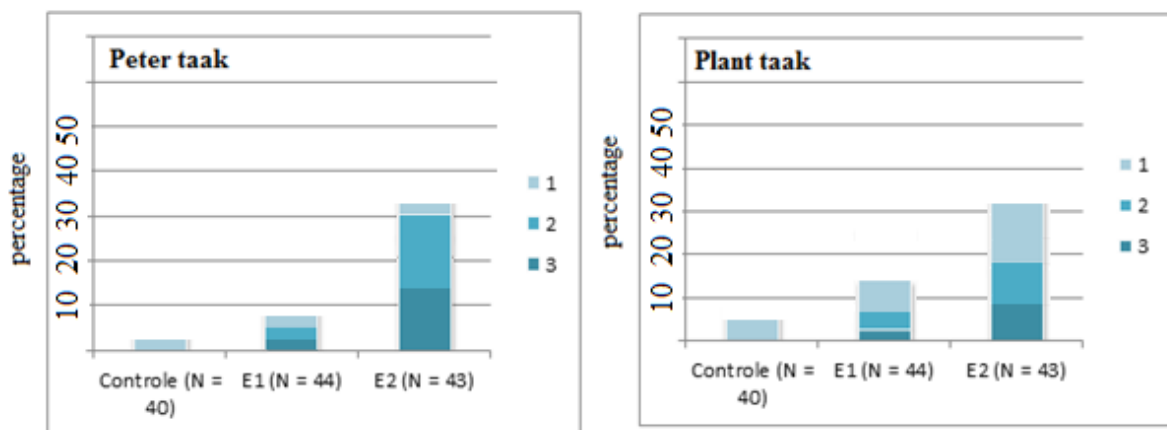
Citaten van Leerlingen die Wel Iets van een Interactie Hebben Vermoed in de Peter Taak

Proefpersoon nr.	Conditie	Citaat
131	Analogie + structure map	‘Op een andere fiets en thuis ontbijten of op de fiets geeft resultaat.’
108	Analogie + structure map	‘Fiets en ontbijt heeft invloed op elkaar. Racefiets en thuis ontbijten is beter dan normale fiets en op de fiets ontbijten.’
97	Analogie + structure map	‘Met de fiets en het ontbijt maakt samen wel iets uit.’
95	Analogie + structure map	‘Fiets maakt uit en hoort bij ontbijt. Ontbijt maakt uit en hoort bij fiets.’
81	Analogie + structure map	‘De verschillen van brood en fietsen kunnen je 5 minuten besparen.’
76	Analogie + structure map	‘De racefiets en het thuis eten samen hebben invloed op de tijd.’
4	Analogie + structure map	‘Dat thuis eten en op de fiets eten samen het verschil maken’.
74	Analogie	‘Er is een verband tussen ontbijten en de fiets.’

Tabel 11

Citaten van Leerlingen die een Verkeerde Interactie Hebben Vermoed in de Peter Taak

Proefpersoon nr.	Conditie	Citaat
67	Analogie + structure map	‘Thuis eten en alleen zo snel mogelijk of alleen zo rustig fietsen heeft samen wel invloed op de tijd.’
58	Analogie + structure map	‘Het tempo en ontbijt hebben invloed op elkaar’.
57	Analogie + structure map	‘Tempo en ontbijt maakt samen uit’
50	Analogie + structure map	‘Er is een verband tussen thuis ontbijten en met Fred en Jos naar school gaan.’
47	Analogie + structure map	‘Ontbijt en tempo hebben een verband met elkaar!’
32	Analogie + structure map	‘Het tempo dat je fiets en het ontbijt hebben invloed op elkaar.’
80	Analogie	‘ Dat het best wel rare resultaten heeft soms als je de racefiets pakt en rustig fietst kom je op tijd maar als je de gewone fiets neemt en snel gaat fietsen kom je te laat.’



Noot: Interactie effect 1 = Goede interactie; Interactie effect 2 = Vermoeden interactie; Interactie effect 3 = Vermoeden interactie met verkeerde variabelen.

Figuur 5. Het percentage gevonden interactie effecten per conditie.

Om te onderzoeken of er een verschil is tussen de twee experimentele condities en de controle conditie in het ontdekken van interacties werd een Kruskal-Wallis toets uitgevoerd. Er is gebruik gemaakt van de score op de vier stellingen over interacties (Maximale score = 8). Er is een significant verschil gevonden tussen de condities zowel bij het vinden van de interactie bij de Peter taak $\chi^2(2, N = 127) = 17.29, p = .000$ als bij de Plant taak $\chi^2(2, N = 127) = 10.70, p = .005$.

Om te onderzoeken waar het verschillen precies zaten werden losse Mann Whitney U toetsen uitgevoerd om de groepen onderling Controle, Analogie, Analogie + structure map te kunnen vergelijken. Uit de eerste Mann Whitney U toets waarin de Controle groep ($M = 1.88, SD = 0.72$) met Analogie groep ($M = 1.98, SD = 0.73$) vergeleken werd is geen significant verschil gevonden bij de Peter taak $p = .369$. Ook is er geen significant verschil gevonden tussen de Controle groep ($M = 1.98, SD = 0.73$) en de Analogie groep ($M = 2.14, SD = 1.27$) bij de Plant taak $p = .199$. Uit de tweede uitgevoerde Mann Whitney U toets waarin de Controle groep ($M = 1.88, SD = 0.72$) met de Analogie + structure map groep ($M = 1.86, SD = 0.47$) vergeleken werd is een significant verschil gevonden bij de Peter taak $p = .001$. Ook werd er een significant verschil gevonden tussen de Controle groep ($M = 1.98, SD = 0.73$) en de Analogie + structure map groep ($M = 2.21, SD = 1.28$) bij de Plant taak $p = .002$. En ook bij de derde uitgevoerde Mann Whitney U toets waarin de Analogie groep ($M = 1.98, SD = 0.73$) met de Analogie + structure map groep ($M = 1.86, SD = 0.47$) vergeleken werd is een significant verschil gevonden bij de Peter taak $p = .003$. Ook werd er een significant verschil gevonden tussen de Analogie conditie ($M = 2.14, SD = 1.27$) en de Analogie + structure map conditie ($M = 2.21, SD = 1.28$) bij de Plant taak $p = .045$.

Omdat er een mogelijkheid is dat deze interventie ook invloed zou kunnen hebben op het ontdekken van het hoofd effect en de irrelevante effecten in plaats van alleen op het ontdekken van het interactie effect zijn er aanvullende analyses uitgevoerd.

Om te onderzoeken of er een verschil is tussen de twee experimentele condities en de controle conditie in het ontdekken van het hoofdeffect werd een Kruskal-Wallis toets uitgevoerd. Er is geen significant verschil gevonden tussen de condities zowel bij het vinden van het hoofdeffect bij zowel de Peter taak $\chi^2(2, N = 127) = 1.87, p = .393$, als bij de Plant taak $\chi^2(2, N = 127) = 0.58, p = .749$.

Om te onderzoeken of er een verschil is tussen de twee experimentele condities en de controle conditie in het ontdekken van de irrelevante effecten werd ook een Kruskal-Wallis toets uitgevoerd. Er is geen significant verschil gevonden tussen de condities zowel bij het vinden van de irrelevante effecten bij de Peter taak, $\chi^2(2, N = 127) = 3.46, p = .177$, als bij de

Plant taak $\chi^2(2, N = 127) = 5.68, p = .058$.

Veel scholen in het voortgezet onderwijs hanteren een minimum eis voor de Cito scores bij het toelaten van nieuwe leerlingen. Het schooladvies en de Cito scores zijn sterk bepalend voor het onderwijs type waar een leerling geplaatst zal worden. Cito scores zijn dus een soort indicaties voor het vervolgonderwijs. Om te controleren in hoeverre een Cito score een rol speelt bij het ontdekken van interactie, hoofd en irrelevante effecten zijn Spearman correlaties berekend. Dit is gedaan aan de hand van de Cito scores rekenen en begrijpend lezen, voor de scores zie Tabel 12.

Tabel 12

Effecten van Cito Scores Rekenen en Begrijpend Lezen op de Interactie, Hoofd en Irrelevante Effecten en leerwinst op beide Computertaken

	Cito rekenen (n = 127)		Cito begrijpend lezen (n = 127)	
Interactie effect Plant taak	.02	$p > .05$	.16	$p > .05$
Hoofd effect Plant taak	.23	$p < .05$	.29	$p < .05$
Irrelevante effecten Plant taak	-.03	$p > .05$	.05	$p > .05$
Leerwinst Plant taak	-.11	$p > .05$	-.24	$p < .05$
Interactie effect Peter taak	.06	$p > .05$	.25	$p < .05$
Hoofd effect Peter taak	.13	$p > .05$	.31	$p < .05$
Irrelevante effecten Plant taak	.11	$p > .05$	.04	$p > .05$
Leerwinst Peter taak	-.02	$p > .05$	-.18	$p < .05$

Er is dus een zwakke samenhang tussen de Cito rekenen en het ontdekken van een hoofd effect op de Plant taak. Ook bleek er een zwakke significante correlatie te zijn tussen de score op de Cito begrijpend lezen en het ontdekken van het hoofd effect op de Plant taak. Bij de Peter taak bleek alleen een zwakke significante correlatie te zijn tussen de score op de Cito begrijpend lezen en het ontdekken van het interactie effect en het hoofdeffect.

Er is ook een Spearman correlatie berekend om te controleren in hoeverre een Cito score een rol speelt bij de score op de leerwinst. Ook dit is gedaan aan de hand van de Cito scores rekenen en begrijpend lezen (zie Tabel 12). Er bleek alleen een significante negatieve correlatie te zijn tussen de score op de Cito begrijpend lezen en de leerwinst op de Peter taak en de Plant taak.

Verder waren er kinderen van elk niveau die een interactie ontdekten, vermoedden of verkeerd vermoedden. Tabel 13 geeft een samenvatting van het niveau van de Cito scores rekenen en begrijpend lezen op het niveau van het ontdekken van interacties, hoofd effect en irrelevante effecten per conditie.

Tabel 13

Samenvatting frequentie niveau Cito scores rekenen en begrijpend lezen op score ontdekken interactie, hoofd en irrelevante effecten

Niveau ontdekken interactie	Proefpersoon nr.	Cito score rekenen	Cito score begrijpend lezen	Proefpersoon nr.	Cito score rekenen	Cito score begrijpend lezen
1	<i>Plant taak</i>			<i>Peter taak</i>		
	105	A	C	10	A	A+
	76	B	A	98	A+	A+
	75	B	A	54	B	A+
	58	A+	A			
	47	C	B			
	4	A+	A+			
	80	B	C			
	74	D	A			
	1	A	D			
	109	A+	A+			
	110	C	C			
2	85	B	A+	131	C	B
	32	C	B	108	B	C
	28	B	C	97	A+	A+
	25	B	A+	95	A+	A
	98	A+	A+	81	B	A
	33	C	E	76	B	A
				4	A+	A+
				74	D	A
3	97	A+	A+	67	B	A
	95	A+	A	58	A+	A
	50	B	C	57	A+	A+
	10	A	A	50	B	C
	36	B	B	47	C	B
				32	C	B
				80	B	C

Noot: Niveau ontdekken interactie 1 = Goede interactie; Niveau ontdekken interactie 2 = Vermoeden interactie; Niveau ontdekken interactie 3 = Vermoeden interactie met verkeerde variabelen.

Conclusies en Discussie

In dit onderzoek is onderzocht of analogieën en analogieën met ondersteuning leiden tot het beter ontdekken van interacties en daarmee ook betere leerresultaten bij onderzoekend leren. Dit onderzoek is uitgevoerd met leerlingen uit groep 8 van vijf verschillende basisscholen. Er waren drie verschillende condities. De eerste conditie was de controle conditie (C conditie), deze leerlingen moesten de computertaken zonder ondersteuning maken. De tweede conditie was de Analogie conditie (A conditie), deze kinderen kregen voor de computertaken een analogie te lezen met de hint dat deze zou kunnen helpen bij het beantwoorden van de vragen die ze met behulp van de computertaken moesten maken. De derde conditie was de Analogie + structure map conditie (A+ conditie), deze kinderen kregen naast de analogie met hint ook nog een structure map als ondersteuning voor het maken van de vragen over de computertaken.

De nul hypothese wat betreft het ontdekken van interacties kan op basis van de gevonden interacties verworpen worden. De alternatieve hypothese kan deels bevestigd worden. Wanneer de analogie + structure map conditie vergeleken wordt met de controle conditie op beide taken is er een significant verschil op het ontdekken van interacties. Ook scoort de analogie + structure map conditie significant hoger op het ontdekken van interacties dan de analogie conditie op beide taken. Er is geen significant verschil gevonden tussen het ontdekken van interacties in de analogie conditie en controle conditie, hiervoor lagen de interactie scores te dicht op elkaar. De hypothese dat de analogie + structure map conditie ervoor zorgt dat leerlingen beter interacties kunnen ontdekken tijdens onderzoekend leren dan de analogie conditie werd wel ondersteund door de data.

De resultaten laten zien dat er in alle condities geleerd wordt op de Peter taak en de Plant taak, de tweede nul hypothese dat er geen verschil in leerwinst zou zijn tussen de controle conditie, de analogie conditie en de analogie + structure map conditie kan deels verworpen worden. De hypothese dat de twee experimentele condities hoger zouden scoren op de leerwinst bij de Plant taak wordt bevestigd door de data. De twee experimentele condities scoren significant hoger op leerwinst dan de controle conditie op de Plant taak. De hypothese dat de twee experimentele condities hoger zouden scoren op leerwinst bij de Peter taak wordt echter niet bevestigd door de data. Hiervoor lagen de leerwinst scores te dicht bij elkaar. Ook de hypothese dat de analogie + structure map conditie hoger zou scoren op leerprestatie dan de analogie conditie kan voor beide taken niet worden bevestigd door de data. Ook hiervoor lagen de leerprestatiescores te dicht bij elkaar.

Uit het onderzoek blijkt dus dat de manipulatie met alleen een analogie en hint geen

effect heeft op het ontdekken van interacties. Verder blijkt uit de resultaten dat een analogie + structure map een effectieve manier is om kinderen gevoelig te maken voor interacties en het ertoe leidt dat ze meer interacties gaan ontdekken. Hieruit kan geconcludeerd worden dat wanneer een analogie ondersteund wordt hij wel effect kan hebben op het ontdekken van interacties.

Uit dit onderzoek blijkt dat de Cito scores rekenen en begrijpend lezen nauwelijks een rol hebben gespeeld op het ontdekken van interacties en de leerwinst score.

Er zijn een aantal beperkingen die in dit onderzoek kunnen worden genoemd. Ten eerste is er op de Peter taak geen verschil gevonden tussen de condities op leerwinst. Dit was een onverwachte uitkomst. Een oorzaak zou kunnen zijn dat de Peter taak een minder bekend domein is voor de leerlingen en daardoor moeilijker is. In onderzoek van Lazonder, Wilhelm en Hagemans (2008) komt naar voren dat bij onderzoekend leren domeinkennis van belang is.

Daarbij zijn er aanwijzingen in de data dat er een verschil is tussen scholen op de leerwinstscore op de Peter taak. Dit lijkt dezelfde oorzaak te hebben als het eerste punt, wellicht verschilt de domeinkennis tussen de scholen. Verder blijkt ook uit onderzoek van Lazonder, Hagemans en de Jong (2010) dat het geven van informatie over het te onderzoeken onderwerp effectief is gebleken bij het ondersteunen van onderzoekend leren. Dit geeft aan dat voorkennis een belangrijke rol speelt bij het ontdekkend leren. Het kan dus zijn dat door de verschillende populaties op scholen er verschil zit in voorkennis over dit onderwerp waardoor er een verschil is op de leerwinstscore. Ondanks deze mogelijkheid kan de variabele “school” in dit onderzoek geen effect hebben gehad op de leerwinstscore omdat er is gematcht. Alle scholen zijn eerlijk verdeeld over de condities.

Ten tweede zouden er ook volgorde effecten opgetreden kunnen zijn omdat er twee taken achter elkaar gemaakt zijn. Uit de resultaten blijkt echter dat er geen significante verschillen in leerwinst en de posttest score op zowel de Peter taak als de Plant taak tussen de zes groepen. Het is ook niet zo dat wanneer een leerling bij de ene taak een interactie vindt, deze ook gevonden wordt bij de tweede taak. Blijkbaar weten de leerlingen nog niet precies hoe de structuur van de variabelen in elkaar zit. Er is namelijk niemand die in beide taken een interactie vond.

Ten derde is de vraag of de ondersteuning zich ook heeft gericht op het experimenter gedrag omdat leerlingen eventueel uit de analogie zouden kunnen halen hoe er systematisch geëxperimenteerd kan worden. Uit de resultaten blijkt dat dit waarschijnlijk geen rol heeft gespeeld omdat er geen verschil is gevonden tussen de condities bij het vinden van het hoofdeffect en de irrelevante effecten. Bovendien waren er geen plafondscores of

bodemeffecten in scores op het hoofd effect en de irrelevante effecten. Wanneer de ondersteuning zich ook had gericht op het experimenteelgedrag hadden de scores op het hoofdeffect en de irrelevante effecten in de experimentele groepen ook hoger moeten zijn, en dit is niet het geval.

Het interpreteren en bewijzen van interacties blijkt toch wel lastig te zijn voor kinderen. Dit was te zien aan het feit dat kinderen interacties zagen waar ze niet waren, en soms maar een deel van de interactie beschreven terwijl ze wel de hele interactie konden benoemen. Tijdens het observeren viel ook op dat leerlingen al wel het bewijs voor het vinden van de interactie gevonden hadden maar het dan niet goed opschreven waardoor ze op de posttest niet volledig scoorden op het vinden van een interactie. Dit indiceert dat leerlingen wel over impliciete kennis beschikken, ze hebben de kennis wel, maar niet over expliciete kennis, het komt niet uit de antwoorden op de test. Er blijft dus nog ruimte voor verbetering omdat we zien dat er bij onderzoekend leren iets mis lijkt te gaan bij het interpreteren van het bewijs.

Een bevinding in dit onderzoek is ook dat sommige leerlingen interacties veronderstellen waar ze helemaal niet waren. Er gaat dus nog steeds iets mis bij het opbouwen van het juiste bewijs (door het opstellen van goede experimenten) of het interpreteren van het bewijs. Nu is het de vraag, waar ligt dit aan? Zoals eerder aangegeven blijkt uit onderzoek dat kinderen bij ontdekkend leren moeite hebben met het sturen van hun eigen leerprocessen en ze het moeilijk vinden informatie uit een simulatie af te leiden (de Jong & van Joolingen, 1998; Mayer, 2004). Bij onderzoekend leren staan hypothesen genereren, experimenteren en bewijs evalueren centraal (Lazonder, in press, Klahr & Dunbar, 1988). Leerlingen van allerlei leeftijden hebben moeite met deze processen (de Jong & van Joolingen, 1998, Njoo & de Jong, 1993). In dit onderzoek is gekozen om op één van drie processen te richten namelijk op het vergroten van de hypothese ruimte door middel van analogieën en het ondersteunen van analogieën. Het ondersteunen van analogieën door middel van een structure map is een effectieve manier om kinderen interacties te laten ontdekken en te zorgen voor hogere leerwinsten. Maar het is niet zo dat als je leerlingen een analogie aanbied ze dan ook de juiste experimenten doen en de deze ook nog goed interpreteren. Analogieën stimuleren het vinden van interacties in onderzoekend leren wel maar toch gaat er nog iets mis. Dit zou kunnen liggen aan de manier waarop er gemeten is. Misschien begrijpen leerlingen de interactie wel maar weten ze niet hoe ze het op moeten schrijven. Het kan dus zijn dat deze manier van bevragen (meten) ervoor heeft gezorgd dat kinderen minder goed gescoord hebben op het vinden van interacties dan dat ze eigenlijk gescoord zouden hebben als we konden zien wat ze

dachten/deden in tijdens het experimenteren.

Een aanbeveling zou dan kunnen zijn de vraagstelling zo te formuleren dat leerlingen gestimuleerd worden de interactie helemaal op te schrijven. Ook zou er gekozen kunnen worden om de experimenten van de leerlingen te onderzoeken. Je zou door middel van het bekijken van de experimenten kunnen onderzoeken of er een discrepantie is tussen de set van experimenten die ze uitvoeren en de antwoorden die ze geven op de posttest. Op deze manier kun je kijken of ze op basis van de experimenten die ze gedaan hebben eigenlijk kunnen concluderen dat er een volledige interactie is, en of ze dit ook af hebben geleid.

Een andere aanbeveling zou kunnen zijn het richten op de processen waar het met het aanbieden van analogieën met ondersteuning nog mis loopt. Je zou dus naast het aanbieden van analogieën met structure map leerlingen kunnen ondersteunen bij het opstellen van goede experimenten of het interpreteren van het bewijs. Dit zou je kunnen doen door een controle groep te vergelijken met een analogie + structure map conditie en analogie + structure groep + ondersteuning conditie. Hierbij kun je denken aan methoden, tools of hulpmiddelen die helpen bij het opstellen van goede experimenten en/of het interpreteren van het bewijs.

Tot slot zou er ook gekeken worden of de analogie geen grote rol speelt maar of de structuur van de structure map zorgt voor het beter scoren op het vinden van interacties. Uit dit onderzoek blijkt namelijk dat de analogie conditie niet significant hoger scoort dan de controle conditie op het ontdekken van interacties. De analogie + structure map scoort wel significant hoger op het vinden van interacties. Om nu zeker te weten dat de score op interacties aan de analogie + structure map ligt en niet alleen aan het gebruik van de structure map zou er een onderzoek uit kunnen worden gevoerd waarbij een controle conditie vergeleken wordt met een analogie conditie, analogie + structure map conditie en een structure map conditie.

Referenties

- Dagher, R. Z. (1995). Analysis of Analogies Used by Science Teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 259-270.
- Chinn, C.A., & Brewer, W.F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63, 1-51.
- Gentner, D. (1989). The mechanisms of analogical transfer. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 199 – 242). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Gentner, D., & Markman, A. (1997). Structure Mapping in Analogy and Similarity. *American Psychologist*, 52, 45-56.
- Gick, M. L., & Holyoak, K. J. (1980). Analogical problem solving. *Cognitive Psychology*, 12, 306–355.
- Glaser, R., Schauble, L., Raghavan, K., & Zeitz, C. (1992). Scientific reasoning across different domains. In E. de Corte, M. Linn, H. Mandl, & L. Verschaffel (Eds.), *Computer-Based Learning Environments and Problem Solving*, 245-373. Berlin, Germany: Springer-Verslag.
- Guerra-Ramos M. T. (2011). Analogies as Tools for Meaning Making in Elementary Science Education: How Do They Work in Classroom Settings? *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 7, 29-39.
- Halford, G.S., Wilson, W.H. & Phillips, W. (1998). Processing capacity defined by relational complexity: Implications for comparative, developmental and cognitive psychology. *Behavioral Brain Sciences*, 21, 803-831.
- Harrison, A., & Treagust, D. (1993). Teaching with Analogies: A Case Study in Grade-10 Optics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 1291-1307.

- Holyoak, K. J. (1985). The pragmatics of analogical transfer. In G. H. Bower (Ed.), *The Psychology of Learning and Motivation* (pp. 59 – 87). Orlando FL: Academic Press.
- Holyoak, K. J. (2012). Analogy and relational reasoning. In K. J. Holyoak & R. G. Morrison (Eds.), *The Oxford handbook of thinking and reasoning* (pp. 234-258) New York: Oxford University Press.
- Holyoak, K. J., & Thagard, P. (1995). *Mental leaps: Analogy in creative thought*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Jee, B., Uttal, D., Gentner, D., Manduca, C., Shipley, T., Tikoff, B., Ormand, C., & Sageman, B. (2010). Commentary: Analogical Thinking In Geoscience Education. *Journal of Geoscience Education*, 58, 2-13.
- Joolingen, W.R. van, & Jong, T. de, (1991). Supporting hypothesis generation by learners exploring an interactive computer simulation. *Instructional Science*, 20, 389-404.
- Joolingen, W.R. van, & Jong, T. de, (1991a). Characteristics of simulations for instructional settings. *Education and Computing*, 6, 241-262.
- Joolingen, W.R. van, & Jong, T. de (2003). SimQuest, authoring educational simulations. In: T. Murray, S. Blessing, S. Ainsworth: *Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments: Toward cost-effective adaptive, interactive, and intelligent educational software*. (pp. 1-31). Dordrecht: Kluwer.
- Jong, T. de, (2006). Computer simulations: Technological advances in inquiry learning. *Science*, 312, 532-533.
- Jong, T. de, & Joolingen W.R. van, (1998). *Scientific discovery learning with a computer simulations of conceptual domains*. *Review of Educational Research*, 68, 179-201.
- Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive*

Science. 12, 1-48.

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

Lazonder, A. W. (in press). Inquiry learning. In M. Spector, M.D. Merrill, J. Elen & M.J. Bishop (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology*. Berlin: Springer.

Löhner, S., Van Joolingen, W. R., & Savelsbergh, E. R. (2003). The effect of external representation on constructing computer models of complex phenomena. *Instructional Science*, 31, 395-418.

Mayer, R. E. (2004). Should there be a three strikes rule against pure discovery? The case for guided methods of instruction. *American Psychologist*, 59, 14-19.

Mayer, R. E. (2007). *Learning and Instruction*. New Jersey, Pearson Education (US).

Mayer, R.E., Moreno R. (2003). Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning. *Educational Psychologist*, 38, 43–52.

Niebert, K., Marsch, S. & Treagust D. F. (2012). Understanding Needs Embodiment: A Theory-Guided Reanalysis of the Role of Metaphors and Analogies in Understanding Science. *Science Education*, 96, 849–877.

Njoo, M. & Jong, T. de, (1993). Exploratory learning with a computer simulation for control theory: learning processes and instructional support. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 821-844.

Paas, F., Renkl, A., Sweller, J. (2003). Cognitive Load Theory and Instructional Design: Recent Developments. *Educational Psychologist*, 38, 1-4.

Quintana, C., Reiser, B. J., Davis, E.A., Krajcik, J., Fretz, E., Duncan, R. G., Kyza, E., Edelson, D., & Soloway, E. (2004). A scaffolding design framework for software to

support science inquiry. *Journal of the Learning Sciences*, 13, 337-386.

Yerrick, R. K., Doster, E., Nugent, J. S., Parke H. M., Crawley, F. E. (2003) Social Interaction and the Use of Analogy: An Analysis of Preservice Teachers' Talk during Physics Inquiry Lessons. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 443–463.

Zohar, A. (1995). Reasoning about Interactions between Variables. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 1039 – 1063.

Bijlage 1: Voor test

Instructie Plant taak

Deze vragenlijst bevat een zestal vragen over factoren die van invloed kunnen zijn op de groei van een plantje. Ga uit van het volgende scenario:

Het groeien van een plantje

Een plantje groeit meestal uit tot een grote, sterke plant, maar het is niet zo dat plantjes van dezelfde soort allemaal even groot worden. Hoe zou dat kunnen komen? Hoe vaak je water geeft kan een rol spelen. Je kunt bijvoorbeeld één of twee keer per week water geven. Het wel of niet gebruiken van een middel tegen bladluizen zou ook belangrijk kunnen zijn. Misschien maakt het ook wel wat uit voor de groei van een plantje als je wat dode bladeren in de pot legt. De plek waar je het plantje laat groeien kan ook belangrijk zijn. Je kunt straks kiezen uit: in een kas, in huis of op het balkon. Ook de grootte van de pot waar het plantje in staat kan belangrijk zijn. Je kunt straks kiezen uit een kleine of een grote pot.

Vragenlijst

Wat denk jij dat wat van invloed is?

1. Je kunt kiezen tussen één keer water geven of twee keer water geven. Welke invloed denk je dat deze twee vormen van watergeven op de groei van de plant hebben?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Je kunt kiezen tussen wel een middel tegen bladluizen gebruiken of geen middel tegen bladluizen gebruiken. Welke invloed denk je dat het wel of niet gebruiken van een middel tegen bladluizen op de groei van de plant heeft?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Om te kijken of het wat uitmaakt of de plant beter groeit wanneer er dode bladeren bij in de pot zitten kun je kijken of de plant met of zonder dode bladeren groter groeit. Welke invloed denk je dat het wel of geen dode bladeren bij in de pot doen op de groei van de plant heeft?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. De plek waar je het plantje laat groeien kan ook belangrijk zijn. Om de plant te laten groeien kun je kiezen om de plant in een kas, in huis of op het balkon te zetten. Welke invloed denk je dat deze drie verschillende locaties op de groei van de plant hebben?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. Ook de grootte van de pot waar het plantje in staat kan belangrijk zijn. Je kunt straks kiezen uit een kleine of een grote pot. Welke invloed denk je dat deze twee vormen van potten op de groei van de plant hebben?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. Denk je dat er nog andere manieren zijn waarop deze factoren invloed zouden kunnen hebben op de groei van de plant?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Instructie Peter taak

Deze vragenlijst bevat een zestal vragen over factoren die van invloed kunnen zijn op de aankomsttijd van Peter op school. Ga uit van het volgende scenario:

Peter is 13 jaar en zit in de brugklas. Op school gaat het prima met hem, maar hij heeft één probleem: hij komt regelmatig te laat op school. Soms komt Peter 5 minuten te laat, het kan ook 10 minuten, 15 minuten of 20 minuten zijn. Gelukkig komt hij niet altijd te laat op school, soms komt hij op tijd. Te laat komen is natuurlijk niet handig. Het is al eens voorgekomen dat hij te laat was voor een belangrijk proefwerk. De directeur van de school heeft Peter daarom de opdracht gegeven om uit te zoeken hoe het komt dat hij vaak te laat op school komt. Peter heeft een paar dingen bedacht die misschien iets te maken hebben met het te laat op school komen. Elke ochtend om acht uur maakt Peters moeder het ontbijt klaar. Zij weet dan dat Peter nog maar weinig tijd heeft om op school te komen en vraagt daarom altijd of Peter thuis ontbijt of dat ze zijn boterhammen moet inpakken voor op de fiets. Peter eet daarom soms zijn boterhammen op de fiets op en soms thuis. Als Peter zijn schoenen aantrekt kan hij kiezen: gewone schoenen of sportschoenen. Soms draagt hij het ene paar en soms het andere paar. Peter gaat op de fiets naar school. Hij heeft twee fietsen: een normale fiets en een racefiets. Soms pakt hij zijn gewone fiets en soms zijn racefiets. Veel schoolkinderen fietsen in groepjes naar school. Peter doet dat ook wel, maar niet altijd. Soms fietst hij in zijn eigen tempo in zijn eentje naar school. Het komt ook voor dat hij met zijn vrienden Fred en Jos meefietst, in andere gevallen probeert hij door zo hard te trappen als hij kan zo snel mogelijk op school te komen. Peter wil goed zijn best doen op school. Vaak doet hij daarom wat extra boeken in zijn tas, je weet maar nooit. Die extra boeken heeft hij lang niet altijd allemaal nodig. Daarom pakt hij soms alleen de boeken in waarvan hij zeker weet dat hij ze echt nodig heeft.

Vragenlijst

Wat denk jij dat wat van invloed is?

1. Je kunt kiezen tussen op de racefiets naar school of op de gewone fiets naar school. Welke invloed denk je dat deze twee typen fietsen op de aankomsttijd op school hebben?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Je kunt kiezen tussen thuis ontbijten of op de fiets ontbijten. Welke invloed denk je dat deze twee vormen van ontbijten op de aankomsttijd op school hebben?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. Peter kan op verschillende manieren naar school fietsen. Hij kan samen fietsen met Fred en Jos, rustig op zijn eigen tempo fietsen en zo hard mogelijk alleen fietsen. Welke invloed denk je dat deze drie vormen van fietsen op de aankomsttijd op school hebben?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. Het aantal bagage dat je meeneemt op de fiets kan ook belangrijk zijn. Peter kan ervoor kiezen om meer boeken mee te nemen dan nodig is omdat hij graag goed zijn best wil doen op school, of gewoon het benodigde aantal boeken meenemen. Welke invloed denk je dat de twee vormen van bagage hebben op de aankomsttijd op school?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

5. Peter kan er voor kiezen om gewone schoenen of om sport schoenen aan te trekken. Welke invloed denk je dat dat deze twee type schoenen op de aankomsttijd op school hebben?

.....
--

6. Denk je dat er nog andere manieren zijn waarop deze factoren invloed zouden kunnen hebben op het op tijd komen op school?

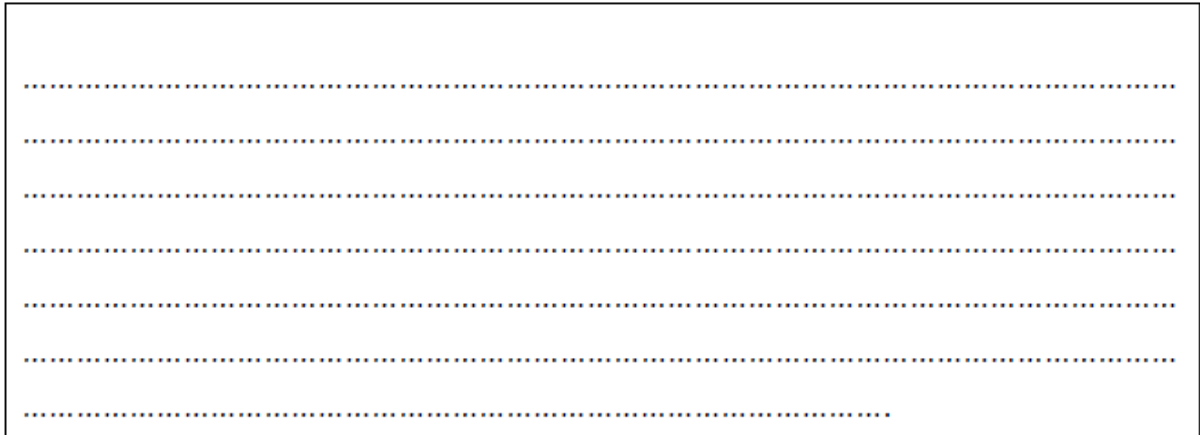
.....
--

Bijlage 2: Antwoordformulieren computertaken

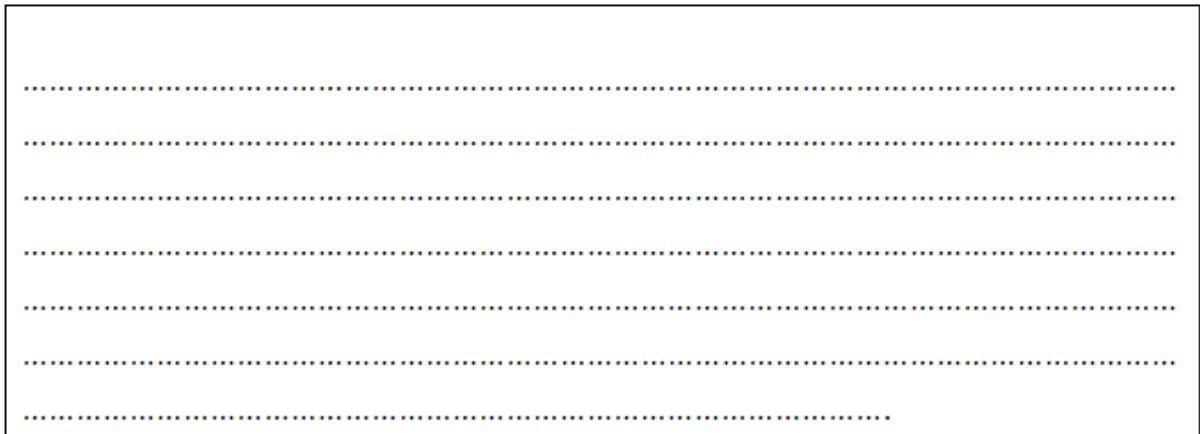
Plant taak

De volgende vragen gaan over je bevindingen in de leertaak over de plantengroei.

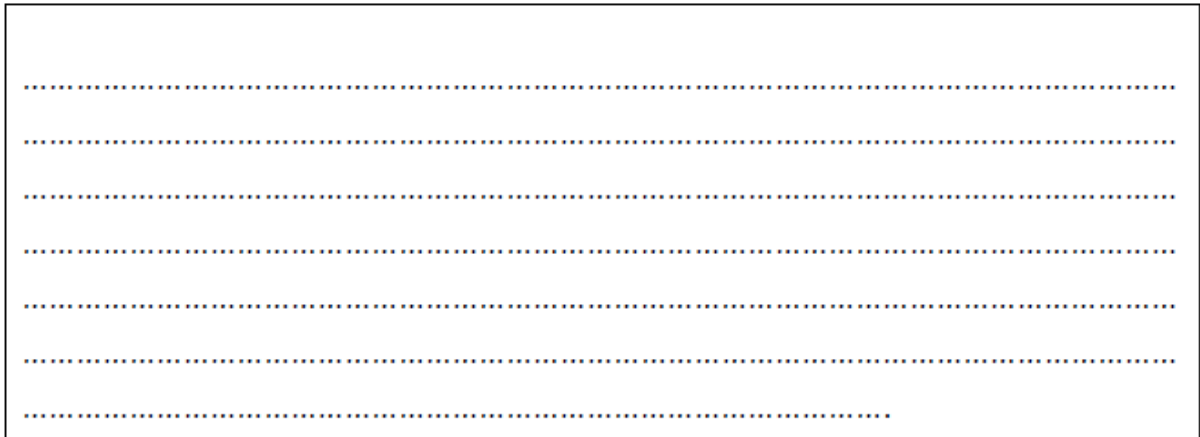
1. Welke invloed heeft het 1 keer per week water geven en het 2 keer per week water geven op de groei van de plant?



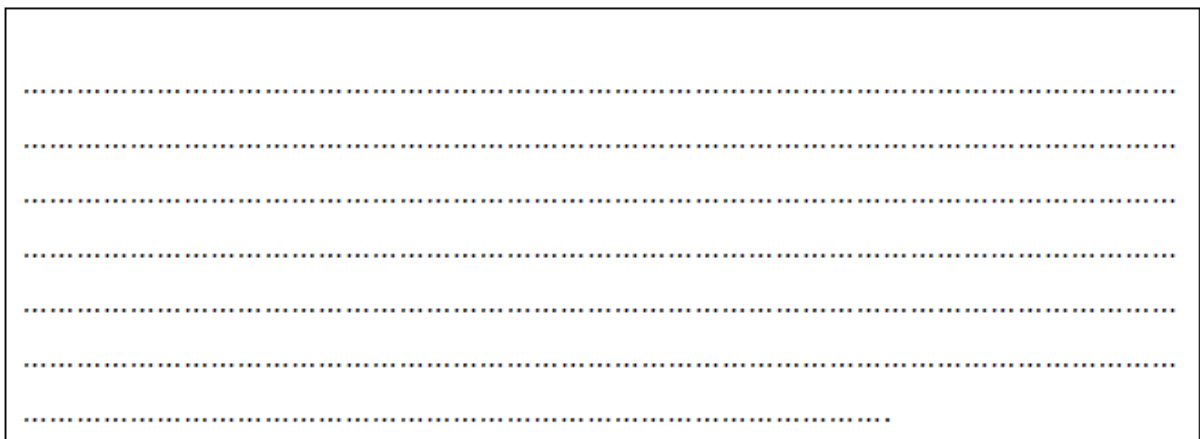
2. Welke invloed heeft het wel gebruik maken van insecticide en geen gebruik maken van insecticide op de groei van de plant?



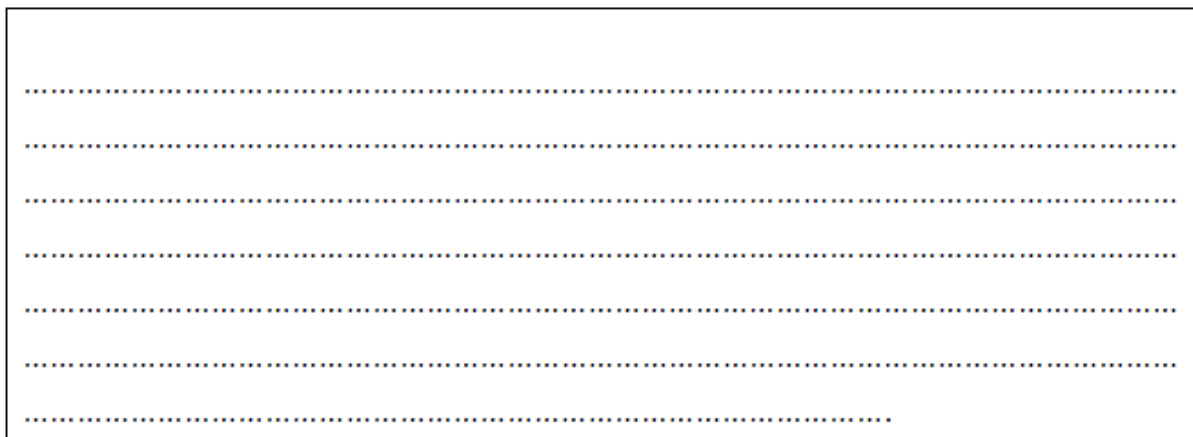
3. Welke invloed heeft het wel leggen van dode bladeren in de bloempot en het niet leggen van dode bladeren in de bloempot op de groei van de plant?



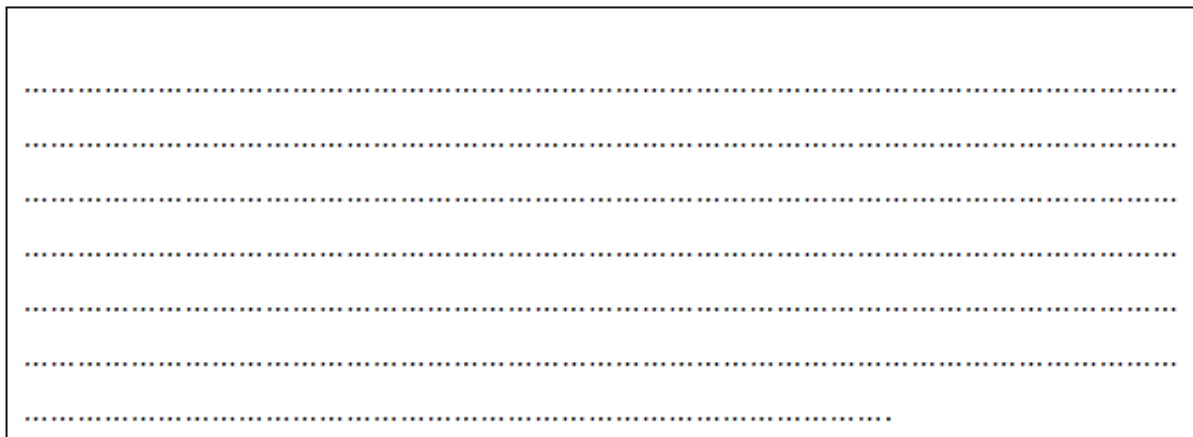
4. Welke invloed heeft de locatie van de bloempot, binnen in huis, op het balkon of in een broeikas, op de groei van de plant?



5. Welke invloed heeft een kleine bloempot en een grote bloempot op de groei van de plant?



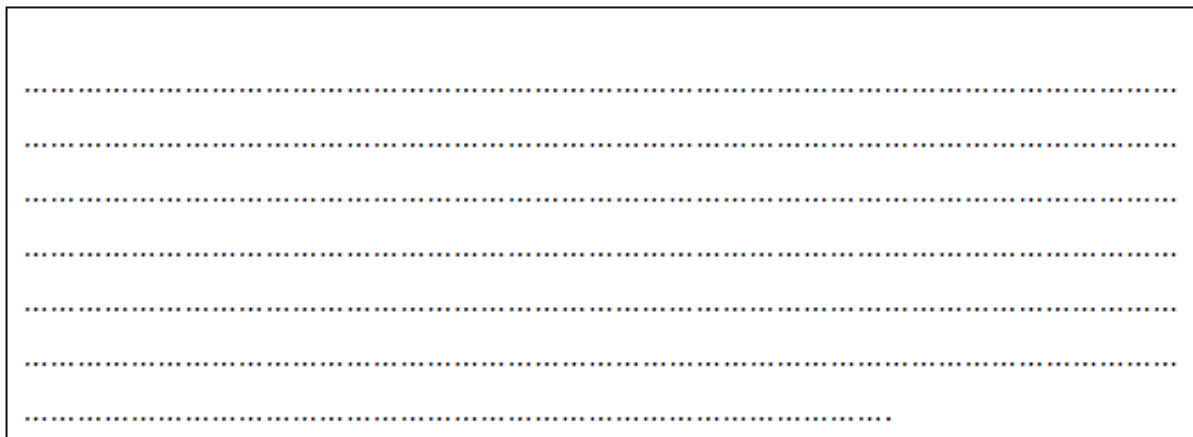
6. Heb je nog andere invloeden ontdekt van de factoren op de groei van de plant?



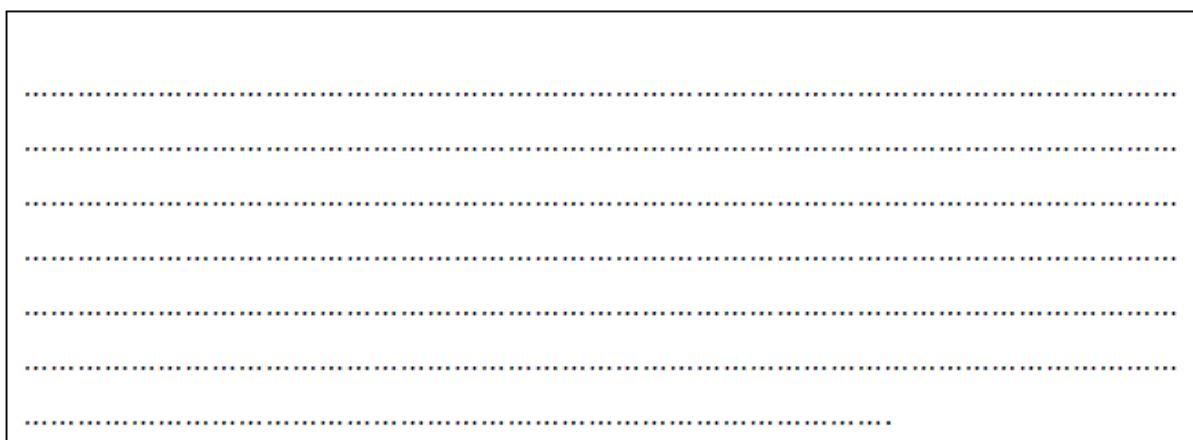
Peter taak

De volgende vragen gaan over je bevindingen in de leertaak over de aankomsttijd.

1. Welke invloed heeft het fietsen op de race fietst of op de gewone fiets op de aankomsttijd op school?



2. Welke invloed heeft het thuis ontbijten of het op de fiets ontbijten op de aankomsttijd op school?



3. Welke invloed heeft het samen fietsen met Fred en Jos, het rustig op zijn eigen tempo fietsen en het alleen zo hard mogelijk fietsen op de aankomsttijd op school?

4. Welke invloed heeft het aantal benodigde boeken of meer boeken meenemen op de aankomsttijd op school?

5. Welke invloed heeft het aantrekken van gewone of het aantrekken van sportschoenen op de aankomsttijd op school?

6. Heb je nog andere invloeden ontdekt van de factoren op de aankomsttijd?

Bijlage 3: Analogie

Lars is een hele fitte jongen. Hij speelt elke dag buiten en eet maar 1 keer per dag een tussendoortje. Soms komt het voor dat hij een nacht maar 6 uur slaapt en dan voelt hij zich niet fit, maar het komt vaker voor dat hij 8 tot 10 uur per nacht slaapt en zich wel fit voelt. Lars moet nog ingeënt worden en eet elke dag een vitamine pil. De inenting is voor meer weerstand tegen ziekten. Wanneer je meer weerstand hebt zal je minder snel ziek worden en je dus ook fitter voelen. Lars voelt zich de laatste tijd heel fit, terwijl sommige klasgenootjes zich minder fit voelen. Hij besluit te uit zoeken waarom zijn klasgenootjes vaak minder fit zijn terwijl hij wel fit is.

Inenting Lars zoekt uit of alle kinderen in zijn klas ingeënt zijn. Er zijn kinderen die vorig jaar een inenting hebben gehad en kinderen die dit jaar nog een inenting moeten krijgen die zich fit voelen.

Inenting: Het maakt niet uit of je ingeënt bent of niet.

Vitamine pillen Lars kijkt ook of de kinderen vitamine pillen slikken of niet. Er zijn kinderen die vitamine pillen slikken en kinderen die geen vitamine pillen slikken die zich fit voelen. Dus aan alleen de vitamine pillen kan het ook niet liggen.

Vitamine pillen: Het maakt niet uit of je vitamine pillen slikt of niet.

Bewegen Lars besluit om te kijken of het uitmaakt of je binnen speelt of buiten speelt. Hij speelt eerst 4 weken alleen maar binnen en daarna 4 weken alleen maar buiten. Lars voelt zich zowel bij het buitenspelen als bij het binnen spelen even fit.

Bewegen: Het maakt niet uit of je binnen speelt of buiten speelt.

Slapen Wanneer Lars maar 6 uur per nacht slaapt voelt hij zich de volgende dag niet fit. Zijn vriend Leo slaapt altijd 8 of 10 uur per nacht en voelt zich de volgende dag wel fit.

Slapen: Slaap heeft effect op fitheid

Eten Lars besluit om ook te kijken naar zijn eetgedrag. Omdat het mooi weer is speelt Lars na schooltijd de hele dag buiten en heeft hij geen tijd om naar huis te komen om tussendoortjes te gaan eten. Op school heeft hij wel een tussendoortje gehad. Lars voelt zich heel fit. De volgende dag eet hij ook een tussendoortje op school en komt zijn moeder na schooltijd buiten om Lars een zakje chips brengen. Lars voelt zich die dag ook heel fit.

Eten: Het maakt niet uit of je maar 1 of meer dan 1 tussendoortjes eet.

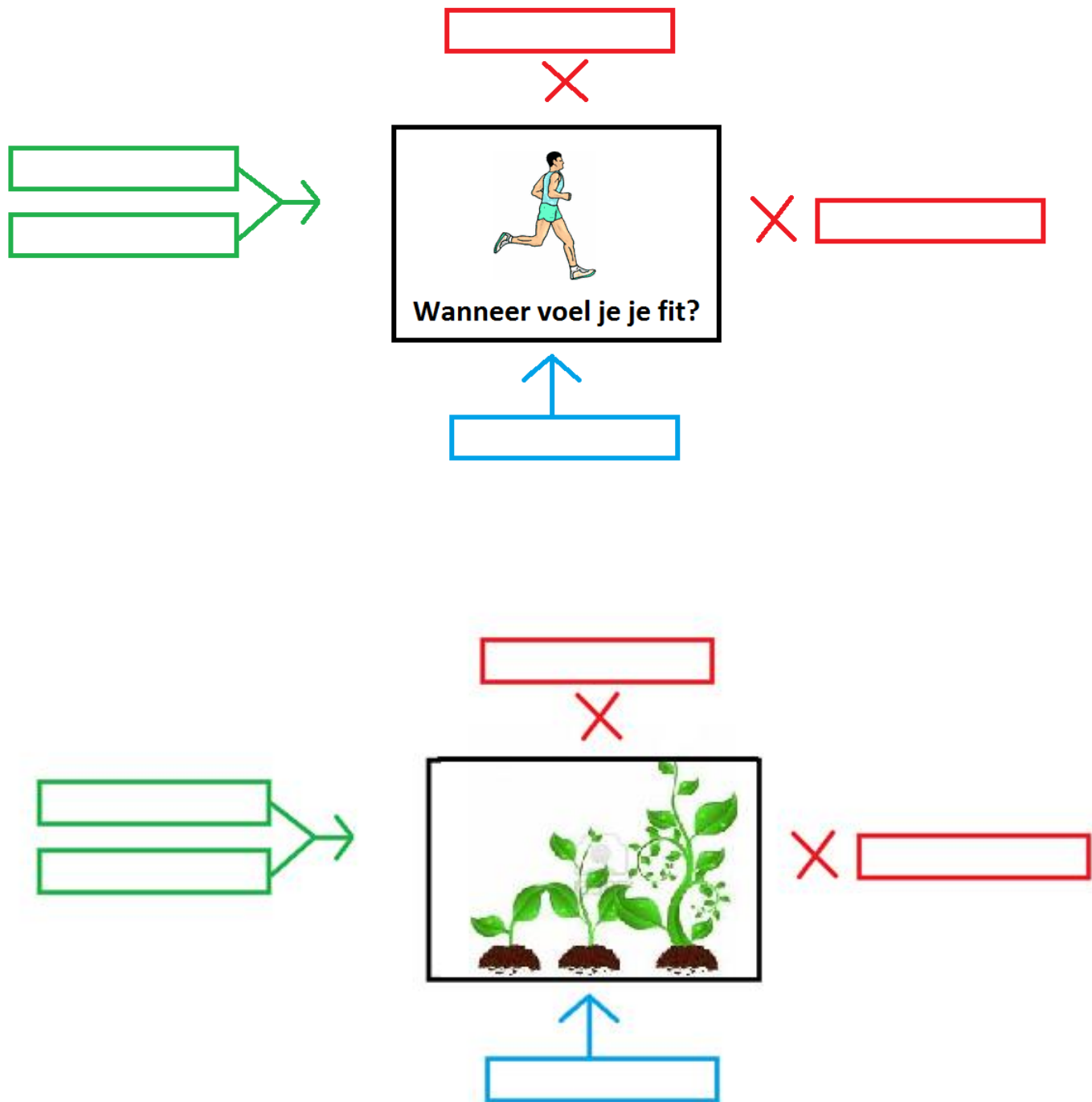
De dag erna regent het buiten dus Lars blijft binnen spelen. Lars eet op school een tussendoortje en 's middags pakt hij nog iets lekkers uit de kast. Lars voelt zich niet zo fit als normaal. Leo is uit school met Lars meegekomen om te spelen. Leo heeft op school geen tussendoortje gegeten, alleen bij Lars thuis. Leo voelt zich wel fit.

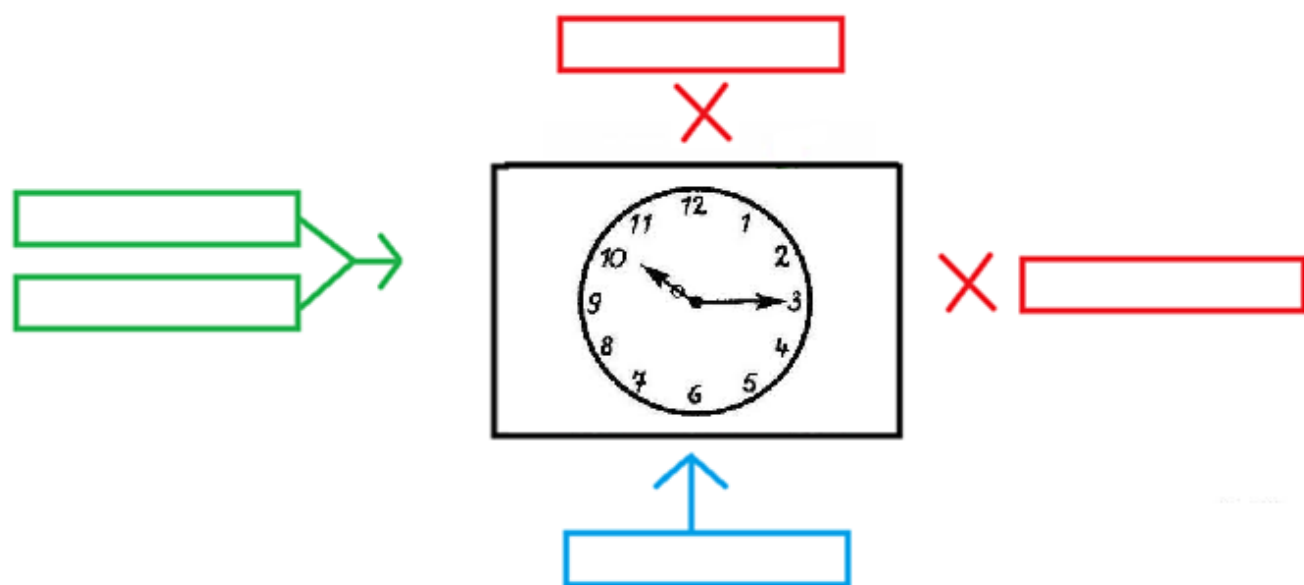
Er lijkt een verband te zijn tussen bewegen en eten. Wanneer kinderen meer bewegen kunnen ze meer eten, wanneer kinderen weinig beweging kunnen ze minder eten. Wanneer je veel eet en weinig beweegt zal je zwaarder worden en je minder fit voelen.

Lars is tot de volgende conclusie gekomen, kinderen voelen zich het fitst wanneer ze:

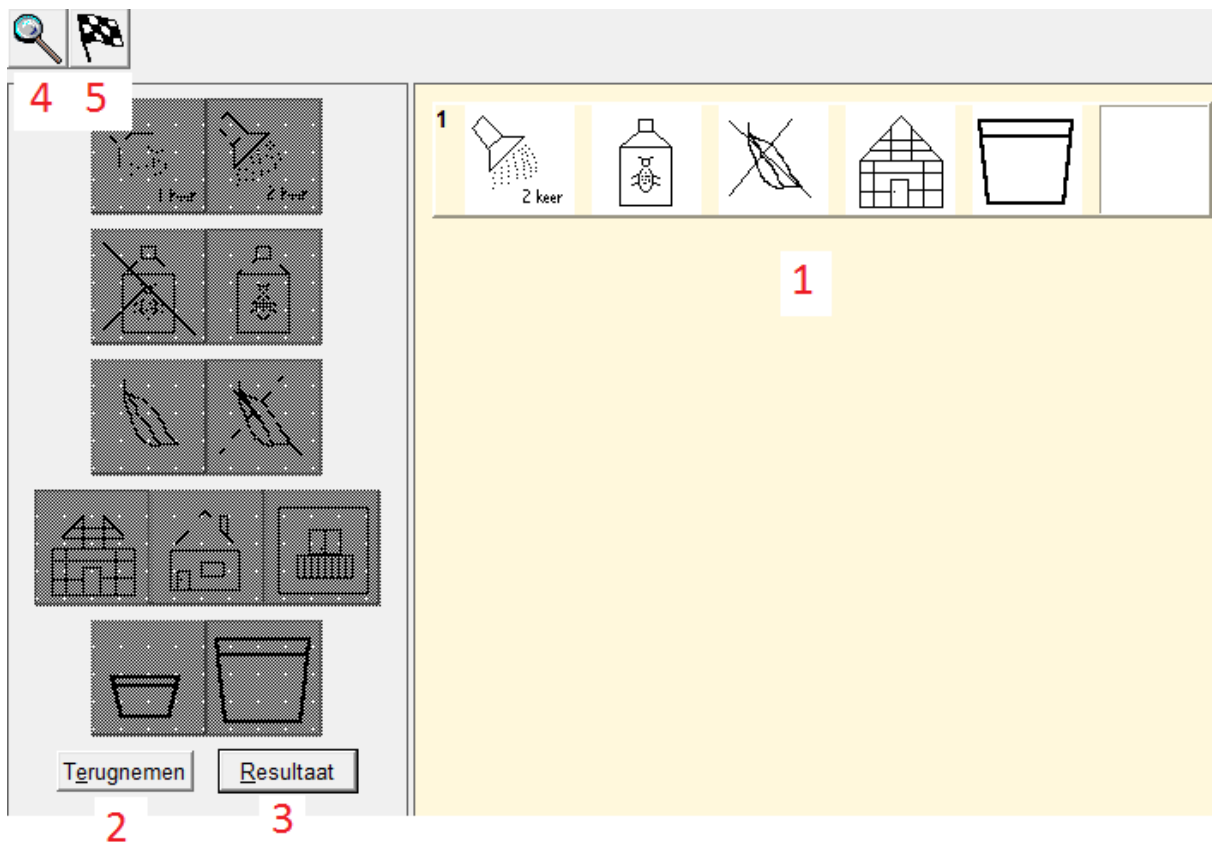
- 8 of 10 uur per nacht slapen
- Binnen spelen en maar één keer snoepen.
- Buiten spelen en snoepen maakt niet uit.
- Het maakt niet uit of de kinderen wel of geen inenting hebben gehad.
- Het maakt niet uit of de kinderen wel of geen vitamine pillen innemen.

Bijlage 4: Structure map





Handleiding voor plant computertaak



Je ziet hierboven een screenshot van de computertaak waar je zo mee gaat werken. Hieronder zal beschreven worden hoe de computertaak werkt.

Open nu eerst de plant computertaak. Vul je voor en achternaam in en klik daarna op doorgaan.

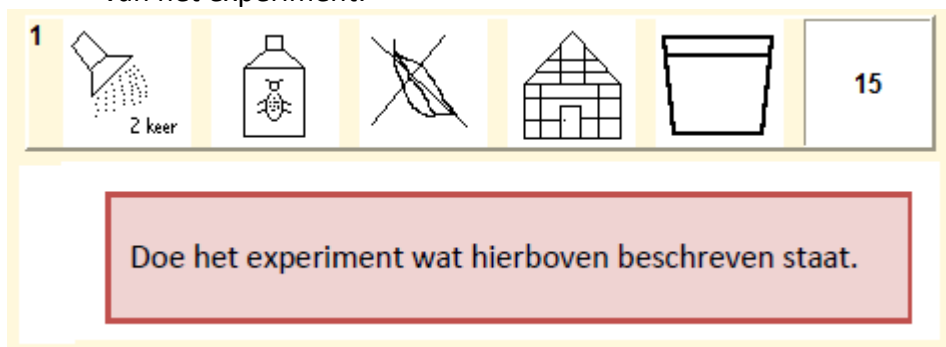
- In de taak waar je zo mee aan de slag gaat moet je door het uitvoeren van experimenten er achter zien te komen wat de invloed is van vijf factoren op de groei van de plant. Deze factoren staan hieronder en vind je in het blauwe vak, nummer 4:
 - water: één of twee keer per week water geven.
 - Insecticide: het wel of niet geven van een middel tegen bladluizen.
 - Dode bladeren: wel of geen dode bladeren in de bloempot leggen.
 - Locatie van de plant: in een kas, in huis of op het balkon
 - Bloempot: grote of kleine bloempot

De lengte van de plant kan de volgende waarden aannemen: 5, 10, 15, 20 of 25 cm

- Door met de muis op een plaatje te klikken verschijnt één van de mogelijkheden per factor (bijv. bij de factor water, 2 keer per week water geven) rechts in het gele experiment vak (1).

Als je dat voor alle factoren hebt gedaan heb je een experiment ingericht. In de screenshot gaat het om 2 keer per week water geven, wel insecticide, geen dode bladeren in de bloempot, in een kas en in een grote bloempot

- Mocht je je keuze nog willen wijzigen, kan dat met “Terugnemen”(knop 2).
- Als je nu op “Resultaat” (knop 3) klikt verschijnt de werkelijke tijd in het vakje rechts van het experiment.

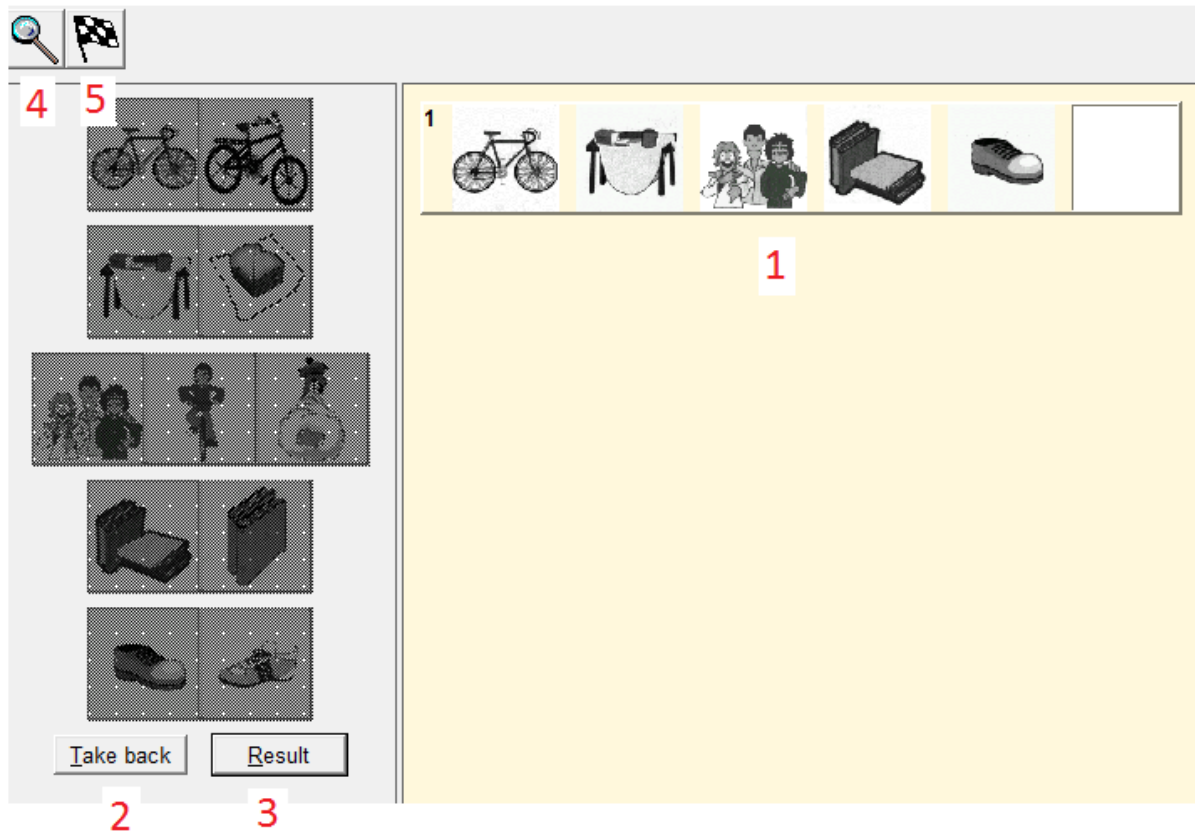


- Als je meer dan vier experimenten hebt gedaan, dan verdwijnen er experimenten van het scherm. Met de scrollbar aan de rechterkant kun je deze experimenten weer op het scherm krijgen.
- Om experimenten met elkaar te kunnen vergelijken is het handig ze onder elkaar te kunnen zetten in een volgorde die je zelf kiest in plaats van heen en weer te scrollen. Dat kan door experimenten aan te klikken (ze kleuren dan oranje) en vervolgens op het “loepje” (knop 4) te klikken. De door jouw geselecteerde experimenten verschijnen dan onder elkaar in een nieuw window.
- De “finish-vlag” (knop 5) is om de taak af te sluiten. DRUK DEZE NIET ZELF IN! Maar meld het de proefleider als je klaar bent.

De opdracht is dus om door het uitvoeren van in ieder geval **15** experimenten er achter zien te komen wat de invloed is van de vijf factoren op het aantal de groei van de plant. De vijf factoren zijn: één of twee keer per week water, wel of niet geven van een middel tegen bladluizen, wel of geen dode bladeren in de bloempot leggen, de plant in een kas/ in huis/ of op het balkon en een grote of kleine bloempot.

Ben je klaar met het lezen van deze handleiding, steek dan je hand op. De begeleider komt je dan een antwoordformulier brengen. Op dit formulier kun je aangeven wat je hebt ontdekt.

Handleiding voor Peter computertaak



Je ziet hierboven een screenshot van de computertaak waar je zo mee gaat werken. Hieronder zal beschreven worden hoe de computertaak werkt.

Open nu eerst de Peter computertaak. Vul je voor en achternaam in en klik daarna op doorgaan.

- In de taak waar je zo mee aan de slag gaat moet je door het uitvoeren van experimenten er achter zien te komen wat de invloed is van vijf factoren op het aantal minuten te laat komen op school. Deze factoren staan hieronder en vind je in het blauwe vak, nummer 4:
 - Fiets: Op de gewone fiets of op de racefiets naar school.
 - Ontbijt: Thuis ontbijten of op de fiets ontbijten.
 - Tempo: Op zijn eigen rustige tempo fietsen, met Fred en Jos meefietsen, alleen zo hard mogelijk fietsen.
 - Boeken: Aantal benodigde boeken of meer boeken mee.
 - Schoenen: Gewone schoenen of sportschoenen aantrekken.

Het aantal minuten te laat kan de volgende waarden aannemen: 0, 5, 10, 15, en 20 minuten.

- Door met de muis op een plaatje te klikken verschijnt één van de mogelijkheden per factor (bijv. bij de factor fiets, kiezen voor de gewone fiets) rechts in het gele experiment vak (1). Als je dat voor alle factoren hebt gedaan heb je een experiment ingericht. In de screenshot gaat het om het fietsen op de gewone fiets, thuis

ontbijten, met Fred en Jos meefietsen, extra boeken meenemen en gewone schoenen aantrekken.

- Mocht je je keuze nog willen wijzigen, kan dat met “Terugnemen”(knop 2).
- Als je nu op “Resultaat” (knop 3) klikt verschijnt de werkelijke in het vakje rechts van het experiment.



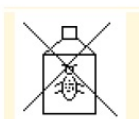
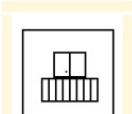
Doe het experiment wat hierboven beschreven staat.

- Als je meer dan vier experimenten hebt gedaan, dan verdwijnen er experimenten van het scherm. Met de scrollbar aan de rechterkant kun je deze experimenten weer op het scherm krijgen.
- Om experimenten met elkaar te kunnen vergelijken is het handig ze onder elkaar te kunnen zetten in een volgorde die je zelf kiest in plaats van heen en weer te scrollen. Dat kan door experimenten aan te klikken (ze kleuren dan oranje) en vervolgens op het “loepje” (knop 4) te klikken. De door jouw geselecteerde experimenten verschijnen dan onder elkaar in een nieuw window.
- De “finish-vlag” (knop 5) is om de taak af te sluiten. DRUK DEZE NIET ZELF IN! Maar meld het de proefleider als je klaar bent.

De opdracht is dus om door het uitvoeren van in ieder geval **15** experimenten er achter zien te komen wat de invloed is van de vijf factoren op het op tijd komen op school. De vijf factoren zijn: gewone fiets of race fiets, thuis ontbijten of op de fiets ontbijten, eigen tempo rustig, eigen tempo snel of met Fred en Jos meefietsen, normaal aantal boeken mee of meer boeken mee en gewone schoenen of sportschoenen aantrekken.

Ben je klaar met het lezen van deze handleiding, steek dan je hand op. De begeleider komt je dan een antwoordformulier brengen. Op dit formulier kun je aangeven wat je hebt ontdekt.

Bijlage 6: Afbeeldingen computertaken.
Afbeeldingen Plant taak

<i>Factor</i>			
Water	1 keer per week water 	2 keer per week water 	
Insecticide Middel tegen bladluizen	Wel 	Niet 	
Dode bladeren in de bloempot	Wel 	Niet 	
Locatie	Kas 	In huis 	Op het balkon 
Bloempot	Groot 	Klein 	

Afbeeldingen Peter taak

<i>Factor</i>			
Fiets	gewone 	race 	
Ontbijt	thuis 	op de fiets 	
Tempo	met fred en jos 	alleen rustig tempo 	alleen snel tempo 
Bagage	meer boeken 	benodigde boeken 	
Schoenen	normale 	sport 	

Bijlage 7: Protocol

WEEK 1	Pre-testen afnemen	10 minuten.
WEEK 2		
Groep 1	Computertaak handleiding	10 minuten
	Computertaak	50 minuten
Groep 2	Computer handleiding	10 min
	Analogie lezen	10 minuten
	Hint	-
	Computertaak	25 minuten
	Hint	-
	Computertaak	25 minuten
Groep 3	Computertaak handleiding	10 minuten
	Analogie lezen	10 minuten
	Structure map invullen	
	Hint	10 minuten
	Computertaak	-
	Hint	
	Computertaak	25 minuten
		-
		25 minuten

WEEK 1

Pre-test afnemen.

“Volgende week ga ik met jullie twee opdrachten doen op de computer. Deze opdrachten gaan over platengroei en over naar school fietsen. Vandaag laat ik jullie al vast een stukje tekst lezen over deze twee onderwerpen en daarna moeten jullie een aantal vragen invullen”

- Ik deel de pre-testen uit.

“Jullie lezen eerst een stukje tekst. Onderaan staan zes vragen die jullie in mogen vullen. Daarna lezen jullie weer een stukje tekst en vul je de laatste zes vragen ook in. Denk eraan: het gaat over wat jullie denken, er zijn dus geen foute antwoorden. Als je klaar bent steek je je vinger op en kom ik de antwoordformulieren ophalen.”

WEEK 2

Groep 1 controle groep

De leerlingen zitten achter de computer.

“Ik deel zo een handleiding uit waarin staat hoe de twee computertaken te werken. Met het computerprogramma gaan jullie experimenten uitvoeren. Door deze experimenten uit te voeren kun je de vragen beantwoorden die op een antwoordformulier staan die jullie nog van mij krijgen. Naast deze handleiding krijgen jullie ook van mij een blad waarop de uitleg staat van de plaatjes in de computer taak. Als je even niet meer weet wat een plaatje betekent kun je op het blad kijken.”

- Ik deel de handleidingen en het vragenblad uit .

“Je mag nu de handleiding doornemen, dit is om te kijken of je het programma snapt. Wanneer je iets niet snapt steek je je vinger op en kom ik langs om te helpen. Snap je alles dan mag je beginnen met experimenteren en het invullen van de antwoorden. Ben je helemaal klaar met experimenteren en heb je al je antwoorden opgeschreven steek dan je vinger op en dan kom ik langs om de computertaak af te sluiten en de nieuwe computertaak te starten. Je moet in ieder geval 15 experimenten per computer taak doen. Heb je een vraag, dan steek je je vinger op. SUCCES!”

- Wanneer een kind zijn vinger op heeft gestoken wanneer hij klaar is met de eerste taak kom ik langs om de taak af te sluiten. Het kind kan daarna de tweede taak afmaken.

Groep 2 Analogie + hint conditie

De leerlingen zitten achter de computer.

“Ik deel zo een handleiding uit waarin staat hoe de twee computertaken te werken. Met het computerprogramma gaan jullie experimenten uitvoeren. Door deze experimenten uit te voeren kun je de vragen beantwoorden die op een antwoordformulier staan die jullie nog van mij krijgen. Naast deze handleiding krijgen jullie ook van mij een blad waarop de uitleg staat van de plaatjes in de computer taak. Als je even niet meer weet wat een plaatje betekent kun je op het blad kijken.”

- ik deel de handleidingen en de antwoordformulieren uit.

“Je mag nu de handleiding doornemen, dit is om te kijken of je het programma snapt. Wanneer je iets niet snapt steek je je vinger op en kom ik langs om te helpen. Wanneer je de handleiding doorlopen hebt en alles snapt steek je je vinger op. Ik kom dan langs om je een verhaaltje te geven. Dit verhaal helpt je bij het vinden van de juiste antwoorden in deze opdrachten. Je mag dit verhaal tijdens het experimenteren en tijdens het beantwoorden van de vragen bij je houden.”

- Ik deel de analogieën uit.

“Lees eerst het verhaal door. Wanneer je het verhaal door hebt gelezen steek je je vinger op. (Ik vertel de kinderen wanneer ze hun vinger opsteken dat het verhaal helpt bij het vinden van de juiste antwoorden bij deze opdrachten) Daarna mag je beginnen met experimenteren. Ben je helemaal klaar met experimenteren en heb je alle antwoorden opgeschreven steek dan je vinger op en dan kom ik langs om de computertaak af te sluiten en de nieuwe computertaak te starten. Je moet in ieder geval 15 experimenten per computer taak doen. Heb je een vraag, dan steek je je vinger op. LET OP: Het verhaal helpt je bij het vinden van de juiste antwoorden in deze opdracht. SUCCES!”

- Wanneer een kind zijn vinger op heeft gestoken wanneer hij klaar is met de eerste taak kom ik langs om de taak af te sluiten. Ik geef nog de keer de hint: *“LET OP: Het verhaal helpt je ook weer bij het vinden van de juiste antwoorden in deze opdracht”*. Het kind kan daarna de tweede taak afmaken.

Groep 3 Analogie + hint + ondersteuning conditie

De leerlingen zitten achter de computer.

“Ik deel zo een handleiding uit waarin staat hoe de twee computertaken te werken. Met het computerprogramma gaan jullie experimenten uitvoeren. Door deze experimenten uit te voeren kun je de vragen beantwoorden die op het antwoordformulier staan die jullie nog van mij krijgen. Naast deze handleiding krijgen jullie ook van mij een blad waarop de uitleg staat van de plaatjes in de computer taak. Als je even niet meer weet wat een plaatje betekent kun je op het blad kijken.”

- ik deel de handleidingen en de antwoordformulieren uit.

“Je mag nu de handleiding doornemen, dit is om te kijken of je het programma snapt. Wanneer je iets niet snapt steek je je vinger op en kom ik langs om te helpen. Wanneer je de handleiding doorlopen hebt en alles snapt steek je je vinger op. Ik kom dan langs om je een verhaaltje te geven. Dit verhaal helpt je bij het vinden van de juiste antwoorden in deze opdrachten. Je mag dit verhaal tijdens het experimenten en tijdens het beantwoorden van de vragen bij je houden.”

- Ik deel de analogieën uit.

“Lees eerst het verhaal door. Als iedereen het verhaal doorgelezen heeft gaan we samen een structure map invullen”

- Ik deel de structure maps uit.

“We gaan de factoren uit het verhaal eens handig invullen op dit papier (de structure map). Dit omdat er in het verhaal factoren zitten die overeenkomen met factoren uit de computeropdracht.”

- Ik ga nu de structure map bespreken. Door middel van mijn vragen zorg ik ervoor dat de leerlingen weten wat alle elementen (pijlen, dubbele pijlen en kruizen) betekenen. Ik zorg ervoor dat ze begrijpen welke relaties er bestaan tussen de elementen en de afhankelijke variabelen (plantengroei en te laat komen op school). Wanneer leerlingen niks zeggen of het verkeerde zeggen leg ik zelf uit wat de elementen uit de structure map betekenen. Het doel hiervan is dat alle kinderen de structure map tijdens de computeropdracht zelfstandig in kunnen vullen.

“Wie denkt dat hij wel weet wat de pijlen op de structure map betekenen? En de kruizen? En de dubbele pijl? Welke factoren uit het verhaal kunnen we waar invullen nu we weten wat de pijlen en de kruizen betekenen?”

- Nu weten de leerlingen hoe ze de structure map in moeten vullen. Ik deel de twee structure maps voor de experimenten uit.

“Ik geef jullie nog twee structure maps die jullie in moeten vullen tijdens de computeropdrachten. Jullie mogen nu beginnen met experimenteren. Ben je helemaal klaar met experimenteren en heb je alle antwoorden opgeschreven steek dan je vinger op en dan kom ik langs om de computertaak af te sluiten en de nieuwe computertaak te starten. Je moet in ieder geval 15 experimenten per computer taak doen. Heb je een vraag steek je je vinger op. LET OP het verhaal en de structure map helpt je bij het vinden van de juiste antwoorden in deze opdrachten. SUCCES!”

- Wanneer een kind zijn vinger op heeft gestoken wanneer hij klaar is met de eerste taak kom ik langs om de taak af te sluiten. Ik geef nog de keer de hint: *“LET OP: Dit verhaal helpt je bij het vinden van de juiste antwoorden in deze opdracht”*. Het kind kan daarna de tweede taak afmaken.