

Het nut van analogie bij het ontdekken van interacties tijdens onderzoekend leren

Bachelorthese

Sharon van Sluijs

Faculty of Behavioral, Management and Social sciences

Psychology

Eerste begeleider: Dr. P. Wilhelm

Tweede begeleider: Dr. A.H. Gijlers

UNIVERSITEIT TWENTE.

Enschede, 18 augustus 2015

Inhoudsopgave

1	Samenvatting	3
2	Summary	4
3	Inleiding	5
3.1	Onderzoekend leren	5
3.2	Onderzoeksvraag.....	8
4	Onderzoeksmethode	9
4.1	Proefpersonen.....	9
4.2	Onderzoeksdesign	10
4.3	Onderzoeksmaterialen	11
4.4	Onderzoeksprocedure	14
4.5	Scoring	17
5	Data-analyse & Resultaten	21
6	Conclusie & Discussie	28
7	Referenties	31
	Bijlage I – Pretests	33
	Bijlage II – Analogieverhaal ‘Boer Harm en zijn blijе koeien’	39
	Bijlage III - Handleiding voor computertaak – ‘Plantengroei’	41
	Bijlage IV - Computertaken	44
	Bijlage V – Posttests analogie groep	49
	Bijlage VI – Posttests controlegroep	51
	Bijlage VII – Posttest scores	53
	Bijlage VIII – Student citaten	54
	Bijlage IX – Onderzoeksdіsign voor ‘Valid interaction inference’	58

1 Samenvatting

Bij onderzoekend leren (inquiry learning) voeren leerlingen experimenten uit om te ontdekken wat de effecten van onafhankelijke variabelen zijn op één of meer afhankelijke variabelen. In onderzoekende leertaken kunnen de onafhankelijke variabelen een hoofdeffect, irrelevant effect of een interactie effect hebben op de afhankelijke variabele. Het beoordelen van de effecten is extra moeilijk wanneer er sprake is van een interactie effect.

Het doel van dit onderzoek was om de effectiviteit te onderzoeken van het gebruik van een analogie + structure map, als ondersteuning bij het ontdekken van interacties tijdens onderzoekend leren. Aan dit onderzoek hebben 52 universitaire studenten deelgenomen. Deze studenten zijn in twee condities ingedeeld: de analogie conditie en de controleconditie, waarbinnen de volgorde van de twee taken was gecounterbalanced. Dit resulteerde in vier groepen. Elke student heeft eerst een pretest, daarna twee computertaken en tenslotte een posttest gemaakt. De studenten uit de analogie conditie, kregen voor het uitvoeren van de computertaken als extra ondersteuning een analogie verhaal te lezen en een visualisatie (structure map) van de onderlinge relaties tussen de variabelen. Ook kreeg deze groep een hint dat het analogieverhaal zou kunnen helpen tijdens het uitvoeren van de computertaken. De studenten uit de controle conditie kregen deze ondersteuning niet.

De hypothese was dat studenten die deze ondersteuning kregen, beter in staat zouden zijn om de interactie te ontdekken tijdens het uitvoeren van de computertaken. Dit komt dan tot uitdrukking in een hogere score op de posttests. Statistische analyse van de resultaten van de twee condities toonde aan dat de analogie conditie significant hoger scoorde dan de controlegroep. De conclusie is dan ook dat de ondersteuning in de vorm van een analogie verhaal + structure map en hint, een positieve bijdrage levert in het ontdekken van interacties. Dit wordt verklaart doordat het aanbieden van deze ondersteuning leidt tot het vergroten van het conceptuele kader van de studenten.

2 Summary

In inquiry-based learning students conduct experiments to explore the effects of independent variables on one or more dependent variables. In inquiring learning tasks the independent variables can be a main effect, irrelevant effect or interaction effect on the dependent variable. The interaction effect is commonly found hard to observe.

The purpose of this study was to investigate the effectiveness of using an analogy + structure map, to help discovering interactions during inquiry learning. In this study, 52 university students participated. These students were divided into two conditions: the analogy condition and the control condition. To rule out any effect of the order of the tasks the two conditions were counterbalancing, so there were four groups. Each student conducted a pretest first, followed by conducting two computer tasks and two posttests. The students from the experimental condition were asked to read an analogy story prior to perform the computer tasks. In addition, they received a structure map depicting the variables of this analogy story and their interrelationship, as an additional support. This group also received a hint, that the analogy story would be helpful in performing the computer tasks. The students in the control condition did not receive this support.

The hypothesis was that students who received the support of the analogy story and the structure map, would be better able to detect the interaction during conducting the computer tasks. This should reflect in a higher score for the posttests. Statistical analysis of the scores of the two conditions indicated that the analogy condition scored significantly higher than the control condition. The conclusion therefore is that providing support in the form of an analogy story, a structure map and a hint, has a contribution in discovering interactions in inquiry learning. This is explained by offering support which leads to the increase of the conceptual framework of the students.

3 Inleiding

3.1 Onderzoekend leren

Onderzoekend leren is het proces van het ontdekken van regels over relaties tussen onafhankelijke en afhankelijke variabelen in een bepaald domein. Dit gebeurt op basis van het uitvoeren van experimenten waarin de onafhankelijke variabelen worden gemanipuleerd (Wilhelm, 2001; Wilhelm & Beishuizen, 2003). Het is een actief proces waarbij leerlingen observeren, voorspellingen doen, problemen verkennen, vragen stellen, experimenteren, nieuwe inzichten verwerven en leren om op een wetenschappelijke manier te experimenteren (Gijlers & De Jong, 2009; Lazonder, 2014). Experimenten is een vaardigheid die belangrijk is bij onderzoekend leren. Het controleren van variabelen en het evalueren van het effect van meerdere variabelen gezamenlijk, is weer belangrijk voor het doen van experimenten en het wetenschappelijk denken in het algemeen (Zimmerman, 2007).

Het doel van onderzoekend leren is dus om te ontdekken welk effect onafhankelijke variabelen ($X_1.. X_i$) hebben op één (of meerdere) afhankelijke variabele (Y) in een bepaalde taak. Het effect kan bijvoorbeeld een irrelevant effect, een hoofdeffect (causaal effect of eerste orde effect) of een interactie effect (tweede orde effect) van twee of meer onafhankelijke variabelen zijn (Kuhn, Black, Keselman, & Kaplan, 2000). De belangrijkste activiteiten tijdens onderzoekend leren zijn het verzamelen van data door middel van het uitvoeren van experimenten en het opstellen en toetsen van hypothesen op basis van de gevonden data (Hulshof, 2001). Het opstellen van hypothesen en het uitvoeren van experimenten kunnen beiden gezien worden als actieve zoekprocessen. Dit wordt beschreven in het SDDS-model (Klahr & Dunbar, 1988).

Het SDDS-model (Scientific Discovery as Dual Search) beschrijft het wetenschappelijk ontdekkingsproces als een actief zoekproces in een hypotheseruimte en in een experimenteeruimte (Klahr & Dunbar, 1988). De hypotheseruimte van een leerling is de ruimte waarin zich alle veronderstellingen, variabelen en relaties bevinden waarover de leerling kennis bezit. De leerling kan deze hypotheseruimte gebruiken om te doorzoeken en om het te ontdekken domein te beschrijven (van Joolingen & De Jong, 1997; Gijlers & De Jong, 2005). De experimenteeruimte bestaat uit alle experimenten die uitgevoerd kunnen worden in het domein. Het SDDS-model beschrijft drie fases: hypothesen opstellen, hypothesen testen (d.m.v. experimenten) en het evalueren van de resultaten. De uitkomst van het evaluatieproces functioneert weer als input voor het opstellen van nieuwe hypothesen (White, Shimoda & Frederiksen, 1999). De drie fases worden in een cyclus ('Inquiry Cycle') doorlopen totdat de verbanden tussen de onafhankelijke variabelen en de afhankelijke variabelen zijn gevonden.

Het opstellen van hypothesen wordt vaak gezien als een moeilijk maar cruciaal aspect van onderzoekend leren. Hypothesen kunnen gevormd worden uit voorkennis of verkregen worden via experimentele data (Klahr & Dunbar, 1988; Lazonder, 2014). Onderzoek heeft echter aangetoond dat leerlingen moeite hebben met hypothesen vormen. Ze zoeken alleen naar informatie als bewijs voor hun eigen hypothesen en trekken vaak conclusies die niet getrokken kunnen worden uit het bewijs (Kirschner, Sweller, & Clark, 2006). Een reden hiervoor is dat leerlingen niet weten hoe ze een toetsbare hypothese moeten opstellen. Een ander probleem is

dat bij het toetsen van de hypothesen leerlingen vaak niet systematisch te werk gaan of dat te veel variabelen tegelijkertijd gewijzigd worden. Het gevolg is dan dat leerlingen moeite hebben het verband tussen de onafhankelijke variabelen en de afhankelijke variabele te ontdekken, waardoor ze geen juiste conclusies kunnen trekken (Njoo & de Jong, 1993).

Het beoordelen van de effecten van variabelen 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 interactie tussen twee onafhankelijke variabelen kan de waarde van de afhankelijke variabele versterken of verzwakken. Het onderzoeken en identificeren van interacties tussen variabelen is belangrijk voor onderzoekend leren. Als de interactie namelijk niet opgemerkt wordt in het onderzoek, zal dit tot incomplete of zelfs verkeerde conclusies leiden (Zohar, 1995). Het identificeren van interacties is complex, omdat het redeneren over variabelen en hun interacties een sterk beroep doet op het cognitieve systeem (Halford, Wilson, & Phillips, 1998). Om bijvoorbeeld een interactie tussen twee variabelen (A en B) met elke twee niveaus te kunnen onderzoeken, is het nodig dat een dubbele set aan experimenten wordt uitgevoerd, waardoor voor elk van de twee variabelen op beide niveaus (level ‘-’ en level ‘+’) het effect op de uitkomst Y onderzocht wordt. Voor variabelen A en B betekent dit dat de volgende vier combinaties onderzocht dienen te worden: A-B-; A+B-; A-B+; A-B+. Zohar beschrijft drie typen conclusies ten aanzien van interacties. De eerste is een volledige interactie of ‘valid interaction’. Dit is een juiste en volledig beschreven interactie van de variabelen op de uitkomst. Voor een ‘valid interaction’ is het noodzakelijk dat de overige variabelen (C, D, E,...) constant worden gehouden. Alleen in dat geval is er sprake van een ‘valid interaction’. De tweede type interactie is de ‘invalid interaction’. Net als bij de ‘valid interaction’ bestaat dit onderzoek uit vier experimenten, waarbij A en B op twee niveaus onderzocht worden. Echter bij de ‘invalid interaction’ is één van de andere variabelen (C, D, E, ..) niet constant gehouden (niet gecontroleerd). De derde vorm is de ‘limited interaction’. Dit betekent dat de conclusie over een interactie niet incorrect is, maar minder nauwkeurig is dan in het geval van een ‘valid interaction’. Deze ‘limited interaction’ wordt gekenmerkt doordat de conclusie focust op het hoofdeffect van de ene variabele, terwijl er tegelijkertijd een verband gelegd wordt dat dit alleen van toepassing is bij een specifieke waarde van de andere variabele. In tegenstelling tot de ‘valid interaction’ en de ‘invalid interaction’, is de ‘limited interaction’ niet gebaseerd op vier experimenten. Bijvoorbeeld: *“Het niveau van variabele A (‘A-’ t.o.v. ‘A+’) heeft een effect op de uitkomst Y, voor een bepaald niveau van variabele B (bijvoorbeeld ‘B-’)”*. In dit voorbeeld wordt niet aangegeven wat de invloed van het niveau van variabele A is voor het andere niveau van variabele B (in dit voorbeeld ‘B+’). Hier is dus sprake van een ‘limited interaction’.

Volgens Zohar zijn er vier typen moeilijkheden bij het ontdekken van interacties. In de eerste plaatst noemt Zohar de ‘Lacking the Double Set of Comparison Strategy’. Het ontbreekt dan aan een goede vergelijkingsstrategie die nodig is om valide conclusies te trekken over de interacterende variabelen. Er is een groot verschil tussen enkel het hebben van een veronderstelling over de interacterende variabelen, en in staat zijn om hierover valide conclusies te trekken. Om een goede vergelijkingsstrategie op te kunnen stellen voor de invloed van

variabelen A en B op de uitkomst Y, dienen dus minimaal vier experimenten uitgevoerd te zijn, zoals in de paragraaf hierboven is aangegeven, en dienen de overige variabelen (C, D, E, ..) constant gehouden te worden. Ten tweede ontbreekt het leerlingen soms aan het conceptuele kader voor de interacterende variabelen ('Lacking the Conceptual Framework for Interacting Factors'). Met het conceptuele kader worden alle veronderstellingen die leerlingen hebben over een bepaald systeem bedoeld. Leerlingen vinden weliswaar bewijs voor een interactie effect tijdens het maken van computertaken, maar als het conceptuele kader over het begrip 'Interactie-effecten' ontbreekt, is het voor leerlingen vaak niet mogelijk het bewijs voor interacterende variabelen juist te interpreteren. Dit leidt tot verwarring en het uitvoeren van onnodig veel experimenten. Ten derde worden leerlingen soms afgeleid door factoren die irrelevant zijn, maar wel in het onderzoek worden meegenomen ('Diversion of Attention to Other Features'). Dit wordt gekenmerkt doordat leerlingen de instelling van de irrelevante variabele toch veranderen in het experiment, terwijl ze deze beter constant kunnen houden. Tot slot hebben leerlingen moeite om de variabelen onder controle te houden, waardoor experimenten niet systematisch worden uitgevoerd ('Maintaining Necessary Control of Other Variables').

Het ontdekken van een eerste orde effect (hoofdeffect) lukt doorgaans wel, doordat leerlingen slechts één variabele per experiment veranderen. Echter, voor het ontdekken van een tweede orde effect (interactie) is het belangrijk dat het onderzoek gecontroleerd en systematisch verloopt. Veel leerlingen hebben hier moeite mee. Het wordt bovendien ingewikkelder naarmate er meer variabelen in het experiment aanwezig zijn. Indien er vijf variabelen in het onderzoek aanwezig zijn met elk twee niveaus, is er sprake van 32 unieke combinaties van variabelen die gestructureerd uitgevoerd moeten worden.

Door leerlingen te ondersteunen bij het uitvoeren van kwalitatief goede leerprocessen kan de effectiviteit van onderzoekend leren verhoogd worden (de Jong & van Joolingen, 1998; Mayer, 2004). Om die reden is veel onderzoek verricht naar de manier waarop onderzoekend leren het best ondersteund kan worden. Dit geldt met name voor het ontdekken van interacties. Door het bieden van ondersteuning zal de hypotheseruimte van de leerling vergroot worden. Uit onderzoek van Forisek en Steinova (2012) komt naar voren dat een analogie een belangrijk hulpmiddel is in het onderwijs. Volgens de Mapping-structuurtheorie van Gentner is een analogie een "mapping" van kennis van het ene domein (de "base") op een ander domein (de "target"). Domeinen zijn systemen van objecten, object-attributen en relaties tussen objecten. De objecten die de base vormen, bestaan uit specifieke attributen die verbonden zijn door een systeem van relaties (Gentner, 1983). Dezelfde relaties bestaan tevens in de target. De kracht van de analogie wordt bepaald door de consistentie van de relaties in de beide domeinen en niet van de attributen in de beide domeinen. Ook Gick & Holyoak (1980) hebben aangetoond dat een analogie kan helpen om een probleem op te lossen indien het probleem dezelfde structuur of onderliggende kenmerken heeft als de analogie. In dit onderzoek is daarom voor zowel het analogie verhaal als voor de twee computertaken dezelfde structuur gebruikt, bestaande uit twee interacterende variabelen, twee variabelen die alleen een hoofdeffect hebben en één variabele die geen effect heeft. In zowel het analogieverhaal als in de structure map zal het

bestaan van een interactie tussen de variabelen worden aangegeven en gevisualiseerd. In de analogie kunnen ook hints de relatie tussen deze variabelen aangeven. Dit moet leerlingen helpen om een koppeling te maken tussen de kennis die ze op dat moment hebben opgedaan met wat ze ondervinden tijdens het maken van de computertaken (van Joolingen & De Jong, 1991). Onderzoek van Ter Braak (2013) toonde aan dat het aanbieden van enkel een analogie en hint geen significant effect had op het ontdekken van interacties. Ook bleek dat het aanbieden van een analogie + structure map een effectieve manier was om kinderen gevoelig te maken voor interacties, hetgeen er toe leidde dat ze beter in staat waren om interacties te ontdekken.

In dit onderzoek is gekozen voor het bieden van ondersteuning in de vorm van een analogie + structure map waarin een interactie wordt gepresenteerd, plus het geven van een hint. 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 tegenkomen tijdens het maken van de computertaken. Op deze manier kan de voorkennis van de leerlingen over interacties geactiveerd worden, hetgeen leidt tot het vergroten van hun conceptuele kader. Hierdoor wordt de tweede moeilijkheid die Zohar beschrijft, 'Lacking the Conceptual Framework for Interacting Factors' verholpen. De veronderstelling is dat het vergroten van de hypotheseruimte door het aanbieden van deze vorm van ondersteuning zal helpen bij het ontdekken van de interactie.

3.2 Onderzoeksvraag

Het doel van dit onderzoek was om na te gaan of het gebruik van een analogieverhaal en het voorleggen van een structure map daadwerkelijk resulteren in een significant beter vermogen voor het identificeren van interacties tussen onafhankelijke variabelen op de afhankelijke variabele. De onderzoeksvraag luidde: 'Kan het gebruik van een analogie ondersteunen bij het ontdekken van interacties tussen variabelen tijdens het uitvoeren van onderzoekend leertaken?'

De nulhypothese was dat er geen verschil is in het ontdekken van interactie tussen de analogie conditie (gebruik van analogie- en structure map) en de controleconditie. De alternatieve hypothese was dat het gebruik van analogie + structure map tot een beter resultaat leidt in het ontdekken van interacties dan de controleconditie.

4 Onderzoeksmethode

4.1 Proefpersonen

Voor dit onderzoek zijn 52 universitaire studenten als proefpersoon ingezet. Vijftig personen waren studenten van de Universiteit Twente. Twee personen kwamen van een andere universiteit. Het aantal mannen was 24 en het aantal vrouwen was 28. Het aantal proefpersonen uit Nederland was 20 en uit Duitsland was 28. Verder kwamen er vier proefpersonen uit een ander land dan Nederland en Duitsland. De gemiddelde leeftijd van de proefpersonen was 21 jaar ($SD=3.2$), range 18-37.

De proefpersonen werden verdeeld over twee groepen: de analogie conditie (A) en de controleconditie (B). De twee groepen werden weer onderverdeeld aan de hand van de volgorde waarin de studenten de twee computertaken hebben gemaakt. Dit is gedaan om een eventuele invloed van de volgorde van de taken uit te sluiten (counterbalancing). Op deze manier zijn in totaal vier groepen gevormd (A1, A2, B1 en B2). De studenten zijn in één van de vier groepen ingedeeld op basis van volgorde van aanmelding. Tabel 1 geeft een beschrijving van de onderzoeksgroepen.

De analogie groep bestond uit 27 studenten (14 studenten in groep A1 en 13 studenten in groep A2). In deze groep zaten 12 mannen en 15 vrouwen. De controle groep bestond uit 25 studenten (13 studenten in groep B1 en 12 studenten in groep B2). In deze groep zaten 12 mannen en 13 vrouwen. De proefpersonen in de analogie groep hebben een analogieverhaal gelezen voordat ze twee computertaken hebben gemaakt. De proefpersonen in de controle groep hebben het analogieverhaal niet gelezen, maar direct de twee computertaken gemaakt.

Tabel 1. *Gegevens proefpersonen*

Groep	Conditie	<i>n</i>	Geslacht		Land			Leeftijd		
			M	V	NL	DE	Anders	Gem.	SD	Range
A1	Analogie	14	8	6	5	8	1	20.6	2.1	18-25
A2	Analogie	13	4	9	7	6	0	22.2	5.5	18-37
A1+A2	Analogie	27	12	15	12	14	1	21.4	4.1	18-37
B1	Controle	13	7	6	6	6	1	20.3	1.7	18-23
B2	Controle	12	5	7	2	8	2	20.8	2.1	18-25
B1+B2	Controle	25	12	13	8	14	3	20.5	1.9	18-25

Noot: NL: Nederland, DE: Duitsland

4.2 Onderzoeksdesign

In dit onderzoek is een 2 x 2 between-subject design gebruikt, dat gevormd wordt door twee variabelen. De ene variabele is 'wel of geen analogieverhaal' en de andere variabele is 'volgorde computertaak 1 en 2'. De vier groepen zijn in Tabel 2 weergegeven.

Tabel 2. *Indeling van de vier onderzoeksgroepen*

Groep	<i>n</i>	Conditie	Computertaak 1	Computertaak 2
A1	14	Analogie (Analogieverhaal + Structure map)	Plantengroei	Maïsopbrengst
A2	13	Analogie (Analogieverhaal + Structure map)	Maïsopbrengst	Plantengroei
B1	13	Controle (-)	Plantengroei	Maïsopbrengst
B2	12	Controle (-)	Maïsopbrengst	Plantengroei

4.3 Onderzoeksmaterialen

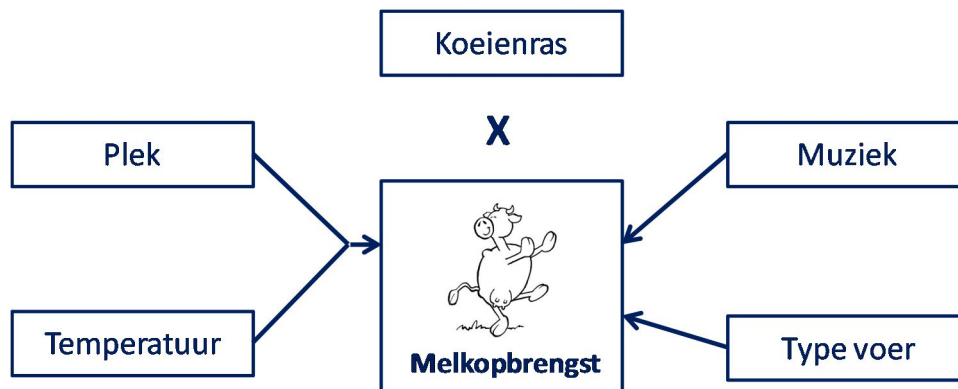
Pretest

Alle proefpersonen hebben eerst een pretest gemaakt. Het doel van deze pretest was om te bekijken welke voorafgaande ideeën de proefpersonen al hadden over mogelijke effecten van de onafhankelijke variabelen op de afhankelijke variabele. Hiermee is nagegaan of de proefpersonen vooraf al interacties veronderstelden. De pretest bestond uit twee sets van elk zes open vragen. Voor zowel de Plantengroei- als de Maïsopbrengst taak zijn zes vragen gesteld. De laatste vraag van elke set had als doel om te onderzoeken of de proefpersoon al een interactie veronderstelde (zie Bijlage I).

Analogieverhaal & Structure map

Voor dit onderzoek is een analogieverhaal geschreven 'Boer Harm en zijn blijde koeien'. Het gaat over een boer die onderzoekt welke onafhankelijke factoren (variabelen) van invloed zijn op de melkproductie van zijn koeien. De boer onderzoekt de volgende vijf factoren: muziek (wel of geen muziek), type voer (normaal of krachtvoer), plek (stal of wei), temperatuur (koel of warm) en koeienras (zwart bonte koe of rood bonte koe). De gemiddelde melkproductie van de koeien is in deze analogie de afhankelijke variabele. Dit analogieverhaal heeft dezelfde onderliggende structuur als de beide computertaken.

In het analogieverhaal wordt de onderliggende structuur in tekstvorm weergegeven. In de structure map wordt de onderliggende structuur in een plaatje weergegeven. In Figuur 1 wordt een voorbeeld gegeven hoe de structure map er voor het analogieverhaal 'Boer Harm en zijn blijde koeien' uit ziet.

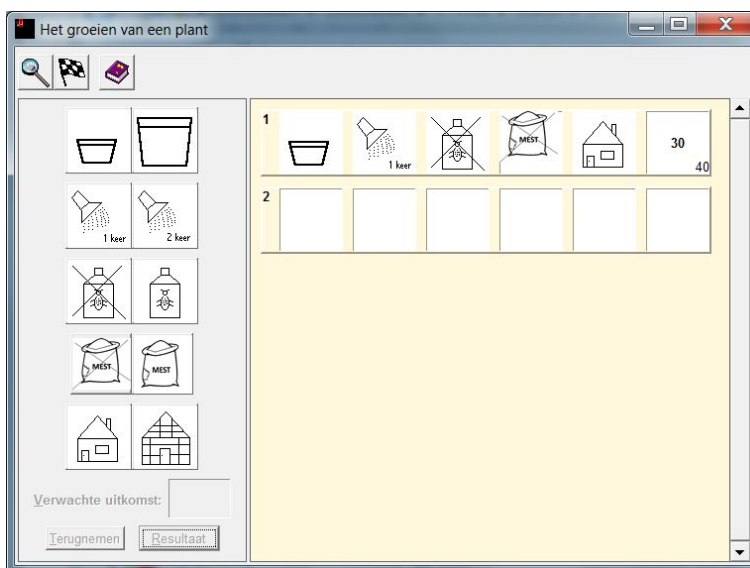


Figuur 1 – Structure map analogieverhaal 'Boer Harm en zijn blijde koeien'

Computertaken

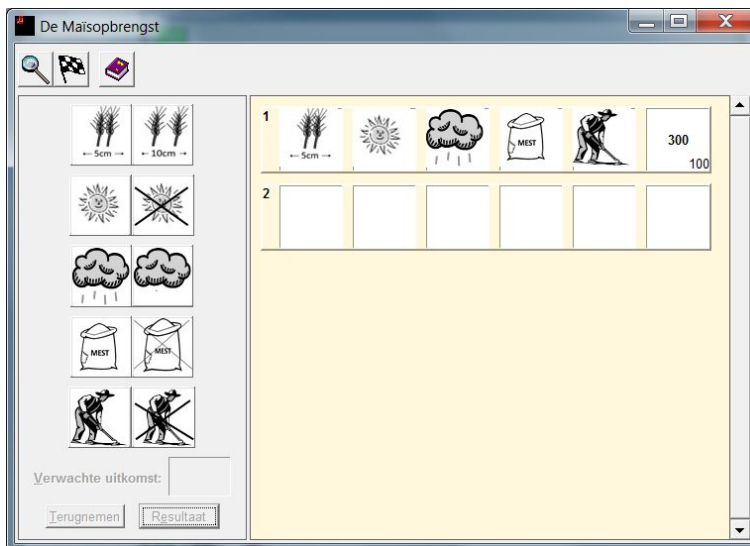
Er zijn twee verschillende onderzoekend leren computertaken ontwikkeld. Eén computertaak gaat over 'Plantengroei', en een tweede computertaak gaat over 'Maïsopbrengst'. De computertaken zijn aangeboden aan de proefpersonen door gebruik te maken van het computerprogramma FILE (Hulshof, Wilhelm, Beishuizen & Van Rijn, 2004). FILE staat voor 'Flexible Inquiry Learning Environment' en biedt de mogelijkheid om leertaken te ontwerpen en uit te voeren. Alle proefpersonen hebben via FILE experimenten uitgevoerd door telkens de onafhankelijke variabelen te veranderen en te kijken wat het effect is op de afhankelijke variabele.

Bij de Plantengroei computertaak kan onderzocht worden welke factoren invloed hebben op de groei van de plant, uitgedrukt in de lengte van de plant (in centimeters). Het doel van de Maïsopbrengst computertaak is te onderzoeken welke factoren invloed hebben op de maïsopbrengst, het gewicht van de opbrengst (in kilo's). In de Plantengroei taak kan de lengte van de plant de volgende waarden aannemen: 10, 20, 30, 40, 50, 60 en 70 cm. De groei van de plant kan worden beïnvloed door vijf onafhankelijke variabelen: 1) de plant in een grote of kleine pot zetten; 2) de plant één of twee keer per week water geven; 3) wel of geen gebruik maken van insecticide (spuiten); 4) wel of niet geven van kunstmest en 5) de plant in het huis of in een kas plaatsen. Het wel of geen gebruik maken van insecticide heeft geen effect. Eén of twee keer per week water geven en de grootte van de pot hebben een interactie effect. Wanneer de plant in een kleine pot staat, is het beter om de plant één keer per week water te geven. Krijgt de plant namelijk twee keer per week water, dan groeit de plant slecht (verdrinkt). Als de plant in een grote pot staat en één keer per week water krijgt, groeit de plant goed. Indien de plant in een grote pot staat, is bij het geven van twee keer per week water de groei van de plant het grootst. Het bemesten van de grond en locatie van de plant hebben een hoofdeffect. Ze hebben beiden een positief effect op de groei van de plant. Een weergave van de Plantengroei computertaak is in Figuur 2 weergegeven.



Figuur 2 - FILE weergave Plantengroei computertaak

In de Maïsopbrengst computertaak is de opbrengst van de maïs onderzocht. De afhankelijke variabele is het gewicht van de maïsopbrengst in kilo's. Het gewicht van de maïsopbrengst kan de volgende waarden aannemen: 50, 100, 150, 200, 250 en 300 kg. Het gewicht van de maïsopbrengst kan worden beïnvloed door vijf onafhankelijke variabelen: 1) de afstand tussen de maïszaadjes (5 of 10 cm); 2) de grond wel of niet te bemesten; 3) het wel of niet schijnen van de zon; 4) het wel of niet regenen, en 5) het wel of niet schoffelen van onkruid. Het wel of niet schoffelen van onkruid heeft een irrelevant effect. Bemesten en regen hebben een interactie effect. Als de grond wordt bemest en het regent dan is de maïsopbrengst het grootst. Maar als de grond wordt bemest terwijl het niet regent dan heeft bemesten een negatief effect op de maïsopbrengst. De afstand van de zaadjes en het schijnen van de zon hebben een hoofdeffect. Ze hebben beiden een positief effect op de maïsopbrengst. Een weergave van de Maïsopbrengst computertaak is in Figuur 3 weergegeven. Een mapping structuur tussen het analogie verhaal en de computertaken is in Bijlage IV weergegeven (zie Tabel 12).



Figuur 3 - FILE weergave Maïsopbrengst computertaak

Posttest

Na het uitvoeren van de computertaken werd de proefpersonen gevraagd een posttest te maken. De analogie groep kreeg vóór het maken van de posttest eerst een hint te lezen, waarbij ze herinnerd werden aan het analogieverhaal van 'Boer Harm'. De posttest bestond uit een structure map en een invulvak. Eerst werd de student gevraagd om voor beide computertaken de structure map in te vullen, waarin ze met pijlen konden aangeven wat de invloed is van de onafhankelijke variabelen op de afhankelijke variabele. Vervolgens werd de student gevraagd een invulvak in te vullen, waarin de student diende te beschrijven wat deze te weten was gekomen over de invloed van de onafhankelijke variabelen op de afhankelijke variabele. Voor de beschrijving in het invulvak kreeg de student een score toegekend (zie paragraaf 4.5). Voor de controle groep bestond de posttest uit enkel het invulvak. Deze groep studenten kregen geen hint of structure map.

4.4 Onderzoeksprocedure

Elke student werd één van de vier verschillende opdrachten (A1, A2, B1 of B2) op papier uitgereikt. Dit document bevatte alle vragen en instructies. De student vulde hierop zijn of haar studentnummer en de datum in. In sommige gevallen betrof het één enkele student per keer, maar in andere gevallen waren er meerdere studenten die tegelijkertijd aan het onderzoek deelnamen, afhankelijk van de aanmeldingen. Voordat de student de opdracht maakte, gaf de onderzoeker eerst een korte instructie van ongeveer twee minuten. Deze instructie was verschillend voor de analogie en de controleconditie.

De opdracht bestond uit twee delen. Het eerste deel betrof het maken van de pretest. Het tweede deel betrof het maken van de twee computertaken met behulp van een laptop. De studenten uit de analogie groep, kregen eerst een analogieverhaal te lezen voordat ze de computertaken maakten. Tenslotte moesten de studenten na het maken van elke computertaak een posttest vraag invullen. De studenten kregen voor het maken van de gehele opdracht anderhalf uur de tijd. De meeste studenten hadden deze tijd ook nodig.

Instructie controleconditie

De onderzoeker begon met het doornemen van een korte instructie waarin werd aangegeven dat de opdracht bestond uit twee delen. Er werd kort aangegeven dat eerst de pretest gemaakt moest worden, daarna de computertaken en tenslotte de posttest. Na het lezen van de instructie startte de student met het maken van de pretest vragen. Deze bestond uit het beantwoorden van zes voorkennisvragen over plantengroei en zes voorkennisvragen over maïsopbrengst.

Na het beantwoorden van de pretest vragen las de student zelf de handleiding voor het maken van de computertaken (zie Bijlage II). Deze handleiding bestond uit twee pagina's bestaande uit een screenshot en een toelichting. Een tiental pijlen en een legenda onder de screenshot, verduidelijkten de werking van alle knoppen en de betekenis van alle representaties

in de interface van het computerprogramma. Met behulp van een voorbeeld werd uitgelegd hoe het computerprogramma werkte. Na het lezen van de instructie gaf de onderzoeker nog aan dat het de bedoeling was dat de student minimaal 15 experimenten per computertaak moest uitvoeren, om zo de posttest vraag op het antwoordformulier goed in te kunnen vullen. De onderzoeker startte het computerprogramma met de juiste computertaak. De student voerde zijn/haar studentnummer in, voordat deze begon met het maken van de computertaak. Nadat de student aangaf klaar was met het maken van de computertaak, beantwoorde de student de bijbehorende posttest vraag. Deze posttest bestond uit één vraag: *‘Schrijf in het invulvak precies op wat je te weten bent gekomen over de invloed van de factoren op de groei van de plant’* (of ... *maïsopbrengst*). Vervolgens voerde de onderzoeker de code in om het programma af te sluiten en startte deze de tweede computertaak op. Nogmaals vulde de student zijn/haar studentnummer in. De student voerde daarna de tweede computertaak uit en beantwoordde tenslotte ook de laatste posttest vraag.

Instructie analogie conditie

De studenten uit de analogie conditie kregen dezelfde instructie als de controleconditie. Anders dan in de controleconditie, kregen de studenten uit de analogie conditie na het beantwoorden van de pretest vragen een analogie aangeboden. Deze bestond uit een analogieverhaal en een ingevulde structure map over ‘Boer Harm en zijn blijde koeien’. Deze gaven aan wat de invloed van een vijftal onafhankelijke variabelen is op de afhankelijke variabele ‘Melkopbrengst’. Het was belangrijk dat de student de analogie vlak voor het maken van de computertaken kreeg, zodat de student de analogie nog vers in het geheugen had tijdens het maken van de computertaken. De analogie werd tevens op een apart blad uitgereikt, zodat de studenten het constant naast hen hadden liggen. De onderzoeker vertelde de student dat dit verhaal zou helpen bij het maken van de computertaken (hint).

Bij de instructie van zowel de Plantengroei taak als de Maïsopbrengst taak stond de volgende hint vermeld: *“Denk bij het uitvoeren van deze computertaak aan het verhaal over Boer Harm, wat je net gelezen hebt. Het zal je helpen!”* (zie Bijlage V en VI).

Na het uitvoeren van elke computertaak moest de student de bijbehorende structure map invullen. In deze structure maps moesten ze de factoren benoemen, en met pijlen de relaties van deze factoren op de afhankelijke variabele weergeven, zie Figuur 4 en 5. Tenslotte moest de student het invulvak van de posttest vraag beantwoorden.



Figuur 4 – Structure map posttest (Plantengroei taak)



Figuur 5 – Structure map posttest (Maisopbrengst taak)

4.5 Scoring

De antwoorden op de pretest zijn beoordeeld om te kijken of de studenten vooraf al interacties tussen de variabelen veronderstelden. Dit bleek niet het geval te zijn. Geen van de studenten gaf bij de pretest al een vermoeden van een interactie aan. Er is derhalve geen specifiek scoringsprotocol ontwikkeld voor het scoren van de pretest.

De hypothese was dat studenten die de ondersteuning van het analogie verhaal en structure map kregen, beter in staat zouden zijn om de interactie te ontdekken tijdens het uitvoeren van de computertaken. Dit zou dan tot uitdrukking komen in een hogere score op de posttest. Voor het beoordelen van de posttest is een scoringsprotocol ontwikkeld om een score toe te kennen aan het antwoord dat elke student gaf op de posttestvraag die aan het einde van de beide computertaken gesteld werd. Een overzicht van deze antwoorden (citaten) is te vinden in bijlage VIII. Om te bepalen of de student de interactie ontdekt had, werd een score toegekend. In plaats van een binaire score ('Ontdekt' of 'Niet ontdekt'), is een scoringsprotocol toegepast met een fijner onderscheidend vermogen. Dit scoringsprotocol is een aangepaste versie van het scoringsprotocol dat is ontwikkeld door van Leuteren (2014) en is weergegeven in Figuur 8 en 11.

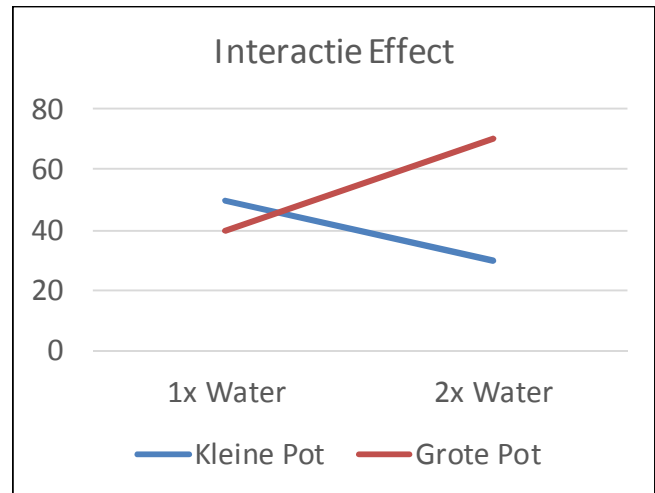
De student kreeg voor elk van de twee computertaken één score toegekend. Deze score is een 1, 2, 3, 4 of 5 naarmate de student de interactie in meer of mindere mate ontdekt had (Likert scale). Het volgende protocol is gehanteerd. 1. Geen interactie ontdekt; 2. Verkeerde interactie ontdekt; 3. De juiste interactie ontdekt, maar niet of verkeerd beschreven; 4. De juiste interactie ontdekt, maar onvolledig beschreven; 5. De juiste interactie ontdekt en volledig beschreven. Twee scoringsprotocollen zijn opgesteld, één voor de Plantengroei taak en één voor de Maïsopbrengst taak. De Figuren 6 en 8 geven de beide protocollen schematisch weer. De 52 studenten kregen voor beide taken een score toegekend voor de posttest. In totaal zijn er derhalve 104 scores toegekend.

De posttest vraag voor de plantengroei computertaak werd als volgt beoordeeld: Als geen enkele combinatie van variabelen beschreven werd, maar alleen één of meer onafhankelijke variabelen werden benoemd (Pot, Water, Insecticide, Kunstmest, Locatie), kreeg de student 1 punt (geen interactie ontdekt). In de Plantengroei taak zat een interactie tussen de onafhankelijke variabelen [Pot] en [Water]. Als een combinatie van andere onafhankelijke variabelen beschreven werd dan [Pot] en [Water], kreeg de student 2 punten (verkeerde interactie ontdekt). Als de interactie van [Pot] en [Water] werd benoemd, maar niet of onjuist werd beschreven, kreeg de student 3 punten (juiste interactie ontdekt, maar niet of verkeerd beschreven). Als het effect van de twee interacterende onafhankelijke variabelen op de afhankelijke variabele slechts gedeeltelijk werd beschreven, kreeg de student 4 punten (juiste interactie ontdekt, maar onvolledig beschreven). Dit correspondeert met het beschrijven van één of twee van de vier combinaties van de onafhankelijke variabelen (Figuur 6). Dit kan enerzijds zijn dat de persoon aangaf dat [Grote pot & 2x Water] de meeste groei leverde, en/of anderzijds dat [Kleine pot & 2x Water] de minste groei leverde. Dit betreft dus volgens Zohar een 'limited interaction'. Als het effect van de twee interacterende onafhankelijke variabelen op de afhankelijke variabele volledig werd beschreven, kreeg de student 5 punten (juiste interactie

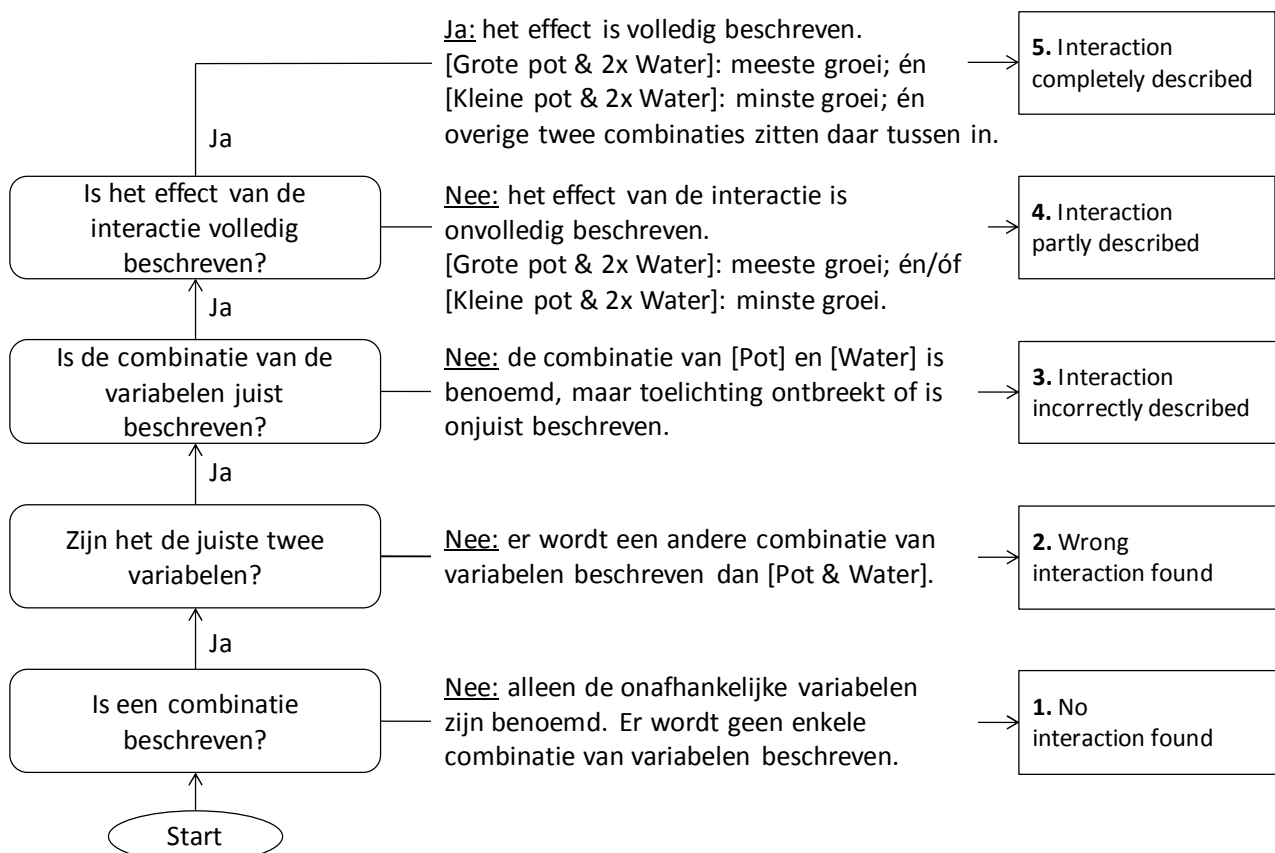
ontdekt en volledig beschreven). Dit correspondeert met het beschrijven van minimaal drie van de vier combinaties van de onafhankelijke variabelen (Figuur 6). De student moest dan beschrijven dat een combinatie van [Grote pot & 2x Water] de meeste groei leverde, dat de combinatie van [Kleine pot & 2x Water] de minste groei leverde, en dat andere combinaties van [Grote pot & 1x Water] en van [Kleine pot & 1x water] daar tussen lagen. Het scoringsprotocol voor de Plantengroei taak is weergegeven in Figuur 8.

		
 1 keer	50 cm	40 cm
 2 keer	30 cm	70 cm

Figuur 6 – Interacterende variabelen Plantengroei taak



Figuur 7 – Interactie Effect Plot Plantengroei taak

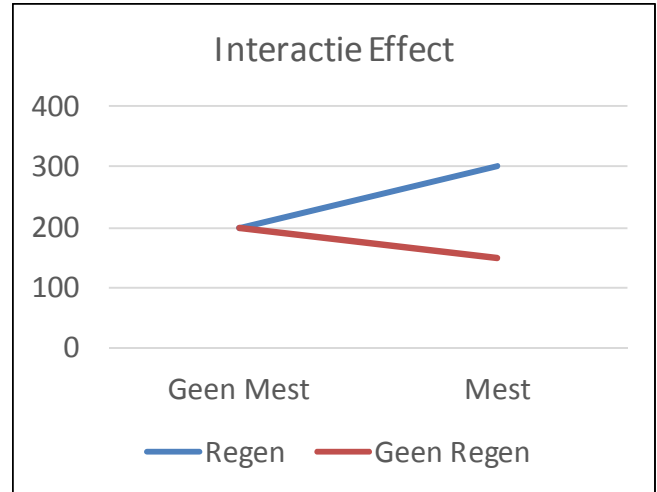


Figuur 8 – Scoringsprotocol Plantengroei taak

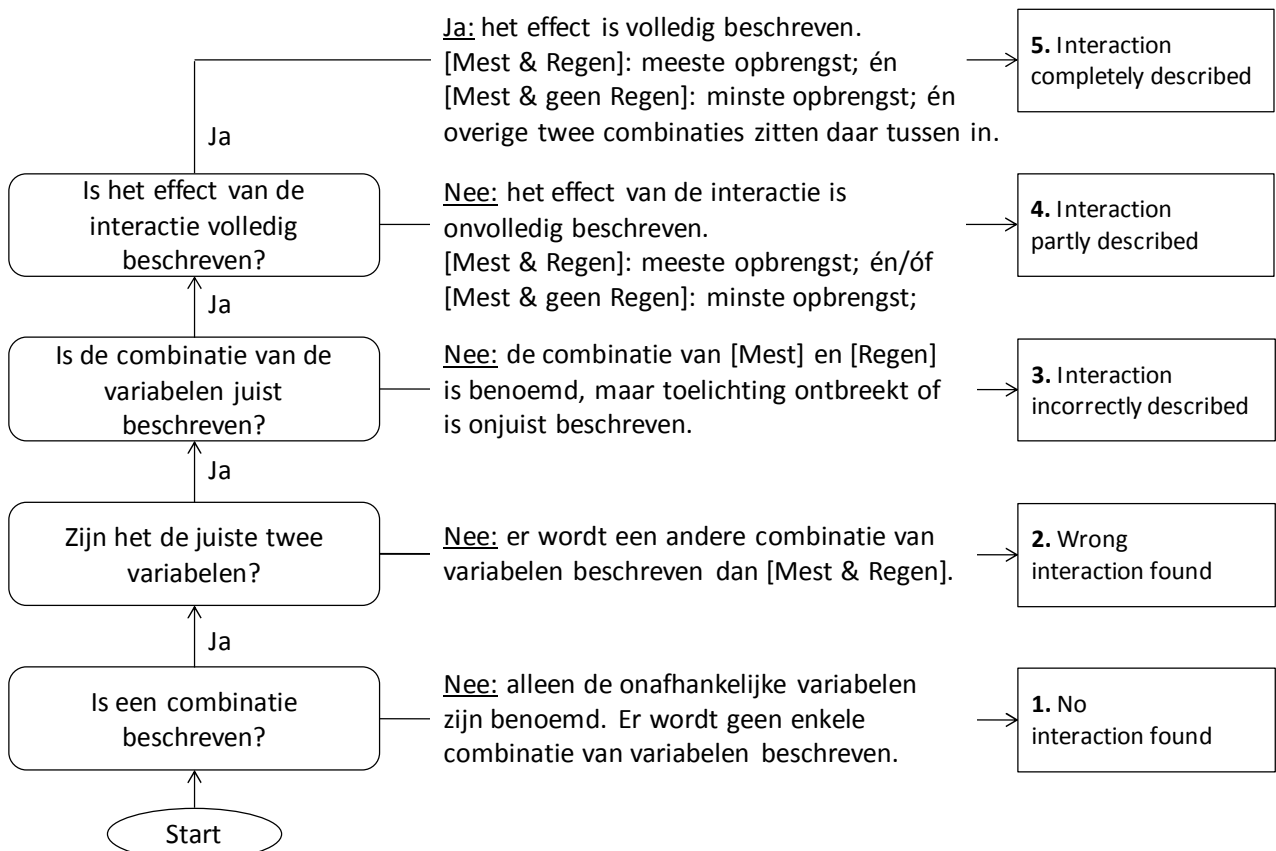
De posttest vraag voor de Maïsofbrengst taak werd als op een vergelijkbare wijze beoordeeld. Ook hier kreeg de student een score tussen 1 en 5. Het scoringsprotocol voor de Maïsofbrengst taak is weergegeven in Figuur 11.

		
	200 kg	300 kg
	200 kg	150 kg

Figuur 9 – Interacterende variabelen Maïsofbrengst taak



Figuur 10 – Interactie Effect Plot Maïsofbrengst taak



Figuur 11 – Scoringsprotocol Maïsofbrengst taak

Om de betrouwbaarheid van het scoringsprotocol te bepalen, is een Interbeoordelaarsbetrouwbaarheid analyse uitgevoerd. Hiertoe heeft een tweede beoordelaar 48 van de 104 posttests beoordeeld en een score gegeven. De posttests zijn willekeurig geselecteerd. Er is een kruistabel opgesteld en met behulp van SPSS de Cohen's Kappa berekend. De waarde voor de Cohen's Kappa van .944 geeft aan dat de betrouwbaarheid van het scoringsprotocol uitstekend is. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3. *Interbeoordelaarsbetrouwbaarheid van het scoringsprotocol*

		Beoordelaar 2					
		1	2	3	4	5	Totaal
Beoordelaar 1	1	17	0	0	0	0	17
	2	1	10	0	0	0	11
	3	0	0	4	0	0	4
	4	0	0	1	12	0	13
	5	0	0	0	0	3	3
	Totaal	18	10	5	12	3	48

5 Data-analyse & Resultaten

In zowel de analogie conditie (A) als de controleconditie (B) heeft elke student van tevoren een pretest gemaakt. Het resultaat van de pretest staat in de vierde kolom in Tabel 4. Geen van de studenten had een vooronderstelling over een interactie. Elke student heeft vervolgens twee computertaken gemaakt, de Plantengroei taak en de Maïsopbrengst taak. Na het maken van deze twee computertaken is voor beide taken een posttest vraag gemaakt. Hieraan is een score toegekend volgens het scoringsprotocol zoals beschreven in paragraaf 4.5. De beide scores zijn bij elkaar opgeteld in de kolom 'Totaal'. Om de posttest scores te visualiseren zijn er voor elke student twee kruisjes aangegeven voor de scores voor beide computertaken. Ter illustratie is in Tabel 4 het resultaat van de eerste 10 studenten weergegeven. De volledige tabel is in bijlage VII opgenomen. Zo heeft de student met studentnummer s137006 bij 'Plantgroei taak' een kruisje staan bij de score '4' en bij 'Maïsopbrengst taak' een kruisje bij de score '2'. De totaalscore voor deze student is '6'.

Tabel 4. Posttest scores (eerste 10 studenten)

Nr	StNr	Groep	Pretest	Posttest			Plant taak					Maïs taak				
				Plant	Maïs	Totaal	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	s1370006	A1	0	4	2	6				X		X				
2	s1000071	A2	0	4	4	8				X					X	
3	s1013475	B1	0	1	2	3	X					X				
4	s1484079	A1	0	4	3	7				X				X		
5	s0218308	A2	0	3	2	5			X			X				
6	s1481681	B2	0	1	1	2	X					X				
7	s2464349	A1	0	4	5	9				X						X
8	s1002392	B1	0	1	1	2	X					X				
9	s1411241	A2	0	1	1	2	X					X				
10	s1341502	B2	0	1	1	2	X					X				
...	...	...	...	...	...	...				...		...				

Om het verschil in het ontdekken van interacties te onderzoeken, is naar het verschil gekeken in de gemiddelde scores tussen de condities A en B voor de posttest vragen. De descriptieve analyse voor zowel de vier individuele groepen (A1, A2, B1 en B2), als voor de analogie conditie (A) als geheel en de controleconditie (B) als geheel, zijn weergegeven in Tabel 5.

Tabel 5. *Descriptive statistics posttest scores*

Groep	Conditie	n	Score			Descriptives		
			Plant	Maïs	Totaal	Mean	SD	Median
A1	Analogie	14	49	37	86	6.14	1.75	6.00
A2	Analogie	13	44	33	77	5.92	2.06	6.00
A1 + A2	Analogie	27	93	70	163	6.04	1.87	6.00
B1	Controle	13	31	24	55	4.23	2.98	3.00
B2	Controle	12	29	23	52	4.33	2.31	4.50
B1 + B2	Controle	25	60	47	107	4.28	2.62	4.00

In Tabel 6 zijn de percentages weergegeven van de studenten in zowel de controleconditie als de analogie conditie voor de scores. Dit geeft een eerste inzicht dat de studenten in de analogie conditie A hoger scoorden dan de controleconditie B. Met name het percentage van 44% van de controleconditie haalde niet meer dan de minimale score van 2, ten opzichte van het percentage van 44% van de analogie conditie die een score van 6 haalde.

Tabel 6a. *Percentage scores*

Conditie	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Totaal
Analogie	3.7%	7.4%	3.7%	14.8%	44.4%	7.4%	3.7%	11.1%	3.7%	100%
Controle	44.0%	4.0%	12.0%	12.0%	4.0%	12.0%	4.0%	0.0%	8.0%	100%

Tabel 6b. *Percentage scores (per taak)*

Conditie	Conditie	1	2	3	4	5	Totaal
Analogie	Plantengroei	7.4%	11.1%	22.2%	48.1%	11.1%	100%
	Maïsopbrengst	18.5%	40.7%	14.8%	14.8%	11.1%	100%
Controle	Plantengroei	48.0%	4.0%	16.0%	24.0%	8.0%	100%
	Maïsopbrengst	60.0%	16.0%	8.0%	8.0%	8.0%	100%

Om de juiste toets te kiezen om te onderzoeken of er een significant verschil was tussen de analogie conditie (A) en de controleconditie (B) in het ontdekken van interacties, is eerst onderzocht of de data normaal verdeeld was of niet. Hiertoe is de Kolmogorov-Smirnov test in SPSS gebruikt. De Kolmogorov Smirnov test leverde een p -waarde van .000 voor conditie A en een p -waarde van .000 voor conditie B. Met een α -level van .05 geldt voor beide condities dat de gevonden p -waarden significant zijn en kan geconcludeerd worden dat de data van beide condities bij benadering niet normaal verdeeld zijn. Vervolgens is ook de normaliteit onderzocht voor elk van de vier subgroepen afzonderlijk. Uit de Kolmogorov-Smirnov test is gebleken dat alle groepen, behalve A2, niet-normaal verdeeld zijn. Echter, als we binnen groep A2 kijken, toont de Kolmogorov-Smirnov test aan dat zowel de Plantengroei taak als de Maisopbrengst taak niet normaal verdeeld zijn (zie Tabel 7).

Tabel 7. *Test of Normality - Kolmogorov Smirnov*

Computertaak	Groep	Conditie	n (df)	Statistic	p
Plantengroei	A1	Analogie	14	0.292	.002
	A2	Analogie	13	0.294	.003
	B1	Controle	13	0.336	.000
	B2	Controle	12	0.265	.020
Maisopbrengst	A1	Analogie	14	0.264	.009
	A2	Analogie	13	0.273	.009
	B1	Controle	13	0.404	.000
	B2	Controle	12	0.284	.008
Totaalscore	A1	Analogie	14	0.318	.000
	A2	Analogie	13	0.177	.200
	A	Analogie	27	0.249	.000
	B1	Controle	13	0.235	.048
	B2	Controle	12	0.261	.024
	B	Controle	25	0.248	.000

De alternatieve hypothese in dit onderzoek was dat studenten die de ondersteuning van het analogie verhaal en structure map kregen, beter in staat zouden zijn om de interactie te ontdekken tijdens het uitvoeren van de computertaken. Dit zou dan tot uitdrukking moeten komen in een hogere score voor de posttest. In deze paragraaf zullen we de hypothese statistisch toetsen en onderzoeken of het verschil tussen de analogie conditie A en de controleconditie B significant is of niet. De volgende nulhypothese is opgesteld: $H_0: \eta_A = \eta_B$ (geen verschil tussen de analogie conditie A en controleconditie B) en de alternatieve hypothese is $H_A: \eta_A \neq \eta_B$ (wel verschil tussen de analogie conditie A en controleconditie B).

Omdat de data niet-normaal verdeeld zijn, is de non-parametrische Mann-Whitney U-test toegepast, om de mediaan-score van de analogie conditie A te vergelijken met de mediaan-score van de controleconditie B. De Mann-Whitney U-test onderzoekt het verschil tussen de medianen van beide condities. De resultaten van de toets zijn weergegeven in Tabel 8. De Mann-Whitney U-test leverde een p -waarde op van .006. Met een α -level van .05 dienen we de nulhypothese te verwerpen en de alternatieve hypothese aan te nemen. De Mann-Whitney U-test toont aan dat er een significant verschil is tussen de score van analogie conditie en de controleconditie. De gevonden p -waarde houdt verband met een tweezijdige overschrijdingskans, die we door twee moeten delen om de eenzijdige overschrijdingskans voor $H_A: \eta_A > \eta_B$ te krijgen. Dit levert een p -waarde van .003. De kleinere p -waarde verstevigt onze conclusie dat de analogie conditie hoger scoort dan de controleconditie.

Tabel 8. Mann-Whitney U-test

Conditie	n	Mean Rank	Sum of Ranks
Analogie	27	32.02	864.50
Controle	25	20.54	513.50
Totaal	52		

Test statistics

Mann-Whitney U	188.50
Wilcoxon W	513.50
Z	-2.774
p -waarde (2-tailed)	.006

Vervolgens is onderzocht of de analogie conditie voor zowel de Plantengroei taak als voor de Maïsopbrengst taak beter in staat is geweest de interactie te ontdekken. Daartoe is de Mann-Whitney U-test nogmaals uitgevoerd voor de beide taken. Dit betreft een tweezijdige toets. De resultaten zijn in Tabel 9 weergegeven. Voor de Plantengroei taak is het verschil tussen de controleconditie en de analogie conditie significant ($p = .011$). Voor de Maïsopbrengst taak is het verschil tussen de controleconditie en de analogie conditie ook significant ($p = .015$). De Mann-Whitney U-test toont aan dat de scores voor de beide individuele posttests de analogie conditie significant beter in staat was om de interactie te ontdekken.

Tabel 9. Mann-Whitney U-test

Computertaak	Groep	Conditie	<i>n</i>	Mean Rank	Sum of Ranks
Plantengroei	A	Analogie	27	31.46	849.50
	B	Controle	25	21.14	528.50
		Totaal	52		
Maïsopbrengst	A	Analogie	27	31.20	842.50
	B	Controle	25	21.42	535.50
		Totaal	52		
Totaalscore	A	Analogie	27	32.02	864.50
	B	Controle	25	20.54	513.50
		Totaal	52		

Test statistics

	Plantengroei	Maïsopbrengst	Totaalscore
Mann-Whitney U	203.50	201.50	188.50
Wilcoxon W	528.50	535.50	513.50
Z	-2.554	-2.431	-2.774
<i>p</i> -waarde (2-tailed)	.011	.015	.006

Verder is onderzocht of er een verschil was in de score op de posttests, die na het maken van de beide computertaken gemaakt zijn. Hiertoe is onderzocht of er een significant verschil zat in de posttest scores tussen de Plantengroei taak en de Maïsopbrengst taak. De Mann Whitney test wees uit dat er een significant verschil zat in de score op beide taken ($p = .015$). Het blijkt dat de Plantengroei taak tot een hogere score heeft geleid dan de Maïsopbrengst taak (zie Tabel 10). Dit geldt voor zowel de analogie conditie als voor de controleconditie.

Tabel 10. Mann-Whitney U-test voor 'Taak'

	Computertaak	<i>n</i> (df)	Mean Rank	Sum of Ranks
Score	Plantengroei	52	59.45	3091.50
	Maïsopbrengst	52	45.55	2368.50
	Totaal	104		

Test statistics

	Score
Mann-Whitney U	990.50
Wilcoxon W	2368.50
Z	-2.423
<i>p</i> -waarde (2-tailed)	.015

Tenslotte is onderzocht of de volgorde in het maken van de computertaken invloed had op de posttest scores. Hiertoe is onderzocht of er een significant verschil zat in de posttest scores. De Kruskal Wallis test heeft aangetoond dat de volgorde in het maken van de computertaken geen invloed heeft gehad op de totaalscore (zie Tabel 11). Het verschil tussen de groepen A1 en A2 was niet significant ($p = .741$). Ook het verschil tussen de groepen B1 en B2 was niet significant ($p = .732$). Er is ook gekeken of er een correlatie bestaat tussen de verkregen score op de Plantengroei taak en de score op de Maïsopbrengst taak. De Spearman coëfficiënt is .578. Dit betekent dat de correlatie gematigd ('moderate') is.

Tabel 11. *Kruskal Wallis test voor 'Volgorde van testen'*

	Groep	Conditie	<i>n</i> (df)	Mean Rank
Totaalscore	A1	Analogie	14	14.46
	A2	Analogie	13	13.50
		Totaal	27	
Totaalscore	B1	Controle	13	12.54
	B2	Controle	12	13.50
		Totaal	25	

Test statistics

Chi-square	A	Analogie	.110
df			1
<i>p</i> -waarde			.741
Chi-square	B	Controle	.117
df			1
<i>p</i> -waarde			.732

6 Conclusie & Discussie

Het doel van dit onderzoek was om de effectiviteit van het gebruik van een analogie + structure map en hint te onderzoeken, als ondersteuning bij het ontdekken van interacties tijdens onderzoekend leren (inquiry learning). Aan dit onderzoek hebben 52 studenten meegewerkt, die waren verdeeld over twee condities: de analogie conditie (A) en de controleconditie (B). Deze twee condities zijn weer onderverdeeld in twee groepen om een eventuele invloed van de volgorde van de taken uit te sluiten (counterbalancing).

De pretest toonde aan dat geen van de studenten een vooronderstelling van een interactie had. Alle studenten hebben vervolgens twee computertaken en de bijbehorende posttest gemaakt, waarvoor ze een score hebben gekregen. De gemiddelde posttestscores van de twee condities zijn met elkaar vergeleken.

De centrale hypothese in dit onderzoek was dat studenten die een analogieverhaal, een structure map en hint kregen aangeboden beter in staat zouden zijn om interacties te ontdekken tijdens het maken van de computertaken, hetgeen dan tot uitdrukking zou komen in hogere scores voor de posttests. Deze hypothese wordt door de resultaten van dit onderzoek ondersteund. Statistische analyse van de onderzoeksresultaten toont aan dat de analogie conditie significant hoger scoorde op het ontdekken van interacties dan de controleconditie ($p = .003$). De conclusie is dan ook dat het aanbieden van ondersteuning, in de vorm van een analogieverhaal + structure map en hint een significante bijdrage levert aan het ontdekken van interacties bij onderzoekend leren. Dit effect was zowel te zien in de Plantengroei- als in de Maisopbrengst computertaak. Statistische toetsing wees uit dat de analogie conditie voor zowel de Plantengroei taak als voor de Maisopbrengst taak beter in staat is geweest de interactie te ontdekken. De data toont tevens aan dat de Plantengroei taak tot een hogere score leidde dan de Maisopbrengst taak ($p = .015$), voor zowel de analogie conditie als de controle conditie. De data toont verder aan dat de volgorde in het maken van de computertaken geen invloed heeft op de posttest scores. Het verschil tussen de analogie groepen A1 en A2 was niet significant ($p = .741$) en ook het verschil tussen de controlegroepen B1 en B2 was niet significant ($p = .732$).

De resultaten laten een tweetal opvallende zaken zien. Ten eerste blijkt het ontdekken en beschrijven van interacties voor de meeste studenten lastig te zijn. Slechts 3 studenten hadden beide interacties ontdekt en de effecten volledig beschreven en scoorden 5 punten per taak, wat door Zohar wordt aangeduid als een volledige interactie ('valid interaction'). Veel studenten hebben de interactie weliswaar ontdekt, maar hebben de interactie niet volledig beschreven. Tabel 6 laat zien dat 48% van de studenten in de analogie conditie 4 punten scoorden voor de Plantengroei taak ('juiste interactie ontdekt, maar onvolledig beschreven'). Het niet volledig beschrijven van de interactie wordt door Zohar aangeduid als een gedeeltelijke interactie ('limited interaction'). De bevindingen van de ene onafhankelijke variabele worden gelimiteerd tot één specifiek niveau van de andere onafhankelijke variabele. Veel studenten hebben hun bevindingen op een dergelijke manier geformuleerd. Het betekent dat de interactie onvolledig is beschreven, hetgeen geen 'valid interaction' is. Dit onderzoek toont dus aan dat het bieden van ondersteuning door een analogieverhaal + structure map en hint een beperkt effect heeft op

het ontdekken en volledig beschrijven van de interactie. Dit wordt verklaard doordat het aanbieden van de genoemde ondersteuning niet alle vier de moeilijkheden die Zohar beschrijft verhelpt, maar alleen de tweede moeilijkheid, te weten 'Lacking the conceptual framework for interacting factors'. Een aanbeveling voor vervolgonderzoek is om ook de andere drie moeilijkheden in het ontdekken van interacties te verhelpen door het bieden van ondersteuning. Een mogelijke manier is om de analogie conditie een gestructureerd onderzoeksdesign aan te reiken, waarbij alle mogelijke combinaties op een geordende wijze voorgeschreven worden. De student dient dan deze volgorde van experimenteren aan te houden. Hiermee wordt voorkomen dat bepaalde combinaties dubbel worden uitgevoerd of dat combinaties worden gemist. Indien er vijf variabelen in een onderzoek aanwezig zijn, die elk op twee niveaus kunnen worden ingesteld, zijn er 32 experimenten nodig voor een volledig gecontroleerd onderzoek. In Tabel 14 (Bijlage IX) is een volledig onderzoeksdesign weergegeven voor de vijf variabelen van de Plantengroei taak. Dit wordt ook wel een 'Full Factorial Design' genoemd (Ronald Fisher, 1926). Deze gestructureerde wijze van experimenteren zal bijdragen in het bepalen van een goede vergelijkingsstrategie en daarmee de eerste moeilijkheid die Zohar beschrijft verhelpen ('Lacking the double set of comparison strategy'). Verder zal een gestructureerd onderzoeksdesign er voor zorgen dat het experiment systematisch wordt uitgevoerd. Dit zorgt er voor dat de variabelen beter onder controle gehouden worden. Hiermee worden de derde en vierde moeilijkheid die Zohar beschrijft verholpen ('Diversion of attention to other features' en 'Maintaining necessary control of other variables'). Het aanbieden van een analogie verhaal + structure map en hint enerzijds en het aanreiken van een gestructureerd onderzoeksdesign anderzijds, zal bijdragen in het ontdekken van interacties en het beschrijven van een 'valid interaction', omdat met deze gecombineerde vorm van ondersteuning alle vier de moeilijkheden die Zohar beschrijft verholpen worden.

Ten tweede toont de data aan dat er een significant verschil zit in de scores op de beide computertaken (zie Tabel 10). Beide condities hebben een hogere score behaald voor de Plantengroei taak dan voor de Maïsopbrengst taak. Beide computertaken hebben echter hetzelfde design: twee hoofdeffecten, één irrelevant effect en één interactie effect. Het is dus niet aannemelijk dat het design de oorzaak is dat de Plantengroei taak beter is gemaakt. Een mogelijke oorzaak kan wel zijn dat de studenten minder voorkennis ('prior beliefs') hadden van het verbouwen van maïs. In dat geval klopt hetgeen de student vindt als uitkomst ('evidence') niet met zijn/haar 'beliefs', en ontstaat er een contradictie. Volgens Zohar gaat het hier dan om 'Limited inferences as theory savers'. De meest aannemelijke oorzaak is echter dat het interactie effect ten opzichte van de hoofdeffecten bij de Maïsopbrengst taak minder groot is dan het interactie effect ten opzichte van de hoofdeffecten bij de Plantengroei taak. Het gevolg is dan dat het interactie effect minder zichtbaar is en minder snel opgemerkt wordt door de student tijdens het maken van de computertaken. Een aanbeveling voor vervolgonderzoek is om verder te onderzoeken in hoeverre de grootte van het interactie effect invloed heeft op het ontdekken van de interactie. De veronderstelling is dat indien een interactie een relatief groot effect heeft in het onderzoeksdesign, deze ook eerder ontdekt zal worden.

Een beperking van dit onderzoek is dat het experimenteelgedrag van de studenten niet is geanalyseerd. Een aanbeveling voor vervolgonderzoek is om dit voor elke student te analyseren. Het programma FILE biedt de mogelijkheid om de logfiles van elke student te bekijken (Hulshof, C. D., Wilhelm, P., Beishuizen, J. J. & van Rijn, D. H., 2005). Dit geeft inzicht of de student wel of niet gestructureerd experimenteert. Op deze manier kan onderzocht worden of er een discrepantie is tussen de set van experimenten die is uitgevoerd en respons van de student op de posttest. Ook is het een mogelijkheid om de student hardop te laten denken tijdens het uitvoeren van de experimenten ('metastatements'), en dit eventueel op te nemen. Zohar beschrijft dit als een manier om het denkproces van de student te volgen en te analyseren. Dit geeft inzicht in de oplossingsstrategie die de student toepast en de moeilijkheden die hij ondervindt in het ontdekken van de interactie.

Met dit onderzoek is aangetoond dat het bieden van ondersteuning in de vorm van een analogie + structure map en hint een positieve bijdrage levert in het ontdekken van interacties. Hiermee is het nut aangetoond van het gebruik van ondersteuning in deze vorm tijdens onderzoekend leren. Dit onderzoek biedt verder handvatten om meer inzicht te krijgen in de moeilijkheden die studenten ondervinden in het ontdekken van interacties en biedt daarnaast inzicht in de mogelijkheden die er zijn om deze vorm van ondersteuning nog verder te ontwikkelen.

7 Referenties

- Beishuizen, J.J., Wilhelm, P. & Schimmel, M. (2004). Computer-supported inquiry learning: effects of training and practice. *Computers & Education*, 42(4), 389-402.
- De Jong, T. & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68(2), 179-201.
- Forisek, M., & Steinova, M. (2012). Metaphors and analogies for teaching algorithms. *Computer Science Education*, 15-20.
- Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A Theoretical Framework for Analogy. *Cognitive Science* 7, 155-170.
- Gick, M.L., & Holyoak, K.J. (1980). Analogical Problem Solving. *Cognitive Psychology*, 12, 306-355.
- Gijlers, H., & de Jong, T. (2009). Sharing and confronting propositions in collaborative inquiry learning. *Cognition and Instruction*, 27, 239-268.
- Halford, G.S., Wilson, W.H. & Phillips, W. (1998). Processing capability defined by relational complexity: Implications for comparative, developmental and cognitive psychology. *Behavioral Brain Sciences*, 21, 803-831.
- Hulshof, C. D., Wilhelm, P., Beishuizen, J. J. & van Rijn, D. H. (2005). FILE: A tool for the study of inquiry learning. *Computers in Human Behavior*. 21(6), 945 – 956.
- Kirschner, P.A., Sweller, J., & Clark, R.E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: an analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.
- 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.
- Njoo, M., & de Jong, T. (1993a). Exploratory learning with a computer simulation for control theory: Learning processes and instructional support. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 821-844
-

- Ter Braak, A. (2013). Het gebruik van analogieën bij het ontdekken van interacties tijdens onderzoekend leren. Masterthese. Universiteit Twente, Enschede, Nederland.
- Van Leuteren, N.B., (2014). Finding interaction effects using animated analogies in inquiry learning. Master thesis. Universiteit Twente, Enschede, Nederland.
- Wilhelm, P. & Bieshuizen, J.J. (2003). Content effects in self-directed inductive learning. *Learning and Instruction*, 13, 381-402.
- Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Development Review*, 27(2), 172-223.
- Zohar, A. (1995). Reasoning about Interactions between Variables. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 1039–1063.
-

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

4 – Je kunt kiezen om de plant kunstmest te geven of om de plant geen kunstmest te geven. Welke invloed denk je dat het wel of niet geven van kunstmest op de groei van de plant heeft?

5 – De plek waar je de plant laat groeien kan ook belangrijk zijn. Om de plant te laten groeien kun je kiezen om de plant in huis of in een kas te plaatsen. Welke invloed denk je dat de twee verschillende locaties op de groei van de plant hebben?

6 – Kun je nog meer zeggen over de invloed die bovenstaande factoren kunnen hebben op de groei van de plant?

[illegible]

Bijlage II – Analogieverhaal ‘Boer Harm en zijn blij koeien’

Harm is een veeboer uit Enschede. Hij heeft een boerderij met 40 melkkoeien die hij van zijn vader heeft overgenomen. Elke dag gaat Harm naar de stal waar hij de koeien met een melkmachine gaat melken.

De melkproductie van een goede Nederlandse melkkoe is ongeveer 150 liter melk per koe per week. De koeien van Harm geven echter maar 100 liter melk per koe. Dat is dus veel minder dan gemiddeld.

Harm is hier niet blij mee en hij is van plan om de melkproductie van zijn koeien te verhogen. Hij weet echter niet precies wat zijn melkproductie zou kunnen verhogen. Als hij 's avonds in bed ligt bedenkt hij een plan. Hij bedenkt vijf factoren die hij wil onderzoeken:

	A	B
1 – Muziek	Geen muziek	Wel muziek
2 – Het type voer	Normaal voer	Krachtvoer
3 – Plek (plaats waar de koeien verblijven)	Binnen op stal	Buiten in de wei
4 – Temperatuur	(Koel) 5 tot 15°C	(Warm) 15 tot 25°C
5 – Koeienras	Zwartbonte koe	Roodbonte koe

1 - Muziek ('Geen muziek' of 'Wel muziek')

Harm heeft eens gehoord dat muziek dieren ontspant en Harm onderzoekt of muziek tot meer melkproductie leidt. Na een week muziek afspelen stelt Harm vast dat de gemiddelde melkproductie met 2 liter per koe per week is toegenomen.

2 - Type voer ('Normaal voer' of 'Krachtvoer')

Daarna onderzoekt Harm of krachtvoer invloed heeft. Na een week blijkt dat de gemiddelde melkproductie per koe met 8 liter is toegenomen (tot 110 liter per koe per week). Harm is blij en concludeert dat krachtvoer de melkproductie verhoogt.

3 - Plek ('Stal' of 'Wei')

Vervolgens onderzoekt Harm of het een verschil maakt of de koeien binnen op stal staan of buiten in de wei lopen. Het is mooi weer en Harm laat de koeien een week naar buiten gaan. Aan het einde van de week constateert Harm dat de melkproductie met nog eens 30 liter is toegenomen tot 140 liter per koe per week. Harm is blij dat hij nog iets ontdekt dat uitmaakt.

4 - Temperatuur ('Koel' of 'Warm')

De week daarna slaat het weer ineens om en is het koeler geworden. Aan het einde van deze week blijkt dat de melkproductie met maar liefst 50 liter is afgenomen tot 90 liter per koe per week. Harm begrijpt er niets van, maar vermoedt dat het buiten te koud is voor de koeien. Hij brengt de koeien weer naar binnen en aan het einde van de week is de melkproductie weer toegenomen tot 100 liter per koe per week.

5 - Koeienras ('Zwartbonte koe' of 'Roodbonte koe')

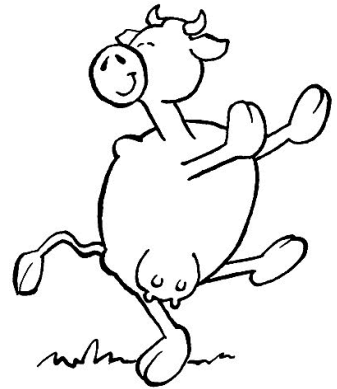
Harm heeft twee koeienrassen: 'Zwartbonte' koeien en 'Roodbonte' koeien. Hij onderzoekt of het ene ras meer melk geeft dan het andere ras. De omstandigheden voor beide groepen zijn gelijk. Beide rassen blijken gemiddeld per week per koe evenveel melk te geven.

De uitleg

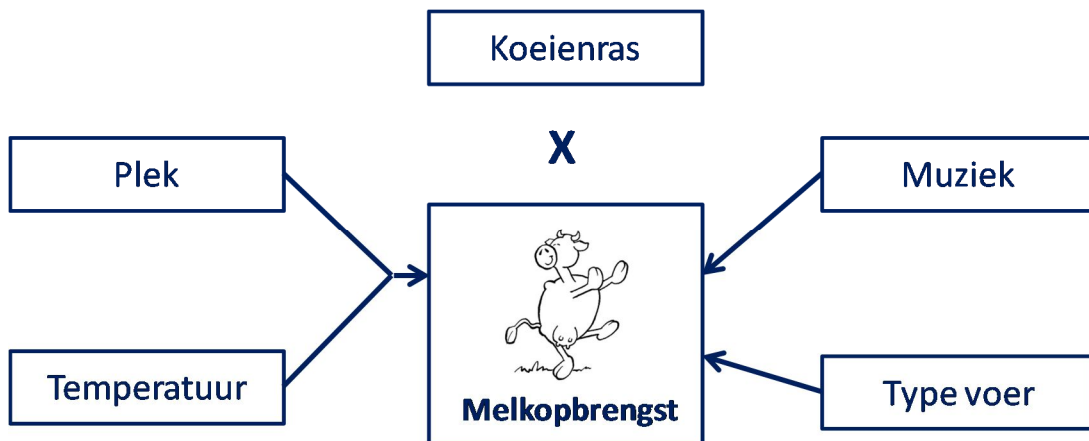
Harm heeft uitgevonden dat 'Muziek' een kleine positieve invloed heeft op de melkproductie. Het 'Koeienras' heeft geen invloed op de melkproductie. Verder heeft Harm uitgevonden dat het element 'Krachtvoer' tot een toename van 8 liter melk per koe per week leidt.

In eerste instantie snapt Harm helemaal niets van 'Plek' en 'Temperatuur'. Toen hij de koeien in de wei liet lopen was de melkproductie hoger dan in de stal. Toen het echter koeler werd nam de melkproductie af en was het beter om de koeien in de stal te laten staan. In de stal ging het toen goed, totdat het ineens weer warmer werd. Toen kon Harm de koeien beter weer naar buiten sturen.

Na een middag nadenken, concludeert Harm dat er sprake is van een verband tussen 'Plek' en 'Temperatuur'. Dit betekent dat deze met elkaar samenhangen. Als de temperatuur lager is, kunnen de koeien beter in de stal staan en als de temperatuur hoger is kunnen de koeien beter in de wei staan. Bij een temperatuur van 5 tot 15°C vinden de koeien het lekkerder om binnen te staan. Bij een temperatuur van 15 tot 25°C vinden de koeien het lekkerder om buiten te staan. Als de koeien zich lekker voelen, geven ze meer melk.



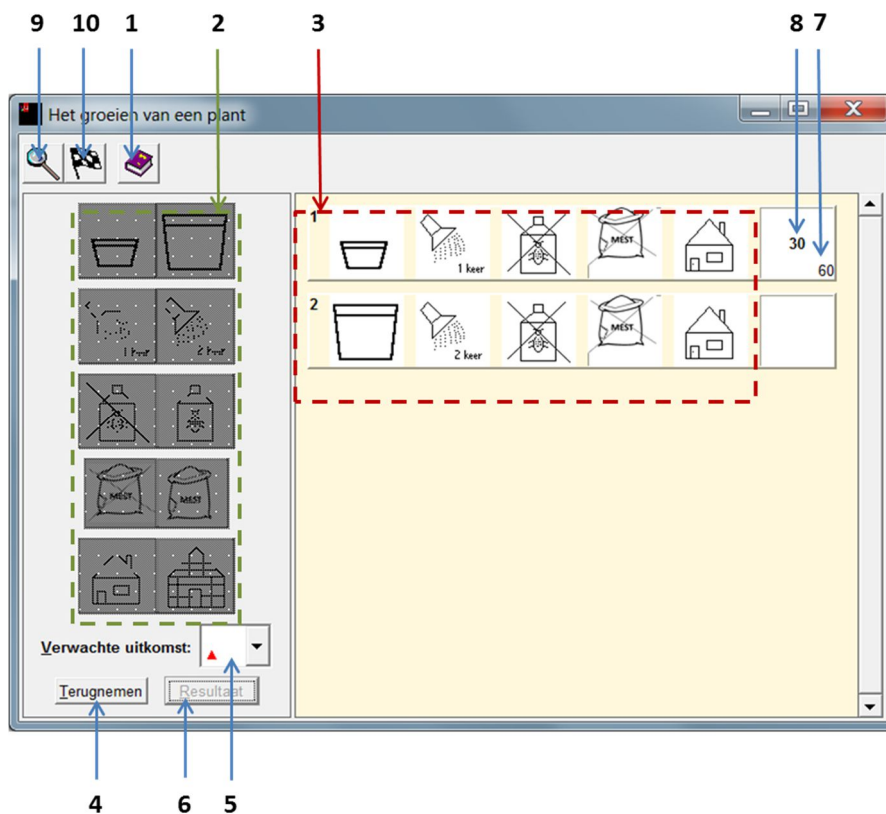
Hieronder zie je wat Boer Harm heeft ontdekt, weergegeven in een plaatje:



Bijlage III - Handleiding voor computertaak – ‘Plantengroei’

Het is niet zo dat planten die groeien allemaal even groot worden. Hoe zou dat komen? Wat is de invloed van de verschillende factoren op de lengte van een plant? Zo heeft bijvoorbeeld de grootte van de pot of het aantal keer dat je de plant per week water geeft invloed. Er zijn nog een paar andere factoren te bedenken die invloed kunnen hebben op de groei van de plant.

In de opdracht 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 plantengroei.



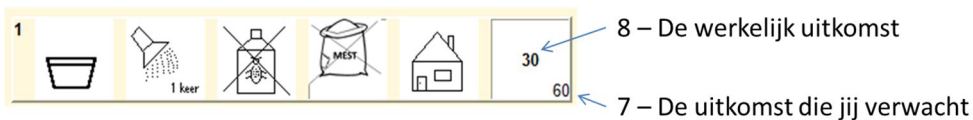
Figuur 12 – Screenshot van Computertaak

1. Introductie tekst lezen
2. Factoren kiezen
3. Combinatie van gekozen factoren
4. Een factor weghalen
5. Jouw verwachting selecteren
6. De uitkomst laten zien
7. De uitkomst die jij verwacht
8. De werkelijke uitkomst
9. Twee of meer resultaten met elkaar vergelijken
10. Afsluiten

Toelichting

1. Door op de woordenboek-knop te klikken kun je de opdracht lezen (pijlte 1).
2. De bedoeling is dat jij gaat uitzoeken wat de invloed is van vijf factoren op de groei van een plant. Je kunt dit doen door met de muis op een factor te klikken in het groene vlak (pijlte 2). Door met de muis op een plaatje te klikken verschijnt één van de mogelijkheden per factor rechts in het rode experiment vak (pijlte 3), bijvoorbeeld kleine pot of grote pot zon bij factor "Pot".

a. Pot	Kleine of grote pot
b. Water	Eén of twee keer water per week
c. Spuiten	Wel of niet spuiten tegen bladluizen
d. Kunstmest	Wel of geen kunstmest
e. Locatie	In huis of in een kas
3. Als je dat voor alle vijf factoren hebt gedaan, heb je een experiment ingericht. In het plaatje hierboven staan twee experimenten. In het bovenste experiment is gekozen voor 'kleine pot', 'één keer water', 'niet spuiten tegen bladluizen', 'geen kunstmest' en 'in huis'.
4. Mocht je je keuze nog willen wijzigen, dan kan dat met de knop "Terugnemen" (pijlte 4).
5. Als je je keuze hebt gemaakt kan je in het vak "Verwachte uitkomst" het getal kiezen (pijlte 5) waarvan jij denkt dat de lengte van de plant zal zijn, voor de factoren die je hebt aangeklikt.
6. Je kunt nu op het knopje "Resultaat" (pijlte 6) klikken. Je hebt nu een experiment uitgevoerd!
7. In het vakje rechts van het experiment verschijnt de lengte van de plant die jij verwacht (pijlte 7)
8. Ook verschijnt in hetzelfde vlakje de werkelijke lengte (pijlte 8).



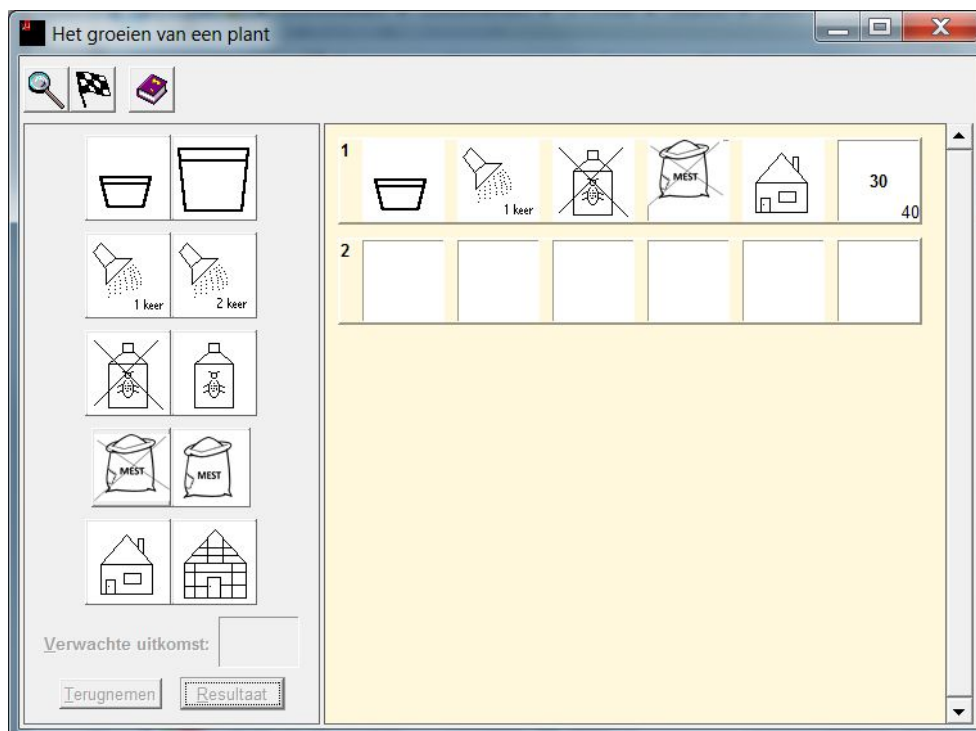
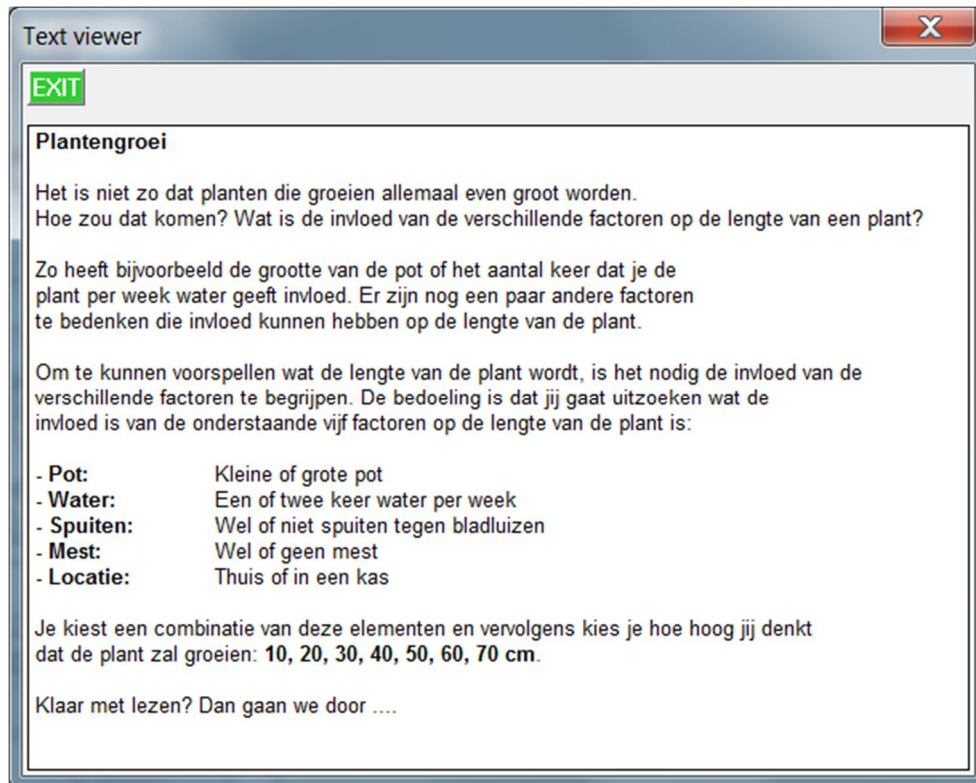
9. Als je meer dan vier experimenten hebt gedaan, dan verdwijnen er experimenten van het scherm. Met de scrollbar aan de rechterkant kun je deze experimenten weer op het scherm krijgen. Om experimenten met elkaar te kunnen vergelijken is het handig ze onder elkaar te kunnen zetten in een volgorde die 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” (pijl 9) te klikken. De door jouw geselecteerde experimenten verschijnen dan onder elkaar in een nieuw venster.
10. Als je klaar bent met het maken van experimenten, kun je afsluiten door op de “finish-vlag” te klikken (pijl 10). DOE DIT NIET ZELF!, maar meld het aan de proefleider als je klaar bent.

Nu je weet hoe dit programma werkt, kun je hiermee gaan onderzoeken wat de invloed van de vijf factoren op de groei van een plant is.

Bijlage IV - Computertaken

Computertaak – ‘Plantengroei’

Screen prints – ‘Plantengroei’



FILE – ‘Plantengroei’

```
formula($mest = geenmest,  
formula($mest = mest,
```

```
$tmest = 0).  
$tmest = 10).
```

```
formula($plek = huis,  
formula($plek = kas,
```

```
$tplek = 0).  
$tplek = 10).
```

```
formula(and($pot = klein, $water = water1),  
formula(and($pot = klein, $water = water2),  
formula(and($pot = groot, $water = water1),  
formula(and($pot = groot, $water = water2),
```

```
$tpot = 0).  
$tpot = -20).  
$tpot = -10).  
$tpot = 20).
```

```
formula($water = water1,  
formula($water = water2,
```

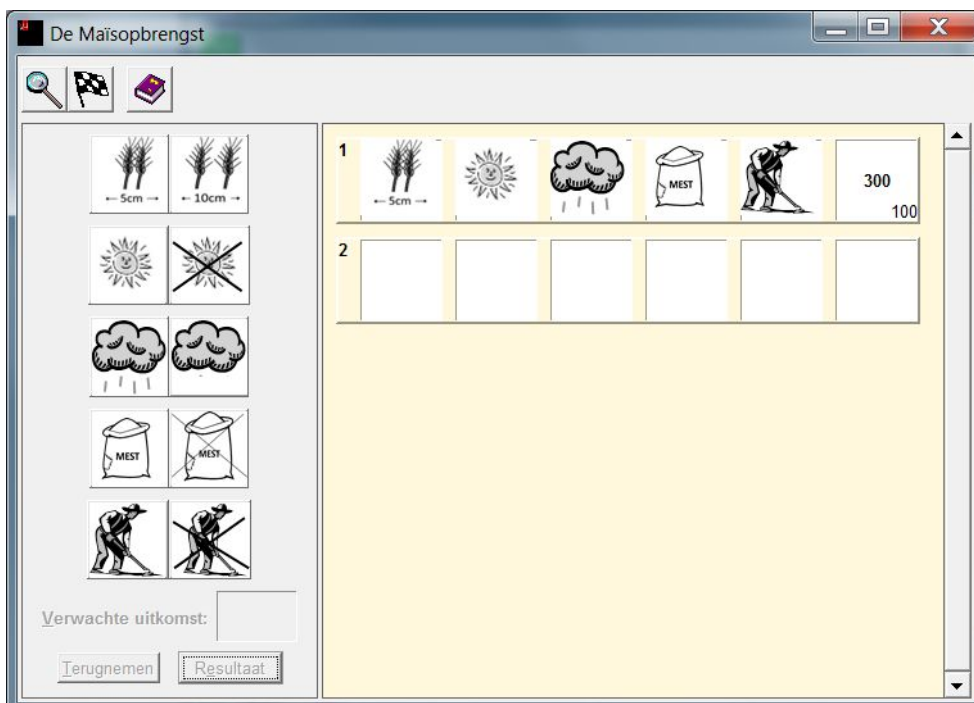
```
$twater = 0).  
$twater = 0).
```

```
formula($spuiten = spuitennee,  
formula($spuiten = spuitenja,
```

```
$tspuiten = 0).  
$tspuiten = 0).
```

Computertaak – ‘Maïsopbrengst’

Screen prints – ‘Maïsopbrengst’



FILE – ‘Maïsopbrengst’

formula(\$afstand = afstandklein,	\$tafstand = 0).
formula(\$afstand = afstandgroot,	\$tafstand = 50).
formula(\$zon = zon,	\$tzon = 50).
formula(\$zon = geenzon,	\$tzon = 0).
formula(and(\$regen = geenregen, \$mest = geenmest),	\$tregen = 0).
formula(and(\$regen = geenregen, \$mest = mest),	\$tregen = -50).
formula(and(\$regen = regen, \$mest = geenmest),	\$tregen = 0).
formula(and(\$regen = regen, \$mest = mest),	\$tregen = 100).
formula(\$mest = mest,	\$tmest = 0).
formula(\$mest = geenmest,	\$tmest = 0).
formula(\$spuiten = spuitennee,	\$tspuiten = 0).
formula(\$spuiten = spuitenja,	\$tspuiten = 0).

Mapping structuur Analogie en Computertaken

Tabel 12. Mapping structuur Analogie en Computertaken

Effect	Analogie	Toelichting	Plantentaak	Toelichting	Maisopbrengst	Toelichting
Interactie effect	Binnen op stal of buiten in de wei	Als het lekker warm weer is buiten, geven de koeien buiten meer melk dan binnen. Als het daarentegen koel is buiten, geven de koeien juist binnen meer melk dan buiten.	Kleine of grote pot	Wanneer de plant in een kleine pot zit is 1x per week goed; bij 2x per week water verdrinkt de plant. Bij een grote pot groeit de plant beter bij 2x water geven, dan bij 1x water geven.	Wel of geen regen	Als er geen mest opgebracht is, heeft wel of geen regen geen invloed. Als er wel mest opgebracht is, zal de mais extra veel groeien als het regent en juist minder groeien als het niet regent.
	Buitentemperatuur koel of warm		Eén of twee keer water per week		Wel of geen mest	
Hoofdeffect	Wel of geen muziek	Het afspelen van muziek heeft een kleine positieve invloed op de melkopbrengst.	Wel of geen kunstmest	Het geven van kunstmest heeft een positieve invloed op de groei van de plant.	Afstand zaadjes 5 of 10 cm	Een afstand van 10cm tussen de zaadjes levert een grotere maisopbrengst t.o.v. 5cm.
Hoofdeffect	Normaal voer of krachtvoer	Krachtvoer heeft een positieve invloed op de melkopbrengst.	In huis of in een kas	Het plaatsen van de plant in een kas heeft een positieve invloed op de groei van de plant.	Wel of geen zon	Zon heeft een positieve invloed op de maisopbrengst.
Geen effect	Zwartbonte koe of roodbonte koe	Het koeienras heeft geen effect op de melkopbrengst.	Wel of niet spuiten	Het wel of niet spuiten tegen bladluizen heeft geen effect op de groei van de plant.	Wel of niet onkruid	Het wel of niet schoffelen heeft geen effect op de maisopbrengst.

Bijlage V – Posttests analogie groep

Computertaak – ‘Plantengroei’

Maak nu de Plantengroei computertaak. De bedoeling is dat jij gaat uitzoeken wat de invloed is van vijf factoren op de groei van een plant. Je kunt dit doen door met de muis op een factor te klikken. Voer in ieder geval 15 experimenten uit.

HiNT

Denk bij het uitvoeren van deze computertaak aan het verhaal over Boer Harm wat je net gelezen hebt. Dat zal je helpen!

Wat je te weten bent gekomen kun je in het onderstaande plaatje aangeven (met pijlen en factoren) op dezelfde manier als bij het plaatje over het verhaal van Boer Harm. Schrijf vervolgens in het invulvak onder het plaatje nog eens precies op wat je te weten bent gekomen over de invloed van de factoren op de groei van de plant.

Vul het plaatje pas in en beantwoord de open vraag als je zeker bent van wat je ontdekt hebt.

		
	Plantengroei	

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

Computertaak – ‘Maïsopbrengst’

Maak nu de tweede computertaak over Maïsopbrengst. De bedoeling is dat jij gaat uitzoeken wat de invloed is van vijf factoren op de maïsopbrengst. Je kunt dit doen door met de muis op een factor te klikken. Voer in ieder geval 15 experimenten uit.

HiNT

Denk bij het uitvoeren van deze computertaak aan het verhaal over Boer Harm wat je net gelezen hebt. Dat zal je helpen!

Wat je te weten bent gekomen kun je in het onderstaande plaatje aangeven (met pijlen en factoren) op dezelfde manier als bij het plaatje over het verhaal van Boer Harm. Schrijf vervolgens in het invulvak onder het plaatje nog eens precies op wat je te weten bent gekomen over de invloed van de factoren op de maïsopbrengst.

Vul het plaatje pas in en beantwoord de open vraag als je zeker bent van wat je ontdekt hebt.

		
	Maïsopbrengst	

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

Bijlage VI – Posttests controlegroep

Computertaak – ‘Plantengroei’

Maak nu de Plantengroei computertaak. De bedoeling is dat jij gaat uitzoeken wat de invloed is van vijf factoren op de groei van een plant. Je kunt dit doen door met de muis op een factor te klikken. Voer in ieder geval 15 experimenten uit.

Schrijf in het invulvak precies op wat je te weten bent gekomen over de invloed van de factoren op de groei van de plant. Beantwoord deze open vraag als je zeker bent van wat je ontdekt hebt.

.....

Computertaak – ‘Maïsopbrengst’

Maak nu de tweede computertaak over Maïsopbrengst. De bedoeling is dat jij gaat uitzoeken wat de invloed is van vijf factoren op de maïsopbrengst. Je kunt dit doen door met de muis op een factor te klikken. Voer in ieder geval 15 experimenten uit.

Schrijf in het invulvak precies op wat je te weten bent gekomen over de invloed van de factoren op de maïsopbrengst. Beantwoord deze open vraag als je zeker bent van wat je ontdekt hebt.

.....

Bijlage VII – Posttest scores

Tabel 3. *Posttest scores (alle studenten)*

Nr	StNr	Groep	Pretest	Posttest			Plant taak					Maïs taak				
				Plant	Maïs	Totaal	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	s1370006	A1	0	4	2	6				X		X				
2	s1000071	A2	0	4	4	8				X					X	
3	s1013475	B1	0	1	2	3	X					X				
4	s1484079	A1	0	4	3	7				X				X		
5	s0218308	A2	0	3	2	5			X			X				
6	s1481681	B2	0	1	1	2	X					X				
7	s2464349	A1	0	4	5	9				X						X
8	s1002392	B1	0	1	1	2	X					X				
9	s1411241	A2	0	1	1	2	X					X				
10	s1341502	B2	0	1	1	2	X					X				
11	s1340948	A1	0	4	2	6				X			X			
12	s1500279	B1	0	1	1	2	X					X				
13	s1480529	A2	0	2	4	6		X							X	
14	-	A1	0	3	3	6			X					X		
15	s1349562	B1	0	1	1	2	X					X				
16	s1359045	B2	0	1	1	2	X					X				
17	s1362127	B2	0	1	1	2	X					X				
18	s1127659	A2	0	4	5	9				X						X
19	s1441590	A1	0	4	2	6				X			X			
20	s1442171	B1	0	1	1	2	X					X				
21	s0191981	A2	0	5	4	9					X				X	
22	s1476955	B2	0	1	1	2	X					X				
23	s1008668	B1	0	5	5	10					X					X
24	s1492624	A1	0	3	3	6			X					X		
25	s1442163	B2	0	3	2	5			X				X			
26	s1466941	A2	0	4	1	5				X		X				
27	s1474596	A1	0	3	2	5			X				X			
28	s1371177	B1	0	1	1	2	X					X				
29	s1362992	A2	0	3	3	6			X					X		
30	s1475762	B2	0	3	4	7			X						X	
31	s1124188	B1	0	3	1	4			X			X				
32	s1474057	B2	0	2	2	4		X					X			
33	-	A1	0	4	2	6				X			X			
34	s1503715	A2	0	4	2	6				X			X			
35	s1208098	A1	0	2	1	3		X				X				
36	s1472879	B1	0	5	5	10					X					X
37	s1476742	A2	0	4	1	5				X		X				
38	s0220396	A1	0	3	1	4			X			X				
39	s1424998	B1	0	3	1	4			X			X				
40	s1294482	A2	0	1	2	3	X						X			
41	s1477773	A1	0	5	5	10					X					X
42	s1325183	B2	0	4	1	5				X		X				
43	s1241931	B1	0	1	1	2	X					X				
44	s0201529	A2	0	5	2	7					X		X			
45	s1371711	B2	0	4	2	6				X			X			
46	s1486519	A1	0	2	4	6		X							X	
47	s1464612	B2	0	4	3	7				X				X		
48	s1451804	A2	0	4	2	6				X			X			
49	s1511904	B1	0	4	3	7				X				X		
50	s1481436	A1	0	4	2	6				X			X			
51	s1106392	B1	0	4	1	5				X		X				
52	s1097857	B2	0	4	4	8				X					X	

Bijlage VIII – Student citaten

In deze bijlage wordt een overzicht weergegeven van enkele citaten die de studenten in de posttests hebben gegeven. Tabel 11a geeft een overzicht van citaten over de Plantengroei taak en tabel 11b geeft een overzicht van citaten van de Maïsopbrengst taak. In de tabellen worden ook de scores weergegeven die toegekend is aan het betreffende antwoord van de posttest. De betekenis van de scores zijn behandeld in het scoringsprotocol [4.5].

Tabel 13a. Citaten van studenten – Plantengroei taak

Student	Conditie	Score	Student
40	A2	1	"Kleine pot is beter dan grote pot. Water is ook van belang omdat een keer per week genoeg te zijn blijkt."
8	B1	1	"2 keer water meer effectief dan één keer. Grote pot meer effectief dan kleine. "
12	B1	1	"Om een maximale oogst van 300 kg te krijgen moet je in ieder geval voldoen aan zon, 10 cm afstand, veel regen en mest. Kleine oogst van 50 kg: mest, weinig regen en weinig zon en 5 cm afstand. schoffelen heeft geen invloed op de oogst."
6	B2	1	"Een grote of een kleine pot heeft heel veel invloed op de groei van een plant. Een grote pot is veel beter dan een kleine pot. 1 of 2 keer bewateren heeft ook grote invloed, hierbij is 2 keer beter."
35	A1	2	"Mest en de locatie interageren volgens mij, want als je de plant mest en in een huis groeit wordt zijn bloem groter en zonder mest alleen maar 50 cm. In een kas wordt zij zonder mest 60 cm groot en in een kas en met mest 70 cm groot."
5	A2	2	"Als je geen mest gebruikt dan is 2x water geven veel gunstiger dan 1x. Als je weinig water geeft is kleinere pot gunstiger."
13	A2	2	"En de mest heeft een (grotere) invloed als er water is gegeven."
32	B2	2	"Interessant is dat mest alleen een positieve invloed heeft als de plant in een kas groeit (in kleine pot)."
46	A2	3	"Echter bij het geven van 2x water binnen, werd de plant kleiner dus water gaat samen met locatie."
14	A1	3	"Grootte pot en het aantal x water hebben alleen samen een voordeel."
24	A1	3	"Water en grootte van de bloempot hebben samen invloed."
27	A1	3	"Het blijkt dat er een verband bestaat tussen de grootte van de pot en de hoeveelheid water. Deze blijken de belangrijkste factoren te zijn."

38	A1	3	"Grote en kleine pot met aantal keer per week water hangen samen."
5	A2	3	"Als je geen mest gebruikt dan is 2x water geven veel gunstiger dan 1x. Als je weinig water geeft is kleinere pot gunstiger."
29	A2	3	"De grootte van de pot en hoeveelheid water hebben samen invloed op de plantengroei."
31	B1	3	"Alleen de grootte van de pot en het water geven zijn onderling afhankelijk."
39	B1	3	"De combinatie grote pot en 1 keer water geven het mest oplevert."
30	B2	3	"De belangrijkste punten zijn water twee keer te geven en een grote pot te gebruiken, maar alleen in deze combinatie anders heeft het een negatieve invloed."
1	A1	4	"Als twee keer water wordt gegeven en de plant in een kleine pot zit groeit de plant niet goed, maar krijgt de plant twee keer water en zit in een grote pot groeit de plant heel goed."
4	A1	4	"Kleine pot moet 1x water, grote pot moet 2x water".
18	A2	4	"Verband tussen potgrootte en water. Bij een kleine pot is het beter om 1x per week water te geven, grote pot beter 2x. Grote pot wel sowieso beter dan kleine pot."
37	A2	4	"Er is een verband tussen de pot en water. Bij een grote pot moet er 2 keer per week water toegevoegd worden en bij een kleine pot alleen maar 1 keer."
49	B1	4	"Een grote pot kan 2x water, een kleine pot is 1x water bevorderlijker."
45	B2	4	"Te veel water is schadelijker dan te weinig water bij een klein pot. Bij een grote pot is meer water noodzakelijk."
41	A1	5	"Pot en water hangen samen. Kleinere pot: 1x per week water geven, grotere pot: 2x per week water geven."
21	A2	5	"Planten in een grote pot groeien sneller dan planten in een kleine pot. Vaker water geven heeft een positieve invloed op planten in een grote pot, maar een negatieve invloed op planten in een kleine pot."
23	B1	5	"2x water in een grote pot zorgt voor een stijging in groei van 30 cm t.o.v. 1x water in een grote pot. 1x water in een kleine pot zorgt voor een stijging in groei van 20 cm t.o.v. 2x water in een kleine pot. De grote pot + 2x water onder ideale omstandigheden zorgt voor een groeistijging van 20 cm t.o.v. een kleine pot + 1x water onder ideale omstandigheden."

Tabel 13b. Citaten van studenten - Maïsopbrengst taak

Student	Conditie	Score	Student
35	A1	1	"Volgens mij hebben de afstand, de zon, de regen en de mest allemaal direct invloed op de maïsopbrengst, waarbij het schoffelen van de onkruid niet zo erg invloedrijk is."
37	A2	1	"De belangrijkste factor was de regen. Daarnaast kwam de mest en aan het einde de zon. De afstand had ook een kleine invloed. Helaas kon ik er geen verband ontdekken."
8	B1	1	"10 cm positiever dan 5 cm. Zon van positief invloed. Regen van positief invloed. Mest van positief invloed. Onkruid schoffelen is niet van invloed."
6	B2	1	"Schoffelen heeft geen invloed op de maïsopbrengst, maar zon, regen, mest en afstand van de zaadjes hebben invloed op de maïsopbrengst. Die 4 factoren hebben in combinatie met elkaar de grootste opbrengst."
1	A1	2	"Als de zon schijnt maar er weinig regen, is de maïsopbrengst veel kleiner als de zon niet schijnt maar er wel veel regen is."
11	A1	2	"De relatie tussen zon en regen is heel belangrijk. De mest heeft ook een grote rol."
19	A1	2	"Het blijkt dat er een verband tussen zon en regen is. Er is zon, maar geen regen..."
5	A2	2	"Schoffelen is gunstig, maar wordt beïnvloed door de aan- of afwezigheid van regen."
40	A2	2	"Zon en regen staan in verband met elkaar."
3	B1	2	"Mest heeft zon en regen nodig, anders is het slecht."
25	B2	2	"In tegenstelling heeft het bemesten en de zon wel effect op de maïsopbrengst, waarbij het weglaten van mest een grote effect heeft dan de zon."
32	B2	2	"En mest is alleen goed voor de maïsopbrengst als de zon schijnt."
4	A1	3	"Er is een verband tussen mest en regen."
14	A1	3	"Regen en mest hebben vooral samen een positieve invloed."
24	A1	3	"Regen en mest samen invloed."
29	A2	3	"Regen en mest hebben samen invloed op de opbrengst."
49	B1	3	"Wel lijkt het erop dat bij geen regen, geen mest bevorderlijk is."
47	B2	3	"Mest kan, speciaal bij afwezigheid van regen of zon, de opbrengst verbeteren."

46	A1	4	"Bij het toevoegen van mest werd zelfs de opbrengst hoger, tenzij dit gepaard ging met water, dan schoot deze omhoog."
13	A2	4	"Ook regen heeft een directe invloed op de opbrengst. Maar mest heeft alleen een invloed op de opbrengst als het wel regent. "
21	B1	4	"Ook regen leidt tot een hoge maïsopbrengst. Het mesten heeft vooral een positief effect op de maïsopbrengst als het ook regent."
30	B2	4	"Het belangrijkste is de regen dus zonder regen heb je minder maïsopbrengst. 10 cm afstand en zon zijn ook sterke voordelen maar mesting is nog een stukje belangrijker maar alleen als het nog ook regent anders heeft het een negatief effect."
7	A1	5	"Regen en mest beïnvloeden elkaar bij de opbrengst. Mest is afhankelijk van de regen. Als er mest is moet er regen zijn voor optimaal resultaat. Regen zonder mest levert een hoger resultaat dan mest en geen regen."
18	A2	5	"Er is een verband tussen regen en bemesting. Als er bemest wordt moet het ook regenen. Bemesten zonder regen levert minder op dan niet bemesten zonder regen. Bemesten heeft dus alleen zin als het ook regent anders is het nadelig."
23	B1	5	"De regen maakt niet uit als je niet ook mest. Wel mesten zonder regen zorgt voor een daling van 50 kg. Regen + mest zorgt voor een stijging van 100 kg."
36	B2	5	"Wel of niet regenen maakt geen verschil, maar het gebruiken van mest lijdt zonder regenen toe 50 kg minder maïsopbrengst en met wel regenen toe 150 kg meer maïsopbrengst."

Bijlage IX – Onderzoeksdesign voor ‘Valid interaction inference’

Indien er vijf variabelen in een onderzoek aanwezig zijn, die elk op twee niveaus kunnen worden ingesteld, zijn er 32 (twee tot macht vijf) experimenten nodig voor een volledig gecontroleerd onderzoek. In Tabel 14 is een voorbeeld gegeven van een volledig onderzoeksdesign voor de vijf variabelen van de Plantengroei taak. Dit wordt ook wel een ‘Full Factorial Design’ genoemd (Ronald Fisher, 1926).

Tabel 14. Volledig onderzoeksdesign - Plantengroei taak

Pot	Water	Spuiten	Kunstmest	Plaats	Lengte
Klein	1x	Ja	ja	Huis	..
Groot	1x	Ja	ja	Huis	..
Klein	2x	Ja	ja	Huis	..
Groot	2x	Ja	ja	Huis	
Klein	1x	Nee	ja	Huis	
Groot	1x	Nee	ja	Huis	
Klein	2x	Nee	ja	Huis	
Groot	2x	Nee	ja	Huis	
Klein	1x	Ja	Nee	Huis	
Groot	1x	Ja	Nee	Huis	
Klein	2x	Ja	Nee	Huis	
Groot	2x	Ja	Nee	Huis	
Klein	1x	Nee	Nee	Huis	
Groot	1x	Nee	Nee	Huis	
Klein	2x	Nee	Nee	Huis	
Groot	2x	Nee	Nee	Huis	
Klein	1x	Ja	ja	Kas	
Groot	1x	Ja	ja	Kas	
Klein	2x	Ja	ja	Kas	
Groot	2x	Ja	ja	Kas	
Klein	1x	Nee	ja	Kas	
Groot	1x	Nee	ja	Kas	
Klein	2x	Nee	ja	Kas	
Groot	2x	Nee	ja	Kas	
Klein	1x	Ja	Nee	Kas	
Groot	1x	Ja	Nee	Kas	
Klein	2x	Ja	Nee	Kas	
Groot	2x	Ja	Nee	Kas	
Klein	1x	Nee	Nee	Kas	
Groot	1x	Nee	Nee	Kas	
Klein	2x	Nee	Nee	Kas	
Groot	2x	Nee	Nee	Kas	