



# Masterthese Psychologie

*Instructie, Leren en Ontwikkeling (ILO)*



## Stap voor stap door de opdracht

*Een onderzoek naar de effectiviteit van segmentatie tijdens een inquiry taak  
en de rol van het competentieniveau van leerlingen*



Door: Ilse Hogt

Studentnummer: s1024787

Eerste begeleider: A. van Dijk, MSc

Tweede begeleider: Dr. H. van der Meij

Maart 2014

Faculteit Gedragwetenschappen

## **Samenvatting**

Inquiry learning is een actieve manier van leren. Gebleken is dat leerlingen hier ondersteuning bij nodig hebben, omdat ze zonder ondersteuning veel moeilijkheden ondervinden. Doel van dit onderzoek is daarom het onderzoeken van de effectiviteit van segmentatie door middel van deelvragen als ondersteuning tijdens een inquiry taak. Omdat leerlingen variëren in competentieniveaus wordt er ook gekeken welke rol het competentieniveau van leerlingen hierbij kan spelen. Dit werd onderzocht door twee condities met elkaar te vergelijken. Beide condities bestonden uit ondergemiddelde, gemiddelde en bovengemiddelde leerlingen. De ene conditie maakte een inquiry taak zonder ondersteuning, de andere conditie met ondersteuning. De ondersteuning bestond uit meerdere deelvragen die de leerlingen systematisch door de opdracht begeleidden, de taak werd dus opgedeeld in kleinere deeltaken. De resultaten tonen aan dat leerlingen uit beide condities kennis op doen door de inquiry taak, echter scoorden de leerlingen uit de conditie met ondersteuning beter op de hoofdvragen van de simulatieopdrachten. De deelvragen zorgden er dus voor dat leerlingen de taak beter konden maken wanneer de opdracht opgedeeld was in kleinere taken. Segmentatie kan een goede manier van ondersteuning zijn tijdens een inquiry taak voor zowel ondergemiddelde, gemiddelde als bovengemiddelde leerlingen.

## **Abstract**

Inquiry learning is an active way of learning. Research found that students need support when they work with an inquiry task because they experienced a lot of problems when they work with an inquiry task without support. This study investigated the effectiveness of segmentation through sub-questions as a way of support. Because students vary greatly in their cognitive abilities, this study investigated also the role of cognitive ability. In this study, two conditions were compared. Both conditions consisted of below average, average and above average students. One condition made an inquiry task without support, the other condition made the task with support. The support focused on sub-questions which guided the students systematically through the task, so the task was split-up in subtasks. Results indicated that the students of both conditions gained knowledge through the inquiry task, however, students in the condition with support showed higher scores on the main questions of the simulation assignments. So sub-questions lead to a better completion of a task when the tasks were split-up in subtasks. Segmentation can be a good way of support during an inquiry task for below average, average as well as above average students.

# Inhoudsopgave

1. Inleiding .....	4
1.1 Theoretisch kader .....	4
1.1.1 Aanleiding .....	4
1.1.2 Moeilijkheden tijdens inquiry learning .....	4
1.1.3 Ondersteuning bij inquiry learning .....	5
1.1.4 Differentiatie .....	6
1.1.5 Leerkenmerken .....	7
1.2 Dit onderzoek .....	8
2. Methode.....	11
2.1 Participanten.....	11
2.2 Materialen.....	12
2.3 Metingen.....	14
2.3.1 Domeinkennis.....	14
2.3.2 Motivatie .....	16
2.3.3 Leerproces .....	16
2.4 Procedure.....	16
2.5 Data analyse .....	17
2.5.1 Domeinkennis toetsen .....	17
2.5.2 Logbestanden .....	17
2.5.3 Statistische analyses .....	18
3. Resultaten .....	19
3.1 Kennis.....	19
3.2 Proces .....	22
3.3 Regressie analyses .....	25
3.4 Motivatie .....	27
4. Conclusie & discussie .....	29
5. Referenties.....	34

# 1. Inleiding

## 1.1 Theoretisch kader

### 1.1.1 Aanleiding

Inquiry learning, of ontdekkend leren, is een manier van leren die steeds vaker wordt gebruikt op scholen. Het is een actieve manier van leren (Bruner, 1961), die de leerling aanmoedigt cognitief betrokken te zijn bij de taak (Mayer, 2008) en er voor zorgt dat de leerling actief kennis op doet. Door ontdekkend leren bouwen leerlingen namelijk actief coherente en georganiseerde kennis op door bestaande kennis die ze al hebben te gebruiken om betekenis te geven aan nieuwe informatie (Mayer, 2004). De nieuwe informatie wordt dus geïntegreerd met bestaande kennis.

Echter is gebleken dat inquiry learning zonder begeleiding niet effectief is (de Jong, 2006; Mayer, 2004). De kans is groot dat leerlingen het te leren principe niet ontdekken, wanneer ze niet voldoende begeleiding krijgen (de Jong, 2006). Het is daarom van belang ondersteuning aan te bieden en om te onderzoeken in welke mate deze ondersteuning nodig is bij een inquiry taak.

### 1.1.2 Moeilijkheden tijdens inquiry learning

Inquiry learning bestaat uit verschillende fasen; hypothesen opstellen, experimenteren en het interpreteren van de uitkomsten, ofwel concluderen (Gijlers & de Jong, 2009). Tijdens deze fases van het inquiry proces ondervinden leerlingen verschillende moeilijkheden (de Jong & van Joolingen, 1998). Een moeilijkheid die leerlingen vaak tegenkomen, is dat ze niet goed weten welke handelingen ze tijdens het experimenteren uit moeten voeren. Juist deze strategische kennis is belangrijk wanneer het gaat om complexe domeinen en is de basis voor wat er geleerd wordt (Quintana, et al., 2004). Leerlingen worden vaak overweldigd door de complexiteit aan mogelijke opties tijdens een opdracht, waardoor het lastig is voor hen om te zien welke experimenten relevant en nuttig zijn (Quintana, et al., 2004). Hierdoor ontwerpen leerlingen vaak ineffectieve experimenten (de Jong, 2006).

Het experimenteren wordt door leerlingen dus gezien als een moeilijke fase van het inquiry proces. Verschillende onderzoeken tonen aan dat leerlingen hier problemen bij ondervinden en het daardoor moeilijk vinden om informatie af te leiden uit de taak (Gijlers & de Jong, 2009). Inquiry learning zonder ondersteuning is daarom niet effectief (de Jong & van Joolingen, 1998, Mayer, 2004). Ondersteuning kan leerlingen helpen bij het uitvoeren van een

taak die hij of zij niet alleen uit kan voeren en het helpt leerlingen bij het opdoen van vaardigheden die nodig zijn om de taak uit te voeren (Quintana et al., 2004).

### *1.1.3 Ondersteuning bij inquiry learning*

Een grote, complexe taak, zonder enige vorm van vereenvoudiging, is moeilijk voor leerlingen die nieuw zijn met het onderwerp (Quintana, et al., 2004; Nadolsky, Kirschner & van Merriënboer, 2005). Dit is vaak het geval tijdens een inquiry taak, leerlingen gaan een nieuw fenomeen leren door zelf te experimenteren en te ontdekken (de Jong, 2006). Op een systematische manier te werk gaan tijdens een taak is echter belangrijk wanneer de taakcontent abstract en onbekend is (Wilhelm & Beishuizen, 2003). Een taak met te weinig stappen is te moeilijk voor leerlingen, omdat het veel van hun cognitieve capaciteit vraagt, dit hindert leren en transfer van kennis. Bij te weinig stappen kunnen leerlingen niet op een accurate manier de noodzakelijke informatie verwerken, omdat ze overladen worden door de moeilijkheid van de taak (Nadolski, Kirschner & van Merriënboer, 2005). Een grote taak zou daarom vereenvoudigd moeten worden door de taak te segmenteren in kleinere taken, opdrachten of stappen (Lazonder & Kamp, 2012). Op deze manier wordt de taak gestructureerd, kunnen leerlingen systematisch te werk gaan en is een vraag makkelijker te begrijpen (Nadolski, Kirschner & van Merriënboer, 2005; Lazonder & Kamp, 2012).

Daarnaast zorgt het segmenteren van een taak er voor dat het minder van de cognitieve capaciteit van de leerling vraagt (van Merriënboer, Kirschner & Kester, 2010). Wanneer een taak gesegmenteerd wordt en leerlingen stap voor stap de kleinere taken of opdrachten uitvoeren, kunnen leerlingen een strategie ontwikkelen om de juiste informatie te selecteren uit een taak om tot een antwoord of oplossing te komen (Nadolski, Kirschner & van Merriënboer, 2005), omdat het gebied waar ze zich op moeten focussen beperkt wordt (Lazonder & Kamp, 2012). Segmenteren is daardoor een manier om het leerproces van leerlingen te ondersteunen (van Merriënboer, 1997).

Een manier om een inquiry taak te segmenteren is het toepassen van de *Control of Variables Strategy (CVS)* tijdens de fase experimenteren (Chen & Klahr, 1999). Deze strategie houdt in dat leerlingen gestructureerd te werk gaan en telkens één variabele moeten veranderen en de andere variabelen constant moeten houden tijdens een experiment (Klahr & Nigam, 2004). De CVS is dus belangrijk om op een valide manier conclusies te kunnen trekken op basis van de resultaten van een experiment (Chen & Klahr, 1999). Echter hebben leerlingen vaak niet genoeg inzicht in deze strategie (Chen & Klahr, 1999). Een veel

gemaakte fout van leerlingen is hierdoor dat ze te veel variabelen tegelijkertijd manipuleren, waardoor ineffectieve experimenten ontstaan (de Jong, 2006). Ondersteuning tijdens een inquiry taak, gericht op de Control of Variables Strategy kan daarom van belang zijn. Onderzoek van Lazonder & Kamp (2012) toont aan dat leerlingen die werken met een gesegmenteerde taak systematischer te werk gingen tijdens het experimenteren dan leerlingen die niet werkten met een gesegmenteerde taak. Leerlingen die werkten met de gesegmenteerde taak pasten ook de CVS meer toe. Het ondersteunen van de CVS zorgde voor een systematischere aanpak. Daarnaast ontwikkelden deze leerlingen meer valide overtuigingen. Het segmenteren van een taak in kleinere subtaken stimuleert de vaardigheden om conclusies te trekken en conceptueel begrip. Leerlingen die werken met een gestructureerde en gesegmenteerde taak zijn beter in staat conceptuele concepten te onderscheiden uit een domein dan leerlingen die werken met een niet gesegmenteerde taak (de Jong & van Joolingen, 1998). Ook Nadolski, Kirschner & van Merriënboer (2005) hebben onderzocht wat het effect is van werken met een gesegmenteerde taak waarbij het leerproces ondersteund wordt door middel van een werkblad. Uit dit onderzoek komt naar voren dat werken met een werkblad met deelstappen een positief effect heeft op het uitvoeren van de taak. De leerlingen die werkten met de werkbladen scoorden beter aan het eind van de taak dan leerlingen die de opdracht maakten zonder het werkblad.

Diverse onderzoeken tonen dus aan dat ondersteuning tijdens het experimenteren in een inquiry taak van belang is. Belangrijk daarbij is het onderzoeken in welke mate leerlingen ondersteund moeten worden. Een andere variabele die hierbij mee kan spelen en bepalend kan zijn, is het cognitieve niveau van leerlingen, omdat dit niveau sterk kan variëren tussen leerlingen (Bosker & Doolaard, 2009).

#### *1.1.4 Differentiatie*

In het Nederlands basisonderwijs worden kinderen bij elkaar in een klas geplaatst op basis van leeftijd (Driessen, 2007). Aangezien het cognitieve niveau van kinderen sterk varieert (Bosker & Doolaard, 2009; Tomlinson et. al., 2003), kunnen de klassamenstellingen beschouwd worden als heterogeen (Driessen, 2007). Ondanks dat leerlingen in een klas verschillen in hun cognitieve niveaus, volgen ze een gezamenlijk curriculum dat meestal afgestemd is op de gemiddelde leerling (Bosker & Doolaard, 2009; Driessen, Mooij &

Doesborgh, 2007), waarbij aanvullende behoeften van ondergemiddelde en bovengemiddelde leerlingen buiten dit curriculum vallen.

Door de verschillen in cognitief niveau hebben leerlingen behoefte aan verschillende mate van ondersteuning en begeleiding. Scholen zouden het curriculum, de materialen en ondersteuning aan moeten passen aan het niveau van de leerlingen om er voor te zorgen dat elke leerling gelijke mogelijkheden heeft om tot een hoge kwaliteit van leren te komen (Tomlinson et al., 2003). Echter geven veel leerkrachten de voorkeur aan klassikale instructie, hierbij richten ze zich op de hele klas leerlingen waarbij alle leerlingen dezelfde instructie krijgen (Lou, et al., 1996). Maar gelijke kansen voor elke leerling bereik je alleen wanneer leerlingen instructie krijgen die afgestemd zijn op hun niveau (Tomlinson et al., 2003). Differentiatie is een oplossing om om te gaan met competentieverschillen in het onderwijs (Bosker, 2005), het is een pedagogische benadering waarbij er omgegaan wordt met de verschillen tussen leerlingen in de klas (Tomlinson et al., 2003).

### *1.1.5 Leerkenmerken*

De verschillen in het cognitieve niveau van leerlingen gaan samen met verschillende leerkenmerken. Leerlingen verschillen in hun vermogen om informatie op te nemen, te verwerken en er betekenis aan te geven, en ze verschillen in hun behoefte aan de mate van instructie en ondersteuning (Jonassen & Grabowski, 1993).

Bovengemiddelde leerlingen hebben behoefte aan uitdagende en complexe taken (Shore, Kanevsky & Rejskind, 1991), waarin hogere orde denken aangemoedigd wordt (Diezmann & Watters, 1997). Daarnaast zijn deze leerlingen snel van begrip, zien ze snel verbanden in leerstof en hebben ze een creatief denkvermogen (Grosfeld & Visser, 2011). Een uitdagende taak leidt vaak tot meer motivatie bij deze leerlingen (Lens & Rand, 2000). Bovengemiddelde leerlingen hebben meer behoefte aan verrijking, verdieping en verbreding om tot leren te komen (Grosfeld & Visser, 2011). Bovengemiddelde leerlingen geven de voorkeur aan ontdekkend en onderzoekend leren waarbij wetenschappelijk redeneren gestimuleerd wordt (Diezmann & Watters, 1997). Inquiry learning is dus een manier van leren die goed aansluit bij de behoeften van bovengemiddelde leerlingen. Het denkvermogen van bovengemiddelde leerlingen stelt hen in staat te werken op een top-down manier (van Kessels, 2009). Deze leerlingen zijn in staat het grote geheel van een opdracht te overzien, ze hoeven dit vaak niet meer stap voor stap te leren.

Dit is in tegenstelling tot ondergemiddelde leerlingen, zij komen beter uit de voeten met een bottom-up manier van leren (van Kessels, 2009). Bij bottom-up leren wordt er stap voor stap toegewerkt naar het einddoel of het grote geheel. Van impliciete kennis wordt er toegewerkt naar expliciete kennis (Sun & Zhang, 2004). Het verschil tussen een top-down manier van leren en bottom-up manier van leren, is dat leerlingen die op een bottom-up manier leren beginnen met het leren en begrijpen van kleine informatie eenheden. Ze werken toe naar het grote geheel en uiteindelijk overzien ze dus de hele opdracht en hoe alle kleine stukjes informatie met elkaar samenhangen (van Kessels, 2009). De leerlingen die op een top-down manier leren, beginnen juist vanuit het grote geheel van de opdracht en vullen deze in met steeds meer details (Klamer & Caminada, 2010).

Doordat ondergemiddelde leerlingen beter uit de voeten kunnen met een bottom-up manier van leren, hebben ze behoefte aan meer begeleiding en structuur om lesmateriaal te begrijpen (Lou et al., 1996; Wang, Kinzie, McGuire & Pan, 2010). Inquiry learning zou ook voor ondergemiddelde leerlingen een goede manier van leren kunnen zijn, het stimuleert hogere orde denkvaardigheden en daagt de leerlingen uit om zelf de onderliggende principes te ontdekken (de Jong, 2006; Patrick, et. al., 2005). Echter wanneer ze te veel uitgedaagd worden in een taak, raken ze gefrustreerd (Margolis & McCabe, 2003), wat kan leiden tot misconcepties (Kirschner, Sweller & Clark, 2006). Gesegmenteerde taken, waarin een grote taak wordt opgedeeld in kleinere taken, zijn daarom geschikt voor ondergemiddelde leerlingen die voorkeur hebben voor bottom-up leren (Lazonder & Kamp, 2012).

## **1.2 Dit onderzoek**

Een inquiry taak zonder begeleiding of ondersteuning is ineffectief gebleken (de Jong & van Joolingen, 2009). Leerlingen ontwerpen vaak ineffectieve experimenten (de Jong, 2006), omdat ze niet het inzicht hebben in welke experimenten relevant en nuttig zijn en hoe ze het experimenteren aan moeten pakken. Ongeacht het cognitieve niveau van leerlingen, ondervinden ze hier allemaal moeilijkheden, maar vooral ondergemiddelde leerlingen, omdat ze structuur en begeleiding missen waar ze juist behoefte aan hebben (Kirschner, Sweller & Clark, 2006).

De ondersteuning in dit onderzoek is er op gericht om leerlingen op een systematische manier te ondersteunen. Leerlingen worden tijdens de taak aan de hand genomen doordat de taak opgedeeld wordt in meerdere deelvragen. Deze ondersteuning wordt toegepast bij drie opdrachten tijdens een simulatietaak die gaat over de zwaartekracht en de dampkring. De



deelvragen in de opdrachten leiden de leerlingen in kleine stappen naar de twee bestaande hoofdvragen van elke opdracht. Het beantwoorden van deze vragen moedigt actief denken en kennisconstructie aan (Minner, Levy & Century, 2009) en moet er voor zorgen dat de leerling de twee hoofdvragen van elke opdracht makkelijker kunnen beantwoorden, omdat de deelvragen er voor zorgen dat de hoofdvragen minder complex zijn (Kirschner, Sweller & Clark, 2006). Daarnaast worden de leerlingen ondersteund bij het experimenteren doordat een aantal deelvragen experimentsuggesties bevatten. Het actief denken en daarnaast actief bezig zijn met experimenteren vergroot het leren van wetenschappelijke en abstracte concepten (Minner, Levy & Century, 2009).

Het effect van deze ondersteuning wordt onderzocht door een groep leerlingen die ondersteuning krijgt tijdens de inquiry taak te vergelijken met een groep leerlingen die geen ondersteuning krijgt. Omdat leerlingen variëren in competentieniveaus en behoefte hebben aan verschillende mate van ondersteuning (Wang et. al., 2010; Bosker & Doolaard, 2009), wordt ook onderzocht welke rol het competentieniveau van leerlingen hierbij speelt. Beide groepen bestaan daarom uit bovengemiddelde, gemiddelde en ondergemiddelde leerlingen.

Het doel van dit onderzoek is het onderzoeken van de effectiviteit van bovenbeschreven ondersteuning tijdens een inquiry taak en welke rol het competentieniveau van leerlingen hierbij kan spelen.

De eerste onderzoeksvraag luidt: in welke mate is segmentatie een effectieve ondersteuning tijdens een inquiry taak? Verwacht wordt dat leerlingen die ondersteuning krijgen meer domeinkennis op zullen doen dan leerlingen die geen ondersteuning krijgen, omdat inquiry learning zonder ondersteuning niet effectief gebleken is (de Jong & van Joolingen, 1998, Mayer, 2004).

De tweede onderzoeksvraag luidt: welk effect heeft segmentatie van een inquiry taak op het experimenteren van leerlingen tijdens de opdrachten? Verwacht wordt dat leerlingen die ondersteuning krijgen meer en effectiever zullen experimenteren, doordat zij ook ondersteuning krijgen in het experimenteren.

De derde onderzoeksvraag luidt: welk effect heeft segmentatie van een inquiry taak op het goed beantwoorden van de hoofdvragen van de opdrachten? Verwacht wordt dat leerlingen die ondersteuning krijgen beter zullen scoren op de bestaande hoofdvragen van de opdrachten,

omdat er stap voor stap toegewerkt wordt naar de hoofdvragen (van Kessels, 2009), dan wanneer leerlingen deze vragen moeten beantwoorden zonder dat ze aan de hand worden genomen.

De laatste onderzoeksvraag luidt: welke rol speelt het competentieniveau van leerlingen als het gaat om de effectiviteit van segmentatie tijdens een inquiry taak? Verwacht wordt dat de ondergemiddelde leerlingen het meest baat zullen hebben bij de ondersteuning, omdat vooral zij behoefte hebben aan structuur en begeleiding (Lazonder & Kamp, 2012). Daarnaast wordt verwacht dat de motivatie van ondergemiddelde leerlingen hoger zal zijn in de conditie met ondersteuning. Wanneer ze te veel uitgedaagd worden, zoals in de conditie zonder ondersteuning, raken ze sneller gefrustreerd (Margolis & McCabe, 2003), waardoor motivatie kan verminderen.

Ook voor gemiddelde leerlingen wordt verwacht dat zij baat zullen hebben bij de ondersteuning. Onderzoek naar moeilijkheden bij inquiry learning maakt geen onderscheid in competentieniveaus en is dus vooral gericht op de gemiddelde leerling. Omdat uit deze onderzoeken blijkt dat deze leerlingen vaak ineffectieve experimenten ontwerpen doordat een opdracht vaak veel mogelijke opties bevatten (Quintana, et al., 2004) wordt verwacht dat gemiddelde leerlingen baat zullen hebben bij gesegmenteerde taken. Door de structuur en begeleiding wordt ook verwacht dat de motivatie van gemiddelde leerlingen hoger zal zijn in de conditie met ondersteuning.

Ten slotte wordt verwacht dat bovengemiddelde leerlingen baat zullen hebben bij de ondersteuning, omdat verschillende onderzoeken uitwijzen dat inquiry learning zonder ondersteuning niet effectief is (de Jong & van Joolingen, 2009), maar ook zonder de ondersteuning uit de voeten kunnen met de inquiry taak, omdat ze daar juist meer uitgedaagd worden (Shore, Kanevsky & Rejskind, 1991). Daarnaast wordt verwacht dat de motivatie van bovengemiddelde leerlingen hoger zal zijn in de conditie zonder ondersteuning dan in de conditie met ondersteuning, doordat ze in de conditie zonder ondersteuning meer uitgedaagd worden (lens & Rand,2000).

## 2. Methode

### 2.1 Participanten

Aan het onderzoek hebben 201 basisschoolleerlingen meegedaan uit groep 7 en 8 (103 jongens, 98 meisjes), afkomstig van 13 verschillende basisscholen in Overijssel in Nederland. De leeftijd van deze leerlingen lag tussen de 9 en 13 jaar ( $M = 11.17$ ;  $SD = .81$ ). De leerlingen werden op basis van hun competentieniveau ingedeeld in drie verschillende groepen: ondergemiddeld, gemiddeld en bovengemiddeld. Deze verdeling was gebaseerd op het vaardigheidsniveau van de leerling, gemeten aan de hand van het CITO leerlingvolgsysteem (CITO, 2012). Alle toetsen in het CITO volgsysteem primair onderwijs zijn genormeerd, waardoor het niveau van een leerling vergeleken kan worden met andere leerlingen uit dezelfde jaargroep. Om het competentieniveau van de leerlingen te bepalen is gekeken naar de scores op de toetsenheden Rekenen/Wiskunde, Spelling, de Drie-Minuten-Toets (DMT) en begrijpend lezen. Aan de hand van deze scores werd een beeld geschetst over de algemene vaardigheden van de leerlingen. De scores die op deze toetsen behaald konden worden varieerden van 'I' (20% hoogst scorende leerlingen) tot 'V' (20% laagst scorende leerlingen). Leerlingen werden als bovengemiddeld ( $n = 47$ ; 23,4%) gecategoriseerd wanneer ze een 'I' scoorden op drie van de vier toetsen, en werden als ondergemiddeld gecategoriseerd ( $n = 44$ ; 21,9%) wanneer ze een 'V' scoorden op twee van de vier toetsen. De overige leerlingen werden als gemiddeld gecategoriseerd ( $n = 110$ ; 54,7%).

De leerlingen werden random verdeeld over de condities met ondersteuning ( $n = 125$ ; 59 jongens, 66 meisjes) of zonder ondersteuning ( $n = 76$ ; 44 jongens, 32 meisjes). Beide condities bestonden uit ondergemiddelde, gemiddelde en bovengemiddelde leerlingen (zie Tabel 1). Alle groepen bestonden uit minimaal twintig leerlingen, de overige grote groep gemiddelde leerlingen deden mee in de conditie met ondersteuning, waardoor deze conditie een grotere  $n$  heeft.

In totaal hebben 208 leerlingen meegedaan aan het onderzoek. Echter hadden 7 leerlingen niet de gehele simulatietaak of natoets ingevuld, waardoor de resultaten van 201 leerlingen uiteindelijk zijn meegenomen in dit onderzoek. Ouders hebben door middel van een brief toestemming gegeven om hun kind deel te laten nemen aan het onderzoek.

Tabel 1  
*Aantal Leerlingen Per Conditie*

	Conditie met ondersteuning	Conditie zonder ondersteuning
Bovengemiddeld	24	23
Gemiddeld	80	30
Ondergemiddeld	21	23
Totaal	125	76

## 2.2 Materialen

De leerlingen werkten individueel aan een computersimulatietaak. In de simulatietaak onderzochten leerlingen de fenomenen zwaartekracht en de dampkring op de aarde en de maan. Met deze simulatietaak konden de leerlingen in drie verschillende opdrachten leren wat er gebeurt als voorwerpen naar beneden vallen. De eerste opdracht ging over het effect van zwaartekracht op vallende voorwerpen, de tweede opdracht ging over het effect van de dampkring op vallende voorwerpen en de derde opdracht ging over het effect van de vorm van het vallende voorwerp. De simulatie is een replicatie van het Galileo experiment, leerlingen konden verschillende voorwerpen met verschillende massa of vormen (zoals een hamer, een appel en een propje papier) laten vallen op de aarde en op de maan. Daarnaast konden de leerlingen op zowel de aarde als de maan de dampkring aan- of uitzetten.

Er waren twee versies van de simulatietaak, een versie voor de conditie met ondersteuning en een versie voor de conditie zonder ondersteuning. In beide versies was de simulatie hetzelfde. De versie voor de conditie zonder ondersteuning bevatte per opdracht twee vragen die de leerlingen moesten beantwoorden. De eerste vraag was gericht op het effect van respectievelijk de zwaartekracht, dampkring en vallende voorwerpen op de aarde en de tweede vraag was telkens gericht op het verschil in effect tussen de aarde en de maan.

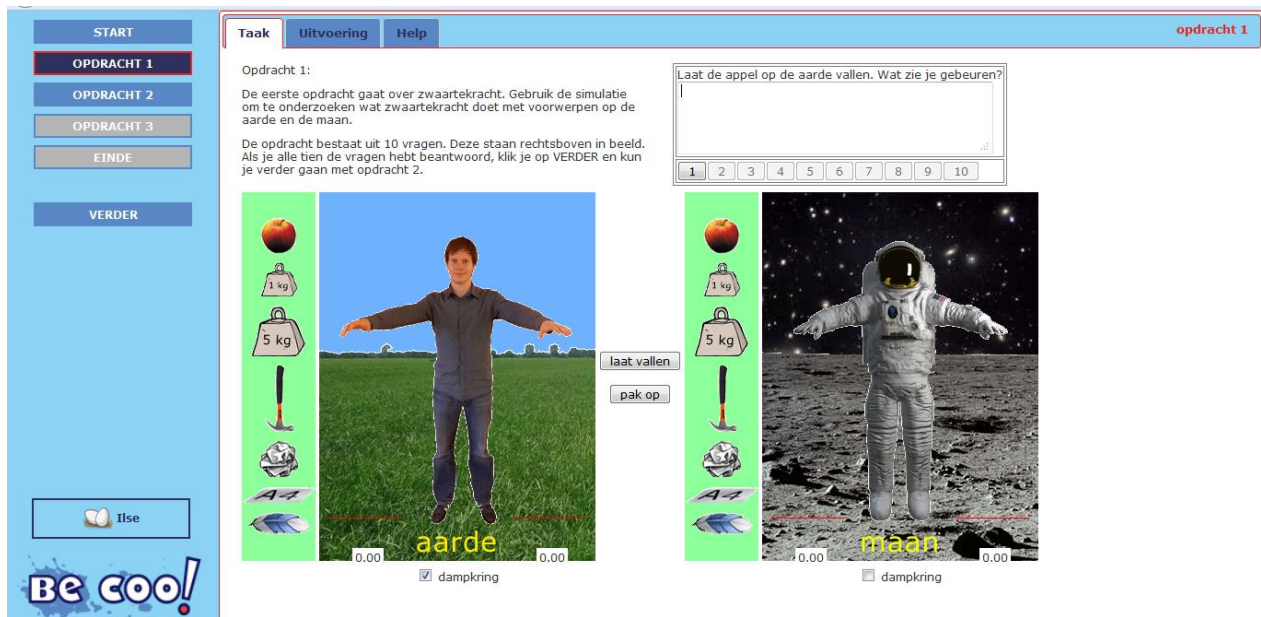
In de versie voor de conditie met ondersteuning zijn per opdracht acht deelvragen toegevoegd, waardoor leerlingen in kleine stapjes toewerkten naar de twee bestaande hoofdvragen van de opdracht (zie Tabel 2 voor de vragen van opdracht 1 in beide condities). In een aantal van deze deelvragen werden suggesties voor experimenten gedaan die leerlingen konden gebruiken voor het beantwoorden van de bewuste deelvraag.

De tien vragen werden rechts boven in beeld weergegeven en moesten één voor één beantwoord worden (zie Figuur 1). De leerlingen konden naar de volgende opdracht, zodra ze alle vragen hadden gemaakt.

Tabel 2

*Vragen uit de Eerste Opdracht voor de Conditie met Ondersteuning Versus de Conditie Zonder Ondersteuning*

<b>Conditie met ondersteuning</b>	<b>Conditie zonder ondersteuning</b>
1. Laat de appel op de aarde vallen. Wat zie je gebeuren?	<b>1. Wat doet zwaartekracht als je voorwerpen loslaat?</b>
2. Laat de hamer op de aarde vallen. Wat zie je gebeuren?	<b>2. Is zwaartekracht op de aarde hetzelfde als op de maan?</b>
3. Kies nu zelf een voorwerp en laat het op de aarde vallen. Gebeurt er hetzelfde als met de appel en de hamer?	
4. Hoe komt het dat de voorwerpen vallen als je ze loslaat?	
<b>5. Wat doet zwaartekracht als je voorwerpen loslaat?</b>	
6. Laat de appel op de maan vallen. Wat zie je gebeuren?	
7. Laat de appel tegelijkertijd op de aarde en de maan vallen. Wat zie je gebeuren?	
8. Laat de hamer tegelijkertijd op de aarde en de maan vallen. Wat valt je op?	
9. Hoe komt het dat de voorwerpen op de aarde sneller naar beneden vallen dan op de maan?	
<b>10. Is zwaartekracht op de aarde hetzelfde als op de maan?</b>	



Figuur 1. Eerste opdracht voor de conditie met ondersteuning

## 2.3 Metingen

### 2.3.1 Domeinkennis

De domeinkennis werd gemeten aan de hand van een vragenlijst. Deze werd afgenomen als voortoets en natoets. De vragenlijst was opgebouwd uit negen open vragen. Drie vragen hadden betrekking op conceptuele kennis, hierbij moesten leerlingen de hoofdconcepten van het domein benoemen en beschrijven (zie Figuur 2a voor een voorbeeld). De overige zes vragen hadden betrekking op transfer van de conceptuele kennis. Doormiddel van drie *near transfer* vragen werd getoetst of de leerlingen in staat waren om kennis toe te passen in andere, maar qua moeilijkheid gelijke, contexten (zie Figuur 2b voor een voorbeeld). De omgeving, aarde en maan, bleven hetzelfde, maar een andere variabele dan gebruikt werd in de simulatie werd toegevoegd aan de vraag. Door middel van drie *far transfer* vragen werd getoetst of de leerlingen in staat waren om kennis toe te passen in andere en meer complexere contexten (zie Figuur 2c voor een voorbeeld). Alle conceptuele vragen, *near transfer* vragen en *far transfer* vragen bevatte één vraag die ging over zwaartekracht, één vraag die ging over de dampkring en één vraag die ging over de invloed van de vorm van voorwerpen. De Chronbach's  $\alpha$  van de voortoets en natoets waren respectievelijk, .439 en .595. Deze waarden zijn laag, omdat de domeinkennistoets complex was. Wanneer leerlingen een vraag goed

beantwoorden, betekende dit niet dat ze de andere vragen ook automatisch goed beantwoorden. Een lage Chronbach's  $\alpha$  kon daarom verwacht worden.

1. Leg uit hoe de zwaartekracht verschilt op de aarde en de maan.

Schrijf hieronder je antwoord:

*Figuur 2a.* Voorbeeld conceptuele kennis vraag.

5. Parachutespringen. Een sport voor de echte waaghals...

Leg uit hoe het kan dat een parachutist blijft zweven op de aarde.

Schrijf hieronder je antwoord:



Leg uit of je ook kunt parachutespringen op de maan.

Schrijf hieronder je antwoord:

*Figuur 2b.* Voorbeeld near transfer vraag.

9. Is het mogelijk dat een voorwerp eeuwig blijft bewegen, zonder te stoppen? Leg je antwoord uit.

Schrijf hieronder je antwoord:

*Figuur 2c. Voorbeeld far transfer vraag.*

### *2.3.2 Motivatie*

De motivatie van de leerlingen werd gemeten aan de hand van een korte vragenlijst. Deze bestond uit drie vragen over de waarschijnlijkheid tot succes en positiviteit ten opzichte van de opdrachten (“*Ik vind deze opdrachten leuk*”, “*Ik ga deze opdrachten goed maken*” en “*Ik weet hoe ik de opdrachten moet uitvoeren*”). Leerlingen konden hun mening geven aan de hand van een vijfpunts Likert Scale. Deze varieerde van *helemaal niet mee eens* tot *helemaal wel mee eens*. Smileys ondersteunden de keuze door aan te geven welke emotie verbonden was aan de vijf punten van de schaal. De motivatie werd op drie momenten gemeten: voor de simulatietaak, na de eerste opdracht van de simulatietaak en na alle drie de simulatietaken. De laatste versie, nadat alle simulatietaken waren uitgevoerd, werd geschreven in de verleden tijd. De Chronbach’s  $\alpha$  van deze drie motivatielijsten waren respectievelijk, .547, .652 en .731.

### *2.3.3 Leerproces*

De acties die de leerlingen tijdens de simulatietaak uitvoerden werden opgeslagen in logfiles. Variabelen die belangrijk waren om inzicht te krijgen in het experimenteelgedrag van de leerlingen, waren: a) het aantal unieke drops dat de leerling in totaal heeft uitgevoerd tijdens de simulatietaak, dit is het totaal aantal verschillende drops dat uitgevoerd is, b) het aantal drops dat de leerling heeft uitgevoerd voorafgaand aan het beantwoorden van de laatste vraag in alle drie de opdrachten en c) het aantal meest informatieve drops, de drops die uitgevoerd moesten worden om een antwoord te kunnen geven op de zes hoofdvragen van de opdrachten. Daarnaast werden ook de antwoorden die de leerlingen gaven op de vragen opgeslagen (twee vragen per opdracht in de conditie zonder ondersteuning en tien vragen per opdracht in de conditie met ondersteuning). Op deze manier konden de antwoorden gescoord worden en kon er inzicht verkregen worden in de kennis die de leerlingen opgedaan hebben tijdens de simulatieopdrachten.

## **2.4 Procedure**

Het onderzoek bestond uit drie delen: een voortoets, de simulatietaak en een natoets. Deze onderdelen waren verdeeld over twee lessen. Tijdens de eerste les deden de leerlingen



klassikaal de voortoets waarin de domeinkennis gemeten werd. De leerlingen hadden hier 30 minuten de tijd voor. Tijdens de tweede les werden de leerlingen in groepen, variërend van 4 tot 30 leerlingen, afhankelijk van het aantal beschikbare computers, aan het werk gezet met de simulatietaak. De leerlingen werden random verdeeld over de twee condities. Voordat ze begonnen aan de simulatietaak kregen ze een korte video te zien waarin werd uitgelegd hoe de simulatietaak werkte. Nadat ze alle informatie en uitleg over de simulatietaak hadden gekregen, vulden ze de eerste motivatievragenlijst in. Vervolgens konden de leerlingen individueel aan de slag met de simulatie, hiervoor kregen ze 45 tot 60 minuten de tijd. Na de eerste opdracht in de simulatietaak vulden ze nogmaals de motivatievragenlijst in. Direct nadat de leerlingen klaar waren met de gehele simulatietaak kregen ze de natoets waarin opnieuw de domeinkennis werd gemeten en vulden ze ook voor de laatste keer een motivatievragenlijst in. Ook voor deze domeinkennis toets kregen de leerlingen 30 minuten de tijd.

## **2.5 Data analyse**

### *2.5.1 Domeinkennis toetsen*

De voortoets en natoets werden nagekeken aan de hand van een vooraf opgesteld codeerschema. De antwoorden op de vragen werden beoordeeld op de aanwezigheid van essentiële concepten en/of de verklaring van essentiële processen. Een antwoord dat alle concepten en processen bevatte, kon in totaal vier punten opleveren. De maximale score op de voor- en natoets was 36 punten (conceptuele kennis 12 punten, *near* transfer 12 punten en *far* transfer 12 punten). Tien procent van de toetsen werd nagekeken door een tweede beoordelaar. De interbeoordelaarbetrouwbaarheid van de voortoets en natoets was een Cohen's Kappa van respectievelijk .916 en .708.

### *2.5.2 Logbestanden*

De antwoorden op de vragen van de drie opdrachten die de leerlingen in de simulatie moesten beantwoorden werden gescoord op basis van een vooraf opgesteld codeerschema. De conditie met ondersteuning bevatte dertig vragen (tien vragen per opdracht). Elk juist antwoord leverde één punt op en elk onjuist antwoord leverde nul punten op. De maximale score die in deze conditie behaald kon worden, was dertig punten, met een maximum score van tien punten per opdracht. In de conditie zonder ondersteuning werden de zes identieke

hoofdvragen gescoord (twee vragen per opdracht). De maximale score die behaald kon worden, was zes punten, met een maximum van twee punten per opdracht. De Cohen's kappa van de vragen in de conditie met ondersteuning en in de conditie zonder ondersteuning waren respectievelijk .88 en .74.

Ook de eerder beschreven opgeslagen acties in de logfiles werden geanalyseerd, waardoor het totaal aantal unieke drops, het totaal aantal unieke drops per opdracht en het totaal aantal informatieve drops vastgesteld kon worden. Elke unieke drop leverde één punt op en door middel van een vooraf opgesteld codeerschema werden de informatieve drops gescoord. Op het aantal informatieve drops kon een maximum score van zes behaald worden, twee informatieve drops per opdracht.

### *2.5.3 Statistische analyses*

Tijdens de data-analyse is er voornamelijk gebruik gemaakt van ANOVAs en mixed design analyses met het repeated measures model om significante verschillen tussen condities en competentieniveaus te onderzoeken. Post hoc Bonferroni analyses zijn uitgevoerd om verschillen vervolgens meer te specificeren. Tot slot zijn regressie analyses uitgevoerd om verbanden en invloeden van de verschillende variabelen te onderzoeken.

## 3. Resultaten

### 3.1 Kennis

In Tabel 3 wordt voor bovengemiddelde, gemiddelde en ondergemiddelde leerlingen de gemiddelde domeinkennis scores op conceptuele kennis, near transfer kennis en far transfer kennis getoond. Een mixed design analyse, repeated measures model, is uitgevoerd (conditie x competentieniveau x kennistoets), waaruit naar voren komt dat een significante kennistoename plaatsvindt,  $F(1, 195) = 77.31, p = .00, \eta^2 = .28$ . Deze analyse laat ook zien dat er een significant verschil is tussen leerlingen met verschillende competentieniveaus,  $F(2, 195) = 18.00, p = .00, \eta^2 = .16$ . Er zijn geen verschillen gevonden tussen de condities,  $F(1, 195) = 10.13, p = .51, \eta^2 = .00$ .

Post hoc Bonferroni analyses zijn uitgevoerd om de verschillen tussen de competentieniveaus te specificeren. Bovengemiddelde leerlingen laten een hogere kennistoename zien dan gemiddelde leerlingen ( $p = .00$ ) en ondergemiddelde leerlingen ( $p = .00$ ). Gemiddelde leerlingen laten een hogere kennistoename zien dan ondergemiddelde leerlingen ( $p = .02$ ).

Vervolgens zijn er drie mixed design analyses, repeated measures model, uitgevoerd voor de drie soorten kennis afzonderlijk. Hieruit komt naar voren dat er een significante kennistoename plaatsvindt voor conceptuele kennis  $F(1,195) = 68.69, p = .00, \eta^2 = .26$ . Deze analyse laat verder zien dat er een significant verschil is tussen leerlingen met verschillende competentieniveaus  $F(2,195) = 45.33, p = .00, \eta^2 = .10$ . Maar er zijn geen verschillen gevonden tussen de condities,  $F(1,195) = .35, p = .56, \eta^2 = .00$ .

Er vindt ook een significante kennistoename plaats voor near transfer kennis  $F(1,195) = 23.47, p = .00, \eta^2 = .11$ . Er zijn hierbij significante verschillen gevonden tussen leerlingen met verschillende competentieniveaus ( $F(2,195) = 8.58, p = .00, \eta^2 = .08$ ), maar niet tussen de condities ( $F(1,195) = .01, p = .93, \eta^2 = .00$ ).

Ten slotte vind er ook een significante kennistoename plaats voor far transfer kennis  $F(1,195) = .00, p = .00, \eta^2 = .05$ . Hierbij zijn ook significante verschillen gevonden tussen leerlingen met verschillende competentieniveaus ( $F(2,195) = 7.59, p = .00, \eta^2 = .07$ ), maar niet tussen de condities ( $F(1,195) = .60, p = .44, \eta^2 = .00$ ).

Post hoc Bonferroni analyses zijn uitgevoerd om de verschillen tussen de competentieniveaus te specificeren. Bovengemiddelde leerlingen laten een hogere kennistoename zien op conceptuele kennis dan gemiddelde leerlingen ( $p = .00$ ) en ondergemiddelde leerlingen ( $p = .00$ ). Op near transfer kennis laten bovengemiddelde leerlingen een hogere kennistoename zien dan ondergemiddelde leerlingen ( $p = .00$ ) en gemiddelde leerlingen laten een hogere kennistoename zien dan ondergemiddelde leerlingen ( $p = .04$ ). Op far transfer kennis laten bovengemiddelde leerlingen een hogere kennistoename zien dan gemiddelde leerlingen ( $p = .02$ ) en ondergemiddelde leerlingen ( $p = .00$ ).

Een laatste mixed design analyse, repeated measures model, is uitgevoerd om per competentieniveau te kijken of er verschillen zijn tussen de twee condities. Uit deze analyse zijn geen significante verschillen gevonden voor bovengemiddelde leerlingen ( $F(1,45) = .00$ ,  $p = .99$ ,  $\eta^2 = .00$ ), gemiddelde leerlingen ( $F(1,108) = 2.46$ ,  $p = .12$ ,  $\eta^2 = .02$ ) en ondergemiddelde leerlingen ( $F(1,42) = .01$ ,  $p = .92$ ,  $\eta^2 = .00$ ).

Tabel 3

*Gemiddelde Domeinkennis Scores Per Kennistype Voor Competentieniveaus en Conditie*

	Voortoets						Natoets					
	Met ondersteuning		Zonder ondersteuning		Totaal		Met ondersteuning		Zonder ondersteuning		Totaal	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
<i>Bovengemiddeld</i>												
Conceptueel <sup>a</sup>	2.38	1.35	3.00	2.09	2.68	1.76	5.13	2.42	4.26	2.78	4.70	2.61
Near transfer <sup>b</sup>	4.00	1.64	4.17	1.34	4.09	1.49	4.36	1.87	4.87	2.65	4.74	2.26
Far transfer <sup>c</sup>	2.29	2.68	1.87	2.53	2.09	2.59	2.54	2.50	2.57	2.52	2.55	2.49
Totaal <sup>d</sup>	8.67	3.40	9.04	4.68	8.85	4.03	12.54	4.50	12.13	6.76	12.34	5.66
<i>Gemiddeld</i>												
Conceptueel <sup>a</sup>	1.98	1.30	2.40	1.67	2.09	1.42	3.46	1.85	3.07	1.72	3.53	1.82
Near transfer <sup>b</sup>	3.34	1.60	3.37	1.43	3.35	1.55	4.44	2.19	3.73	1.74	4.25	2.09
Far transfer <sup>c</sup>	1.51	1.74	.83	1.12	1.33	1.62	1.88	2.03	1.20	1.52	1.69	1.92
Totaal <sup>d</sup>	6.83	3.12	6.60	3.15	6.76	3.11	10.00	4.49	8.00	3.07	9.45	4.23
<i>Ondergemiddeld</i>												
Conceptueel <sup>a</sup>	2.19	1.78	1.70	1.22	1.93	1.52	2.81	1.72	2.70	1.74	2.75	1.71
Near transfer <sup>b</sup>	2.57	1.50	2.91	1.04	2.75	1.28	3.48	1.54	3.52	1.34	3.50	1.42
Far transfer <sup>c</sup>	.62	1.02	.96	1.11	.80	1.07	1.10	1.38	1.26	1.57	1.18	1.47
Totaal <sup>d</sup>	5.38	2.91	5.57	1.93	5.48	2.42	7.52	2.91	7.48	3.34	7.50	3.11
<i>Totaal</i>												
Conceptueel <sup>a</sup>	2.09	1.38	2.37	1.75	2.19	1.54	3.67	2.07	3.32	2.17	3.54	2.11
Near transfer <sup>b</sup>	3.34	1.64	3.47	1.37	3.39	1.54	4.31	2.05	4.01	2.02	4.20	2.04
Far transfer <sup>c</sup>	1.51	1.92	1.18	1.71	1.39	1.85	1.87	2.07	1.63	1.97	1.78	2.03
<b>Totaal<sup>d</sup></b>	<b>6.94</b>	<b>3.27</b>	<b>7.03</b>	<b>3.65</b>	<b>6.97</b>	<b>3.41</b>	<b>10.07</b>	<b>4.50</b>	<b>9.09</b>	<b>4.94</b>	<b>9.70</b>	<b>4.69</b>

NB. <sup>a,b,c</sup> maximumscore is 12, <sup>d</sup> maximumscore is 36

### 3.2 Proces

In tabel 4 wordt voor bovengemiddelde, gemiddelde en ondergemiddelde leerlingen het percentage goed beantwoorde simulatievragen per conditie getoond. In Tabel 5 wordt voor bovengemiddelde, gemiddelde en ondergemiddelde leerlingen de gemiddelde scores op de zes hoofdvragen van de simulatietaak getoond. Er zijn One Way ANOVAs uitgevoerd om te kijken of er significante verschillen zijn tussen condities en competentieniveaus. Uit deze analyses komt naar voren dat leerlingen uit de conditie met ondersteuning significant hoger scoorden dan leerlingen uit de conditie zonder ondersteuning ( $F(1,178) = 5.17, p = .02$ ). Ook komt naar voren dat er significante verschillen zijn tussen competentieniveaus,  $F(2,178) = 5.90, p = .00$ . Echter wanneer er dieper gekeken wordt naar de verschillen tussen condities, waarbij de file gesplitst is voor competentieniveau komt naar voren dat er geen significante verschillen zijn voor bovengemiddelde leerlingen ( $F(1,42) = .89, p = .35$ ), gemiddelde leerlingen ( $F(1,98) = 3.64, p = .06$ ) en ondergemiddelde leerlingen ( $F(1,36) = 1.25, p = .27$ ). Bovenbeschreven significante verschil tussen condities zou veroorzaakt kunnen worden door het bijna significante verschil voor gemiddelde leerlingen.

Tabel 4

#### *Percentages Goed Beantwoorde Simulatievragen Voor Competentieniveaus en Conditie*

	Conditie met ondersteuning <sup>a</sup>	Conditie zonder ondersteuning <sup>b</sup>
Bovengemiddeld	75,45%	37,83%
Gemiddeld	68,38%	33,33%
Ondergemiddeld	58,81%	25,67%
Totaal	68,58%	33,67%

NB. <sup>a</sup> Simulatietaak bevatte totaal 30 vragen, <sup>b</sup> Simulatietaak bevatte totaal 6 vragen

Tabel 5

*Gemiddelde Scores Op De Hoofdvragen Voor Competentieniveaus en Conditie*

	Conditie met ondersteuning		Conditie zonder ondersteuning		Totaal	
	M	SD	M	SD	M	SD
Bovengemiddeld	2.71	1.42	2.27	1.64	2.49	1.53
Gemiddeld	2.12	1.09	1.64	1.11	2.00	1.11
Ondergemiddeld	1.80	1.08	1.36	1.22	1.54	1.17
Totaal	2.19	1.78	1.75	1.37	2.02	1.27

NB. Maximum score is 6.

Door log problemen op de computer is de N bij procesmaten kleiner ( $N = 179$ ) dan bij de analyses voor kennis en motivatie ( $N = 201$ ).

In Tabel 6 wordt voor bovengemiddelde, gemiddelde en ondergemiddelde leerlingen het gemiddelde aantal unieke drops en het gemiddelde aantal meest informatieve drops in de simulatietaak getoond. Er zijn One Way ANOVAs uitgevoerd om te kijken of er significante verschillen zijn tussen condities en competentieniveaus. Uit deze analyses komt naar voren dat er een significant verschil is tussen de twee condities voor het aantal drops dat leerlingen uitvoerden in de simulatietaak,  $F(1,180) = 334.13$ ,  $p = .00$ . Leerlingen uit de conditie met ondersteuning voerden meer unieke drops uit dan leerlingen uit de conditie zonder ondersteuning. Daarnaast is er een significant verschil tussen de twee condities voor het aantal meest informatieve drops,  $F(1,180) = 260.67$ ,  $p = .00$ . Leerlingen uit de conditie met ondersteuning voerden meer informatieve drops uit dan leerlingen uit de conditie zonder ondersteuning.

Er zijn ook significante verschillen gevonden tussen competentieniveaus voor het aantal unieke drops,  $F(2,180) = 10.58$ ,  $p = .00$ . Post Hoc Bonferroni analyses laten zien dat gemiddelde leerlingen meer unieke drops uitvoeren dan bovengemiddelde leerlingen ( $p = .01$ ) en ondergemiddelde leerlingen ( $p = .00$ ). Daarnaast is er een significant verschil tussen competentieniveaus voor het aantal meest informatieve drops,  $F(2,180) = 4.19$ ,  $p = .02$ . Post Hoc Bonferroni analyses laten zien dat bovengemiddelde leerlingen meer informatieve drops uitvoeren dan ondergemiddelde leerlingen ( $p = 1.00$ ) en gemiddelde leerlingen voeren meer informatieve drops uit dan bovengemiddelde ( $p = .06$ ) en ondergemiddelde leerlingen ( $p = .06$ ).

Om dieper te kijken naar de verschillen tussen condities voor het aantal unieke drops en het aantal meest informatieve drops is de file opnieuw gesplitst voor competentieniveau. Hieruit komt naar voren dat er voor het aantal unieke drops significante verschillen zijn voor bovengemiddelde leerlingen ( $F(2,43) = 111.64, p = .00$ ), gemiddelde leerlingen ( $F(1,98) = 127.85, p = .00$ ) en ondergemiddelde leerlingen ( $F(1,37) = 63.93, p = .00$ ).

Ook voor het aantal meest informatieve drops zijn er significante verschillen voor bovengemiddelde leerlingen ( $F(1,43) = 94.43, p = .00$ ), gemiddelde leerlingen ( $F(1,98) = 122.00, p = .00$ ) en ondergemiddelde leerlingen ( $F(1,37) = 32.99, p = .00$ ).

Tabel 6

*Gemiddelde Aantal Unieke En Meest Informatieve Drops In De Simulatietaak Per Competentieniveau En Conditie*

	Conditie met ondersteuning		Conditie zonder ondersteuning		Totaal	
	M	SD	M	SD	M	SD
<i>Bovengemiddeld</i>						
Unieke	20.62	3.29	10.00	4.45	15.07	6.63
Meest informatieve <sup>a</sup>	4.67	.58	2.09	1.08	3.32	1.57
<i>Gemiddeld</i>						
Unieke	22.28	4.89	9.72	4.48	19.11	7.27
Meest informatieve <sup>a</sup>	4.42	.74	2.32	1.03	3.89	1.23
<i>Ondergemiddeld</i>						
Unieke	20.87	3.29	8.91	5.27	13.63	7.46
Meest informatieve <sup>a</sup>	4.47	.52	2.52	1.24	3.29	1.39
<i>Totaal</i>						
Unieke	21.77	4.47	9.55	4.69	16.98	7.51
Meest informatieve <sup>a</sup>	4.47	.69	2.31	1.12	3.62	1.38

NB. <sup>a</sup> Maximumscore is 6

In Tabel 7 worden de gemiddelde scores en het gemiddelde aantal informatieve drops op de overige vragen uit de conditie met ondersteuning van bovengemiddelde, gemiddelde en



ondergemiddelde leerlingen weergegeven. Een One Way ANOVA laat zien dat er significante verschillen zijn tussen de competentieniveaus betreft de scores op de vragen,  $F(2,109) = 9.14$ ,  $p = .00$ . Post Hoc Bonferroni analyses laten zien dat bovengemiddelde leerlingen beter scoren dan gemiddelde leerlingen ( $p = .04$ ) en ondergemiddelde leerlingen ( $p = .00$ ). Gemiddelde leerlingen scoren beter dan ondergemiddelde leerlingen ( $p = .02$ ). Er zijn geen significante verschillen gevonden tussen de competentieniveaus voor het aantal informatieve drops,  $F(2,109) = 2.16$ ,  $p = .12$ .

Tabel 7

*Gemiddelde Scores en Informatieve drops Overige Vragen Conditie Met Ondersteuning*

	Scores op vragen <sup>a</sup>		Informatieve drops <sup>b</sup>	
	M	SD	M	SD
Bovengemiddeld	20.14	1.82	16.19	1.12
Gemiddeld	18.39	2.62	15.46	1.58
Ondergemiddeld	16.13	4.29	15.27	1.87
Totaal	18.39	2.98	15.57	1.57

NB. <sup>a</sup> maximum score is 24, <sup>b</sup> maximum score is 17

### 3.3 Regressie analyses

Er zijn regressie analyses uitgevoerd om het verband en invloed van verschillende variabelen te onderzoeken. Deze analyses zijn voor de twee condities afzonderlijk uitgevoerd om ook de rol van de conditie hierin te onderzoeken.

#### *Conditie met ondersteuning*

Als eerst is er door middel van een step-wise meervoudige regressie analyse gekeken naar de invloed van het aantal unieke drops, het aantal meest informatieve drops en de totaalscores van de voortoets op de scores van de zes hoofdvragen van de simulatie. Tabel 8 laat de resultaten van deze analyse zien. De voortoets heeft een voorspellende waarde van 21,3% op de scores van de zes hoofdvragen van de simulatie.

Daarnaast is dezelfde analyse nogmaals uitgevoerd om te kijken wat de invloed is van het aantal unieke drops, het aantal meest informatieve drops, de totaalscores van de voortoets en de scores van de zes hoofdvragen van de simulatie op de scores van de natoets. Tabel 9 laat de resultaten van deze analyse zien. De voortoets heeft een voorspellende waarde van 43,3% en de score op de zes hoofdvragen voorspelt 4,3% extra.

Tabel 8

*Coëfficiënten van het regressiemodel dat de scores op de hoofdvragen verklaard voor de conditie met ondersteuning*

	B	SE B	$\beta$
Stap 1			
Constant	1.046	.234	
Domeinkennis voortoets	.164	.03	.462**

NB.  $R^2 = .213$  voor Stap 1\*\*, \*  $p < .01$ , \*\*  $p < .001$

Tabel 9

*Coëfficiënten van het regressiemodel dat de scores op de natoets verklaard voor de conditie met ondersteuning*

	B	SE B	$\beta$
Stap 1			
Constant	4.054	.772	
Domeinkennis voortoets	.905	.100	.658**
Stap 2			
Constant	3.099	.811	
Domeinkennis voortoets	.765	.109	.549**
6 hoofdvragen	.913	.307	.235*

NB.  $R^2 = .433$  voor Stap 1\*\*,  $R^2 = .476$  voor Stap 2\*, \*  $p < .01$ , \*\*  $p < .001$

### *Conditie zonder ondersteuning*

Dezelfde step-wise meervoudige regressie analyse is uitgevoerd voor de conditie zonder ondersteuning. Als eerst er gekeken naar de invloed van het aantal unieke drops, het aantal meest informatieve drops en de totaalscores van de voortoets op de scores van de zes hoofdvragen van de simulatie. Tabel 10 laat de resultaten van deze analyse zien. De voortoets heeft een voorspellende waarde van 11,6% op de scores van de zes hoofdvragen van de simulatie. Het aantal unieke drop en het aantal meest informatieve drops hebben geen significante invloed.

Daarnaast is ook voor de conditie zonder ondersteuning dezelfde analyse nogmaals uitgevoerd om te kijken wat de invloed is van het aantal unieke drops, het aantal meest informatieve drops, de totaalscores van de voortoets en de scores van de zes hoofdvragen van de simulatie op de scores van de natoets. Tabel 11 laat de resultaten van deze analyse zien. De

totaalscore op de 6 hoofdvragen van de simulatie heeft een voorspellende waarde van 28,9% op de scores van de natoets, de score op de zes hoofdvragen voorspelt 13,7% extra en het aantal informatieve drops voorspelt 5,8% extra.

Tabel 10

*Coëfficiënten van het regressiemodel dat de scores op de hoofdvragen verklaard voor de conditie zonder ondersteuning*

	B	SE B	$\beta$
Stap 1			
Constant	.866	.337	
Domeinkennis voortoets	.124	.042	.341*

NB.  $R^2 = .116$  voor Stap 1\*\*, \*  $p < .01$ , \*\*  $p < .001$

Tabel 11

*Coëfficiënten van het regressiemodel dat de scores op de natoets verklaard voor de conditie zonder ondersteuning*

	B	SE B	$\beta$
Stap 1			
Constant	5.806	.844	
6 hoofdvragen	1.987	.381	.538**
Stap 2			
Constant	2.885	1.061	
6 hoofdvragen	1.491	.367	.403**
Domeinkennis voortoets	.528	.133	.394**
Stap 3			
Constant	.011	1.468	
6 hoofdvragen	1.488	.350	.403**
Domeinkennis voortoets	.558	.128	.416**
Meest informatieve drops	1.127	.242	.242*

NB.  $R^2 = .289$  voor Stap 1\*\*,  $R^2 = .426$  voor Stap 2\*,  $R^2 = .484$  voor Stap 3, \*  $p < .01$ , \*\*  $p < .001$

### 3.4 Motivatie

In Tabel 12 worden de gemiddelde motivatiescores voor bovengemiddelde, gemiddelde en ondergemiddelde leerlingen getoond, voor, tijdens en na de simulatieopdracht. De motivatie

van de leerlingen werd geanalyseerd door middel van one way ANOVAs. Er zijn geen significante verschillen gevonden tussen competentieniveaus voor, voor ( $F(2, 196) = .29, p = .75$ ), tijdens ( $F(2, 197) = .72, p = .49$ ), en na ( $F(2, 197) = 2.05, p = .13$ ) de simulatieopdracht. Ook zijn er geen significante verschillen gevonden tussen de twee condities, voor ( $F(1,197) = .17, p = .68$ ), tijdens ( $F(1.198) = .30, p = .584$ ), en na ( $F(1, 198) = 1.00, p = .32$ ) de simulatieopdracht.

Tabel 12

*Gemiddelde motivatiescores voor competentieniveaus op de drie meetmomenten*

	Voor		Tijdens		Na	
	M	SD	M	SD	M	SD
Bovengemiddeld	11.04	2.05	12.36	2.13	12.48	2.26
Gemiddeld	10.91	2.00	12.04	2.25	12.07	2.36
Ondergemiddeld	10.70	2.48	11.80	2.47	11.41	3.16

NB. Maximum score is 15

## 4. Conclusie & discussie

Het doel van dit onderzoek was het onderzoeken van de effectiviteit van segmentatie tijdens een inquiry taak en welke rol het competentieniveau van leerlingen hierbij kan spelen. De effectiviteit van segmentatie is onderzocht door twee condities met elkaar te vergelijken. De ene conditie kreeg ondersteuning tijdens een inquiry taak over zwaartekracht en de dampkring, de hoofdvragen werden hier ondersteund met kleinere deelvragen. De andere conditie moest de hoofdvragen beantwoorden zonder deze ondersteuning. Om te onderzoeken welke rol het competentieniveau van leerlingen hierbij kan spelen, werd in beide condities onderscheid gemaakt tussen bovengemiddelde, gemiddelde en ondergemiddelde leerlingen.

Verwacht werd dat leerlingen die ondersteuning kregen meer domeinkennis zouden opdoen dan leerlingen die geen ondersteuning kregen. Resultaten laten zien dat er kennistoename plaatsvindt van voortoets naar natoets, zowel voor conceptuele, near transfer als far transfer kennis. Echter is hierbij geen verschil gevonden tussen de condities, leerlingen in beide condities doen domeinkennis op wanneer ze werken met de inquiry taak. Dit zou verklaard kunnen worden door het feit dat zwaartekracht en de dampkring onderwerpen zijn waar leerlingen nog niet veel over geleerd hebben of waar ze nog niet veel over weten. De inquiry taak op zich heeft er hierdoor voor gezorgd dat de leerlingen kennis opdoen en dus beter scoren op de natoets.

De tweede verwachting was dat leerlingen die ondersteuning kregen meer en effectiever zouden experimenteren dan leerlingen die geen ondersteuning kregen. Resultaten laten zien dat leerlingen in de conditie met ondersteuning significant meer unieke en informatieve drops uitvoerden dan leerlingen die geen ondersteuning kregen. Dit resultaat kan verklaard worden door de experimentsuggesties. Leerlingen in de conditie met ondersteuning werden door de opdracht begeleid door middel van deelvragen die ondersteund werden door experimentsuggesties. Deze leerlingen werden daardoor expliciet aangespoord om drops uit te voeren en de leerlingen in de conditie zonder ondersteuning niet.

De derde verwachting was dat leerlingen die ondersteuning kregen beter zouden scoren op de bestaande hoofdvragen van de opdrachten in de inquiry taak dan leerlingen die de ondersteuning niet kregen. Resultaten bevestigen deze verwachting. Leerlingen in de conditie met ondersteuning scoorden significant beter op de hoofdvragen dan leerlingen in de conditie zonder ondersteuning. Wanneer leerlingen bezig zijn met een inquiry taak hebben ze

dus baat bij de deelvragen en kunnen ze de opdrachten beter maken dan wanneer ze deze deelvragen niet krijgen.

De volgende verwachtingen gaan over de rol van het competentieniveau van leerlingen. Verwacht werd dat ondergemiddelde leerlingen het meest baat zouden hebben bij de ondersteuning. Uit de resultaten komt naar voren dat er inderdaad kennistoename van voortoets naar natoets plaatsvindt voor ondergemiddelde leerlingen in de conditie met ondersteuning. Wanneer er echter naar absolute scores wordt gekeken van de hoofdvragen van de simulatie, scoorden gemiddelde en bovengemiddelde leerlingen hoger. Op basis van het onderzoek van Lazonder & Kamp (2012) werd echter verwacht dat segmenteren van een taak vooral bij de behoeften van ondergemiddelde leerlingen aan zou sluiten. Dat zij toch lager scoorden dan gemiddelde en bovengemiddelde leerlingen betekent niet dat ze geen baat hebben gehad bij de deelvragen, want de score op de domeinkennistoets is wel omhoog gegaan. Gemiddelde en bovengemiddelde leerlingen pikken gemakkelijker informatie op (Grosfeld & Visser, 2011), waardoor zij over het algemeen hoger scoren dan ondergemiddelde leerlingen. Wellicht waren de deelvragen voor ondergemiddelde leerlingen al een taak op zich, waardoor ze gefocust waren om deze zo goed mogelijk te beantwoorden (Dillenbourg, 2002). Het uiteindelijke doel van de inquiry taak, het leren van de fenomenen zwaartekracht en dampkring, kan hierdoor uit het oog verloren worden doordat ze zich voornamelijk op het beantwoorden van de deelvragen focussen.

Verwacht werd dat ook gemiddelde leerlingen baat zouden hebben bij de ondersteuning. De scores op de domeinkennistoets van gemiddelde leerlingen laten inderdaad kennistoename zien van voortoets naar natoets. Het verschil tussen de gemiddelde leerlingen in de conditie met ondersteuning en in de conditie zonder ondersteuning is niet significant, wanneer er echter gekeken wordt naar absolute scores is de kennistoename in de conditie met ondersteuning groter dan in de conditie zonder ondersteuning. Gemiddelde leerlingen lijken dus baat gehad te hebben bij de deelvragen.

Voor bovengemiddelde leerlingen werd verwacht dat zij baat zouden hebben bij de ondersteuning, maar ook uit de voeten zouden kunnen met de inquiry taak zonder ondersteuning, omdat ze daar meer uitgedaagd werden (Shore, Kanevsky & Rejskind, 1991). Resultaten bevestigen deze verwachting. Bovengemiddelde leerlingen laten kennistoename van voortoets op natoets zien in beide condities. Wanneer gekeken wordt naar de absolute scores op de hoofdvragen van de simulatie, is te zien dat deze scores niet ver uit elkaar liggen

in beide condities. Bovengemiddelde leerlingen zijn in beide condities dus in staat te werken met de inquiry taak.

Als laatst werd verwacht dat ondergemiddelde en gemiddelde leerlingen meer gemotiveerd zouden zijn in de conditie met ondersteuning en bovengemiddelde leerlingen meer gemotiveerd zouden zijn in de conditie zonder ondersteuning. Uit de resultaten komt dit niet naar voren. Er zijn geen verschillen tussen de competentieniveaus en condities gevonden voor de motivatie. De meeste leerlingen waren enthousiast over de opdracht. Ze vonden het leuk om iets te leren over de zwaartekracht en de dampkring, omdat het een onderwerp was, wat ze op school niet behandelden. Dit kan verklaren, waarom er geen verschillen zijn gevonden tussen de competentieniveaus en condities voor de motivatie.

Op basis van al deze resultaten samen kan geconcludeerd worden dat segmentatie een goede manier van ondersteuning kan zijn tijdens een inquiry taak voor zowel ondergemiddelde, gemiddelde als bovengemiddelde leerlingen. Op het moment dat leerlingen bezig waren met de inquiry taak, hebben ze baat gehad bij de deelvragen; ze konden hoofdvragen beter beantwoorden en voerden meer unieke en informatieve drops uit dan leerlingen die deze deelvragen niet kregen. Wanneer er gekeken werd naar de kennistoename in de domeinkennistoets zijn de verschillen tussen condities niet significant gebleken. Verklaring hiervoor kan zijn dat de domeinkennistoets een moeilijke toets was en dat het niveau van de vragen een stuk hoger lag dan het niveau van de vragen uit de simulatietask. De effecten van de ondersteuning kunnen hierdoor wel zichtbaar zijn tijdens het werken met de inquiry taak zelf, maar niet op de domeinkennistoets.

Analyses over de samenhang tussen de scores op de hoofdvragen van de simulatie en de scores op de natoets geven een opvallend resultaat. De prestaties van leerlingen tijdens de simulatietaken zijn alleen voor de leerlingen in de controle conditie van invloed op hun scores van de natoets. Echter scoren de leerlingen uit de conditie met ondersteuning beter op de hoofdvragen. Dit zou verklaard kunnen worden door té veel ondersteuning in de conditie met ondersteuning (Tsovaltzi, et. al., 2008). Wellicht bestond de ondersteuning uit te veel deelvragen. Het segmenteren van de taak heeft er voor gezorgd dat leerlingen geholpen werden systematisch de opdrachten uit te voeren (Nadolski, Kirschner & van Merriënboer, 2005) doordat het focusgebied kleiner werd (Lazonder & Kamp, 2012). Op deze manier konden activiteiten en experimenten die niet effectief waren voor de opdracht vermeden worden (Weinberger, Ertl, Fischer & Mandl, 2005). Echter zijn taken met te veel stappen niet

goed, dit belemmerd, evenals te weinig stappen, het leren (Nadolski, Kirschner & van Merriënboer, 2005). Bij de te veel stappen kunnen leerlingen overladen worden met details en overvloedige informatie. Te veel deelvragen worden dan te specifiek voor de leertaak en leiden af van de te leren fenomenen (Nadolski, Kirschner & van Merriënboer, 2005), in dit geval zwaartekracht en de dampkring.

Een tweede verklaring kan zijn dat een gesegmenteerde taak met te veel en te gedetailleerde stappen te gemakkelijk wordt voor leerlingen (Dillenbourg, 2002). Op deze manier kan een opdracht op de automatische piloot uitgevoerd worden, waardoor de leerlingen niet meer genoeg gestimuleerd worden om zelf dieper na te denken. Zo wordt er minder geleerd, omdat de opgedane kennis niet verwerken wordt (Dillenbourg, 2002).

Een derde verklaring kan zijn dat in de conditie met ondersteuning niet genoeg ruimte meer was om fouten te mogen maken door te veel structuur en ondersteuning die geboden werd. Moeilijke opdrachten, waar leerlingen mee worstelen, waarbij ze niet direct weten hoe ze tot een oplossing moeten komen en waarbij ze fouten mogen maken, kunnen een productieve oefening in falen zijn, dit wordt *productive failure* genoemd (Kapur, 2008, Kapur, 2012). In de conditie zonder ondersteuning was het voor leerlingen mogelijk om te experimenteren en fouten te maken. In de conditie met ondersteuning konden leerlingen ook zelf experimenteren, maar door de experimentsuggesties die onderdeel maakte van de deelvragen werd er wellicht te veel voor hen gedacht en werden ze te veel geleid, waardoor er niet meer genoeg ruimte was om zelf te experimenteren.

Tijdens een inquiry taak kunnen leerlingen baat hebben bij segmentatie door middel van deelvragen, leerlingen konden de hoofdvragen van de simulatieopdrachten beter beantwoorden en scoorden hier beter op dan wanneer ze deze deelvragen niet kregen. Echter heeft dit geen voorspellende invloed gehad op de scores van de natoets. In vervolgonderzoek zou de ondersteuning verder ontwikkeld en aangepast kunnen worden om tot een effectievere manier van ondersteunen te komen. De experimentsuggesties zouden achterwege gelaten moeten worden, waardoor leerlingen meer vrijheid krijgen in het experimenteren en er dus ruimte is voor *productive failure* (Kapur, 2008). Mogelijke manier van ondersteuning die verder onderzocht kan worden is dus het toepassen van deelvragen zonder de experimentsuggesties. Ook zouden de deelvragen moeten bestaan uit meer open vragen, waardoor leerlingen de vrijheid krijgen om te experimenteren en waarbij ze zelf meer na moeten denken over welke experimenten effectief zijn om tot een antwoord te komen, op deze manier kan een opdracht minder op de automatische piloot uitgevoerd worden en worden de



leerlingen gestimuleerd dieper na te denken (Dillenbourg, 2002). Tot slot zou vervolgonderzoek zich ook kunnen richten op de vraag in welke mate er gesegmenteerd moet worden. Gebleken is dat een inquiry taak met de weinig ondersteuning (de Jong & van Joolingen, 2009) en te weinig stappen niet effectief is. Maar een gesegmenteerde taak met te veel stappen is ook niet effectief (Nadolski, Kirschner & van Merriënboer, 2005). Er moet dus een juiste middenweg gevonden worden.

## 5. Referenties

- Bosker, R. (2005). *De grenzen van gedifferentieerd onderwijs*. Oratie, Rijksuniversiteit Groningen.
- Bosker, R., & Doolaard, S. (2009). *De pedagogische kwaliteit van differentiatie in het onderwijs*. Het pedagogisch Quotiënt, 151-168. Houten: Bohn Stafleu van Loghum.
- Bruner, J. S. (1961). The act of discovery. *Harvard Educational Review*, 31. 21-32
- de Jong, T. (2006). Computer simulations: Technological advances in inquiry learning. *Science*, 312, 532-533.
- Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All other things being equal: acquisition and transfer of the controle of variables strategy. *Child Development*, 70 (5), 1098-1120.
- CITO (2012). Toetsscore, vaardigheidsscore... en dan?  
[www.cito.nl/~media/cito.../cito\\_toetsscore\\_vaardigheidsscore\\_en\\_dan.ashx](http://www.cito.nl/~media/cito.../cito_toetsscore_vaardigheidsscore_en_dan.ashx)
- de Jong, T. (2006). Computer simulations: Technological advances in inquiry learning. *Science*, 312, 532-533.
- 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.
- Diezmann, C. M., & Watters, J. J. (1997). Bright but bored: optimising the environment for gifted children. *Australian Journal of Early Childhood*, 22, 17-21.
- Dillenbourg, P. (2002). Over-scripting CSCL: The risks of blending collaborative learning with instructional design. In P. A. Kirschner (Ed.), *Three worlds of CSCL. Can we support CSCL?*, 61-91, Heerlen: Open Universiteit Nederland.
- Driessen, G. (2007). 'Peer group' effecten op onderwijsprestaties, een internationaal review van effecten, verklaringen en theoretische en methodologische aspecten. Radboud Universiteit Nijmegen.

- Driessen, G., Mooij, T., & Doesborg, J. (2007). Hoogbegaafdheid van leerlingen in het primair onderwijs. Radboud Universiteit Nijmegen.
- Gijlers, H., & de Jong, T. (2009). Sharing and confronting propositions in collaborative inquiry learning. *Cognition and Instruction*, 27 (3), 239-268.
- Grosfeld, H., & Visser, H. (2011). *Excelleren met VAL junior*. Redax Magazine: Val Junior.
- Jonassen, D. H., & Grabowski, B. L. (1993). *Handbook of individual differences, learning, and instruction*. Hillsdale, New Jersey, Hove and London: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Kapur, M. (2008). Productive failure. *Cognition and Instruction*, 26, 379-424.
- 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*, 4(2), 75-86.
- Klamer, M., & Caminada, G. (2010). Hoogbegaafdheid, een slim kind in de knel. Hjk online.
- Klahr, D., & Nigam, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction. Effects of direct instruction and discovery learning. *Psychological Science*, 15 (10), 661-667.
- Lazonder, A. W., & Kamp, E. (2012). Bit by bit or all at once? Splitting up the inquiry task to promote children's scientific reasoning. *Learning and instruction*, 22, 458-464.
- Lens, W., & Rand, P. (2000). Motivation and cognition: Their role in the development of giftedness. In K. A. Heller, F. J. Mönks, R. J. Sternberg & R. F. Subotnik (Eds.), *International Handbook of Giftedness and Talent, 2nd Edition* (pp. 193-202). Kidlington, Oxford: Elsevier Science Ltd.
- Lou, Y., Abrami, P. C., Spence, J. C., Poulsen, C., Chambers, B., & d'Apollonia, S. (1996). Within-class grouping: a meta-analysis. *Review of Educational Research*, 66, 423-458.

- Margolis, H., & McCabe, P. P (2003). Self-efficacy: A key to improving the motivation of struggling learners. *Preventing school failure: alternative education for children and youth*, 47, 162-169.
- Mayer, R. E. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? *American Psychologist*, 59, 14-19.
- Mayer, R. E. (2008). *Learning and Instruction*. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education.
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2009). Inquiry-based science instruction – What does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research Science Teaching*, 47 (4), 474-496.
- Nadolski, R. J., Kirschner, P. A., & van Mariënboer, J. J. G. (2005). Optimising the number of steps in learning tasks for complex skills. *British Journal of Educational Psychology*, 75, 223-237.
- Patrick, H., Bangel, N. J., Jeon, K.N., & Townsend, M. A. R. (2005). Reconsidering the issue of cooperative learning with gifted students. *Journal for the Education of the Gifted*, 29, 90-108.
- 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.
- Shore, B. M., Kanevsky, L. S., & Rejskind, F. G. (1991). Learning and the needs of gifted students. *Handbook of positive psychology*. Oxford.
- Sun, R., & Zhang, X. (2004). Top-down versus Bottom-up learning in cognitive skill acquisition. *Cognitive Systems Research*, 5, 63-89.

- Tomlinson, C. A., Brighton, C., Hertberg, H., Callahan, C. M., Moon, T. R., Brimijoin, K., Conover, L. A., & Reynolds, T. (2003). Differentiating instruction in response to student readiness, Interest, and learning Profile in academically diverse classrooms: a review of literature. *J Educ Gifted*, 27, 119-145.
- Tsovaltzi, D., Rummel, N., Pinkwart, N., Harrer, A., Scheuer, O., Braun, I., & McLaren, B. M. (2008). CoChemEx: supporting conceptual chemistry learning via computer-mediated collaboration scripts. *Times of Convergence. Technologies Across Learning Contexts Lecture Notes in Computer Science*, 5192, 437-448.
- van Kessels, A. (2009). *Topdown leren onmogelijk uit te leggen; als je niet weet wat bottom-up leren is.*
- van Merriënboer, J. J. G. (1997). *Training complex cognitive skills, a four-component instructional design model for technical training.* Educational Technological Publications, Englewood, New Jersey.
- van Merriënboer, J. J. G., Kirschner, P. A., & Kester, L. (2010). Taking the load of a learner's mind: Instructional design for complex learning. *Educational Psychologist*, 38 (1), 5-13.
- Wang, F., Kinzie, M. B., McGuire, P., & Pan, E. (2010). Applying technology to inquiry-based learning in early childhood education. *Early Childhood Education Journal*, 37, 381-389.
- Wilhelm, P. & Beishuizen, J. J. (2003). Content effects in self-directed inductive learning. *Learning and Instruction*, 13, 381-402.
- Weinberger, A., Ertl, B., Fischer, F., & Mandl, H. (2005). Epistemic and social scripts in computersupported collaborative learning. *Instructional Science*, 33, 1-30.
- Weinberger, A., Stegmann, K., Fischer, F., & Mandl, H. (2007). Scripting argumentative knowledge construction in computer-supported learning environments. *Scripting Computer-Supported Collaborative Learning*, 6, 191-211.