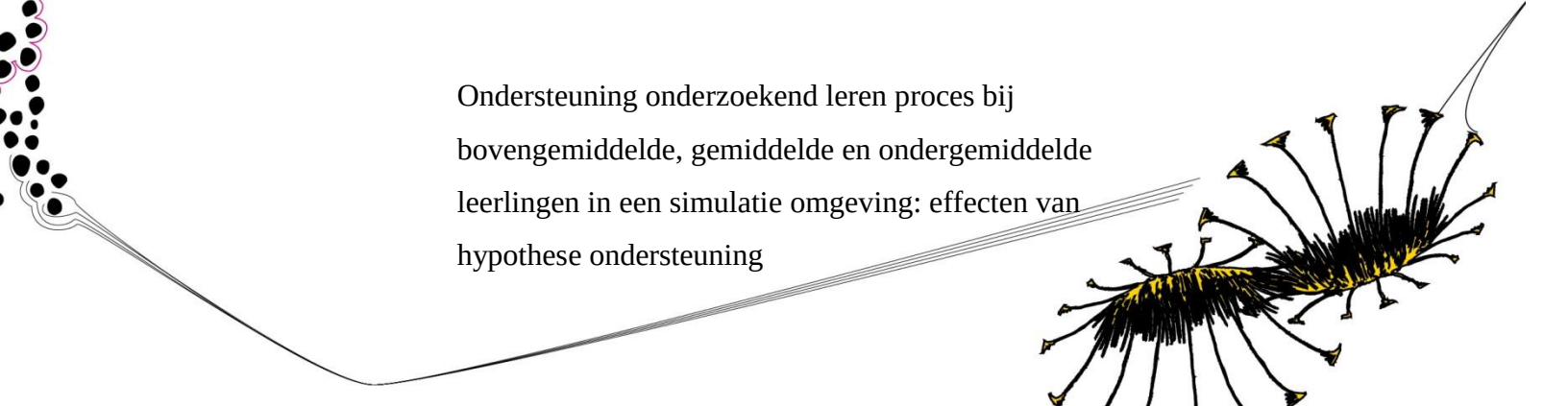




Masterthese, opleiding Psychologie
Instructie, Leren en Ontwikkeling
2012-2014



Ondersteuning onderzoekend leren proces bij
bovengemiddelde, gemiddelde en ondergemiddelde
leerlingen in een simulatie omgeving: effecten van
hypothese ondersteuning



Auteur:

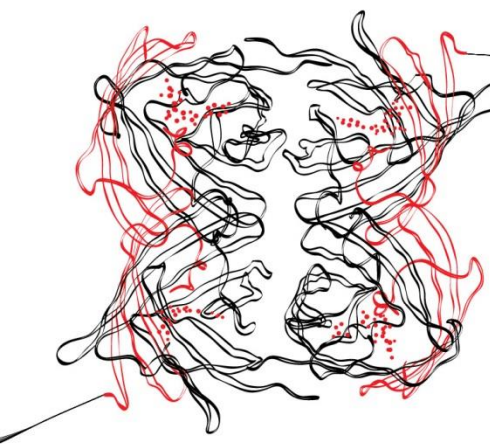
Marjolein Jansen (s1025546)

Universiteit Twente

Supervisors:

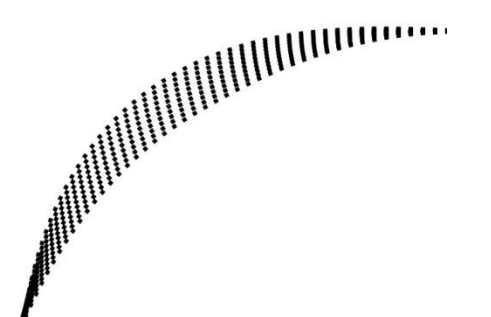
A.M. van Dijk MSc.

Universiteit Twente



Dr. T.H.S. Eysink

Universiteit Twente



Samenvatting

In dit onderzoek is onderzocht of het ondersteunen van het hypotheseproces tijdens het uitvoeren van onderzoekend leren taken in een simulatie omgeving een effect heeft op leerprestaties, leerproces en motivatie van ondergemiddelde, gemiddelde en bovengemiddelde leerlingen en of zij hierin verschillen. In totaal hebben 251 leerlingen gewerkt in de simulatie met het domein zwaartekracht en luchtwrijving (door de dampkring). Zij zijn willekeurig verdeeld over twee condities a) minimaal ondersteunde conditie en b) ondersteunde conditie. In de ondersteunde conditie ontvingen leerlingen een lijst met vooropgestelde hypothesen, leerlingen in de minimaal ondersteunde conditie ontvingen deze lijst niet. Resultaten laten zien dat leerlingen - ongeacht begaafdheidsniveau - een hoger leereffect behalen in beantwoording van vragen van simulatie taken. Zij kunnen echter de opgedane kennis in de simulatie niet vertalen naar de domeinkennistest. De resultaten laten ook zien dat er geen effecten zijn gevonden op het leerproces noch op motivatie. Alle leerlingen - ongeacht begaafdheidsniveau - hebben baat bij ondersteuning van het hypotheseproces.

Abstract

This study investigated the effect of offering support to the hypothesis generation process during simulation based- inquiry learning. More specific, the study investigated the effect on learning performance, learning process and motivation of students with different ability levels (below average, average and above average) and if they differ. A total of 251 students worked on the domain gravity and air friction (atmosphere) in the simulation based environment. Students were randomly assigned either to condition a) minimal supported or b) supported. Students in the supported condition received before conducting an experiment a list with pre- defined hypotheses, students in the minimal supported condition did not receive the list with pre-defined hypotheses. Results showed that students - irrespective the level of ability - gain a higher learning effect when answering questions in the simulation based environment. However students are not able to transfer the gained knowledge in to a domain knowledge test. Furthermore, the results showed no effects regarding the learning process and motivation. All students - irrespective the level of ability - benefit from supporting the hypothesis process.

1. Inleiding

In het basisonderwijs krijgt onderzoekend leren steeds meer aandacht. Algemeen wordt aangenomen dat deze vorm van leren, die ook wel *'inquiry learning'* wordt genoemd, voordelen heeft ten opzichte van meer traditionele instructiebenaderingen (Alfieri, Brooks, Aldrich & Tenenbaum, 2011; Minner, Levy & Century, 2010). Deze manier van leren zorgt voor beter begrip van de leerstof waardoor kennis beter geïntegreerd wordt en dus beter onthouden wordt. Vooral het actieve karakter van deze leervorm, waarbij leerlingen zelf op zoek gaan naar het onderliggende principe van een domein, heeft positieve invloed op leerprestaties. Verschillende onderzoeken wijzen uit dat een actieve leerhouding zorgt voor het genereren van meer en diepere kennis wat weer kan leiden tot betere leerprestaties (Pieters & Verschaffel, 2003; Manlove, Lazonder & de Jong, 2009; Swaak et al., 2004; Van Joolingen, 1999; Dewey, 1933; Minner, Levy & Century, 2010). Dit actieve karakter van onderzoekend leren kenmerkt zich doordat leerlingen verschillende leerprocessen, die tezamen *inquiry cyclus* of *onderzoekend leren cyclus* worden genoemd, moeten doorlopen (de Jong, 2006). En waar zij uiteenlopende vaardigheden voor nodig hebben: *oriëntatie op het domein, opstellen van hypotheses, testen van hypotheses met experimenten, het trekken van conclusies en een evaluatie van de verworven kennis en het gevolgde leerproces* ((Dewey, 1933; Manlove, Lazonder & de Jong, 2009; Minner, Levy & Century, 2010; Alfieri, Brooks, Aldrich & Tenenbaum, 2011; Freudenthal, 1991; Alfieri, Brooks, Aldrich & Tenenbaum, 2011).

In de praktijk is het echter zo dat leerlingen de noodzakelijke onderzoekvaardigheden voor het goed doorlopen van de onderzoekend leren cyclus niet of nauwelijks bezitten (de Jong, 2006). Van alle processen in het onderzoekend leren proces, wordt de fase van het opstellen van hypotheses algemeen beschouwd als een centrale, zeer moeilijke en cruciale fase voor het verdere onderzoeks- en leerproces (Gijlers & de Jong, 2009; Gijlers & de Jong, 2004). Dit wordt zo verondersteld omdat hypotheses de basis vormen voor het verdere proces van de onderzoekend leren cyclus en daarmee het genereren van (nieuwe) kennis (van Joolingen et al., 2009; van Joolingen & de Jong, 1999; Quinn & Alessi, 1994; Reid et al., 2003; Njoo & de Jong, 1993). Wanneer de basis niet goed is, kan de leerling niet tot een effectief en efficiënt leerproces komen (Mayer, 2004).

Moeilijkheden hypotheseproces

Tijdens de fase van het *opstellen van hypotheses* worden door leerlingen vanuit eigen voorkennis en ervaringen, ideeën gevormd over een bepaald fenomeen in het te leren domein (Klahr & Dunbar, 1998; Gijlers & de Jong, 2005; Njoo & de Jong, 1993; Tomkins & Tunnicliffe, 2007). Onderzoeken laten zien dat hypothetiseren in een onderzoekend leren omgeving minimaal is (Gijlers & de Jong, 2005; Njoo & de Jong, 1991; Tomkins & Tunnicliffe, 2001). Eén van de moeilijkheden die leerlingen ervaren tijdens deze fase, is dat ze niet weten hoe hypotheses opgesteld moeten worden die correct en toetsbaar zijn (Njoo & de Jong, 1993; van Joolingen & de Jong, 1991; Kuhn & Dean, 2005). Eén van de oorzaken hiervan is dat leerlingen het moeilijk vinden om variabelen te identificeren en potentiële interessante relaties tussen deze variabelen te zien (de Jong, 2006), zodat zij een hypothese kunnen opstellen. Ook vinden leerlingen het moeilijk om theoretisch opgestelde hypotheses te operationaliseren naar een versie voor de onderzoekend leren fase *experimenteren*, de leerling weet niet welke variabelen van de theoretische opgestelde hypothese in het experiment gebruikt dienen te worden om tot een correct antwoord te komen (Njoo & de Jong, 1993). Tot slot zoeken leerlingen naar bevestiging van hun kennis in plaats van dat zij nieuwe hypotheses testen (Schauble et al., 1995).

Ondersteunen hypotheseproces

De problemen die leerlingen ervaren tijdens de fase *het opstellen van hypotheses* en volgende fases kunnen ondervangen worden en afnemen door ondersteuning aan te bieden tijdens deze fase (Eysink et al., 2009; Fisser, 2009; Kemmers & van Graft, 2007; Klahr & Nigam, 2004; Mayer, 2004; Reid et al., 2003; de Jong & van Joolingen, 1998). Ondersteuning bij hypothetiseren kan ervoor zorgen dat een leerling het leerproces efficiënter doorloopt. Zo kan ondersteuning bijvoorbeeld bijdragen aan betere identificatie van variabelen en zorgen voor efficiënter experimenteel gedrag (Njoo & de Jong, 1993; Shute & Glaser, 1990). Zo werd bijvoorbeeld in het onderzoek van Njoo en de Jong (1993) een hypothese menu met vooropgestelde hypothese aangeboden aan leerlingen. Vervolgens werden leerlingen geïnstrueerd om een minimum aantal van de vooropgestelde hypotheses te selecteren en te testen. Uit de resultaten van het onderzoek van Njoo en de Jong (1993) kwam naar voren dat leerlingen die ondersteund werden met een gestructureerde lijst van vooropgestelde hypotheses, efficiënter experimenteel gedrag vertoonden en een hoger leereffect behaalden dan leerlingen die geen ondersteuning ontvingen. In studies van Quinn & Alessi, (1994); Reid et al., (2003) en Zhang et

al., (2004) werd een andere vorm van ondersteuning gebruikt. In deze studies moesten leerlingen één of meerdere (logische) hypothesen opschrijven. Door de aanwezigheid van meerdere hypothesen werd de implementatie van experimenten geoptimaliseerd, er vond betere concretisering van experimenten plaats (Quinn & Alessi, 1994; Reid et al., 2003; Zhang et al., 2004). Het efficiëntere leerproces zorgde voor een groter leereffect bij leerlingen die de ondersteuning ontvingen in vergelijking tot leerlingen die deze ondersteuning niet ontvingen.

Tevens kan ondersteuning van het hypotheseproces een leerling ten aanzien van het uitvoeren van experimenten sturen naar de zogenoemde theorie gedreven aanpak (Klahr & Dunbar, 1998). Een leerling gebruikt in de theorie gedreven aanpak conceptuele kennis en resultaten van eerdere experimenten om nieuwe hypothesen op te stellen. De leerling voert hierdoor meer discriminerende experimenten uit en komt zodoende tot een efficiënter leerproces. Tegenover de theorie gedreven aanpak staat de data gedreven aanpak. De leerling voert zonder het opstellen van hypothesen willekeurig nieuwe experimenten uit en zoekt naar regelmatigheden in de uitkomsten waaruit causale verbanden geconcludeerd kunnen worden. Bij gebruik van deze aanpak kan een leerling tot een minder efficiënt en effectief leerproces komen dan leerlingen die een theorie gedreven aanpak volgen (Klahr & Dunbar, 1998).

Leerling verschillen

Het ondersteunen van het hypothese proces kan zorgen voor meer structuur in een taak. Het structureren van een taak kan voordeel bieden aan ondergemiddelde en gemiddelde leerlingen. Met name een ondergemiddelde leerling heeft baat bij een gestructureerde vorm van onderwijs (Pashler, 2009). Voor gemiddelde leerlingen kan structurering, weliswaar in mindere mate dan een ondergemiddelde leerling, positieve invloed hebben op het zelfvertrouwen en motivatie om een taak af te maken (Carver & Schreier, 1998; Strong, 2004; Tomlinson, 2004). Voor een bovengemiddelde leerling werkt te veel structurering demotiverend, zij willen het liefst zelfstandig werken en uitgedaagd worden (Grosfeld & Fisser, 2011; Shore & Kanevsky, 1993). Het beperken van vrijheid in een taak bij bovengemiddelde leerlingen heeft als gevolg dat zij minder leerprestaties behalen (Pashler, 2009; Reis & Renzulli, 2010; van Tassel- Baska, 2003).

Te veel uitdaging en complexiteit in een taak heeft voor ondergemiddelde leerlingen negatieve gevolgen voor motivatie en prestatie (McCabe & Margolis, 2003). Een ander verschil is dat ondergemiddelde leerlingen over het algemeen meer tijd nodig hebben om zich een domein

eigen te maken dan gemiddelde en bovengemiddelde leerlingen (Gable, Hendrickson, Tonelson & van Acker, 2000; Lou, et al., 1996).

Tot slot bezit een bovengemiddelde leerling meer voorkennis in vergelijking tot gemiddelde en ondergemiddelde leerlingen (Pashler, 2009). Door deze voorkennis is het relatief eenvoudiger om goede hypothesen te bedenken en wordt relatief vaker de theorie gedreven aanpak gevolgd (Klahr & Dunbar, 1988).

Huidig onderzoek

Het is duidelijk dat zonder ondersteuning in de fase hypothetiseren van het onderzoekend leren proces, leerlingen moeilijker tot een efficiënt leerproces komen. Het is echter nog niet duidelijk of het begaafdheidsniveau van leerlingen van invloed is op het doorlopen van de onderzoekend leren cyclus, wanneer leerlingen ondersteund worden met (meerdere) vooropgestelde hypothesen. In deze studie wordt dan ook onderzocht of het aanbieden van hypothesen positieve effecten heeft op de kwaliteit van het leerproces van leerlingen, hun begrip over het domein en hun motivatie. Meer specifiek wordt onderzocht of ondergemiddelde, gemiddelde en bovengemiddelde leerlingen hierin verschillen. De gehanteerde onderzoeksvraag is: *wat is de invloed van ondersteuning van het hypothesevormingsproces in de onderzoekend leren cyclus op het leerproces, leerprestaties en motivatie bij ondergemiddelde, gemiddelde en bovengemiddelde leerlingen?* Om dit te onderzoeken worden twee condities onderscheiden: een minimaal ondersteunde conditie en een ondersteunde conditie. In de ondersteunde conditie krijgen leerlingen een lijst met vooropgestelde hypothesen aangeboden, in de minimaal ondersteunde conditie niet. Daarnaast wordt de motivatie via drie stellingen voor, tijdens, en na voltooiing van de simulatie taken gemeten en wordt bekeken of dit een beïnvloedende factor is op de resultaten. Het is te verwachten dat elke leerling zich kan verbinden aan een goed leerproces indien dit op de juiste manier aangeboden wordt.

Allereerst wordt ten aanzien van leereffect verwacht dat ondergemiddelde en gemiddelde leerlingen, die meer baat hebben bij een gestructureerde vorm van onderwijs (Pashler, 2009; Carver & Schreier, 1998; Strong, 2004; Tomlinson, 2004) een hoger leereffect behalen in de ondersteunde conditie in vergelijking tot gemiddelde en ondergemiddelde leerlingen in de minimaal ondersteunde conditie. Voor bovengemiddelde leerlingen, die het liefst in vrijheid werken zonder beperkingen (Pashler, 2009; Reis & Renzulli, 2010; van Tassel- Baska, 2003),

wordt verwacht dat zij in de minimaal ondersteunde conditie een hoger leereffect behalen in vergelijking tot bovengemiddelde leerlingen in de ondersteunde conditie.

De verwachting aangaande het leerproces voorspelt dat door aanwezigheid van meerdere hypothesen betere concretisering van experimenten plaatsvindt (Quinn & Alessi, 1994; Reid et al., 2003; Zhang et al., 2004), waardoor alle leerlingen in de ondersteunde conditie tot een efficiënter leerproces komen in vergelijking tot leerlingen in de minimaal ondersteunde conditie. Daarnaast wordt alleen in de ondersteunde conditie verwacht dat bovengemiddelde leerlingen betere keuzes maakt in het kiezen van hypothesen in vergelijking tot ondergemiddelde en gemiddelde leerlingen. Doordat bovengemiddelde leerlingen meer voorkennis bezitten (Pashler, 2009).

Ten aanzien van motivatie wordt verwacht dat ondergemiddelde leerlingen meer gemotiveerd zijn in de ondersteunde conditie in vergelijking tot ondergemiddelde leerlingen in de minimaal ondersteunde conditie. Achterliggende gedachte hierbij is dat de ondersteuning mogelijk kan zorgen voor afname van complexiteit van de taak en frustratie (McCabe & Margolis, 2003). Voor gemiddelde leerlingen wordt verwacht dat zij door de structurering die ondersteuning biedt (Pashler, 2009) meer gemotiveerd zijn in vergelijking tot gemiddelde leerlingen in de minimaal ondersteunde conditie. Tot slot wordt verwacht dat bovengemiddelde leerlingen in de minimaal ondersteunde conditie gemotiveerder zijn in vergelijking tot de bovengemiddelde leerling in de ondersteunde conditie. Te veel structurering in een taak, wat kan ontstaan door ondersteuning, werkt voor bovengemiddelde leerlingen demotiverend. Deze groep leerlingen wil het liefst zelfstandig werken en uitgedaagd worden (Grosfeld & Fisser, 2011; Shore & Kanevsky, 1993).

2. Methode

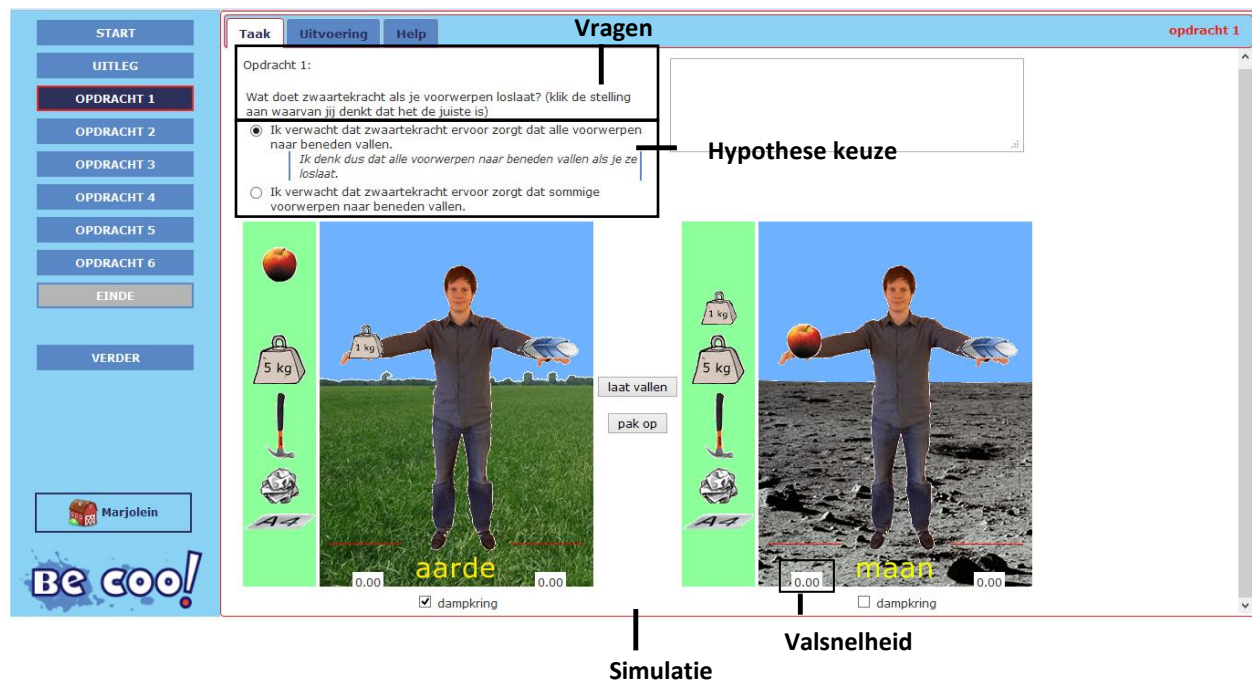
Participanten

In totaal namen 256 leerlingen deel aan de studie. De vijf leerlingen die de voor domeinkennistest (voortoets), simulatie taken of de na domeinkennistest (natoets) niet hadden volbracht werden buiten beschouwing gelaten in de analyses. Uiteindelijk hebben in dit onderzoek 251 Nederlandse basisschoolleerlingen deelgenomen: 145 jongens en 106 meisjes met een gemiddelde leeftijd van elf jaar en twee maanden ($SD = .05$, variërend van 10 tot 13 jaar). Aan deze studie werkten acht basisscholen mee, deze scholen kwamen uit drie middel grote

steden in Nederland. Leerlingen werden aan de hand van scores van het Nederlandse leerlingvolgsysteem (CITO, 2012) gecategoriseerd op hun begaafdheidsniveau: bovengemiddeld, gemiddeld en ondergemiddeld. Het gestandaardiseerde scoresysteem bepaalt de relatieve positie van kinderen binnen hun leeftijdsgroep. De begaafdheidsniveaus van leerlingen werden gedefinieerd aan de hand van vier onderdelen: DMT, spelling, rekenen/wiskunde en begrijpend lezen. De scores van leerlingen variëren van I, dit zijn de hoogst scorende leerlingen, tot V, dit zijn de laagst scorende leerlingen. Leerlingen die op drie van de vier onderdelen een I scoorden werden gezien als bovengemiddelde leerlingen (n = 68; 27,1 %). Leerlingen die op twee van de vier onderdelen een V scoorden werden gezien als ondergemiddelde leerlingen (n = 44; 17,5 %). De overige leerlingen werden gecategoriseerd als gemiddelde leerlingen (n = 139; 55,4 %). Vervolgens werden leerlingen per begaafdheidsniveau willekeurig verdeeld over de twee condities: ondersteunde conditie (n = 175; 43 bovengemiddelde, 111 gemiddelde en 21 ondergemiddelde leerlingen) en de minimaal ondersteunde conditie (n = 76; 23 bovengemiddelde, 30 gemiddelde en 23 ondergemiddelde leerlingen).

Domein

Het domein in dit onderzoek was zwaartekracht en luchtwrijving (door de dampkring). Dit zijn onderdelen van het curriculum “Natuur en techniek” (SLO, 2009). Natuur en techniek krijgt sinds de invoering van kerndoelen in 2006 nadrukkelijk aandacht en met name het doen van onderzoek aan natuurkundige verschijnselen (Boeijen, Kneepkens, & Thijssen, 2011). In dit onderzoek stond kerndoel 42 centraal; *“De leerlingen leren onderzoek doen met materialen en natuurkundige verschijnselen, zoals licht, geluid, elektriciteit, kracht, magnetisme en temperatuur”* (Tussendoelen en Leerlijnen, TULE, SLO, 2009).



Figuur 1. Eerste simulatie taak met hypothesenkeuze in experimentele conditie.

Design en leeromgeving

Centraal in de simulatie taken stond het achterhalen van effecten van zwaartekracht en de luchtwrijving (door de dampkring) op vallende objecten. Het op de aarde en de maan laten vallen van verschillende objecten, die uit verschillende vormen en gewichten bestonden, was gerepliceerd van het Galileo experiment. In de simulatie werden drie taken onderscheiden: “het effect van de zwaartekracht op een object”, “het effect van de dampkring op vallende objecten”, en “het effect van de vorm van een object wanneer deze valt op de aarde of de maan”. Door te kijken wat er gebeurde in de simulatie met de verschillende objecten wanneer op “laat vallen” werd geklikt door de leerling en te kijken naar de verschillen in valsnelheid van de verschillende objecten, die onderin het scherm te zien was, konden leerlingen achter de onderliggende regel komen. Bij alle drie de taken was de simulatie hetzelfde. Per taak moesten de leerlingen twee vragen beantwoorden, waarvan de antwoorden in een tekstblok geschreven konden worden, die geïntegreerd was in de leeromgeving.

Leerlingen moesten deze effecten achterhalen door individueel te werken aan de drie taken en de twee bijbehorende vragen per taak. Voorbeelden van objecten in het experiment waren een veertje, een appel, een hamer en papier. Door de dampkring op de aarde en de maan uit te zetten, kon het effect van de dampkring op vallende objecten achterhaald worden.

In de ondersteunde conditie kregen leerlingen per vraag vooropgestelde hypothesen aangeboden waaruit zij een keuze moesten maken. Wanneer de leerling een hypothese aangevinkt had, kwam onder de aangevinkte hypothese een verduidelijking van de hypothese te staan. Een voorbeeld hiervan is te vinden in Figuur 1. Het aantal aangeboden vooropgestelde hypothesen verschilde per vraag, variërend van twee tot vier hypothesen, waartussen één juiste hypothese stond. Dit was afhankelijk van het type vraag. Sommige vragen bestonden uit ja of nee, dus dit leidde tot twee hypothese mogelijkheden. Een andere vraag werd ingedeeld in alles, soms en geen. Dit omvatte alle mogelijkheden en dus drie hypothese keuzes. En andere een vraag bestond uit hetzelfde, groter, kleiner en geen effect. Waarbij alle mogelijkheden werden omvat waardoor er vier hypothese keuzes ontstonden. De aangeboden hypothesen gaven per vraag verwachtingen weer van wat kon gebeuren in de simulatie. Bijvoorbeeld bij opdracht 1: Wat doet zwaartekracht als je voorwerpen loslaat? Hypothesen: *“Ik verwacht dat zwaartekracht ervoor zorgt dat alle voorwerpen naar beneden vallen”* of *“Ik verwacht dat zwaartekracht ervoor zorgt dat sommige voorwerpen naar beneden vallen”*. Leerlingen konden, nadat zij een experiment hadden volbracht (d.w.z. in de simulatie op ‘laat vallen’ geklikt hadden), andere hypothesen aanvinken en testen. In de minimaal ondersteunde conditie werden deze hypothesen niet aangeboden, de leerling kon gelijk starten met het uitvoeren van een experiment.

Meetinstrumenten

Domeinkennis

De domeinkennistest bestond uit negen open vragen. Deze domeinkennistest testte de leerlingen op kennis over zwaartekracht en luchtwrijving (door de dampkring). Door in drie opgestelde vragen van de domeinkennistest leerlingen te verzoeken belangrijke concepten te noemen en te omschrijven van het domein, werd de conceptuele kennis gedekt. Drie near transfer vragen werden gesteld om te testen of leerlingen de opgedane conceptuele kennis in de simulatie konden overbrengen op soortgelijke domeinen. Bij de drie far transfer vragen werd de leerling getest of deze de opgedane conceptuele kennis kon overbrengen op andere en (meer complexe) domeinen. De domeinkennistest die leerlingen invulden voordat ze aan de simulatie begonnen (voortoets) en de domeinkennistest die leerlingen invulden na het voltooien van de drie simulatie taken (natoets) was identiek. De betrouwbaarheid van de domeinkennistest vooraf en achteraf

was $\alpha = .58$ en $\alpha = .63$ respectievelijk, als gemeten met Cronbach's α . Figuur 2 geeft een voorbeeld van de open vragen als gesteld in de domeinkennistest.

Stemming

Om te bepalen wat de stemming van de leerling was gedurende de drie simulatie taken, werd door de leerling drie gevalideerde motivatielijsten ingevuld. Op deze motivatielijsten stonden drie stellingen die de gesteldheid van de motivatie weergaven. De drie opgestelde stellingen: "Ik vind deze opdrachten leuk", "Ik ga deze opdrachten goed maken" en "Ik weet hoe ik de opdrachten moet uitvoeren" maten respectievelijk waardering, zelfvertrouwen en begrip. Figuur 3 geeft hier een weergave van. De drie stellingen waren volgens een 5- punts Likertschaal opgebouwd variërend van "Ik ben het er helemaal wel mee eens" tot "Ik ben het er helemaal niet mee eens". De vragen van het laatste meetmoment, nadat alle simulatie taken waren afgerond, waren geschreven in de verleden tijd. Op drie verschillende momenten werd motivatie gemeten: voorafgaande aan de eerste simulatie taak, na de eerste simulatie taak en op het moment dat alle simulatie taken waren voltooid. Cronbach's α van de motivatielijsten was .58, .68 en .74.

Procesmaten

Om het leerproces van leerlingen te meten, werden de acties in de simulatie taak gelogd en gefilterd. De variabelen die in ogenschouw werden genomen in beide condities waren: a) het aantal unieke experimenten en b) het aantal informatieve experimenten. Aan deze twee variabelen werd in de ondersteunde conditie de variabele c) het aantal goede hypothese keuzes toegevoegd. Een informatief experiment bestond uit één of twee experimenten die het meest informatief waren om de juiste informatie te achterhalen.

Stel je voor... Je neemt een appel in je rechterhand en een veer in je linkerhand. Je laat de voorwerpen nu op dezelfde hoogte en gelijktijdig los.

Wat ligt er eerder op de grond?

Schrijf hieronder je antwoord:

Je doet het experiment opnieuw. Maar dit keer sta je op de maan. Wat ligt er eerder op de grond?

Schrijf hieronder je antwoord:

Is er volgens jou een verschil tussen de uitkomst op aarde en op de maan? Leg uit hoe dit komt.

Schrijf hieronder je antwoord:



Figuur 2. Voorbeeld van domeinkennis vraag 3 met twee sub vragen zoals gesteld in de voor- en na domeinkennis test.

Ik vind deze opdrachten leuk.

Helemaal niet mee eens	☐	☐	☐	☐	☐	Helemaal wel mee eens
------------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	-----------------------------

Ik ga deze opdrachten goed maken.

Helemaal niet mee eens	☐	☐	☐	☐	☐	Helemaal wel mee eens
------------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	-----------------------------

Ik weet hoe ik de opdrachten moet uitvoeren.

Helemaal niet mee eens	☐	☐	☐	☐	☐	Helemaal wel mee eens
------------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	-----------------------------

Figuur 3. Voorbeeld 5- punts Likertschaal motivatielijst met drie stellingen.

Procedure

Leerlingen namen deel aan twee lessen. In de eerste les maakten leerlingen individueel de eerste domeinkennistest (voortoets) in het klaslokaal. Zij kregen 30 minuten om deze test te voltooien. Eén tot vier dagen nadat leerlingen de eerste domeinkennistest hadden ingevuld, volgde de tweede les. Voorafgaand aan de tweede les werden leerlingen willekeurig in groepen van 8 tot 20 leerlingen (afhankelijk van het aantal beschikbare computers) uit het klaslokaal gehaald en naar een ander klaslokaal gebracht. Elke groep werd willekeurig aan één van de twee condities toegewezen.

De tweede les bestond uit drie delen en begon met uitleg van de proefleider over de experimenten die Neil Armstrong en Galileo hebben uitgevoerd. Opvolgend vertelde de proefleider dat leerlingen soortgelijke experimenten in de simulatie konden doen. Hierna volgde instructie van de proefleider over de uit te voeren simulatie taken en bijbehorende vragen. Aan leerlingen die toebedeeld waren aan de ondersteunde conditie werd uitgelegd wat een stelling (hypothese keuze) was, zodat de leerlingen begrepen wat van ze verwacht werd en geen verwarring kon ontstaan over de betekenis van een stelling. Ook werd het invullen van de motivatielijsten uitgelegd. Daarna werd door de proefleider verteld dat bij onduidelijkheden tijdens het uitvoeren van de simulatie taken, leerlingen hun vinger konden opsteken. De proefleider zou dan indien nodig, extra toelichting geven. Tot slot beantwoordde de proefleider, na de uitleg, eventuele vragen van de leerlingen. Het laatste aspect van het eerste deel van de tweede les was het invullen van de eerste motivatielijst.

Wanneer leerlingen deze eerste motivatielijst ingevuld hadden begonnen ze aan het tweede deel van de tweede les: het uitvoeren van de simulatie taken. Leerlingen werkten individueel aan de taken van de simulatie en de bijbehorende vragen. Tijdens het uitvoeren van de simulatie taken liep de proefleider rond om de leerlingen eraan te herinneren dat ze goed moesten lezen wat er gevraagd werd en zich alleen daarop te richten.

Na het voltooien van de eerste simulatie taak, kreeg de leerling de tweede motivatielijst om in te vullen. Na het invullen van de tweede motivatielijst ging de leerling verder met de resterende vragen van de simulatie taken. Op het moment dat de leerling alle vragen van de drie simulatie taken beantwoord had, vulde de leerling de derde motivatielijst in. Na het invullen van de derde motivatielijst keerde de leerling terug naar het klaslokaal. Bij terugkomst in het klaslokaal volgde het derde deel van de tweede les: het invullen van de tweede domeinkennistest

(natoets). Leerlingen werkten wederom individueel en kregen 30 minuten om de domeinkennistest in te vullen.

Data analyse

De open vragen van de domeinkennistest werden gescoord volgens een codeerschema. Antwoorden van de open vragen werden gescoord op de aanwezigheid van bepaalde concepten en/of uitleg van essentiële processen. Een antwoord waaraan alle concepten en processen waren gerelateerd leverde een score van 4 punten op. De maximale score was 36 punten. Tien procent van de domeinkennistest werd gescoord door een tweede corrector. De inter-rater reliability van de domeinkennistest was .81.

De antwoorden die leerlingen gaven op de vragen van de simulatie taken waren uit de logfiles gefilterd en gescoord. Dit om inzicht te verkrijgen in het begrip van leerlingen in de onderwerpen, die door de vragen van de simulatie taken werd gedekt. De score werd berekend op basis van een vooraf opgesteld coderingsschema. Voor elk antwoord op de vragen van de simulatie taken werd bepaald of dit antwoord goed (1 punt) of fout (0 punten) was. Een antwoord werd als goed gescoord als essentiële concepten en/of processen genoemd waren. De maximale score was 6 punten.

Bij het aantal goede hypothese keuzes, kregen leerlingen een punt op het moment dat zij de juiste hypothese kozen. Met een maximum van 6 punten.

Voor elk te beantwoorden vraag van een simulatie taak waren één of twee experimenten die het meest informatief waren om de juiste informatie te achterhalen. Bijvoorbeeld bij vraag 1: *“Wat doet zwaartekracht als je voorwerpen loslaat?”* Het meest informatieve experiment bij deze vraag was willekeurig een voorwerp op de aarde of de maan te laten vallen, waarbij de dampkring aan of uit stond.

Voor de statistische analyse van de gegevens was gebruik gemaakt van een ‘between-subject’ design om de leerprestaties van de drie groepen leerlingen uit de twee condities te vergelijken. Bij de data-analyse was gebruik gemaakt van univariate variantieanalyse (ANOVA) om de twee condities te vergelijken op basis van het aantal uitgevoerde experimenten, het aantal unieke experimenten en het aantal informatieve experimenten. Indien uit ANOVA’s voor bovenstaande uitgevoerde vergelijkingen bleek dat tussen de condities significante verschillen bestonden, werden post-hoc Bonferroni analyses uitgevoerd. In de ondersteunde conditie was

gebruik gemaakt van univariate variantieanalyse (ANOVA) om de drie begaafdheidsgroepen te vergelijken op het aantal goede hypothesen keuzes.

3. Resultaten

Domeinkennis

De scores van de voortoets van de domeinkennistest gaven een indicatie weer over de kennis die leerlingen over het domein zwaartekracht en luchtweerstand (door de dampkring) reeds bezaten. Tabel 1 geeft een overzicht van deze scores. Om te bepalen of leerlingen verschil lieten zien in voorkennis op het domein was via ANOVA een analyse uitgevoerd op voorkennis en begaafdheidsniveaus. Deze analyse onthulde een significant verschil tussen begaafdheidsniveaus, $\Lambda = .24$, $F(2,245) = 27.84$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .19$. Vervolgens onthulde een post-hoc Bonferroni dat bovengemiddelde leerlingen significant hogere voorkennis bezaten dan gemiddelde en ondergemiddelde leerlingen, respectievelijk $p = .00$. Gemiddelde leerlingen bezaten significant hogere voorkennis dan ondergemiddelde leerlingen, $p = .00$. Om te bepalen of leerlingen een toename in kennis lieten zien over tijd tussen beide condities en begaafdheidsniveaus, was een 2 x 3 x 2 mixed design (Conditie x Begaftheidsniveau x Domeinkennistest) analyse uitgevoerd. Met Wilk's Lambda werd een significant verschil gevonden in kennis over tijd, $\Lambda = .83$, $F(1,245) = 49.97$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .17$. Tussen de begaafdheidsniveaus werden significante verschillen gevonden $F(2,245) = 28.50$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .19$. Een post-hoc Bonferroni analyse onthulde dat bovengemiddelde leerlingen significant een hogere leerwinst hadden dan gemiddelde leerlingen ($p = .00$) en dan ondergemiddelde leerlingen ($p = .00$). De gemiddelde leerlingen scoorden significant hoger op leerwinst in domeinkennis dan de groep ondergemiddelde leerlingen ($p = .01$). Tussen de condities werden geen significante verschillen gevonden, $F(1,245) = 2.59$, $p = .11$, $\eta_p^2 = .01$. Ook werd er geen interactie effect gevonden, $F(2,245) = 1.51$, $p = .22$, $\eta_p^2 = .01$.

Om de verschillen van kennistoename te bepalen tussen condities per begaafdheidsniveau, waren de begaafdheidsniveaus gesplitst. Op geen van de begaafdheidsniveaus werd een significant verschil gevonden: bovengemiddelde leerlingen, $\Lambda = .99$, $F(1,64) = 1.01$, $p = .32$, $\eta_p^2 = .02$, gemiddelde leerlingen, $\Lambda = 1.00$, $F(1,139) = 0.53$, $p = .47$, $\eta_p^2 = .00$ en ondergemiddelde leerlingen, $\Lambda = .97$, $F(1,42) = 1.18$, $p = .28$, $\eta_p^2 = .03$.

Tabel 1

Gemiddelde scores (en standaarddeviaties) van de domeinkennis pre- en posttest van leerlingen, per begaafdheidsniveau en conditie

	Conditie					
	Ondersteunde (n = 175)		Minimaal ondersteunde (n = 76)		Totaal (n = 251)	
	M	SD	M	SD	M	SD
<i>Bovengemiddeld</i>						
Pretest	11.35	3.63	9.04	4.68	10.55	4.14
Posttest	13.09	4.74	12.13	6.76	12.76	5.49
<i>Gemiddeld</i>						
Pretest	7.85	3.90	6.60	3.15	7.58	3.77
Posttest	9.82	4.91	8.00	3.06	9.43	4.63
<i>Ondergemiddeld</i>						
Pretest	4.43	1.89	5.57	1.93	5.02	1.97
Posttest	7.48	3.47	7.48	3.34	7.48	3.67

Noot: maximale score = 36

Procesmaten

Simulatievragen

Om het leerproces meer in detail te onderzoeken werden verschillende procesmaten geanalyseerd. Er werd gestart met de antwoorden die leerlingen gaven op de simulatie vragen van de simulatie taken. Tabel 2 en Figuur 4 geven een weergave van de gemiddelde scores (en SD) van de antwoorden op de vragen van de simulatie taken, per conditie en begaafdheidsniveau.

Via ANOVA's waren de antwoorden die leerlingen gaven op de vragen van de simulatie taken op conditie en begaafdheidsniveau geanalyseerd. Tussen de twee condities werd een significant verschil gevonden in de antwoorden die leerlingen gaven op de vragen van de simulatie taken

$F(1,238) = 36.89, p = .00, \eta_p^2 = .13$, evenals tussen de verschillende begaafdheidsniveaus

$F(2,238) = 7.87, p = .00, \eta_p^2 = .06$.

Tabel 2

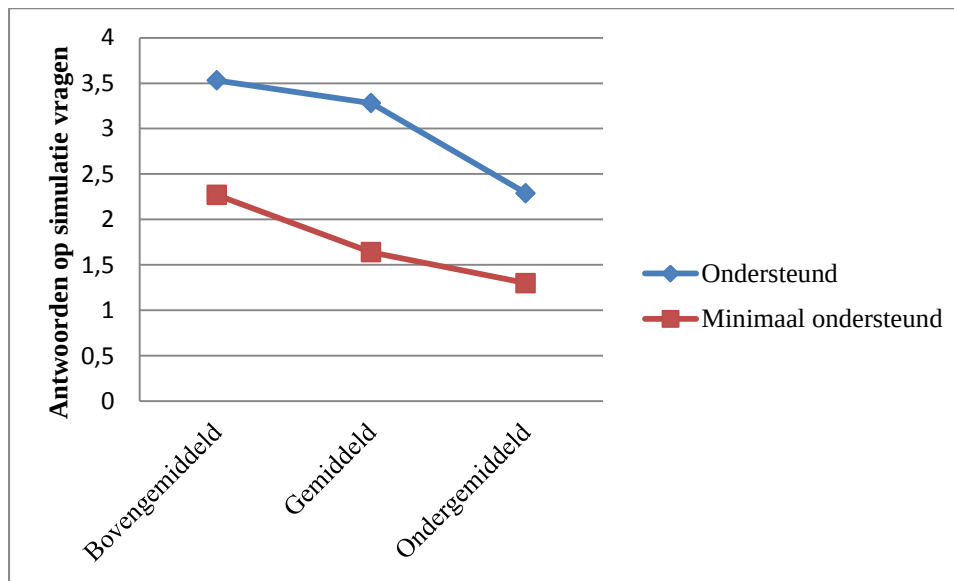
Gemiddelde scores (en standaarddeviaties) van de antwoorden op de vragen van de simulatie taken van de leerlingen, per conditie

	Conditie					
	Ondersteunde (n = 174)		Minimaal ondersteunde (n = 70)		Totaal (n = 244)	
	M	SD	M	SD	M	SD
Bovengemiddeld	3.53	1.49	2.27	1.64	3.11	1.64
Gemiddeld	3.28	1.45	1.64	1.11	2.98	1.53
Ondergemiddeld	2.29	1.10	1.30	1.22	1.77	1.26
Totaal	3.22	1.46	1.73	1.37	2.80	1.59

Noot: maximale score = 6

Een post- hoc Bonferroni analyse stelde vast waar de verschillen tussen de begaafdheidsniveaus zich bevonden. Uit deze analyse kwam naar voren dat bovengemiddelde leerlingen significant hoger scoorden dan ondergemiddelde leerlingen ($p = .00$) en dat gemiddelde leerlingen eveneens significant hoger scoorden dan ondergemiddelde leerlingen ($p = .00$). Tussen bovengemiddelde en gemiddelde leerlingen werd geen significant verschil gevonden ($p = 1.00$).

Door de begaafdheidsniveaus te splitsen werd gekeken naar het verschil tussen condities in de antwoorden die leerlingen gaven op de vragen van de simulatie taken. Op elk van de drie begaafdheidsniveaus was een significant verschil gevonden tussen condities: bovengemiddelde leerlingen, $F(1,62) = 9.80, p = .00, \eta_p^2 = .14$, gemiddelde leerlingen, $F(1,32) = 28.09, p = .00, \eta_p^2 = .17$, en ondergemiddelde leerlingen, $F(1,41) = 7.77, p = .01, \eta_p^2 = .16$. Leerlingen van alle begaafdheidsniveaus scoren in de ondersteunde conditie hoger dan in de minimaal ondersteunde conditie.



Figuur 4. Gemiddelde antwoord score op vragen van de simulatie taak, per begaafdheidsniveau tussen condities.

Experimenten en hypothesen keuze

Tabel 3 laat de gemiddelden zien van de procesmaten: het aantal unieke en informatieve experimenten en het aantal goede hypothesen keuzes. Allereerst werd aan de hand van ANOVA's gekeken naar conditionele- en begaafdheidsverschillen in het aantal informatieve experimenten. De analyse onthulde dat leerlingen in de minimaal ondersteunde conditie significant meer informatieve experimenten uitvoerden in vergelijking tot leerlingen uit de ondersteunde conditie $F(1,236) = 5.83, p = .02, \eta_p^2 = .02$. Tussen begaafdheidsniveaus werd geen significant verschil gevonden, $F(2,235) = 0.59, p = .56, \eta_p^2 = .01$.

Vervolgens werd het aantal unieke experimenten geanalyseerd, hierbij werd geen significant verschil tussen condities gevonden, $F(1,235) = 0.09, p = .77, \eta_p^2 = .00$, noch tussen de verschillende begaafdheidsniveaus, $F(2,234) = 0.85, p = .43, \eta_p^2 = .01$.

Opvolgend werd in de ondersteunde conditie de procesmaat geanalyseerd die te maken had met de aangeboden ondersteuning. Hierbij was alleen gekeken naar begaafdheidsverschillen. De analyse die uitgevoerd werd was het totaal aantal goede hypothesen keuzes via een one way ANOVA. Een significant verschil werd gevonden tussen begaafdheidsniveaus, $F(2,166) = 17.78$,

$p = .00$, $\eta_p^2 = .18$. Post- hoc Bonferroni toonde aan dat bovengemiddelde leerlingen significant meer goede hypotheese keuzes maakten dan gemiddelde leerlingen ($p = .04$), tevens maakten bovengemiddelde leerlingen significant meer goede hypotheese keuzes dan ondergemiddelde leerlingen ($p = .00$). Tot slot maakten gemiddelde leerlingen significant meer goede hypotheese keuzes dan ondergemiddelde leerlingen ($p = .00$).

Tabel 3

Gemiddelden (en standaarddeviaties) van de procesmaten van de leerlingen, per conditie

Procesmaten	Leerlingen					
	Bovengemiddeld		Gemiddeld		Ondergemiddeld	
	M	SD	M	SD	M	SD
Unieke experimenten						
Minimaal ondersteund	9.83	4.21	9.67	4.78	8.65	5.50
Ondersteund	9.73	5.36	9.16	6.46	7.85	6.29
Informatieve experimenten						
Minimaal ondersteund	1.83	.99	1.63	.50	1.83	.94
Ondersteund	1.54	.90	1.48	.82	1.30	.87
Goede hypotheese keuze						
Minimaal ondersteund	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Ondersteund	4.62	.99	3.93	1.20	2.75	1.25

Noot. Minimaal ondersteund N = 70,
Ondersteund N = 169.

Regressie

Per conditie werd een stepwise regressie analyse uitgevoerd, om te kunnen aantonen of en waar de verschillen zich bevonden in de variantie op de scores van de antwoorden op de vragen van de simulatie taken, en op de scores op de post domeinkennistest (natoets).

Simulatievragen

Allereerst was per conditie aan de hand van een meervoudige regressie analyse geanalyseerd, welke variabelen een voorspeller waren voor de antwoorden die leerlingen gaven op de vragen van de simulatie taken.

In de *minimaal ondersteunde conditie* was geanalyseerd of de score op de pre-domeinkennistest, het aantal unieke en informatieve experimenten een voorspeller waren op de score van de antwoorden die leerlingen gaven op de vragen van de simulatie taken. Tabel 4 geeft hier de output van weer. In het geven van een antwoord op de vragen van de simulatie taken kon geconcludeerd worden dat 12% van de variantie verklaard werd door de score op de pre-domeinkennistest.

Vervolgens werd in de *ondersteunde conditie* een meervoudige stepwise regressie analyse uitgevoerd om te analyseren welke variabelen een voorspeller waren voor de antwoorden die leerlingen gaven op de vragen van de simulatie taken. De volgende variabelen werden hierbij geanalyseerd: de score op de pre-domeinkennistest, het aantal unieke en informatieve experimenten en het aantal goede hypothesen. Tabel 5 geeft hiervan de output weer. Uit de analyse kon geconcludeerd worden dat 8% van de variantie in het geven van een antwoord op de vragen van de simulatie taken, verklaard kon worden door de hypothese keuze die leerlingen maakten.

Post domeinkennistest score

Na het analyseren wat de voorspellers waren voor de antwoorden die leerlingen gaven op de vragen van de simulatie taken, werden de variabelen geanalyseerd die een voorspeller waren voor de scores op de post domeinkennistest. Wederom werd gebruik gemaakt van een meervoudige stepwise regressie analyse. In de *minimaal ondersteunde conditie* werden de volgende variabelen daarvoor geanalyseerd: de score op de pre- domeinkennistest, het aantal unieke en informatieve experimenten. Tabel 6 toont de output van deze analyse. Naar aanleiding van de uitkomsten van deze analyse kon geconcludeerd worden dat 30% van de variantie op de score van de post domeinkennistest verklaard kon worden door de antwoordscores die leerlingen behaalden op de vragen van de simulatie taken. Daarnaast kon 14% van de variantie verklaard worden door de score die leerlingen behaalden op de pre- domeinkennistest. Tot slot kon 4% van de variantie verklaard worden door het aantal unieke experimenten die leerlingen uitvoerden.

In de *ondersteunde conditie* werden naast de variabelen die in de ondersteunde conditie waren geanalyseerd: de score op de pre- domeinkennistest, het aantal unieke en informatieve experimenten, een andere variabele toegevoegd: het aantal goede hypothese keuzes. Tabel 7 geeft een overzicht van de uitkomsten. 37% van de variantie op de score van de post domeinkennistest

kon verklaard worden door de score van de pre-domeinkennistest. Nog eens 2% van de variantie kon verklaard worden door het aantal informatieve experimenten.

Tabel 4

Coëfficiënten van de regressie modellen, leerling scores verklarend op antwoorden van de simulatie vragen van de simulatie taken in de minimaal ondersteunde conditie

Variabele	B	SE(B)	B	ΔR^2
Stap 1				.12**
Constant	.81	.34		
Score pre-domeinkennistest	.13	.04	.35	

Noot. **p < .01.

Tabel 5

Coëfficiënten van de regressie modellen, leerling scores verklarend op antwoorden van de simulatie vragen van de simulatie taken in de ondersteunde conditie

Variabele	B	SE(B)	B	ΔR^2
Stap 1				.08*
Constant	1.90	.36		
Aantal goede hypothese keuzes	.33	.09	.29	

Noot. *p < .001.

Tabel 6

Coëfficiënten van de regressie modellen, leerling scores verklarend op antwoorden van de post domeinkennistest in de minimaal ondersteunde conditie

Variabele	B	SE(B)	B	ΔR^2
Stap 1				.30*
Constant	5.80	.82		
Totaalscore simulatie antwoorden	2.02	.38	.55	
Stap 2				.44*
Constant	2.90	1.04		
Totaalscore simulatie antwoorden	1.52	.36	.41	
Pre-domeinkennistest	.53	.13	.39	
Stap 3				.48***
Constant	1.04	1.29		
Totaalscore simulatie antwoorden	1.48	.35	.40	
Pre-domeinkennistest	.51	.13	.38	
Unieke experimenten	.22	1.00	.21	

Noot. *p < .001, ***p < .05.

Tabel 7

Coëfficiënten van de regressie modellen, leerling scores verklarend op antwoorden van de post domeinkennistest in de ondersteunde conditie

Variabele	B	SE(B)	B	ΔR^2
Stap 1				.37*
Constant	4.40	.67		
Pre-domeinkennistest	.71	.07	.61	
Stap 2				.39***
Constant	3.32	.81		
Pre-domeinkennistest	.69	.07		
Informatieve experimenten	.84	.36		

Noot. *p < .001, ***p < .05.

Motivatie

Tabel 8 geeft de totaalscores op de totale motivationele items weer, voor zowel conditie als begaafdheidsniveaus. Deze scores waren geanalyseerd via ANOVA's. Er waren geen significante verschillen gevonden tussen condities, $\Lambda = .19$, $F(1,245) = .50$, $p = .46$, $\eta_p^2 = .00$.

Tussen begaafdheidsniveaus werd eveneens geen significant verschil gevonden $\Lambda = .19$, $F(2,245) = .12$, $p = .12$, $\eta_p^2 = .02$. Tevens werd er geen interactie effect gevonden, $\Lambda = .19$, $F(6,245) = .10$, $p = .90$, $\eta_p^2 = .00$.

Tabel 8

Gemiddelde scores (en standaarddeviaties) op totale motivatie van de leerlingen, per begaafdheidsniveau en conditie

	Conditie					
	Ondersteunde (n = 175)		Minimaal ondersteunde (n = 76)		Totaal (n = 251)	
	M	SD	M	SD	M	SD
Bovengemiddeld	34.42	5.68	35.65	5.13	34.85	5.49
Gemiddeld	34.41	5.96	35.10	5.89	34.55	5.93
Ondergemiddeld	32.19	5.91	34.55	6.76	32.68	7.62

Noot: maximale score = 45

4. Discussie

In deze studie is onderzocht of het aanbieden van vooropgestelde hypothesen in een onderzoekend leren omgeving een verschillend effect heeft op leerwinst, leerproces en motivatie van ondergemiddelde, gemiddelde en bovengemiddelde leerlingen. Twee condities, een ondersteunde en minimaal ondersteunde conditie zijn hiervoor vergeleken. Centraal in beide condities stond het achterhalen van de effecten van zwaartekracht en de luchtwrijving (door de dampkring) op vallende objecten. In de ondersteunde conditie kreeg de leerling een vooropgestelde lijst met hypothesen gepresenteerd waaruit zij een keuze moesten maken. In de minimaal ondersteunde conditie kregen leerlingen de lijst met vooropgestelde hypothesen niet aangeboden.

Ten aanzien van leereffect werd voor gemiddelde en ondergemiddelde leerlingen verwacht dat zij vanwege de structuur die de ondersteuning biedt (Pashler, 2009; Carver & Schreier, 1998; Strong, 2004; Tomlinson, 2004) een hoger leereffect behaalden in de ondersteunde conditie in

vergelijking tot de minimaal ondersteunde conditie. Voor bovengemiddelde leerlingen werd daarentegen verwacht dat zij een hoger leereffect behaalden in de minimaal ondersteunde conditie. Uit de resultaten blijkt dat alle leerlingen - ongeacht begaafdheidsniveau - in de ondersteunde conditie significant een hoger leereffect behaalden op het beantwoorden van de vragen van de simulatie taken in vergelijking tot leerlingen in de minimaal ondersteunde conditie. Het aanbieden van vooropgestelde hypothesen heeft een dusdanig positief effect gehad dat leerlingen beter gepresteerd hebben in het beantwoorden van de vragen van de simulatie taken dan leerlingen die geen vooropgestelde hypothesen ontvingen. Opvallend echter is dat leerlingen tussen condities geen significant leereffect laten zien op de domeinkennistest. Een mogelijke verklaring hiervoor kan zijn dat leerlingen onvoldoende kennis en/of vaardigheden bezitten om de opgedane kennis uit de simulatie te expliciteren naar de domeinkennistest. Yamnill & McLean, (2001) en Perkins & Salomon, (1992) stellen namelijk hierover dat hoe beter de leerling vaardigheden van het te leren domein begrijpen, des te succesvoller far transfer plaats vindt. Wellicht was de transfer van vragen uit de simulatie naar vragen van de domeinkennistest te moeilijk voor de leerlingen. Clark (1999) stelt dat een leerling niet meer in staat is om de geleerde kennis en vaardigheden aan te passen wanneer dit toegepast moet worden in andere (complexere) domeinen.

De hypothese omtrent het leerproces voorspelde dat alle leerlingen - ongeacht begaafdheidsniveau - in de ondersteunde conditie een efficiënter leerproces doorliepen in vergelijking tot leerlingen uit de minimaal ondersteunde conditie. Onderliggende theorie hiervoor is dat door het aanbieden van meerdere hypothesen betere concretisering van experimenten plaatsvindt (Quinn & Alessi, 1994; Reid et al., 2003; Zhang et al., 2004) waardoor het leerproces efficiënter doorlopen wordt. Uit de resultaten kwam echter naar voren dat alle leerlingen - ongeacht begaafdheidsniveau - uit de minimaal ondersteunde conditie significant efficiënter leerproces doorliepen. Leerlingen uit de minimaal ondersteunde conditie voerden meer informatieve experimenten uit in vergelijking tot leerlingen uit de ondersteunde conditie. Een mogelijke verklaring kan zijn dat door de vooropgestelde lijst met hypothesen de voorkennis over dit domein werd geactiveerd en leerlingen uit de ondersteunde conditie daardoor voldoende informatie verkregen om een correct antwoord te formuleren. En zodoende minder informatieve experimenten nodig hadden. Daarnaast lieten de resultaten die betrekking hadden op het aantal unieke experimenten geen significante verschillen zien tussen condities en begaafdheidsniveaus.

Een verklaring hiervoor kan zijn dat leerlingen uit beide condities niet meer of minder unieke experimenten nodig hadden om een (correct) antwoord te formuleren.

In de veronderstelling, die alleen de ondersteunde conditie betrof, werd verwacht dat bovengemiddelde leerlingen meer goede hypotheese keuzes maakten in vergelijking tot ondergemiddelde en gemiddelde leerlingen. Bovengemiddelde leerlingen koppelen nieuwe informatie sneller aan bestaande informatie in vergelijking tot ondergemiddelde en gemiddelde leerlingen (Shore & Kanevsky, 1993). De resultaten bevestigden deze veronderstelling, bovengemiddelde leerlingen maakten significant meer goede hypotheese keuzes in vergelijking tot gemiddelde en ondergemiddelde leerlingen. Een verklaring hiervoor kan gevonden worden in dat bovengemiddelde leerlingen sneller tot inzicht en toepassingen komen in vergelijking tot andere leerlingen (Bruns et al., 2008). Daarnaast beschikken bovengemiddelde leerlingen over betere vaardigheden om hypothesen te vormen en testen (Weinstein & Mayer, 1986). Een aansluitende verklaring kan zijn dat bovengemiddelde leerlingen meer voorkennis in vergelijking tot gemiddelde en ondergemiddelde leerlingen bezitten (Pashler, 2009). Dit wordt ook ondersteund door de gevonden resultaten. Uit de resultaten blijkt dat bovengemiddelde leerlingen significant meer voorkennis bezitten in vergelijking tot gemiddelde en ondergemiddelde leerlingen. Door de aanwezigheid van voorkennis is het voor bovengemiddelde leerlingen relatief eenvoudiger om goede hypothesen te bedenken en wordt relatief vaker de theorie gedreven aanpak gevolgd in vergelijking tot gemiddelde en ondergemiddelde leerlingen (Klahr & Dunbar, 1988).

Motivatie

Doordat de ondersteuning wellicht kan zorgen voor afname van complexiteit van de taak en frustratie (McCabe & Margolis, 2003) werd voor ondergemiddelde leerlingen verwacht dat zij meer gemotiveerd waren in de ondersteunde conditie in vergelijking tot ondergemiddelde leerlingen in de minimaal ondersteunde conditie. Ook voor gemiddelde leerlingen werd verwacht dat zij door de structurering (Pashler, 2009) die de ondersteuning kan bieden meer gemotiveerd waren in de ondersteunde conditie in vergelijking tot gemiddelde leerlingen in de minimaal ondersteunde conditie. Tot slot de bovengemiddelde leerling, daar werd bij verwacht dat zij in de minimaal ondersteunde conditie gemotiveerder waren in vergelijking tot de bovengemiddelde leerling in de ondersteunde conditie. Ondersteuning kan zorgen voor te veel structurering in een taak. Dit werkt voor de bovengemiddelde leerling demotiverend, zij willen het liefst zelfstandig werken en uitgedaagd worden (Grosfeld & Fisser, 2011; Shore & Kanevsky, 1993). Tussen

condities en begaafdheidsniveaus werd geen significant verschil gevonden. De resultaten konden geen enkele gestelde verwachting betreffende motivatie bevestigen. Daarnaast wezen uitkomsten van deze studie uit dat motivatie de resultaten niet heeft beïnvloed. Een verklaring dat motivatie de resultaten niet beïnvloed heeft is dat leerlingen niet extra gemotiveerd of gedemotiveerd waren door het meewerken aan deze studie of door het werken met een computer.

Theoretische implicaties

Deze studie heeft een bijdrage geleverd aan bestaande theorieën betreffende het ondersteunen van het hypotheseproces van de onderzoekend leren cyclus. Uitkomsten van bestaande onderzoeken die het hypotheseproces ondersteunden toonden een verbetering van leereffect aan. In deze onderzoeken werd door het aanbieden van meerdere hypothesen door leerlingen efficiënter experimenteel gedrag vertoond waardoor het leereffect hoger was in vergelijking tot leerlingen die deze ondersteuning niet kregen aangeboden (Njoo en de Jong, 1993; Quinn & Alessi, 1994; Reid et al., 2003; Zhang et al., 2004). Door de relatie tussen het ondersteunen van het hypotheseproces tijdens het uitvoeren van onderzoekend leren taken en het begaafdheidsniveau van leerlingen te onderzoeken is niet alleen een andere invalshoek gebruikt maar heeft dit onderzoek ook een wetenschappelijke bijdrage geleverd aan bestaande theorieën aangaande ondersteuning tijdens hypothetiseren. Tot op heden was naar deze invalshoek geen onderzoek verricht. Alhoewel het resultaat in dit onderzoek voor positieve leereffecten op de domeinkennistest en verschil in begaafdheidsniveaus niet is gevonden, leidt het ondersteunen van het hypotheseproces wel degelijk tot een positief leereffect in beantwoording van vragen van de simulatie taken. Dit is in lijn met onderzoeken van Njoo & de Jong, (1993); Shute & Glaser, (1990); Quinn & Alessi, (1994); Reid et al., (2003). De uitkomsten van deze studie geven niet alleen aan dat ondersteuning van het hypotheseproces bijdraagt aan positieve leereffecten maar ook de complexiteit, dat wellicht meerdere factoren van invloed zijn om leereffecten te laten zien in andere (meer complexe) domeinen.

Praktische implicaties

Dit onderzoek is voor de overheid, scholen, leerkrachten en voor organisaties die onderwijs ontwikkelen relevant. Voor de overheid en organisaties die onderwijs ontwikkelen, hetzij implementeren kan het van belang zijn om de vaardigheid hypothetiseren in een onderzoekend leer omgeving centraal te stellen in het te ontwikkelen onderwijs. Door de

voordelen die onderzoekend leren heeft ten opzichte van traditionele instructiebenaderingen (Alfieri, Brooks, Aldrich & Tenenbaum, 2011; Minner, Levy & Century, 2010) hebben scholen en leerkrachten baat bij kennis over het onderzoekend leren proces en dan met name de cruciale en belangrijke fase hypothetiseren. Deze kennis kan scholen en meer specifiek leerkrachten ondersteunen om leerlingen beter te begeleiden tijdens het ontwikkelen en uitvoeren van de vaardigheid hypothetiseren, door leerlingen meerdere hypothesen aan te bieden. Daarnaast kwam uit de resultaten van deze studie naar voren dat leerlingen de opgedane kennis in de onderzoekend leer omgeving niet konden toe passen in andere (complexe) domeinen. Voor scholen en leerkrachten kan deze kennis ervoor zorgen dat zij leerlingen kunnen onderwijzen in het toepassen van opgedane kennis in nieuwe (complexere) domeinen. Scholen en leerkrachten moeten zich er van bewust worden dat bij het inzetten van onderzoekend leren in de lesmethode, leerlingen hier goed in begeleid moeten worden.

Suggesties toekomstig onderzoek

Oorzaken voor het niet kunnen vertalen van de nieuw opgedane kennis in de onderzoekend leren omgeving naar de domeinkennistest zijn niet naar voren gekomen uit deze studie. Het belangrijkste gevolg van deze studie is daarmee wellicht dat het aanleiding geeft voor verder onderzoek naar ondersteuning van het hypotheseproces in een onderzoekend leren omgeving. Een aanbeveling die daaruit volgt kan zijn om te onderzoeken waardoor leerlingen opgedane kennis niet kunnen toepassen in andere (meer complexe) domeinen. Een andere aanbeveling kan zijn om een combinatie van ondersteuningsvormen in het onderzoekend leren proces te onderzoeken. Welke ondersteuning heeft een leerling, naast hypothese ondersteuning, nog meer nodig om de opgedane kennis in de onderzoekend leeromgeving te vertalen naar andere (complexere) domeinen. Om tot een goed en effectief en efficiënt leerproces te komen en daarmee positieve leereffecten te behalen moeten leerlingen wellicht eerst in elke fase van de onderzoekend leren cyclus onderwezen zijn en daar vaardig in zijn. Zolang leerlingen in een onderzoekend leer omgeving niet altijd tot positieve leereffecten komen, is onderzoek ten behoeve van dit proces nodig.

5. Referentielijst

- Alfieri, L., Brooks, J.P., Aldrich, N.J., & Tenenbaum, H.R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of Educational Psychology*, 103, 1–18.
doi: 10.1037/a00210171.
- Boeijen, G., Kneepkens, B., & Thijssen, J. (2011). *Natuurkunde en techniek voor de basisschool: een domeinbeschrijving als resultaat van een cultuur pedagogische discussie*. Arnhem: Cito.
- Bosker (2005). *De grenzen van gedifferentieerd onderwijs*. Groningen: Rijksuniversiteit Groningen. Gevonden op 20-11-2012 via:
<http://redes.eldoc.ub.rug.nl/FILES/root/2005/r.j.bosker/bosker.pdf>.
- Bosker, R.J., & Doolaard, S. (2009). De pedagogische kwaliteit van differentiatie in het onderwijs [The pedagogical quality of educational differentiation]. In A. Minnaert, H. Lutje-Spelberg & H. Amsing (Eds.) *Het pedagogisch quotiënt. Pedagogische kwaliteit in opvoeding, hulpverlening, onderwijs en educatie*, (pp. 151-168). Houten: Bohn Stafleu van Loghum.
- Carver, C. S., & Scheier, M. F. (1999). *Stress, coping, and self-regulatory processes*. In L. A. Pervin and O. P. John (Eds.), *Handbook of Personality*(2nded.) (pp. 553-575). New York: Guilford Pres.
- Dewey, J. (1933). *How we think: A rethinking of the relation of reflective thinking in the educative process*. New York: D. C. Heath.
- 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, 179-202.
- Eysink, T.H.S., de Jong, T., Berthold, K., Kolloffel, B., Opfermann, M., & Wouters, P. (2009). Learner performance in multimedia learning arrangements: An analysis across instructional approaches. *American Educational Research Journal*, 46, 1107-1149.
doi:10.3102/0002831209340235.
- Fisser, P. (2009). *Natuurlijk nieuwsgierig*. Hogeschool Edith Stein/Onderwijscentrum Twente en Expertis Onderwijsadviseurs, Hengelo (O).

- Freudenthal, H. (1991). 1905-1990, *Notices Amer. Math. Soc.* 38, 113-114.
- Gable, R. A., Hendrickson, J. M., Tonelson, S. W., & van Acker, R. (2000). Changing disciplinary and instructional practices in the middle school to address IDEA. *The Clearing House*, 73, 205-208.
- Gijlers, H., & de Jong, T. (2005). The relation between prior knowledge and students' collaborative discovery learning processes. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 264-282.
- Gijlers, H., & de Jong, T. (2009). Sharing and confronting propositions in collaborative inquiry learning. *Cognition and Instruction*, 27, 239-268.
- Grosfeld, H., & Visser, H. (2011). *Excelleren met VAL junior*. Redax Magazine: Val Junior.
- Kemmers, P., & van Graft, M. (2007). *Onderzoekend en ontwerpend leren bij natuur en techniek*. Lesmateriaal. Den Haag: VTB.
- Kessels, A. van (2009). *Topdown leren onmogelijk uit te leggen; als je niet weet wat bottom-up leren is*. Gevonden op 20-11-2012 via <http://home.planet.nl/~heuve533/topdown.pdf>.
- Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-48.
- Klahr, D., & Nigam, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction: effects of direct instruction and discovery learning. *Psychological Science*, 15, 661-667.
- Kuhn, D., & Dean, D. (2005). Is developing scientific thinking all about learning to control variables? *Psychological Science*, 16, 866-870.
- Kuhn, D., Black, J.B., Kesselman, A., & Kaplan, D. (2000). The development of cognitive skill to support inquiry learning. *Cognition and Instruction*, 18, 495-523.
- Lou, Y., Abrami, P.C., Spence, J.C., Poulsen, A.C., Chambers, B., & d'Apollonia, S. (1996). Within-class grouping: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 66, 423-458.
- Manlove, S., Lazonder, A.W., & De Jong, T. (2009). Trends and issues of regulative support use during inquiry learning: Patterns from three studies. *Computers in Human Behavior*, 25, 795-803.
- Mayer, R.E. (2004) Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? The case for guided methods of instruction. *American Psychologist*, 59, 14-19. doi: 10.1037/0003-066X.59.1.14.
- McCabe, P., & Margolis, H. (2001). Enhancing the self-efficacy of struggling readers. *The*

- Clearing House*, 75, 45–49.
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 474-496. doi: 10.1002/tea.20347.
- Njoo, M., & Jong, T. de (1993). Exploratory learning with a computer simulation for control theory: Learning processes and instructional support. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 821–844. doi: 10.1002/tea.3660300803.
- Pashler, H., McDaniel, M., Rohrer, D., & Bjork, R. (2009). Learning styles concepts and evidence. *Psychological science in the public interest*, 9, 105-119.
- Pieters, J.M, & Verschaffel, L. (2003). Beïnvloeden van leerprocessen. In N. Verloop & J. Lowyck (Red.), *Onderwijskunde. Een kennisbasis voor professionals*. (pp. 251-276). Groningen/Houten: Wolters- Nordhoff.
- Quinn, J. and Alessi, S. (1994). The effects of simulation complexity and hypothesis-generation strategy on learning, *Journal of Research on computing in education*, 27, 75-91.
- Reid, D. J., Zhang, J., & Chen, Q. (2003). Supporting scientific discovery learning in a simulation environment. *Journal of Computer Assisted Learning*, 19, 9-20. doi: 10.1046/j.0266 -4909.2003.00002.x.
- Reis, S. M., & Renzulli, J. S. (2010). Is there still a need for gifted students? An examination of current research. *Learning and Individual Differences*, 20, 308-317. doi: 10.1207/s15327809jls0102_3.
- Shore, B. M., Kanevsky, L. S., & Rejskind, F. G. (1991). Learning and the needs of gifted students. In R. H. Short, L. L. Stewin, & S. J. H. McCann (Eds.), *Educational psychology: Canadian Perspectives* (pp. 372-400). Toronto: Copp Clark Pitman. Snyder, C.R. & Lopez, S.J. (2002). *Handbook of positive psychology*. Oxford.
- Stronge, J. (2004). Teacher effectiveness and student achievement: What do good teachers do? Paper presented at the American Association of School Administrators Annual Conference and Exposition, San Francisco, California.
- Shute, V. J. & Glaser, R. (1990). Large-scale evaluation of an intelligent tutoring system: Smithtown. *Interactive Learning Environments*, 1, 51–76.
- Swaak, J., de Jong, T., & van Joolingen, W. R. (2004). The effects of discovery learning and

- expository instruction on the acquisition of definitional and intuitive knowledge. *Journal of Computer Assisted Learning*, 20, 225–234.
- Tomlinson, C. A. (2002). Different learners different lessons. *Instructor*, 112, 21-25.
- Tomlinson, C. A. (2004). Research evidence for differentiation. *School Administrator*, 61, 30.
- Tomlinson, C. A., & Kalbfleisch, M. L. (1998). Teach me, teach my brain: A call for differentiated classrooms. *Educational Leadership*, 56, 52-55.
- Tomkins, S., & Tunnicliffe, S.D. (2007). Nature tables: stimulating children's interest in natural objects, *Journal of Biological Education*, 42(1), 150-155.
- van Joolingen, W. R. (1999). Cognitive tools for discovery learning. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 10, 385-39.
- van Joolingen, W. R., & De Jong, T. (1991). Supporting hypothesis generation by learners exploring an interactive computer simulation. *Instructional Science*, 20, 389-404.
- van Tassel-Baska, J. (2003). What matters in curriculum for gifted learners: Reflections on theory, research, and practice. In N. Colangelo & G.A. Davis (Eds.), *Handbook for Gifted Education, 2nd Edition* (pp. 174-183). Boston: Pearson Education, Inc.
- Weinstein, C.E., & Mayer, R.E. (1986). The teaching of learning strategies. In M. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (pp. 3 15-327). New York, NY: Macmillan.