

# FYSIEKE VERSUS VIRTUELE MANIPULATIEVEN VIA HET DIGIBORD

---

Lisa van der Leij (S1024604)

Universiteit Twente

Bachelorthese

Eerste begeleider: Hans van der Meij

Tweede begeleider: Jan van der Meij

13 maart 2013

## SAMENVATTING

---

Dit onderzoek vergeleek de effecten van klassikale instructie over het onderwerp ‘aanzichten’ met fysieke manipulatieven en virtuele manipulatieven op de leerresultaten van basisschoolleerlingen uit groep vier. Er werd een voor- en natoets quasi-experimenteel design gebruikt met twee groepen. De eerste groep ( $n = 19$ ) kreeg klassikale instructie met fysieke manipulatieven en de tweede groep ( $n = 17$ ) kreeg klassikale instructie met virtuele manipulatieven via het digibord. De resultaten lieten zien dat klassikale instructie met zowel fysieke als virtuele manipulatieven een positief effect heeft op de leerresultaten van de leerlingen. Daarnaast was er sprake van een groter leereffect bij leerlingen in de virtuele manipulatie groep dan bij leerlingen in de fysieke manipulatie groep. Verder is onderzocht of mentale rotatie van invloed was op de leerresultaten: leerlingen die vaardiger waren in mentale rotatie bleken hoger te scoren op de natoets, maar niet op de voortoets.

## ABSTRACT

---

This study compared the effects of teacher-centred instruction about ‘perspectives’ with physical and virtual manipulatives on the performance of primary school students. A pre- and post-test quasi-experimental design was used, with two treatment groups. The first group ( $n = 19$ ) received instruction with physical manipulatives and the second group ( $n = 17$ ) received instruction with virtual manipulatives using an Interactive Whiteboard. The results of the study showed that teacher-centred instruction with both physical and virtual manipulatives had a positive effect on the performance of the students. Besides, there was a greater effect among students in the virtual manipulation group than among students in the physical manipulation group. In addition, this study assessed whether mental rotation affected the performance of the students. The results showed that students who were better at mental rotation had a higher score on the post-test, but not on the pre-test.

## INHOUDSOPGAVE

---

1. Inleiding	Pag. 4 – 7
2. Onderzoeksopzet	Pag. 8 – 12
2.1. Proefpersonen	Pag. 8
2.2. Materialen	Pag. 8 – 11
2.2.1 Handleidingen	Pag. 8
2.2.2 Lessenseries	Pag. 9
2.2.3 Toetsen	Pag. 9 – 11
2.3. Onderzoeksdesign	Pag. 11
2.4. Procedure	Pag. 11
2.5. Analyse van de gegevens	Pag. 11 – 12
3. Resultaten	Pag. 13 – 15
4. Conclusies en discussie	Pag. 16 – 18
5. Literatuur	Pag. 19 – 20

## 1. INLEIDING

---

Er wordt steeds meer gebruik gemaakt van digitale schoolborden (digiborden) in het basisonderwijs, uit de Vier in Balans monitor van Kennisnet blijkt dat gemiddeld acht van de tien leslokalen in een basisschool uitgerust zijn met een digibord (Kennisnet, 2012). Kennisnet is een stichting die expert is op het gebied van ICT en onderwijs, en verwacht dat deze digiborden de onderwijskwaliteit zullen vergroten. Zij baseren deze verwachting mede op de talloze mogelijkheden die de digiborden bieden voor de constructie en overdracht van kennis. Empirisch onderzoek naar de unieke mogelijkheden van het digibord is echter zeer schaars en bevindt zich nog in het beginstadium (Kennisnet, 2010).

Ten grondslag aan dit onderzoek ligt het onderzoek van Van der Meij, Van der Meij en Mulder (2012) naar één van de unieke mogelijkheden die het digibord biedt: het manipuleren van dynamische objecten, ook wel dynamische representaties. Zij vergeleken deze dynamische representaties met statische representaties. In hun onderzoek kregen leerlingen lessen over het onderwerp aanzichten waarbij ze leerden dat bouwwerken vanuit verschillende aanzichten bekeken, gebouwd en getekend kunnen worden. Aanzichten zijn vlakke, tweedimensionale representaties van ruimtelijke, driedimensionale objecten. In de statische conditie kregen de leerlingen klassikale instructie met statische afbeeldingen van verschillende bouwwerken en de bijbehorende aanzichten. In de dynamische conditie kregen de leerlingen klassikale instructie met dynamische afbeeldingen van dezelfde bouwwerken en de bijbehorende aanzichten. Het dynamische bouwwerk kon gemanipuleerd (gedraaid) worden, het statische bouwwerk niet. De resultaten lieten zien dat de leerlingen in de dynamische conditie gemiddeld een 64% hogere score hadden op de natoets dan op de voortoets. Voor leerlingen in de statische conditie was dit gemiddeld een 45% hogere score op de natoets dan op de voortoets. Beide condities leidden dus tot een leerwinst en dynamische representaties leidden tot een grotere leerwinst dan statische representaties. De auteurs vroegen zich vervolgens af of klassikale instructie met een ‘echte’ opstelling misschien beter was voor het onderwerp aanzichten dan klassikale instructie met dynamische representaties via het digibord. Met een echte opstelling wordt instructie met fysiek lesmateriaal bedoeld. Lesmateriaal dat aangeboden wordt via het digibord wordt virtueel lesmateriaal genoemd.

Dit onderzoek bouwt voort op de bovenstaande vraag en richt zich op het leereffect van dynamische representaties met fysiek lesmateriaal en dynamische representaties met virtueel lesmateriaal. In het specifiek gaat het om de manipulatie van objecten, hierin kan een onderscheid worden gemaakt tussen fysieke manipulatieven en virtuele manipulatieven.

Fysieke manipulatieven zijn concrete, tastbare objecten die met de hand gemanipuleerd (verplaatst, gedraaid, gekanteld, enzovoort) kunnen worden. Ze worden al jaren gebruikt in het onderwijs en onderzoek naar leerresultaten (Sowell, 1989; Raphael & Wahlstrom, 1989).

Virtuele manipulatieven zijn een online versie van fysieke manipulatieven (Young, 2006). Voorheen konden virtuele manipulatieven alleen via de computer (met de muis) gemanipuleerd worden. Uniek aan het digibord is dat het manipulatie (met de hand of een digipen) op een groot scherm mogelijk maakt. Op deze manier zijn de manipulaties voor alle leerlingen zichtbaar en hoeven zij niet meer achter de computer te zitten om hier gebruik van te maken (Mildenhall, Swan, Northcote & Marshall, 2008).

In dit onderzoek zal de volgende definitie van virtuele manipulatieven over worden genomen: een interactieve, via het web aangeboden, visuele representatie van een dynamisch object die mogelijkheden biedt voor de constructie van wiskundige kennis. Lesmateriaal valt onder deze definitie wanneer het 1) in de vorm van een website wordt aangeboden en 2) manipuleerbaar is door de gebruiker (Moyer, Bolyard & Spikell, 2002). De dynamische, manipuleerbare bouwwerken die gebruikt werden in het onderzoek van Van der Meij, Van der Meij en Mulder (2012) vallen ook onder de definitie van virtuele manipulatieven.

Een review van West (2011) laat zien dat virtuele manipulatieven even effectief zijn als fysieke manipulatieven als het gaat om hun effect op leerresultaten. In de door haar aangehaalde onderzoeken werden de manipulatieven echter gemanipuleerd door de leerlingen zelf en was er geen sprake van klassikale instructie. Volgens Durmus en Karakirik (2006) is klassikale instructie met manipulatieven erg nadelig. Zij beweren dat een demonstratie van de leerkracht niet voldoende is om het volledige potentiaal uit de manipulatieven te halen, aangezien ze juist ontwikkelt zijn voor interactie met de leerlingen. Het onderzoek van Van der Meij, van der Meij en Mulder (2012) laat echter zien dat er wel een leerwinst kan worden behaald met klassikale instructie met virtuele manipulatieven, of dit voor fysieke manipulatieven ook geldt, is nog onduidelijk.

### *Onderzoeksvragen*

1. Leidt klassikale instructie met fysieke manipulatieven tot een leerwinst?
2. Leidt klassikale instructie met virtuele manipulatieven tot een leerwinst?
3. Is er een verschil in de leerwinst tussen klassikale instructie met fysieke manipulatieven en klassikale instructie met virtuele manipulatieven?

Hierbij wordt verwacht dat klassikale instructie met zowel fysieke manipulatieven als virtuele manipulatieven leidt tot een leerwinst en dat deze leerwinst even groot is voor beide soorten klassikale instructie.

Een vaardigheid die mogelijk van invloed is op het leerproces van de leerlingen voor het onderwerp aanzichten is mentale rotatie. Mentale rotatie is de vaardigheid waarbij twee of drie dimensionale objecten in gedachten worden geroteerd (Shepard & Metzler, 1971). Het is aannemelijk dat de leerlingen gebruik maken van deze vaardigheid tijdens lessen over het onderwerp aanzichten en bij het oplossen van vragen hierover.

Volgens Gutiérrez (1996) is niet alleen het visualiseren van de rotatie, maar ook het vormen van mentale representaties van de 2D/3D objecten een onderdeel van mentale rotatie. Deze mentale representaties worden gevormd aan de hand van externe representaties (bijvoorbeeld afbeeldingen, tekeningen of manipulatieven) van de 2D/3D objecten. Hoe gevarieerder en rijker aan informatie deze externe representaties zijn, hoe makkelijker het is om een mentale representatie te vormen en hierop visualisaties uit te voeren. Zowel fysieke als virtuele manipulatieven zijn rijk aan informatie en verwacht wordt dat zij beide ondersteuning bieden bij het uitvoeren van een mentale rotatie.

Uit onderzoek van Baki, Kosa en Guven (2011) bleek dat lessen over ruimtemeetkunde met zowel fysieke als virtuele manipulatieven het ruimtelijk inzicht verbeterden. Dit onderzoek probeert vast te stellen of het omgekeerde waar is: of ruimtelijk inzicht (mentale rotatie) van invloed is op het leerproces van de leerlingen en of hier een verschil in zit tussen klassikale instructie met fysieke manipulatieven en klassikale instructie met virtuele manipulatieven. Baki, Kosa en Guven (2011) toonden aan dat lessen met virtuele manipulatieven betere ondersteuning gaven bij het ontwikkelen van ruimtelijk inzicht. Daarom wordt verwacht dat mentale rotatie meer ondersteuning biedt tijdens klassikale instructie met virtuele manipulatieven dan tijdens klassikale instructie met fysieke manipulatieven.

#### *Onderzoeksvragen*

4. Biedt mentale rotatie ondersteuning bij klassikale instructie met fysieke manipulatieven?
5. Biedt mentale rotatie ondersteuning bij klassikale instructie met virtuele manipulatieven?
6. Biedt mentale rotatie meer ondersteuning bij klassikale instructie met virtuele manipulatieven dan bij klassikale instructie met fysieke manipulatieven?

Hierbij wordt verwacht dat mentale rotatie bij beide soorten klassikale instructie ondersteuning biedt en dat leerlingen die vaardig zijn in mentale rotatie in beide condities hoger scoren op de toetsen en de leerwinst dan leerlingen die minder vaardig zijn in mentale rotatie. Daarnaast wordt verwacht dat deze relatie sterker naar voren komt bij de klassikale instructie met virtuele manipulatieven. Dit vertaalt zich in hogere scores op de toetsen en de leerwinst voor leerlingen die vaardig zijn in mentale rotatie en klassikale instructie krijgen met virtuele manipulatieven dan leerlingen die vaardig zijn in mentale rotatie en klassikale instructie krijgen met fysieke manipulatieven.

## 2. ONDERZOEKSOPZET

### 2.1 Proefpersonen

In totaal namen 39 leerlingen uit twee klassen (groep vier) van verschillende basisscholen deel aan het onderzoek, waarvan 21 jongens en 18 meisjes. De jongste leerling was zes jaar en de oudste leerling was acht jaar, de gemiddelde leeftijd was 7.2 jaar ( $SD = .47$ ). Drie leerlingen werden uit de dataset weggelaten omdat zij ziek werden tijdens het onderzoek. De uiteindelijke dataset bestond uit 36 leerlingen, waarvan 19 leerlingen (11 jongens en 8 meisjes) in de fysieke conditie zaten en 17 leerlingen (9 jongens en 8 meisjes) in de virtuele conditie. Alle leerlingen hadden al enige voorkennis omdat zij in groep drie ook lessen kregen over het onderwerp aanzichten.

### 2.2 Materialen

#### 2.2.1 Handleidingen

De leerkracht voerde de lessen en toetsen uit aan de hand van handleidingen waarin precies beschreven stond welke acties zij moesten uitvoeren. Zie figuur 1 voor een voorbeeld van de handleiding voor de lessenserie met de virtuele manipulatieven.

**Kern (15 minuten)**


E Leerlingen leren tellen van blokken en leerlingen bekend maken met de begrippen bouwwerk, vooraanzicht, rechter zijaanzicht, linker zijaanzicht, bovenaanzicht en plattegrond. Leerlingen duidelijk maken dat het bovenaanzicht er hetzelfde uit ziet als plattegrond, maar dat in de plattegrond altijd getallen staan. Leerlingen de begrippen ook laten benoemen. Samen met de leerlingen een plattegrond tekenen op basis van de aanzichten.

---

**Bouwwerk 1**

ACTIE Klik op 'naar bouwwerk 1'.

ACTIE Bouw de afbeelding hiernaast na door op de vakjes te klikken.



Aantal blokken tellen

U Hier zien jullie een bouwwerk.

VG Wie kan me vertellen hoeveel blokken nodig zijn om dit bouwwerk te bouwen?


Uitleg geven over bouwwerk

U De pijl geeft aan hoe het bouwwerk er van voren uitziet. Een bouwwerk heeft één of meer blokken.

---

Vooraanzicht

ACTIE Klik op 'V'.  
- Het vooraanzicht verschijnt.



U Als ik een bouwwerk van voren wil zien, dan moet ik eerst kijken aan welke kant de pijl staat.

ACTIE Draai het bouwwerk en laat het vooraanzicht zien.

U Het aanzicht van voren noemen we vooraanzicht.

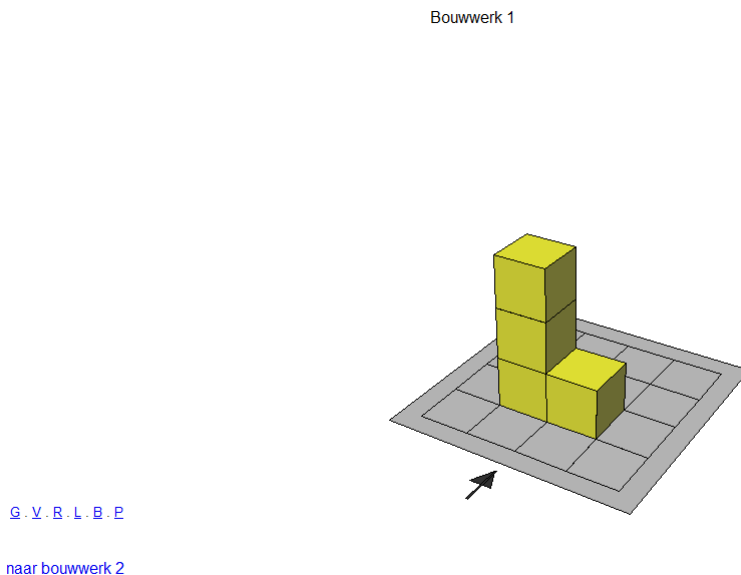
VG Hoeveel blokjes lijkt het bouwwerk dus te hebben als ik het vooraanzicht bekijk?  
Van welke kanten zou ik het bouwwerk nog meer kunnen bekijken?

Figuur 1: een fragment uit de handleiding van de lessenserie met de virtuele manipulatieven.



### 2.2.2 Lessenseries

Elke lessenserie bestond uit twee klassikale lessen: de eerste les met maximaal vijf blokken en de tweede les met maximaal tien blokken. De lessen waren in beide condities identiek (i.e. dezelfde bouwwerken en aanzichten), met uitzondering van de blokken waarmee de bouwwerken door de leerkracht gebouwd werden. In de fysieke conditie werd gebouwd met tastbare, houten blokken (fysieke manipulatieven). In de virtuele conditie werd via een Java-applet gebouwd met virtuele blokken (virtuele manipulatieven). De Java-applet en de aanzichten stonden op een website die toegankelijk was via het digibord. Zie figuur 5 voor een voorbeeld van de website met een virtueel manipuleerbaar bouwwerk en de bijbehorende aanzichten (vooraanzicht, rechter zijaanzicht, linker zijaanzicht, bovenaanzicht en plattegrond).



*Figuur 2: een manipuleerbaar bouwwerk uit de lessenserie met de virtuele manipulatieven. De letters G, V, R, L, B en P staan voor de bijbehorende aanzichten: geen aanzicht, vooraanzicht, rechter zijaanzicht, linker zijaanzicht, bovenaanzicht en plattegrond.*


### 2.2.3 Toetsen

In totaal werden er drie schriftelijke toetsen afgenomen: een voortoets, een mentale rotatietoets (de lettertoets) en een natoets. De kennis van de leerlingen werd gemeten met een voor- en natoets, ontworpen voor klassikale afname via het digibord. Tijdens de voor- en natoets moesten de leerlingen acht meerkeuzevragen (zie figuur 2) en acht open vragen (zie figuur 3) beantwoorden over verschillende aspecten van het onderwerp aanzichten.


De mentale rotatie vaardigheden van de leerlingen werden gemeten met de lettertoets en betrof een aangepast exemplaar van de lettertoets uit Neuburger, Jansen, Heil en Quaiser-Pohl (2011). Tijdens de lettertoets moesten de leerlingen verschillende hoofdletters en kleine letters mentaal roteren. De toets bestond uit 16 items en elk item bestond uit een voorbeeldletter aan de linkerkant en vier vergelijkbare letters aan de rechterkant (zie figuur 4). Twee van de vier vergelijkbare letters waren correcte (geroteerde) kopieën van de voorbeeldletter. De andere twee vergelijkbare letters waren incorrecte kopieën (in spiegelbeeld) van de voorbeeldletter. De leerlingen moesten de twee correcte kopieën van de voorbeeldletter omcirkelen.

Vraag 5

Het bouwwerk



Welk aanzicht?

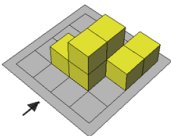


- a. vooraanzicht
- b. bovenaanzicht
- c. rechter zijaanzicht
- d. linker zijaanzicht

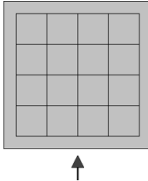
*Figuur 3: een voorbeeld van een meerkeuzevraag over aanzichten.*

Vraag 16

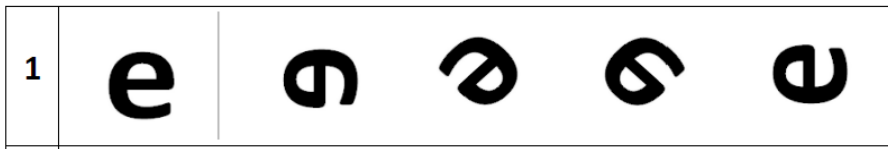
Het bouwwerk



Maak de plattegrond



*Figuur 4: een voorbeeld van een open vraag over aanzichten.*



*Figuur 5: een voorbeeld van een vraag uit de lettertoets.*

### *2.3 Onderzoeksdesign*

Het onderzoek had een quasi-experimenteel design met twee condities: (a) klassikale instructie met fysieke manipulatieven en (b) klassikale instructie met virtuele manipulatieven. Elke conditie bestond uit twee lessen die verschilden in moeilijkheid: de eerste les was met maximaal vijf (fysieke of virtuele) blokken en de tweede les met maximaal tien (fysieke of virtuele) blokken.

### *2.4 Procedure*

De lessen en toetsen werden afgenomen onder reguliere schooltijden en in de gebruikelijke klaslokalen. Op dag één van het onderzoek werden de voortoets en de lettertoets afgenomen. Beide toetsen begonnen met een korte introductie en oefenvragen, waarnaar de echte toetsvragen volgden. Tijdens de voortoets toonde de leerkracht telkens een vraag op het digibord en de leerlingen schreven hun antwoorden op een antwoordblad. Per vraag kregen de leerlingen 20 seconden de tijd om het antwoord in te vullen. De lettertoets werd door de leerlingen individueel ingevuld en ze kregen hier twee minuten de tijd voor. Op dag twee werd de eerste les gegeven en op dag drie werd de tweede les gegeven. De lessen duurden elk ongeveer 20 minuten waarin de leerkracht uitleg gaf met de fysieke of virtuele manipuleerbare bouwwerken en de bijbehorende aanzichten. De manipulaties bestonden uit het opbouwen van de bouwwerken en het draaien van de bouwwerken naar de verschillende aanzichten. Op dag vier werd de natoets afgenomen op dezelfde wijze als de voortoets.

Tijdens de uitvoering van de tweede les is in de fysieke conditie toch gebruik gemaakt van de virtuele manipulatieven. De leerkracht gaf eerst uitleg met de fysieke manipulatieven en gaf daarna extra uitleg met de virtuele manipulatieven.

### *2.5 Analyse van de gegevens*

Voor elke correct beantwoorde vraag kregen de leerlingen een punt, op elke toets konden ze maximaal 16 punten behalen. Leerwinst scores werden berekend door de score op de voortoets (VT) af te trekken van de score op de natoets (NT). Eén van de leerlingen had geen

lettertoets ingevuld. Deze leerling werd niet meegenomen in de analyses op de lettertoets scores, maar wel in de analyses op de overige scores.

Met een Cronbach's Alfa werd de interne consistentie berekend voor de lettertoets en de natoets. Dit werd niet gedaan voor de voortoets omdat er geen hoge interne consistentie werd verwacht: de items liepen zeer uiteen en het ging om de voorkennis van de leerlingen. De natoets had een lage interne consistentie van  $\alpha = .48$ . Vraag 11 van de natoets werd verwijderd om de interne consistentie te verhogen naar  $\alpha = .51$ . Deze vraag had namelijk een negatieve correlatie met de totale toets van  $r = -.04$ . De lettertoets had een hoge interne consistentie van  $\alpha = .77$ .

Hierna werd nagegaan of er uitschieters in de data zaten en of de data normaal verdeeld waren. Uitschieters werden opgespoord met een boxplot aan de hand van de 1,5 x interkwartielafstand regel. Met deze regel werd een onder- en boven grens bepaald voor de scores op de voortoets, natoets en de leerwinst. Waarden die buiten deze grenzen vielen werden als uitschieters behandeld. Er zaten geen uitschieters in de data. Daarnaast waren de data normaal verdeeld, bepaald met een Shapiro-Wilk toets ( $p > .05$ ), met uitzondering van de scores op de voortoets in de virtuele conditie ( $p < .05$ ).

Vervolgens werd gecontroleerd of sprake was van een verschil in de voorkennis van de leerlingen tussen de condities. Er was geen statistisch significant verschil in de voorkennis van de leerlingen: uit een Mann-Whitney toets bleek dat de verdeling van de scores op de voortoets gelijk was voor leerlingen in de fysieke conditie ( $Mdn = 8$ ) en leerlingen in de virtuele conditie ( $Mdn = 8$ ),  $U = 144$ ,  $z = -.56$ ,  $p = .573$ .

Relaties tussen mentale rotatie en de toets- en leerwinst scores werden bepaald aan de hand van correlatie coëfficiënten. Alle overige analyses werden uitgevoerd met ANOVA's, met uitzondering van een gepaarde t-toets voor het vaststellen van de leerwinst. In alle analyses gold een significantie niveau van 0.05 (tweezijdig), trends ( $0.10 < p > .05$ ) werden ook bekeken. Cohen's  $d$  (1988) werd gebruikt om de effectgrootte te bepalen voor de gepaarde t-toets. Waarbij  $d = 0.2$  wordt gezien als een klein effect,  $d = 0.5$  als een middelgroot effect en  $d = 0.8$  als een groot effect. Voor de ANOVA's werd  $\omega^2$  gebruikt om de effectgrootte te bepalen.

### 3. RESULTATEN

1) *Leidt klassikale instructie met fysieke manipulatieven tot een leerwinst?*

2) *Leidt klassikale instructie met virtuele manipulatieven tot een leerwinst?*

Een gepaarde t-toets met de scores op de voortoets (VT) en de scores op de natoets (NT) liet zien dat in beide condities sprake was van een leerwinst:  $t_{fysiek; NT-VT}(18) = 4.04, p = .001, d = .93$ ;  $t_{virtueel; NT-VT}(16) = 6.47, p < .001, d = 1.57$ . Zie tabel 1 voor de gemiddelden en standaarddeviaties van de scores op de voortoets, natoets en leerwinst.

3) *Is er een verschil in leerwinst tussen klassikale instructie met fysieke manipulatieven en klassikale instructie met virtuele manipulatieven?*

Daarnaast was er een verschil in de leerwinst tussen de condities, berekend met een één-weg ANOVA. Bij de leerlingen die instructie kregen met virtuele manipulatieven was sprake van een hogere leerwinst dan bij de leerlingen die instructie kregen met fysieke manipulatieven,  $F(1, 34) = 4.41, p = .043, \omega^2 = 0.9$ . De conditie (fysiek of virtueel) verklaarde 9% van de variantie in de leerwinst scores. Zie tabel 1 voor de gemiddelden en standaarddeviaties van de leerwinst scores.

Tabel 1: gemiddelden en standaarddeviaties van de toetsscores en de leerwinst per conditie

Conditie	Lettertoets			Voortoets			Natoets			Leerwinst		
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Fysiek	18	5.83	2.88	19	7.53	1.90	19	9.05	1.65	19	1.53	1.65
Virtueel	17	5.53	3.13	17	7.12	2.06	17	9.82	2.50	17	2.71	1.72

4) *Biedt mentale rotatie ondersteuning bij klassikale instructie met fysieke manipulatieven?*

5) *Biedt mentale rotatie ondersteuning bij klassikale instructie met virtuele manipulatieven?*

Vervolgens werden correlaties berekend tussen de lettertoets scores en de scores op de voortoets, natoets en leerwinst (zie tabel 2). Er werd een positieve correlatie gevonden tussen de lettertoets scores en de scores op de voortoets,  $r_{fysiek} = .37, n.s.$ ;  $r_{virtueel} = .59, p = .013$ . Daarnaast werd ook een positieve correlatie gevonden tussen de lettertoets scores en de scores op de natoets,  $r_{fysiek} = .50, p = .036$ ;  $r_{virtueel} = .78, p < .001$ . Tussen de scores op de lettertoets en de leerwinst scores werd ook een positieve correlatie gevonden,  $r_{fysiek} = .17, n.s.$ ;  $r_{virtueel} = .33, n.s.$  Zie tabel 1 voor de gemiddelden en standaarddeviaties van de scores op de lettertoets.

Tabel 2: correlaties tussen de lettertoets scores en de overige scores per conditie

Conditie	<i>n</i>		Voortoets	Natoets	Leerwinst
Fysiek	18	Lettertoets	.37 <sup>a</sup>	.50 <sup>b*</sup>	.17 <sup>b</sup>
Virtueel	17	Lettertoets	.59 <sup>a*</sup>	.78 <sup>b**</sup>	.33 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Spearman correlatie coëfficiënt.

<sup>b</sup> Pearson correlatie coëfficiënt.

\* Correlatie is significant op het niveau van  $p < .05$

\*\* Correlatie is significant op het niveau van  $p < .01$

Hierna werden de leerlingen onderverdeeld in twee groepen: (a) laag scorers, met leerlingen die lager dan zes punten op de lettertoets scoorden; (b) hoog scorers, met leerlingen die zes punten of hoger scoorden op de lettertoets. De grens tussen laag en hoog scorer werd bepaald aan de hand van de gemiddelde score op de lettertoets van alle leerlingen ( $M = 5.69$ ,  $SD = 2.96$ ,  $n = 35$ ).

Aansluitend werd er per conditie een één-weg ANOVA uitgevoerd op de toets- en leerwinst scores, met de score op de lettertoets (laag of hoog) als factor. In de fysieke conditie was er geen verschil in de scores op de voortoets, natoets en leerwinst tussen leerlingen die laag en hoog scoorden op de lettertoets,  $F(1, 16) = .03$ , n.s.;  $F(1, 16) = .54$ , n.s.;  $F(1, 16) = 1.01$ , n.s. In de virtuele conditie werd er een trend gevonden voor de scores op de voortoets,  $F(1, 15) = 3.40$ ,  $p = .085$ . Verder scoorden leerlingen die vaardig zijn in mentale rotatie hoger op de natoets dan leerlingen die minder vaardig zijn in mentale rotatie,  $F(1, 15) = 9.07$ ,  $p = .009$ ,  $\omega^2 = .32$ . Er werd geen verschil gevonden in de leerwinst scores tussen leerlingen die laag en hoog scoorden op de lettertoets,  $F(1, 15) = 2.26$ , n.s. In de virtuele conditie verklaarde de score op de lettertoets (laag of hoog) 32% van de variantie in de scores op de natoets. Zie tabel 3 voor de gemiddelde scores op de voortoets, natoets en leerwinst voor leerlingen die hoog en laag scoorden op de lettertoets.

Tabel 3: gemiddelde scores op de voortoets, natoets en leerwinst voor hoog en laag scorers per conditie

Conditie	Lettertoets score	Voortoets			Natoets			Leerwinst		
		<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Fysiek	Lage score <sup>a</sup>	11	7.73	1.10	11	8.82	1.40	11	1.09	1.22
	Hoge score <sup>b</sup>	7	7.57	2.76	7	9.43	2.15	7	1.86	2.04
Virtueel	Lage score <sup>a</sup>	10	6.40	2.37	10	8.60	2.07	10	2.20	1.48
	Hoge score <sup>b</sup>	7	8.14	.900	7	11.57	1.90	7	3.43	1.90

<sup>a</sup> Score op de lettertoets van lager dan zes punten.

<sup>b</sup> Score op de lettertoets van zes punten of hoger.

6) *Biedt mentale rotatie meer ondersteuning bij klassikale instructie met virtuele manipulatieven dan bij klassikale instructie met fysieke manipulatieven?*

Hiervoor werden twee-weg ANOVA's uitgevoerd op de toets- en leerwinst scores, met de score op de lettertoets (laag of hoog) en conditie (fysiek of virtueel) als factoren. Uit de twee-weg ANOVA op de voortoets scores kwam naar voren dat er geen hoofdeffect was van conditie en mentale rotatie,  $F(1, 31) = .33$ , n.s.;  $F(1, 31) = 1.45$ , n.s. Ook was er geen interactie-effect tussen conditie en mentale rotatie,  $F(1, 31) = 2.07$ , n.s. Uit de twee-weg ANOVA op de natoets scores bleek dat er een hoofdeffect was van mentale rotatie,  $F(1, 31) = 7.77$ ,  $p = .009$ ,  $\omega^2 = .15$ , en geen hoofdeffect van conditie,  $F(1, 31) = 2.24$ , n.s. Het hoofdeffect van mentale rotatie verklaarde 15% van de variantie in de scores op de natoets. Verder werd er een trend gevonden voor een interactie-effect tussen conditie en mentale rotatie,  $F(1, 31) = 3.37$ ,  $p = .076$ . Uit de twee-weg ANOVA op de leerwinst scores kwam naar voren dat er een hoofdeffect was van conditie,  $F(1, 31) = 5.76$ ,  $p = .023$ ,  $\omega^2 = .12$ , en werd er een trend gevonden voor een hoofdeffect van mentale rotatie,  $F(1, 31) = 3.19$ ,  $p = .084$ . Het hoofdeffect van conditie verklaarde 12% van de variantie in de leerwinst scores. Verder was er geen interactie-effect tussen conditie en mentale rotatie,  $F(1, 31) = .17$ , n.s. Zie tabel 3 voor de gemiddelde scores op de voortoets, natoets en leerwinst voor leerlingen die hoog en laag scoorden op de lettertoets.

#### 4. CONCLUSIES EN DISCUSSIE

---

*1) Leidt klassikale instructie met fysieke manipulatieven tot een leerwinst?*

*2) Leidt klassikale instructie met virtuele manipulatieven tot een leerwinst?*

*3) Is er een verschil in leerwinst tussen klassikale instructie met fysieke manipulatieven en klassikale instructie met virtuele manipulatieven?*

De resultaten laten zien dat klassikale instructie met zowel fysieke als virtuele manipulatieven leidt tot een leerwinst. Daarnaast blijkt dat met virtuele manipulatieven een grotere leerwinst wordt behaald dan met fysieke manipulatieven. Dit verschil is tegen de verwachtingen in gevonden en komt niet overeen met de conclusie van West (2011) dat virtuele manipulatieven even effectief zijn als fysieke manipulatieven. Het lijkt erop dat klassikale instructie via het digibord leidt tot een groter leereffect dan een meer traditionele klassikale instructie met fysieke materialen. Het verschil in de leerwinst moet echter wel met enige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd. Tijdens de tweede les in de fysieke conditie maakte de leerkracht namelijk gebruik van de virtuele manipulatieven naast de fysieke manipulatieven. Hierdoor is het onduidelijk waar de leerwinst precies vandaan komt. Het is daarom de moeite waard om dit onderzoek nogmaals uit te voeren, maar dan op een correcte manier. Zo kan er duidelijk vast worden gesteld in hoeverre er een verschil bestaat in de leerwinst tussen klassikale instructie met fysieke manipulatieven en klassikale instructie met virtuele manipulatieven via het digibord.

Een factor die volgens Durmus en Karakirik (2006) extra ondersteuning kan bieden bij het leerproces, is het zelf bouwen met (virtuele of fysieke) manipulatieven. Volgens hen is een klassikale instructie niet voldoende om het volledige potentiaal uit de manipulatieven te halen. Het is daarom interessant om klassikale lessen, waarin de leerkracht de manipulaties uitvoert te vergelijken met lessen waarin de leerlingen zelf de manipulaties uitvoeren.

*4) Biedt mentale rotatie ondersteuning bij klassikale instructie met fysieke manipulatieven?*

*5) Biedt mentale rotatie ondersteuning bij klassikale instructie met virtuele manipulatieven?*

Verder laten de resultaten zien dat er een relatie bestaat tussen mentale rotatie en het leerproces tijdens lessen over aanzichten. Mentale rotatie blijkt alleen van invloed te zijn tijdens instructie met virtuele manipulatieven. In de virtuele conditie scoren leerlingen die vaardig zijn in mentale rotatie hoger op de voortoets en op de natoets dan leerlingen die minder vaardig zijn in mentale rotatie. Let wel: voor de scores op de voortoets is slechts een trend gevonden. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de leerlingen pas tijdens de lessen



leren dat zij de bouwwerken moeten roteren en daarom tijdens de voortoets nog niet allemaal mentale rotaties uitvoeren. Er is geen verschil in de leerwinst tussen leerlingen die vaardig zijn in mentale rotatie en leerlingen die minder vaardig zijn in mentale rotatie. Dit verschil werd wel verwacht.

*6) Biedt mentale rotatie meer ondersteuning bij klassikale instructie met virtuele manipulatieven dan bij klassikale instructie met fysieke manipulatieven?*

Hierbij werd verwacht dat leerlingen die vaardig zijn in mentale rotatie en klassikale instructie krijgen met virtuele manipulatieven hogere scores hebben op de toetsen en de leerwinst, dan leerlingen die vaardig zijn in mentale rotatie en klassikale instructie krijgen met fysieke manipulatieven. Dit blijkt zo te zijn voor de scores op de natoets, maar niet voor de scores op de voortoets en de leerwinst. Let wel: hier is slechts een trend gevonden.

Wel is het zo dat het verschil in de leerwinst tussen klassikale instructie met fysieke manipulatieven en klassikale instructie met virtuele manipulatieven sterker naar voren komt als mentale rotatie wordt meegenomen als tweede factor. Met conditie (fysiek of virtueel) en mentale rotatie (vaardig of minder vaardig) als factoren, is er wel een verschil in de leerwinst tussen leerlingen die vaardig zijn in mentale rotatie en leerlingen die minder vaardig zijn in mentale rotatie. Let wel: dit verschil betreft slechts een trend.

Mentale rotatie is dus een belangrijke variabele die van invloed is op het leerproces tijdens het leren over aanzichten met virtuele manipulatieven. Een groot voordeel van het digibord is dat de leerkracht keuze heeft uit veel verschillende bronnen en daarom lesmateriaal over een bepaald onderwerp op verschillende manieren kan aanbieden. Zo kan de leerkracht bijvoorbeeld uitdagender lesmateriaal over het onderwerp aanzichten bieden aan leerlingen die beter zijn in mentale rotatie (Glover & Miller, 2001 in Kennisnet, 2010).

Uit het onderzoek van Baki, Kosa en Guven (2011) bleek dat lessen over ruimtemeetkunde met zowel fysieke als virtuele manipulatieven het ruimtelijk inzicht verbeterden. Mentale rotatie valt onder ruimtelijk inzicht en het is daarom interessant om de relatie tussen mentale rotatie en het onderwerp aanzichten verder te onderzoeken. Dit kan bijvoorbeeld gedaan worden door aan het eind van de lessenserie nog een mentale rotatie toets af te nemen om te bepalen of de vaardigheid is verbeterd. Daarnaast kan kwalitatief onderzoek worden uitgevoerd naar de (mentale rotatie) strategieën die de leerlingen gebruiken tijdens het oplossen van vragen over het onderwerp aanzichten.

De gevonden resultaten gelden alleen voor het onderwerp aanzichten en leerlingen uit groep vier van de basisschool. De leerlingen in dit onderzoek kregen les in hun eigen klaslokaal, onder reguliere schooltijden en van hun eigen leerkracht. Dit maakt dat het onderzoek een hoge ecologische validiteit heeft en de conclusies daarom ook kunnen worden toegepast op andere leerlingen uit groep vier van de basisschool. Zij moeten dan wel een vergelijkbare voorkennis hebben om soortgelijke resultaten te behalen.

In dit onderzoek werden de toetsen klassikaal afgenomen, het kan zijn dat de leerlingen sommige antwoorden hebben voorgezegd. In een volgend onderzoek is het aan te raden om de toetsen individueel af te nemen. Verder geeft elke leerkracht op een andere manier les aan zijn of haar leerlingen, het is daarom aan te raden om in opvolgende onderzoeken de lessen uit te laten voeren door onderzoekers op een vastgestelde manier. Dit gaat wel ten koste van de ecologische validiteit.

Als laatst is in dit onderzoek gebruik gemaakt van een steekproef met een relatief kleine omvang van 36 proefpersonen. De standaard die meestal wordt aangehouden is 30 proefpersonen per conditie. Een grotere steekproef zal hoogstwaarschijnlijk betrouwbaardere resultaten naar voren brengen.

## 5. LITERATUUR

---

Baki, A., Kosa, T., & Guven, B. (2011). A comparative study of the effects of using dynamic geometry software and physical manipulatives on the spatial visualisation skills of pre-service mathematics teachers. *British Journal of Educational Technology*, 42(2), 291 – 310.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Durmus, S., & Karakirik, E. (2006). Virtual manipulatives in mathematics education: A theoretical framework. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 5(1), 117 – 123.

Gutiérrez, A. (1996). *Visualization in 3-dimensional geometry: in search of a framework*. Verkregen op 18 januari, 2013 van <http://www.uv.es/Angel.Gutierrez/archivos1/textospdf/Gut96c.pdf>

Kennisnet (2010). *Meerwaarde van het digitale schoolbord*. Verkregen op 7 november 2012 van [http://issuu.com/kennisnet/docs/meerwaarde\\_digitale\\_schoorbord](http://issuu.com/kennisnet/docs/meerwaarde_digitale_schoorbord).

Kennisnet (2012). *Vier in balans monitor 2012: De laatste stand van zaken van ict en onderwijs*. Verkregen op 24 december 2012 van <http://www.kennisnet.nl/over-ons/nieuws/vier-in-balans-monitor-2012>.

Mildenhall, P., Swan, P., Northcote, M., & Marshall, L. (2008). *Virtual manipulatives on the interactive whiteboard: A preliminary investigation*. Verkregen op 22 december van <http://www.eric.ed.gov/PDFS/EJ793992.pdf>

Moyer, P.S., Bolyard, J.J., & Spikell, M.A. (2002). *What are virtual manipulatives?* Verkregen op 22 december van <http://www.grsc.k12.ar.us/mathresources/instruction/Manipulatives/Virtual%20Manipulatives.pdf>.

- Neuburger, S., Jansen, P., Heil, M., & Quaiser-Pohl, C. (2011). Gender differences in pre-adolescents' mental-rotation performance: Do they depend on grade and stimulus type? *Personality and individual differences*, 50(8), 1238-1242.
- Raphael, D., & Wahlstrom, M. (1989). The influence of instructional aids on mathematics achievement. *Journal for Research in Mathematics Education*, 20(2), 173-190.
- Shepard, R.N., & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 171,(3972), 701-703.
- Sowell, E. J. (1989). Effects of Manipulative Materials in Mathematics Education. *Journal for Research in Mathematics Education*, 20(5), 498-505.
- Van der Meij, J., Van der Meij, H., & Mulder, Y. (2012). *Dynamische representaties op het digitale schoolbord*. Verkregen op 7 november 2012 van <http://onderzoek.kennisnet.nl/onderzoeken-totaal/dynamischerepresentaties>.
- West, L. (2011). *Using Physical and Virtual Manipulatives with Eighth Grade Geometry Students*. Verkregen op 31 januari 2013 van [http://scimath.unl.edu/MIM/files/research/West\\_AR\\_final\\_LA.pdf](http://scimath.unl.edu/MIM/files/research/West_AR_final_LA.pdf).
- Young, D. (2006). *Virtual manipulatives in mathematics education*. Verkregen op 14 december 2012 van [http://plaza.ufl.edu/youngdj/talks/vms\\_paper.doc](http://plaza.ufl.edu/youngdj/talks/vms_paper.doc).