

Running head: Effectiviteit van computerspel op zwakke en gemiddelde rekenvaardigheden

De effectiviteit van een educatief computerspel op de rekenvaardigheid van kleuters

Gemeten bij zwakke en gemiddelde rekenaars

Masterthesis

Universiteit Utrecht

Masteropleiding Pedagogische Wetenschappen

Masterprogramma Orthopedagogiek

2014-2015

Naam: Merel Klerkx

Studentnummer: 3951413

Begeleider: Evelyn Kroesbergen

Tweede beoordelaar: Sylke Toll

Datum: 25-06-2015

Onderwerp: Tel Je Zoo

## Voorwoord

Voor u ligt mijn masterthesis, onderdeel van de studie Pedagogische Wetenschappen, afstudeerrichting leerlingenzorg. Samen met Sanne Duindam kreeg ik de taak om de effectiviteit van ‘Tel je Zoo’ te onderzoeken bij kleuters in groep 1 en 2. Een taak die ons erg leuk, leerzaam en innovatief leek. In oktober zijn wij dan ook fanatiek van start gegaan met de eerste metingen met de UGT. Hiervoor diende wij in totaal heel wat kilometers af te leggen, het enthousiasme van de kleuters en medewerkers van de verschillende participerende scholen maakte echter veel goed. Het bezoeken van de verschillende scholen heb ik dan ook als zeer leuk ervaren. Naast de leuke momenten, waren er ook lastige momenten. Zo is helaas de helft van ons onderzoek, onderdeel wat betrekking had op eye-tracking, komen te vervallen. Hierdoor heb ik op het laatste moment alsnog een ‘nieuwe’ aanvulling voor mijn masterthesis moeten bedenken, ik heb dan ook besloten om mijn masterthesis meer te richten op de ontwikkeling van getalbegrip bij rekenzwakke kinderen. Ook hebben Sanne en ik, later dan verwacht, het databestand ontvangen met alle resultaten, waardoor wij de laatste loodjes in relatief korte termijn diende af te ronden. Ik wil Evelyn Kroesbergen bedanken voor haar flexibiliteit betreffende de inleverdata van de verschillende onderdelen van de masterthesis.

Sanne Duindam en ik hebben beide een eigen onderzoeksvraag, de onderzoeken hebben echter veel overeenkomsten. Sanne Duindam en ik hebben elkaar geholpen waar nodig, samengewerkt waar mogelijk en tegelijkertijd onze eigen draai eraan gegeven. De samenwerking is goed bevallen en heeft mede bijgedragen aan het eindresultaat. Mijn dank gaat daarom ook naar haar uit.

Tevens wil ik Evelyn Kroesbergen bedanken voor haar hulp en adviezen welke zij gedurende het hele proces heeft gegeven. Ik ben blij dat ondanks de lastige momenten, er toch een mooie eindresultaat uit voort is gekomen. Als laatste wil ik graag mijn broer, Roeland Klerkx, bedanken die mijn masterscriptie door heeft willen lezen en mij heeft voorzien van feedback.

Merel Klerkx

Eindhoven, 21-06-2015

### Samenvatting

Om meer zicht te krijgen op de kenmerken van een werkzaam educatief computerspel, is het computerspel ‘Tel je zoo’ ontwikkeld voor kinderen in groep 1 en 2. Het spel bevat drie verschillende condities, waarbij het niveau van entertainende elementen varieert. In het huidige onderzoek is het leereffect van de verschillende condities onderzocht om te kunnen bepalen welke conditie een positiever effect heeft op getalbegrip bij rekenzwakke en rekengemiddelde kleuters. Het onderzoek heeft plaatsgevonden bij 220 kinderen in groep 1 en 2 uit het reguliere basisonderwijs. Eerst heeft een voormeting plaatsgevonden, vervolgens is twaalf weken de training ingezet, waarna een nameting is gedaan. Tijdens de voor- en nameting zijn onderdelen van de “Utrechtse Getalbegrip Toets” afgenomen, de mappingvaardigheden zijn aan de hand van de taken “Vergelijken en Lijnen” in week 1 en 7 gemeten. Uit de resultaten blijkt dat de training een positief effect heeft gehad op getalbegrip bij kleuters, waar rekenzwakke kleuters een grotere groei laten zien in getalbegrip dan rekengemiddelde kleuters. Geen effecten werden gevonden voor de mappingvaardigheden. Er kan echter niet met dit onderzoek vastgesteld worden dat het verschil in entertainende elementen van een training van invloed is op de vooruitgang in getalbegrip bij rekenzwakke en rekengemiddelde kleuters.

*Trefwoorden: getalbegrip, mappingvaardigheden, rekenvaardigheden, rekenniveau, training*

### Abstract

An educational game ‘Tel je Zoo’ is designed to gain more insight in the features of an effective educational game for toddlers attending kindergarten. The game includes three different conditions, with varying levels of entertaining elements. The effect of the different game conditions is examined to determine which condition is most effective on number sense of toddlers, both with and without mathematical difficulties. This research investigated 220 toddlers, attending first or second grade of regular primary schools. Pretests were followed by twelve weeks of individual training, after which posttest have been conducted to measure possible number sense development. Components of the “Utrechtse Getalbegrip Toets” are utilized during pre- and posttesting, mapping skills have been measured in week 1 and 7 using the tasks “Vergelijken en Lijnen”. Results show that individual training had a positive effect on number sense, toddlers with mathematical difficulties show greater development in number sense. No significant developments have been found on mapping skills. Contrary to popular believe, no significant effects have been found with differing levels of entertaining elements. Suggesting that the game in itself is enough to improve number sense, regardless of the level of entertaining elements. In short, not the degree of entertaining elements is the source of improving number sense but the current mathematical skill level is the determining factor in improvements in number sense.

*Keywords: number sense, mapping skills, arithmetic skills, mathematical level, training*

## Effectiviteit van computerspel bij rekenzwakke en rekengemiddelde kleuters

Ongeveer 6% tot 14% van de schoolgaande kinderen hebben hardnekkige problemen met rekenen, ondanks voldoende leermogelijkheden (Barbarese, Katusic, Colligan, Weaver, & Jacobsen, 2005). Het achterblijven in rekenvaardigheden vormt een risicofactor voor latere rekenvaardigheden (Duncan et al., 2007; Mazzocco, Feigenson, & Halberda, 2011b; Mazzocco & Thompson, 2005), psychosociale problematiek (Svetaz, Ireland, & Blum, 2000) en uitval in de arbeidsmarkt (Geary, 2013; Weiland & Yoshikawa, 2013). Vroegtijdige signalering en stimulering van zwakke rekenaars is dan ook van belang (Jordan, Kaplan, Locuniak, & Ramineni, 2007; Kolkman, Kroesbergen, & Leseman, 2013; Mundy & Gilmore, 2009).

Getalbegrip is een belangrijke voorspeller voor later schoolsucces op het gebied van rekenen (Berch, 2005; Chard et al., 2005; Dyson, Jordan, & Glutting 2011; Jordan, Glutting, Dyson, Hassinger-Das, & Irwin, 2012; Jordan, Kaplan, Ramineni, & Locuniak, 2009; Naccache & Dehaene, 2001; Rusconi, Priftis, Rusconi, Umiltà, 2006). Getalbegrip is het vermogen om numerieke hoeveelheden snel te begrijpen, te schatten, te tellen en te manipuleren (Berch, 2005; Dehaene, 1997, 2001). Een eerste vorm van getalbegrip blijkt al vroeg in de ontwikkeling bij kinderen aanwezig te zijn (Dehaene, Dehaene-Lambertz, & Cohen, 1998; Feigenson, Dehaene, & Spelke, 2004). Zo zijn baby's al kort na de geboorte in staat om verschillen tussen kleine numerieke hoeveelheden waar te nemen (Dehaene et al., 1998) en rond zes maanden oud te onderscheiden (Xu & Spelke, 2000).

Veel onderzoek is gedaan naar de definitie en ontwikkeling van getalbegrip en de componenten waaruit getalbegrip is opgebouwd. Er is echter nog weinig consensus over de componenten van getalbegrip (Gersten, Jordan & Flojo, 2005). In de literatuur wordt door Kolkman, Kroesbergen & Leseman (2013) onderscheid gemaakt tussen de volgende componenten van getalbegrip: symbolische vaardigheden, non-symbolische vaardigheden en mapping vaardigheden. Het ontwikkelen van deze vaardigheden zijn van belang voor het leren rekenen (Gilmore et al., 2007; Gilmore et al., 2010; Kolkman et al., 2013; Naccache & Dehaene, 2001; Rusconi et al., 2006). Non-symbolische vaardigheden, ook wel 'woorden van getallen' genoemd (Gallistel & Gelman, 1992), zijn aanwezig bij jonge kinderen en verwijzen naar het vermogen om numerieke hoeveelheden te begrijpen en te vergelijken (Gilmore et al., 2007; Gilmore et al., 2010; Kolkman et al., 2013). Symbolische vaardigheden, ook wel 'nummer getal symbolen' genoemd (Gallistel & Gelman, 1992), worden op latere leeftijd aangeleerd en verwijzen naar het vermogen om hoeveelheden nauwkeurig weer te geven. Kinderen kunnen dan een telrij van verschillende getallen opzeggen en identificeren aan

verwante symbolen. Dit betekent dat kinderen zowel het getal '5' als 'vijf' kunnen herkennen (Gilmore et al., 2010; Kolkman et al., 2013; Rouselle & Noel, 2007). Ongeveer 25% van de kinderen in het basisonderwijs blijkt moeite te hebben met de transitie van non-symbolische naar symbolische rekenvaardigheden (Mussolin, Meijas, & Noel, 2010). Mapping vaardigheden ontwikkelen zich wanneer kinderen (tussen de zes en acht jaar), deze non-symbolische vaardigheden aan de symbolische vaardigheden kunnen koppelen. Kinderen kunnen dan cijfersymbolen en hoeveelheden koppelen en begrijpen dat vijf appels bij het getal '5' horen (Mundy & Gilmore, 2009; Kolkman et al., 2013). Gallistel & Gelman (1992) beschrijven mapping als de vaardigheid om mondelinge en schriftelijke getal symbolen aan elkaar te koppelen.

In de literatuur bestaat nog geen eenduidigheid over de tekorten in de verschillende componenten van getalbegrip bij rekenzwakke kinderen (Piazza et al., 2010; Smedt, Noel, Gilmore, & Ansari, 2013). Onderscheid wordt gemaakt tussen kinderen die tekorten tonen in 'begrip' van getalbegrip en kinderen die problemen hebben met de 'toegang' tot getalbegrip. Ook wordt het gebrek om symbolische aan non-symbolische vaardigheden te koppelen als belangrijke oorzaak van rekenproblemen genoemd (Mussolin, Meijas, & Noel, 2010). Sommige studies tonen tekorten aan in de non-symbolische vaardigheden bij rekenzwakke kinderen (Landerl, Fussenegger, Moll, Willburger, & 2009; Landerl & Kollé, 2009). De mogelijkheid bestaat dat rekenzwakke kinderen een langzamere verwerking hebben van hoeveelheden. Andere studies tonen tekorten aan in de symbolische vaardigheden van getalbegrip bij rekenzwakke kinderen (Luculano, Tang, Hall, & Butterworth, 2008; Rouselle & Noel, 2007). De mogelijkheid bestaat dat bij rekenzwakke kinderen niet de automatische koppeling plaats vindt tussen symbolen en getallen (Piazza et al., 2010). De Smedt en collega's (2013) benoemen dat de tekorten in de symbolische vaardigheden bij rekenzwakke kinderen vrij consistent blijken te zijn, voor non-symbolische vaardigheden worden echter veel tegenstrijdige bevindingen gemeld. Mazocco, Feigenson, & Halberda (2011a) tonen daarentegen tekorten aan in alle drie de componenten van getalbegrip bij rekenzwakke kinderen. Aannemelijk is dat kinderen die moeite hebben met rekenen over het algemeen over een minder ontwikkeld getalbegrip beschikken (Geary et al., 2012; Mazocco et al., 2011a; Piazza et al., 2010; Rouselle & Noel, 2007), waar tekorten in de mappingvaardigheden (koppeling leggen tussen getallen en bijbehorende hoeveelheden) als een belangrijke oorzaak van rekenproblemen kan worden gezien (Mussolin et al., 2010; De Smedt, et al., 2013).

### **Educatieve computerspellen**

Gezien de risico's van een minder ontwikkeld getalbegrip en de weinig spontane verbetering in getalbegrip bij rekenzwakke kinderen (Jordan, Kaplan, Olah, & Locuniak, 2006), is het belangrijk om te achterhalen wat de beste methoden zijn om getalbegrip te stimuleren. Computergerichte interventie kan een nuttig instrument zijn in het rekenonderwijs, zelfs al in de voorschoolse- en kleuterschool (Clements, 2002). Omdat getalbegrip het rekenniveau van kinderen bepaalt (Geary et al., 2012; Mazzocco et al., 2011a; Piazza et al., 2010; Rouselle & Noel, 2007), is het van belang dat een interventie zich zo vroeg mogelijk op getalbegrip richt (Kolkman et al., 2013; Mundy & Gilmore, 2009), met aandacht voor de koppeling tussen getal en hoeveelheid (Geary, Hoard, Nugent, & Byrd-Craven, 2008; De Smedt, Verschaffel, & Ghesquiere, 2009). Educatieve computerspellen, zoals 'The Number Race' (Wilson, Dehaene, Dubios, & Fayol, 2009), lijken vooral bij rekenzwakke kinderen een geschikte manier te zijn om getalbegrip te stimuleren (Baroody, Eiland, & Thompson, 2009). Educatieve computerspellen bieden de mogelijkheid om, in tegenstelling tot traditionele methoden (Tanes & Cemalcilar, 2010), op een opbouwende, uitdagende en actieve manier ervaringsgericht te leren (Hainey, Connolly, Stansfield, & Boyle, 2011; Inal & Cagiltay, 2007; Squire, 2008). Wilsen et al. (2009) tonen aan de hand van het educatieve computerspel 'The Number Race' verbetering aan in getalbegrip bij kleuters met de grootste rekenachterstand. Dit educatieve computerspel is echter alleen getest op Franse kleuters met een lage sociaal economische status. Computergerichte interventie bevordert leren wanneer leerlingen door het entertainende en uitdagende karakter van het spel meer gemotiveerd zijn om tijd en moeite in het spel te investeren (Inal & Cagiltay, 2007; Moreno & Mayer, 2007; Rieber, 1991). Het benadeelt echter het leren wanneer de entertainende elementen de aandacht afleiden van taakrelevante informatie, leerlingen focussen zich dan op de uitdaging van het spel in plaats van de onderliggende leerdoelen (Clark & Mayer, 2011). In de literatuur is geen eenduidigheid over waar deze educatieve computerspellen precies aan dienen te voldoen, om de beoogde leereffecten te behalen en welke leerling, met of zonder achterstand, het meest profiteert van het educatieve computerspel (Kebritchi, et al., 2010; Vos, et al., 2011; Wouters, et al., 2013).

### **Interventie**

Om meer zicht te krijgen op de kenmerken van een werkzaam educatief computerspel, is het computerspel 'Tel je zoo' ontwikkeld voor kinderen in groep 1 en 2. Het spel bevat drie verschillende condities, waarbij het niveau van entertainende elementen varieert. In het huidige onderzoek wordt het leereffect van de verschillende game condities

onderzocht. Dit om te kunnen bepalen welke conditie een positiever effect heeft op getalbegrip bij rekenzwakke en rekengemiddelde kleuters.

Vraagstelling: Wat is het effect van de verschillende condities van een computerspel op getalbegrip van rekenzwakke en rekengemiddelde kleuters?

Onderzoeksvragen: (a) Welke conditie van het educatieve computerspel heeft een positiever effect op getalbegrip van kleuters en (b) Laten rekenzwakke kleuters een grotere groei in getalbegrip zien dan rekengemiddelde kleuters?

Op basis van de literatuur wordt verwacht dat de interventie een positief effect heeft op getalbegrip, waar rekenzwakke kleuters meer zullen verbeteren in getalbegrip en hierdoor een grotere groei in de rekenvaardigheden laten zien dan rekengemiddelde kleuters. Het is echter nog onduidelijk wat er verwacht kan worden van het verschil in effectiviteit van de drie game condities.

## Methode

### Participanten

De steekproef betreft 220 leerlingen, waarvan 104 jongens, uit groep 1 en 2. De leeftijd varieerde van 4.4 tot 6.8 jaar ( $M= 5.6$ ,  $SD=0.53$ ). De kinderen zijn binnen elke basisschool random verdeeld over de drie uitvoeringen van Tel Je Zoo (Tabel 1). De elf scholen waarbij het onderzoek uitgevoerd wordt zijn select geworven. Ouders van de leerlingen moesten per brief toestemming geven voor het onderzoek.

Tabel 1.

*Aantal leerlingen per uitvoering 'Tel je Zoo'*

Game versie	Aantal leerlingen	Procent	Leeftijd	Aantal jongens	Aantal meisjes
Geen entertainende elementen	78	35.5	5.68	32	46
Weinig entertainende elementen	73	33.2	5.56	39	34
Veel entertainende elementen	69	31.4	5.60	33	36

### Meetinstrumenten

*Getalbegrip - tellen.* Getalbegrip is in kaart gebracht middels de computerversie van de UGT-R. Deze toets maakt vroegtijdige onderkenning van een achterstand in de ontwikkeling van getalbegrip mogelijk (Van Luit, Van de Rijt, & Pennings, 1998). Het totaal aantal goede antwoorden vormt de totaalscore van getalbegrip op de UGT-R. In de huidige

studie worden rekenzwakke kinderen geïdentificeerd aan de hand van de laagste 25%, een score onder het 26<sup>ste</sup> percentiel wordt gedefinieerd als rekenzwak. Een score tussen het 26<sup>ste</sup> en 76<sup>ste</sup> percentiel wordt gedefinieerd als gemiddeld.

De UGT-R bestaat uit 20 items, onderverdeeld in vier domeinen:

- (1) Telwoorden gebruiken: er wordt gekeken naar de telvaardigheid en naar het gebruik van kardinale (totaal aantal elementen) en ordinale getallen (positie van een element in een rij) tot twintig. Met dit onderdeel wordt het akoestisch tellen onderzocht.
- (2) Synchron en verkort tellen: het tellen van objecten met behulp van wijzen, daarnaast wordt met dit onderdeel nagegaan of bepaalde dobbelsteenstructuren direct herkend worden.
- (3) Resultatief tellen: kijkt naar het tellen van gestructureerde, ongestructureerde en bedekte hoeveelheden.
- (4) Toepassen van kennis van getallen: er wordt nagegaan of kinderen getallen onder de twintig in alledaagse probleemsituaties kunnen gebruiken (Van de Rijt & Van Luit, 1999).

De betrouwbaarheid van de gecomputeriseerde UGT-R is  $\alpha=.69$  (Kolkman et al., 2013).

*Getalbegrip - mapping.* De mapping vaardigheden worden gemeten aan de hand van twee taken: een getallenlijntaak en een vergelijkingstaak. Beide taken bestaan uit 22 items. Bij de getallenlijntaak moeten de kinderen betekenis geven aan de grootte van de getallen (0-20) op de getallenlijn. Het kind krijgt een getal te zien en moet dit getal op de getallenlijn positioneren. De totaalscore voor de getallenlijntaak bestaat uit de absolute, gemiddelde afstand van de gegeven waarde tot de gevraagde waarde. Een antwoord wordt goed gerekend wanneer dit  $<0.76$  afwijkt, het kind krijgt dan 1 punt. Er kunnen maximaal 22 punten behaald worden. Bij de vergelijkingstaak moeten de kinderen de objecten en getallen (0-20) op kwantitatieve kenmerken vergelijken. Er zijn steeds twee getallen en/of objecten (zoals vijf T-shirts) te zien, waarbij kinderen het grootste getal/object aan moeten klikken. Er kunnen maximaal 22 punten behaald worden. De kleuters kunnen maximaal 44 punten op de mappingvaardigheden behalen (Kolkman et al., 2013).

*Rekenvaardigheid – mapping en getalbegrip.* In het huidige onderzoek bepalen de twee taken, getalbegrip en mapping, de rekenvaardigheden van de kinderen. Dit om kanskapitalisatie te voorkomen tijdens het analyseren van de variabelen (De Groot, 1961). Bij de analyses zullen deze taken samen en apart bekeken worden.

## **Procedure**

Bij aanvang van het onderzoek is bij alle leerlingen de UGT-R afgenomen. De UGT-R is individueel op een tablet afgenomen. Vervolgens zijn de leerlingen random bij één van de drie uitvoeringen van Tel Je Zoo ingedeeld (Tabel 1). In vier maanden tijd hebben de



leerlingen minimaal 10 keer individueel het spel in de klas gespeeld. Vervolgens is nogmaals bij alle leerlingen de UGT-R op dezelfde wijze afgenomen.

In week 1 en 7 zullen de leerlingen een toets op de computer maken die uit een vergelijkingstaak en een getallenlijntaak bestaat. Deze toets meet de mapping vaardigheden van de leerlingen.

### **Training**

Met behulp van het educatieve computerspel Tel Je Zoo wordt het getalbegrip van leerlingen uit groep 1 en 2 gestimuleerd. Het computerspel richt zich op de koppeling van getal en hoeveelheid (mapping). Er zijn drie uitvoeringen van Tel Je Zoo: (1) geen entertainende elementen, geen beweging en geluid, weinig kleur (zwart-wit), geen tijdslimiet, geen 'bad guy', geen afleiding, (2) weinig entertainende elementen, weinig kleur, een 'bad guy', weinig afleiding en beperkte tijdslimiet (3) veel entertainende elementen, twee 'bad guys', veel afleiding en een tijdslimiet.

Tel Je Zoo bestaat uit een drietal spellen, met als thema dierentuin, welke de leerling eens per week speelt. De helft van de spellen uit 'Tel Je Zoo' richt zich op de koppeling van hoeveelheid aan getal, de andere helft andersom. Het niveau van het spel wordt aangepast aan het niveau van het kind. Het bereik varieert van 1-5, oplopend tot 1-20.

### **Data analyse**

Om het effect van verschillende uitvoeringen van Tel Je Zoo op getalbegrip te meten (bij rekenzwakke en gemiddelde rekenaars) is een mixed model ANOVA uitgevoerd (Field, 2011). Allereerst wordt gecontroleerd voor significante verschillen tussen de voor- en nameting van rekenvaardigheid (gecorrigeerd voor leeftijd). Hierbij worden de afhankelijke variabelen getalbegrip en mappingvaardigheden samengenomen om kanskapitalisatie te voorkomen (De Groot, 1961). Tevens wordt er middels een factoriële mix design ANOVA gecontroleerd op verschillen tussen de uitvoeringen van Tel Je Zoo, tussen de voor- en nameting van rekenvaardigheid, getalbegrip en mappingvaardigheden (Field, 2011).

Voordat de resultaten van de mixed model ANOVA worden geanalyseerd, zijn een aantal assumpties gecontroleerd. Middels een 'levene's test of equality of error variances' is geïndiceerd dat er sprake is van homogeniteit van varianties. Daarnaast is voldaan aan de voorwaarde van homogeniteit van covarianties welke gecontroleerd is middels de 'box's test of equality of covariance matrices'. De normaliteit is gecontroleerd middels de 'Kolmogorov-Smirnov test'. De waarden van de voor- en nameting van de mappingvaardigheden en getalbegrip wijken significant af, er is geen sprake van normaliteit. Het transformeren van de data kan leiden tot ongewenste effecten. Daarom is gekozen de analyses uit te voeren met de

originele data. Op de voormeting van getalbegrip zijn 10 (4,5%) missende waarden gevonden. Op de nameting van getalbegrip zijn er 56 (25,5%) missende waarden gevonden. De missende waarde zijn opgevuld door middel van de ‘series mean’ (Allen & Bennet, 2012). Op zowel de voor- als nameting van mapping vaardigheden zijn geen missende waarden gevonden.

### Resultaten

Om vast te stellen of er invloed is van verschillende uitvoeringen van ‘Tel je Zoo’ op getalbegrip van (rekenzwakke en rekengemiddelde) kleuters is een mixed model ANOVA uitgevoerd.

Tabel 2.

*Beschrijvende statistieken mappingvaardigheden ‘Tel je Zoo’*

Mappingvaardigheden	Conditie	N	M	SD
VM Rekenzwak	1	19	17.42	4.72
	2	17	18.18	4.86
	3	19	16.11	4.73
	Totaal	55	17.20	4.76
VM Rekengemiddeld	1	59	21.20	4.90
	2	56	20.05	4.31
	3	50	21.12	5.10
	Totaal	165	20.79	4.77
VM Totaal	1	78	20.28	5.10
	2	73	19.62	4.48
	3	69	19.74	5.46
	Totaal	220	19.89	5.06
NM Rekenzwak	1	19	17.68	4.23
	2	17	15.76	5.31
	3	19	17.32	3.76
	Totaal	55	16.96	4.44
NM Rekengemiddeld	1	59	21.20	5.29
	2	56	20.05	4.67
	3	50	21.78	5.22
	Totaal	165	20.99	5.08
NM Totaal	1	78	20.35	5.25

2	73	19.05	5.12
3	69	20.55	5.23
Totaal	220	19.89	5.22

*Note. 1= geen entertainende elementen, 2=weinig entertainende elementen, 3=veel entertainende elementen, VM=voormeting, NM=nameting*

Tabel 3.

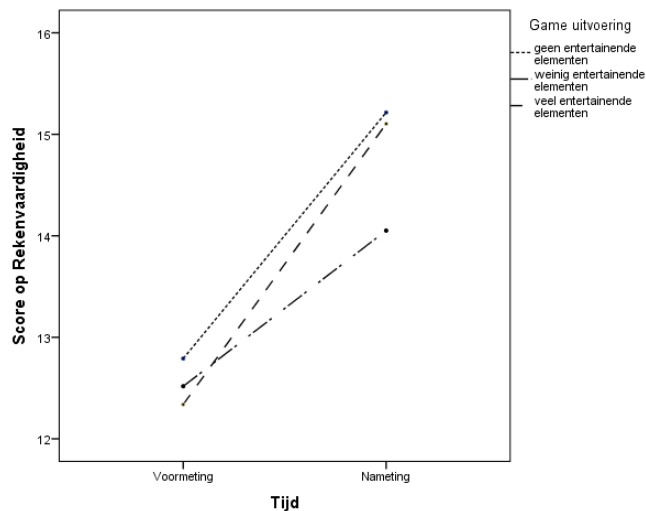
*Beschrijvende statistieken getalbegrip 'Tel je Zoo'*

Getalbegrip	Conditie	N	M	SD
VM Rekenzwak	1	19	2.84	1.46
	2	17	2.59	1.54
	3	19	2.58	1.35
	Totaal	55	2.67	1.43
VM Rekengemiddeld	1	59	9.70	3.86
	2	56	9.25	3.28
	3	50	9.55	3.94
	Totaal	165	9.50	3.68
VM Totaal	1	78	8.03	4.53
	2	73	7.70	4.10
	3	69	7.63	4.64
	Totaal	220	7.80	4.41
NM Rekenzwak	1	19	9.64	3.24
	2	17	8.44	3.71
	3	19	8.96	3.10
	Totaal	55	9.04	3.32
NM Rekengemiddeld	1	59	12.34	3.26
	2	56	11.95	3.42
	3	50	12.35	2.96
	Totaal	165	12.21	3.22
NM Totaal	1	78	11.68	3.44
	2	73	11.13	3.77
	3	69	11.42	3.35
	Totaal	220	11.42	3.52

Note. 1= geen entertainende elementen, 2=weinig entertainende elementen, 3=veel entertainende elementen, VM=voormeting, NM=nameting

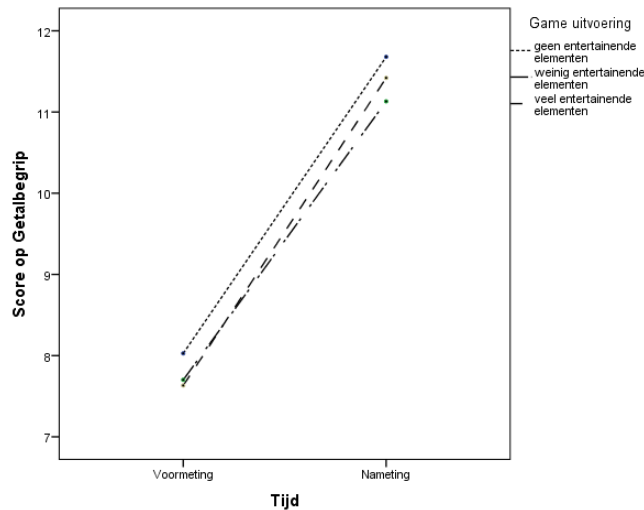
Allereerst is, met behulp van een mixed model ANOVA, vastgesteld dat het hoofdeffect van tijd (voor- en nameting) significant is. De rekenvaardigheid van kleuters is significant vooruit gegaan ( $F(1, 217) = 73.51, p < .001, \eta^2 = .25$ ). Dit verschil is gevonden voor getalbegrip ( $F(1,217) = 198.64, p < .001$ ), maar niet voor mappingvaardigheden ( $F(1,217) = 0.09, p = .77$ ).

Wanneer gekeken wordt naar de verschillen tussen de game condities voor de rekenvaardigheid wordt er geen significant interactie effect tussen de game conditie en tijd gevonden ( $F(2,217) = 1.28, p = .28$ ), wat er op wijst dat er geen significant verschil in vooruitgang in rekenvaardigheid is tussen de condities over tijd (Figuur 1).



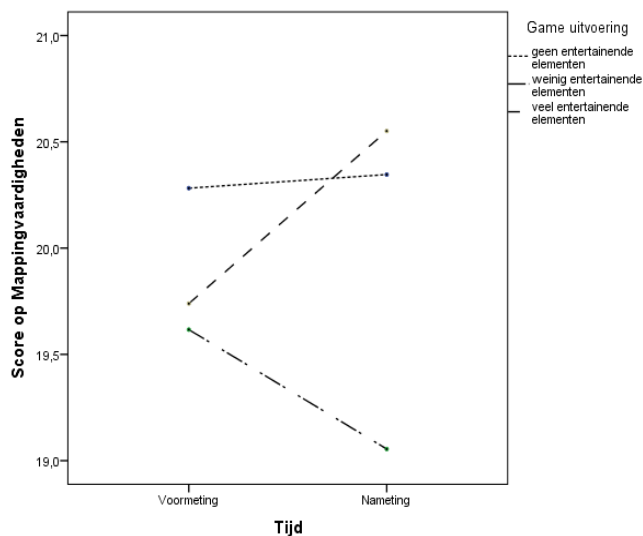
Figuur 1. Het effect van de game uitvoeringen over tijd op rekenvaardigheid.

Wanneer gekeken wordt naar de verschillen tussen de game condities voor getalbegrip wordt er geen significant interactie effect gevonden tussen de game condities en tijd ( $F(2,217) = 0.16, p = .85$ ). Wat er op wijst dat er geen verschil in vooruitgang in getalbegrip is tussen de condities over tijd (Figuur 2).



*Figuur 2.* Het effect van de game uitvoeringen over tijd op getalbegrip.

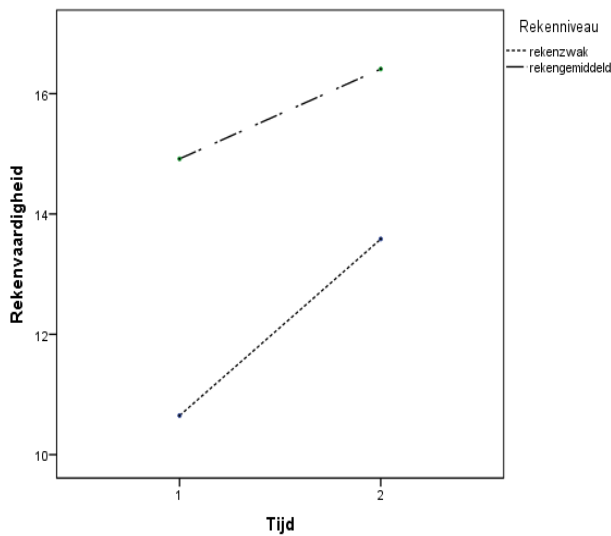
Wanneer gekeken wordt naar de verschillen tussen de game condities voor mappingvaardigheden wordt er tevens geen significant interactie effect gevonden tussen de game condities en tijd ( $F(2,217) = 1.24, p = .29$ ). Wat er op wijst dat er geen verschil in vooruitgang in mappingvaardigheden is tussen de condities over tijd (Figuur 3).



*Figuur 3.* Het effect van de game uitvoeringen over tijd op mappingvaardigheden.

Om vast te stellen wat de invloed is van verschillende uitvoeringen van ‘Tel je Zoo’ op getalbegrip van rekenzwakke en rekgemiddelde kleuters, gecorrigeerd voor leeftijd, is een mixed model ANOVA uitgevoerd. Wanneer gekeken wordt naar de verschillen tussen rekenzwakke en gemiddelde rekenaars wordt er een significant interactie effect gevonden tussen het rekenniveau en tijd ( $F(1, 213) = 6.16, p < .05, \eta^2 = .03$ ). Er is sprake van een klein

effect, rekenzwakke kleuters boeken significant meer vooruitgang in de rekenvaardigheden dan rekengemiddelde kleuters (Figuur 4). Dit verschil in rekenvaardigheden bij rekenzwakke kleuters betreft 2.93, voor rekengemiddelde kleuters 1.49 (Tabel 6). Het maakt echter niet uit in welke conditie de rekenzwakke of rekengemiddelde kleuter zich bevind ( $F(2,213) = 0.52$ ,  $p = .59$ ), het effect blijft hetzelfde.



*Figuur 4.* Het effect van de game uitvoeringen over tijd op de rekenvaardigheid bij rekenzwakke en rekengemiddelde kleuters.

Tabel 6.

*Waarden interactie effect tijd x rekenniveau*

Rekenvaardigheid	Rekenniveau	Voormeting	Nameting	Vershil
Rekenvaardigheid	Rekenzwak	10.65	13.58	2.93
	Rekengemiddeld	14.92	16.41	1.49

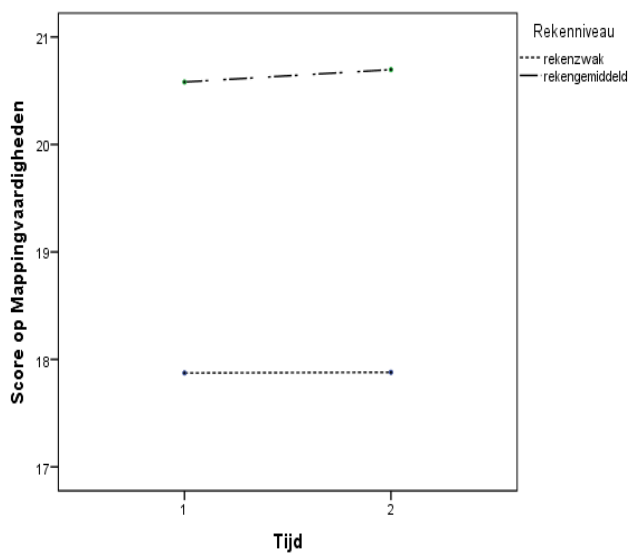
Wanneer er gekeken wordt naar de verschillen tussen rekenzwakke en rekengemiddelde kleuters wordt er een significant interactie effect gevonden tussen tijd, rekenvaardigheid en rekenniveau ( $F(1, 213) = 7,44$   $p < .05$ ,  $\eta^2 = .03$ ). Er is sprake van een klein effect. Dit effect zegt iets over het verschil in vooruitgang van de rekenvaardigheden (getalbegrip en mapping), bij rekenzwakke en rekengemiddelde kleuters. Het effect van het verschil in vooruitgang op mapping (Figuur 5) en getalbegrip (Figuur 6) verschilt voor rekenzwakke en rekengemiddelde kleuters (Tabel 7).

Aan de hand van de beschrijvende statistieken van getalbegrip (Tabel 3) kan de effectgrootte, middels de Cohen's  $d$ , berekend worden. De vooruitgang voor de rekenzwakke kleuters betreft een effectgroot van Cohen's  $d = 1.92$ . Er is sprake van een zeer groot effect. Voor de rekengemiddelde kleuters betreft de Cohen's  $d = 0.84$ , er is sprake van een groot effect.

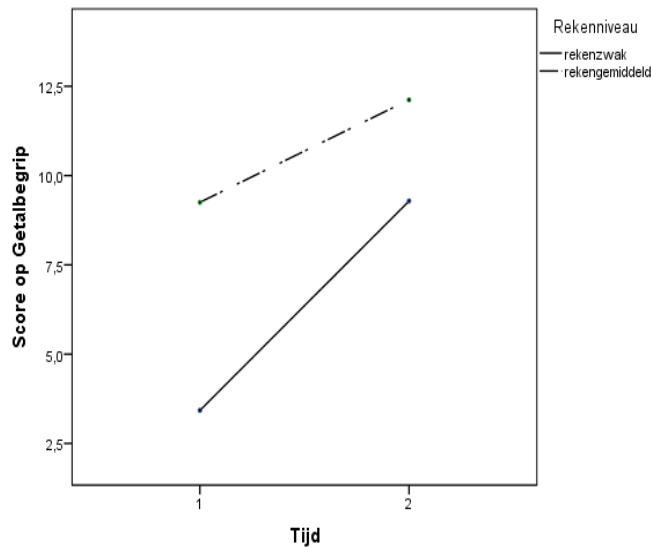
Tabel 7.

*Waarden interactie effect tijd x rekenniveau x rekenvaardigheid (mapping en getalbegrip)*

Rekenvaardigheid	Rekenniveau	Voormeting	Nameting	Vershil
Getalbegrip	Rekenzwak	3.43	9.29	5.86
	Rekengemiddeld	9.25	12.12	2.87
Mappingvaardigheden	Rekenzwak	17.87	17.88	0.01
	Rekengemiddeld	20.58	20.70	0.12



*Figuur 5.* Het effect van de game uitvoeringen over tijd op de mappingvaardigheden bij rekenzwakke en rekengemiddelde kleuters.



*Figuur 6.* Het effect van de game uitvoeringen over tijd op getalbegrip bij rekenzwakke en rekengemiddelde kleuters.

### Conclusie en discussie

Ondanks voldoende leermogelijkheden hebben ongeveer 6% tot 14% van de schoolgaande kinderen hardnekkige problemen met rekenen. Gezien de risico's van een minder ontwikkeld getalbegrip, de weinig spontane verbetering in getalbegrip bij rekenzwakke kinderen en het belang van een vroegtijdige interventie (Clements, 2002; Jordan, Kaplan, Olah, & Locuniak, 2006), wordt in het huidige onderzoek de kenmerken van een werkzaam educatief computerspel onderzocht om te kunnen bepalen op welke wijze getalbegrip het beste bij rekenzwakke en rekengemiddelde kleuters kan worden gestimuleerd.

Uit de resultaten blijkt dat de rekenvaardigheid van kleuters over het algemeen vooruit is gegaan. De verbetering in de rekenvaardigheid heeft een gemiddelde effectgrootte,  $\eta^2 = .25$ . Rekenzwakke kleuters laten een grotere groei zien in de vooruitgang in de rekenvaardigheden dan rekengemiddelde kleuters, met slechts een kleine effectgrootte,  $\eta^2 = .03$ . Wanneer gekeken wordt naar verschil in vooruitgang op getalbegrip, zien we dat de kleuters significant vooruit zijn gegaan. Rekenzwakke kleuters (Cohen's  $d = 1.92$ ) laten ook op getalbegrip een grotere groei zien in de vooruitgang dan rekengemiddelde kleuters (Cohen's  $d = 0.84$ ). De mappingvaardigheden zijn daarentegen, zowel voor rekenzwakke als rekengemiddelde kleuters, niet significant vooruit gegaan. Het blijkt ook niet uit te maken in welke conditie van het educatieve computerspel de rekenzwakke of rekengemiddelde kleuter zich bevindt, het effect blijft voor (de vooruitgang in) rekenvaardigheid, getalbegrip en mapping hetzelfde.



De resultaten zijn deels in overeenstemming met de literatuur. Educatieve computerspellen bieden de mogelijkheid om te leren, de kleuters zijn door middel van de game significant vooruit gegaan in (rekenvaardigheid en) getalbegrip (Hainey et al., 2011; Inal & Cagiltay, 2007; Squire, 2008; Tanes & Cemalcilar, 2010). Waar rekenzwakke kleuters meer te lijken profiteren van het werkzame educatieve computerspel (Baroody et al., 2009; Wilsen et al., 2009). De mogelijkheid bestaat dat het effect van school in het algemeen zichtbaar is. Ook is het wellicht vanzelfsprekend dat rekenzwakke kleuters ‘meer’ kunnen groeien dan rekengemiddelde kleuters. We zien echter in de effectgrootte, dat rekenzwakke kleuters twee keer zo veel vooruit zijn gegaan in vergelijking tot de rekengemiddelde kleuters. Aannemelijk is dat ‘Tel Je Zoo’ een groter effect heeft op het getalbegrip bij rekenzwakke kleuters.

Rekenzwakke en rekengemiddelde kleuters lijken niet te profiteren van het educatieve computerspel op de mappingvaardigheden. Mapping wordt echter als een belangrijk component van getalbegrip gezien (Gilmore et al., 2007; Gilmore et al., 2010; Kolkman et al., 2013; Naccache & Dehaene, 2001; Rusconi et al., 2006), waarbij het aannemelijk is dat wanneer kleuters vooruitgaan in getalbegrip ook vooruit zullen gaan in mappingvaardigheden. In het huidige onderzoek blijkt dit echter niet zo te zijn. Mogelijk vertonen mappingvaardigheden en getalbegrip minder samenhang dan oorspronkelijk gedacht wordt. Piazza et al. (2010) en Smedt et al. (2013) ondersteunen deze theorie en bevestigen dat er nog geen eenduidigheid bestaat over de tekorten in de verschillende componenten van getalbegrip (bij rekenzwakke kinderen). Zo blijken er voor non-symbolische vaardigheden veel tegenstrijdige bevindingen te worden gemeld. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat er geen eenduidige gestandaardiseerde tests zijn voor bijvoorbeeld het meten van non-symbolische vaardigheden, wat een belangrijk onderdeel is voor het beheersen van de mappingvaardigheden (Kolkman et al., 2013; Smedt et al., 2013). Andere mogelijke verklaringen voor de beperkte vooruitgang, is dat mappingvaardigheden niet trainbaar zijn. Daarnaast is er wellicht een te strenge beoordeling gehanteerd voor het (on)juist rekenen van de antwoorden op de getallenlijntaak van de mappingvaardigheden. Dit kan mogelijk voor een vertekening van de resultaten hebben gezorgd.

Tegenstrijdig zijn daarnaast de resultaten betreffende de verschillende game condities. In het huidige onderzoek is enerzijds sterk aangesloten op eerdere literatuur betreffende het belang van entertainende elementen in educatieve computerspellen (Clark & Mayer, 2011; Inal & Cagiltay, 2007; Moreno & Mayer, 2007; Rieber, 1991). Anderzijds zien we eenduidige resultaten over tijd betreffende de verschillende game condities op de rekenvaardigheden,

mapping en getalbegrip bij rekenzwakke en rekengemiddelde kleuters. Verschil in entertainende elementen lijkt geen significante invloed te hebben. Hierbij dient benoemd te worden dat de kleuters op de mappingvaardigheden in de conditie ‘veel entertainende elementen’ (niet significant) achteruit zijn gegaan. Mogelijk hebben de entertainende elementen hier in kleine mate voor afleidbaarheid gezorgd (Clark & Mayer, 2011). Eerder onderzoek geeft aan dat computergerichte interventie het leren bevordert wanneer leerlingen door het entertainende en uitdagende karakter van het spel meer gemotiveerd zijn om tijd en moeite in het spel te investeren (Inal & Cagiltay, 2007; Moreno & Mayer, 2007; Rieber, 1991). Het benadeelt het leren wanneer de entertainende elementen de aandacht afleiden van taakrelevante informatie (Clark & Mayer, 2011). In het huidige onderzoek blijkt dit echter niet zo te zijn, de game condities verschillen niet significant van elkaar. Aanvullend onderzoek is noodzakelijk.

Een mogelijke verklaring voor het uitblijven van significante effecten tussen de verschillende game condities, is dat ICT middelen in het onderwijs overschat worden. Ondanks dat veel studies het positieve en motivationele effect van een educatieve game (met entertainende elementen) ten behoeve van het leerproces (Smedt et al., 2013) bevestigen, zijn er ook studies die het tegengestelde beweren (Girard, Ecalle, & Magnan, 2013). Daarnaast hebben veel studies, welke een effect van een educatief computerspel hebben bewezen, niet gebruik gemaakt van een controle groep (Girard et al., 2013). Zoals een vergelijking met het traditionele potlood-en-papier onderwijs. Er dienen dan ook voorzichtig uitspraken te worden gedaan betreffende de effectiviteit van een educatief computerspel, wanneer er geen vergelijking is gemaakt met een controle groep. De afwezigheid van een controle groep is ook een beperking in het huidige onderzoek.

De (onverwachte) beperkte vooruitgang in de mappingvaardigheden van kleuters kan mogelijk liggen aan de middelen welke zijn gebruikt. Alle deelnemende scholen benoemde tijdens het onderzoek dat de kleuters niet overweg konden met een computermuis, mogelijk is dit van invloed geweest op de mappingvaardigheden. De generatie van nu is immers meer gewend aan alle ‘touch en tablet’ apparaten. Dit geeft mogelijk tegelijkertijd een andere belangrijke verklaring waarom kleuters wel een significante groei laten zien op getalbegrip. Bij de getalbegrip meting diende de kleuters (mondeling) vragen op een tablet te beantwoorden. De getalbegrip taak sloot mogelijk beter aan bij de kleuters dan de mapping taken. Hierbij dient benoemd te worden dat de getalbegrip meting door twee verschillende studenten uitgevoerd werd, een handleiding heeft de betrouwbaarheid vergroot wat betreft het geven van eenduidige instructies en het interpreteren van de antwoorden. Kleine verschillen,

zoals verschil in interpretatie van de studenten, kunnen alsnog hebben gezorgd voor een vertekening van de resultaten.

Inkomen, gender en leesvaardigheden zijn allen geassocieerd met rekenvaardigheden (Jordan, Hanich, & Kaplan, 2003a; Jordan, Kaplan, Locuniak, & Ramineni, 2007; Jordan, Kaplan, Olah, & Locuniak, 2006), een beperking in het huidige onderzoek is echter dat deze factoren niet zijn meegenomen in de analyses. Dit kan mogelijk hebben gezorgd voor een vertekening van de resultaten. Andere beperkingen met betrekking tot dit onderzoek is de relatief korte termijn tussen de begin- en eindmeting (3,5 maand) van de UGT. Dit heeft er mogelijk voor gezorgd dat de kleuters minder vooruit zijn gegaan in de rekenvaardigheden, dan waar zij in potentie hadden kunnen komen. Mogelijk was de effectgrootte groter geweest wanneer de kleuters langer de gelegenheid hadden gekregen om te oefenen met 'Tel je Zoo'.

De betrouwbaarheid van de onderzoeksresultaten hangen af van de grootte van de steekproef, in het huidige onderzoek is de steekproefgrootte  $N=220$ . Een steekproefgrootte van 300 participanten wordt echter gezien als een goede steekproefgrootte (Field, 2009). Mogelijk waren de effecten groter geweest wanneer de steekproef groter was. De kleinere steekproef heeft hierom mogelijk invloed gehad op de resultaten van dit onderzoek.

Vervolgonderzoek naar de effectiviteit van educatieve computerspellen op getalbegrip bij kleuters, dient zich op alle onderdelen aan te passen aan de huidige generatie om onderpresteren te voorkomen. Zo is de generatie van nu beter aangepast aan tablets en de bijbehorende vaardigheden in vergelijking tot computers. Met de toevoeging van eye-tracking kunnen kinderen met rekenproblemen beter gesignaleerd worden, rekenzwakke kinderen blijken namelijk minder gebruik te maken van rekenstrategieën (Holmqvist, et al, 2011; Sullivan et al., 2011; Van't Noordende & Kolkman, 2013; Van Viersen et al., 2013). Eye-tracking kan tegelijkertijd meer inzicht geven in de ontwikkeling van getalbegrip bij rekenzwakke kinderen en mogelijke vernieuwde interventies op aanpassen. Daarnaast dient in vervolgonderzoek een grotere onderzoeksgroep gebruikt te worden, een training over langere termijn gevolgd worden en dienen factoren zoals inkomen, gender, leeftijd en leesvaardigheid meegenomen te worden in de analyses (Jordan, Kaplan, Locuniak, Ramineni, 2007; Jordan et al., 2006; Jordan, Hanich, & Kaplan, 2003a) om met meer betrouwbaarheid uitspraken te kunnen doen over het effect van een educatief computerspel. Het toevoegen van een controle groep, welke traditioneel potlood-en-papier onderwijs volgt, is hierbij van belang (Smidt, et al., 2013; Girard et al., 2013). Ook wordt aangeraden om (met behulp van eye-tracking) verder onderzoek te doen naar de werkende elementen van een educatief computerspel.

Op basis van dit onderzoek kan voorzichtig gesteld worden dat het educatieve computerspel 'Tel je Zoo' een positieve invloed heeft op de rekenvaardigheden en getalbegrip bij kleuters, waar rekenzwakke kleuters meer te lijken profiteren van een werkzaam educatief computerspel. Er kan echter niet met dit onderzoek vastgesteld worden dat het verschil in entertainende elementen van invloed is op de vooruitgang in getalbegrip bij rekenzwakke en rekengemiddelde kleuters. Vervolgonderzoek dient uit te wijzen in welke vorm en setting een educatief computerspel het meest effectief is en meer duidelijkheid geven over de tekorten in getalbegrip bij rekenzwakke kinderen.

### Referenties

- Allen, P., Bennett, K. (2012). *SPSS statistics, a practical guide*. Cengage learning Australia.
- Barbarese, W. J., Katusic, S. K., Collagin, R. C., Weaver, A. L., & Jacobson, S. J. (2005). Math learning disorder: Incidence in a population-based birth cohort, 1976-82, Rochester, Minn. *Ambulatory Pediatrics*, 5, 281-289. doi:10.1367/A04-209R.1
- Baroody, A. J., Eiland, M., & Thompson, B. (2009). Fostering at-risk preschoolers' number sense. *Early Education and Development*, 20, 80-128. doi:10.1080/10409280802206619
- Berch, D. B. (2005). Making sense of number sense: Implications of children with mathematical disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 38(40), 333-339. doi:10.1177/00222194050380040901
- Chard, D. J., Clarke, B., Baker, S., Otterstedt, J., Braun, D., & Katz, R. (2005). Using measures of number sense to screen for difficulties in mathematics: Preliminary findings. *Assessment for Effective Intervention*, 30(2), 3-14. doi:10.1177/073724770503000202
- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2011). *E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning*. Wiley.com
- Clements, D. H. (2002). Computers in early childhood mathematics, *Early Childhood*, 3, 160-181. doi:10.2304/ciec.2002.3.2.2
- Commissie Testaangelegenheden Nederland (1999). Utrechtse getalbegripstoets- revised. Retrieved from: <http://www.cotandocumentatie.nl/resultaten.php>
- Dehaene, S. (1997). *The number sense. How the mind creates mathematics*. London: Penguin Books.
- Dehaene, S. (2001). Précis of The Numer Sense. *Mind and Language*, 16(1), 16-36. doi:10.1111/1468-0017.00154
- Dehaene, S., Dehaene-Lambertz G, Cohen L. (1998). Abstract representations of numbers in the animal and human brain. *Trends in Neuroscience*, 21(8), 355-361. doi:10.1016/S0166-2236(98)01263-6
- De Smedt, B., Noel, M.-P., Gilmore, C., & Ansari, D. (2013). How do symbolic and non-symbolic numerical magnitude processing skills relate to individual differences in children's mathematical skills? A review of evidence from brain and behavior. *Trends in Neuroscience and Education*, 2(2), 48-55. doi:10.1016/j.tine.2013.06.001
- De Smedt, B., Verschaffel, L., & Ghesquire, P. (2009). The predictive value of numerical

- magnitude comparison for individual differences in mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology*, *103*, 469-479. doi:10.1016/j.jcep.2009.01.010
- Duncan, G.J., Dowsett, C.J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A.C., Klebanov, P., Japel, C. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, *43*, 1428-1446.
- Dyson, N. I., Jordan, N. C., & Glutting, J. (2011). A number sense intervention for low-income kindergartners at risk for mathematics difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, *46*, 166-181. doi:10.1177/0022219411410233
- Feigenson, L., Dehaene, S., & Spelke, E. (2004). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences*, *8*, 307-314. doi:10.1016/j.tics.2004.05.002
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS*. London: Sage.
- Gallistel, C. R., & Gelman, R. (1992). Preverbal and verbal counting and computation. *Cognition*, *44*, 43-74. doi:10.1016/0010-0277(92)90050-R
- Geary, D. C. (2013). Early foundations for mathematics learning and their relations to learning disabilities. *Current directions in psychological science*, *22*, 23-27. doi:10.1177/0963721412469398
- Geary, D. C., Hoard, M. K., & Nugent, L. (2012). Independent contributions of the central executive, intelligence, and in-class attentive behavior to developmental change in the strategies used to solve addition problems. *Journal of Experimental Child Psychology*, *113*, 49-65. doi:10.1016/j.jcep.2012.03.003
- Geary, D. C., Hoard, M. K., & Nugent, L., & Byrd, J. S. (2008). Development of number-line representations in children with mathematical learning disability. *Developmental Neuropsychology*, *33*, 277-299. doi:10.1080/87565640801982361
- Gersten, R., Jordan, N. C., & Flojo, J. R. (2005). Early identification and interventions for students with mathematics difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, *38*, 293-304. doi:10.1177/00222194050380040801
- Gilmore, C. K., McCarthy, S. E., & Spelke, E. S. (2007). Symbolic arithmetic knowledge without instruction. *Nature*, *447*, 589-591. doi:10.1038/nature05850
- Gilmore, C. K., McCarthy, S. E., & Spelke, E. S. (2010). Non-symbolic arithmetic abilities and mathematics achievement in the first year of formal schooling. *Cognition*, *115*(3), 394-406. doi:10.1016/j.cognition.2010.02.002
- Girard, C., Ecalle, J., & Magnan, A. (2013). Serious games as new educational tools: how effective are they? A meta-analysis of recent studies. *Journal of Computer Assisted Learning*, *29*(3), 207-219. doi:10.1111/j.1365-2729.2012.00489.x

- Gravetter, F. J., Wallnau, L. B. (2013). *Statistics for the behavioral sciences*. Cengage Learning Australia.
- Hainey, T., Connolly, T. M., Stansfield, M., Boyle, E. A. (2011). Evaluation of a game to teach requirements collection and analysis in software engineering at tertiary education level. *Computers & Education*, 56(1), 21-35.  
doi:10.1016/j.compedu.2010.09.008
- Holmqvist, K., Nystrom, M., Andersson, R., DeWhurst, R., Jarodzka, H., & Van de Weijer, J. (2011). *Eye Tracking: A Comprehensive Guide to Methods and Measures*. Oxford, England: Oxford University Press
- Inal, Y., & Cagilty, K. (2007). Flow experiences of children in an interactive social game environment. *British Journal Of Educational Technology*, 38, 455-464.  
doi:10.1111/j.1467-8535.2007.00709.
- Jordan, N. C., Glutting, J., Dyson, N., Hassinger-Das, B. & Irwin, C. (2012). Building kindergartners' number sense: A randomized controlled study. *Journal of Educational Psychology*, 3, 647-660. doi:10.1037/a0029018.
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Olah, L. N., & Locuniak, M. N. (2006). Number sense growth in kindergarten: A longitudinal investigation of children at risk for mathematics difficulties. *Child Development*, 77(1), 153-175. doi:10.1111/j.1467-8624.2006.00862.x
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Locuniak, M. N., & Ramineni, C. (2007). Predicting first-Grade math achievement from developmental number sense trajectories, *Learning Disabilities Research & Practice*, 22(1), 36-46. doi:10.1111/j.1540-5826.2007.00229.x
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Ramineni, C., & Locuniak, M. N. (2009). Early math matters: Kindergarten number competence and later mathematics outcomes. *Developmental Psychology*, 45, 850-867. doi:http://dx.doi.org/10.1037/a0014939
- Kebritchi, M., Hirumi, A., & Bai, H. (2010). The effects of modern mathematics computer games on mathematics achievement and class motivation. *Computers and Education*, 55(2), 427-443. doi:10.1016/j.compedu.2010.02.007
- Kolkman, M. E., Kroesbergen, E. H., & Leseman, P. P. M. (2013). Early numerical development and the role of non-symbolic and symbolic skills. *Learning and instruction*, 25, 95-103. doi:10.1013/j.learninstruc.2012.12.001

- Landerl, K., Fussenegger, B., Moll, K., & Willburger, E. (2009). Dyslexia and dyscalculia: Two learning disorders with different cognitive profiles. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 309-324. doi:10.1016/j.jecp.2009.03.006
- Landerl, K., Kollé, C. (2009). Typical and atypical development of basic numerical skills in elementary school. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 546-565. doi:10.1016/j.jecp.2008.12.006
- Luculano, T., Tang, J., Hall, C. W. B., & Butterworth, B. (2008). Core information processing deficits in developmental dyscalculia and low numeracy. *Developmental Science, 11*(5), 669-680. doi:10.1111/j.1467-7687.2008.00716.x
- Mazzocco, M. M. M., Feigenson, L., & Halberda, J. (2011a). Impaired acuity of the approximate number system underlies mathematical learning disability (dyscalculie). *Child development, 82*, 1224-1237. doi:10.1111/j.1467-8624.2011.01608.x
- Mazzocco, M. M. M., Feigenson, L., & Halberda, J. (2011b). Preschoolers precision of the approximate number system predicts later school mathematics performance, *PLOS ONE, 6*(9), e23749. doi:10.1371/journal.pone.0023749
- Mazzocco, M. M. M., & Thompson, R. E. (2005). Kindergarten predictors of math learning disability. *Learning Disabilities Research & Practice, 20*(3), 142-155. doi:10.1111/j.1540-5826.2005.00129.x
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (2007). Interactive multimodal learning environments. *Educational Psychology Review, 19*, 319-326. doi:10.1007/s10648-007-9047-2
- Mundy, E., & Gilmore, C. K. (2009). Children's mapping between symbolic and nonsymbolic representations of number. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 490-502. doi:10.1016/j.jecp.2009.02.003
- Mussolin, C., Meijas, S., & Noel, M. P. (2010). Symbolic and nonsymbolic number comparison in children with and without dyscalculia. *Cognition, 115*(1), 10-25. doi:10.1016/j.cognition.2009.10.006
- Naccache, L., & Dehaene, S. (2001). The priming method: Imaging unconscious repetition priming reveals an abstract representation of number in the parietal lobes. *Cerebral Cortex, 11*, 966-974. doi:10.1093/cercor/11.10.966
- Newman, R. S., & Berger, C. F. (1984). Children's numerical estimation: flexibility in the use of counting. *Journal of Educational Psychology, 76*(1), 55-64. doi:http://dx.doi.org/10.1037/0022-0663.76.1.55
- Petitto, A. L. (1990). Development of numberline and measurement concepts. *Cognition and Instruction, 7*(1), 55-78. doi:10.1207/s1532690xci0701\_3



- Piazza, M., facoetti, A., Trussardi, A. N., Berteletti, I., Conte, S., Lucangeli, D., Dehaene, S., & Zorzi, M. (2010). Developmental trajectory of number acuity reveals a severe impairment in developmental dyscalculia. *Cognition*, *116*, 33-41. doi:10.1016/j.cognition.2010.03.012
- Rieber, L. P. (1991). Animation, incidental learning, and continuing motivation. *Journal of Educational Psychology*, *83*, 318-328. doi:10.1037/0022-0663.83.3.318
- Rouselle, L., & Noel, M.-P. (2007). Basic numerical skills in children with mathematical learning disabilities: A comparison of symbolic vs. non-symbolic number magnitude processing. *Cognition*, *102*, 361-395. doi:10.1016/j.cognition.2006.01.005
- Rusconi, E., Priftis, K., Rusconi, M. L., & Umiltà, C. (2006). Arithmetic priming from neglected numbers. *Cognitive Neuropsychology*, *23*(2), 227-239. doi:10.1080/13594320500166381
- Schneider, M., Heine, A., Thaler, V., Torbeyns, J., De Smedt, B., Verschaffel, L, Jacobs, A. M., & Stern, E. (2008). A validation of eye movements as a measure of elementary school children's developing number sense. *Cognitive Development*, *23*(3), 409-422. doi:10.1016/j.cogdev.2008.07.002
- Squire, K. D. (2008). Video game-based learning: An emerging paradigm for instruction. *Performance Improvement Quarterly*, *21*(2), 7-36. doi:10.1002/piq.20020
- Sullivan, J. L., Juhasz, B. J., Slattery, T. J., & Barth, H. C. (2011). Adult's number-line estimation strategies: evidence from eye movements. *Psychonomic Bulletin and Review*, *18*, 557-563. doi:10.3758/s13423-011-0081-1
- Svetaz, M. V., Ireland, M., & Blum, R. (2000). Adolescents with learning disabilities: risk and protective factors associated with emotional well-being: findings from the National Longitudinal Study of Adolescent Health. *Journal of Adolescent Health*, *27*(5), 340-348. doi:10.1016/S1054-139X(00)00170-1
- Tanes, Z., & Cemalcilar, Z. (2010). Learning form SimCity: an empirical study of Turkish adolescents. *Journal of Adolescence*, *33*, 731-739. doi:10.1016/j.adolescence.2009.10.007
- Toll, S. W. M., & Van Luit, J. E. H. (2012). Early numeracy intervention for low-performing kindergartners. *Journal of Early Intervention*, *34*, 243-264. doi:10.1177/10538151113477205
- Van Luit, J. E. H., Van de Rijt, B. A. M., & Pennings, A. H. (1998). *Utrechtse Getalbegrip Toets* (2<sup>e</sup> druk). Doetinchem: Graviant.

- Van Nimwegen, C., Kroesbergen, E. H., & Kirschner, F. C. (2012-2014). The Number Sense Game: Serious games to support the development of number sense: Regulating learners curiosity and cognitive load.
- Van Viersen, S., Slot, E. M., Kroesbergen, E. H., Van het Noordende, J. E., & Leseman, P. P. M. (2013). The added value of eye-tracking in diagnosing dyscalculie: a case study. *Developmental Psychology*, 4(679), 1-13. doi:10.3389/fpsyg.2013.00679
- Verschueren, K. & Koomen, H. (2007). *Handboek diagnostiek in de leerlingenbegeleiding*. Antwerpen-Apeldoorn: Garant.
- Van Van't Noordende, J. E., and Kolkman, M. E. (2013). Getallenlijnschatten door kinderen met en zonder rekenproblemen: accuratesse, representaties en strategiegebruik [Number line estimation in children with and without math learning problems: accuracy, representations, and strategy use]. *Orthopedagogiek: Onderzoek en Praktijk* 52, 322–335.
- Vos, N., van der Meijden, H., & Denessen, E. (2011). Effects of constructing versus playing an educational game on student motivation and deep learning strategy use. *Computers and Education*, 56(1), 127-137. doi:10.1016/j.compedu.2010.08.013
- Weiland, C. & Yoshikawa, H. (2013). Impacts of a prekindergarten program on children's mathematics, language, literacy, executive function, and emotional skills. *Child Development*, 84(6), 2112-2130. doi:10.1111/cdev.12099
- Wilson, A. J., Dehaene, S., Dubois, O., & Fayol, M. (2009). Effects of an adaptive game intervention on accessing number sense in low-socioeconomic-status kindergarten children. *Mind, Brain and Education*, 3, 224-234. doi:10.1111/j.1751-228X.2009.01075.x
- Wouters, P., Nimwegen, C., Van Oostendorp, H., & Van der Spek, E. D., (2013). A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of Educational Psychology*. 105(2), 249-265. doi:10.1037/a0031311
- Xu, F., & Spelke, E. S. (2000). Large number discrimination in 6-month-old infants. *Cognition*, 74(1), B1-B11. doi:10.1016/S0010-0277(99)00066-9