

# De invloed van visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit op een number sense gerelateerd educatief computerspel bij kleuters

*The influence of the visual-spatial working memory capacity on  
number sense related serious games in early primary school*

Bachelor Scriptie Onderwijskunde

Universiteit Utrecht

Juni 2015

Auteur: Diede van Wijk

Co-auteurs: Simone Boden & Monique Uelderink

Studentnummer: 3809323

Groep: 6

Onder begeleiding van: dr. Casper Hulshof

### Samenvatting

**Achtergrond:** Dit onderzoek richt zich op in hoeverre de mate van entertainende elementen het verschil in niveaustijging binnen het spel tussen kleuters met een lage visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit en kleuters met een hoge visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit verklaart. Het onderzoek kan leiden tot aanbevelingen omtrent het ontwerp van deze en toekomstige number sense computerspellen en educatief spelgebruik in het algemeen.

**Methode:** Het onderzoek is uitgevoerd bij 126 kleuters met een gemiddelde leeftijd van 68 maanden. De onafhankelijke variabele visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit is gemeten middels de Dot Matrix taak. Het niveau van number sense is gemeten middels de UGT-R. De afhankelijke variabele niveaustijging op het spel Teljezo is weergegeven middels een gemiddeld niveau. Er is een hiërarchische multipele regressieanalyse uitgevoerd. **Resultaten:** Visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit, leeftijd in maanden en de score op de UGT-R blijken significante voorspellers van het gemiddelde niveau op het spel Teljezo. De mate van entertainende elementen daarentegen niet. **Conclusie:** Het maakt voor de gemiddelde prestatie op het spel niet uit met welke mate van entertainende elementen het gespeeld wordt. Dit suggereert dat het visueel-ruimtelijk werkgeheugen niet overbelast wordt.

**Sleutelwoorden:** visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit, educatief computerspel, kleuters, entertainende elementen, number sense.

## Visueel-ruimtelijk werkgeheugen en educatieve number sense spellen

### Number sense en mapping

Kleuters doen op jonge leeftijd al ervaring op met getallen en hoeveelheden (Ruijsenaars, Van Luit, & Van Lieshout, 2006). Door formele en informele instructie en gebruik van getallen in de thuissituatie ontwikkelt het kind al rekenvaardigheden voordat het naar de kleuterklas gaat (Gersten, Jordan, & Flojo, 2005; Kroesbergen, Van 't Noordende, & Kolkman, 2012). Dit vermogen wordt ook wel *number sense* genoemd. Number sense wordt echter vaak verschillend gedefinieerd (Gersten et al., 2005). Uit het onderzoek van Berch (2005) blijkt dat de definities uiteenlopen van het maken van simpele vergelijkingen en schatten van hoeveelheden tot het ontdekken van vaardigheden om moeilijke numerieke problemen op te lossen. De definitie die binnen dit onderzoek gebruikt wordt, is die van Dehaene (2001). Hij stelt dat number sense het vermogen is om snel numerieke hoeveelheden te begrijpen, schatten en manipuleren. Dit vermogen is voor kleine hoeveelheden al vanaf een leeftijd van 6 maanden aantoonbaar (Xu, Spelke, & Goddard, 2005). In het Nederlands zou number sense vertaald kunnen worden met woorden als 'getalgevoel' of 'getalbegrip'. Er is in dit onderzoek echter voor gekozen om de Engelse term aan te houden om het begrip zo consistent en volledig mogelijk aan te duiden.

Number sense vormt de basis voor de ontwikkeling van rekenvaardigheden vanaf groep 3 (Berch, 2005; Jordan, Kaplan, Locuniak, & Ramineni, 2007). Jordan en collega's (2007) stellen zelfs dat number sense en de groei hiervan in de kleuterklas het presteren op rekenvaardigheden in groep 3 voor tweederde verklaart. Uit recent onderzoek blijkt dat *mapping*, oftewel het koppelen van de woorden voor de nummers (twee) en de Arabische cijfers (2) aan representatieve hoeveelheden (\*\*), de belangrijkste component is van number sense (Geary, 2013; Holloway & Ansari, 2009). Kinderen die betere mapping-vaardigheden bezitten, kunnen twee cijfers sneller vergelijken en blijken beter in het vergelijken van cijfers die op de getallenlijn dichter bij elkaar liggen. Verder blijkt mapping ook een belangrijke voorspeller te zijn voor andere rekenkundige vaardigheden (Holloway & Ansari, 2009).

### Interventies

Aangezien number sense en mapping voorspellers zijn van een goede prestatie op rekenvaardigheden, is het dan ook van groot belang dat dit in de kleuterklas al in kaart wordt gebracht (Jordan et al., 2007; Kroesbergen et al., 2012). Op deze manier kunnen symptomen die duiden op een beginnende achterstand al vroegtijdig herkend worden bij kinderen. Uit wereldwijd onderzoek van Nores & Barnett (2010) blijkt namelijk dat kinderen onder de vijf jaar profiteren van cognitieve en gedragsinterventies, met name de interventies van educatieve

aard. Uit ander onderzoek is tevens gebleken dat een interventie specifiek gericht op number sense effect heeft (Kroesbergen et al., 2012). Naar aanleiding van deze bevindingen zijn er methodes ontwikkeld om number sense te verbeteren van kleuters die hierin achterlopen, onder andere de rekenmethode ‘Op weg naar rekenen’ (Van Luit & Van Toll, 2013). Daarnaast zijn er ook educatieve spellen ontwikkeld vanwege de nadruk op het spelenderwijs en adaptief leren in het kleuteronderwijs (Onderwijsraad, 2010). Een voorbeeld van een dergelijk spel is ‘Counting Recall’ (Kroesbergen et al., 2012). Naar aanleiding van de digitalisering in het onderwijs zijn er ook steeds meer digitale educatieve spellen ontwikkeld die in de kleuterklas al pogen bij te dragen aan het verbeteren van aspecten van number sense (Gersten et al., 2005). Voornamelijk omdat deze vorm van leren zorgt voor een hogere betrokkenheid en motivatie (Muntean, 2011). Voorbeelden van educatieve computerspellen zijn ‘The Number Race’ (Wilson, Dehaene, Dubois, & Fayol, 2009) en ‘Teljezoo’ (Kirschner & Kroesbergen, 2013). Teljezoo is een educatief computerspel met als doel om het getalbegrip bij kleuters te signaleren en stimuleren. Het ultieme doel is om alle kleuters met een vergelijkbaar niveau in groep 3 te laten starten. In dit spel is een aantal effectief gebleken instructiemethoden verwerkt, onder andere onmiddellijke feedback, adaptiviteit en interactiviteit (Kirschner & Kroesbergen, 2013). Met het spel wordt met name het mapping-aspect van number sense geoefend.

### **Visueel-ruimtelijk werkgeheugen**

Uit onderzoek van Bull, Andrews Espy en Wiebe (2008) is gebleken dat de rekenprestatie en number sense samenhangen met de geheugencapaciteit van kinderen. Het werkgeheugen, waar in dit onderzoek de focus op ligt, is een deel van het geheugen dat informatie verwerkt. Baddeley (2010; Baddeley & Hitch, 1974) beschrijft middels het multi-componenten model dat het werkgeheugen uit vier componenten bestaat. Allereerst de *central executive*, die de cognitieve processen bestuurt. Ten tweede de fonologische lus voor het verwerken van geluiden. Ten derde het visueel-ruimtelijke kladblok voor de verwerking van visuele en ruimtelijke informatie en als laatste voegden zij de episodische buffer toe die de verschillende soorten informatie aan elkaar koppelt (Baddeley, Eysenck, & Anderson, 2009). Kinderen jonger dan zeven jaar vertrouwen veel op hun visueel-ruimtelijke kladblok bij het onthouden en terughalen van visuele informatie, in tegenstelling tot oudere kinderen, die meer gebruik maken van hun fonologische lus (Gathercole, Pickering, Ambridge, & Wearing, 2004).

Verschillende studies laten een positieve relatie zien tussen visueel-ruimtelijke vaardigheden en rekenprestaties bij kinderen (Bull et al., 2008; Jarvis & Gathercole, 2003;

Mayberry & Do, 2003). Verder blijkt dat kinderen met wiskundige achterstanden laag scoren op metingen van visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit (McLean & Hitch, 1999), wat een onderontwikkeling van het visueel-ruimtelijke kladblok suggereert (Holmes & Adams, 2006).

Hoewel het visueel-ruimtelijke werkgeheugen belangrijk blijft, verandert het verband tussen het visueel-ruimtelijke kladblok en het rekenprestatie naarmate kinderen zich ontwikkelen. Uit de onderzoeken van Holmes en Adams (2006) en McKenzie, Bull en Gray (2003) blijkt dat het visueel-ruimtelijke kladblok alleen een significante rol speelt bij de jongere kinderen ( $\pm 6-8$  jaar) en bij de moeilijkere rekenvragen voor de oudere kinderen ( $\pm 8-10$  jaar). De oudere kinderen grijpen terug op hun vroegere visueel-ruimtelijke strategieën, wanneer hun op de fonologische lus gebaseerde volwassen oplossingsstrategieën niet toereikend zijn. Palmer (2000) toonde aan dat kinderen op 4-jarige leeftijd puur visueel-spatiele strategieën gebruiken, naarmate ze ouder worden (tussen 4 en 9 jaar) komen hier steeds meer ook verbale strategieën bij. Deze onderzoeken suggereren dat het visueel-ruimtelijke kladblok belangrijk is en belangrijk blijft bij het aanleren van rekenvaardigheden en dus niet overbelast mag worden.

### **Relatie mapping en visueel-ruimtelijk werkgeheugen**

Zoals eerder vermeld, wordt onder mapping het koppelen van hoeveelheden aan cijfers en de woorden voor cijfers verstaan (Geary, 2013). Uit verschillende onderzoeken blijkt dat het visueel-ruimtelijke kladblok gerelateerd is aan mapping (Berg, 2008; Bull et al., 2008) of er een indirect effect op heeft (Krajewski & Schneider, 2009). Op basis van het model van Dehaene (2001) kan binnen mapping onderscheid gemaakt worden tussen niet-symbolische en symbolische verwerking. Niet-symbolische verwerking staat voor het omgaan met hoeveelheden, symbolische verwerking voor begrijpen van Arabische cijfers en de benaming van getallen. Bij jonge kinderen wordt de niet-symbolische verwerking mede voorspeld door het visueel-ruimtelijke werkgeheugen (Friso-Van den Bos, Kroesbergen, & Van Luit, 2014; Xenidou-Dervou, Van der Schoot, & Van Lieshout, 2014).

Om mapping vaardigheden te testen, wordt een getallenlijn gebruikt (Bull et al; 2008; Friso-Van den Bos et al., 2014; Geary, 2013; Kirschner & Kroesbergen, 2013). Het wordt bij kinderen gebruikt als indicator voor de mate van begrip van de relatie tussen getallen. Hieruit kan namelijk opgemerkt worden of kinderen niet alleen van 1 tot 10 kunnen tellen, maar ook snappen dat 8 relatief gezien meer is dan 7 (Friso-Van den Bos et al., 2014). Volgens Geary en anderen (2008) draagt het visueel-ruimtelijke werkgeheugen bij aan het vermogen om schattingen op getallenlijnen te maken, ook Holmes en Adams (2006) suggereren een

verband. Naast de getallenlijn bestaat er een taak waarbij kinderen twee niet-symbolische of symbolische mogelijkheden krijgen en dan moeten bepalen welke mogelijkheid bij de gegeven hoeveelheid of getal hoort (Mundy & Gilmore, 2009). Beide taken worden in het spel, dat centraal staat in dit onderzoek, gebruikt om number sense te testen (Kirschner & Kroesbergen, 2013).

### **Werkgeheugenbelasting**

Zoals eerder vermeld, is het van belang dat het visueel-ruimtelijke deel van het werkgeheugen niet onnodig belast wordt. Het werkgeheugen heeft namelijk een gelimiteerde capaciteit, die per individu verschilt. De *cognitive load theory* van Sweller (2011) deelt de belasting van het werkgeheugen op in *intrinsic cognitive load* en *extraneous cognitive load*. *Intrinsic cognitive load* verwijst enkel naar de nieuwe kennis die wordt overgebracht, zonder dat er wordt meegenomen op welke manier deze kennis wordt overgebracht. *Extraneous cognitive load* verwijst naar de overbodige instructieve informatie, die naast de inhoudelijke informatie verwerkt moet worden (Sweller, 2011). Bij een instructiemethode, in dit geval een educatief computerspel, treedt het meeste leereffect op wanneer de *intrinsic load* zo hoog mogelijk is en de *extraneous cognitive load* zo laag mogelijk is (Sweller, Van Merriënboer, & Paas, 1998). Kinderen met een lage visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit zouden namelijk volgens de *cognitive load theory* van Sweller (2011) en het onderzoek van Kyttälä, Aunio, Lehto, Van Luit en Hautamäki (2003) niet genoeg cognitieve ruimte hebben om zowel de entertainende elementen, als de kennis over mapping voor number sense te verwerken.

### **Onderzoeksvraag**

Binnen het spel van Kirschner en Kroesbergen (2013) zouden de entertainende, en daardoor eventueel motiverende stimuli, kunnen leiden tot een hoge *extraneous cognitive load*. Hierbij rijst de vraag of hierdoor het spel voor iedereen optimaal effectief is. Vandaar dat dit onderzoek zich richt op in hoeverre de mate van entertainende elementen het verschil in niveaustijging binnen het spel tussen kleuters met een lage visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit en kleuters met een hoge visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit verklaart. De hypothesen die bij deze vraag gesteld kunnen worden zijn als volgt: (1) Er wordt verwacht dat kinderen met een lage visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit minder vooruitgang boeken in een spel met veel entertainende elementen dan in een spel met vrijwel geen entertainende elementen. Dit zou betekenen dat een gewenst leereffect voor de hoofddoelgroep (namelijk kinderen met onvoldoende number sense) uitblijft. (2) Kinderen met een hoge visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit zullen naar verwachting op beide condities, variërend in mate van entertainende elementen, meer vooruitgang op prestatie

binnen het spel boeken dan kinderen met een lage visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit. Dit aangezien de extraneous load bij hen een relatief kleiner deel van het werkgeheugen in beslag neemt.

Er is nog weinig onderzoek gedaan naar de invloed van de visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit op de prestatie van kleuters op educatieve computerspellen met entertainende elementen. Met dit onderzoek wordt getracht de invloed van visueel-ruimtelijke werkgeheugen omtrent dit onderwerp verder te onderzoeken. Mocht uit dit onderzoek blijken dat het visueel-ruimtelijke kladblok daadwerkelijk overbelast wordt bij de kinderen die laag scoren op number sense en mapping in het spel, kan dit implicaties hebben voor de opzet van het spel 'Teljezoo' en andere nog te ontwerpen educatieve computerspellen. Er zou bijvoorbeeld geadviseerd kunnen worden om de laag scorende kinderen de conditie met weinig entertainende elementen aan te bieden, zodat ze zich eerst kunnen focussen op de leerinhoud (Wouters et al., 2013). Er zouden zelfs vraagtekens geplaatst kunnen worden bij het gebruik van educatieve computerspellen voor number sense op jonge leeftijd.

## **Methode**

### **Deelnemers**

Binnen dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van de steekproef van het onderzoek van Kirschner en Kroesbergen (2013) dat loopt vanaf september 2014. Zij heeft een educatief computerspel ontwikkeld met het doel om de number sense bij kleuters tussen de 4 en 6 jaar te signaleren en stimuleren. Het effect van dit spel wordt gemeten aan de hand van verschillende spel- en testresultaten van kinderen uit leerjaar 1 en 2 op elf verschillende Nederlandse basisscholen. Het merendeel van de scholen bevindt zich in dorpen of een kleine stad, voornamelijk in het oosten van het land. Onder de deelnemende scholen bevinden zich zowel openbare scholen als bijzonder onderwijs scholen met een protestant christelijke of katholieke visie.

Uit de groep van ongeveer 275 kinderen die deelnemen aan het spel is een doelgerichte steekproef getrokken. Allereerst zijn de kinderen afgevallen waarvan geen toestemming van de ouders was om mee te doen aan het onderzoek. Vervolgens zijn de kinderen die minder dan tien keer het spel hadden gespeeld niet meegenomen in het onderzoek. Hier is voor gekozen omdat bij minder dan tien keer spelen er nog niet genoeg gezegd kan worden over de ontwikkeling op het spel. Daarbij had het merendeel van de kinderen het spel meer dan tien keer gespeeld. Bij de overgebleven kinderen is vervolgens de Dot Matrix taak afgenomen. Wegens beschikbaarheid van de scholen en van de onderzoekers

binnen het mogelijke tijdbestek, is de Dot Matrix taak afgenomen op negen van de elf deelnemende scholen.

Uiteindelijk bestaat de steekproef uit 141 kleuters, waaronder 73 meisjes en 68 jongens, van 9 verschillende scholen. Het aantal kinderen is niet gelijk verdeeld over leerjaar 1 (27%) en leerjaar 2 (73%). De leeftijd in maanden is wel normaal verdeeld, alle kleuters zijn tussen de 56 en 81 maanden oud ( $M = 67.9$ ,  $SD = 5.9$ ).



### Instrumenten

**Teljezoo.** Het rekenspel dat de kinderen gedurende een half jaar één keer per week spelen, heet Teljezoo. Het spel draait om de mapping-vaardigheden van de deelnemende kinderen, zoals eerder vermeld een belangrijke voorspeller voor number sense. De kinderen moeten zowel Arabische (2) aan representatieve hoeveelheden (\*\*) koppelen en vice versa. Het verschilt per school of de computer waarop het spel gespeeld wordt binnen of buiten de klas staat. De leerkracht of hulpouder mag de kinderen niet helpen tijdens of voor het spel. Tevens heeft de leerkracht gedurende het onderzoek geen inzicht in de prestatie van de leerlingen op het spel.

Van alle keren dat het spel gespeeld wordt, worden de resultaten gemonitord. Het spel is onderverdeeld in zes verschillende spellen, die in drie verschillende spelcondities worden aangeboden. De condities lopen op van nauwelijks entertainende elementen in conditie 1, naar heel veel entertainende elementen in conditie 3. Binnen deze entertainende elementen zijn drie verschillende aspecten te onderscheiden, namelijk bewegende beelden en geluiden, het moeten ontwijken van een slechterik en een tijdslimiet. In figuur 1 is een voorbeeld te vinden van één van de spellen uit Teljezoo, waarbij voor iedere conditie de onderscheidende aspecten zijn weergegeven.

Figuur 1. Voorbeeld van één van de rekenspellen uit 'Teljezoo'	
<p>Conditie 1</p> 	<p>Kenmerken:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- grijze achtergrond</li> <li>- weinig bewegende onderdelen</li> <li>- geen slechterik</li> <li>- weinig geluidseffecten</li> </ul>



<p>Conditie 2</p> 	<p>Kenmerken:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- zachte kleuren</li> <li>- meer bewegende onderdelen</li> <li>- één slechterik</li> <li>- geluidseffecten en muziek</li> </ul>
<p>Conditie 3</p> 	<p>Kenmerken:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- felle kleuren</li> <li>- nog meer bewegende onderdelen</li> <li>- twee slechteriken</li> <li>- geluidseffecten en muziek</li> <li>- tijdslimiet (niet zichtbaar)</li> </ul>
<p><i>Figuur 1.</i> Voorbeeld van één van de rekenspellen uit ‘Teljezoo’, met de verschillende kenmerken per conditie.</p>	

Elke spelconditie wordt gespeeld door random en evenredig verdeelde participanten van de elf scholen. Een kind speelt alle zes de spellen telkens in dezelfde spelconditie. Binnen de getrokken steekproef spelen 52 kinderen het spel in conditie 1 (36.9%), 47 kinderen in conditie 2 (33.3%) en 42 kinderen in conditie 3 (29.8%).

Na elke spelbeurt wordt het niveau van het kind vastgesteld en de volgende spelbeurt wordt op dit vastgestelde niveau gespeeld. Elk kind begint op niveau 0. Als een kind 0 tot 2 fouten maakt in het spel, stijgt hij één niveau, als het tussen de 3 en 6 fouten maakt, blijft het op dat niveau. Wanneer het kind 7 fouten of meer maakt, dan daalt het een niveau. Het niveau van een kind kan niet lager worden dan 0 en niet hoger dan 3. Op het laagste niveau wordt het spel gespeeld met getallen van 1 tot en met 5, op het hoogste niveau met getallen van 1 tot en met 20. Elke leerling heeft een eigen account waarop gespeeld wordt, zo kan per leerling elk behaalde niveau per spelbeurt worden bijgehouden.

**De AWMA.** Binnen de volledige Automated Working Memory Assessment Battery ([AWMA]; Alloway, 2007) wordt onderscheid gemaakt in vier aspecten: zowel het werkgeheugen als het kortetermijngeheugen wordt onderverdeeld in een verbaal en een visueel-ruimtelijk deel (Alloway, Gathercole, Kirkwood, & Elliott, 2008). Elk aspect wordt gemeten middels drie taken. Wegens praktische overwegingen is er voor gekozen om alleen de Dot Matrix taak af te nemen. Dit is één van de taken die het visueel-ruimtelijke kortetermijngeheugen meet. Uit onderzoek van Alloway, Gathercole, & Pickering (2006) blijkt dat bij 4-6 jarigen deze taak voor .97 correleert met het visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Bij de Dot Matrix taak wordt het kind een rode stip in een 4x4 matrix gedurende twee seconden getoond. Het kind moet de positie van de stip in de matrix onthouden en vervolgens weer ophalen om op het computerscherm het juiste vierkant aan te wijzen waar de stip zich daarvoor bevond (Alloway et al., 2008). De test-hertest betrouwbaarheid van de Dot Matrix taak voor 4.5 t/m 11.5 jarigen is .83 gebleken (Alloway et al., 2006).

**De verkorte UGT-R.** Number sense kan bij kleuters worden gemeten aan de hand van de Utrechtse Getalbegrip Toets-Revised (Van Luit & Van de Rijt, 2009). Deze toets bestaat uit 45 items die de beginnende rekenvaardigheden van kleuters testen. Voor het onderzoek van Kirschner en Kroesbergen (2013) is een verkorte versie van de UGT-R gebruikt, zodat de test tussentijds kan worden ingezet om de ontwikkeling van de kleuters te meten. Deze versie bestaat uit 20 items, waarin de leerlingen worden getest op hun omgang met hoeveelheden, getallen en de telrij. Deze onderdelen zijn gekozen omdat dit de onderdelen zijn die ook in het spel getraind worden. In het onderzoek van Kirschner en Kroesbergen (2013) zullen drie meetmomenten van de verkorte UGT-R plaatsvinden, in dit onderzoek zijn alleen de gegevens van het eerste meetmoment meegenomen.

### **Design en procedure**

Voorafgaand aan het onderzoek van Kirschner en Kroesbergen (2013) heeft een informatiemiddag plaatsgevonden. Op deze dag werden de betrokkenen binnen de scholen uitgebreid ingelicht over de werking van het spel en de gang van zaken tijdens het onderzoek. Per school zijn de ouders middels een brief of een informatieavond ingelicht. Verder is aan alle ouders toestemming gevraagd voor de deelname van hun kind aan het onderzoek.

De afhankelijke variabele binnen dit onderzoek is de niveaustijging binnen het spel. Deze niveaustijging wordt dus automatisch bijgehouden door de computer. Er is om verschillende redenen gekozen om het effect op niveaustijging binnen het spel te meten. Ten eerste aangezien verwacht wordt dat het effect van de werkgeheugencapaciteit meer direct te

zien is op de niveaustijging binnen het spel, dan op de meting van de UGT-score. Uiteraard wordt de UGT-score wel meegenomen in het onderzoek, om te kijken of deze overeenkomt met de niveaustijging binnen het spel en of het spel dus daadwerkelijk positieve invloed heeft op de number sense van de participanten. Ten tweede aangezien deze niveaustijging het niveauverloop van de gespeelde spellen in kaart brengt. Elke stijging of daling heeft daarbij effect op het niveau van de volgende spelbeurt, dit aspect wordt in het onderzoek meegenomen door te kiezen voor niveaustijging binnen het spel als afhankelijke variabele. Binnen dit onderzoek wordt de niveaustijging weergegeven middels een gemiddeld niveau van een kind over de gespeelde spellen. Er is voor gekozen om gebruik te maken van dit gemiddelde niveau omdat op deze manier zoveel mogelijk scores in de analyse kunnen worden meegenomen. Hiermee wordt voorkomen dat de afhankelijke variabele bestaat uit slechts één momentopname per participant. Op deze manier wordt de toevalsfactor zo klein mogelijk gehouden.

De onafhankelijke variabelen waarvan uit de literatuur verwacht wordt dat ze deze niveaustijging kunnen verklaren, zijn: de visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit en spelconditie. De variabele visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit wordt gemeten door middel van de gestandaardiseerde score van het kind op de Dot Matrix taak. Hoe hoger de gestandaardiseerde score op de taak is, des te hoger de werkgeheugencapaciteit van de leerling. Uit eerder besproken literatuur bleek dat het visueel-ruimtelijke werkgeheugen invloed heeft op number sense bij kinderen (Bull et al., 2008). Bij deze afname werden de kinderen apart genomen en volgden de onderzoekers een eerder opgesteld protocol om de validiteit en betrouwbaarheid te waarborgen. Omdat het spel number sense tracht te trainen, wordt er invloed verwacht de score op de UGT-R op de gemiddelde niveaustijging binnen het spel. De variabele spelconditie varieert zoals eerder beschreven in mate van entertainende stimuli. Deze nominale variabele bestaat uit de drie verschillende condities waarin de kinderen het spel spelen.

Naast deze onafhankelijke variabelen worden enkele andere variabelen meegenomen in het onderzoek, waarvan een mogelijke invloed op het gemiddelde spelniveau verwacht wordt. Dit zijn de variabelen 'leeftijd in maanden' en 'aantal spelbeurten'. De leeftijd in maanden wordt meegenomen om te bekijken of de leeftijd van een kind invloed heeft op het behalen van een bepaald niveau op het spel. Er wordt verwacht dat een ouder kind cognitief verder is dan een jonger kind en hierdoor dus een hoger gemiddeld niveau behaalt op het spel. Er is gekozen om de variabele in maanden weer te geven, omdat op een leeftijd van 4-6 jaar één maand cognitieve rijping al grote invloed kan hebben op het functioneren van een kind.

Aangezien het aantal spelbeurten zeer varieert per kind, wordt ook gekeken of deze variabele invloed uitoefent op het gemiddelde spelniveau. Een kind dat het spel vaker gespeeld heeft, zou vanwege het beoogde leereffect van het spel een hoger gemiddeld spelniveau moeten kunnen behalen.

De laatste variabele die wordt opgenomen in de analyse is de ruwe score op de UGT-R, op de eerste meting. Ook deze meting vond plaats buiten de groep en volgens protocol. Hiermee kan worden gekeken in hoeverre het niveau van number sense van het kind invloed heeft op het gemiddelde niveau waarop een kind het spel gespeeld heeft. Er wordt verwacht dat deze UGT-R score samenhangt met de gemiddelde niveaustijging binnen het spel. De UGT-R meet namelijk het niveau van number sense en dat is het aspect wat door het spel getraind wordt. Ter controle van de invloed van de visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit op de gemiddelde niveaustijging binnen het spel, wordt de correlatie tussen de visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit en number sense (de UGT-R score) bekeken. Hiermee kan worden gekeken of, zoals uit de literatuur bleek, in deze steekproef de kinderen met een lage visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit ook daadwerkelijk lager scoren op number sense en de kinderen met een hoge capaciteit ook hoger scoren op number sense.

### **Resultaten**

#### **Analyse**

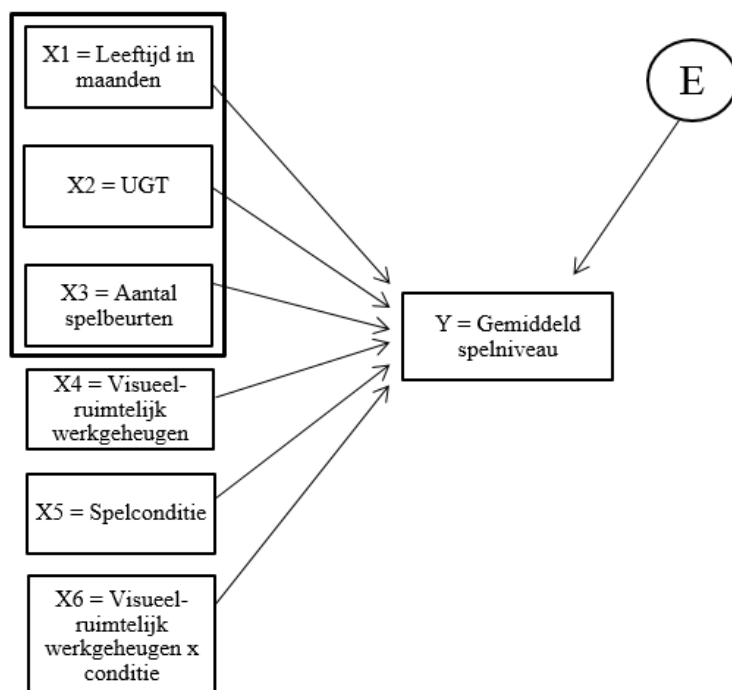
Om de relatie tussen de genoemde onafhankelijke variabelen op de afhankelijke variabele te onderzoeken, wordt er gebruik gemaakt van een hiërarchische lineaire multiple regressieanalyse. Hier is voor gekozen omdat middels deze analyse gekeken kan worden welke of welke combinatie van de vele onafhankelijke variabelen de scores op de afhankelijke variabele zo goed mogelijk verklaart en voorspelt. Daarbij houdt deze analyse goed rekening met onderlinge correlatie tussen de onafhankelijke variabelen. Binnen dit onderzoek is het belangrijk om dit goed te bekijken, aangezien de kans op samenhang aanwezig is. Er is specifiek gekozen voor het toevoegen van hiërarchie in de analyse omdat op deze manier de relatie en het effect per onafhankelijke variabele met de afhankelijke variabele goed bekeken kan worden.

Voor deze analyse is het van belang dat alle meetniveaus van de variabelen schaalniveau of dichotoom zijn. De meetniveaus van alle variabelen zijn schaalniveau, behalve de variabele spelconditie. Dit betekent dat er voor de variabele spelconditie dummy-variabelen gecreëerd moeten worden. Daarnaast wordt er een modererende variabele

gecreëerd om de invloed van de conditie op de relatie tussen werkgeheugen en de gemiddelde niveaustijging in kaart te brengen.

In deze hiërarchische analyse worden eerst de controlevariabelen meegenomen, namelijk leeftijd in maanden, de score op de UGT-R en het aantal spelbeurten. Vervolgens wordt de variabele visueel-ruimtelijk werkgeheugen meegenomen, dan de spelconditie en als laatste de modererende variabele. Zie Figuur 1 voor een overzicht. Deze volgorde is bepaald aan de hand van de eerder besproken literatuur over de verwachte effecten van de voorspellers op de afhankelijke variabele. Uit de resultaten van deze analyse kan bepaald worden welke onderzochte voorspeller(s) de niveaustijging binnen het spel (significant) verklaren en wat het effect per voorspeller is. Tevens kan bekeken worden voor hoeveel procent de significante voorspellers samen de gemiddelde niveaustijging binnen het spel verklaren. Middels de resultaten kan vervolgens de onderzoeksvraag beantwoord worden. Hierbij is met name de invloed van de modererende variabele van belang.

Figuur 1. Het hiërarchische multiple regressiemodel



*Figuur 1.* De analyse-opzet van het hiërarchische multiple regressiemodel. Schematisch weergegeven in de volgorde waarin de onafhankelijke variabelen aan het regressiemodel zijn toegevoegd. X1, X2, X3 en X4 zijn continue predictoren op interval meetniveau, X5 is een dichotome moderator, omgezet in dummy-variabelen. X6 meet het interactie-effect tussen X3 en X5, om te testen of er moderatie optreedt.

## Uitkomsten

Voorafgaand aan de eerder beschreven multiële regressieanalyse, zijn alle assumpties gecontroleerd. Allereerst is gekeken of er waarden ontbraken in de dataset. Er bleek van tien participanten geen UGT-R score bekend, wegens afwezigheid bij de testafname. Deze participanten zijn niet meegenomen in de analyse.

Vervolgens is gekeken of er sprake was van univariate uitschieters. Op basis van de z-scores van alle variabelen is gebleken dat de dataset één participant bevat met een afwijkende z-score ( $z\text{-score} = -3.57$ ) op het aantal spelbeurten. Vandaar dat deze participant verwijderd is uit de dataset. Verder kwamen er geen andere univariate uitschieters voor in de dataset.

De normaalverdeling van gestandaardiseerde voorspellingsfouten en spreidingsdiagram van de standaardfout tegenover de gestandaardiseerde verwachte waarden is bekeken. Hieruit blijkt dat binnen de multiële regressie, na het verwijderen van de uitschieters en ontbrekende waarden, is voldaan aan de assumpties van normaliteit, lineariteit en homoscedasticiteit.

Om de assumptie van multivariate uitschieters te controleren is de Mahalanobis-afstand berekend. Deze afstand was bij vier participanten groter dan de kritieke  $\chi^2$ -waarde van 18.47 bij  $df = 4$  (bij  $\alpha = .001$ ). Één participant had een Mahalanobis-afstand van 18.57, deze week aanzienlijk minder af van de kritieke waarde, in vergelijking met de overige uitschieters. Daarom is ervoor gekozen deze participant te behouden.

Middels een correlatie is bekeken of de score op de Dot Matrix test significant samenhangt met de score op de UGT-R. Dit blijkt niet het geval te zijn ( $r = .150$ ,  $p = .087$ ). De hoge toleranties voor alle opgenomen factoren en de lage *Variance Inflation Factor* duiden erop dat de voorspellers uit het model genoeg op zichzelf staan. Doordat er geen sprake is van multicollineariteit, wordt de interpretatie van de resultaten niet belemmerd.

Het eerste model dat uit de hiërarchische multiële regressie voortkomt, toetst de invloed van de controlevariabelen op de gemiddelde niveaustijging binnen het spel. Deze variabelen verklaren een significante 35% van de afhankelijke variabele,  $R^2 = .35$ ,  $F(3, 122) = 21.65$ ,  $p < .001$ . De variabele gestandaardiseerde score op de visueel-ruimtelijke werkgeheugentaak is vervolgens toegevoegd aan de hiërarchische regressie analyse. Bovenop het oude model verklaart de toegevoegde variabele een aanvullende 4,6% van de gemiddelde niveaustijging binnen het spel,  $\Delta R^2 = .046$ ,  $\Delta F(1, 121) = 9.19$ ,  $p = .003$ . Hierna zijn de dummyvariabelen van de predictor spelconditie toegevoegd aan het model. Deze variabelen verklaren slechts 0.3% meer dan het tweede model, daarbij blijkt deze verklaring niet

significant te zijn,  $\Delta R^2 = .003$ ,  $\Delta F(2, 119) = .29$ ,  $p = .748$ . Vanwege het feit dat de spelcondities geen significante bijdrage blijken te leveren, kan het interactie-effect ook geen significant model opleveren. Uit een verdere analyse bleek dit inderdaad het geval ( $\Delta R^2 = .002$ ,  $\Delta F(2, 117) = .22$ ,  $p = .804$ ).

Gecombineerd verklaren de opgenomen voorspellers in model 2 39.3% van de variantie op de gemiddelde niveaustijging binnen het spel,  $R^2 = .393$ , *adjusted*  $R^2 = .373$ ,  $F(4, 121) = 19.63$ ,  $p < .001$ . De variabele aantal spelbeurten verklaart binnen dit model een niet-significant effect ( $\beta = .089$ ,  $p = .215$ ). Volgens Cohen (1992) kan het effect van het model als zeer groot worden beschouwd ( $f^2 = .65$ ). In tabel 1 zijn van elke hiërarchische stap de ongestandaardiseerde ( $B$ ) en gestandaardiseerde ( $\beta$ ) regressiecoëfficiënten weergegeven.

Tabel 1.

*Hiërarchische multipele regressie analyse*

<i>Voorspeller</i>	$R^2$	$\Delta R^2$	$B$	$\beta$
Stap 1	.347	.347**		
Controle variabelen				
Leeftijd in maanden			.015	.134
Score op de UGT-R			.071	.517**
Aantal spelbeurten			.016	.067
Stap 2	.393	.046**		
Leeftijd in maanden			.018	.169*
Score op de UGT-R			.061	.440**
Aantal spelbeurten			.022	.089
Werkgeheugenscore			.011	.227*
Stap 3	.396	.003		
Leeftijd in maanden			.019	.171*
Score op de UGT-R			.061	.439**
Aantal spelbeurten			.023	.095
Werkgeheugenscore			.010	.222*
Conditie dummy 1			.055	.040
Conditie dummy 2			.077	.058

Stap 4	.399	.002		
Leeftijd in maanden			.018	.167*
Score op de UGT-R			.060	.436**
Aantal spelbeurten			.023	.096
Werkgeheugenscore			.010	.215*
Conditie dummy 1			.273	.200
Conditie dummy 2			-.367	-.275
Interactie-effect 1			-.002	-.160
Interactie-effect 2			.004	.337

*Noot. n = 141. UGT-R = Utrechtse Getalbegrip Toets-Revised (Van Luit & Van de Rijt, 2009). Werkgeheugenscore = score op de Dot Matrix taak uit de Automated Working Memory Assessment (Alloway, 2007).*

\*  $p < .05$ . \*\*  $p < .001$ .

### Discussie

Het doel van dit onderzoek is om te onderzoeken in hoeverre de mate van entertainende elementen het verschil in gemiddelde niveaustijging op het spel Teljezoo tussen kleuters met een lage visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit en kleuters met een hoge visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit verklaart. De verwachtingen hierbij waren dat kinderen met een lage visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit minder vooruitgang boeken in een computerspel met veel entertainende elementen dan in een spel met vrijwel geen entertainende elementen (hypothese 1) en dat kinderen met een hoge visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit, ongeacht de mate van entertainende elementen, meer vooruitgang vertonen op het spel dan de kinderen met een lage visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit (hypothese 2).

### Conclusie

Voor het trekken van conclusies wordt gebruik gemaakt van het tweede model, omdat dit model, gebaseerd op significantie en mate van verklaring, het meest bruikbaar is. De controlevariabelen: leeftijd in maanden, aantal spelbeurten (niet significant) en score op de UGT, verklaren samen met de variabele visueel-ruimtelijk werkgeheugen voor 39% het gemiddelde niveau op het spel. Volgens Cohen (1992) is dat een groot effect. Uit de analyse blijkt dat het niveau van number sense de grootste voorspeller is voor de prestatie op het spel, met ruime afstand gevolgd door de werkgeheugentaak en als laatste leeftijd in maanden. Op basis van deze resultaten kan de tweede hypothese worden aangenomen. De visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit is een significante positieve voorspeller voor de prestatie



op het spel. De mate van capaciteit van het visueel-ruimtelijke werkgeheugen heeft dus invloed op het gemiddelde niveau op het spel. Deze bevindingen sluiten aan bij de uitkomsten van het onderzoek van Rasmussen & Bisanz (2005), dat bij kleuters het visueel-ruimtelijke werkgeheugen invloed heeft op de ontwikkeling van de rekenvaardigheid.

Daarentegen blijkt uit de derde stap van de hiërarchische analyse dat de variabele spelconditie geen significante voorspeller is voor de gemiddelde niveaustijging binnen het spel. Dit suggereert dat het visueel-ruimtelijk werkgeheugen niet overbelast wordt door de entertainende elementen van het spel, zoals wel werd verwacht. De mate van entertainende elementen stimuleert of beperkt de kinderen niet in de prestatie op het spel. De eerste hypothese kan op basis van de data van dit onderzoek worden verworpen.

Tevens blijkt uit de vierde stap in de analyse dat de invloed van het visueel-ruimtelijke werkgeheugen niet gemodereerd wordt door de mate van entertainende elementen waarin het kind het spel speelt. Dit blijkt uit het feit dat de interactievariabele (spelconditie x visueel-ruimtelijke werkgeheugen) geen significante voorspeller is. Het gevolg hiervan is dat de onderzoeksvraag ontkennend beantwoord moet worden. Visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit blijkt inderdaad een voorspeller te zijn voor de prestatie op het spel, het verwachte interactie-effect met de spelcondities blijft echter uit. Met andere woorden, het maakt niet uit in welke spelconditie en met welke mate van entertainende elementen het spel gespeeld wordt.

De bevinding dat het niveau van number sense de grootste voorspeller is van de prestatie op het spel, is niet opmerkelijk aangezien het trainen van number sense het doel van het spel is. Het spel oefent dan inderdaad dat wat het beoogd te oefenen. Daarnaast blijkt uit diverse literatuur dat de visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit invloed heeft op het niveau van number sense (Berg, 2008; Bull et al., 2008; Krajewski & Schneider, 2009). Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt echter dat het niveau van number sense, gemeten met de UGT-R, niet significant samenhangt met de visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit. Dat dit niet overeenkomt met literatuur kan onder andere komen doordat de UGT-R maar bepaalde aspecten van number sense meet of vanwege het feit dat slechts één onderdeel is afgenomen van de AWMA-test.

Dat leeftijd een significante voorspeller is voor de gemiddelde prestatie op het spel, en dus de mate van number sense, komt overeen met het onderzoek van Jordan en collega's (2007). Zij stellen tevens dat oudere kinderen al met een hoger niveau beginnen dan jongere kinderen en dat dit verschil gedurende het schooljaar aanhoudt. Binnen dit onderzoek is middels een ANOVA tevens bekeken of de (jongere) kinderen uit groep 1 daadwerkelijk lager

scoren dan de kinderen uit groep 2. Dit is inderdaad het geval. Hieruit blijkt dat cognitieve rijping inderdaad belangrijk is voor de prestatie op het spel.

Daarentegen strookt de bevinding dat de mate van entertainende elementen geen invloed heeft op het gemiddelde niveau op het spel niet met de eerder gestelde verwachtingen en de onderzochte literatuur. Diverse onderzoekers stellen dat onnodige cognitieve belasting in educatieve multimedia geminimaliseerd moet worden (Mayer & Moreno, 2010) omdat het grootste leereffect optreedt wanneer de intrinsieke cognitieve belasting zo hoog mogelijk is en de extrinsieke cognitieve belasting zo laag mogelijk (Sweller et al., 1998). Kinderen met een lage visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit zouden daardoor niet genoeg cognitieve ruimte hebben om zowel de entertainende elementen, als de kennis over mapping voor number sense te verwerken (Kyttälä et al., 2003; Sweller, 2011).

### **Beperkingen en Aanbevelingen**

Dat de gevonden resultaten niet voldoen aan de verwachtingen zou aan meerdere aspecten kunnen liggen. Allereerst zou het kunnen zijn dat de werkgeheugencapaciteit en daarmee de prestatie op het spel daadwerkelijk niet (of onvoldoende) wordt beïnvloed door entertainende elementen. Er moet echter rekening mee worden gehouden dat het onderzoek enige beperkingen kent die onder andere de interne en externe validiteit bedreigen en hierdoor doen vermoeden dat de niet significante resultaten daaraan te wijten zijn. Deze beperkingen bevinden zich zowel op het niveau van de steekproef, de afname van de testen, de analyse als op het gebruik van het spel Teljezoo. Van elk aspect worden tevens aanbevelingen gedaan voor het verminderen of voorkomen van de genoemde beperkingen.

**Steekproef.** Kirschner en Kroesbergen (2013) hebben allereerst een gemakssteekproef gehanteerd bij het verzamelen van participanten en binnen dit onderzoek is hier vervolgens een doelgerichte steekproef uit getrokken. Laatstgenoemde steekproef, uitval van scholen, zieke kinderen en geen toestemming van de ouders heeft tot gevolg gehad dat er een sprake was van een uitval van bijna 50% ( $N = 126$  na alle uitval, ontbrekende waarden en het verwijderen van uitschieters). Door de wijze van steekproeftrekking en de uitval moet er rekening mee worden gehouden dat de representativiteit van het onderzoek daalt en dat er vraagtekens kunnen worden gezet bij de ecologische validiteit van de resultaten (Neuman, 2012).

**Afname AWMA en UGT-R.** Verder zijn er op het gebied van de afname van de testen kanttekeningen te plaatsen. Van alle taken van de AWMA die samen het volledige visueel-ruimtelijk werkgeheugen meten, is slechts één van de zes taken afgenomen. De Dot Matrix taak meet alleen (een deel van) het kortetermijngeheugen, zoals uit de resultatensectie

bleek, hangt deze test bij deze leeftijdsgroep voor .97 samen met het werkgeheugen (Alloway et al, 2006). Het afnemen van alle zes de taken zou tot een vollediger en meer valide beeld van het visueel-ruimtelijke werkgeheugen leiden. De inhoudsvaliditeit en/of de constructvaliditeit zou hierdoor verhoogd kunnen worden.

Verder zouden vraagtekens gezet kunnen worden bij de begripsvaliditeit en de criteriumvaliditeit door onder andere de locatie van afname, de gemoedstoestand van het kind, het oordeel van de onderzoeker en de houding van de leerkracht. Allereerst was het per school verschillend in wat voor en in hoeveel ruimtes de testen werden afgenomen. Het is voorgekomen dat twee onderzoekers met twee kinderen in dezelfde ruimte zaten, dat de ruimte lawaaierig was maar ook dat er een rustig en stil kamertje per onderzoeker beschikbaar was. In het vervolg zou bij scholen duidelijk aangegeven moeten worden dat er een rustige, afgesloten plek per onderzoeker nodig is om de testen af te nemen. Dit is echter praktisch gezien misschien niet op elke school haalbaar.

De gemoedstoestand van het kind zou tevens invloed gehad kunnen hebben op de prestatie van het kind op de test. Sommige kinderen werden uit het speelkwartier gehaald om vervolgens binnen de test te doen, terwijl andere kinderen uit een rustige les werden gehaald. Verschil in concentratie kan het gevolg hiervan zijn geweest. Dit zou de betrouwbaarheid kunnen hebben geschaad. In het vervolg zouden de testen alleen gedurende bepaalde lessen moeten worden afgenomen om deze invloed te beperken.

Ook de onderzoeker kan invloed hebben gehad op de prestatie van het kind op de test. Ondanks dat er gewerkt is volgens de bestaande protocollen, bleek tijdens de afname dat de onderzoeker ook erg geconcentreerd moest zijn gedurende de test. De onderzoeker moest zelf onthouden waar de stippen stonden en vervolgens het antwoord van het kind goed of fout keuren. Hierin kunnen onbewust fouten in zijn gemaakt. Daarbij kan wat de onderzoeker tegen het kind heeft gezegd bij een goed of fout antwoord van invloed zijn geweest op de motivatie. Het gebruik van geautomatiseerde digitale testen of een antwoordmodel zou deze invloed uit kunnen sluiten.

Als laatste verschilde de houding van de juf per klas. De ene juf vertelde aan de kinderen dat het een spelletje was en dat het heel leuk was, terwijl een andere het echt als een toets bracht en dat elk kind goed zijn best moest doen. Deze verschillende houdingen kunnen invloed hebben op de gemoedstoestand van het kind. Wanneer de test als een spelletje werd gezien, was het kind misschien heel ontspannen en niet goed geconcentreerd, terwijl als het kind het spel als toets ziet, er misschien zenuwen waren. Om deze invloed uit te sluiten zou in het vervolg gebruik gemaakt kunnen worden van protocollen voor de leerkrachten.

Deze genoemde vraagtekens kunnen tevens worden gezet bij de afname van de UGT-R. Er is gebruikt gemaakt van een aangepaste UGT-R test waarbij enkele onderdelen van alle rekenvaardigheden werden gemeten. Er zijn nog geen gegevens bekend over de betrouwbaarheid van deze verkorte versie bij kleuters. De criteriumvaliditeit blijkt wel uit de resultaten, de score op de UGT-R is namelijk een significante voorspeller voor de score op het spel.

**Het spel Teljezo.** Tevens moet in ogenschouw worden gehouden dat het gebruik van het spel Teljezo invloed heeft op de resultaten. Omdat de data van dit onderzoek specifiek gericht zijn op het spel Teljezo, is de externe validiteit lager. De uitkomsten zijn (enigszins) generaliseerbaar naar andere spelers van het spel, maar moeilijk generaliseerbaar naar andere soortgelijke digitale (reken)spellen. Ten eerste valt iets te zeggen over de afname van het spel, vervolgens over het ontwerp van het spel en als laatste over het effect van het spel.

Het verschilt per klas in welke setting en met welke frequentie het spel gespeeld werd. Er kon helaas niet gecontroleerd worden op afleiding van het kind en/of vanuit de leeromgeving, net als of er hulp geboden is door medeleerlingen en/of de docent. Het zou voor de resultaten van het onderzoek beter zijn geweest als het spel in een meer gecontroleerde setting was gespeeld door de kinderen. Op deze manier zouden er minder omgevingsinvloeden interfereren met de uitkomsten en kan er meer worden gezegd over deze invloeden. Deze manier van afnemen zou echter beperkingen hebben voor de ecologische validiteit, de kinderen zullen het spel namelijk later niet in een meer gecontroleerde setting spelen, maar gewoon in de klas. Dan zijn er wellicht wel significante resultaten, maar valt het onderzoek niet te generaliseren.

Zoals in de resultaten beschreven is, zijn er meerdere uitschieters in de dataset. Hieruit is op te merken dat de minst slimme en slimste participanten niet tot hun recht komen in het huidige spelontwerp. Het spel maakt slechts onderscheid tussen niveau 0 en niveau 3. Om in de praktijk alle kinderen de kans te geven om op hun niveau te spelen, zou een gedifferentieerd spel met meer niveaus beter zijn. Verder zou het effect van de condities wellicht wel naar voren komen als de condities nog meer verschillen in entertainende elementen zouden vertonen dan dat ze nu doen. Nu worden veel entertainende elementen in gradaties aangeboden én met meerdere entertainende elementen tegelijk. De volledige aan of afwezigheid per specifiek element zou wellicht een duidelijker beeld opleveren van wat wel en niet interfereert.

Als laatste kan de vraag gesteld worden hoe groot het effect van het spel daadwerkelijk is. Zoals eerder genoemd, varieert het aantal spelbeurten tussen de leerlingen.

Er is gebleken dat het aantal spelbeurten geen significant effect had op de prestatie op het spel. Er kan hier dus afgevraagd worden of het spel wel het beoogde leereffect veroorzaakt of dat het kind puur presteert op basis van het rekenniveau dat het al bezit. Dit is een interessant en belangrijk gegeven, dit zou echter gecontroleerd moeten worden door de verschillende UGT-R metingen (van moment voor, tijdens en na de onderzoeksperiode) per kind met elkaar te vergelijken middels een herhaalde metingen model. Het kan zijn dat het kind niet beter wordt op het spel, maar dat het niveau van number sense, gemeten middels de score op de UGT-R, wel verbetert. Wanneer dit tevens niet het geval is, moet men zich afvragen of het inzetten van dit computerspel de juiste interventie is voor kinderen met een achterstand op number sense.

**Analyse.** Tenslotte kan er nog iets gezegd worden over de analyse die uitgevoerd is. De meegenomen variabelen binnen dit onderzoek verklaren voor 39% de afhankelijke variabele. Uit het onverklaarde deel blijkt dus dat er nog variabelen zijn die niet mee zijn genomen in het onderzoek, maar die wel het niveau op het spel verklaren. Het onderzoek van Raghobar, Barnes & Hecht (2010) onderschrijft dit. Zij stellen dat de relatie tussen werkgeheugen en rekenvaardigheden complex is en dat veel verschillende factoren invloed hierop uitoefenen. Voorbeelden van factoren die volgens hen onder andere invloed kunnen hebben, zijn: leeftijd, vaardigheidsniveau, instructietaal, presentatie van het rekenkundige probleem en benodigde vaardigheid. Jordan en collega's (2007) geven tevens aan dat economische status, etnische achtergrond en moedertaal invloed kunnen hebben op het niveau van number sense voorafgaand aan het onderzoek en de responsiviteit op instructie. Om de begripsvaliditeit te verhogen zouden in verder onderzoek (een aantal van) deze factoren meegenomen kunnen worden.

Verder is er voor gekozen om de niveaustijging van een kind binnen het spel weer te geven middels een gemiddeld niveau. Dit is belangrijk om mee te nemen in het trekken van de conclusies. Het zou interessant zijn om tevens te bekijken of het gebruik van het hoogst behaalde niveau of aantal fouten een ander beeld oplevert.

Als laatste zou de analyse middels een logistische regressie kunnen worden gedaan vanwege het ordinale meetniveau van de afhankelijke variabele (Field, 2009).

### **Vervolgonderzoek**

Uit dit onderzoek bleek dat de spelconditie waarin het kind het spel speelt geen significante invloed heeft op de gemiddelde niveaustijging binnen het spel Teljezoo. Dit suggereert dat het visueel-ruimtelijk werkgeheugen niet overbelast wordt door de entertainende elementen van het spel, wat echter niet werd verwacht op basis van andere

onderzoeken (Kytälä et al., 2003; Sweller, 2011). Mede hierdoor en door de relevantie van het onderwerp in de huidige digitaliserende (onderwijs)wereld, blijft de onderzoeksvraag interessant om vervolgonderzoek in te doen. Hierbij zouden wel de gedane aanbevelingen in ogenschouw moeten worden genomen. Samenvattend zijn de belangrijkste en meest haalbare aanbevelingen dat van de AWMA alle elementen van de test worden afgenomen, dat meerdere UGT-R meetmomenten mee worden genomen in het onderzoek en dat hierbij meer rekening wordt gehouden met de invloeden gedurende de testafnamen en dat analyse middels een logistische regressieanalyse wordt gedaan. Verder zou het interessant zijn om het onderzoek over een langer tijdbestek te doen zodat de kinderen het spel vaker spelen.

Met dit onderzoek is gepoogd een bijdrage te leveren aan de kennis over de visueel-ruimtelijke werkgeheugencapaciteit op de prestatie op en het leereffect van educatieve spellen bij kleuters. Dit is echter niet het geval gebleken. Educatieve spellen op de computer en de iPad zijn aanzienlijk in opkomst bij deze jonge leeftijdscategorie vanwege mogelijke educatieve en financiële voordelen. De introductie en het juiste gebruik hiervan binnen het onderwijs is echter complex (Giannakos, 2013). Daarom is het belangrijk dat meer vervolgonderzoek wordt gedaan naar diverse educatieve spellen in combinatie met werkgeheugencapaciteit. Tenslotte zou het interessant zijn om te onderzoeken of het gebruik van een computerspel daadwerkelijk de beste keuze is als interventie bij achterstanden of dat het gebruik van een papieren methode of docentinterventie beter is.

### Referenties

- Alloway, T. P. (2007). *Automated Working Memory Assessment (AWMA)*. London, UK: Pearson.
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Kirkwood, H., & Elliott, J. (2008). Evaluating the validity of the Automated Working Memory Assessment. *Educational Psychology, 28*(7), 725-734. doi:10.1080/01443410802243828
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2006). Verbal and visuospatial short term and working memory in children: Are they separable? *Child Development, 77*(6), 1698-1716. doi:10.1111/j.1467-8624.2006.00968.x
- Baddeley, A. D. (2010). Working memory. *Current Biology, 20*(4), 136-140. doi:10.1016/j.cub.2009.12.014

Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). In G. H. Bower (Ed.), *Working memory. Psychology of Learning and Motivation*, 8, 47-89. New York: Academic Press.

Baddeley, A. D., Eysenck, M., & Anderson, M. C. (2009). *Memory. Hove: Psychology Press*.

Berch, D. B. (2005). Making sense of number sense implications for children with mathematical disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 38(4), 333-339.  
doi:10.1177/00222194050380040901

Berg, D. H. (2008). Working memory and arithmetic calculation in children: The contributory roles of processing speed, short-term memory, and reading. *Journal of Experimental Child Psychology*, 99(4), 288-308. doi:10.1016/j.jecp.2007.12.002

Bull, R., Andrews Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology*, 33(3), 205-228. doi:10.1080/87565640801982312

Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112(1), 155. doi:10.1037/00332909.112.1.155

Dehaene, S. (2001). Précis of the number sense. *Mind & Language*, 16(1), 16-36. doi:10.1111/1468-0017.00154

Field, A. P. (2009). *Discovering Statistics Using Spss: and sex and drugs and rock 'n'roll* (3<sup>th</sup> edition). London: Sage publications.

Friso-Van den Bos, I., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. (2014). Number sense in kindergarten children: Factor structure and working memory predictors. *Learning and Individual Differences*, 33, 23-29. doi:10.1016/j.lindif.2014.12.006

Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambridge, B., & Wearing, H. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental Psychology*, 40(2), 177. doi:10.1037/0012-1649.40.2.177

- Geary, D. C. (2013). Early foundations for mathematics learning and their relations to learning disabilities. *Current Directions in Psychological Science*, 22(1), 23-27. doi:10.1177/0963721412469398
- Giannakos, M. N. (2013). Enjoy and learn with educational games: Examining factors affecting learning performance. *Computers & Education*, 68, 429-439. doi:10.1016/j.compedu.2013.06.005
- Gersten, R., Jordan, N. C., & Flojo, J. R. (2005). Early identification and interventions for students with mathematics difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, 38(4), 293-304. doi:10.1177/00222194050380040301
- Holloway, I. D., & Ansari, D. (2009). Mapping numerical magnitudes onto symbols: The numerical distance effect and individual differences in children's mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103(1), 17-29. doi:10.1016/j.jecp.2008.04.001
- Holmes, J., & Adams, J. W. (2006). Working memory and children's mathematical skills: Implications for mathematical development and mathematics curricula. *Educational Psychology*, 26(3), 339-366. doi:10.1080/01443410500341056
- Jarvis, H. L., & Gathercole, S. E. (2003). Verbal and nonverbal working memory and achievements on national curriculum tests at 11 and 14 years of age. *Educational and Child Psychology*, 20(3), 123-140. Verkregen van [http://www.researchgate.net/publication/250928054\\_The\\_relationship\\_between\\_working\\_memory\\_and\\_early\\_writing\\_at\\_the\\_word\\_sentence\\_and\\_text\\_level#page=67](http://www.researchgate.net/publication/250928054_The_relationship_between_working_memory_and_early_writing_at_the_word_sentence_and_text_level#page=67)
- 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



Kirschner, F. C. & Kroesbergen, E. H. (2013). It's all-in the game: Een educatief computerspel voor rekenen bij kleuters. Ongepubliceerd manuscript.

Krajewski, K., & Schneider, W. (2009). Exploring the impact of phonological awareness, visual-spatial working memory, and preschool quantity-number competencies on mathematics achievement in elementary school: Findings from a 3-year longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, *103*(4), 516-531.

doi:10.1016/j.jecp.2009.03.009

Kroesbergen, E. H., Van 't Noordende, J. E., & Kolkman, M. E. (2012). Number sense in low-performing kindergarten children: Effects of a working memory and an early math training. *Reading, Writing, Mathematics and the Developing Brain: Listening to many voices*, *20*(1), 295-313. doi:10.1007/978-94-007-4086—0\_16

Kyttälä, M., Aunio, P., Lehto, J. E., Van Luit, J., & Hautamäki, J. (2003). Visuospatial working memory and early numeracy. *Educational and Child Psychology*, *20*(3), 65-76. Verkregen van

[http://www.researchgate.net/publication/250928054\\_The\\_relationship\\_between\\_working\\_memory\\_and\\_early\\_writing\\_at\\_the\\_word\\_sentence\\_and\\_text\\_level#page=67](http://www.researchgate.net/publication/250928054_The_relationship_between_working_memory_and_early_writing_at_the_word_sentence_and_text_level#page=67)

Maybery, M. T., & Do, N. (2003). Relationships between facets of working memory and performance on a curriculum based mathematics test in children. *Educational and Child Psychology*, *20*(3) 77-92. Verkregen van

[http://www.researchgate.net/publication/250928054\\_The\\_relationship\\_between\\_working\\_memory\\_and\\_early\\_writing\\_at\\_the\\_word\\_sentence\\_and\\_text\\_level#page=67](http://www.researchgate.net/publication/250928054_The_relationship_between_working_memory_and_early_writing_at_the_word_sentence_and_text_level#page=67)

Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, *38*(1), 43-52. doi:10.1207/S15326985EP3801\_6

McKenzie, B., Bull, R., & Gray, C. (2003). The effects of phonological and visual-spatial interference on children's arithmetical performance. *Educational and Child*

- Psychology*, 20(3), 93–108. Verkregen van [http://www.researchgate.net/publication/250928054\\_The\\_relationship\\_between\\_working\\_memory\\_and\\_early\\_writing\\_at\\_the\\_word\\_sentence\\_and\\_text\\_level#page=67](http://www.researchgate.net/publication/250928054_The_relationship_between_working_memory_and_early_writing_at_the_word_sentence_and_text_level#page=67)
- McLean, J. F., & Hitch, G. J. (1999). Working memory impairments in children with specific arithmetic learning difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74(3), 240–260. doi:10.1006/jecp.1999.2516
- Mundy, E., & Gilmore, C. K. (2009). Children's mapping between symbolic and nonsymbolic representations of number. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103(4), 490–502. doi:10.1016/j.jecp.2009.02.003
- Neuman, W. L. (2012). *Understanding Research*. USA: Pearson.
- Nores, M., & Barnett, W. S. (2010). Benefits of early childhood interventions across the world: (Under) Investing in the very young. *Economics of Education Review*, 29(2), 271–282. doi:10.1016/j.econedurev.2009.02.008
- Onderwijsraad (2010). *Advies: Naar een nieuwe kleuterperiode in de basisschool*. Den Haag, NL: Onderwijsraad.
- Rasmussen, C., & Bisanz, J. (2005). Representation and working memory in early arithmetic. *Journal of Experimental Child Psychology*, 91, 137–157. doi:10.1016/j.jecp.2005.01.004.
- Raghubar, K. P., Barnes, M. A. & Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*, 20, 110–122. doi:10.1016/j.lindif.2009.10.005
- Ruijsenaars, A. J. J. M., Van Luit, J. E. H., & Van Lieshout, E. C. D. M. (2006). *Rekenproblemen en dyscalculie: Theorie, onderzoek, diagnostiek en behandeling*. Rotterdam, NL: Lemniscaat.

- Sweller, J. (2011). Cognitive load theory. *The psychology of learning and motivation: Cognition in education*, 55, 37-76. doi:10.1016/B978-0-12-387691-1.X0001-4
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J., & Paas, F. G. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-296. doi:10.1023/A:1022193728205
- Van Luit, J. E. H., & Van de Rijt, B. A. M. (2009). *Utrechtse Getalbegrip Toets Revised*. Doetinchem: Graviant Educatieve Uitgaven.
- Van Luit, J. E. H., & Van Toll, S. W. M. (2013). *Op weg naar rekenen. Remediërend programma voor kleuterrekenen*. Doetinchem, NL: Graviant.
- 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(4), 224-234. doi:10.1111/j.1751-228X.2009.01075.x
- Wouters, P., Van 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
- Xenidou-Dervou, I., Van der Schoot, M., & Van Lieshout, E. C. D. M. (2014). Working memory and number line representations in single-digit addition: Approximate versus exact, nonsymbolic versus symbolic. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*. Online voorpublicatie. doi:10.1080/17470218.2014.977303
- Xu, F., Spelke, E. S., & Goddard, S. (2005). Number sense in human infants. *Developmental Science*, 8(1), 88-101. doi:10.1111/j.1467-7687.2005.00395.x