

Gepubliceerd als: Bakker, M., Van den Heuvel-Panhuizen, M., Van Borkulo, S., & Robitzsch, A. (2013). *Effecten van online mini-games op multiplicatieve vaardigheden van leerlingen in groep 4*. *Pedagogische Studiën*, 90(3), 21-36.

Effecten van online mini-games op multiplicatieve vaardigheden van leerlingen in groep 4

M. Bakker, M. van den Heuvel-Panhuizen, S. van Borkulo en A. Robitzsch

Samenvatting

Overzichtartikelen laten zien dat er nog onvoldoende bewijs is voor de leereffecten van educatieve computerspelletjes. De hier beschreven studie beoogde door een grootschalig gerandomiseerd experiment ($n = 1005$; 46 scholen) te onderzoeken of het spelen van reken-computerspelletjes bijdraagt aan de multiplicatieve vaardigheden van leerlingen in groep 4 van de basisschool. Er waren vier onderzoekscondities: op school spelen (E1), thuis spelen zonder aandacht op school (E2), thuis spelen met een nabespreking op school (E3) en, in de controlegroep, computerspelletjes op school spelen over andere rekenonderwerpen (C). In het onderzochte schooljaar werden gedurende twee periodes van 10 weken in totaal 16 mini-games gespeeld. De multiplicatieve vaardigheden zijn gemeten met een voor- en natoets. Regressie-analyses lieten zien dat over het geheel genomen de in groep 4 uitgevoerde interventie met multiplicatieve mini-games geen positief effect heeft gehad op de leerwinst van de leerlingen. De leerwinst in de drie experimentele groepen samen verschilde niet significant van die in de controlegroep. Echter, wanneer de afzonderlijke experimentele groepen vergeleken werden met de controlegroep, vonden we een marginaal significant effect ($p = .07$, $d = 0.23$) voor de E3-groep. Dus, hoewel harde bewijzen ontbreken, lijkt het thuis spelen met een nabespreking op school de meeste potentie te hebben.

Abstract

Effects of online mini-games on second-graders' multiplicative abilities

This study used a large-scale randomized experiment ($n = 1005$; 46 schools) to investigate the effects of mathematical mini-games on 2nd-graders' multiplicative abilities. Four conditions were included: playing at school (E1), playing at home without attention at school (E2), playing at home with debriefing in school (E3) and, in the control group, playing at school mini-games on other mathematical subjects (C). The mini-games were played during two periods of 10 weeks (16 mini-games in total). Regression-analyses of gain scores (posttest – pretest) showed that, overall, the intervention with multiplicative mini-games (the three experimental conditions together) did not positively affect students' learning gains. However, when we separately compared the three experimental groups to the control group, we found a marginally significant effect ($p = .07$, $d = 0.23$) for the E3 group. Thus, although hard evidence is lacking, it appears that playing at home with debriefing at school has the highest potential.

1 Inleiding

1.1 Effectiviteit van educatieve computerspelletjes

Sinds de opkomst van de computerspelletjes is vaak geopperd dat deze goed in het onderwijs kunnen worden ingezet (bijv. Egenfeldt-Nielsen, 2005; Prensky, 2001). Een belangrijke reden hiervoor is de motiverende werking van computerspelletjes (bijv. Garris, Ahlers, & Driskell, 2002; Malone & Lepper, 1987; Prensky, 2001). Studies hebben laten zien dat het spelen van educatieve computerspelletjes daadwerkelijk de motivatie, en daarmee de leeruitkomsten, kan verhogen (bijv. Cordova & Lepper, 1996; Bai, Pan, Hirumi, & Kebritchi, 2012). Behalve de motiverende werking is een andere belangrijke eigenschap van computerspelletjes dat ze directe feedback kunnen geven. Leerlingen krijgen vaak meteen te zien wat het gevolg is van hun acties in het spel (bijv. Prensky, 2001). Door deze directe feedback en de risico-vrije omgeving die de computer biedt, worden leerlingen gestimuleerd om te exploreren en experimenteren, waardoor ze nieuwe regels en strategieën kunnen ontdekken (Kirriemuir, 2002). In dit verband wordt vaak gesproken over ervaringsleren (*experiential learning*, bijv. Egenfeldt-Nielsen, 2005; Garris et al., 2002).

Door deze veronderstelde voordelen maken computerspelletjes op Nederlandse basisscholen steeds vaker onderdeel uit van het onderwijs (bijv. Kennisnet, 2009). Ook in het reken-wiskundeonderwijs worden regelmatig computerspelletjes of andere educatieve software gebruikt (bijv. Hop, 2012).

Echter, ondanks de verwachte leereffecten van computerspelletjes, laten recente overzichtartikelen zien dat er nog onvoldoende experimenteel bewijs is voor de effecten van educatieve computerspelletjes in de onderwijspraktijk (bijv. Tobias, Fletcher, Dai, & Wind, 2011; Vogel et al., 2006), en dat grootschalige praktijkexperimenten nodig zijn (bijv. Tobias et al., 2011). Ook op het gebied van rekenen-wiskunde is er onvoldoende bewijs voor de effecten van educatieve computerspelletjes (bijv. Bai et al., 2012). Weliswaar is uit meta-analyses van Li en Ma (2010) en Slavin en Lake (2008) gebleken dat in het algemeen het gebruik van ict in het reken- en wiskundeonderwijs een positief effect heeft op de leerprestaties, maar hier werden spelletjes niet als een aparte categorie onderscheiden. Als problematisch punt bij uitgevoerde studies naar effecten van computerspelletjes en andere educatieve software wordt genoemd dat de onderzoeken nogal eens methodologische mankementen vertonen: vaak is er bijvoorbeeld geen controlegroep (bijv. Vogel et al., 2006), wordt er gebruikt gemaakt van een kleine steekproef (Bai et al., 2012), is er geen sprake van random toewijzing aan condities (Slavin & Lake, 2008), of wordt er in de analyses geen rekening gehouden met de geneste structuur van de data (leerlingen binnen klassen of scholen; Slavin & Lake, 2008).

Om meer duidelijkheid te krijgen over de mogelijkheid en effectiviteit van het inzetten van computerspelletjes in het reken-wiskundeonderwijs op de basisschool, is in 2009, in het kader van het door het ministerie van OC&W opgezette onderzoeksprogramma OnderwijsBewijs, het BRXXX-onderzoeksproject gestart¹. Indachtig de doelstelling van OnderwijsBewijs hebben we in dit project

gekozen voor een grootschalig gerandomiseerd experiment. De in dit artikel beschreven studie vormde hiervan een onderdeel waarin we hebben onderzocht of reken-mini-games kunnen bijdragen aan de multiplicatieve vaardigheden (vermenigvuldigen en delen) van leerlingen in groep 4, de groep waarin over het algemeen wordt gestart met vermenigvuldigen en delen².

1.2 Computerspelletjes in het reken-wiskundeonderwijs

Mini-games

Een veelgebruikt type computerspel in het reken-wiskundeonderwijs is de zogenaamde mini-game (bijv. Jonker et al., 2009; Panagiotakopoulos, 2011). Mini-games zijn korte, gefocuste spelletjes, die gemakkelijk te leren zijn (bijv. Frazer, Argles, & Wills, 2007; Jonker et al., 2009). Ze kunnen vaak gemakkelijk (en veelal gratis) online toegankelijk worden gemaakt, en hebben meestal een flexibele tijdsduur: één spelletje kost vaak maar enkele minuten, en kan eindeloos herhaald worden (bijv., Jonker et al., 2009). Eerdere studies laten zien dat mini-games potentie hebben voor het reken-wiskundeonderwijs (bijv. Jonker et al.; Panagiotakopoulos, 2011).

Automatiseren en inzicht

De meeste van de computerspelletjes en andere educatieve software die in het reken-wiskundeonderwijs worden gebruikt, richten zich op het automatiseren van rekenfeiten (bijv. Mullender-Wijnsma & Harskamp, 2011). Behalve het kennen van rekenfeiten is het voor het kunnen oplossen van complexere opgaven ook belangrijk dat leerlingen inzicht ontwikkelen in getalrelaties en eigenschappen van operaties (bijv. Anghileri, 2006; Nunes, Bryant, Barros, & Sylva, 2012). Voor het vermenigvuldigen en delen betekent dit dat leerlingen naast het paraat hebben van de tafelfeiten, inzicht moeten hebben in de factoren van getallen en de eigenschappen van vermenigvuldigen, zoals de commutatieve eigenschap (bijv. $3 \times 7 = 7 \times 3$) en distributieve eigenschap (bijv. $6 \times 7 = 5 \times 7 + 1 \times 7$). Ook voor het ontwikkelen van dit inzicht kunnen computerspelletjes worden ingezet (bijv. Jonker et al., 2009; Klawe, 1998; Van Borkulo, Van den Heuvel-Panhuizen, Bakker, & Loomans, 2012). Zulke spelletjes zijn vaak gebaseerd op het eerder genoemde ervaringsleren. Door het opdoen van concrete ervaringen in het spel en door het experimenteren met verschillende (reken)strategieën leert de leerling ‘vanzelf’ bepaalde concepten en regels (kennisconstructie, zie Mullender-Wijnsma & Harskamp, 2011), en ontdekt de leerling welke strategieën handig zijn. Reflectie is hierbij cruciaal. Door middel van reflectie kan de leerling het geleerde generaliseren, zodat er *transfer* plaatsvindt en het geleerde ook buiten het spel kan worden toegepast (bijv. Leemkuil & De Jong, 2004; Tobias et al., 2011). Veel onderzoekers zijn van mening dat deze reflectie niet spontaan plaatsvindt bij de leerling (bijv. Leemkuil & De Jong, 2004). Door na afloop van het spelen van een computerspelletje klassikaal of in groepjes hierover na te praten, kan reflectie worden bevorderd (bijv. Egenfeldt-Nielsen, 2005; Klawe, 1998). In zo'n nabespreking, ook wel *debriefing* genoemd (bijv. Garris et al., 2002), worden de leerpunten uit het spel benadrukt en worden verschillende mogelijke

strategieën met elkaar vergeleken (bijv. Klawe, 1998). Ook ondersteuning voor en tijdens het spel kan bevorderend werken (bijv. Leemkuil & De Jong, 2004).

Intrinsieke integratie van rekenstof

Rekencomputerspelletjes (en educatieve computerspelletjes in het algemeen) kunnen variëren in de mate waarin de leerstof in het spel geïntegreerd is. Uit onderzoek van Habgood en Ainsworth (2011) bleek dat het rekencomputerspelletje “Zombie Division” een groter leereffect had wanneer de rekenstof geïntegreerd was in de hoofdactiviteit van het spel (*intrinsieke integratie*) – en daarmee echt onderdeel van het spel was – dan wanneer dezelfde rekenstof tussen het spelen door werd aangeboden en dus meer los stond van het spel.

Op school vs. thuis spelen

Mini-games kunnen zowel op school als thuis worden gespeeld. Door de betrokkenheid van de leraar heeft het op school spelen van mini-games het voordeel dat alle leerzame aspecten van de spelletjes kunnen worden benut door ze in de les te bespreken. Echter, het thuis spelen, wat ook veel gebeurt (bijv. Ault, Adams, Rowland, & Tiemann, 2010; Jonker et al., 2009), heeft evenzeer voordelen. Jonker e.a. (2009) rapporteerden bijvoorbeeld dat de website van Rekenweb met name na schooltijd wordt bezocht, hetgeen voor de betreffende leerlingen in feite een uitbreiding inhoudt van de op school bestede tijd aan rekenen, die mogelijk een positieve invloed heeft op hun rekenprestaties. Samenhangend hiermee stellen onderzoekers als Kamil en Taitague (2011) en Tobias e.a. (2011) dat een belangrijke eigenschap van educatieve computerspelletjes is dat hun motiverende werking ervoor zorgt dat leerlingen langer dan gewoonlijk in een leeractiviteit geïnvolveerd zijn.

Wat betreft motivatie heeft het thuis spelen van reken-computerspelletjes mogelijk nog een bijkomend voordeel ten opzichte van het op school spelen. Als een van de motiverende factoren van educatieve computerspelletjes wordt vaak *control* genoemd: de mate waarin de leerling controle heeft over de activiteit (bijv. Malone & Lepper, 1987). In een studie van Cordova en Lepper (1996) leidde een hogere mate van *control* in een reken-computerspelletje, onder andere in de vorm van door de leerlingen te kiezen avatars en spelernamen, inderdaad tot een hogere mate van motivatie bij de leerlingen, en daarmee tot betere leeruitkomsten. Ook keuzevrijheid wat betreft welk spel gespeeld wordt, en wanneer en hoelang dit gespeeld wordt (bijv. Ault et al., 2010), kan worden gezien als een aspect van *control*. Wanneer educatieve spelletjes in de vrije tijd gespeeld worden, is deze keuzevrijheid in grotere mate aanwezig dan wanneer ze op school gespeeld worden, wat mogelijk leidt tot een grotere mate van motivatie bij leerlingen, en daardoor een groter leereffect.

De keuzevrijheid bij het thuis spelen kan naast een voordeel ook een nadeel zijn, omdat de leraar geen controle heeft over welke spelletjes gespeeld worden, en óf ze gespeeld worden. Een ander nadeel van het thuis spelen is dat de leerlingen geen ervaringen kunnen uitwisselen samen met de leraar. Een mogelijke tussenvorm is dat de spelletjes thuis worden gespeeld, maar dat er op school wel

een nabespreking plaatsvindt, zodat op de ervaringen uit de spelletjes kan worden gereflecteerd. Deze vorm van het inzetten van computerspelletjes in het onderwijs bleek bijvoorbeeld effectief te zijn in een experiment van Kolovou, Van den Heuvel-Panhuizen en Köller (2013).

1.3 Onze studie

In de hier beschreven studie onderzochten we het op verschillende manieren inzetten van online multiplicatieve mini-games in groep 4, en de effecten hiervan op de multiplicatieve vaardigheden van de leerlingen. De gebruikte mini-games waren zowel gericht op kennisconstructie – via exploreren en experimenteren – als op het automatiseren van rekenfeiten en rekenstrategieën (zie Van Borkulo et al., 2012). In de meeste van de mini-games was sprake van intrinsieke integratie van de rekenstof.

Onderzoeksvragen en hypothesen

Met ons onderzoek wilden we de volgende onderzoeksvragen beantwoorden:

1. Wat zijn de effecten van het spelen van multiplicatieve mini-games op de multiplicatieve vaardigheden van leerlingen in groep 4?
2. In welke setting zijn multiplicatieve mini-games het meest effectief: wanneer ze op school worden gespeeld, wanneer ze thuis worden gespeeld zonder aandacht op school, of wanneer ze thuis worden gespeeld met een nabespreking op school?

Onze verwachting was dat multiplicatieve mini-games, in vergelijking met het gewone reken-wiskundecurriculum zonder deze mini-games, een positief effect hebben op het leren van multiplicatieve vaardigheden, omdat ze een motiverende omgeving bieden waarin leerlingen vrij kunnen experimenteren en zo zelf concepten en strategieën kunnen ontdekken. Verder verwachtten we dat de mini-games het meeste effect hebben wanneer ze thuis worden gespeeld en op school worden nabesproken, omdat hier de voordelen van het thuis spelen (extra rekentijd, meer *control*) worden gecombineerd met de voordelen van het op school spelen (nabespreking).

2 Methode

2.1 Onderzoeksopzet

Om de onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden, hebben we gebruik gemaakt van een onderzoeksopzet bestaande uit vier condities:

- E1.* Op school spelen van multiplicatieve mini-games, geïntegreerd in een les.
- E2.* Thuis spelen van multiplicatieve mini-games, met minimale aandacht op school.
- E3.* Thuis spelen van multiplicatieve mini-games, gevolgd door een nabespreking op school.
- C.* Op school spelen van mini-games over andere rekenonderwerpen (pseudo-interventie).

Door de controle-conditie (C) te vergelijken met de drie experimentele condities samen (E), kon het effect van de multiplicatieve mini-games worden gemeten (onderzoeksvraag 1). De pseudo-

interventie in de controlegroep voorkwam dat het vaststellen van dit effect werd verstoord door het mogelijke positieve effect dat deelname aan een project met computerspelletjes op zichzelf al kan hebben (Hawthorne-effect; zie Parsons, 1974). De drie experimentele condities waren bedoeld om verschillende manieren te vergelijken waarop de spelletjes in het reken-wiskundeonderwijs kunnen worden ingezet (onderzoeksvraag 2).

In alle condities werd de totaal op school bestede tijd per rekenonderdeel hetzelfde gehouden als wanneer niet aan het onderzoek zou zijn deelgenomen. Wanneer er spelletjes, lessen of nabesprekingen op school werden gedaan, gebeurde dat dus als onderdeel van de beschikbare rekentijd voor het betreffende rekenonderdeel: in de experimentele groepen als onderdeel van het onderwijs in multiplicatieve vaardigheden, en in de controlegroep als onderdeel van het onderwijs in andere rekenonderwerpen. Op deze manier konden we het reguliere lesprogramma voor multiplicatieve vaardigheden (in de controlegroep) vergelijken met een lesprogramma waar het spelen van mini-games deel van uitmaakte (in de experimentele groepen).

De hier beschreven studie is gestart met een voortoets over multiplicatieve vaardigheden aan het eind van groep 3 (Toets 1). Toen dezelfde leerlingen in groep 4 zaten, hebben zij gedurende twee periodes van 10 weken met mini-games gespeeld, volgens een van bovenstaande condities. In juni 2011, aan het eind van groep 4, werd een natoets over multiplicatieve vaardigheden afgenomen (Toets 2). Beide toetsen waren online toetsen die op school werden afgenomen.

2.2 Onderzoeksgroep

Bij het werven van scholen voor het onderzoek hebben we, om een voor Nederland representatieve steekproef van scholen te krijgen, scholen benaderd die varieerden wat betreft de schoolkenmerken gemiddeld leerlinggewicht, schoolgrootte, verstedelijking en richting (denominatie). Ter voorkoming van een oververtegenwoordiging in de steekproef van scholen met een specifieke onderwijsvisie, zoals Montessori- en Jenaplanscholen, of scholen met een minder vaak voorkomende denominatie, zoals islamitische en gereformeerde scholen, hebben we dergelijke scholen uitgesloten van deelname. Dit betreft 13.3% van de Nederlandse basisscholen (berekening o.b.v. CFI, 2011). Verder hebben we alleen scholen in de steekproef opgenomen waarvan de onderwijskwaliteit door de Onderwijsinspectie als voldoende was beoordeeld.

Om de geworven scholen gelijkmatig over de verschillende onderzoekscondities te verdelen is gebruik gemaakt van gestratificeerde sampling. Hierbij zijn de scholen op basis van schooleigenschappen in groepjes van vier of vijf aan elkaar gekoppeld. Vervolgens werd uit elk groepje random één school aan elk van de experimentele condities (E1, E2, E3) toegewezen, en één of twee scholen aan de controlegroep³.

In totaal zijn 66 Nederlandse basisscholen met 81 klassen en 1661 leerlingen in juni 2010 begonnen met het eerste deel van het onderzoek, de afname van Toets 1. In Tabel 1 (linkerzijde) is weergegeven hoe deze scholen, klassen en leerlingen over de vier condities waren verdeeld. Door

diverse redenen is een aantal scholen voortijdig gestopt met hun deelname aan het onderzoek. In september 2010 zijn 61 scholen (67 klassen) met 1463 leerlingen gestart met de interventie met mini-games, en op het moment van Toets 2 (juni 2011) deden nog 54 scholen (58 klassen) mee, met in totaal 1233 leerlingen (zie Tabel 1, midden).

Tabel 1
Aantallen deelnemende scholen, klassen en leerlingen in juni 2010, september 2010, en juni 2011, en in de analyse

Conditie	juni 2010		september 2010		juni 2011		in analyse	
	scholen (klassen)	lln	scholen (klassen)	lln	scholen (klassen)	lln	scholen (klassen)	lln
C	21 (25)	519	21 (23)	498	20 (22)	461	19 (20)	415
E1	15 (18)	381	13 (15)	336	9 (9)	206	8 (8)	176
E2	15 (19)	394	14 (14)	342	13 (13)	307	11 (11)	254
E3	15 (19)	367	13 (15)	287	12 (14)	259	8 (9)	160
Totaal	66 (81)	1661	61 (67)	1463	54 (58)	1233	46 (48)	1005

Noot. Bij juni 2011 staan de aantallen leerlingen die over waren gebleven van de deelnemende leerlingen in september 2010. lln = leerlingen.

Om de effecten van de interventies in de verschillende condities zo zuiver mogelijk te kunnen meten, hebben we in de hier gepresenteerde analyse alleen de scholen meegenomen waar de interventie voor meer dan de helft is uitgevoerd (zie paragraaf 2.3). Dit zijn 46 scholen met samen 48 klassen (zie Tabel 1, rechterzijde). Van deze scholen hebben we die leerlingen meegenomen die de gehele interventieperiode leerling waren in de deelnemende klas, en minstens één van de multiplicatieve vaardigheidstoetsen hebben gemaakt ($n = 1005$).

We hebben de representativiteit van onze uiteindelijke steekproef van leerlingen ($n = 1005$) getoetst middels een vergelijking met de dataset van de Nederlandse populatie van basisschoolleerlingen in het schooljaar 2009-2010 ($N = 1,548,419$; CBS, 2012). Deze dataset bevat informatie over het geslacht en het leerlinggewicht van de leerlingen. Uit Chi-kwadraat toetsen bleek dat, voor zowel geslacht als leerlinggewicht, onze steekproef niet significant verschilde van de populatie ($p > .05$), en dus, wat betreft deze leerlingkenmerken, als representatief kon worden beschouwd. Verder hebben we de representativiteit van onze steekproef van scholen ($n = 46$) onderzocht door deze te vergelijken met een selectie uit het databestand van Nederlandse basisscholen (CFI, 2011) volgens de bovengenoemde selectiecriteria wat betreft onderwijsvisie en denominatie ($N = 6,035$). Chi-kwadraat en t toetsen wezen uit dat onze steekproef van scholen voor alle onderzochte schoolkenmerken – denominatie, verstedelijking, schoolgrootte, en gemiddeld leerlinggewicht – representatief is ($p > .05$) voor de genoemde selectie van Nederlandse basisscholen.

2.3 Interventieprogramma

In groep 4 speelden de leerlingen gedurende twee periodes van 10 weken met mini-games: van eind september tot begin december en van februari tot april. In elke spelletjesperiode werden acht verschillende mini-games aangeboden: elke week een nieuw spelletje, behalve in de vijfde en de tiende week, waarin eerdere spelletjes konden worden herhaald.

De spelletjes

De mini-games die in de experimentele groepen werden gebruikt, waren zowel gericht op kennisconstructie – via exploreren en experimenteren – als op het automatiseren van rekenfeiten en rekenstrategieën (zie Van Borkulo et al., 2012). In de spelletjes kwamen verschillende concepten en strategieën aan de orde, zoals de commutatieve, associatieve en distributieve eigenschap, en rekenstrategieën zoals één meer/minder en verdubbelen en halveren. In de meeste van de gebruikte mini-games was sprake van intrinsieke integratie van de rekenstof: de rekenstof was onderdeel van de hoofdactiviteit van het spelletje (zie Habgood & Ainsworth, 2011).

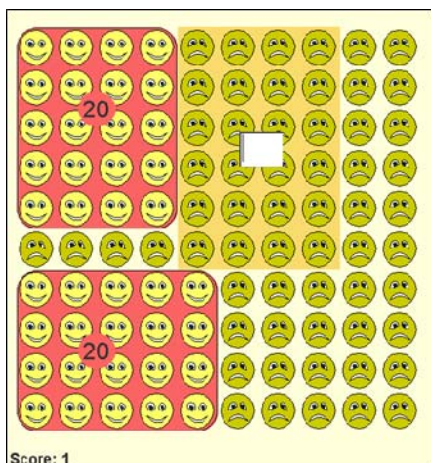
De gebruikte spelletjes waren aangepaste versies van mini-games van Rekenweb (www.rekenweb.nl). De aanpassingen hadden zowel betrekking op de moeilijkheidsgraad van de achterliggende vermenigvuldig- en deelopgaven als op de leermogelijkheden van de spelletjes. Zo kwamen in de eerste spelletjesperiode voornamelijk opgaven met 2, 5 en 10 voor, terwijl in de tweede periode ook opgaven met 3 en 4 en met 6, 7, 8, en 9 voorkwamen. Verder werden in de aangepaste spelletjes bijvoorbeeld meer en duidelijkere verbindingen gelegd tussen opgaven en representaties (bijv. formele notatie en rechthoek-structuur). Ook hebben we aan elk spelletje een scoringsmechanisme toegevoegd, waarbij de score hoger werd naarmate de leerling het spelletje vaker met succes had afgerond. Voor de controlegroep hebben we bestaande, niet door ons aangepaste mini-games van Rekenweb gebruikt, gericht op ruimtelijke oriëntatie, optellen en aftrekken.

Figuur 1 toont twee spelletjes uit het programma voor de experimentele groepen. In het spelletje “Groepjes maken” (Figuur 1a) moest de leerling steeds een rechthoekig groepje van gezichtjes maken en vervolgens bepalen hoeveel gezichtjes het groepje had. In dit spel oefende de leerling met het berekenen van keersommen (dan wel als gememoriseerde keersom, dan wel door middel van herhaald optellen). Ook kon het spelletje bijdragen aan inzicht in relaties tussen keersommen (kennisconstructie); bijvoorbeeld, 4 rijen van 5 is evenveel als 5 rijen van 4 (commutatieve eigenschap) en 5 rijen van 4 is samen 20, dan is 6 rijen 4 meer, dus 24 (één meer/minder strategie). In het spelletje “Kikker” (Figuur 1b) werd de leerling gevraagd zelf een keersom te bedenken, waarna de kikker het antwoord op een gerelateerde keersom vroeg. Ook in dit spel werd het uitrekenen van keersommen geoefend en kreeg de leerling inzicht in de relaties tussen keersommen.

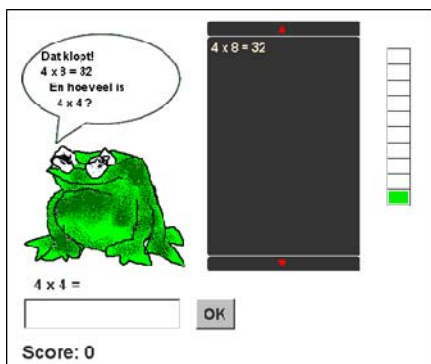
De experimentele en controle-spelletjes werden online beschikbaar gesteld, via de Digitale Wiskunde Omgeving (DWO)⁴. In de eerste week van een spelletjesperiode bevatte de DWO alleen het eerste spelletje van die periode; in latere weken werden latere spelletjes toegevoegd.

Omdat in de E2- en E3-conditie de kinderen thuis zelfstandig de spelletjes speelden, moesten we een manier vinden om de spelletjes zonder uitleg van de leerkracht te kunnen spelen. Een schriftelijke instructie over de werking van de spelletjes leek ons niet geschikt voor de betrokken leeftijdsgroep. Daarom hebben we bedacht om instructiefilmpjes toe te voegen bij de spelletjes. In deze filmpjes liet iemand die het spelletje speelt de leerlingen door hardop te denken en te zeggen wat zij doet, de fijne

kneepjes van het spel en verschillende mogelijke strategieën zien. Dit is in lijn met de suggestie van Leemkuil en De Jong (2004) dat ondersteuning vóór het spelen bevorderend kan werken voor het leren. De filmpjes, die op de openingspagina van de spelletjeswebsite aangeklikt konden worden, duurden elk ca. 3 minuten.



a



b

Figuur 1. Voorbeeld-spelletjes uit het programma van de experimentele groepen. a. “Groepjes maken” (spelletje 2 uit spelletjesperiode 1), b. “Kikker” (spelletje 3 uit spelletjesperiode 2).

Instructies voor de leerkrachten

Voorafgaand aan elke spelletjesperiode kregen de leerkrachten een handleiding, waarin per week stond beschreven welk spelletje die week aan bod kwam en hoe dit spelletje moest worden aangeboden.

Samengevat gaven de handleidingen voor de verschillende condities de volgende aanwijzingen:

E1 De leerkracht introduceert het spelletje in een klassikale les (ca. 20 minuten), aan de hand van een werkblad. Hierna bekijken de leerlingen het instructiefilmpje bij het spelletje en gaan ze het spelletje spelen. Nadat alle leerlingen ongeveer 10 minuten hebben gespeeld wordt het spelletje klassikaal nabesproken (ca. 15 minuten), gebruikmakend van het digibord of een klassikale computer. In de handleiding staat aangegeven welke onderwerpen hierbij aan bod moeten komen. Het gaat er hierbij om dat er een discussie ontstaat over welke strategieën handiger of sneller zijn in

het spelletje. Hierna spelen de leerlingen nogmaals 10 minuten met het spelletje, waarbij ze de strategieën die in de klassendiscussie zijn besproken kunnen uitproberen.

E2 De leerkracht kondigt aan dat het spelletje op de spelletjeswebsite staat en dat de leerlingen dit thuis mogen spelen. Verder wordt er op school geen aandacht aan het spelletje besteed. De leerkracht controleert niet expliciet of de leerlingen het spelletje hebben gespeeld.

E3 De leerkracht kondigt aan het begin van de week aan dat het spelletje op de spelletjeswebsite staat en dat de leerlingen dit thuis mogen spelen, en dat dit spelletje aan het eind van de week in de klas zal worden nabesproken. De klassikale nabespreking (ca. 15 minuten) ziet er hetzelfde uit als de bespreking in de E1-conditie: Er wordt besproken wat de leerlingen hebben ontdekt en welke strategieën ze handig vinden. Net als in de E2-conditie controleert de leerkracht niet expliciet of de leerlingen het spelletje hebben gespeeld. Ook leerlingen die niet thuis gespeeld hebben doen gewoon mee met de nabespreking.

C De leerkracht introduceert het spelletje in een klassikale les (ca. 10 minuten), op het digibord of op een computer. Hierna spelen de leerlingen het spelletje, in één of twee sessies van 10 minuten (afhankelijk van de beschikbare tijd).

Vóór de start van de eerste spelletjesperiode is voor de leerkrachten van de experimentele groepen (E1, E2 en E3) een informatiebijeenkomst georganiseerd. De leerkrachten werd uitgelegd dat er drie verschillende condities waren en dat het belangrijk was om zich aan de instructies van de eigen conditie te houden, om zo de effecten van de verschillende condities goed te kunnen meten. De leerkrachten uit de controlegroep werden geïnformeerd door middel van een informatiepakket. Deze leerkrachten werd niet verteld dat het onderzoek nog andere condities bevatte. Ook werd hen niet verteld dat het onderzoek ging om multiplicatieve vaardigheden. Er werd enkel gezegd dat het ging om computerspelletjes om de rekenvaardigheden te bevorderen.

Zoals genoemd in paragraaf 2.1 werd de leerkrachten in alle condities gevraagd om ervoor te zorgen dat de totale lestijd die zij op school besteedden aan de verschillende rekenonderdelen hetzelfde was als wanneer zij niet zouden meedoen aan het onderzoek. Verder werd er in alle condities een informatiebrief meegegeven voor de ouders. In de condities E2 en E3 gaf deze brief uitleg over de rol van de ouders bij het thuis spelen: Het was de bedoeling dat de ouders hun kinderen niet aanspoorden om de spelletjes te spelen, maar hen enkel de mogelijkheid gaven de spelletjes te spelen, bijvoorbeeld door te helpen met het bereiken van de spelletjeswebsite. Ook werd aangegeven dat het de bedoeling was dat de kinderen vóór het spelen het instructiefilmpje bekeken.

Controle op uitvoering van de interventie

Om te kunnen nagaan in hoeverre de interventie als beoogd werd uitgevoerd, vroegen we de leerkrachten tijdens de spelletjesperiodes een logboek bij te houden, waarin zij per week konden noteren of ze de verschillende onderdelen van de interventie wel en niet hadden uitgevoerd. Uit de logboekgegevens is gebleken dat niet op alle scholen de interventie zoals bedoeld is uitgevoerd. Op

een aantal scholen zijn, door tijdgebrek of doordat de leerkracht het was vergeten, niet alle spelletjes behandeld (d.w.z. op school gespeeld (C en E1), aangekondigd (E2) of nabesproken (E3)). Om de effecten van de spelletjes zo zuiver mogelijk te kunnen meten, hebben we alleen die scholen waar meer dan de helft van de 16 spelletjes zijn behandeld meegenomen in de analyses (zie paragraaf 2.2).

In de DWO is voor de experimentele groepen bijgehouden hoeveel tijd de leerlingen met de spelletjes hebben gewerkt. In de E1-conditie (op school spelen) was dit gemiddeld 316 minuten per leerling voor de twee spelletjesperiodes van 10 weken samen ($SD = 124$, mediaan = 321), in de E2-conditie (thuis spelen) was dit gemiddeld 113 minuten ($SD = 209$, mediaan = 47), en in de E3-conditie (thuis spelen met nabespreking op school) gemiddeld 151 minuten ($SD = 255$, mediaan = 84). Opgemerkt moet worden dat de aan de spelletjes bestede tijd in de E1-conditie onderdeel was van het lesprogramma op school (het kwam in de plaats van andere les over multiplicatieve vaardigheden), terwijl in de E2- en E3-conditie de tijd die thuis aan de spelletjes is besteed een toevoeging was op de op school bestede tijd aan multiplicatieve vaardigheden.

2.4 Toetsing van de multiplicatieve vaardigheden

Samenstelling van de toetsen

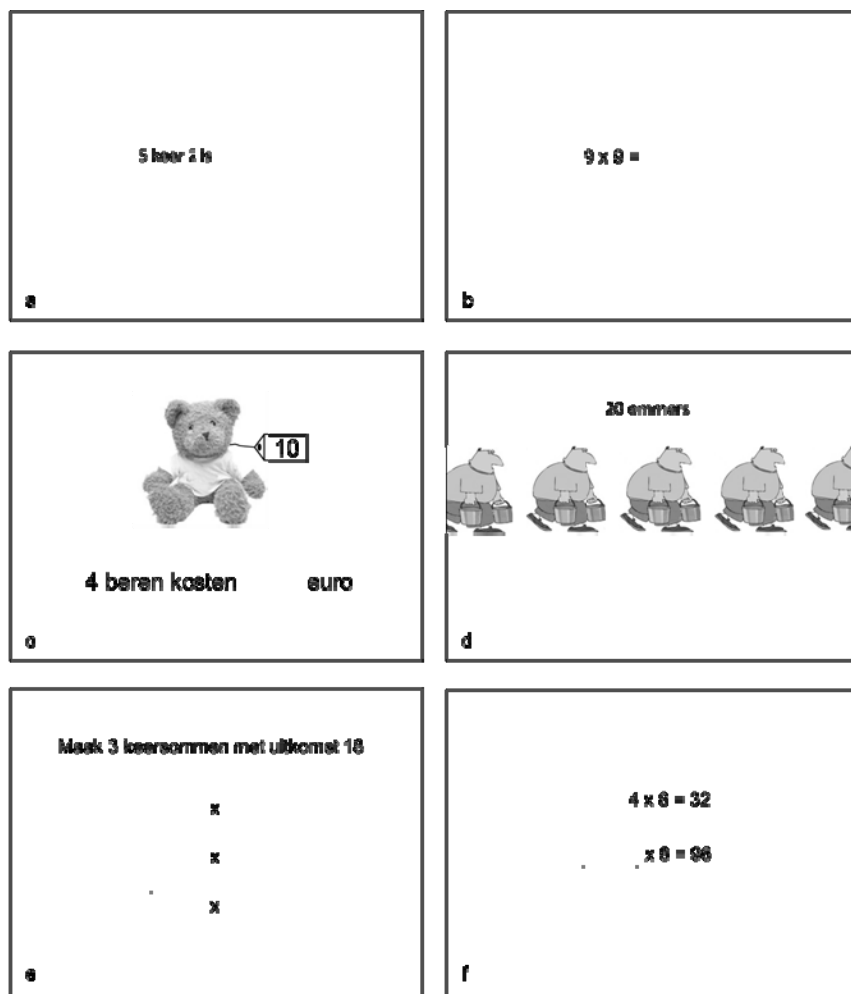
De multiplicatieve vaardigheden van de leerlingen werden gemeten met een voor- en een natoets die binnen het BRXXX-project zijn ontwikkeld. Voordat de toetsen op de onderzoeksscholen zijn afgenomen, zijn ze uitgetoetst op twee scholen die niet aan het onderzoek deelnamen.

Om de multiplicatieve vaardigheden van de leerlingen in brede zin te kunnen meten, bevatten de toetsen drie typen multiplicatieve opgaven: *kale sommen* om de tafelkennis te meten (bijv. Figuur 2a, 2b); *contextopgaven* om te meten in hoeverre deze kennis kan worden toegepast in een context (bijv. Figuur 2c, 2d); en *inzichtopgaven*, waarin de leerlingen hun tafelkennis op een hoger niveau moesten gebruiken (alleen in Toets 2; bijv. Figuur 2e, 2f). In tegenstelling tot de kale sommen en contextopgaven waren de inzichtopgaven geen recht-toe-recht-aan opgaven; Bij deze opgaven was expliciet inzicht vereist in de relaties tussen getallen en de eigenschappen van operaties, zoals factoren van getallen en de commutatieve en distributieve eigenschap.

Naast multiplicatieve opgaven bevatten de toetsen ook zogenaamde ‘afleider-items’ gericht op ruimtelijk inzicht en optellen en aftrekken. Deze items waren bedoeld om voor de leerlingen en leerkrachten in de controlegroep de focus op multiplicatieve vaardigheden te verhullen. Toets 1 (de voortoets) bevatte 28 multiplicatieve items en 12 afleider-items. Toets 2 (de natoets) bevatte 50 multiplicatieve items – waarvan er 16 ook in Toets 1 zaten (anker-items) – en 16 afleider-items. In de analyses zijn alleen de multiplicatieve items meegenomen.

Om te corrigeren voor eventuele volgorde-effecten, hebben we beide toetsen in vier verschillende versies aangeboden. Hiertoe werden de items in clusters ingedeeld. Toets 1 bevatte vier clusters (A, B, C, en D) van elk 10 items, die in de verschillende toetsversies in verschillende volgordes werden aangeboden (resp. ABCD, CDAB, BADC, en DCBA). Bij Toets 2 hebben we, om een grotere

verscheidenheid aan items te kunnen toetsen, gekozen voor zes clusters (A, B, C, D, E, en F) van elk 11 items. Elke toetsversie van Toets 2 bevatte vier van deze clusters (resp. BADE, ECFB, AFCD, en DEBA), dus 44 items. Door deze opzet kon later de totaalscore over alle 50 multiplicatieve items van Toets 2 worden berekend met behulp van een Rasch model (zie de paragraaf “Schaling van toetsscores”).



Figuur 2. Voorbeeld-items uit Toets 1 en 2. a. Kale som (Toets 1); “Vijf keer twee is...” b. Kale som (Toets 2); “Negen keer negen is...” c. Contextopgave (Toets 1 en 2); “Hoeveel kosten vier beren samen?” d. Contextopgave (Toets 1 en 2); “Twintig emmers. Hoeveel mannen zijn nodig om ze te dragen?” e. Inzichtopgave (Toets 2); “Maak drie verschillende keersommen met uitkomst 18. Je mag geen keersommen met één maken.” f. Inzichtopgave (Toets 2); “Vier keer acht is 32. Hoeveel keer acht is 96?”

Toets-procedure

De toetsen werden online via de DWO afgenomen en de leerlingen maakten de toetsen individueel. Door de online afname konden we het grote aantal deelnemers gemakkelijk bereiken en zorgden we voor een relatief formele, gestandaardiseerde toetssituatie. Alle items werden afzonderlijk op het scherm getoond, en de bijbehorende opgaven werden hardop voorgelezen door de computer. Beide toetsen duurden ongeveer 30 minuten per leerling.

Bij de afname van Toets 1 waren er op sommige scholen technische problemen door het gebruik van computers met een erg klein beeldscherm, waardoor de toets-items niet volledig zichtbaar waren. Hierdoor zijn op deze scholen veel items per ongeluk overgeslagen. Bij scholen waarvan de leerlingen gemiddeld 10 of meer ontbrekende antwoorden hadden, hebben we aangenomen dat er zich dergelijke technische problemen hebben voorgedaan en hebben we Toets 1 als ongeldig beschouwd (zie paragraaf 2.5). Dit was het geval voor 3 scholen (59 leerlingen).

Correctie van invoerfouten

Omdat de tekstvakken waarin de leerlingen hun antwoorden moesten typen allerlei soorten invoer accepteerden, waren niet alle antwoorden in de vorm van een getal. Invoerfouten waarbij duidelijk was welk getal bedoeld was, zoals “4’0” of “4o” in plaats van “40” of “vier” in plaats van “4”, werden gecorrigeerd. Bij Toets 1 leidde dit voor 0.60% van de itemresponsen ertoe dat een fout antwoord werd omgezet in een goed antwoord, bij Toets 2 was dat het geval voor 0.04% van de itemresponsen.

Schaling van toetsscores

De multiplicatieve items van Toets 1 (28 items) en Toets 2 (50 items) werden geschaald met een Rasch model, met behulp van de Conquest software (Wu, Adams, Wilson, & Haldane, 2007). Deze schaling resulteerde in schaalcores (*weighted likelihood estimates*, of WLE) voor de twee toetsen afzonderlijk. Om beide toetsscores vervolgens op eenzelfde schaal te kunnen zetten, zodat leerwinstscores berekend konden worden, hebben we gebruikgemaakt van *mean-mean linking* (Kolen & Brennan, 2004), met de aanname dat (bij gelijke leerlingvaardigheid) de item-moeilijkheden van de anker-items in beide toetsen gemiddeld genomen hetzelfde waren. Deze linking methode resulteerde in een verschuivingsconstante, die werd opgeteld bij de WLE scores van Toets 2. Alle analyses zijn gebaseerd op de uiteindelijke WLE scores.

Betrouwbaarheid

Voor Toets 1 vonden we een Cronbachs alfa van .88. Voor Toets 2 hebben we, omdat niet alle versies dezelfde items bevatten, de betrouwbaarheid van de vier verschillende versies apart berekend. Dit resulteerde in Cronbachs alfa's van, respectievelijk, .92, .90, .85 en .88. Deze Cronbachs alfa-waarden duiden op een voldoende betrouwbaarheid van de toetsen. Ook de zogenaamde WLE-betrouwbaarheid (Wu et al., 2007) van de schaalcores van Toets 1 en Toets 2, die op dezelfde manier geïnterpreteerd kan worden als een Cronbachs alfa, bleek voldoende (Toets 1: .84, Toets 2: .87). De lage percentages leerlingen (variërend van 0% tot 2%) met een minimale of maximale score op een toets en de geringe scheefheid (*skewness*) van de schaalcores (Toets 1: .28, Toets 2: .07) wijzen erop dat vloer- en plafondeffecten nauwelijks een rol speelden. Bovendien wordt door het gebruik van schaalcores de invloed van eventuele vloer- of plafondeffecten geminimaliseerd (zie Embretson, 2007).

2.5 Behandeling van ontbrekende gegevens

Voor leerlingen waarvan een van de toetscores ontbrak of ongeldig was (Toets 1: 114 leerlingen; Toets 2: 89 leerlingen), hebben we door middel van meervoudige data-imputatie schattingen gemaakt voor de ontbrekende scores (zie Graham, 2009). Hiervoor hebben we een imputatiemodel gebruikt met 18 predictoren, waaronder leerlingkenmerken, schoolkenmerken, en toetscores van leerlingen. Om recht te doen aan de geneste structuur van de data (leerlingen binnen scholen) hebben we gebruik gemaakt van meerniveau-imputatie in de “pan” software (Schafer, 2011). De imputatie resulteerde in 50 geïmputeerde datasets. In Mplus (Muthén & Muthén, 1998-2010) zijn met deze 50 datasets de analyses uitgevoerd, waarna de resultaten werden gecombineerd.

3 Resultaten

3.1 Beginverschillen tussen de groepen

Zoals beschreven in paragraaf 2.2, hebben we bij het indelen van de deelnemende scholen in de vier condities gebruik gemaakt van gestratificeerde sampling en random toewijzing aan condities. Hoewel deze methode van toewijzing over het algemeen zorgt voor vergelijkbare groepen, kunnen er toevallige verschillen tussen de groepen zijn wat betreft de leerlingsamenstelling. Bovendien kunnen er door het uitvallen van scholen, en na het uitsluiten van scholen doordat zij maar de helft of minder van de interventie hadden uitgevoerd, verschillen zijn ontstaan tussen de vier groepen. Daarom hebben we, vóór de imputatie van ontbrekende toetscores, de leerlingsamenstelling van de vier groepen vergeleken. Hierbij hebben we gekeken naar de leerlingkenmerken geslacht, leeftijd (leerlingen die een normale leeftijd hebben voor hun jaargroep vs. leerlingen die ouder en dus vertraagd zijn; vgl. Hop, 2012), leerlinggewicht en thuistaal, en naar de algemene rekenvaardigheid (gemeten met de Reken-Wiskunde toets E3 van het Cito leerling- en onderwijsvolgsysteem; Janssen, Scheltens, & Kraemer, 2005) en de scores op Toets 1. We vonden significante beginverschillen tussen de groepen voor leeftijd ($\chi^2(3) = 11.82, p < .01$, Cramers $V = .11$), thuistaal ($\chi^2(3) = 9.63, p = .02$, Cramers $V = .10$), en rekenvaardigheid ($F(3) = 3.12, p = .03, \omega^2 = .01$). Om te corrigeren voor deze beginverschillen, hebben we de variabelen *leeftijd*, *thuistaal*, en *rekenvaardigheid* als covariaten meegenomen in de hierna beschreven regressie-analyses.

3.2 Effecten van de spelletjes

Tabel 2 toont per conditie, en voor de drie experimentele condities samen, de gemiddelden en standaarddeviaties (na data-imputatie) van de schaalscores op Toets 1 en Toets 2, en de winstscore (Toets 2 – Toets 1). We zien dat de gemiddelde winstscore van de experimentele groepen samen (E: $M = 2.34, SD = 1.26$) wat hoger was dan die van de controlegroep (C: $M = 2.27, SD = 1.22$). Als we

naar de verschillende experimentele groepen kijken, zien we dat de winstscore van E3 ($M = 2.54$, $SD = 1.15$) het hoogst was. Deze groep had van alle groepen de laagste score op Toets 1, maar de hoogste score op Toets 2.

Tabel 2
Schaalscores (WLE) van Toets 1 en Toets 2, en winstscores, per conditie

Conditie	n	Toets 1		Toets 2		Winstscore ^a	
		M	SD	M	SD	M	SD
C	415	0.03	1.40	2.30	1.34	2.27	1.22
E totaal	590	-0.07	1.29	2.28	1.40	2.34	1.26
E1	176	-0.09	1.34	2.28	1.37	2.37	1.21
E2	254	-0.02	1.23	2.18	1.47	2.20	1.33
E3	160	-0.11	1.31	2.43	1.31	2.54	1.15
Totaal	1005	-0.03	1.34	2.29	1.38	2.31	1.24

^aToets 2 – Toets 1.

Om de effecten van de spelletjes te toetsen hebben we lineaire regressie-analyses uitgevoerd met de winstscore als afhankelijke variabele, waarbij de controlegroep als referentiegroep diende. Om te corrigeren voor de geneste data (leerlingen genest binnen scholen), hebben we gebruik gemaakt van *cluster robust standard errors* (Angrist & Pischke, 2009). Als covariaten werden *leeftijd*, *thuis taal*, en *rekenvaardigheid* meegenomen (zie paragraaf 3.1). Vanwege onze gerichte onderzoekshypotheses hebben we de verschillen van de experimentele groepen met de controlegroep eenzijdig getoetst (d.w.z., we hebben de tweezijdige p -waarden door 2 gedeeld).

Model 1 in Tabel 3 toont de resultaten van de vergelijking van de drie experimentele groepen samen (E) met de controlegroep (onderzoeksvraag 1). Zoals we zagen in Tabel 2 hadden de leerlingen in de E-groep gemiddeld een hogere leerwinst dan de leerlingen in de controlegroep, maar uit de regressie-analyse bleek dat dit verschil niet significant was ($B = 0.11$, $p = .23$, $d = 0.08$). Wel zien we een significant effect van de covariaat leeftijd ($B = -0.67$, $p < .01$, $d = -0.50$): vertraagde leerlingen (zittenblijvers) hadden een significant lagere leerwinst dan niet-vertraagde leerlingen.

Tabel 3
Regressie-analyse met winstscore (Toets 2 – Toets 1) als afhankelijke variabele

	Model 1				Model 2			
	B	SE	p	d ^a	B	SE	p	d ^a
Leeftijd ^b	-0.67	0.19	< .01	-0.50	-0.67	0.19	< .01	-0.50
Thuis taal ^c	-0.36	0.22	.10	-0.27	-0.34	0.22	.12	-0.25
Rekenvaardigheid	-0.00	0.00	.70	-0.00	-0.00	0.00	.67	-0.00
Conditie E	0.11	0.15	.23 ^d	0.08				
Conditie E1					0.10	0.23	.33 ^d	0.08
Conditie E2					-0.01	0.19	.47 ^d	-0.01
Conditie E3					0.31	0.21	.07 ^d	0.23

Noot. Model 1 vergelijkt de drie experimentele condities samen (E) met de controlegroep. Model 2 vergelijkt de condities E1, E2 en E3 afzonderlijk met de controlegroep.

^aEffectgrootte: B gedeeld door de standaarddeviatie van de scores op Toets 1 ($SD = 1.34$). ^bReferentie-categorie: niet-vertraagde leerlingen.

^cReferentie-categorie: eentalig Nederlands. ^dEenzijdig.

In Model 2 in Tabel 3 zijn de drie experimentele groepen E1, E2 en E3 afzonderlijk met de controlegroep vergeleken (onderzoeksvraag 2). Hier zien we dat de leerwinsten van de groepen E1 en

E2 niet significant hoger waren dan die van de controlegroep (E1: $B = 0.10$, $p = .33$, $d = 0.08$; E2: $B = -0.01$, $p = .47$, $d = -0.01$). Ook voor de E3-groep was het verschil met de controlegroep niet significant op het $\alpha = .05$ niveau ($B = 0.31$, $p = .07$, $d = 0.23$). Echter, omdat de p -waarde kleiner is dan $.10$, zouden we dit verschil ‘marginaal significant’ kunnen noemen. In een analyse van contrasten vonden we ook een marginaal significant verschil tussen de E3- en de E2-conditie ($B = 0.32$, $p = .09$, eenzijdig, $d = 0.24$); andere verschillen tussen experimentele condities onderling waren niet significant ($p > .10$). Net als in Model 1 zien we ook in Model 2 een significant effect van leeftijd ($B = -0.67$, $p < .01$, $d = -0.50$).

4 Discussie

4.1 Samenvatting en verklaring van de resultaten

De resultaten van ons onderzoek laten zien dat het inzetten van multiplicatieve mini-games in het lesprogramma multiplicatieve vaardigheden in groep 4, vergeleken met het reguliere lesprogramma voor deze vaardigheden zonder deze mini-games, niet noodzakelijkerwijs zorgt voor een grotere leerwinst op het gebied van multiplicatieve vaardigheden (onderzoeksvraag 1). Echter, wanneer de drie experimentele groepen afzonderlijk werden vergeleken met de controlegroep (onderzoeksvraag 2), vonden we een marginaal significant effect voor de E3-groep, waarin de spelletjes thuis werden gespeeld en op school werden nabesproken ($p = .07$, $d = 0.23$). De leerwinst van de andere twee experimentele groepen verschilde niet van die in de controlegroep ($p < .10$). Hieronder bespreken we voor elk van de drie experimentele condities de mogelijke verklaringen van onze bevindingen.

E1: op school spelen

Het ontbreken van een effect van de E1-conditie ten opzichte van de controlegroep suggereert dat het op school inzetten van de mini-games geen meerwaarde biedt aan het reguliere programma gericht op het leren van multiplicatieve vaardigheden. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat als de spelletjes geïntegreerd in een les worden aangeboden, wat in de E1-conditie het geval was, het door de leerkracht gebruikte repertoire van didactische aanpak en uitleg mogelijk niet veel verschilt van wat leerkrachten doorgaans gebruiken bij het onderwijzen van vermenigvuldigen en delen. Verder heeft het spelen van de spelletjes door de E1-leerlingen wellicht slechts in beperkte mate geleid tot exploreren en experimenteren, omdat dit spelen op school en in beperkte tijd moest gebeuren.

E2: thuis spelen zonder aandacht op school

Dat het thuis spelen zonder aandacht op school (E2) geen positief effect heeft gehad op de leerwinst zou verklaard kunnen worden doordat de leerlingen mogelijk niet uit zichzelf hebben gereflecteerd op wat zij in de spelletjes geleerd hebben, waardoor er geen *transfer* van het geleerde heeft

plaatsgevonden. Ook is de tijd die de leerlingen uit zichzelf aan de spelletjes hebben besteed mogelijk te kort geweest om tot een leerwinst te leiden.

E3: thuis spelen met nabespreking op school

In tegenstelling tot de E1- en de E2-conditie, wijzen de resultaten van de E3-conditie – het thuis spelen met een nabespreking op school – in de richting van een positief effect op de leerwinst ten opzichte van de controlegroep. Dit kan op verschillende manieren verklaard worden. Ten eerste was de tijd die leerlingen thuis aan de spelletjes besteedden een toevoeging op de rektijd die op school beschikbaar was, waardoor de tijd die aan vermenigvuldigen en delen werd besteed groter was in de E3-conditie dan in de controlegroep (vgl. Kamil & Taitague, 2011). Mogelijk heeft deze extra bestede tijd zich in de E3-conditie vertaald naar een (marginaal significante) leerwinst doordat de leerlingen op het geleerde konden reflecteren door middel van de nabespreking op school (bijv. Egenfeldt-Nielsen, 2005; Garris et al., 2002), wat in de E2-conditie niet het geval was. Het is echter ook mogelijk dat de aandacht op school in de vorm van een nabespreking er simpelweg voor heeft gezorgd dat de leerlingen werden aangespoord om thuis regelmatig met de spelletjes aan de slag te gaan, iets wat ook wordt gesuggereerd door het feit dat de leerlingen in de E3-conditie meer tijd aan het spelen van de spelletjes hebben besteed dan in de E2-conditie (zie paragraaf 2.3). De precieze rol van de nabespreking in de E3-conditie (een reflecterende dan wel aansprekende) kan op basis van onze resultaten niet worden vastgesteld.

Een andere mogelijke verklaring voor het marginaal significante effect in de E3-conditie ten opzichte van de controlegroep, is dat de spelletjes bij het thuis spelen meer *control* bieden (leerlingen mogen zelf kiezen wanneer, hoelang en welke spelletjes ze spelen) dan in schoolse situaties het geval is. Enerzijds kan deze grotere mate van *control* hebben geleid tot meer motivatie en daarmee tot een leereffect, anderzijds is het mogelijk dat leerlingen in de E3-conditie vrijer geëxperimenteerd hebben met multiplicatieve relaties dan ze in een schoolse situatie zouden doen, wat tot ertoe geleid kan hebben dat de nabespreking diepgaander was dan de reguliere lessen in vermenigvuldigen en delen.

Tenslotte is vermeldingswaardig dat, ondanks dat niet alle leerlingen in de E3-conditie de spelletjes thuis gespeeld hebben, er toch gemiddeld een positieve invloed lijkt te zijn van de interventie. Mogelijk hebben leerlingen die niet thuis gespeeld hebben toch geprofiteerd van de nabespreking in de klas.

4.2 Vergelijking met andere studies

In vergelijking met andere studies vallen de door ons gevonden resultaten van het op school spelen van reken-computerspelletjes (de E1-conditie) tegen. De niet-significante effectgrootte ($d = 0.08$) die wij vonden voor de E1-conditie is bijvoorbeeld kleiner dan de gemiddelde effectgroottes die gevonden werden in meta-analyses van effecten van ict in het reken-wiskundeonderwijs (Li & Ma, 2009: gemiddelde $d = 0.28$; Slavin & Lake: mediaan $d = 0.19$). Mogelijk speelt de lengte van onze

interventie hierbij een rol. Li en Ma vonden namelijk dat bij langer durende interventies met ict (> een half jaar) over het algemeen minder grote effecten worden gevonden. Mogelijk wordt er in kortere interventies intensiever gewerkt met ict. Bovendien kunnen in een lange tijdsperiode veel andere gebeurtenissen buiten de interventie van invloed zijn op het leren.

Naar de effecten van het thuis spelen van educatieve computerspelletjes is, voor zover wij weten, nog weinig onderzoek gedaan. Kolovou e.a. (2013) onderzochten wel, vergelijkbaar met onze E3-conditie, de effecten van thuis spelen en daarna op school bespreken van een pre-algebra mini-game door leerlingen in groep 8. Zij vonden een effect van $d = 0.31$ ten opzichte van een controlegroep, maar deze controlegroep had geen regulier pre-algebra programma. In onze studie was dit anders. De leerlingen in de controlegroep kregen het reguliere programma voor vermenigvuldigen en delen. Rekening houdend hiermee is de effectgrootte die wij vonden in E3-conditie ($d = 0.23$; marginaal significant) redelijk te noemen. Deze effectgrootte is vergelijkbaar met het effect van $d = 0.16$ dat Kamil en Taitague (2011) vonden voor het buiten schooltijd, in een naschools programma, spelen van een computerspel gericht op het vergroten van de woordenschat. Dit werd door Kamil en Taitague beschouwd als een waardevol effect, gezien het feit dat het spelen van de spelletjes een ‘gratis’ toevoeging was op de leertijd op school, en dat er relatief weinig middelen (bijv. leerkracht-tijd) voor nodig waren.

4.3 Beperkingen van de studie

Opgemerkt moet worden dat de gevonden resultaten alleen iets zeggen over het op de onderzochte manieren inzetten van multiplicatieve mini-games in groep 4 van de basisschool. Generalisaties naar andere leerjaren, andere reken-wiskundeonderwerpen, andere onderwijscontexten, en andere rekencomputerspelletjes zijn in principe niet te maken.

Een verdere beperking is dat we, vanwege het grootschalige karakter van de studie, niet hebben kunnen observeren hoe de nabesprekingen en lessen op school daadwerkelijk zijn verlopen. Hoewel de leerkracht-logboeken een indicatie geven, weten we niet precies hoe nauwkeurig de leerkrachten onze instructies hebben opgevolgd. Precies gezegd geven onze bevindingen de effecten aan van de op basis van onze instructies door de leerkrachten gerealiseerde interventie. Dit sluit goed aan bij de onderwijspraktijk: ook leerkracht-instructies in onderwijsmethodes kunnen meer of minder nauwkeurig worden opgevolgd.

Verder hebben we ons in dit artikel alleen gericht op de algehele effecten van de verschillende interventies en hebben we niet gekeken naar de relatie tussen de tijd die individuele leerlingen aan de spelletjes hebben besteed en hun leerwinst. Vervolgonderzoek naar deze relatie zou meer inzicht kunnen geven in de rol van de spelletjes bij het leren van multiplicatieve vaardigheden. Ook is vervolgonderzoek gewenst naar de rol van een nabespreking op school in het geval spelletjes thuis gespeeld worden.

Een andere belangrijk punt is dat er, zoals vaak het geval is bij langdurige onderzoeken op scholen, gedurende het onderzoekstraject nogal wat scholen zijn afgehaakt (zie Tabel 1). De meest voorkomende redenen waren leerkrachtwisselingen en tijdgebrek. Omdat de scholen die het onderzoekstraject hebben voltooid mogelijk andere eigenschappen hebben dan de scholen die voortijdig zijn gestopt (bijvoorbeeld betere organisatie, betere ict-voorzieningen), kunnen de bevindingen uit dit onderzoek alleen gegeneraliseerd worden naar scholen die bereid zijn de benodigde tijd in een programma met computerspelletjes te steken. In verband hiermee is het interessant dat de interventie die de meeste potentie lijkt te hebben – thuis spelen met een nabespreking op school – relatief weinig vergt van de onderwijstijd en de ict-voorzieningen op school.

4.4 Conclusie

De resultaten van het onderzoek laten zien dat het inzetten van multiplicatieve mini-games in het reken-wiskundeonderwijs in groep 4 niet noodzakelijkerwijs leidt tot een hogere leerwinst bij de leerlingen. Hoewel harde bewijzen ontbreken (het resultaat is marginaal significant), lijkt het erop dat de mini-games wel een meerwaarde kunnen hebben wanneer ze thuis worden gespeeld en op school worden nabesproken. De bevindingen wijzen op de mogelijkheid om de leertijd uit te breiden met het thuis spelen van educatieve computerspelletjes.

Noten

- 1 Projectnummer ODB 08007.
- 2 Onze dank gaat uit naar de leerkrachten en leerlingen die aan dit onderzoek hebben deelgenomen. Verder danken wij leerkracht-onderzoeker Hanneke Loomans voor haar hulp bij de uitvoering van het onderzoek.
- 3 Om de controlegroep te kunnen vergelijken met zowel de afzonderlijke experimentele groepen (E1, E2, en E3) als met alle experimentele groepen samen, hebben we ervoor gekozen om de controlegroep groter te maken dan de drie afzonderlijke experimentele groepen (1.5 keer zo groot).
- 4 De DWO is ontwikkeld door Peter Boon van het Freudenthal Instituut.

Literatuur

- Anghileri, J. (2006). *Teaching number sense* (2nd ed.). Londen: Continuum.
- Angrist, J. D. & Pischke, J.-S. (2009). *Mostly harmless econometrics: An empiricist's companion*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Ault, M., Adams, D., Rowland, A., & Tiemann, G. (2010, June). *Targeted educational games: Fun and so much more!* Paper gepresenteerd op de jaarlijkse conferentie van de International Society for Technology in Education, Denver, Colorado.
- Bai, H., Pan, W., Hirumi, A., & Kebritchi, M. (2012). Assessing the effectiveness of a 3-D instructional game on improving mathematics achievement and motivation of middle school students. *British Journal of Educational Technology*, 43, 993-1003.

- CBS. (2012). *StatLine Basisonderwijs; leerlingen in het basis- en speciaal basisonderwijs*. Opgehaald op 24 maart 2012 van <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=37846sol&D1=a&D2=1&D3=a&D4=18&HDR=G2,G3,G1&STB=T&VW=T>.
- CFI. (2011). Gegevens Nederlandse basisscholen schooljaar 2009-2010 [Databestand]. Ontvangen per e-mail op 2 december 2011.
- Cordova, D. I., & Lepper, M. R. (1996). Intrinsic motivation and the process of learning: Beneficial effects of contextualization, personalization, and choice. *Journal of Educational Psychology, 88*, 715-730.
- Egenfeldt-Nielsen, S. (2005). *Beyond edutainment. Exploring the educational potential of computer games*. Dissertatie. IT-University of Copenhagen, Copenhagen, Denemarken.
- Embretson, S. E. (2007). Impact of measurement scale in modeling developmental processes and ecological factors. In T.D. Little, J.A. Bovaird & N.A. Card (Eds.), *Modeling contextual effects in longitudinal studies* (pp. 63-87). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Frazer, A., Argles, D., & Wills, G. (2007, September). *Assessing the usefulness of mini-games as educational resources*. Paper gepresenteerd op de jaarlijkse conferentie van de Association for Learning Technology, Nottingham, UK.
- Garris, R., Ahlers, R., & Driskell, J. E. (2002). Games, motivation, and learning: A research and practice model, *Simulation & Gaming, 33*, 441-467.
- Graham, J. W. (2009). Missing data analysis: Making it work in the real world. *Annual Review of Psychology, 60*, 549-576.
- Habgood, M. P. J., & Ainsworth, S. E. (2011). Motivating children to learn effectively: Exploring the value of intrinsic integration in educational games. *The Journal of the Learning Sciences, 20*, 169-206.
- Hop, M. (red.). (2012). *Balans van het rekenwiskundeonderwijs halverwege de basisschool 5: Uitkomsten van de vijfde peiling in 2010*. Arnhem, Nederland: Cito.
- Janssen, J., Scheltens, F., & Kraemer, J.-M. (2005). *Leerling- en onderwijsvolgsysteem. Rekenen-Wiskunde. Groep 3*. Arnhem, Nederland: Cito.
- Jonker, V., Wijers, M., & Van Galen, F. (2009, October). *The motivational power of mini-games for the learning of mathematics*. Paper gepresenteerd op de European Conference on Game Based Learning, Graz, Oostenrijk.
- Kamil, M. L., & Taitague, C. (2011). Developing an electronic game for vocabulary learning: A case study. In S. Tobias & J.D. Fletcher (Eds.), *Computer games and instruction* (pp. 331-351). Charlotte, NC: Information Age.
- Kennisnet. (2009). *Vier in balans monitor 2009. Ict in het onderwijs: de stand van zaken*. Zoetermeer, Nederland: Stichting Kennisnet.
- Kirrimuir, J. (2002). *The relevance of video games and gaming consoles to the higher and further education learning experience*. Techwatch Report. Opgehaald op 10 december 2012 van <http://tecnologiaedu.us.es/nweb/htm/pdf/301.pdf>.
- Klawe, M. M. (1998, June). *When does the use of computer games and other interactive multimedia software help students learn mathematics?* Paper gepresenteerd op de Technology and NCTM Standards 2000 Conference, Arlington, VA.
- Kolen, M. J., & Brennan, R. L. (2004). *Test equating, scaling, and linking: Methods and practices* (2nd ed.). New York: Springer.
- Kolovou, A., Van den Heuvel-Panhuizen, M., & Köller, O. (2013). An intervention including an online game to improve Grade 6 students' performance in early algebra. *Journal for Research in Mathematics Education, 44*, 510-549.
- Leemkuil, H., & De Jong, T. (2004). Games en gaming. In P. Kirschner (red.), *ICT in het onderwijs: The next generation. Katern bij onderwijskundig lexicon, uitbreiding editie III* (pp. 41-63). Alphen aan de Rijn, Nederland: Kluwer.
- Li, Q., & Ma, X. (2010). A meta-analysis of the effects of computer technology on school students' mathematics learning. *Educational Psychology Review, 22*, 215-243.
- Malone, T. W., & Lepper, M. R. (1987). Making learning fun: A taxonomy of intrinsic motivations for learning. In R. E. Snow & M. J. Farr (Eds.), *Aptitude, learning, and instruction: Vol. 3 Cognitive and affective process analyses* (pp. 223-253). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Mullender-Wijnsma, M., & Harskamp, E. (2011). *Wat weten we over ... ict en rekenen in het basisonderwijs?* Zoetermeer, Nederland: Stichting Kennisnet.
- Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (1998-2010). *Mplus user's guide* (6th ed.). Los Angeles: auteur.
- Nunes, T., Bryant, P., Barros, R., & Sylva, K. (2012). The relative importance of two different mathematical abilities to mathematical achievement. *British Journal of Educational Psychology, 82*, 136-156.
- Panagiotakopoulos, C. T. (2011). Applying a conceptual mini game for supporting simple mathematical calculation skills: Students' perceptions and considerations. *World Journal of Education, 1*(1), 3-14.
- Parsons, H. M. (1974). What happened at Hawthorne? *Science, 183*, 922-932.

- Prensky, M. (2001). *Digital Game-Based Learning*. New York: McGraw-Hill.
- Schafer, J. L. (2011). pan: Multiple imputation for multivariate panel or clustered data. R package (Version 0.3) [Computer Software]. <http://CRAN.R-project.org/package=pan>.
- Slavin, R. E., & Lake, C. (2008). Effective programs in elementary mathematics: A best-evidence synthesis. *Review of Educational Research*, 78, 427-515.
- Tobias, S., Fletcher, J.D., Dai, D.Y., & Wind, A.P. (2011). Review of research on computer games. In S. Tobias & J.D. Fletcher (Eds.), *Computer games and instruction* (pp. 127-222). Charlotte, NC: Information Age.
- Van Borkulo, S., Van den Heuvel-Panhuizen, M., Bakker, M., & Loomans, H. (2012). One mini-game is not like the other: Different opportunities to learn multiplication tables. In S. De Wannemacker, S. Vandercruysse & G. Clarebout (Vol. Eds.), *Communications in computer and information science: Vol. 280. Serious games: The challenge* (pp. 61-64). Berlin: Springer.
- Vogel, J. J., Vogel, D. S., Cannon-Bowers, J., Bowers, C. A., Muse, K., & Wright, M. (2006). Computer gaming and interactive simulations for learning: A meta-analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 34, 229-243.
- Wu, M. L., Adams, R. J., Wilson, M. R., & Haldane, S. (2007). ACER ConQuest (Version 2.0) [Computer Software]. Camberwell, Australia: Australian Council for Educational Research.