

Universiteit Utrecht



**Het Effect van Embodied en Minder-embodied Trainingen op de
Rekenvaardigheid bij Zwakke en bij Sterke Rekenaars in Groep 3 van de
Reguliere Basisschool**

Masterthesis

(cursuscode 201500201)

Masteropleiding Pedagogische Wetenschappen
Masterprogramma Orthopedagogiek

2015 – 2016

Universiteit Utrecht
Faculteit Sociale Wetenschappen

Naam: Kim Schalkwijk, 4012232
Begeleider: Willemijn Schot
Tweede beoordelaar: Ilona van de Bos
Datum: 14-08-2016
Woorden:4499

Voorwoord

Dankzij dit onderzoek heb ik veel kennis verkregen over de rekenkundige vaardigheden bij jonge kinderen. Het was een erg interessant onderzoek en onderwerp, dat ook heel nuttig is voor de toekomst van kinderen. Ik vond het leuk om aan dit onderzoek te mogen meewerken samen met mijn studentcollega's. Daarnaast heeft het ook bijgedragen aan mijn persoonlijke ontwikkeling door de waardevolle ervaring, en vond ik het leerzaam om trainingen te mogen toepassen. Bij dit onderzoek is er heel nauw samengewerkt met scholen en kinderen, wat een hele mooie ervaring was. Hierdoor heb ik geleerd op verschillende fronten contact te hebben met verschillende leeftijden en groepen personen.

Ik wil graag mijn dank uitspreken voor iedereen die een bijdrage heeft geleverd aan het vervolledigen van dit onderzoek. Allereerst wil ik mijn begeleider Willemijn Schot en mijn collega-studenten bedanken voor de begeleiding, steun en dataverzameling. Ook wil ik de directie, leerkrachten, leerlingen en ouders van de basisscholen bedanken, die ervoor hebben gezorgd dat dit onderzoek kon plaatsvinden. Tot slot wil ik mijn vriend, familie en vrienden bedanken voor de steun, hulp en het vertrouwen.

Samenvatting

In deze studie wordt het effect van embodied en minder-embodied training op de rekenvaardigheid bij sterke en zwakke rekenaars in groep 3 van de reguliere basisschool onderzocht. In totaal zijn er 117 kinderen onderzocht waarbij sprake was van een voormeting. Deze 117 kinderen zijn opgedeeld in 59 sterke en 58 zwakke rekenaars. Deze 117 kinderen zijn ook onderverdeeld over vijf groepen: de controlegroep, de real-life minder-embodied training groep, de real-life embodied training groep, de tablet minder-embodied training groep en de tablet embodied training groep. Er is getoetst of de groepen significant verschillen wat betreft verbetering van de rekenvaardigheid en of dit verschilt per training en rekensterkte. Uit dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat er geen effect van de trainingen op de rekenvaardigheid is ten opzichte van de controlegroep. Als de groep wordt onderverdeeld in zwakke en sterke rekenaars blijkt er bij de sterke rekenaars wel een effect van de trainingen op de rekenvaardigheid te zijn. Sterke rekenaars boeken meer vooruitgang dan de controlegroep na de real-life embodied en real-life minder embodied training. Zwakke rekenaars boeken niet meer vooruitgang na de trainingen in vergelijking met de controlegroep. Uit het onderzoek blijkt wel dat zwakke rekenaars meer vooruitgaan in de rekenvaardigheid dan sterke rekenaars.

Trefwoorden: Embodied Cognition, training, getallenlijn, rekenvaardigheid

Abstract

In this study the effects of embodied and less-embodied training on mathematic skills are tested for strong and weak mathematic achievers in the third grade of elementary schools. A total of 117 children who took the pretest were examined. These 117 children were divided into 59 strong and 58 weak mathematic achievers. These were also divided into five groups; the control group, the real-life less-embodied training group, the real-life embodied training group, the tablet less-embodied training group and the tablet embodied training group. The research was aimed at investigating whether the groups differ significantly with regard to improving mathematical skills and whether different types of training yield different results. The results of this research indicate no positive effect of the different kinds of training on mathematical skills compared to the control group. When divided into strong and weak mathematic achievers, a positive effect can be distinguished. Strong mathematical achievers progress more than the control group when following the real-life embodied and real-life less-embodied training. Weak mathematical achievers do not show increased progress after training compared to the control group. This research does show that, in general, weak mathematical achievers progress more than strong mathematical achievers.

Keywords: Embodied cognition, training, number line, mathematic skills

EFFECT TRAININGEN REKENVAARDIGHEID STERK EN ZWAK

Trainingseffect op Rekenvaardigheid bij Zwakke en Sterke Rekenaars

Rekenvaardigheden zijn erg belangrijk in het leven. Je krijgt dagelijks te maken met diverse situaties waarbij rekenvaardigheden belangrijk zijn, zoals klokkijken. Daarom is het van belang om er zoveel mogelijk inzicht in te krijgen (Every Child a Chance Trust, 2009; Fischer, Moeller, Cress, & Nuerk, 2013; Parsons & Bynner, 2005; Ramani, & Siegler, 2008; Whyte & Bull, 2008). Personen met problemen in de rekenvaardigheden zijn in het nadeel bij het verkrijgen van werk en in hun vermogen om te functioneren in vele routinematige dagactiviteiten (Every Child a Chance Trust, 2009; Parsons & Bynner, 2005).

Belangrijke onderdelen van de rekenvaardigheid zijn de basisrekenvaardigheden en de *Number Sense*. Dit zijn sterke voorspellers van de rekenvaardigheid op lange termijn (Aunola, Leskinen, Lerkkanen, & Nurmi, 2004; Dehaene, 2001). Kinderen met goede basisrekenvaardigheden ontwikkelen zich sneller dan kinderen met minder goede basisrekenvaardigheden. Onder de basisrekenvaardigheden vallen de rekenkundige kennis, het begrip van rekenkundige concepten en het vermogen om rekenkundige procedures te volgen (Aunola, et al., 2004). Ook een goede *Number Sense* zorgt voor een snellere ontwikkeling van de rekenvaardigheid. De *Number Sense* (getalbegrip), is in het kort gezegd ons vermogen om algemene en specifieke numerieke hoeveelheden te begrijpen, schatten en verwerken (Aunio, Hautamäki, & Van Luit, 2005; Dehaene, 2001; Siegler & Ramani, 2008; Whyte & Bull, 2008). *Number Sense* wordt ontwikkeld door te oefenen met sommen, getallen en te werken met getallenlijnen. Een getallenlijn is een analoge weergave van getallen, waarbij de ruimtelijke positie van specifieke getallen aangeduid (geschat) moet worden (Aunio et al., 2005; Dehaene, 2001; Siegler & Opfer, 2003). Hierdoor blijkt de accurate ruimtelijke voorstelling van de getallenlijn indirect een betrouwbare voorspeller van rekenvaardigheden te zijn (Booth & Siegler, 2008; Fischer, Moeller, Bientzle, Cress, & Nuerk, 2011).

Kinderen verschillen bij de start van hun schoolcarrière sterk in de rekenvaardigheden die ze bezitten, waardoor sprake is van zwakke en sterke rekenaars (Arnold & Doctoroff, 2003; Cleveland, Jacobson, Lipinsky, & Rowe, 2000). Ongeveer 5% tot 10% van de kinderen heeft op jonge leeftijd moeilijkheden binnen een rekengebied. Deze kinderen lopen meer risico op het ontwikkelen van rekenproblemen op latere leeftijd (Aunio et al., 2005; Geary, Hoard, Nugent & Byrd-Craven, 2008). Kinderen met rekenproblemen zijn minder nauwkeurig in het plaatsen van getallen op de getallenlijn (Geary, Hoard, Byrd-Craven, Nugent, & Numtee, 2007; Whyte & Bull, 2008) en ze zijn minder in staat om een hoeveelheid te koppelen aan een symbolische weergave (Whyte & Bull, 2008). Dit is afhankelijk van de leeftijd en de

EFFECT TRAININGEN REKENVAARDIGHEID STERK EN ZWAK

individuele eigenschappen van een kind (Booth & Siegler, 2008; Siegler & Booth, 2004; Siegler & Opfer, 2003).

Vanwege het belang van rekenvaardigheden in het dagelijkse leven, is het trainen ervan belangrijk (Aunio, Hautamäki, & Van Luit, 2005; Ramani & Siegler, 2008). Diverse onderzoeken tonen aan dat het mogelijk is om deze vaardigheden bij zowel zwakke en sterke rekenaars te trainen, waarbij vooral zwakke rekenaars progressie boeken (Dehaene, 2001; Ramani & Siegler, 2008). In effectieve interventies voor het indirect verbeteren van rekenvaardigheden wordt de getallenlijntaak vaak gebruikt (Griffin, 2003).

Een andere invulling van trainingen om kinderen rekenvaardigheden aan te leren is door gebruik te maken van trainingen die gebaseerd zijn op *Embodied Cognition* (Black, Segal, Vitale, & Fadjo, 2012; Fischer et al., 2011; Moeller et al., 2012). *Embodied Cognition* is gebaseerd op de theorie dat de hersenen niet de enige cognitieve bron zijn die aanwezig zijn om problemen op te lossen; ook onze lichamen doen veel werk om onze doelen te bereiken (Barsalou, 2010; Wilson & Golonka, 2013). Dit wordt verklaard doordat cognitie oorspronkelijk geworteld is in de sensomotorische processen en dus bepaald wordt door lichamelijke ervaringen (Hommel, Müsseler, Aschersleben, & Prinz, 2001).

Embodied Cognition biedt een nieuw perspectief op wat het betekent om te leren, zodat leren meer een deel van de manier van begrijpen en interacteren met de wereld wordt (Black et al., 2012). Abstracte representaties ontwikkelen zich in de interacties en lichamelijke ervaringen die het kind meemaakt, waardoor het van belang is op dit niveau zwakke en sterke rekenaars te trainen (Smith, 2005). Embodied training is vooral erg effectief op de numerieke cognities van kinderen, omdat deze cognities geworteld zijn in de zintuiglijke en lichamelijke ervaringen van een persoon (embodiment) (Moeller et al., 2012). Toch is er nog veel onderzoek nodig om het belang van *Embodied Cognition* aan te tonen (Link, Moeller, Huber, Fischer, & Nuerk, 2013; Moeller et al., 2012).

Link en collega's (2013) hebben het effect van *Embodied Cognition* onderzocht. Uit de herziene resultaten kwam naar voren dat de embodied en minder-embodied trainingen evenveel positieve effecten hadden op verbetering van het schatten van getallen op de getallenlijn (Link et al., 2015). Bij het onderzoek van Link en collega's (2013) is er één real-life embodied getallenlijn training met één tablet minder-embodied getallenlijn training vergeleken om het effect van *Embodied Cognition* aan te kunnen tonen. Bij de real-life training werd een getallenlijn van 0 tot 100 op de grond geplaatst, waarna de kinderen naar de juiste plek van een gegeven getal moesten lopen vanaf 0 of 100 (zie Bijlage 1, Figuur 1, Training A). Bij de tablet training moesten ze de juiste plek op de getallenlijn aantikken. Bij

EFFECT TRAININGEN REKENVAARDIGHEID STERK EN ZWAK

dit onderzoek kunnen meerdere kanttekeningen geplaatst worden. De twee verschillende condities (real-life embodied en tablet minder-embodied) verschillen niet alleen in de mate van *Embodied Cognition*, maar ook in de vorm van training (tablet en real-life). Dit hebben Link en collega's (2013) niet duidelijk meegenomen in hun onderzoek, waardoor de condities niet goed met elkaar vergeleken kunnen worden. Daarnaast worden de beide trainingen bij één groep afgenomen, waardoor de trainingen ook moeilijk te vergelijken zijn.

Binnen het huidige onderzoek wordt voortgebouwd op het onderzoek van Link en collega's (2013), waarbij duidelijker onderscheid wordt gemaakt tussen de condities embodied en minder-embodied leren bij zwakke en sterke rekenaars. Hierbij wordt een real-life minder-embodied en een tablet embodied training toegevoegd, zodat de trainingen beter onderling met elkaar vergeleken kunnen worden. Op deze manier kan het effect van *Embodied Cognition* beter onderzocht worden bij zwakke en sterke rekenaars, zonder dat ook de vorm van de training van invloed kan zijn op de resultaten. De onderzoeksvragen die hierbij zijn opgesteld zijn: "Is er een significante vooruitgang op de rekenvaardigheid na het volgen van getallenlijntoelichtingen?" en "Is er een significante vooruitgang op de rekenvaardigheid bij zwakke en sterke rekenaars na het volgen van getallenlijntoelichtingen en verschillen die effecten onderling?" De hoofdvraag hierbij luidt: "Is er een significant verschil op de rekenvaardigheid na het volgen van een embodied of minder-embodied training, een tablettraining of een real-life training en is dit verschil anders voor zwakke en sterke rekenaars in groep 3 van de reguliere basisschool?"

Op grond van literatuur wordt verwacht dat beide groepen zullen profiteren van de training, maar dat zwakke rekenaars significant meer vooruit gaan op de getallenlijntaak dan sterke rekenaars (Geary, Hoard, Nugent & Bailey, 2012; Geary et al., 2008; Kucian et al., 2011; Ramani, & Siegler, 2008). Dit zal voor alle trainingen het geval zijn, omdat zwakke rekenaars meer mogelijkheden hebben tot verbetering (Dehaene, 2001; Kucian et al., 2011; Ramani & Siegler, 2008; Siegler & Ramani, 2008; Siegler & Ramani, 2009; Whyte & Bull, 2008). Daarnaast wordt verwacht dat vooral embodied training voor vooruitgang in rekenvaardigheid bij sterke en zwakke rekenaars zal zorgen (Black et al., 2012; Fischer et al., 2011; Moeller et al., 2012).

Methode

Participanten

De kinderen (51 jongens en 71 meisjes, $M_{leeftijd}=6,6$ $SD = .61$) uit groep 3 zijn door zes studenten in hun eigen omgeving geworven en zijn afkomstig van zeven verschillende scholen. Iedere student heeft voor- en nametingen en trainingen afgenomen bij minimaal twintig leerlingen ($N=122$). Om de rekenvaardigheid vóór en na de trainingen te kunnen vergelijken zijn alleen de kinderen opgenomen waarbij sprake was van een voor- en nameting ($N=117$). De onderzoeksgroep werd met behulp van het gemiddelde van de taken op de voormeting (Bijlage 2) ingedeeld in twee groepen. De onderzoeksgroep werd onderverdeeld in de hoogste en laagste 50% rekenaars, om te kijken óf sterke óf zwakke rekenaars meer progressie maken in het verbeteren van de rekenvaardigheid door middel van een training. Tot de zwakke rekenaars behoorden de 58 kinderen die $< .77$ (onderste 50%) goed hadden gescoord op de voormeting en tot de sterke rekenaars behoorden de 59 kinderen die $> .76$ (bovenste 50%) goed hadden gescoord op de voormeting ($N=117$).

De deelnemers aan het onderzoek zaten allen in groep 3. Deze groep heeft minder wiskundige kennis dan hogere groepen, waardoor meer accuraat het effect van de trainingen kan worden gemeten. Bij lagere groepen is het niet mogelijk, omdat zij nog niet genoeg kennis van getallen hebben om mee te kunnen doen aan het onderzoek.

Meetinstrumenten

Getallenlijntaak: Om trainingseffecten en ontwikkeling te meten is er gebruik gemaakt van een papieren-potlood versie van de getallenlijntaak. Het kind moest hierbij op een getallenlijn (20 cm), waar alleen de getallen 0 tot 100 op aangegeven waren, een streepje zetten op de plek waarvan hij of zij dacht dat een getoond getal geïmponeerd was (Siegler & Opfer, 2003). Het verschil tussen de geschatte positie en de daadwerkelijke positie van het getal wordt gebruikt als afhankelijke variabele (Link et al., 2013). De taak begon met twee oefenopgaven, waarin de taak werd uitgelegd. In totaal moest het kind twintig getallen op de getallenlijn plaatsen. De getallenlijntaak is een betrouwbare meting van numerieke schatting en is een valide instrument om de mentale getallenlijn in kaart te brengen (Siegler & Booth, 2008).

Opteltaak: Om transfereffecten in numerieke competenties te beoordelen werd er gebruik gemaakt van de opteltaak. Hierbij moest het kind twee getallen bij elkaar optellen die op een computerscherm werden getoond, waarna het juiste antwoord moest worden gekozen uit twee gegeven antwoorden. Als het linkerantwoord het goede antwoord was, moest de A-toets op het toetsenbord worden ingedrukt en als het rechterantwoord goed was de L-toets. De

EFFECT TRAININGEN REKENVAARDIGHEID STERK EN ZWAK

taak begon met drie oefenopgaven, waarbij feedback werd gegeven en geen tijdslimiet gold. Daarna werd er gestart met de daadwerkelijke test die bestond uit dertig sommen. Hierbij werd geen feedback gegeven en zat een tijdslimiet van zeven seconden per som. Ieder goed antwoord gaf een score van één punt. Er werd gebruik gemaakt van getallen van 0 tot 100. De opteltaak is gebaseerd op het onderzoek van Link en collega's (2013). Gegevens over betrouwbaarheid en validiteit zijn niet bekend.

Vergelijktaak: Ook de vergelijktaak werd gebruikt om transfereffecten in numerieke competenties te beoordelen. Hierbij moesten de kinderen twee getallen met elkaar vergelijken. Het kind werd telkens twee getallen getoond op de computer, waarbij hij of zij moest aangeven welk getal groter was. De A-toets werd voor het linkerantwoord gebruikt en de L-toets voor het rechterantwoord. De taak begon met drie oefenopgaven, waarbij feedback werd gegeven en geen tijdslimiet gold. Daarna werd er gestart met de daadwerkelijke test die bestond uit zestig testitems. Hierbij werd geen feedback gegeven en zat een tijdslimiet van zeven seconden per item. Ieder goed antwoord gaf een score van één punt. Er werd gebruik gemaakt van getallen van 0 tot 100. Uit de psychometrische kwaliteiten blijkt de taak betrouwbaar en valide (Clarke & Shinn, 2004).

Trainingen: Hierbij werd gebruik gemaakt van vier verschillende trainingscondities. Deze vier condities worden hieronder uitgelegd.

Bij de real-life embodied training (A) werd gebruik gemaakt van een op de grond geplakte getallenlijn van drie meter lang, waarbij links het getal 0 was aangegeven en rechts het getal 100. Het kind liep hierbij naar het punt waar het getal werd aangeboden (bij 0 of 100), en liep daarna naar de positie waar het kind dacht dat het getal op de getallenlijn hoorde. Daarna werd met behulp van een stok de juiste positie aangegeven en moest het kind zich verbeteren (zie Bijlage 1, Figuur 2). Bij de real-life minder-embodied training (B) werd gebruik gemaakt van dezelfde drie meter lange getallenlijn. Een getal werd bij de beginpositie getoond van waaruit het kind naar de juiste plek op de getallenlijn moest lopen. Daarna werd met behulp van een stok de juiste positie aangegeven. Hierbij mocht het kind zich niet verbeteren (zie Bijlage 1, Figuur 2).

Bij de tablet embodied training (C) kreeg het kind een getal te zien waarna hij of zij een streepje moest slepen op de tablet vanaf 0 of 100 tot de positie waar het kind dacht dat het getal hoorde te staan. Daarna werd de juiste plek getoond door middel van een rode streep, waarna de streep naar de juiste plek moest worden gesleept. Bij de tablet minder-embodied training (D), werd een getal laten zien, waarna het kind meteen de juiste plek op de

EFFECT TRAININGEN REKENVAARDIGHEID STERK EN ZWAK

getallenlijn van 0 tot 100 moest aanwijzen zonder het streepje te slepen. Daarna werd feedback gegeven over waar het streepje behoorde te zijn.

Trainingen A en C zijn embodied trainingen, waarbij ons lichaam veel werk doet om een doel te bereiken. De andere twee trainingen zijn minder-embodied trainingen, waarbij ons lichaam niet veel werk hoeft te doen. Bij de trainingen werd geen feedback gegeven als er sprake was van verkeerde getalidentificatie.

Procedure

De trainingen en voor- en nametingen werden afgenomen op scholen die hadden toestemd met het onderzoek. Hierbij werd toestemming aan de ouders van de kinderen gevraagd middels een brief. De kinderen uit groep 3 van de verschillende scholen ($N=122$), werden willekeurig in vijf kleinere groepen verdeeld (één controlegroep en de vier verschillende traininggroepen). De kinderen die behoorden tot de controlegroep ($N=24$) werden tweemaal individueel uit de klas gehaald, alleen wanneer de voor- en de nametingen bij de kinderen werden afgenomen. De voor- en nametingen namen per sessie ongeveer een half uur per kind in beslag. Hierbij werden de kinderen individueel uit de klas gehaald, waarbij ze in een aparte ruimte onder schooltijd op de computer en op papier de taken moesten uitvoeren. De kinderen ($N_{\text{totaal}}=93$, $N_{\text{trainingA}}=25$, $N_{\text{trainingB}}=24$, $N_{\text{trainingC}}=25$ en $N_{\text{trainingD}}=24$) die waren toebedeeld aan een training, namen deel aan de voor- en nameting en werden tussen de voor- en nameting ook nog zesmaal individueel uit de klas gehaald om in een aparte ruimte onder schooltijd te oefenen met de verschillende trainingen. De real-life trainingen namen per sessie ongeveer 20 minuten per kind in beslag, en de tablet trainingen per sessie ongeveer tien minuten per kind. Dit kwam uit op een totaal van zes trainingssessies en één voor- en één nameting. Daarna werd met behulp van de voor- en nametingen het effect van de trainingen beoordeeld.

Analyse

Bij de opgestelde onderzoeksvraag zijn de onafhankelijke variabelen rekensterkte en de trainingen, waarbij het kind worden onderverdeeld over training A, B, C, D of de controlegroep. Dit zijn beiden categorische variabelen (trainingen nominaal en rekensterkte ordinaal). De afhankelijke variabele is de rekenvaardigheid.

Voor beantwoording van de onderzoeksvragen wordt er een herhaalde metingen ANOVA uitgevoerd. Met behulp van de herhaalde metingen ANOVA kan er worden gekeken of er een verschil is tussen de voor- en nameting en wat de invloed is van de verschillende variabelen. De gemiddelde voormeting en gemiddelde nameting worden ingevoerd als

EFFECT TRAININGEN REKENVAARDIGHEID STERK EN ZWAK

herhaalde metingen. Daarnaast worden de variabelen trainingen en rekensterkte als between-subjects factoren ingevoerd.

Als er sprake is van significante interactie-effecten wordt het bestand gesplitst in de verschillende trainingen en rekenvaardigheid, en wordt de Paired-Samples T-test toegepast om de resultaten specifieker te kunnen interpreteren.

Resultaten

De uiteindelijke onderzoeksgroep, bestaande uit zwakke ($M_{leeftijd}=6,4$ $SD=.6$ jaar) en sterke rekenaars ($M_{leeftijd}=6,5$ $SD=.6$ jaar), bestond uit 117 kinderen uit groep 3 van de basisschool. Vijf outliers zonder voormeting zijn verwijderd uit het onderzoek. Zie Tabel 1 voor de demografische gegevens.

Tabel 1

Demografische Gegevens

	Zwakke Rekenaars			Sterke Rekenaars			Totaal		
	N	%	$M_{leeftijd}$ (SD)	N	%	$M_{leeftijd}$ (SD)	N	%	$M_{leeftijd}$ (SD)
Training A	12	10,3	6,4 (0,5)	12	10,3	7,0 (0,7)	24	20,5	6,7 (0,7)
Training B	12	10,3	6,5 (0,7)	11	9,4	6,3 (0,7)	23	19,7	6,4 (0,7)
Training C	12	10,3	6,5 (0,7)	13	11,1	6,3 (0,5)	25	21,4	6,4 (0,6)
Training D	13	11,1	6,2 (0,4)	8	6,8	6,2 (0,5)	21	17,9	6,2 (0,4)
Controle	8	6,8	6,1 (0,4)	16	13,7	6,8 (0,6)	24	20,5	6,5 (0,6)
Totaal	57	48,7	6,4 (0,6)	60	51,3	6,5 (0,6)	117	100	6,5 (0,6)

Noot. *N = aantal kinderen, % = percentage, $M_{leeftijd}$ = gemiddelde leeftijd, SD = standaard afwijking

Door middel van de Kolmogorov-Smirnov test is er voorafgaand aan de analyses aangetoond dat de data normaal verdeeld was, $t(114)=.075$, $p = .157$. Ook werd er voldaan aan de voorwaarden homogeniteit en lineariteit.

Tabel 2.

Test van Binnen-Subject Effecten

Bron		Som van kwadranten	df	Gemiddelde van kwadranten	F	Sig.	η^2
Tijd (voor en na)	Greenhouse-Geisser	.085	1.00	.085	70.164	.000	.403
Tijd (voor en na) * Zwakke en Sterke rekenaars	Greenhouse-Geisser	.018	1.00	.018	14.976	.000	.126
Tijd (voor en na) * Soort Training	Greenhouse-Geisser	.004	4.00	.001	.863	.489	.032
Tijd (voor en na) * Zwakke en Sterke Rekenaars * Soort Training	Greenhouse-Geisser	.016	4.00	.004	3.369	.012	.115
Error (voor- en nameting)	Greenhouse-Geisser	.126	104.00	.001			

Noot. *Sig. = significantie, df = vrijheidsgraad, F= F-ratio, η^2 =effectgrootte

EFFECT TRAININGEN REKENVAARDIGHEID STERK EN ZWAK

Na de Kolmogorov-Smirnov test is de herhaalde metingen ANOVA gebruikt om de onderzoeksvragen te beantwoorden. De resultaten in Tabel 2 wijzen uit dat er sprake is van een klein significant hoofdeffect van tijd $F(1)=70.164, p<.05, \eta^2=.403$. Dit is een positief hoofdeffect: de gemiddelde score na de trainingen ($M = .80, SD = .09$) is hoger dan de gemiddelde score voor de trainingen ($M = .76, SD = .10$).

Ook wijzen de resultaten uit dat er sprake is van een klein significant interactie-effect tussen tijd en rekenaars $F(1)=14.976, p<.05, \eta^2=.126$. Er is een groter verschil in gemiddelde rekenvaardigheid bij de zwakke rekenaars tussen de meting voor de trainingen ($M = .68, SD = .06$) en de meting na de trainingen ($M = .74, SD = .08$) dan het verschil in gemiddelde rekenvaardigheid bij de sterke rekenaars tussen de meting voor de trainingen ($M = .84, SD = .05$) en de meting na de trainingen ($M = .86, SD = .05$). Met behulp van een gepaarde T-test is gecontroleerd of het effect van de trainingen voor beide rekenaars significant is. Hieruit blijkt dat het effect voor zwakke rekenaars $t(55)=-6.76, p<.05$ en sterke rekenaars $t(57)=-5.07, p<.05$ significant is.

Tabel 3.

Paired-Samples T-test

Training	rekenaars		Mean (voor)	Mean (na)	t	df	Sig.
Real-life Embodied Training	Sterk	Tijd (voor en na)	.84	.88	-2.985	11	.012
	Zwak	Tijd (voor en na)	.67	.71	-2.346	10	.041
Tablet Embodied Training	Sterk	Tijd (voor en na)	.82	.84	-1.888	12	.083
	Zwak	Tijd (voor en na)	.68	.71	-1.243	10	.242
Real-life Minder-embodied Training	Sterk	Tijd (voor en na)	.86	.90	-5.451	10	.000
	Zwak	Tijd (voor en na)	.67	.72	-3.281	11	.007
Tablet Minder-embodied Training	Sterk	Tijd (voor en na)	.85	.85	.600	6	.571
	Zwak	Tijd (voor en na)	.67	.76	-5.801	12	.000
Controlegroep	Sterk	Tijd (voor en na)	.83	.85	-2.168	14	.048
	Zwak	Tijd (voor en na)	.69	.77	-4.860	8	.001

Noot. *Mean = gemiddeld percentage goed df = vrijheidsgraad, Sig. = significantie

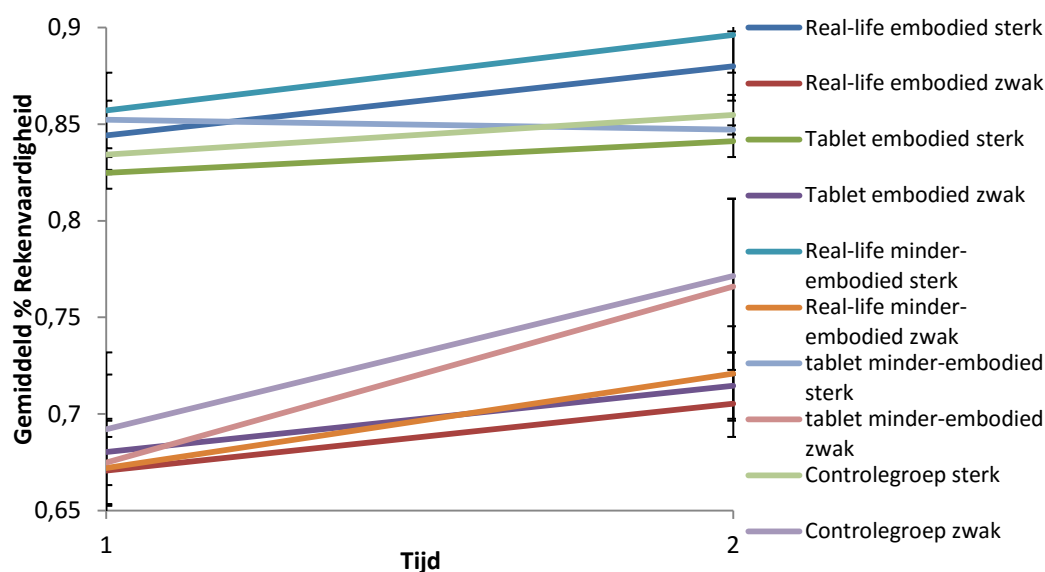
Daarnaast blijkt er sprake te zijn van een klein significant drieweg-interactie-effect tussen tijd, training en rekenaars $F(4)=3.369, p=.012, \eta^2=.115$ bij $p<.05$. Er is geen significant interactie-effect tussen tijd en training $F(4)=.863, p=.489$ (zie Tabel 2). Hieruit blijkt dat de

EFFECT TRAININGEN REKENVAARDIGHEID STERK EN ZWAK

invloed van de trainingen alleen significant verschilt als de rekensterkte wordt meegenomen. Met behulp van een gesplitst bestand op basis van de trainingen en rekenaars wordt met een gepaarde T-test gecontroleerd welke trainingen effect hebben op de rekenvaardigheid bij de sterke en zwakke rekenaars. Bij de zwakke rekenaars blijken de real-life embodied training ($M_{\text{verschil}}=.04, p=.041$), de real-life minder-embodied training ($M_{\text{verschil}}=.05, p=.007$) en de tablet minder-embodied training ($M_{\text{verschil}}=.09, p<.05$) een positief significant effect te hebben op de rekenvaardigheid (zie Tabel 3). Een belangrijke opmerking die hierbij gemaakt moet worden is dat de zwakke rekenaars die geen training hebben gevolgd een grotere vooruitgang hebben geboekt ($M_{\text{verschil}}=.08, p=.001$). Dit wijst erop dat de trainingen geen positief effect hebben op de rekenvaardigheid bij zwakke rekenaars.

Bij de sterke rekenaars hebben de real-life embodied training ($M_{\text{verschil}}=.04, p=.012$) en real-life minder-embodied ($M_{\text{verschil}}=.04, p<.05$) training een positief significant effect op de rekenvaardigheid (zie Tabel 3), waarbij beide groepen evenveel vooruitgang boeken. Hier heeft de controlegroep een significant minder grote vooruitgang ($M_{\text{verschil}}=.02, p=.048$) dan sterke rekenaars die wel één van deze trainingen hebben gevolgd (Figuur 1).

Verder blijkt uit Tabel 3 dat de zwakke rekenaars significant meer vooruitgaan in de rekenvaardigheid na de real-life minder-embodied training dan de sterke rekenaars ($M_{\text{verschil,zwak}}=.05, M_{\text{verschil,sterk}}=.04$). Bij de real-life embodied is de vooruitgang gelijk aan elkaar ($M_{\text{verschil,zwak}}=.04, M_{\text{verschil,sterk}}=.04$) en bij de tablet minder-embodied training kan hierover niks worden gezegd, omdat het effect bij de sterke rekenaars niet significant is ($p=.571$).



Figuur 1: Gemiddelde percentages goed (rekenvaardigheid) van sterke en zwakke rekenaars op voor en na de verschillende trainingen.

Conclusie en Discussie

In dit onderzoek is gekeken naar het effect op de rekenvaardigheid na het volgen van getallenlijntrainingen in groep 3 van de reguliere basisschool. Hierbij is gekeken of er een verschil is in het effect van embodied, minder-embodied, tablet en real-life trainingen op de rekenvaardigheid bij zwakke en bij sterke rekenaars in groep 3 van de reguliere basisschool. Dit onderzoek is van belang omdat rekenvaardigheden een grote rol spelen in ons dagelijkse leven (Every Child a Chance Trust, 2009; Fischer et al., 2013). Het is dus belangrijk zoveel mogelijk kennis te verkrijgen over of training effectief is, en of er verschil is tussen de effectiviteit van de trainingen bij sterke en zwakke rekenaars.

Er kan geconcludeerd worden dat er sprake is van vooruitgang op de rekenvaardigheid. Uit de resultaten blijkt dat zwakke rekenaars een grotere vooruitgang op de rekenvaardigheid tonen dan de sterke rekenaars, maar beide groepen gaan significant vooruit. Voor de zwakke rekenaars blijken de real-life embodied, de real-life minder-embodied training en de tablet minder-embodied training een positief effect te hebben. Hierbij moet wel gemeld worden dat de zwakke rekenaars uit de controlegroep de meeste vooruitgang hebben op de rekenvaardigheid. Hierdoor kan er vanuit worden gegaan dat de training bij zwakke rekenaars niet effectief is in vergelijking met de vooruitgang die ze doormaken buiten het onderzoek om. Voor de sterke rekenaars blijken de real-life embodied en de real-life minder-embodied training een positief effect te hebben. Hier heeft de controlegroep een minder grote vooruitgang op de rekenvaardigheid. Hierdoor kan er vanuit worden gegaan dat de training bij sterke rekenaars wel effectief is. Als er geen onderscheid wordt gemaakt tussen sterke en zwakke rekenaars, is er geen significant effect van de trainingen op de rekenvaardigheid.

Allereerst kan de eerste onderzoeksvraag niet positief beantwoord worden. Er is sprake van vooruitgang in de rekenvaardigheid na de trainingen, maar niet meer dan in de controlegroep. Het effect van de tijd bij zwakke en sterke rekenaars is significant, waarbij de zwakke rekenaars meer vooruitgang boeken op de rekenvaardigheid dan sterke rekenaars na de getallenlijntraining. De tweede onderzoeksvraag kan hiermee echter ook niet positief beantwoord worden, omdat de controlegroep een vergelijkbare vooruitgang laat zien. Deze resultaten zijn gedeeltelijk in overeenstemming met de verwachtingen (Geary et al., 2012; Geary et al., 2008; Kucian et al., 2011; Ramani, & Siegler, 2008). Dit kan veroorzaakt worden door de kleine onderzoeksgroep.

Daarnaast blijkt dat als de groep niet wordt onderverdeeld in sterke of zwakke rekenaars, dat de trainingen niet significant effectief zijn. Als de rekensterkte wel wordt meegenomen boeken sterke rekenaars vooruitgang op de rekenvaardigheid in vergelijking met

EFFECT TRAININGEN REKENVAARDIGHEID STERK EN ZWAK

de controlegroep na de real-life embodied en real-life minder-embodied training. Dit is bij zwakke rekenaars niet het geval. Zwakke rekenaars hebben geen voordeel van de trainingen als wordt vergeleken met de vooruitgang van de controleconditie. Dit komt niet overeen met de verwachtingen (Kucian et al., 2011; Siegler & Opfer, 2003). Deze verschillen kunnen verklaard worden, omdat de kinderen op school ook verder zijn gegaan met het oefenen met de getallenlijn, het oefenen met tellen, sommen maken en meer getallen hebben leren kennen. Hierdoor gaat de rekenvaardigheid ook zonder de aparte training vooruit (Aunio, et al., 2005). Hiermee is de hoofdvraag van dit onderzoek beantwoord.

Ook met dit onderzoek kan het voordeel van embodied training niet worden aangetoond. Er kon geen eenduidig verschil tussen de embodied en minder-embodied varianten van de trainingen worden aangetoond, net als bij het onderzoek van Link en collega's (2013).

De resultaten van dit onderzoek kunnen beïnvloed zijn door een aantal tekortkomingen. Allereerst is er gebruik gemaakt van een kleine onderzoeksgroep ($N = 117$), waarvan de verschillende trainingsgroepen uit ongeveer 23 kinderen bestonden. Dit kan voor een vertekend beeld zorgen en idealiter zou het onderzoek uitgevoerd moeten worden met grotere steekproef aantallen. Hierdoor kunnen de effecten van de verschillende trainingen beter onderzocht worden. Dit is van belang om het verschil tussen embodied en minder-embodied trainingen in kaart te krijgen, zodat dit toegepast kan worden in de manier van leren voor kinderen. Daarnaast kan er worden gekeken naar de zwakste en sterkste 10% rekenaars, in plaats van de zwakste en sterkste 50%, waardoor er duidelijkere verschillen kunnen worden aangetoond. De invloed van rekensterkte kan dan beter worden meegenomen bij de uiteindelijke resultaten.

Daarnaast kan motivatie een grote rol spelen in de resultaten. De ouders melden de kinderen aan, waardoor de inzet en motivatie van de kinderen extreem kan verschillen. Er is een grotere kans dat kinderen minder gemotiveerd zijn, omdat ze door hun ouders verplicht zijn mee te doen. Hierdoor kan het zijn dat de meer gemotiveerde kinderen bij de training goed meedoen, waardoor ze bij de nameting hoog scoren, en andersom. Hierdoor kunnen de stijgingen onderling erg verschillen. Daardoor is het moeilijk een duidelijk beeld te vormen over de uiteindelijke resultaten die in het onderzoek naar voren zijn gekomen.

Ook blijkt dat de kinderen in midden groep 3 nog niet allemaal zo ver zijn dat ze de getallen tot 100 op de getallenlijn kennen. Het niveau van hun kennis was afhankelijk per school, kind en tijdstip dat de trainingen werden toegepast. Hierdoor was het voor hun erg moeilijk boven een bepaald getal te weten welk getal het was (bijvoorbeeld 85 werd gezien

EFFECT TRAININGEN REKENVAARDIGHEID STERK EN ZWAK

als 58), waarbij de kinderen niet verbeterd mochten worden en ze daardoor geen vooruitgang boekten. Een maand later trainen zorgt ervoor dat de kinderen meer voordeel hebben. Deze kinderen waren veelal al verder op de getallenlijn op school, en hadden ook de basisrekenvaardigheden verder ontwikkeld. Dit kan van invloed zijn geweest op de resultaten. Om dit te voorkomen is het voor vervolgonderzoek van belang om alle trainingen op hetzelfde moment te laten plaatsvinden. Hierdoor is de kans groter dat alle kinderen op dat moment even ver zijn met de vorderingen op de getallenlijn. Hierdoor zullen de resultaten beter op elkaar aansluiten en betrouwbaarder zijn.

Naar aanleiding van de resultaten van het onderzoek kan geconcludeerd worden dat alleen sterke rekenaars baat hebben bij het volgen van een getallenlijntraining voor de ontwikkeling van de rekenvaardigheid als wordt vergeleken met de controlegroepen. Resultaten uit dit onderzoek kunnen verwerkt worden in de uitvoering van vervolginventies en trainingen voor sterke rekenaars in schoolsituaties. Kinderen kunnen met behulp van deze interventies bepaalde rekenvaardigheden verbeteren. Ook kan dit onderzoek zorgen voor verbetering van kennis op het gebied van rekenvaardigheid wat van belang is bij de verdere ontwikkeling van kinderen (Link et al., 2013; Ramani, & Siegler, 2008; Whyte & Bull, 2008).

Referenties

- Arnold, D. H., & Doctoroff, G. L. (2003). The early education of socioeconomically disadvantaged children. *Annual Review of Psychology*, *54*, 517-545.
doi:10.1146/annurev.psych.54.111301.145442
- Aunio, P., Hautamäki, J., & Van Luit, J. E. H. (2005). Mathematical thinking intervention programmes for preschool children with normal and low number sense. *European Journal of Special Needs Education*, *20*, 131-146. doi:10.1080/08856250500055578
- Aunola, K., Leskinen, E., Lerkkanen, M. K., & Nurmi, J. E. (2004). Developmental dynamics of math performance from preschool to grade 2. *Journal of Educational Psychology*, *96*, 699-713. doi:10.1037/0022-0663.96.4.699
- Barsalou, L. W. (2008) Grounded cognition. *Annual Review Psychology*, *59*, 617–645.
doi:10.1146/annurev.psych.59.103006.093639
- Barsalou, L. W. (2010). Grounded cognition: past, present, and future. *Topics in Cognitive Science*, *2*, 716-724. doi:10.1111/j.1756-8765.2010.01115.x
- Black, J. B., Segal, A., Vitale, J., & Fadjo, C. L. (2012). Embodied cognition and learning environment design. *Theoretical Foundations of Learning Environments*, *2*, 198-223.
- Booth, J.L., & Siegler, R.S. (2008). Numerical magnitude representations influence arithmetic learning. *Child Development*, *79*, 1016–1031. doi:10.1111/j.1467-8624.2008.01173.x
- Clarke, B., & Shinn, M. R. (2004). A preliminary investigation into the identification and development of early mathematics curriculum-based measurement. *School Psychology Review*, *33*, 234-248.
- Cleveland, H. H., Jacobson, K. C., Lipinsky, J. J., & Rowe, D. C. (2000). Genetic and shared environmental contributions to the relationship between the home environment and child and adolescent achievement. *Intelligence*, *28*, 69-86. doi:10.1016/S0160-2896(99)00029-X
- Dehaene, S. (2001). Précis of the number sense. *Mind & Language*, *16*, 16-36.
doi:10.1111/1468-0017.00154
- Every Child a Chance Trust. (2009). *The long-term costs of mathematic skills difficulties*. Retrieved from <http://www.everychildachancetrust.org>
- Fischer, M. H. (2008) Finger counting habits modulate spatial–numerical associations. *Cortex*, *44*, 386–392. doi:10.1016/j.cortex.2007.08.004
- Fischer, U., Moeller, K., Bientzle, M., Cress, U., & Nuerk, H. C. (2011). Sensori-motor spatial training of number magnitude representation. *Psychonomic Bulletin & Review*, *18*, 177-183. doi:10.3758/s13423-010-0031-3

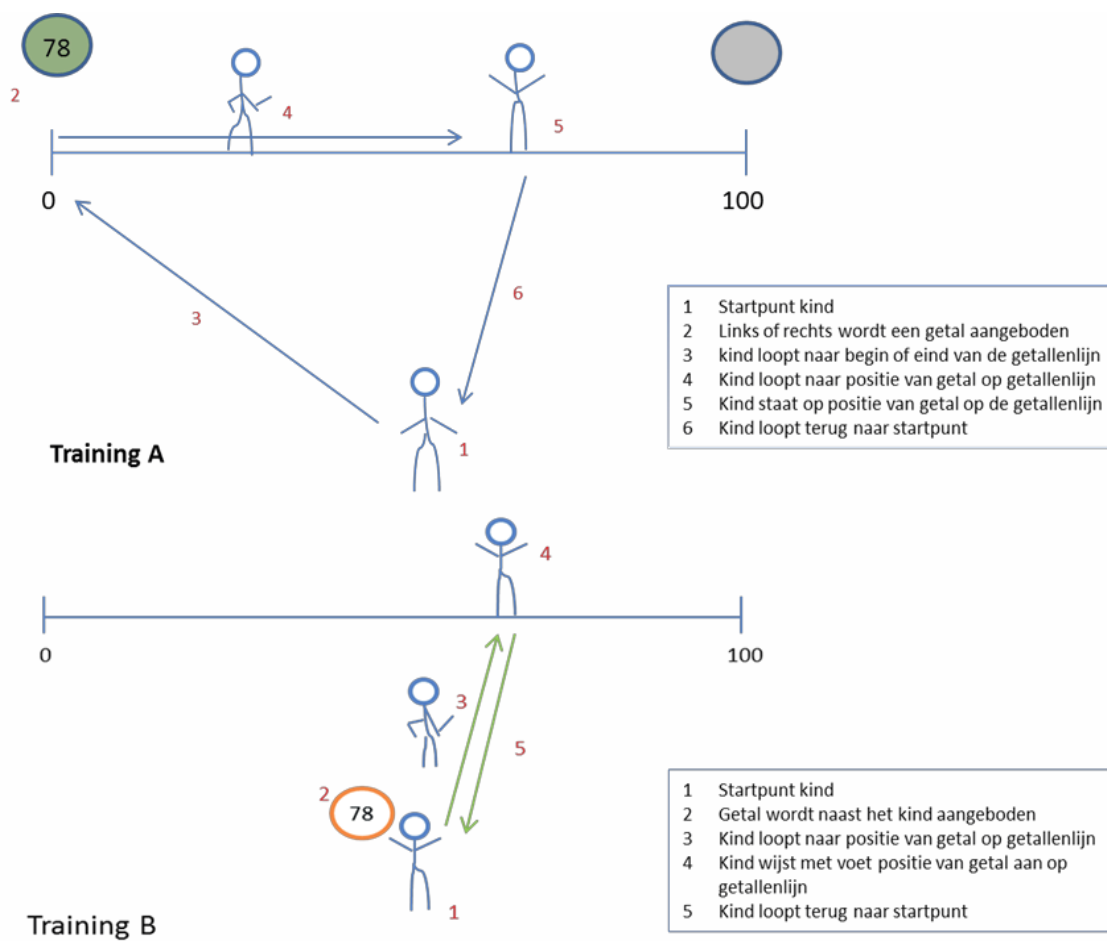
EFFECT TRAININGEN REKENVAARDIGHEID STERK EN ZWAK

- Fischer, U., Moeller, K., Cress, U., & Nuerk, H. C. (2013). Interventions supporting children's mathematics school success: A meta-analytic review. *European Psychologist, 18*, 89-113. doi:10.1027/1016-9040/a000141
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., Nugent, L., & Numtee, C. (2007). Cognitive mechanisms underlying achievement deficits in children with mathematical learning disability. *Child Development, 78*, 1343-1359. doi:10.1111/j.1467-8624.2007.01069.x
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., & Bailey, D. H. (2012). Mathematical cognition deficits in children with learning disabilities and persistent low achievement: A five-year prospective study. *Journal of Educational Psychology, 10*, 206-223. doi:10.1037/a0025398
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., & Byrd-Craven, J. (2008). Development of number line representations in children with mathematical learning disability. *Developmental Neuropsychology, 33*, 277-299. doi:10.1080/87565640801982361
- Griffin, S. (2003). *Number worlds: A research-based mathematics program for young children*. In D. H. Clements & A. DiBiase (Eds.), *Engaging young children in mathematics: Findings of the 2000 national conference on standards for preschool and kindergarten mathematics education* (pp. 325–342). Hillsdale: Erlbaum Associates, Inc
- Kucian, K., Grond, U., Rotzer, S., Henzi, B., Schönmann, C., Plangger, F., ... & von Aster, M. (2011). Mental number line training in children with developmental dyscalculia. *Neuroimage, 57*, 782-795. doi:10.1016/j.neuroimage.2011.01.070
- Link, T., Moeller, K., Huber, S., Fischer, U., & Nuerk, H. C. (2013). Walk the number line—An embodied training of numerical concepts. *Trends in Neuroscience and Education, 2*, 74-84. doi:10.1016/j.tine.2013.06.005
- Link, T., Moeller, K., Huber, S., Fischer, U., & Nuerk, H. C. (2015). Walk the number line—An embodied training of numerical concepts. *Trends in Neuroscience and Education, 2*, 74-84. doi:10.1016/j.tine.2013.06.005
- Moeller, K., Fischer, U., Link, T., Wasner, M., Huber, S., Cress, U., & Nuerk, H. C. (2012). Learning and development of embodied numerosity. *Cognitive Processing, 13*, 271-274. doi:10.1007/s10339-012-0457-9
- Parsons, S., & Bynner, J. (2005). *Does mathematics skills matter more?* Londen: National Research and Development Centre for Adult Literacy and Mathematics skills.
- Ramani, G. B., & Siegler, R. S. (2008). Promoting broad and stable improvements in low-income children's numerical knowledge through playing number board games. *Child Development, 79*, 375-394. doi:10.1111/j.1467-8624.2007.01131.x.

EFFECT TRAININGEN REKENVAARDIGHEID STERK EN ZWAK

- Siegler, R. S., & Booth, J. L. (2004). Development of numerical estimation in young children. *Child Development, 75*, 428–444. doi:10.1111/j.1467-8624.2004.00684.x
- Siegler, R. S., & Opfer, J. E. (2003). The development of numerical estimation evidence for multiple representations of numerical quantity. *Psychological Science, 14*, 237-250. doi: 10.1111/1467-9280.02438
- Siegler, R. S., & Ramani, G. B. (2008). Playing linear numerical board games promotes low-income children's numerical development. *Developmental Science, 11*, 655-661. doi:10.1111/j.1467-7687.2008.00714.x
- Siegler, R. S., & Ramani, G. B. (2009). Playing linear number board games—but not circular ones—improves low-income preschoolers' numerical understanding. *Journal of Educational Psychology, 101*, 545. doi:10.1037/a0014239.
- Whyte, J. C., & Bull, R. (2008). Number games, magnitude representation, and basic number skills in preschoolers. *Developmental Psychology, 44*, 588. doi:10.1037/0012-1649.44.2.588.
- Wilson, M. (2002) Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review, 9*, 625–636. doi:10.3758/BF03196322
- Wilson, A. D., & Golonka, S. (2013). Embodied cognition is not what you think it is. *Frontiers in Psychology, 4*, 1-13. doi:10.3389/fpsyg.2013.00058

Bijlage



Figuur 2: De real-life embodied training (training A) en real-life minder-embodied training (training B).

Bijlage 2

Om het verschil in rekenvaardigheid te berekenen zijn de voor- en nameting met elkaar vergeleken, waarbij werd gekeken naar het gemiddelde (percentage correct) van de opteltaak, vergelijktaak en getallenlijntaak. Bij de opteltaak en vergelijktaak werd gekeken naar het percentage correcte antwoorden, waardoor de getallenlijntaak ook in percentage correct omgezet diende te worden. Hierdoor konden de resultaten van de drie taken samen worden genomen om één uiteindelijk getal te berekenen voor de rekenvaardigheid van kinderen voor en na de training.

Om het ‘gemiddelde percentage correct’ te berekenen bij de voor- en nameting van de vergelijktaak werd er gebruik gemaakt van de volgende manier: Er werd per persoon bij elke vraag te gekeken of zijn antwoord correct of incorrect was op de vergelijktaak. Voor een correct antwoord kreeg de persoon in kwestie 1 punt en voor een incorrect antwoord 0 punten. Alle punten werden bij elkaar opgeteld en gedeeld door het aantal vragen (60), om het ‘gemiddelde percentage correct’ van de persoon in kwestie te berekenen, zie onderstaande formule (waarbij zwakke en sterke rekenaars apart werden genomen):

$$1. \quad T_p = \frac{1}{N} \sum_{v=1}^N t_{v,p}$$

N = totaal aantal vragen
 p = persoon
 v = vraag
 T = gemiddelde percentage correct op de vergelijktaak
 t = vergelijktaak
 Σ = som

Om het ‘gemiddelde percentage correct’ te berekenen bij de voor- en nameting van de opteltaak werd er gebruik gemaakt van de volgende manier: Er werd per persoon bij elke vraag te gekeken of zijn antwoord correct of incorrect was op de opteltaak. Voor een correct antwoord kreeg de persoon in kwestie 1 punt en voor een incorrect antwoord 0 punten. Alle punten werden bij elkaar opgeteld en gedeeld door het aantal vragen (30), om het ‘gemiddelde percentage correct’ van de persoon in kwestie te berekenen, zie onderstaande formule (waarbij zwakke en sterke rekenaars apart werden genomen):

$$2. \quad O_p = \frac{1}{N} \sum_{v=1}^N o_{v,p}$$

N = totaal aantal vragen
 p = persoon
 v = vraag
 O = gemiddelde percentage correct op de opteltaak
 o = opteltaak
 Σ = som

Om het ‘gemiddelde percentage correct’ te berekenen bij de getallenlijntaak is er eerst gekeken naar de gemiddelde maximum afwijking bij de getallenlijnen. Dit is gedaan door per getallenlijn te kijken wat de maximumafwijking was, dus als het getal 23 op de lijn moest worden gezet was de maximale afwijking $100-23=77$ ($100-gl_v$) en als het getal 55 op de lijn moest worden gezet was de maximale afwijking $55(gl_v)$. Daarna is de gemiddelde maximumafwijking (=73) uitgerekend, zie formule:

EFFECT TRAININGEN REKENVAARDIGHEID STERK EN ZWAK

$$3. \quad \frac{1}{N} \sum_{v=1}^N \max(gl_v, 100 - gl_v)$$

N = totaal aantal vragen
 v = vraag
 gl = getallenlijntaak
 Σ = som

Om het ‘gemiddelde percentage correct’ in plaats van het ‘gemiddelde percentage incorrect’ te berekenen werd er gebruik gemaakt van 1- (gemiddelde verschil afstand van de nameting of voormeting ÷ gemiddelde maximumafwijking):

$$VMgl,gpc = 1 - (VMgl_e / 73)$$

$$NMgl,gpc = 1 - (NMgl_e / 73)$$

Hierbij staan VMgl,gpc en NMgl,gpc voor het ‘gemiddelde percentage correct’ bij de voormeting en nameting van de getallenlijntaken.

De formule om het ‘gemiddelde percentage correct’ voor één persoon op de getallenlijntaak te berekenen werd:

$$4. \quad GL_p = 1 - (gl_{e,p} \div gl_{max})$$

p = persoon
 GL = gemiddelde percentage correct op de getallenlijntaak
 gl = getallenlijntaak
 e = gemiddelde error (verschil)
 max = gemiddelde maximumafwijking

Om het ‘gemiddelde percentage correct’ voor één persoon (=rekenvaardigheid) te berekenen van de gezamenlijke taken bij de voor- en nameting werd er gebruik gemaakt van de volgende formule (waarbij zwakke en sterke rekenaars apart werden genomen):

$$5. \quad \frac{1}{3} (Gl_p + Op + Tp)$$

Door de rekenvaardigheid op de voormeting te vergelijken met de rekenvaardigheid op de nameting kon beoordeeld worden of de trainingen invloed hadden op de rekenvaardigheid bij zwakke en sterke rekenaars.