

Universiteit Utrecht



**'Het ontwikkelen van de mentale getallenlijn
door Embodied Cognition'**

Masterthesis

Universiteit Utrecht

Masteropleiding pedagogische wetenschappen

Masterprogramma Orthopedagogiek

Naam	A.M. van der Steen
Studentennummer	5595533
Naam begeleider	Anne van Hoogmoed (Jan van de Beek)
Naam 2e beoordelaar	Ilona van de Bos
Datum	3 juni 2016
Aantal woorden	3891

Voorwoord

Voor u ligt de masterthesis 'het ontwikkelen van de mentale getallenlijn door 'embodied cognition'. Na het afronden van de PABO was ik opzoek naar een nieuwe uitdaging waarbij ik meer achtergrondkennis kon verwerven over kinderen met gedrag- en/of leerproblemen. Deze uitdaging heb ik gevonden bij de opleiding master orthopedagogiek aan de Universiteit van Utrecht. In het kader van mijn afstuderen aan deze opleiding heb ik deze masterthesis geschreven. In het onderzoek van deze masterthesis wordt gekeken of kinderen getallen op een getallenlijn beter kunnen schatten in een training gebaseerd op het concept 'embodied cognition', dan in een training waarin embodied cognition een relatief kleine rol in speelt.

Tijdens het onderzoeksproces heb ik meer kennis verworven over de invloed van getalbegrip op rekenvaardigheden en het begrip 'embodied cognition'. Het geven van de trainingen aan de kinderen heb ik met veel plezier gedaan. De kinderen waren erg enthousiast en betrokken. De rekentraining, die gebaseerd was op het concept 'embodied cognition', ga ik zeker onthouden als ik als leerkracht ooit weer terug voor de klas sta.

Bij deze wil ik graag mijn begeleiders, Anne van Hoogmoed, Jan van de Beek en Willemijn Schot bedanken voor de goede begeleiding en feedback tijdens het onderzoek. Hier heb ik veel van geleerd. Daarnaast wil ik mijn medestudenten uit mijn thesisgroep bedanken voor de fijne samenwerking en steun tijdens het onderzoeksproces. Tot slot wil ik graag alle leerkrachten, ouders en kinderen bedanken die mee hebben gewerkt aan dit onderzoek. Zonder deze hulp was dit onderzoek niet tot stand gekomen.

Ik wens u veel leesplezier toe.

Sandra van der Steen

Houten, 3 juni 2016

Samenvatting

Doel: Het doel van dit onderzoek is om in kaart te brengen of embodied cognition invloed heeft op de ontwikkeling van de mentale getallenlijn bij kinderen. Er is onderzocht of kinderen getallen beter leren schatten op een getallenlijn in een training gebaseerd op embodied cognition, dan in een tablet training waar embodied cognition een relatief kleine rol in speelt. **Methode:** De onderzoeksgroep bestaat uit 44 groep 3 leerlingen uit het regulier basisonderwijs. Hiervan participeerden 20 leerlingen in de embodied training en 24 leerlingen in de tablet training. Er is gebruik gemaakt van een Repeated Measures Anova om te onderzoeken of de kinderen in de embodied training significant meer vooruitgingen tijdens de trainingssessies dan de kinderen in de tablet training. **Resultaten:** Uit de onderzoeksresultaten blijkt dat de kinderen significant beter scoorden naarmate ze meer trainingssessies gevolgd hadden. Daarnaast hadden de kinderen in de embodied training significant beter gescoord dan de kinderen in de tablet training. De kinderen in de embodied training gingen niet significant meer vooruit dan de kinderen in de tablet training. **Conclusie:** Uit dit onderzoek blijkt dat kinderen beter getallen op een getallenlijn kunnen schatten naarmate ze meer trainingssessies gevolgd hebben. De kinderen gaan in een training gebaseerd op embodied cognition niet meer vooruit dan in een training waar embodied cognition een relatief kleine rol in speelt.

Trefwoorden: *getalbegrip, rekenvaardigheden, mentale getallenlijn, embodied cognition*

Abstract

Objective: The aim of this study is to investigate whether embodied cognition has an influence on the development of mental number line in children. This study investigated whether children learn to estimate numbers on a number line better in a training based on embodied cognition, than in a tablet training in which embodied cognition plays a relative small role. **Method:** A total of 44 children in third grade from elementary schools, have participated in this study. 20 children received an embodied training and 24 children received a tablet training. The Repeated Measures Anova was used to investigate whether children in the embodied training made larger improvements over the training sessions, than children in the tablet training. **Results:** The children scored significantly better as they received more training sessions. In addition, the children in de embodied training scored significant better than the children in the tablet training. The children in the embodied training did not make a greater improvement than the children in the tablet training. **Conclusion:** This study shows that children learn to estimate numbers on a number line better as they received more training sessions. The children in a training based on embodied cognition, do not make a greater improvement than children in a training in which embodied cognition plays a relative small role.

Keywords: *number sense, arithmetic skills, mental number line, embodied cognition*

Het ontwikkelen van de mentale getallenlijn door Embodied Cognition

In onze samenleving is het belangrijk dat kinderen leren om vlot te kunnen lezen en rekenen. Dit bevordert later niet alleen het functioneren in de maatschappij, maar ook het participeren op de arbeidsmarkt (Ruijsenaars, Minnaert & Ghesquière, 2014). Er blijkt namelijk een positief verband te bestaan tussen de rekenvaardigheid van de bevolking en de economische ontwikkeling in een land. Uit onderzoek is gebleken dat de economie harder groeit, als de rekenvaardigheid van de bevolking hoog is (OECD, 2010).

Het leren rekenen begint bij het ontwikkelen van getalbegrip. Getalbegrip is het vermogen om hoeveelheden snel te begrijpen, te benaderen en te verwerken (Dehaene, 2001). Getalbegrip blijkt al vroeg in de kinderlijke ontwikkeling aanwezig te zijn en de basis te vormen voor complexe rekenkundige vaardigheden (Booth & Siegler, 2008; Jordan, Kaplan, Ramineni & Locuniak, 2009). Uit verschillende onderzoeken komt naar voren dat getalbegrip een belangrijke voorspeller is voor rekenvaardigheid in de toekomst (Booth & Siegler, 2008; Holloway & Ansari, 2009). Wanneer getalbegrip niet goed ontwikkeld is, kan dit later leiden tot rekenproblemen (Gersten, Jordan, & Flojo, 2005; Siegler & Ramani, 2009). Tijdens de basisschoolperiode is het dus belangrijk dat kinderen een goed getalbegrip ontwikkelen. Om dit te bereiken is het essentieel dat er onderzoek gedaan moet worden naar hoe de ontwikkeling van getalbegrip verloopt en hoe dit bij kinderen gestimuleerd kan worden.

De mentale getallenlijn

Een onderdeel van getalbegrip is de mentale getallenlijn (Moeller et al., 2012). De mentale getallenlijn is het besef dat getallen op een denkbeeldige lijn kunnen staan. Kinderen kunnen hierdoor aangeven wat nabijgelegen getallen zijn (zes is vlakbij en voor zeven) en ook getallen met elkaar vergelijken (vijf is minder dan zes) (Van Luit, 2009). De mentale getallenlijn wordt bij kinderen steeds preciezer naarmate kinderen ouder worden en meer ervaringen hiermee opdoen (Siegler & Booth, 2004). Jonge kinderen plaatsen de getallen in een logaritmische vorm. Ze denken dat de afstand tussen twee opeenvolgende getallen aan het begin van de getallenlijn groter is, dan de afstand tussen twee opeenvolgende getallen verderop in de getallenlijn. De afstand tussen twee opeenvolgende getallen wordt voor hun gevoel steeds kleiner naarmate ze verder in de getallenlijn komen. Hierdoor komt het voor dat kinderen een getal als 10 op de plaats van het getal 40 plaatsen op een lege getallenlijn van 0 tot 100 (Booth & Siegler, 2006; Siegler & Booth, 2004; Siegler & Opfer, 2003). Wanneer kinderen ouder worden en meer ervaring met de getallen opdoen, plaatsen ze de getallen steeds meer in een lineaire vorm (Ebersback, Luwel, Frick, Onghena & Verschaffel, 2008). Pas als kinderen begrijpen dat de afstand tussen twee opeenvolgende getallen altijd hetzelfde

is als bij twee andere opeenvolgende getallen, dan kunnen kinderen een goede schatting maken van de plaats van het getal op een lege getallenlijn (Moeller, Pixner, Kaufmann & Nuerk, 2009).

Uit onderzoek blijkt dat getalbegrip en de ruimtelijke voorstelling van hoeveelheden bij kinderen getraind kunnen worden en dat vooral motorische activiteiten een positief effect hebben op het leren van rekenvaardigheden (Domahs, Moeller, Huber, Willmes, & Nuerk, 2010; Fischer, 2008; Gracia-Bafalluy & Noël, 2008). Zo blijkt het rekenen op de vingers bijvoorbeeld een positief effect te hebben op de rekenprestaties van de kinderen (Gracia-Bafalluy & Noël, 2008). Daarnaast blijkt uit onderzoek dat wanneer kinderen eenvoudige getallenlijntaken maken, hierbij niet alleen de nauwkeurigheid van de mentale getallenlijn verbetert, maar ook de prestaties op andere rekenvaardigheden bevordert, zoals tellen, hoeveelheden benoemen en hoeveelheden vergelijken (Ramani & Siegler, 2008; Whyte & Bull, 2008). Er zijn hierdoor in een aantal onderzoeken sensomotorische trainingen ontwikkeld voor het ontwikkelen van getalbegrip bij kinderen. Deze trainingen zijn gebaseerd op het concept 'embodied cognition' (Fischer, Moeller, Bientzle, Cress & Nuerk, 2011; Link, Moeller, Huber, Fischer & Nuerk, 2013).

Embodied Cognition

Volgens het concept 'embodied cognition' leren kinderen abstracte voorstellingen door zintuiglijke en lichamelijke ervaringen (Wilson, 2002). Er blijkt namelijk een interactie te bestaan tussen de cognitieve en de fysieke wereld. Door lichamenlijk te bewegen, blijken kinderen makkelijker grip te krijgen op cognitieve vaardigheden (Andres, Olivier & Badets, 2008). Hierdoor wordt nieuwe informatie sneller opgenomen (Wilson, 2002). Aan de hand van dit concept ontwikkelden Fischer en collega's (2011) voor hun onderzoek een sensomotorische training waarbij kinderen hoeveelheden moesten vergelijken. De kinderen moesten een stap naar links of naar rechts zetten op een dansmat om aan te geven of een getal groter of kleiner was dan het standaardgetal. Deze training werd vergeleken met een niet-sensomotorische training waarbij de kinderen twee getallen moesten vergelijken op een tablet en met een elektronische pen moesten aanklikken welk getal groter was. Uit dit onderzoek bleek dat de sensomotorische training effectiever was, dan de niet-sensomotorische training.

In het onderzoek van Link en collega's (2013) werd de mentale getallenlijn getraind door kinderen getallen te laten schatten op een getallenlijn en ze hierbij over een 'real-life' getallenlijn vanaf getal 0 of vanaf getal 100 te laten lopen. De kinderen ervoeren zo de relatie tussen de grootte van een getal en de afstand die ze moesten lopen op een getallenlijn. Deze training werd vergeleken met een tabletversie van deze training waarbij de kinderen een getal

op de getallenlijn direct moesten aanwijzen op een tablet. In eerste instantie werd geconcludeerd dat de 'real-life' training effectiever was dan de tabletversie (Link et al., 2013), maar na het betrekken van de controle variabelen bij het analyseren van de data, werd deze conclusie ingetrokken. De 'real-life' training bleek net zo effectief als de tabletversie te zijn (Link, Moeller, Huber, Fischer & Nuerk., 2015).

In het onderzoek van Link en collega's (2013) zaten twee verschillen in de uitvoering tussen de twee trainingen. Ten eerste moesten de kinderen in de 'real-life' training naar het getal toe lopen en in de tabletversie het getal met de vinger aanwijzen. Ten tweede moesten de kinderen bij de 'real-life' training bij getal 0 of 100 beginnen en bij de tabletversie niet. In de 'real-life' training zaten dus twee factoren die meer embodied zijn dan in de tablet training: het lopen naar een getal toe en vanaf getal 0 of 100 beginnen. Wanneer Link en collega's (2013) dus wel een significant resultaat hadden gevonden, dan was het onduidelijk geweest welke factor van embodied cognition de werkzame factor was geweest.

Het doel van dit onderzoek

Het doel van dit onderzoek is ook om in kaart te brengen of embodied cognition invloed heeft op de ontwikkeling van de mentale getallenlijn bij kinderen. Hiervoor worden ook twee trainingen met elkaar vergeleken. Training 1 is de embodied training waarbij de kinderen getallen op een getallenlijn moeten schatten en daarbij ook over een 'real-life' getallenlijn moeten lopen. Training 2 is de tabletversie van deze training waarbij de kinderen een balkje moeten schuiven met de vinger over de getallenlijn naar de plaats van het getal toe op een tablet. Dit onderzoek heeft dus veel overeenkomsten met het onderzoek van Link en collega's (2013), maar nu moeten de kinderen in beide trainingen bij getal 0 of 100 beginnen. Als in dit onderzoek dus een significant resultaat wordt gevonden, dan is het duidelijker of het lopen over een 'real-life' getallenlijn of het schuiven met de vinger over de getallenlijn op een tablet, de werkzame factor is.

Daarnaast wordt in dit onderzoek niet gekeken naar de vooruitgang op een voor- en nameting, maar naar de vooruitgang in de verschillende trainingssessies. Elke training heeft namelijk zes trainingssessies en in dit onderzoek wordt er gekeken of kinderen de getallen steeds beter kunnen schatten op een getallenlijn naarmate ze steeds meer trainingssessies gevolgd hebben. Ook wordt er gekeken of de embodied training hierbij effectiever is en dus voor meer vooruitgang zorgt dan de tablet training. Trainingssessies 1, 3 en 6 zullen daarom met elkaar vergeleken worden. De twee onderzoeksvragen die beantwoord gaat worden, zijn: 1) *Is er vooruitgang te zien in het schatten van de getallen over de trainingssessies?* 2) *Is de vooruitgang in het schatten van de getallen groter in de embodied training dan in de tablet*

training?' Het blijkt dat de nauwkeurigheid van de mentale getallenlijn bij kinderen verbetert als zij oefenen met eenvoudige getallenlijntaken (Ramani & Siegler, 2008; Whyte & Bull, 2008). Kinderen zullen in dit onderzoek dus waarschijnlijk steeds nauwkeuriger gaan schatten naarmate ze steeds meer trainingssessies gevolgd hebben. De afstand tussen de geschatte plaats en de werkelijke plaats van een getal zal dus steeds kleiner worden. De vooruitgang zal voor de embodied training groter zijn, dan voor de tablet training, omdat zintuiglijke en lichamelijke ervaringen getalbegrip bij kinderen stimuleert (Wilson, 2002).

Methodie

Participanten

In totaal deden 44 groep 3 leerlingen uit het regulier onderwijs mee aan het onderzoek. Hiervan participeerden 20 leerlingen in de embodied training en 24 leerlingen in de tablet training. Deze groep leerlingen bestond uit zowel jongens als meisjes in de leeftijd zes tot en met acht jaar ($M = 6.55$, $SD = 0.66$). In tabel 1 zijn de demografische gegevens van deze onderzoeksgroep weergegeven. Twee outliers en vier leerlingen die tijdens trainingssessie 1, 3 en/of 6 afwezig waren, zijn niet meegenomen in het onderzoek.

De leerlingen waren afkomstig van zeven verschillende scholen. Bij het verwerven van de scholen, was er gebruik gemaakt van een gemakssteekproef. Zowel de scholen als de ouders hebben van tevoren toestemming gegeven dat deze leerlingen mee mogen doen met het onderzoek. Daarnaast zijn deze gegevens in het onderzoek anoniem verwerkt.

Tabel 1

Demografische kenmerken

	Jongens			Meisjes			Totaal		
	Leeftijd in jaren			Leeftijd in jaren			Leeftijd in jaren		
	<i>n</i>	M (SD)	Bereik	<i>n</i>	M (SD)	Bereik	<i>n</i>	M (SD)	Bereik
Embodied	11	6.64 (.67)	6.00-8.00	9	6.89 (.78)	6.00-8.00	20	6.75 (.72)	6.00-8.00
Tablet	11	6.36 (.51)	6.00-7.00	13	6.38 (.65)	6.00-8.00	24	6.37 (.58)	6.00-8.00
Totaal	22	6.50 (.60)	6.00-8.00	22	6.59(.73)	6.00-8.00	44	6.55 (.66)	6.00-8.00

Noot. M = gemiddelde, SD= standaarddeviatie

Procedure

In dit onderzoek werd er gebruik gemaakt van een kwantitatief, toetsend onderzoek. De participanten werden random aan de twee verschillende trainingen gekoppeld. Vervolgens bestond het onderzoek allereerst uit een voormeting, vervolgens de training en tot slot uit een nameting. Voor het beantwoorden van deze onderzoeksvraag zijn de resultaten van de voormeting en nameting niet relevant. Hierdoor zijn ze niet meegenomen in de analyses en

zullen ze hieronder ook niet verder toegelicht worden. De opzet van de twee trainingen zijn gedeeltelijk overgenomen van het onderzoek van Link en collega's (2013). Deze trainingen zullen hieronder verder toegelicht worden.

Alle trainingen duurden drie weken, waarbij de onderzoeker tweemaal per week met de leerling 26 getallen (items) oefende in een rustige ruimte. Elke trainingssessie begon met twee oefengetallen (81 en 16), zodat de leerling begreep wat de bedoeling was. Vervolgens moest de leerling 26 getallen gaan schatten op de getallenlijn. Dit waren de getallen: 3, 6, 11, 18, 20, 26, 31, 35, 39, 43, 47, 51, 58, 64, 66, 72, 75, 78, 80, 87, 89, 93 en 99. Bij elke training kregen de leerlingen dezelfde getallen aangeboden alleen in een andere volgorde. De onderzoeker gaf alleen feedback op de uitvoering en niet op de taak. Hieronder zal de uitvoering van de embodied training en de tablet training nog specifiekere toegelicht worden.

Bij de embodied training moesten de leerlingen getallen gaan schatten op een 'real-life' getallenlijn. Op de grond was met tape een lijn geplakt van drie meter lang. Aan de ene kant van de lijn was het getal 0 zichtbaar en aan de andere kant het getal 100. Precies naast deze lijn lag een meetlat waar op de achterkant de getallenlijn van 0 tot 100 stond. Zowel aan de linkerkant als aan de rechterkant van de lijn, stond een multomap met de verschillende getallen erin. Tijdens de training zorgde de onderzoeker ervoor dat er telkens maar één getal zichtbaar was. Wanneer de onderzoeker een getal aan de linkerkant zichtbaar maakte, moest de leerling vanaf getal 0 over de getallenlijn lopen tot aan de plaats waarvan hij/zij dacht dat het getal hoorde te staan. Wanneer de onderzoeker een getal aan de rechterkant zichtbaar maakte, moest de leerling vanaf getal 100 lopen. Wanneer de leerling op de geschatte plaats stond, ging de onderzoeker deze plek opmeten. Aan de hand van de meetlat, met op de achterkant de getallenlijn, kon de onderzoeker precies zien op welke plaats de leerling werkelijk stond. Dit was voor de leerling niet zichtbaar. Deze plaats werd door de onderzoeker genoteerd en ook niet gecommuniceerd met de leerling. Vervolgens werd de plek aangewezen, waar de leerling had moeten staan. De leerling mocht even op die plek gaan staan om zo de plaats van het getal te kunnen ervaren. De getallen werden tijdens de hele training niet genoemd.

Bij de tablet training kregen de leerlingen een getallenlijn op het scherm te zien. Ook hierbij kregen de leerlingen aan de linkerkant of aan de rechterkant van de getallenlijn een getal te zien. Wanneer er een getal verscheen aan de linkerkant, moest de leerling een balkje verschuiven vanaf de 0 over de getallenlijn heen naar de plaats waarvan hij/zij dacht dat het getal hoorde te staan. Verscheen er een getal aan de rechterkant van de getallenlijn, dan moest de leerling het balkje verschuiven vanaf de 100. Wanneer de leerling het balkje losliet,

controleerde het programma of dit de juiste plek was en registreerde welke plek de leerling het balkje los had gelaten. Aan de hand van een geel balkje op de getallenlijn werd de plek aangegeven wat de juiste plaats van het getal was. De leerling moest daarna zijn eigen balkje verzette op het gele balkje. Wanneer het balkje gelijk op de juiste plek stond, werd het balkje groen.

Analysemethode

Tijdens de trainingssessies werd dus bijgehouden op welke plaats de leerling een getal geschat had. Deze plaats werd in beide trainingen op hele getallen afgerond. In de embodied training heeft de onderzoeker dit gedaan. Bij de tablet training heeft een programma op de tablet deze plaats bijgehouden. Vervolgens kon per getal het verschil tussen de geschatte en de werkelijke plaats berekend worden. Dit wordt ook wel de errorscore genoemd. Hoe lager de errorscore, hoe beter het kind een getal geschat heeft. Vervolgens zijn van alle leerlingen over beide trainingen de gemiddelde errorscores berekend van trainingssessies 1, 3 en 6. Deze gemiddelde errorscores zijn ingevoerd in het programma IBM SPSS Statistics.

Om de hypotheses te toetsen en antwoord te geven op de onderzoeksvraag of er vooruitgang te zien is in het schatten van de getallen over de trainingssessies en of de vooruitgang in het schatten van de getallen groter is in de embodied training dan in de tablet training, is er gebruik gemaakt van een Repeated Measures Anova (Mixed Model Anova). Er zijn twee onafhankelijke variabelen: de 'soort training' (embodied training en tablet training) en de 'tijd' (trainingssessie 1, trainingssessie 3 en trainingssessie 6). Er wordt gekeken of beide variabelen invloed hebben op de afhankelijke variabele: 'de errorscore'. Daarnaast kan er ook sprake zijn van een interactie-effect als de ene training voor meer vooruitgang zorgt dan de andere training.

Om deze analysemethode te gebruiken, moest er voldaan zijn aan vier assumpties: 1) De afhankelijke variabele moest van interval of ratio meetniveau zijn. 2) De scores moesten normaalverdeeld zijn. Om dit te controleren is er gebruik gemaakt van de Shapiro-Wilk test. 3) Er moest sprake zijn van homogeniteit in variantie. Hiervoor is de F_{\max} -Test uitgevoerd. 4) Er moest sprake zijn van sphericity. Dit kon gecontroleerd worden door de Mauchly's Test of Sphericity uit te voeren.

Resultaten

Allereerst zijn van de twee onderzoeksgroepen de gemiddelde errorscores en standaarddeviaties berekend in trainingssessie 1, trainingssessie 3 en trainingssessie 6. Deze resultaten zijn in tabel 2 weergegeven.

Tabel 2

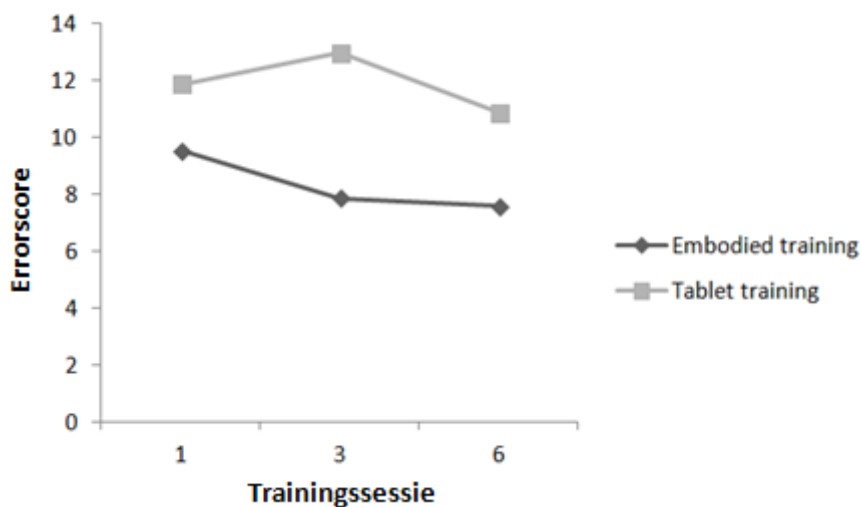
Gemiddelde errorscores van de 'embodied training' en de 'tablet training' in trainingssessies 1, 3, 6

	Trainingssessie 1		Trainingssessie 3		Trainingssessie 6	
	M (SD)	min-max	M (SD)	min-max	M (SD)	min-max
Embodied	9.52 (4.75)	3.04-20.91	7.86 (4.10)	1.71-15.50	7.59 (4.55)	1.17-16.92
Tablet	11.86 (5.57)	3.88-23.25	12.96 (4.65)	3.38-20.37	10.87 (5.07)	3.38-19.83
Totaal	10.80 (5.29)	3.04-23.25	10.64 (5.06)	1.71-20.37	9.38 (5.06)	1.17-19.83

Noot. M = gemiddelde, SD = standaarddeviatie

Volgens de Shapiro-Wilk test zijn de scores van de twee verschillende onderzoeksgroepen in de drie verschillende trainingssessies normaal verdeeld. De $f_{\text{-max}}$ test laat zien dat de assumptie homogeniteit in variantie niet geschonden is, $f_{\text{-max}} = 1.849$. Ook de Mauchly's test laat zien dat er sprake is van sphericity, *Mauchly's W* = .926, $p = .205$. De assumpties worden in dit onderzoek dus niet geschonden en daardoor kan er een Repeated Measures Anova (Mixed Model Anova) uitgevoerd worden.

In dit onderzoek is er een significant resultaat gevonden voor 'tijd', $F(2, 84) = 3.288$, $p = .042$, $n^2 = .073$ (medium relevantie). De leerlingen konden de getallen beter schatten naarmate ze meer trainingssessies gevolgd hadden. Daarnaast is er een significant resultaat gevonden voor de 'soort training', $F(1, 42) = 7.721$, $p = .008$, $n^2 = .855$ (grote relevantie). De leerlingen hadden in de embodied training significant beter gescoord dan in tablet training. Er was geen interactie-effect gevonden tussen de 'tijd' en de 'soort training', $F(2, 84) = 2.693$, $p = .073$, $n^2 = .060$. De leerlingen gingen in de embodied training niet significant meer vooruit dan in de tablet training (zie figuur 1).



Figuur 1. De vooruitgang van de leerlingen in de embodied training en in de tablet training.

Discussie

In dit onderzoek werd onderzocht of embodied cognition invloed heeft op de ontwikkeling van de mentale getallenlijn bij kinderen. Om dit te onderzoeken is er gekeken of leerlingen uit groep 3 getallen beter leren schatten op een getallenlijn in een training gebaseerd op embodied cognition, dan in een tablet training waar embodied cognition een relatief kleine rol in speelt. De twee onderzoeksvragen waren: 1) *'Is er vooruitgang te zien in het schatten van de getallen over de trainingssessies? 2) Is de vooruitgang in het schatten van de getallen groter in de embodied training dan in de tablet training?'*

Uit dit onderzoek is naar voren gekomen dat de leerlingen van groep 3 significant vooruit zijn gegaan tijdens de trainingssessies. Deze vooruitgang was voor de embodied training niet significant groter dan voor de tablet training. Dat de leerlingen vooruit zijn gegaan tijdens de trainingssessies komt overeen met de onderzoeken van Ramani & Siegler (2008) en Whyte & Bull (2008). Uit deze onderzoeken bleek ook dat de nauwkeurigheid van de mentale getallenlijn verbeterd kon worden als leerlingen oefenen met eenvoudige getallenlijntaken (Ramani & Siegler, 2008; Whyte & Bull, 2008). Dat een training gebaseerd op embodied cognition voor meer vooruitgang zou zorgen, is in dit onderzoek niet aangetoond. Dit komt overeen met de herziende conclusie van Link en collega's (2015) waarin de real-life training net zo effectief als de tabletversie bleek te zijn.

Toch blijkt uit verschillende andere onderzoeken dat een training gebaseerd op embodied cognition effectiever is (Fischer et al., 2011) en dat motorische activiteiten een positief effect hebben op de rekenvaardigheden van de kinderen (Domahs et al., 2010; Fischer, 2008; Gracia-Bafalluy & Noël, 2008). Een alternatieve verklaring kan zijn dat er in dit onderzoek geen onderscheid is gemaakt tussen zwakke en sterke rekenaars. Volgens Link en collega's (2013) profiteren zwakke rekenaars meer van een training gebaseerd op embodied cognition, dan sterke rekenaars en zullen sterke rekenaars net zoveel van een embodied training profiteren als van een tablet training. Misschien dat in deze twee trainingen vooral kinderen participeerden die sterke rekenaars waren en dat daarom de vooruitgang in beide trainingen hetzelfde was. In de toekomst is het daarom belangrijk dat er meer onderzoek gedaan wordt naar de invloed van een embodied training op zwakke rekenaars.

Daarnaast is het opvallend dat de kinderen in de embodied training al vanaf begin af aan beter scoorden dan de kinderen in de tablet training. Een verklaring kan zijn dat de tablet training minder betrouwbaar was. Tijdens het onderzoek viel op dat de kinderen in de tablet training bij het zien van een getal gelijk het balkje vast gingen pakken. Ze gingen daarna pas nadenken waar ze het balkje naar toe wilden schuiven. Tussendoor lieten sommige kinderen

het balkje weleens los en die plaats werd gelijk geregistreerd door de tablet. Dit was meestal niet de plaats waar de kinderen het balkje eigenlijk naar toe wilden schuiven. Hierdoor was de gemiddelde errorscore van deze kinderen vaak hoger dan van de kinderen in de embodied training. Het is belangrijk dat in een vervolgonderzoek waarin dezelfde tablet training wordt gebruikt, het programma wordt aangepast. Er kan bijvoorbeeld een extra knop op het scherm komen die de kinderen moeten aantikken als het balkje op de gekozen plaats staat. Zo kunnen de scores van de embodied training en de tablet training in de toekomst betrouwbaarder met elkaar vergeleken worden.

De sterke kanten van dit onderzoek is dat in dit onderzoek beter onderzocht kon worden welke factor van embodied cognition de werkzame factor was bij het ontwikkelen van de mentale getallenlijn. In vergelijking met het onderzoek van Link en collega's (2013) was de uitvoering in dit onderzoek van beide training bijna hetzelfde. De kinderen moesten in beide trainingen bij getal 0 of 100 beginnen. Alleen de uitvoering 'lopen over een real-life getallenlijn' of 'schuiven met de vinger over de getallenlijn op een tablet' was in dit onderzoek anders. Ook de keuze van de onderzoeksgroep om kinderen uit groep 3 deel te laten nemen, is een sterke kant van dit onderzoek. Op school zijn deze kinderen nog bezig met getallen en sommen tot 20 en werken nog weinig met getallen tot 100. Hierdoor kunnen de rekenlessen die de kinderen op school tussendoor de trainingen hebben gekregen, weinig invloed hebben gehad op het resultaat van het onderzoek. Wanneer de kinderen uit groep 4 en hoger deel hadden genomen in dit onderzoek, dan hadden de rekenlessen op school wel invloed op het resultaat van het onderzoek kunnen hebben. Vanaf groep 4 doen ze namelijk meer ervaring op met getallen tot 100. Hierdoor kunnen deze kinderen al een betere schatting maken van de plaats van een getal op een lege getallenlijn (Ebersbach et al., 2008).

De zwakke kanten van dit onderzoek is dat er gebruik is gemaakt van een gemakssteekproef. De leerlingen van groep 3 waren maar afkomstig van zeven verschillende scholen in Nederland. Hierdoor zijn deze onderzoeksresultaten niet generaliseerbaar. Daarnaast zijn de trainingen door zes verschillende onderzoekers gegeven. Hierdoor kunnen er verschillen zijn geweest in de uitvoering van de trainingen. Om het verschil in uitvoering tussen de onderzoekers zo klein mogelijk te houden, is er wel gebruik gemaakt van een duidelijke trainershandleiding en zijn de onderzoekers van tevoren bij elkaar gekomen om de verschillende trainingen te oefenen. Tot slot had een grotere groep leerlingen geanalyseerd kunnen worden als meer leerlingen in zowel trainingssessie 1, als in trainingssessie 3 en in trainingssessie 6 aanwezig waren. Vooral in de embodied training waren veel leerlingen die één of meerdere van de drie trainingssessies gemist hadden. Bij het uitvoeren van een

Repeated Measures Anova werden deze leerlingen niet meegenomen in de analyse. Wanneer de trainingssessies ingehaald zouden worden, dan zou de steekproef groter zijn geweest.

Geconcludeerd kan worden dat in dit onderzoek embodied cognition geen invloed had op de ontwikkeling van de mentale getallenlijn bij kinderen. De leerlingen uit groep 3 konden de getallen beter schatten op een getallenlijn naarmate ze meer trainingssessies gevolgd hadden, maar het maakte hierbij niet uit of ze de embodied training of de tablet training gevolgd hadden. Het is belangrijk dat er vervolgonderzoek gedaan wordt naar de mogelijkheid dat alleen zwakke rekenaars profiteren van een training gebaseerd op embodied cognition. Wellicht kunnen dan ook zwakke rekenaars een goed getalbegrip ontwikkelen wat belangrijk is voor hun rekenvaardigheden in de toekomst.

Referenties

- Andres, M., Olivier, E., & Badets, A. (2008). Actions, words, and numbers. A motor contribution to semantic processing? *Current Directions in Psychological Science, 17*, 313-317. doi:10.1111/j.1467-8721.2008.00597.x
- Booth, J. L., & Siegler, R. S. (2006). Developmental and individual differences in pure numerical estimation. *Developmental Psychology, 41*, 189-201. doi:10.1037/0012-1649.41.6.189
- 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
- Dehaene, S. (2001). Précis of the number sense. *Mind and Language, 16*, 16-36. doi:10.1111/1468-0017.00154
- Domahs, F., Moeller, K., Huber, S., Willmes, K., & Nuerk, H. C. (2010). Embodied numerosity: Implicit hand-based representations influence symbolic number processing across cultures. *Cognition, 116*, 251-266. doi:10.1016/j.cognition.2010.05.007
- Ebersbach, M., Luwel, K., Frick, A., Onghena, P., & Verschaffel, L. (2008). The relationship between the shape of the mental number line and familiarity with numbers in 5- to 9-year old children: Evidence for a segmented linear model. *Journal of Experimental Child Psychology, 99*, 1-17. doi:10.1016/j.jecp.2007.08.006
- Fischer, M. H. (2008). Finger counting habits modulate spatialnumerical 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
- Gersten, R., Jordan, N. C., & Flojo, J. R. (2005). Early identification and interventions for students with mathematics difficulties. *Journal of Learning Disabilities, 38*, 293-304. doi:10.1177/00222194050380040301
- Gracia-Bafalluy, M., & Noël, M. P. (2008). Does finger training increase young children's numerical performance? *Cortex, 44*, 368-375. doi:10.1016/j.cortex.2007.08.020

- Holloway, I. D., & Ansari, D. (2009). Mapping numerical magnitudes onto symbols: The numerical distance effect and individual differences in children's mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 17-29. doi:10.1016/j.jecp.2008.04.001
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Ramineni, C., & Locuniak, M. N. (2009). Early math matters: Kindergarten number competence and later mathematics outcomes. *Developmental Psychology, 45*, 850-867. doi:10.1037/a0014939
- 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). Corrigendum to 'Walk the number line – an embodied training of numerical concepts'. *Trends in Neuroscience and Education, 4*, 112. doi:10.1016/j.tine.2015.11.003
- 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
- Moeller, K., Pixner, S., Kaufmann, L., & Nuerk, H. C. (2009). Children's early mental number line: logarithmic or rather decomposed linear? *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 503-15. doi:10.1016/j.jecp.2009.02.006
- OECD. (2010). *The high cost of low educational performance: the long-run economic impact of improving PISA outcomes*, Parijs: OECDpublishing
- Ruijsenaars, W., Minnaert, A., & Ghesquière, P. (2014). Leerproblemen en leerstoornissen. In: P. Prins, & C. Braet (Eds.). *Handboek klinische ontwikkelingspsychologie*. Houten: Bohn Stafleu van Loghum
- Ramani, G. B., & Siegler, R. S. (2008). Promoting broad and stable improvements in low-income children's numerical knowledge through playing numberboard games. *Child Development, 79*, 375-394. doi:10.1111/j.1467- 8624.2007.01131.x
- 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. (2003). The development of numerical estimation: Evidence for multiple representations of numerical quantity. *Psychological Science, 14*, 237-243. doi:10.1111/1467-9280.02438

- 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*, 545-560. doi:10.1037/a0014239
- Van Luit, J. E. H. (2009). *Ontwikkeling van tellen en getalbegrip bij kleuters*. Utrecht: Projectbureau kwaliteit
- Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin and Review, 9*, 625-36. doi:10.3758/BF03196322
- Whyte, J., C., & Bull, R. (2008). Number games, magnitude representation, and basic number skills in preschoolers. *Developmental Psychology, 44*, 588-596. doi:10.1037/0012-1649.44.2.588