

# Masterthesis

*“de relatie tussen  
vergelijkingsvaardigheden en  
telvaardigheden ten opzichte van  
getalbegrip”*

*Naam: Karlijn de Jong*  
*Studentnummer: 3315681*  
*Begeleidster: M. Kolkman, Msc.*  
*Datum: 25 juni 2010*

## ABSTRACT

**Background:** In his triple code model, Dehaene describes number sense as a basic natural numeracy ability. In this model, numbers are represented as analog and verbal codes, after which they can be compared to quantities on the mental numberline.

**Aim:** The aim of this research is to find which abilities influence this mental numberline, in order to improve maths education.

**Method:** At two stages, there have been two moments of data sampling of 255 preschoolers spread over 17 schools. The collected data concerned the specific comparing abilities, counting abilities and the mental numberline.

**Results:** In general, the counting abilities proved to be the best indicator of the mental numberline. The comparing abilities showed no significant improvement to the mental numberline in between the two measuring moments.

**Conclusion:** This study provides a new direction for maths education for preschoolers. Moreover, it shows clear implications for further research in the field of counting abilities.

*Keywords; mental numberline, counting abilities, comparing abilities.*

## Inleiding

Rekenkennis en rekenvaardigheden zijn noodzakelijk voor het functioneren in het dagelijks leven. Vaardigheden als betalen en het schatten van een afstand zijn voor de meeste volwassenen vanzelfsprekend en onmisbaar (Ruijsenaars & van Luit, 2007). Jonge kinderen moeten deze vaardigheden echter nog leren. Het is daarom belangrijk dat zij een goed begrip ontwikkelen voor de verschillende getalsymbolen. De ontwikkeling van getalbegrip op jonge leeftijd heeft namelijk een positief effect op het ontwikkelen van meer complexere rekenvaardigheden op latere leeftijd (Aunola, Leskinen, Lerkkanen & Nurmi, 2004). In deze studie wordt gekeken naar de relatie tussen telvaardigheden en getalbegrip.

Hoewel Piaget een belangrijke rol toeschreef aan de omgeving wat betreft de ontwikkeling van de rekenvaardigheden, gaan meer recente onderzoekers ervan uit dat basale rekenvaardigheden aangeboren zijn. Deze aangeboren rekenvaardigheid wordt wel *number sense* genoemd (Dehaene, 1997). Dehaene en Cohen (1995) beschrijven *number sense* als de absolute basis voor onze rekenkennis in het *triple code*-model. Dit model is een weergave van de verschillende codes waarin getallen kunnen worden gerepresenteerd en gemanipuleerd. In het model kunnen drie representatieniveaus onderscheiden worden. Ten eerste onderscheidt men de analoge representatie: op dit niveau kan de kwantiteit of grootte van het getal worden verhaald ten opzichte van een andere hoeveelheid. Deze weergave wordt vergeleken met een

getallenlijn waarop hoeveelheden, representaties zijn vastgelegd. Deze wordt de mentale getallenlijn genoemd. Door middel van visuele en auditieve input - het respectievelijk tweede en derde representatie niveau - worden de getsymbolen op de mentale getallenlijn geplaatst en kan er waarde aan de hoeveelheden worden gegeven. De visuele input bestaat uit de Arabische visuele weergave, waarbij hoeveelheden worden gerepresenteerd als Arabische nummers op het interne visuo-spatiële schetsblok (Dehaene & Cohen, 1995). Daarnaast is er de verbale input, waarbij hoeveelheden als een volgorde van woorden worden weergegeven. Elk kind wordt geboren met de mogelijkheid om hoeveelheden, gerepresenteerd als analoge code, te onderscheiden. Door de blootstelling aan taal, cultuur en rekenonderwijs wordt het begrip van telwoorden en getsymbolen verworven.

De wisselwerkingen tussen de drie niveaus kunnen gezien worden als routes, elke route passend bij een andere rekenvaardigheid. Bij een optelsom moet er een waarde aan de Arabische codes worden gegeven waarna er tot een antwoord gekomen kan worden. Daarbij moet het kind inschatten of het berekende antwoord logisch is. Hierbij worden de Arabische codes omgezet in hoeveelheden en vergeleken op de getallenlijn. Het gebruik van deze verschillende routes binnen de *number sense* en bijkomende tekorten in de coördinatie van de verschillende vaardigheden kunnen leiden tot rekenproblemen. De constante dialoog tussen de drie niveaus van getalweergave zal uiteindelijk leiden tot een geïntegreerde eenduidige route (Dehaene, 2001). Dit betekent dat kinderen een juiste koppeling kunnen maken tussen een cijfersymbool en een bepaalde hoeveelheid. Dat leidt uiteindelijk tot een nieuwe mentale getallenlijn waarop cijfersymbolen zijn gekoppeld aan hoeveelheden.

De mentale getallenlijn lijkt een goede voorspeller voor de latere rekenvaardigheden bij kinderen. De mate waarin kinderen getallen correct kunnen plaatsen op een getallenlijn is gerelateerd aan rekenprestaties. Waar kleuters hoofdzakelijk veel getallen aan het begin van de lijn plaatsen - een zogenaamde logaritmische representatie - lijkt de lijn van tweedeklassers al meer lineaire. Deze positieve ontwikkeling naar meer kennis over de waarde van getallen is onmisbaar voor de verdere ontwikkeling van rekenkennis en de rekenprestaties. Zo is deze verbetering van de eerdergenoemde logaritmische representatie naar een meer lineaire representatie nodig voor het correct kunnen beantwoorden van rekenopgaven. Dit wordt duidelijk wanneer men zich voorstelt dat een kleuter gevraagd wordt wat groter is: 42 of 82. Een kind dat gebruik maakt van een lineaire representatie van de grootheden tussen 0 en 100 ziet vrij snel dat er een grote afstand is tussen deze hoeveelheden. Echter, voor een kind dat gebruik maakt van een logaritmische representatie is dit lastig: hierin is de afstand tussen de grootheden 42 en 82 niet erg groot (Booth & Siegler, 2008; Siegler & Booth, 2004).

Dit voorbeeld laat de ontwikkeling van de getallenlijn zien; van een zeer logaritmische representatie naar de meer bruikbare lineaire representatie. Er is echter nog weinig bekend over welke factoren daarbij een rol spelen. Dehaene zegt in zijn *triple code*-model namelijk niets over de ontwikkeling van de verschillende codes en de samenhang daartussen. Aan de ene kant zou geopperd kunnen worden dat vergelijkingsvaardigheden een belangrijke rol spelen bij het ontwikkelen van de mentale getallenlijn. De mate waarin kinderen onderscheid kunnen maken tussen hoeveelheden staat in relatie tot de mentale getallenlijn. Deze laat namelijk een vergelijkbare ontwikkeling zien. Zo kunnen pasgeboren baby's al onderscheid maken tussen één en twee stippen. Zij ontwikkelen in zes maanden de capaciteit tot het onderscheiden van twee en drie stippen. Baby's kunnen echter geen onderscheid maken tussen zeven en acht stippen zoals volwassenen kunnen, terwijl het verschil in stippen, één, gelijk is aan de eerder genoemde vergelijkingen (Jordan, Suanda, & Brannon, 2008). Kinderen lijken gebruik te maken van de eerder beschreven logaritmische representatie, waarin de afstand tussen zeven en acht kleiner lijkt dan tussen één en twee. Dit effect is ook zichtbaar bij oudere kinderen, omdat onze hersenen geneigd zijn om grotere hoeveelheden dichter op elkaar te zetten (Dehaene, 1997).

Daarnaast lijken ook de telvaardigheden een belangrijke rol te spelen in de ontwikkeling van de mentale getallenlijn. Telvaardigheid is één van de belangrijkste deelvaardigheden van het voorbereidend rekenen en lijkt te verlopen via de verbale route (Dehaene & Cohen, 1995). Ebersbach, Luwel, Andrea, Onghena en Verschaffel (2008) vonden een relatie tussen telvaardigheden en de mate waarin kinderen getallen lineair op de getallenlijn konden plaatsen. Ebersbach en collega's (2008) operationaliseren de mate waarin kinderen bekend zijn met getallen als de telvaardigheden. De relatie tussen het lineair plaatsen van getallen op de getallenlijn en de telvaardigheden bleek niet perfect. Dit werd mogelijk veroorzaakt door het feit dat enkel de akoestische telvaardigheden werden gemeten en het twijfelachtig is of kinderen daadwerkelijk bekend zijn met de getallen die ze enkel in de juiste volgorde kunnen noemen. Telvaardigheden zijn, net als de vaardigheden op de mentale getallenlijn, een belangrijke voorspeller van latere rekenvaardigheden (Aunola et al., 2004). Kroesbergen, Van Luit, Van Lieshout, Van Loosbroek en Van Rijdt (2009) operationaliseren vroege gecijferdheid door middel van telvaardigheden, waarin wel alle fasen van het tellen gemeten worden. Zij vonden dat de ontwikkeling van telvaardigheden in zes fasen verloopt. In de zeer vroege kindertijd (2 jaar) beginnen kinderen al met het herkennen van hoeveelheden: het subiteren. Het kind weet dat een aantal items aan een telwoord gekoppeld kan worden. In de volgende fase begint het kind met het akoestisch tellen, het opnoemen van

willekeurige getallenreeksen zonder kennis van de betekenis van de getallen of het aanhouden van een juiste volgorde. Vanaf ongeveer halverwege het vierde levensjaar kunnen kinderen geordend tellen en kennen ze aan elk item een telwoord toe. In veel literatuur wordt de vijfde fase, het resultaatief tellen, gezien als de belangrijkste fase. Kinderen weten dat het laatst genoemde getal de gehele hoeveelheid representeert. Dit wordt ook wel het elementaire getalbegrip (Ruijsenaars, Van Luit & Van Lieshout, 2004) of het kardinaalprincipe genoemd. Sarnecka en Cary (2007) beweren dat kinderen die tellen volgens het kardinaalprincipe begrijpen hoe tellen werkt. Kinderen zijn gemiddeld vijf jaar wanneer ze dit principe begrijpen en toepassen.

Zowel het begrijpen van hoeveelheden en kennis over tellen lijken dus een belangrijke rol te spelen in de ontwikkeling van de mentale getallenlijn. Gezien de invloed die de mentale getallenlijn lijkt te hebben op de toekomstige rekenvaardigheden van kinderen zal gekeken worden welke van beide representaties en bijbehorende vaardigheden een betere voorspeller is van de mentale getallenlijn. In dit onderzoek worden de relaties onderzocht tussen de verschillende codes uit het model van Dehaene. Daarnaast wordt er gekeken hoe deze codes de groei van de mentale getallenlijn beïnvloeden. Vanuit de relaties tussen de mentale getallenlijn en tel- en vergelijkingsvaardigheden worden de volgende drie hypothesen opgesteld:

1. *Kinderen met betere telvaardigheden hebben een meer lineaire getallenlijn dan kinderen met minder goede telvaardigheden.*
2. *Kinderen met betere vergelijkingsvaardigheden hebben een meer lineaire getallenlijn dan kinderen met minder goede vergelijkingsvaardigheden.*
3. *De groei op de getallenlijn is gerelateerd aan de groei in telvaardigheden en vergelijkingsvaardigheden.*

## **Methode**

### *Onderzoeksgroep*

Dit onderzoek richtte zich op kinderen uit groep 1 en 2 van het regulier basisonderwijs. Om taal- en culturele invloeden zo veel als mogelijk uit te sluiten zijn scholen met hoofdzakelijk autochtone leerlingen benaderd. Voor het onderzoek zijn er door middel van een steekproef basisscholen uit de directe omgeving van Utrecht benaderd met het verzoek om mee te werken aan het onderzoek. Dit heeft geresulteerd in de deelname van 17 scholen met in totaal

272 kleuters. Van 255 kinderen is data verzameld: deze groep bestond uit 130 meisjes en 125 jongens. Alle ouders zijn door middel van een brief van de Universiteit van Utrecht benaderd voor het verkrijgen van toestemming. Van 247 leerlingen zijn gegevens verzameld betreffende de telvaardigheden en de vergelijkingsvaardigheden. Van 245 kinderen zijn gegevens verzameld met betrekking tot de mentale getallenlijn. De gemiddelde leeftijd van de deelnemende kinderen is 4 jaar en 9 maanden (SD .82).

### *Procedure*

Dit onderzoek is onderdeel van een longitudinaal onderzoek waarbij in twee cohorten per jaar - in januari/februari en april/mei - kleuters getest worden. Dit onderzoek zal gebruik maken van de data verzameld uit twee meetmomenten. Aan alle kinderen zijn negen computer taken voorgelegd verdeeld over twee ochtenden. De testen werden individueel afgenomen door testassistenten die allen het bachelor of pre-master traject orthopedagogiek succesvol hebben doorlopen. Daarnaast hebben de assistenten allen deelgenomen aan een trainingsdag en een proefafname die naderhand is besproken. De tests zijn afgenomen in een rustige ruimte op de school van de kinderen. Alle kinderen ontvingen een sticker als beloning.

### *Instrumenten*

De afhankelijk variabele innerlijke getallenlijn wordt gemeten met de *number-to-position* (NP) taak. Deze taak is gebaseerd op de studie van Laski en Siegler (2007). In dit onderzoek wordt een aangepaste versie van deze taak gebruikt om de verbale kwantitatieve vaardigheden van de kinderen te meten. In een gecomputeriseerde versie van deze taak kregen de kinderen een horizontale lijn te zien die liep van 1 tot 10. Om de taak te introduceren demonstreerde de testassistent de positie van de hoeveelheden 1 en 10. Daarna werd de kinderen gevraagd om de plek aan te wijzen waar elke hoeveelheid, volgens hen, hoorde op de getallenlijn. Elk kind deed dit acht maal op de getallenlijn. *Linear fit* scores werden berekend door elk antwoord van elk individueel kind te passen in een lineaire curve (Geary, Hoard, Nugent & Byrd-Craven, 2008). Om individuele scores te verkrijgen van de lineaire fit, werden de posities van de antwoorden van de kinderen op elk item op de getallenlijn taak geregistreerd en omgezet naar de hoeveelheden horend bij de aangewezen plek op de getallenlijn. Deze schattingen werden vergeleken met de ware grootheden. Een schattingsprocedure in SPSS produceert een *linear fit score* ( $R^2$ ) voor elke set individuele antwoorden.

De onafhankelijke variabele telvaardigheden is gemeten met een deel van de Early Numeracy Test-Revised (Van Luit & Van de Rijt, 2009). De originele Early Numeracy Test

bestaat uit negen subtests en twee analoge versies - versie A en versie B. Voor deze studie zijn enkel de subtests van versie A die telvaardigheden meten, afgenomen, te weten: (1) het gebruik van telwoorden, getest door het voorwaarts en achterwaarts tellen tot 20, het gebruik van kardinale en ordinale getallen; (2) het gestructureerd tellen, getest door de objecten aanwijzen tijdens het tellen, het herkennen van getallen op een dobbelsteen; (3) het resultaatief tellen, getest door de objecten te tellen zonder deze aan te wijzen; en (4) het algemeen begrip van telwoorden, getest door het gebruik van getallen in dagelijkse situaties. Elke subschaal bestaat uit vijf items, welke met een nul gescoord worden voor een incorrect antwoord en met een één voor een correct antwoord.

Om de onafhankelijke variabele vergelijkingsvaardigheden te meten is gebruik gemaakt van de non-verbale vergelijkingstaak. In deze vergelijkingstaak moet het kind tienmaal twee velden met stippen vergelijken en aangeven welk veld de meeste stippen bevat (Barth et al., 2006; Gebuis, Kadosh & de Haan, 2008). Voor elk van de 10 items die het kind correct maakte kreeg het één punt.

### *Statistische analyse*

De mogelijke samenhang tussen de scores op telvaardigheden en vergelijkingsvaardigheden en de score op de mentale getallen lijn is getoetst door middel van Pearson's *product moment* correlaties. Het gehanteerde significantieniveau is overeenkomstig met een  $\alpha$  van .05. De literatuur geeft een duidelijke richting aan de hypothesen, waardoor enkelzijdige toetsing voldeed.

Om te kijken welke van deze vaardigheden de beste voorspeller is voor de mentale getallenlijn is een regressieanalyse uitgevoerd. Het gehanteerde significantieniveau is overeenkomstig met een  $\alpha$  van .05. Door middel van een *Durbin-Watson* test is er gekeken of de correlatie niet berust op correlaties tussen individuele fouten. Bij een score in de nabijheid van twee is een correlatie tussen individuele fouten uitgesloten.

Om een meer nauwkeurig beeld te geven van het verband tussen de mentale getallenlijn en telvaardigheden is de variabele telvaardigheden opgesplitst in de vier deelvaardigheden onttrokken aan de UGT, welke zijn: het gebruik van telwoorden; het gestructureerd tellen; het resultaatief tellen; en het algemeen begrip van telwoorden. Om te kijken welke van deze deelvaardigheden de beste voorspeller is voor de mentale getallenlijn is een regressieanalyse uitgevoerd. Het gehanteerde significantieniveau is overeenkomstig met een  $\alpha$  van .05.

Om de ontwikkeling van de mentale getallenlijn, de vergelijkingsvaardigheden en de telvaardigheden te berekenen is de score van meetmoment één afgetrokken van meetmoment twee. De mogelijke samenhang tussen deze verschillcores is getoetst door middel van Pearson's *product moment* correlaties. Het gehanteerde significantieniveau is overeenkomstig met een  $\alpha$  van .05. De literatuur geeft een duidelijke richting aan de hypothesen, waardoor enkelzijdige toetsing voldeed. Om te kijken welke van de verschillcores het meeste samenhangt met de verschillcore van de mentale getallenlijn is een regressieanalyse uitgevoerd. Het gehanteerde significantieniveau is overeenkomstig met een  $\alpha$  van .05.

## Resultaten

In tabel 1 worden de beschrijvende statistieken van alle taken weergegeven. In tabel 2 worden de verbanden tussen de telvaardigheden en de vergelijkingsvaardigheden met de mentale getallenlijn weergegeven. Voor meetmoment één laat het merendeel van de vaardigheden een matig tot sterk verband met de mentale getallenlijn zien. De telvaardigheden hebben het sterkste verband met de mentale getallenlijn ( $r=.54;p<.01;n=241$ ). De vergelijkingsvaardigheden laten een zwak verband met de mentale getallenlijn zien ( $r=.19;p<.01;n=244$ ). Ook bij meetmoment twee laten de vaardigheden een matig verband met de mentale getallenlijn zien. Het gebruik van telwoorden heeft het sterkste verband met de mentale getallenlijn ( $r=.35;p<.001;n=247$ ). Resultatief tellen en algemeen begrip van telwoorden hebben een zwak verband met de mentale getallenlijn ( $r=.17;p<.001;n=247$ ;  $r=.17;p<.001$ ;  $n = 247$ ).

Om verder inzicht te krijgen in het verband tussen de telvaardigheden, de vergelijkingsvaardigheden en de mentale getallenlijn is gekeken welke vaardigheid de mentale getallenlijn het sterkst voorspelt. Hiervoor is een multiple regressie uitgevoerd (zie tabel 3). Deze was voor beide meetmomenten significant. Wel bleek meetmoment één (adjusted  $R^2 = .32$ ) de mentale getallenlijn beter te voorspellen dan meetmoment twee (adjusted  $R^2 = .21$ ). Voor meetmoment één bleken de telvaardigheden de belangrijkste voorspeller voor de mentale getallenlijn ( $\beta = .88$ ;  $p<.001$ ;  $n = 241$ ). Voor meetmoment twee bleken de vergelijkingsvaardigheden de belangrijkste voorspeller ( $\beta = .24$ ;  $p<.001$ ;  $n = 247$ ).

Door de scores van meetmoment één af te trekken van meetmoment twee zijn de verschillcores voor de mentale getallenlijn, de telvaardigheden en de vergelijkingsvaardigheden berekend. Deze laten de ontwikkeling van de vaardigheden zien. In tabel 4 is gekeken welke ontwikkelingen met elkaar in verband staan. Enkel de ontwikkeling van de telvaardigheden blijkt een matig verband te hebben met de ontwikkeling van de



mentale getallenlijn ( $r=.21$ ;  $p = <.001$ ;  $n = 245$ ). De vergelijkingsvaardigheden blijken niet significant. Gezien het feit dat er geen significant verband bestaat tussen de ontwikkeling van de vergelijkingsvaardigheden en de mentale getallenlijn is het niet nodig een regressieanalyse uit te voeren om te bepalen welke van de vaardigheden de ontwikkeling van de mentale getallenlijn het beste voorspelt. Dit kunnen namelijk enkel de telvaardigheden zijn.

Tabel 1

Groepsomvang ( $n$ ), Gemiddelde score ( $M$ ), Standaardafwijking ( $SD$ ) en Range van Meetmoment 1 en Meetmoment 2; Beschrijvende Statistiek

Taak	MM1			MM2			
	n	M	SD	n	M	SD	Range
Telvaardigheden (UGT)	241	4	3.1	247	6.07	3.94	0 tot 20
Vergelijkingsvaardigheden	244	7.49	2.5	247	8.83	1.63	0 tot 10
Mentale getallenlijn	240	.38	.33	245	.66	.32	0 tot 1
Gebruik van telwoorden	241	.66	.96	248	1.70	1.07	0 tot 5
Gestructureerd tellen	241	1.02	1.10	248	1.76	1.47	0 tot 5
Resultatief tellen	241	1.10	1.17	248	1.21	1.24	0 tot 5
Algemeen begrip van telwoorden	241	1.19	1.02	248	1.38	1.30	0 tot 5

Tabel 2

Correlaties van Meetmoment 1 en 2 tussen de Vergelijkingsvaardigheden, de Telvaardigheden, Gebruik van telwoorden, Gestructureerd tellen, Resultatief tellen, Algemeen begrip van Telwoorden en Vergelijkingsvaardigheden als voorspellers van de Mentale Getallenlijn

Taak	MM1	MM2
	Mentale getallenlijn	
Vergelijkingsvaardigheden	.19*	.32*
Telvaardigheden	.54*	.33*
Gebruik van telwoorden	.41*	.35*
Gestructureerd tellen	.34*	.34*
Resultatief tellen	.49*	.17*
Algemeen begrip van telwoorden	.33*	.16*

\* $p < .01$

Tabel 3

*Regressie Coëfficiënten van Meetmoment 1 en 2 van de Telvaardigheden, Gebruik van telwoorden, Gestructureerd tellen, Resultatief tellen, Algemeen begrip van Telwoorden en Vergelijkingsvaardigheden als voorspellers van de Mentale Getallenlijn*

	MM1				MM2			
	B	SE B	$\beta$	p	B	SE B	$\beta$	p
Constante	.10	.06		.10	.06	.10		.55
Gebruik van telwoorden	.06	.02	.17	.014	.24	.17	.80	.157
Gestructureerd tellen	.03	.02	.09	.179	.23	.17	1.05	.181
Resultatief tellen	.01	.02	.33	<.001	.16	.17	.60	.271
Algemeen begrip van telwoorden	.05	.02	.14	.026	.16	.17	.65	.549
Telvaardigheden	.10	.02	.88	<.001	-.17	.17	-2.11	.309
Vergelijkingsvaardigheden	.01	.01	.06	.334	.05	.01	.24	<.001

*NOTE:MM1: adjusted R2 = .32, p=<.001, Durbin-Watson=1.97 MM2: adjusted R2 = .21, p=<.001, Durbin-Watson=1.80*

*Tabel 4*

*Correlaties tussen Verschil Scores MM2-MM1 van de Mentale Getallenlijn en Tel- en Vergelijkingsvaardigheden*

	Vergelijkingsvaardigheden	Telvaardigheden
Mentale getallenlijn	-	.21*
Vergelijkingsvaardigheden	-	-

*\*p<.001*

## Discussie

Het huidige onderzoek is gebaseerd op de bevindingen van Dehaene (1997), zoals beschreven in het *triple code* model. Er is onderzocht welke factoren van invloed zijn op de ontwikkeling van de mentale getallenlijn. Hierbij is er gekeken naar de verbanden tussen de mentale getallenlijn en verschillende numerieke vaardigheden, maar ook naar de verbanden tussen het ontwikkelingstempo van deze vaardigheden en de mentale getallenlijn. Hiervoor zijn een drietal hypothesen geformuleerd. Hypothese 1 stelt dat kinderen met betere telvaardigheden een meer lineaire getallenlijn hebben dan kinderen met minder goede telvaardigheden. Hypothese 2 stelt dat kinderen met betere vergelijkingsvaardigheden een meer lineaire getallenlijn hebben dan kinderen met minder goede vergelijkingsvaardigheden. Hypothese 3 stelt dat de groei op de getallenlijn gerelateerd is aan de groei in telvaardigheden en vergelijkingsvaardigheden.

Wat betreft de eerste hypothese die onderzocht is in dit onderzoek, blijkt er uit de resultaten dat er een sterk verband is tussen de telvaardigheden en de mentale getallenlijn. Daarbij bleken de telvaardigheden de beste voorspeller voor de mentale getallenlijn op meetmoment één. Om een beter beeld te krijgen welke deelvaardigheden van de telvaardigheden van belang zijn voor het voorspellen van de mentale getallenlijn is gekeken naar de verbanden tussen deze deelvaardigheden en de mentale getallenlijn. Het merendeel van de deelvaardigheden laat een matig tot sterk verband zien met de mentale getallenlijn. Gekeken naar het model van Dehaene (1997) zou dit gezien kunnen worden als bewijs voor de verbale route, waarbij de volgorde van getallen bepaald wordt op de mentale getallenlijn. Het daarnaast gevonden verband tussen de ontwikkeling van de telvaardigheden en de mentale getallenlijn is een aanwijzing dat deze vaardigheden zich gelijkmatig ontwikkelen. Dit sluit aan bij de verwachtingen van het onderzoek en de eerdere bevindingen van Booth en Siegler (2008). Zij vonden dat de mate van lineairiteit van de mentale getallenlijn in verband zou staan met rekenvaardigheden in brede zin. Echter, in het huidige onderzoek blijken op meetmoment twee de deelvaardigheden resultaatief tellen en algemeen begrip van telwoorden nauwelijks in verband te staan met de mentale getallenlijn. Deze vaardigheden laten, gekeken naar de gemiddelde scores, de minste vooruitgang zien. Dit opvallende verschil in vooruitgang lijkt te wijten aan het feit dat in groep één en twee van het basisonderwijs de telvaardigheden volop in ontwikkeling zijn. De doelen voor de deelvaardigheden, te weten het gebruik van telwoorden en gestructureerd tellen, worden hoofdzakelijk in de vroege basisschoolperiode behaald. Zo kunnen kinderen op hun derde vaak al akoestisch tellen en lukt het hen ongeveer halverwege het vierde levensjaar om geordend te tellen en aan elk item

een telwoord toe te kennen (Ruijsenaars et al., 2004; Sarnecka & Cary, 2007). De hogere deelvaardigheden van het tellen zijn in deze groepen het basisdoel voor het rekenonderwijs en volop in ontwikkeling. Het is dus mogelijk dat de ene keer de taak beter lukt dan de andere keer. Ook zou het tijdstip van afname invloed kunnen hebben. Meetmoment één is aan het einde van het schooljaar afgenomen en dus aan het einde van een periode waarin deze vaardigheden intensief geoefend zijn. Meetmoment twee is midden in het schooljaar, waaraan dus een kortere periode van oefening aan vooraf is gegaan.

Wanneer we kijken naar de tweede onderzochte hypothese laten zoals verwacht werd, ook de vergelijkingsvaardigheden een vooruitgang voor meetmoment twee ten opzichte van meetmoment één zien. Dit sluit aan bij de bevindingen van Jordan en collega's (2008). Zij vonden een positieve ontwikkeling in de vergelijkingsvaardigheden van kinderen. Deze ontwikkeling was echter veel sterker dan in het huidige onderzoek. Daarbij zijn de vergelijkingsvaardigheden op meetmoment één geen significante voorspeller voor de mentale getallenlijn. Dit spreekt de bevindingen van Dehaene (1997) en Jordan (2008) tegen. Zij vonden een meer logaritmische representatie op beide vaardigheden bij jonge kinderen. Dit verschil is mogelijk te wijten aan de taak waarmee de vergelijkingsvaardigheden zijn gemeten. Jordan (2008) gebruikte naast visuele stimuli, vergelijkbaar met het huidige onderzoek, ook verbale stimuli. Daarbij was de meting van Jordan en collega's (2008) enkel gericht op de vergelijkingsvaardigheden, terwijl de meting voor de vergelijkingsvaardigheden in het hier beschreven onderzoek deel uitmaakten van een bredere vergelijkingstaak met verschillende condities. Zo zijn er in deze taak drie condities te onderscheiden: de neutrale conditie waarbij alle stippen even groot waren; de congruente conditie waarbij de numeriek grootste hoeveelheid ook fysiek het grootst was; en de incongruente conditie waarbij de numeriek grootste hoeveelheid fysiek het kleinst was (Gebuis et al., 2008). Door dit verschil in fysiek grote en numeriek grote aantal stippen lijkt inhibitie een rol te spelen. Hoewel voor dit onderzoek enkel de neutrale taak is gebruikt lijkt het effect van de andere condities van invloed op de score voor de neutrale taak. Kinderen moeten bij de incongruente en congruente conditie de reactie die de fysiek grote stippen oproept onderdrukken. Inhibitie is al eerder een belangrijke factor in de ontwikkeling van de mentale getallenlijn gebleken (Kroesberge et al., 2009).

De derde hypothese die met dit onderzoek onderzocht werd, betrof de relatie tussen de groei in tel- en vergelijkingsvaardigheden en de groei op de mentale getallenlijn. Hoewel er op alle vaardigheden een vooruitgang te zien is, lijkt er alleen voor de telvaardigheden een matige relatie te zijn met de groei van de mentale getallenlijn. Binnen dit onderzoek is er

gebruik gemaakt van twee meetmomenten. Tussen deze meetmomenten volgden de leerlingen zeven maanden regulier basisonderwijs. De gemiddelde scores op meetmoment twee waren hoger ten opzichte van meetmoment één. Echter, enkel de ontwikkeling van de telvaardigheden liet een matig verband met de ontwikkeling van de mentale getallenlijn zien. Dit positieve verband tussen de groei van de telvaardigheden en de groei van de mentale getallenlijn sluit aan bij de bevindingen van Booth en Siegler (2008) en Siegler en Booth (2004). Zij vonden echter een sterkere relatie ( $r=.57$ ;  $p<.01$ ) in vergelijking tot dit onderzoek. Dit zou te wijten kunnen zijn aan het feit dat zij naast de telvaardigheden ook het herkennen van getallen en andere verbale en schriftelijke rekenvaardigheden meenamen in de vergelijking met de mentale getallenlijn. Ook waren de deelnemers aan het onderzoek ouder in vergelijking met het hier beschreven onderzoek. Dit zou echter niet van invloed hoeven te zijn, gezien het onderzoek van Ebersbach en collega's (2008), die een sterk verband tussen de telvaardigheden en de mentale getallenlijn vonden bij kleuters. Het uitblijven van het verband tussen de ontwikkeling van de vergelijkingsvaardigheden en de mentale getallenlijn kan verklaard worden door de eerder beschreven invloed van inhibitie. Echter, ook verveling lijkt een rol te spelen bij deze taak. Gezien het feit dat dit één van de langstdurende taken is, zou de motivatie ten opzichte van meetmoment één minder kunnen zijn. De kinderen hebben de taak al eerder uitgevoerd en gezien wat er aan het einde van de taak gebeurt. Hierdoor is de beloning aan het einde van de taak van mindere waarde. Naast de afname van motivatie zou de invloed van het spelelement binnen de taken invloed kunnen hebben op de resultaten. Bij het meten van de mentale getallenlijn werd gebruik gemaakt van auto's die de meeste kinderen kenden uit de film *Cars*. Dit enthousiasmeerde de kinderen dusdanig dat ze geen aandacht meer hadden voor de taak.

Ondanks het feit dat niet alle gestelde hypothesen volledig bevestigd zijn, heeft dit onderzoek belangrijke informatie opgeleverd over de relatie tussen de vergelijkingsvaardigheden, de telvaardigheden en de mentale getallenlijn bij kleuters. Hierdoor biedt dit onderzoek nieuwe inzichten voor toekomstig onderzoek en de praktijk. Toekomstig onderzoek zal moeten uitwijzen in welke mate de gebruikte testen betrouwbaar zijn. Daarbij zal voor de vergelijkingsvaardigheden een aparte taak moeten worden afgenomen zodat andere invloeden als inhibitie worden uitgesloten. Ook zal er verder gekeken moeten worden naar het motiveren van de kinderen zonder dat het spelelement in de taak invloed heeft op de resultaten. Doordat dat er veel verschil is in de mate waarop de telvaardigheden worden geoperationaliseerd zijn deze moeilijk te onderzoeken en is het gecompliceerd om de resultaten te vergelijken. Een eenduidige definitie en meetwijze van de

telvaardigheden maakt het in de toekomst makkelijker om onderzoek en resultaten te vergelijken. Daarbij is het aan te raden het aantal meetmomenten uit te breiden. Wanneer er gebruik wordt gemaakt van meer meetmomenten kan er meer inzicht worden verkregen in de ontwikkeling van de mentale getallenlijn en in welke mate andere numerieke vaardigheden mee ontwikkelen. Het stellen van een basislijn bij binnenkomst op het basisonderwijs kan aangeven welke vaardigheden beïnvloed worden door training en welke hier minder gevoelig voor zijn. Dit kan veel nieuwe positieve implicaties voor de praktijk bieden. Zo blijken hoofdzakelijk de telvaardigheden een belangrijke invloed te hebben op de mentale getallenlijn. In de ontwikkeling van rekenonderwijs voor groep één en twee dient hier rekening mee te worden gehouden. Door tellen een prominente plaats in het rekenonderwijs te geven. Veder onderzoek moet uitwijzen welke andere factoren van invloed zijn op de mentale getallenlijn. Wanneer bekend is welke factoren van invloed zijn op deze basisfunctie voor het leren rekenen geeft dit nieuwe inzichten voor het rekenonderwijs en het onderzoek naar rekenproblemen.

Hoewel ten beste uitgevoerd, zijn er een aantal beperkingen binnen dit onderzoek waar rekening mee gehouden dient te worden bij de interpretatie van de resultaten. Doordat er gewerkt is met een selecte steekproef is het niet duidelijk in hoeverre generalisatie naar de algemene populatie mogelijk is. Door de grootte van de steekproef ( $n = 247$ ), zouden de resultaten echter een goede indicatie kunnen geven over de factoren die van invloed zijn op de mentale getallenlijn bij kleuters uit Midden-Nederland. Daarnaast zijn de gegevens verzameld door een groot aantal onderzoekers, waardoor eventuele verschillen in het afnemen van de testen niet uit te sluiten zijn. Echter, door de sterke overeenkomst in studieverleden van de onderzoekers, een uitgebreide training, een geanalyseerde proefafname en het gebruik van gestandaardiseerde computerprogramma's zijn deze verschillen zoveel mogelijk uitgesloten. De gebruikte testen voor het toetsen van de mentale getallenlijn en de vergelijkingsvaardigheden zijn recent ontwikkeld en nog niet veel gebruikt. Hierdoor kan slechts in beperkte mate uitspraak gedaan worden over de betrouwbaarheid ervan. Tot slot dient opgemerkt te worden dat er enkel gekeken is naar de vaardigheden vergelijken en tellen, waarbij twee meetmomenten genomen zijn. Hierdoor kan er maar in beperkte mate uitspraak gedaan worden over een oorzakelijk verband.

## Literatuurlijst

- 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.
- Barth, H., La Mont, K., Lipton, J. S., Dehaene, S., Kanwisher, N., & Spelke, E. (2006). Non-symbolic arithmetic in adults and young children. *Cognition*, *98*, 199-222.
- Booth, J.L., & Siegler, R.S. (2008). Numerical Magnitude Representations Influence Arithmetic Learning. *Child Development*, *4*, 1016 – 1031.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1995). *Towards an anatomical and functional model of number processing*. In B. Butterworth (ed), *Mathematical Cognition volume 1* (83-120). Exeter: Psychology Press.
- Dehaene, S. (1997). *The number sense: How The Mind Creates Mathematics*. Oxford: Oxford University Press.
- Dehaene, S. (2001). Précis of the number sense. *Mind and language*, *16*, 16-36.
- 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.
- 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.
- Gebuis, T., Kadosh, R.C., & de Haan, E. (2008). Automatic quantity processing in 5-year olds and adults. *Cognitive Processes*, *10*, 133-142.
- Jordan, K.E., Suanda, S.H., & Brannon, E.M. (2008). Intersensory redundancy accelerates preverbal numerical competence. *Cognition*, *108*, 210–221.
- Kroesbergen, E.H., Van Luit, J.E.H., Van Lieshout, E.C.D.M., & Van Loosbroek, B.A.M. (2009). Individual Differences in Early Numeracy: The Role of Executive Functions and Subitizing. *Journal of Psychoeducational Assessment*, *27*, 226.
- Laski, A.V., & Siegler, R.S. (2007). Is 27 a big number? Correlational and causal connections among numerical categorization, number line estimation, and numerical magnitude comparison. *Child Development*, *78*, 1723-1743.

- Van Luit, J.E.H., & Van de Rijt, B.A.M. (2009). *Utrechtse Getalbegrip Toets-Revised [Early Numeracy Test-Revised]*. Doetinchem: Graviant.
- Ruijsenaars, W., & Van Luit, H. (2007). *Rekenen*. In K. Verschueren, & H. Koomen (Eds), *Handboek diagnostiek in de leerlingenbegeleiding* (43-56). Antwerpen-Apeldoorn: Garant.
- Ruijsenaars, A.J.J.M., Van Luit, J.E.H., & Van Lieshout, E.C.D.M. (2004). *Rekenproblemen en dyscalculie*. Rotterdam: Lemniscaat
- Sarnecka, B.W., & Carey, S. (2007) How counting represents number: What children must learn and when they learn it. *Cognition*, 108, 662-674.
- Siegler, R.S., & Booth, J.L. (2004) Development of Numerical Estimation in Young Children. *Child Development*, 75, 428 – 444.