

What counts? : cognitive development and arithmetical performance: the role of child- and environment-related factors

Citation for published version (APA):

Martens, R. (2012). *What counts? : cognitive development and arithmetical performance: the role of child- and environment-related factors*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. NeuroPsych Publishers. <https://doi.org/10.26481/dis.20121018rm>

Document status and date:

Published: 01/01/2012

DOI:

[10.26481/dis.20121018rm](https://doi.org/10.26481/dis.20121018rm)

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

Summary

Although the preschool period has been described as an important time in the development of mathematical abilities, much less is known about inter-individual differences in mathematical abilities at this early age. Reports and protocols published by organizations in the Netherlands as well as international organizations, such as the OECD, have underlined the importance of awareness of the role that inter-individual differences play in mathematical development. According to these reports, mathematics education has to be tailor-made to fit the mathematical development and educational needs of the individual child (e.g., National Research Council, 2009). As an important first step in the organization of tailor-made mathematics education, the child- and environment-related factors that underlie inter-individual differences in mathematical development have to be mapped (Jolles et al., 2005, 2006; OECD, 2007). Since past research has shown that early mathematical abilities have a life-long impact, optimizing mathematical development as early as possible is vital.

Thus far, limited research has focused on (a) early predictors of mathematical development, and (b) the effect of early interventions on cognitive and academic functioning. This thesis aimed to contribute insights into these points of interest. For one, the majority of the studies presented in this thesis (i.e., Chapters 3, 4, and 5) focused on topics related to the first point of interest: mapping the relationship between mathematical development and various child- and environment-related factors at preschool and early primary school age. Special attention was given to the influence of children's cognitive abilities, since past research has shown that these abilities (e.g., working memory) are predictive of mathematical development (Bull et al., 2008; Swanson & Kim, 2007; Passolunghi et al., 2007). More specifically, we were interested in the interaction between cognitive abilities and other factors, e.g., children's sex and own interest in learning, and the home learning environment provided by parents.

This thesis contributes to existing literature on these factors, by studying their influence at a younger age than previous research has explored, and by exploring the combined influence of factors (e.g., the interaction between sex, age and

mathematical achievement level). Secondly, as mentioned above in relation to the second point of interest, this thesis dedicated a chapter (i.e., Chapter 6) to exploring the effectiveness of preschool interventions that aimed to stimulate strategic organization and conceptual reasoning. Since these higher-order cognitive functions have been associated with goal-directed learning, knowledge about the development of these functions provides an interesting basis for the design of early educational interventions.

An overview of the chapters in this thesis is given here:

Chapter 1. This chapter discussed the rationale and relevance of the research topics in more detail and provided an outline of the thesis.

Chapter 2. The research described in this chapter focused on sex differences in arithmetical abilities between the ages of 6 to 15 years. Past research has focused predominantly on sex differences in arithmetical performance in terms of central tendency (Halpern et al., 2007; Strand, Deary, & Smith, 2006). Homogeneity of variance among sexes was implicitly assumed, even though support for the validity of this assumption was scarce. The large-scale cross-sectional study discussed in this chapter explored sex differences in arithmetical performance in terms of central tendency as well as variability. In total, 390 healthy children aged 6 to 15 (193 boys) performed a time-restricted arithmetic test (i.e., addition, subtraction, multiplication and division). Central tendency analyses revealed a significant male advantage in arithmetical performance, predominantly in addition and subtraction, from grade 6 onward. Variability analyses showed that these findings could be attributed to sex differences among average and high achievers in grades 6 to 9, although the largest differences were found between high-achieving boys and girls. No significant sex differences were found between low achievers. Together these findings showed that sex differences in arithmetical performance exist, but depend on the studied arithmetical operation, age group and achievement level. Hereby this study indicated the need for a broader perspective on sex differences, thereby offering new directions for future research.

Chapter 3. In past research, early numerical abilities have been strongly associated with subsequent academic success (e.g., Duncan et al., 2007). Thus far, limited attention has been given to child- and environment-related factors that affect

the development of numerical abilities positively or negatively, particularly in comparison to literacy research (e.g., Anders et al., 2012). In Chapter 3, the specific influence of both the home learning environment (HLE) and child-related factors (i.e., cognitive abilities and own initiative in learning [CI]) on early numeracy were explored in a sample of 211 children aged 5 to 7. Of the six HLE and CI factors that were studied, the following four were related to early numerical abilities (uniquely or combined): the number and letter activities that parents initiated, books reading activities on initiative of parent or child, whether the child enjoys looking in books, and whether the child watches educational television. The influence of these factors was moderated by children's cognitive abilities and age as well as the specific numerical ability under study. Together these findings provide new insights into the interactive effects of HLE and child-related factors on numerical development.

Chapter 4. The study described in this chapter explored mathematical and cognitive characteristics of mathematical difficulties and mathematical giftedness of 162 children aged 4 to 8 years. Data was collected when children were enrolled in the first or second year of preschool (i.e., 4-6 yrs) and two years later, when they were in grade 1 or 2 (i.e., 6-8 yrs). In terms of stability of mathematical performance, five groups were discerned: children with persistent mathematical difficulties (MD-p), transient mathematical difficulties (MD-t), typical achievement (TA), transient mathematical giftedness (MG-t) and persistent mathematical giftedness (MG-p). Next, differences between these groups were assessed across a broad range of cognitive abilities, measured at preschool age. Thereby, we aimed to discern early cognitive characteristics that underlie inter-individual differences in level and stability of mathematical performance. This study was the first to evaluate how preschool cognitive abilities relate to differences in mathematical abilities between children with MD, TA, and MG. We focused on two types of mathematical abilities: computational fluency (i.e., lower order) and mathematical problem solving (i.e., higher order). The findings of our study were twofold. Firstly, the majority of children showed variable mathematical performance between preschool and primary school. For one, of the children with MD in preschool (i.e., performance \leq 25th percentile), only 43 to 53 % was classified as MD-p (i.e., these percentages reflect computational fluency and mathematical problem solving respectively). Secondly, preschool working memory, short-term memory, visual-spatial reasoning and design fluency performance were

found to parallel mathematical performance. Children with MD predominantly had the lowest mean scores, while children with MG often had the highest mean scores. These findings have potential implications for educational practice, in terms of differentiation in teaching activities as well as early prevention and intervention of learning difficulties.

Chapter 5. The ability to organize information in a meaningful manner facilitates learning and is an important determinant of academic performance (e.g., Cornford, 2002; Garner, 2009). Consequently, assessment of organizational strategies may be useful for the identification of children with or at risk for learning difficulties. A well-known test that enables the assessment of organizational strategies is the Rey-Osterrieth Complex Figure (ROCF; Rey, 1941). This established diagnostic and research instrument measures e.g., an individual's ability to plan, initiate, and complete a task, to use strategies, and organize complex visual information. Surprisingly, its potential value for the assessment of young children's organizational strategy use has received limited attention. The study described in Chapter 5 investigated the developmental trajectories of children's organizational approach to copying the ROCF in a cross-sectional sample of healthy 5- to 7-year-old children ($n = 217$). Organizational strategy use was assessed using two measures: the RCF-OSS (Anderson et al., 2001) and the Rey Initial Drawing Sequence (RIDS), a new measure that assessed the initial order of drawing. We explored the relationship between these two measures and a broad range of cognitive functions. Our findings indicated that children's organizational strategy use undergoes significant developmental changes during the age of 5 to 7 years, with significant maturation occurring between 5.5 to 6.5 years of age. In addition, we found that organizational strategy use, as measured by RCF-OSS, was significantly related to various aspects of cognitive functioning at this age (i.e., numeracy, fluency, visual attention, visual-motor integration, spatial memory, working memory, processing speed, and spatial reasoning). Conversely, the RIDS was only related to numeracy. Thus, these measures seem to reflect different aspects of organizational strategy use and can therefore be used as complementary measures. Together our findings showed that both RCF-OSS and RIDS can provide interesting information on the development of organizational strategy use between preschool and early primary school. To the best of our knowledge our study is one of the first to shed light on the important changes that take place in children's strategic organization

between 5 to 7 years of age, thereby providing an interesting starting point for future research and potential clinical use.

Chapter 6. The effectiveness of executive functions training for preschool children has been described by previous studies, predominantly focusing on working memory training (e.g., Diamond et al., 2007; Thorell et al., 2009). Whether more complex executive functions can be trained explicitly (using a metacognitive approach) remains to be investigated. The study described in Chapter 6 examined the effectiveness of training strategic organization and conceptual reasoning in a sample of healthy children aged 4 to 6 years ($n = 102$). Children were appointed randomly to one of four conditions: conceptual reasoning training, strategic organization training, creative training (active control), or no training (passive control; only pre- and post-testing). For each training condition, overall training time included group meetings (60 min/wk) and paper-and-pencil homework exercises (30-40 min/wk) for 6 weeks. Pre- and posttest measurements consisted of a range of tests, including conceptual reasoning, working memory, fluency and attention. The findings of our study showed that conceptual reasoning and strategic organization training led to transfer effects through induced improvement in respectively verbal fluency and working memory performance. However, improvement depended on an interaction between age and training content. Younger preschoolers primarily benefited from conceptual reasoning training, leading to improvement in verbal fluency. In contrast, older preschoolers only benefited from strategic organization training, leading to improvement in working memory. These findings have implications for the development of preschool training programs for regular and special education as well as clinical settings.

Chapter 7. In this final chapter the findings of Chapters 2 to 6 were discussed in light of the aims of the thesis. We explored the influence of a broad range of child- and environment-related factors on mathematical development at a younger age than past research has explored. Our findings have shown that studying the effects of child- and environment-related factors at preschool and early primary school age provides new insights into mathematical development as well as the development of underlying cognitive abilities. At this early age mathematical development is already related to children's own initiative in learning, the home learning environment, and children's cognitive abilities (as well as interactions between these factors). In addition, our findings have shown that effects on mathematical development are not limited to

SUMMARY

individual factors; the outcome of a study can also be influenced by interactions between child- or environment-related factors (e.g., interactions between sex, age and mathematical achievement level – see Chapter 2). Further, this thesis has shown that preschool children are already capable of higher-order cognitive functioning (i.e., strategic organization) and has underlined possibilities for stimulating this functioning (i.e., strategic organization and conceptual reasoning) through early interventions. Together the findings discussed in this thesis underline the added value of a developmental neuropsychology perspective on learning processes; i.e., an approach that incorporates biological (age, sex), psychological (cognitive functions, initiative-taking), and environmental (home learning environment) factors to increase our understanding of inter-individual differences in (early) mathematical development. By underlining the importance of the early effects of child- and environment-related factors on inter-individual differences in mathematical development, our findings support international pleas for educational differentiation. In addition, our findings have potential implications for educational practice and provide starting points for early prevention and intervention aimed at realizing optimal individual development.

REFERENCES

- Anders, Y., Rossbach, H., Weinert, S., Ebert, S., Kuger, S., Lehrl, S., & von Maurice, J. (2012). Home and preschool learning environments and their relations to the development of early numeracy skills. *Early Childhood Research Quarterly*, 27(2), 231-244.
- Anderson, P., Anderson, V., & Garth, J. (2001). Assessment and development of organizational ability: The Rey Complex Figure Organizational Strategy Score (RCF-OSS). *The Clinical Neuropsychologist*, 15(1), 81-94.
- Bull, R., Espy, K., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology*, 33(3), 205-228.
- Cornford, I. R. (2002). Learning-to-learn strategies as a basis for effective lifelong learning. *International Journal of Lifelong Education*, 21(4), 357-368.
- Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). Preschool program improves cognitive control. *Science*, 318(5855), 1387-1388.
- Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., et al. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, 43(6), 1428-1446.
- Garner, J. (2009). Conceptualizing the relations between executive functions and self-regulated learning. *Journal of Psychology: Interdisciplinary and Applied*, 143(4), 405-426.
- Halpern, D. F., Benbow, C. P., Geary, D. C., Gur, R. C., Hyde, J. S., & Gernsbacher, M. A. (2007). The science of sex differences in science and mathematics. *Psychological Science in the Public Interest*, 8(1), 1-51.
- Jolles, J., De Groot, R., Van Benthem, J., Dekkers, H., De Gloppe, C., Uijlings, H., et al. (2005). *Leer het brein kennen [Learning to know the brain]*. The Hague: the Netherlands Organization for Scientific Research (NWO).
- Jolles, J., De Groot, R., Van Benthem, J., Dekkers, H., De Gloppe, C., Uijlings, H., et al. (2006). *Brain lessons: A contribution to the international debate on Brain, Learning & Education*. Maastricht: Neuropsych Publishers.
- National Research Council (2009). *Mathematics learning in early childhood: Paths towards excellence and equity*. Committee on Early Childhood Mathematics, Christopher T. Cross, Taniesha A. Woods, and Heidi Schweingruber, Editors. Center for Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press.
- OECD (2007). *Understanding the Brain: The Birth of a Learning Science*. Paris: OECD Publishing.
- Passolunghi, M., Vercelloni, B., & Schadee, H. (2007). The precursors of mathematics learning: Working memory, phonological ability and numerical competence. *Cognitive Development*, 22(2), 165-184.

SUMMARY

- Rey, A. (1941). L'examen psychologique dans les cas d'encéphalopathie traumatique [The psychological examination of cases of traumatic encephalopathy]. *Archives De Psychologie*, 28, 215-285.
- Strand, S., Deary, I. J., Smith, P. (2006). Sex differences in cognitive abilities test scores: A UK national picture. *British Journal of Educational Psychology*, 76(3), 463-480.
- Swanson, L., & Kim, K. (2007). Working memory, short-term memory, and naming speed as predictors of children's mathematical performance. *Intelligence*, 35(2), 151-168.
- Thorell, L. B., Lindqvist, S., Bergman Nutley, S., Bohlin, G., & Klingberg, T. (2009). Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Developmental Science*, 12(1), 106-113.

Samenvatting

Hoewel de kleuterschooltijd wordt beschreven als een belangrijke periode in de ontwikkeling van rekenvaardigheden, is er relatief weinig bekend over inter-individuele verschillen in rekenvaardigheden op deze jonge leeftijd in relatie tot onderliggende vaardigheden, zoals getalbegrip en cognitieve vaardigheden. Rapporten en protocollen gepubliceerd door Nederlandse organisaties, zoals NWO (Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek), en internationale organisaties, zoals de OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) en het daarbij aangesloten CERI (Centre for Educational Research and Investigation), onderschrijven de visie dat inter-individuele verschillen een significante rol spelen in de ontwikkeling van rekenvaardigheden. Volgens deze rapporten is het belangrijk dat rekenonderwijs al vanaf jonge leeftijd aansluit bij (de ontwikkeling van) individuele vaardigheden evenals de onderwijsbehoeften van elk kind (e.g., National Research Council, 2009). Een eerste belangrijke stap in het organiseren van passend rekenonderwijs op basisscholen is daarom het in kaart brengen van kind- en omgevingsgebonden factoren die ten grondslag liggen aan inter-individuele verschillen in de ontwikkeling van rekenvaardigheden (Jolles et al., 2005, 2006; OECD, 2007). Aangezien eerder onderzoek heeft aangetoond dat vroege rekenvaardigheden een levenslange invloed hebben, is het essentieel dat de ontwikkeling van rekenvaardigheden zo vroeg mogelijk wordt gestimuleerd en dat de voorwaarden voor deze ontwikkeling worden geoptimaliseerd.

Tot op heden heeft onderzoek zich slechts in beperkte mate gericht op (a) vroege voorspellers van de ontwikkeling van rekenvaardigheden en (b) het effect van vroege interventies op cognitief en academisch functioneren. Dit proefschrift beoogde nieuwe inzichten bij te dragen aan deze aandachtspunten. Zo richtte de meerderheid van de studies die beschreven worden in dit proefschrift (i.e., Hoofdstukken 3, 4 en 5) zich op het eerste aandachtspunt: het in kaart brengen van de relatie tussen de ontwikkeling van rekenvaardigheden en diverse kind- en omgevingsgebonden factoren

tijdens de kleuter- en vroege basisschoolperiode. Aangezien eerder onderzoek heeft aangetoond dat cognitieve vaardigheden, zoals het werkgeheugen, voorspellend zijn voor de ontwikkeling van rekenvaardigheden, werd speciale aandacht besteed aan de invloed van deze kindgebonden vaardigheden (Bull et al., 2008; Swanson & Kim, 2007; Passolunghi et al., 2007). In het bijzonder waren we geïnteresseerd in de interactie tussen cognitieve vaardigheden en andere kindgebonden factoren, zoals de sekse van het kind en diens eigen initiatief tot leren, en factoren zoals de leeromgeving die ouders thuis bieden.

Het doel van dit proefschrift was allereerst het leveren van een bijdrage aan de bestaande literatuur over inter-individuele verschillen in rekenvaardigheden. Dit doel werd nagestreefd door de invloed van kind- en omgevingsgebonden factoren te bestuderen op een jongere leeftijd dan eerder onderzoek heeft gedaan en door de gecombineerde invloed van diverse factoren te onderzoeken. Een voorbeeld hiervan is de interactie tussen sekse, leeftijd en het niveau van rekenvaardigheid. Ten tweede is in dit proefschrift een hoofdstuk gewijd aan de effectiviteit van interventies op kleuterleeftijd, in lijn met het tweede aandachtspunt dat hierboven vermeld werd. Deze interventies waren gericht op het stimuleren van strategische organisatie en conceptueel redeneren (i.e., Hoofdstuk 6). Aangezien deze hogere orde cognitieve functies geassocieerd worden met doelgericht leren, kan kennis over de ontwikkeling van deze functies een waardevol uitgangspunt vormen voor de ontwikkeling van vroege onderwijsinterventies.

Een overzicht van de hoofdstukken in dit proefschrift volgt hieronder:

Hoofdstuk 1. In dit hoofdstuk wordt het doel van het proefschrift in een maatschappelijke en wetenschappelijke context geplaatst. Deze algemene introductie geeft achtergrondinformatie bij de onderzoeksonderwerpen evenals een overzicht van de inhoud van het proefschrift.

Hoofdstuk 2. Het onderzoek dat wordt beschreven in dit hoofdstuk richtte zich op sekseverschillen in rekenvaardigheden bij kinderen van 6 tot 15 jaar. Eerder onderzoek naar sekseverschillen heeft zich overwegend gericht op groeps gemiddelden ten aanzien van rekenvaardigheden. Homogeniteit van variantie tussen de seksen werd hierbij impliciet verondersteld, hoewel steun voor de validiteit van deze aanname schaars was. Het grootschalig, cross-sectioneel onderzoek dat wordt

besproken in dit hoofdstuk verkende zowel algemene trends als variabiliteit van sekseverschillen in rekenvaardigheden. In totaal werd bij 390 gezonde kinderen van 6 tot 15 jaar (193 jongens) de Tempo Test Rekenen (De Vos, 1992) afgenomen. Dit is een tijdgebonden test die de vaardigheden optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen meet. Analyses met groepsgemiddelden lieten een significant voordeel voor jongens zien in rekenprestaties. Dit gold met name voor optellen en aftrekken en pas vanaf groep 8. Uit variabiliteitsanalyses bleek echter dat deze bevindingen vooral verklaard konden worden door verschillen tussen jongens en meisjes die op een gemiddeld of hoog niveau presteerden – in het bijzonder in groep 8 en klas 1, 2, en 3. De grootste verschillen werden gevonden tussen jongens en meisjes die op een hoog niveau presteerden. Tussen jongens en meisjes die op een laag niveau presteerden werden geen significante verschillen gevonden. Samen tonen deze bevindingen aan dat sekseverschillen in rekenvaardigheden bestaan. Echter, ze zijn afhankelijk van de rekenkundige vaardigheden, de leeftijdsgroep en het prestatieniveau dat bestudeerd wordt. Hiermee laat deze studie zien dat het belangrijk is om sekseverschillen vanuit een breder perspectief te benaderen. Dit biedt nieuwe aanknopingspunten voor toekomstig onderzoek.

Hoofdstuk 3. In eerder onderzoek zijn vroege rekenvaardigheden sterk geassocieerd met daaropvolgend academisch succes. Tot nu toe is echter weinig aandacht uitgegaan naar kind- en omgevingsgebonden factoren die van invloed zijn op de ontwikkeling van rekenvaardigheden. Dit geldt met name in vergelijking met onderzoek naar leesvaardigheden. In Hoofdstuk 3 wordt de specifieke invloed van de leeromgeving die ouders thuis creëren (Home Learning Environment [HLE]) en kindgebonden factoren, zoals cognitieve vaardigheden en het eigen initiatief tot leren (Child's Initiative [CI]) op getalbegrip verkend in een steekproef van 211 kinderen van 5 tot 7 jaar oud. Van de zes onderzochte HLE en CI factoren waren er vier (uniek of gezamenlijk) gerelateerd aan vroege rekenvaardigheden. Het betrof cijfer- en letteractiviteiten die door ouders aangeboden worden, het lezen van boeken op initiatief van ouder of kind, het plezier waarmee een kind in boeken kijkt, en het kijken naar educatieve televisie door het kind. Het effect van deze factoren werd beïnvloed door de cognitieve vaardigheden en leeftijd van het kind, evenals de specifieke rekenvaardigheid die bestudeerd werd. Samen bieden deze bevindingen nieuwe

inzichten in het effect van interacties tussen HLE and kindgebonden factoren op de ontwikkeling van (vroege) rekenvaardigheden.

Hoofdstuk 4. De experimentele studie die beschreven wordt in dit hoofdstuk verkende de rekenkundige en cognitieve kenmerken van rekenproblemen (mathematical difficulties [MD]) en rekenbegaafdheid (mathematical giftedness [MG]) van 162 kinderen van 4 tot 8 jaar. Alle gegevens werden verzameld op het moment dat kinderen in groep 1 of 2 zaten (i.e., 4-6 jaar) en twee jaar later, toen ze in groep 3 en 4 zaten (i.e., 6-8 jaar). Met betrekking tot de stabiliteit van rekenprestaties konden vijf groepen onderscheiden worden: kinderen met persistente rekenproblemen (MD-p), kinderen met voorbijgaande ('transient') rekenproblemen (MD-t), gemiddeld presterende kinderen (Typically Achieving [TA]), kinderen met voorbijgaande rekenbegaafdheid (MG-t), en kinderen met persistente rekenbegaafdheid (MG-p). Vervolgens werden verschillen tussen deze vijf groepen onderzocht in een groot aantal cognitieve vaardigheden, gemeten op kleuterleeftijd. Hiermee beoogden we specifieke cognitieve kenmerken te onderscheiden die ten grondslag liggen aan inter-individuele verschillen in het niveau en de stabiliteit van rekenprestaties. Onze studie was de eerste die de relatie tussen cognitieve vaardigheden op kleuterleeftijd en verschillen in rekenvaardigheden tussen kinderen met MD, TA en MG bestudeerde. We richtten ons op twee typen rekenvaardigheden, namelijk eenvoudige rekenkundige bewerkingen (i.e., vaardigheid van lagere orde) en probleemoplossend rekenen (i.e., vaardigheid van hogere orde). De bevindingen van de studie waren tweeledig. Allereerst bleek dat, van de kinderen met MD op kleuterleeftijd (i.e., rekenprestaties \leq 25^e percentiel), slechts 43 tot 53 % persistente rekenproblemen ontwikkelde. Deze percentages geven respectievelijk problemen in eenvoudige rekenkundige bewerkingen en probleemoplossend rekenen weer. Ten tweede bleek dat prestaties op het gebied van het werkgeheugen, het kortetermijngeheugen, het visueel-ruimtelijk redeneren en de non-verbale vloeiendheid overeenkwamen met het niveau van de rekenprestaties. Kinderen met MD hadden overwegend de laagste gemiddelde scores, terwijl kinderen met MG doorgaans de hoogste gemiddelde scores behaalden. Deze bevindingen hebben mogelijke implicaties voor de onderwijspraktijk. In het bijzonder zouden onze bevindingen kunnen leiden tot een nadere differentiatie van lesactiviteiten en een verbetering van vroege preventie en interventie bij leerproblemen.

Hoofdstuk 5. Het meten van organisatiestrategieën kan een goede manier zijn om kinderen te identificeren die leerproblemen ervaren of het risico lopen om deze te ontwikkelen. Een bekende test die beoordeling van organisatiestrategieën mogelijk maakt is de 'Rey-Osterrieth Complex Figure' (ROCF; Rey, 1941). Deze test meet het vermogen om een taak te plannen, te initiëren en te voltooien, om strategieën te gebruiken en om complexe visuele informatie te organiseren. Het is verrassend dat de potentiële waarde van deze test voor het meten van de organisatiestrategieën van jonge kinderen relatief weinig aandacht heeft gekregen. De studie die wordt beschreven in dit hoofdstuk onderzocht de ontwikkelings-trajecten van de organisatorische aanpak van kinderen bij het kopiëren van de ROCF in een cross-sectionele steekproef van gezonde 5- tot 7-jarige kinderen ($n = 217$). Organisatorisch strategiegebruik werd beoordeeld aan de hand van twee maten: de RCF-OSS (Anderson et al., 2001) en de RIDS (Rey Initial Drawing Sequence), een nieuwe maat die de initiële volgorde van tekenen beoordeelt. We verkenden de relatie tussen deze twee maten en een breed scala aan cognitieve functies. Onze bevindingen lieten zien dat organisatorisch strategiegebruik een significante ontwikkeling doormaakt tussen de leeftijd van 5 tot 7 jaar. In het bijzonder vond significante rijping plaats tussen de leeftijd van 5,5 tot 6,5 jaar. Aanvullend vonden we dat organisatorisch strategiegebruik, zoals gemeten door de RCF-OSS, significant gerelateerd was aan verschillende aspecten van cognitief functioneren op deze leeftijd. Het ging daarbij om getalbegrip, vloeïendheid, visuele aandacht, visueel-motorische integratie, ruimtelijk geheugen, werkgeheugen, verwerkingssnelheid en ruimtelijk redeneren. Daarentegen was de RIDS alleen gerelateerd aan getalbegrip. Hiermee lijken deze beide maten verschillende aspecten van organisatorisch strategiegebruik te meten en kunnen daarom mogelijk als complementaire maten gebruikt worden. Samengenomen laten deze resultaten zien dat zowel de RCF-OSS als de RIDS interessante informatie kunnen opleveren over de ontwikkeling van organisatorisch strategiegebruik tussen de kleutertijd en de vroege basisschoolperiode. Hiermee is onze studie één van de eerste die een licht werpt op belangrijke veranderingen die plaatsvinden tussen 5 en 7 jaar in het gebruik van organisatiestrategieën.

Hoofdstuk 6. De effectiviteit van het trainen van de executieve functies van kleuters is door diverse studies beschreven, die zich overwegend richtten op werkgeheugentraining. Of meer complexe executieve functies expliciet getraind

kunnen worden, door middel van een metacognitieve aanpak, moet nog onderzocht worden. De studie die beschreven wordt in Hoofdstuk 6 onderzocht de effectiviteit van het trainen van strategische organisatie en conceptueel redeneren in een steekproef van gezonde 4- tot 6-jarige kinderen ($n = 102$). De kinderen werden willekeurig toegewezen aan één van vier condities: een conceptueel redeneren training, een strategische organisatie training, een creatieve training (actieve controle), of geen training (passieve controle, alleen voor- en nameting). Elke trainingsconditie bestond uit groepsbijeenkomsten (60 min. per week) en huiswerk oefeningen op papier (30-40 min. per week) die gedurende zes weken werden aangeboden. Voor- en nametingen bestonden uit tests die conceptueel redeneren, werkgeheugen, vloeiendheid, en aandacht meten. De bevindingen van de studie lieten zien dat de conceptueel redeneren en strategische organisatie trainingen leidden tot transfer effecten via respectievelijk verbeteringen in verbale vloeiendheid en werkgeheugenprestaties. Echter, deze verbeteringen waren afhankelijk van interacties tussen de leeftijd van het kind en de inhoud van de training. Jongere kleuters profiteerden overwegend van de conceptueel redeneren training, wat leidde tot verbetering in verbale vloeiendheid. Daarentegen profiteerden oudere kleuters alleen van de strategische organisatie-training, die leidde tot verbetering van de werkgeheugenprestaties.

Hoofdstuk 7. Dit laatste hoofdstuk bespreekt de bevindingen van Hoofdstukken 2 tot en met 6 in het licht van de doelen van dit proefschrift. We verkenden de invloed van een breed scala aan kind- en omgevingsgebonden factoren op de ontwikkeling van rekenvaardigheden op een jongere leeftijd dan eerder onderzoek heeft gedaan. Onze bevindingen hebben laten zien dat het bestuderen van de effecten van kind- en omgevingsgebonden factoren op kleuterschool- en vroege basisschoolleeftijd nieuwe inzichten kan bieden in de ontwikkeling van rekenvaardigheden en onderliggende cognitieve vaardigheden. Op jonge leeftijd is de ontwikkeling van rekenvaardigheden al gerelateerd aan het eigen initiatief tot leren van het kind, de leeromgeving die ouders thuis bieden en de cognitieve vaardigheden van het kind (evenals interacties tussen deze factoren). Eveneens hebben onze bevindingen laten zien dat de effecten op de ontwikkeling van rekenvaardigheden niet beperkt blijven tot individuele factoren. De uitkomst van een studie kan beïnvloed worden door interacties tussen kind- en omgevingsgebonden factoren, zoals de interactie tussen sekse, leeftijd en prestatieniveau (zie Hoofdstuk 2). Verder laat dit

proefschrift zien dat kleuters al in staat zijn tot hogere orde cognitief functioneren, zoals strategische organisatie. Het proefschrift ondersteunt eveneens de stelling dat het mogelijk is om deze functies, in het bijzonder strategische organisatie en conceptueel redeneren, te stimuleren door vroege interventies. Samen onderschrijven de bevindingen die in dit proefschrift besproken worden de toegevoegde waarde van een ontwikkelingsneuropsychologisch perspectief op leerprocessen. Centraal staat een aanpak die biologische, psychologische en omgevingsfactoren samenbrengt om ons begrip van inter-individuele verschillen in de (vroege) ontwikkeling van rekenvaardigheden te vergroten. Het gaat hierbij om factoren zoals de leeftijd, sekse, cognitieve functies en initiatiefname van het kind en de leeromgeving die ouders thuis bieden. Door het belang te onderschrijven van de vroege effecten die kind- en omgevingsgebonden hebben op inter-individuele verschillen in de ontwikkeling van rekenvaardigheden, ondersteunen onze bevindingen (inter)nationale pleidooien voor differentiatie in het onderwijs. Daarnaast hebben onze bevindingen mogelijke implicaties voor de onderwijspraktijk en bieden ze uitgangspunten voor vroege preventie en interventie. Een belangrijk doel in deze is het realiseren van optimale individuele ontwikkeling.

REFERENCES

- Anderson, P., Anderson, V., & Garth, J. (2001). Assessment and development of organizational ability: The Rey Complex Figure Organizational Strategy Score (RCF-OSS). *The Clinical Neuropsychologist*, 15(1), 81-94.
- Bull, R., Espy, K., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology*, 33(3), 205-228.
- De Vos, T. (1992). Tempo Test Rekenen [Arithmetic Tempo Test]. Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Jolles, J., De Groot, R., Van Benthem, J., Dekkers, H., De Gloppe, C., Uijlings, H., et al. (2005). *Leer het brein kennen [Learning to know the brain]*. The Hague: the Netherlands Organization for Scientific Research (NWO).
- Jolles, J., De Groot, R., Van Benthem, J., Dekkers, H., De Gloppe, C., Uijlings, H., et al. (2006). *Brain lessons: A contribution to the international debate on Brain, Learning & Education*. Maastricht: Neuropsych Publishers.
- OECD (2007). *Understanding the Brain: The Birth of a Learning Science*. Paris: OECD Publishing.
- National Research Council (2009). *Mathematics learning in early childhood: Paths towards excellence and equity*. Committee on Early Childhood Mathematics, Christopher T. Cross, Taniesha A. Woods, and Heidi Schweingruber, Editors. Center for Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press.
- Passolunghi, M., Vercelloni, B., & Schadee, H. (2007). The precursors of mathematics learning: Working memory, phonological ability and numerical competence. *Cognitive Development*, 22(2), 165-184.
- Rey, A. (1941). L'examen psychologique dans les cas d'encéphalopathie traumatique [The psychological examination of cases of traumatic encephalopathy]. *Archives De Psychologie*, 28, 215-285.
- Swanson, L., & Kim, K. (2007). Working memory, short-term memory, and naming speed as predictors of children's mathematical performance. *Intelligence*, 35(2), 151-168.