

**RUNNING HEAD: NS EN AUTOMATISERINGSVAARDIGHEDEN BIJ GROEP  
ZEVEN / ACHT**

Opbouw Number Sense en Samenhang met Automatiseringsvaardigheden van  
Leerlingen uit Groep Zeven / Acht

Annelieke F. M. Dortant  
Universiteit Utrecht

Dortant, A. F. M. – 3628043  
Universiteit Utrecht, Utrecht  
Faculteit Sociale Wetenschappen

Masterthesis Orthopedagogiek  
Leerlingenzorg

**Thesisbegeleider:** drs. Meijke Kolkman

**Tweede beoordelaar:** dr. Evelyn Kroesbergen

**Datum:** 7 juni 2012

### Voorwoord

Binnen de (ortho)pedagogische wetenschappelijke literatuur is het afgelopen decennium veel aandacht besteed aan rekenonderzoek. Ook binnen onderzoek aan de Universiteit Utrecht heeft rekenonderzoek de laatste jaren een centrale plek ingenomen. In lijn hiermee heeft zich in augustus 2011 de mogelijkheid voorgedaan om deel te nemen aan een lopend onderzoek binnen de Universiteit Utrecht. Het betrof onderzoek van promovenda Meijke Kolkman waarbij de rekenvaardigheid van kinderen in groep zeven / acht werd onderzocht. Hierdoor was mijn interesse gewekt. Ik heb vanuit mijn eigen doceerachtergrond als wel vanuit mijn huidige stagepraktijk veel affiniteit met het onderwijs. Het leveren van een bijdrage aan onderzoek dat aanwijzingen kan geven voor het vernieuwen van onderwijspraktijken ligt mij nauw aan het hart. Onderzoek dat zich richt op rekenonderwijs vormt hier een essentieel onderdeel van. Het leek mij een mooie insteek om op deze manier mijn masterscriptie invulling te geven. Daarnaast leek het me een leerzame uitdaging om na jarenlang kwalitatief onderzoek te hebben gedaan bij mijn vooropleiding Humanistiek een kwantitatief onderzoek uit te voeren.

Ik wil eenieder bedanken die heeft bijgedragen aan het tot stand komen van deze scriptie. Ik denk dan concreet aan mijn begeleidster Meijke Kolkman: ondanks papierversnipperaars, *Brain-Science*-dagen die in het honderd liepen en een groeiende buik heeft ze het hoofd koel gehouden en me tot op het randje van haar zwangerschapsverlof begeleid. Echter, een misschien nog wel grotere dank ben ik verschuldigd aan mijn informele begeleidster Linda Heldoorn (alias “De Grote Vriendin van de Thesis”). Zonder haar scheren van mijn wol, haar geduldig corrigeren van mijn tabellen en haar bijstand in stressaanvallen had ik deze scriptie zeker nooit volbracht. Linda: we zijn een *dream team*: al bezorgden mapping, een verkeerd begrepen Dehaene en bij benadering parametrische gegevens ons vooral nachtmerries, met jou kon ik deze uitdaging aan! Ik weet zeker dat het traject Tiel-Lunetten ook na afronding van onze scriptie afgelegd zal blijven worden.

Annelieke Dortant

### Samenvatting

Dit onderzoek focust op de relatie tussen de Number Sense-systemen het ‘approximate number system’ (het ANS), ‘het symbolic number system’ (het SNS) en mapping bij basisschoolleerlingen. Ook is de relatie tussen deze systemen en automatiseringsvaardigheden onderzocht. De verwachting was dat er een verband bestond tussen alle afzonderlijke NS-systemen. Eveneens werd een positief verband verwacht tussen het ANS en ‘eenvoudige’/ ‘complexe automatisering’ en het SNS en ‘complexe automatisering’. Een zelfde verband werd verwacht tussen mapping en ‘eenvoudige’/ ‘complexe automatisering’.

**Methode** De NS-systemen en automatiseringsvaardigheden van leerlingen uit groep zeven / acht ( $N = 88$ ) zijn gemeten met respectievelijk numerieke laptoptaken en rijcores van de Tempo Test Rekenen. De hypothesen zijn getest middels een correlatieanalyse tussen de verschillende variabelen. De bevonden samenhang is gecontroleerd voor de andere variabelen.

**Resultaten** Er bleek een positieve correlatie tussen het ANS en het SNS als wel tussen het ANS en mapping. Eveneens bleken positieve correlaties tussen mapping en automatiseringsvaardigheden. Dit gold voor zowel ‘eenvoudige’ als voor ‘complexe automatisering’.

**Conclusie** Het ANS is het enige systeem dat samenhangt met de andere NS-systemen. Hiermee is het theoretisch kader van Dehaene nader onderbouwd. Mapping is het enige NS-systeem dat samenhangt met automatiseringsvaardigheden. Longitudinaal, grootschaliger en gedifferentieerder onderzoek kan deze theoretische onderbouwingen verder uitwerken. Eveneens kan vervolgonderzoek zich richten op instrumentontwikkeling en zicht bieden op interventies om automatiseringsvaardigheden te bevorderen. Dit kan mogelijk via verbetering van de NS-systemen.

*Keywords:* Number Sense, kinderen, automatiseringsvaardigheden, rekenniveau.

## Opbouw Number Sense en Samenhang met Automatiseringsvaardigheden van Leerlingen uit Groep Zeven / Acht

Om rekenonderwijs te verbeteren is het van belang te inventariseren welke factoren samenhangen met het rekenniveau van een leerling (Howell & Kemp, 2010). Meer inzicht in deze factoren kan aanknopingspunten bieden waarop in het onderwijs ingestoken kan worden om het dit niveau te verhogen. Wetenschappelijk onderzoek naar rekenvermogens van basisschoolleerlingen kan hieraan een bijdrage leveren. Dergelijk onderzoek is er veelal op gericht Number Sense (NS) en de verschillende systemen waarin NS verdeeld kan worden in kaart te brengen. Er wordt immers veelal aangenomen dat Number Sense (NS) voorwaarde en voorspeller is voor rekenvaardigheden (Desoete, Andries & Ghesquière, 2009; Gilmore, McCarthy & Spelke, 2010). NS is hierbij door Deheane (1997) gedefinieerd als het algemene vermogen om numerieke hoeveelheden te begrijpen, te benaderen en te manipuleren.

Tal van onderzoekers hebben onderkend dat de verschillende NS-systemen aan het rekenniveau zijn gerelateerd. Echter, over veel punten bestaat discussie. Centraal discussiepunt betreft de invloed per NS-systeem op het rekenniveau (Brannon, 2002). Dit brengt de volgende moeilijkheden met zich mee. Allereerst is de onderlinge samenhang tussen de NS-systemen niet duidelijk (Jordan, Glutting & Ramini, 2009). Ook zitten de nodige haken en ogen aan de manier waarop de systemen gemeten kunnen worden (Mundy & Gilmore, 2009). Ander aandachtspunt is dat het rekenniveau te differentiëren is naar verschillende deelrekenvaardigheden: het is niet helder of de samenhang met de NS-systemen per vaardigheid verschilt (Griffin, 2004).

Echter, zonder deze onduidelijkheden te ontkennen bestaat wel degelijk een aantal klassieke aannames omtrent NS (Castronovo, Crollen & Seron, 2010). Deze aannames zijn in het huidige onderzoek bij leerlingen in groep zeven / acht als uitgangspunt gehanteerd (zie: *Aanname 1 en 2*). Op basis hiervan zijn nieuwe empirische gegevens verzameld om beschikbare inconsistente en onvolledige onderzoeksdata aan te vullen. Er is onderzocht 1) hoe de verschillende NS-systemen aan elkaar gerelateerd zijn en 2) hoe deze systemen gerelateerd zijn aan automatiseringsvaardigheden.

### **Aanname 1: Twee verschillende numerieke mentale representatiecode-systemen**

Grofweg wordt aangenomen dat NS is opgebouwd uit twee cognitieve systemen: het non-symbolisch systeem en het symbolisch systeem (het SNS). Het eerste systeem betreft een evolutionair bepaald vermogen waarmee zowel dieren als mensen zijn toegerust (Brannon, 2002; Piazza, Izard, Pinel, Le Bihan & Dehaene, 2004). Hiermee kan hoeveelheidinformatie gerepresenteerd en gemanipuleerd worden zonder dat gebruik wordt gemaakt van symbolen

(Mundy & Gilmore, 2008). Het non-symbolisch systeem is te verdelen in het ‘approximate number system’ (het ANS) om niet-symbolische hoeveelheden te schatten en het vermogen om kleinere hoeveelheden specifiek te duiden (Izard, Pica, Spelke & Dehaene, 2008). Op dit tweede vermogen zal niet nader worden ingegaan.

Het ANS kan gemeten worden met de ‘non-symbolische vergelijkingstaak’ (Merten & Nieder, 2009). Hierbij dienen twee in stippen gepresenteerde hoeveelheden vergeleken te worden: er moet bepaald worden welke hoeveelheid groter is. Met de prestatiescore op deze taak wordt de mate vastgesteld waarin een individu er in slaagt non-symbolische hoeveelheden automatisch te verwerken (Gebuis, Kadosh & De Haan, 2008). Kenmerkend voor de manier waarop een dergelijke ANS-taak wordt uitgevoerd is het ‘distance effect’ (het DE). Bedoeld wordt dat individuen naarmate het verschil in hoeveelheid tussen twee verschillende hoeveelheden groter wordt, sneller en accurater de grootste hoeveelheid kunnen bepalen dan wanneer het verschil kleiner is (Lonneman, Lonkersdörfer, Hasselhorn & Lindberg, 2011).

Eveneens kan het ANS gemeten worden door individuen de ‘non-symbolische getal-lijntaak’ te laten uitvoeren. Non-symbolische hoeveelheden dienen op een lijn geplaatst te worden. Kolkman, Kroesbergen, Leseman en Hoijtink (2012) hebben echter gewaarschuwd dat bij deze taak ook andere informatie dan hoeveelheidsinformatie verwerkt dient te worden: het gaat om visueel-ruimtelijke informatie. Hiervoor zijn andere cognitieve vaardigheden dan het ANS vereist om de taak te maken. Dit maakt dit instrument om de mate te bepalen waarin een individu over het ANS beschikt minder zuiver.

Als kinderen op school leren rekenen ontwikkelen zij een nieuw systeem om hoeveelheden te representeren (Jordan et al., 2009). Het betreft het exclusief aan mensen toebehorende symbolische getalsysteem: het ‘symbolic number system’ (Lyons & Beilock, 2011). Verschil met het ANS is dat hoeveelheden precies geduid en vergeleken kunnen worden in verbale / visueel-symbolische weergaves (Jordan et al., 2009). Waar de ontwikkeling van het ANS zich zonder veel blootstelling aan instructie voltrekt, krijgt het aanvankelijk inhoudsloze SNS betekenis door taalverwerving en training in symbolsystemen (Halberda, Mazocco & Feigenson, 2008; Merten & Nieder, 2009). Hoeveelheidvergelijkingen kunnen dan eveneens verricht met de ‘symbolische vergelijkingstaak’: symbolische hoeveelheidsrepresentaties dienen hierbij vergeleken te worden. Ook hier treedt het DE effect op: de snelheid en accuratesse van prestaties nemen af als getallen vergeleken worden die qua hoeveelheid dichter bij elkaar liggen (Reynvoet, De Schmedt & Van den Bussche, 2009).

Dehaene (1997, 2001) heeft een theoretisch kader geformuleerd betreffende NS. Allereerst wordt hierin aangenomen dat het ANS zich gedurende de eerste levensjaren van een kind als primair vermogen ontwikkelt. Het vormt de basis voor de latere ontwikkeling van alle verdere secundaire wiskundige vermogens. Een dergelijk belangrijk secundair vermogen is het SNS (Dehaene, 1997; Merten & Nieder, 2009). De mate waarin het ANS is ontwikkeld hangt binnen dit kader sterk samen met het rekenniveau van een leerling bij eenvoudige rekenbewerkingen (optellen en aftrekken onder de 10). Eveneens hangt het ANS sterk samen met het SNS (Barth, La Mont, Lipton, Dehaene, Kanwisher, & Spelke, 2006). Bij meer complexe rekenvermogens neemt de samenhang tussen het SNS en het rekenniveau toe (LeFevre et al. 2010). Echter, ook de samenhang met het ANS blijft aanwezig (Jordan et al., 2009).

### **Aanname 2: Transcoding routes**

Naast het bestaan van de twee systemen om non-symbolische en symbolische hoeveelheden te duiden, is veelal uitgegaan van een derde NS-systeem. Een individu zou toegerust zijn met het vermogen transformaties te maken van de ene numerieke code naar de andere (Zuber, Pixber, Moeller & Nuerk, 2009). Een dergelijke procedure is door Dehaene (2001) als ‘transcoding’ benoemd: numerieke codes worden vanuit de ene representatie direct vertaald naar de andere representatie. Recenter wordt ook wel over ‘mapping’ gesproken (Lonneman et al., 2011). Er is vooralsnog weinig bekend over dit vermogen dan wel over de ontwikkeling hiervan. Wel wordt algemeen aangenomen dat het een proces betreft waarin het ANS en het SNS worden samengevoegd (Holloway & Ansari, 2009). Er wordt, aldus Lyons en Ansari (2009), een koppeling gelegd tussen enerzijds een intern gepresenteerde hoeveelheid en anderzijds een extern symbool.

Mapping kan gemeten worden door individuen een ‘symbolische getal-lijntaak’ te laten uitvoeren (Booth & Siegler, 2008). Voor het uitvoeren van deze taak is immers non-symbolische hoeveelheidsinformatie vereist om het symbolische getal nauwkeurig op een lijn te plaatsen (Siegler & Opfer, 2003; Sullivan, Slattery, Juhash, & Barth, 2011). Het individu moet namelijk de plek bepalen van een getal op een horizontale lijn waarop alleen het getal 1 en een hoger getal gegeven zijn.

### **Tekortkomingen in beschikbare data**

**NS-systemen.** Mundy en Gilmore (2009) hebben benoemd dat het empirisch toetsen van de NS-opbouw in de kinderschoenen staat. Veelvoudig uitgevoerd onderzoek waarin het vermogen is getest om symbolische getalrepresentaties op een lijn te zetten, zou vooral een beroep doen op mapping. Er is beperkt onderzocht hoe dit vermogen gerelateerd is aan het

ANS en het SNS. Ook het onderscheiden bestaan van het ANS en het SNS is tot voor kort onontgonnen gebied gebleven.

Daarnaast laten de meetcriteria die in eerder onderzoek gebruikt zijn om de NS-systemen te onderzoeken te wensen over (Mundy & Gilmore, 2009). Deze scepsis betreft met name gehanteerde criteria om de samenhang tussen de NS-systemen en het rekenniveau te bepalen. Het gaat dan om het DE als meetcriterium. Met de in onderzoek gebruikte ‘vergelijkingstaken’ is het DE immers veelal als criterium gehanteerd. Het DE gaat vooral in op moeilijkheden die een individu heeft met het maken van hoeveelheidvergelijkingen. Hiermee is, aldus Mundy en Gilmore (2009) tekort gedaan aan de volle vermogens om een taak te volbrengen. Dit zou gemeten worden door alleen het aantal goede antwoorden te bekijken: de accuratesse waarmee de taken gemaakt zijn. Met bevindingen van Lonneman et al. (2011) is onderbouwd dat, door het DE te meten, alleen symbolische taken samenhangen met het rekenniveau van een leerling. Verwacht wordt dat zowel ‘non-symbolische’ als ‘symbolische vergelijkingstaken’ gerelateerd zijn aan het rekenniveau als louter accuratesse als criterium wordt gebruikt (Mundy & Gilmore, 2009). Nieuw onderzoek naar de NS-systemen zou het DE niet als criterium moeten hanteren.

**Rekenniveau.** Lonneman et al. (2011) hebben geformuleerd dat het zaak is bij onderzoeksdesigns nauwkeurig te bepalen welke rekenvaardigheid gemeten wordt. Bij het vaststellen van het rekenniveau kunnen immers verschillende deelcomponenten van rekenen onderscheiden kunnen worden. Dit betreft onder meer eenvoudige automatiseringsvaardigheden (optellen; aftrekken) en complexe automatiseringsvaardigheden (vermenigvuldigen; delen; Lyons & Beilock, 2011). Het gaat hier om ‘directe retrieval’ (Ruijssenaars, Van Luit en Van Lieshout, 2004). De benodigde vaardigheden zijn van geheel andere orde dan de vaardigheden die vereist zijn bij opgaven waarbij stap voor stap berekeningen dienen te worden uitgevoerd (denk-rekenprocessen). Sommige leerlingen beheersen het ene type vaardigheden wel, maar blijven achter op het andere type vaardigheden. Lonneman et al. (2011) hebben daarom aangeraden zowel automatiseringsvaardigheden als denk-rekenprocessen onderscheiden te onderzoeken. Deze rekenvermogens zijn in hun eigen onderzoek immers niet overtuigend onderscheiden onderzocht. De onderzoekers hebben gepretendeerd de relatie tussen enerzijds het ANS en het SNS en anderzijds denk-rekenprocessen te onderzoeken bij kinderen van acht tot tien jaar. Echter, optelvaardigheden bleken bij deze leerlingen veel eerder automatiseringsvaardigheden te meten. Verder onderzoek moet de relatie tussen het ANS en het SNS en de specifieke vaardigheden nader uiteenzetten. Eveneens is in eerder onderzoek gebleken dat mapping

correleert met het rekenniveau in het algemeen (Booth & Siegler 2008; Siegler & Booth, 2004): hoe mapping zich verhoudt tot specifieke deelrekenvaardigheden is onduidelijk.

### **Bijdrage onderzoek**

Met dit onderzoek is gehoor gegeven aan de twee aanbevelingen zoals door Mundy en Gilmore (2009) geformuleerd: 1. bepaal de prestaties op (non-)symbolische vergelijkingen aan de hand van accuratesse en 2. onderzoek hoe prestaties op de ‘getal-lijntaak’ (= mapping) gerelateerd zijn aan de nieuwe voorgestelde metingen van (non-)symbolische systemen. In lijn van de aandachtspunten van Lonneman et al. (2011) is dit onderzoek gericht op specifieke vaardigheden: automatiseringsvaardigheden. De volgende hypothesen, gebaseerd op bovenstaande theorie, zijn getoetst voor kinderen van groep zeven / acht van de basisschool: de eerste drie hypothesen maken onderdeel uit van onderzoeksvraag 1: hoe zijn de onderscheiden NS-systemen aan elkaar gerelateerd? De andere hypothesen zijn te scharen onder onderzoeksvraag 2: hoe zijn de onderscheiden NS-systemen gerelateerd aan automatiseringsvaardigheden?

**Hypothesen.** 1) Er is sprake van een positieve correlatie tussen het ANS en het SNS; 2) er is sprake van een positieve correlatie tussen het ANS en mapping; 3) er is sprake van een positieve correlatie tussen het SNS en mapping; 4) er is sprake van een positieve correlatie tussen enerzijds het ANS/ mapping en anderzijds ‘eenvoudige automatisering’; 5) er is geen sprake van een positieve correlatie tussen het SNS en ‘eenvoudige automatisering’; 6) er is sprake van een positieve correlatie tussen enerzijds het ANS/ het SNS/ mapping en anderzijds ‘complexe automatisering’.

## **Methode**

### **Participanten**

De populatie betrof alle kinderen in groep zeven / acht van het basisonderwijs. Hieruit is een steekproef getrokken van 88 leerlingen (43 jongens). Zij waren tussen de negen en dertien jaar ( $M = 11.14$ ;  $SD = .71$ ). Het betrof een gemakssteekproef, beperkt qua omvang. Resultaten waren hierdoor beperkt generaliseerbaar.

### **Procedure**

Uitgegaan is van een selecte steekproef waarvoor vijf basisscholen benaderd zijn binnen tien kilometer afstand van de Universiteit Utrecht. Aan de directie is deelname van groep zeven / acht gevraagd aan rekenonderzoek. Twee scholen hadden interesse. Hen werd een gedetailleerde informatiebrief toegezonden. Naar aanleiding hiervan werden afspraken gemaakt en werden ouders per brief geïnformeerd. Ook is hen om een schriftelijke



toestemmingsverklaring gevraagd. Deelname hield in dat op de school door drie studenten de Tempo Test Rekenen (TTR, Vos, de, 1992) bij de individuele leerlingen werd afgenomen. Achtereenvolgens werd individueel aan numerieke taken op de laptop gewerkt. Als gevolg hiervan deden alle kinderen uit de groep zeven / acht mee, één zieke uitgezonderd.

### **Instrumenten**

**Numerieke taken.** De mate waarin door een leerling over NS-systemen beschikt werd, is gemeten via een recent ontwikkeld onderzoeksinstrument (Kolkman, 2010). Het betrof computertaken om verschillende numerieke vaardigheden te meten.

Als indicator van het ANS is de ‘prestatie non-symbolische vergelijkingstaak’ gebruikt. Meetpretentie van deze taak betrof de verwerking van non-symbolische informatie (Gebuis et al., 2008; Lonneman et al., 2011). Bij deze taak zijn de leerling twee vlakken getoond met non-symbolisch gepresenteerde hoeveelheden (stippen). Er waren drie condities onderscheiden: een conditie waarin de grootste hoeveelheid fysiek het grootste was afgebeeld, een conditie waarin de grootste hoeveelheid fysiek kleiner was afgebeeld en een neutrale conditie waarin geen onderscheid was aangebracht in fysieke verschillen. Bijbehorende opdracht was dat met de muis op de presentatie met de grootste hoeveelheid geklikt moet worden. Voorts kon de prestatiescore op basis van het aantal goede antwoorden worden vastgesteld: een score bestaande uit goede antwoorden.

Als indicator van het SNS is de ‘prestatie symbolische vergelijkingstaak’ bepaald. Meetpretentie van deze taak betrof de verwerking van symbolische informatie (Gebuis et al., 2008; Lonneman et al., 2011). Hierbij zijn de leerling twee vlakken met symbolisch gepresenteerde hoeveelheden getoond: de grootse hoeveelheid moest aangeklikt worden. In de representaties zijn ook hier drie condities aangebracht. Eveneens is bij deze taak een prestatiescore op basis van het aantal goede antwoorden bepaald.

Als indicator van mapping is de ‘symbolische getal-lijntaak’ gebruikt. Meetpretentie van deze taak betrof de mate waarin een leerling symbolische naar non-symbolische informatie kon vertalen (Siegler & Booth, 2004). Hierbij moest de leerling een getal op een lijn van 1 tot 100 aanduiden met een muisklik. Dit bereik zou bij kinderen boven de acht jaar kunnen differentiëren tussen verschillen in symbolische vermogens, in tegenstelling tot een lijn die loopt van 1 tot 10 (Booth & Siegler, 2008). De cursor moest over de gepresenteerde lijn gesleept worden. De prestatiescore is bepaald door een percentage te bepalen dat aangaf hoe ver de duiding van de leerling van de correcte plek aflag. Hoe kleiner de behaalde score, hoe preciezer de aangeduide plek. Hierdoor zijn negatieve correlaties vereist om de

hypotheses aan te nemen. De numerieke taken zijn niet genormeerd: zij zijn wel in tal van ander onderzoek gebruikt (Booth & Siegler, 2004; Gebuis et al. 2008; Laski & Siegler, 2007).

**Tempo-Test-Rekenen** (Vos, de, 1992). Meetpretentie betrof de mate van automatisering van rekenbewerkingen onder de 100. De test bestond uit vijf rijen die ieder het niveau van een specifieke automatiseringsvaardigheid maten: ‘optellen’, ‘aftrekken’, ‘vermenigvuldigen’, ‘delen’ en een combinatie. De weergegeven sommen liepen op in moeilijkheidsgraad. De laatste rij is in de huidige onderzoeksopzet niet meegenomen. De TTR is gebruikt om de concepten ‘prestatie eenvoudige automatiseringstaak’ en ‘prestatie complexe automatiseringstaak’ te meten. Het eerste concept is bepaald door de scores van de eerste en tweede rij bij elkaar op te tellen: bij het tweede concept betrof dit de scores van de derde en vierde rij. Dit, vanuit de aanname dat prestaties op optel- en aftrekvaardigheden als wel prestaties op deel- en vermenigvuldigtaken bij kinderen uit groep zeven / acht samenhangen (Ruijsenaars, Van Luit & Van Lieshout, 2004). De scores betroffen het aantal gemaakte opgaven per rij min het aantal fouten. De TTR is door de COTAN onvoldoende beoordeeld op ‘betrouwbaarheid’ en ‘begripsvaliditeit’. Desondanks wordt de test in het onderwijs veel gebruikt voor het oorspronkelijke doeleinde.

### **Analyseplan**

Om vast te stellen of er correlaties waren tussen de variabelen uit de hypothesen zijn bivariate correlatieanalyses uitgevoerd. Indien significante correlaties optraden, zijn partiële correlatieanalyses uitgevoerd. Hierbij werden de NS-systemen voor elkaar gecontroleerd in hun samenhang met automatiseringsvaardigheden. Ook zijn het ANS en het SNS voor elkaar gecontroleerd in hun samenhang met mapping. Hiermee werd beoogd de onderscheiden invloed van de NS-systemen te meten. Indien aangetoonde significante verbanden met controle van andere variabelen significant bleven, werd de hypothese aangenomen.

## **Resultaten**

### **Vorbereidende analyses en beschrijvende statistieken**

Er werden twee bivariate correlatieanalyses uitgevoerd om uit te sluiten dat met de samengevoegde rijen uit de TTR verschillende vaardigheden zijn gemeten. Zij zijn uitgevoerd tussen de rijen met optel- en aftreksommen en tussen de rijen deel- en vermenigvuldigsommen. Beide correlaties (respectievelijk  $r = .75; p < .00$  en  $r = .77; p < .00$ ) bleken significant. Zodoende konden de vergeleken somrijen opgeteld worden om de concepten ‘eenvoudige automatisering’ en ‘complexe automatisering’ te vormen. Vervolgens zijn de assumpties voor parametrische gegevens bekeken. Uitgegaan kon worden van (bij

benadering) parametrische gegevens. In alle bewerkingen is een ‘one-tailed’ criterium aangehouden vanwege gerichte hypothesetoetsing,  $\alpha < .10$ . Dit, in verband met de kleine steekproefomvang. Eveneens zijn de uitbijters hergecodeerd als scores die maximaal 2 SD van het gemiddelde aflagen. Het betroffen univariate uitbijters. Multivariate uitbijters traden niet op. De scores van alle leerlingen die een TTR volledig hadden ingevuld zijn meegenomen: ‘missing values’ op de numerieke taken zijn als zodanig gecodeerd. De descriptieve statistieken zijn weergegeven in Tabel 1: hierin zijn de ontbrekende scores per meting weergegeven als wel de aanpassingen, gemiddelden en standaardafwijkingen. De foutmarge bij een steekproef van 85 participanten met een betrouwbaarheid van 90% is 8.92%: daarmee was de steekproef voldoende groot.

Tabel 1  
*Descriptieve Statistieken Variabelen*

Variabelen	<i>n</i>	<i>Aantal 'missing value'</i>	<i>Aantal aangepaste uitbijters</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
‘Eenvoudige automatisering’	88	0	1	44.13	9.22
‘Complexe automatisering’	88	0	0	33.35	10.64
ANS	86	2	1	84.78	2.90
SNS	86	2	0	86.17	3.18
Mapping	85	3	7	.07	.03

### Onderzoeksvraag

**Verhouding ANS, SNS en mapping.** De drietal analyses richtten zich op het onderzoeken van de samenhang tussen het ANS, het SNS en mapping. Zoals te zien in Tabel 2 bleken alle correlaties significant.

Tabel 2  
*Onderzoeksvraag 1: Correlaties tussen NS-systemen*

Variabelen	ANS		SNS	
	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
SNS	.40	.00		
Mapping	-.27	.00	-.19	.04

De correlaties met mapping waren verwacht negatief. Immers, een lagere score bij mapping duidde op een meer accurate prestatie: hoe kleiner de score, hoe beter de prestatie. Een dergelijk negatief verband treedt in elke bewerking waarin mapping onderdeel uitmaakt op.

In Tabel 3 is te zien dat na controle voor het derde NS-vermogen de aangetoonde verbanden minder groot waren. Zij bleven echter wel degelijk significant. Uitzondering betrof

het verband tussen het SNS en mapping: dit verband bleek na controle voor het ANS niet meer significant. Voor de meerderheid van de leerlingen gold hiermee dat een hogere score op het ANS verband hield met een hogere score op het SNS en vice versa. Een hogere SNS-score hield echter bij de meerderheid van de onderzochte leerlingen na controle voor het ANS geen verband met een hogere score op mapping.

Tabel 3

*Onderzoeksvraag 1: Correlaties Significante Verbanden Gecontroleerd*

Variabelen	Gecontroleerd voor	<i>r</i>	<i>p</i>
ANS/SNS	mapping	.37	.00
ANS/mapping	SNS	-.22	.02
SNS/mapping	ANS	-.09	.22

**Verhouding NS-systemen en automatiseringsvaardigheden.** De zestal analyses onderzochten de samenhang van het ANS, het SNS en mapping met ‘eenvoudige automatisering’ / ‘complexe automatisering’. Zoals weergegeven in Tabel 4 bleken de correlaties significant voor het SNS en ‘eenvoudige automatisering’; mapping en ‘eenvoudige automatisering’; mapping en ‘complexe automatisering’ en het SNS en ‘complexe automatisering’.

Tabel 4

*Onderzoeksvraag 2: Correlaties tussen de NS-systemen en Automatiseringsvaardigheden*

Variabelen	Eenvoudige automatisering		Complexe automatisering	
	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
ANS	.02	.43	-.01	.46
SNS	.18	.05	.17	.06
Mapping	-.36	.00	-.29	.00

In Tabel 5 zijn alle gecontroleerde verbanden gerapporteerd voor de bevonden significante correlaties. De controle was uitgevoerd om aannemelijker te maken dat onderscheiden invloed van de NS-systemen op het rekenniveau gemeten is. Te zien is dat de aangetoonde verbanden eveneens significant zijn gebleven. Uitzondering hierop vormde de correlatie tussen het SNS en ‘eenvoudige’ en ‘complexe automatisering’: deze correlaties bleken na controle voor mapping niet meer significant te zijn. Dit betekende dat voor de meerderheid van de leerlingen gold dat een hogere score op mapping verband hield met een hogere score op automatiseringsvaardigheden en vice versa. Na controle voor mapping bleek voor de

meerderheid van de leerlingen geen verband tussen een hogere score op het SNS en een hogere score op automatiseringsvaardigheden .

Tabel 5

*Onderzoeksvraag 2: Correlaties Significante Verbanden Gecontroleerd*

Variabelen	Controle voor	Eenvoudige automatisering		Complexe automatisering	
		<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
SNS	ANS	.19	.04	.19	.04
	mapping	.12	.13	.12	.13
	ANS & mapping	.17	.06	.17	.06
Mapping	ANS	-.37	.00	-.30	.00
	SNS	-.34	.00	-.26	.00
	ANS & SNS	-.36	.00	-.29	.00

### Discussie

Doel van het huidige onderzoek was het leveren van een bijdrage aan de theorievorming omtrent rekenniveaus van leerlingen uit groep zeven / acht van de basisschool. Twee deelvragen met bijbehorende hypothesen waren richtinggevend: ten eerste is onderzocht welke relatie bestaat tussen de verschillende NS-systemen. Het theoretisch denken over NS als concept is hiermee aangevuld met nieuwe empirische gegevens. Ten tweede is de relatie tussen de NS-systemen en automatiseringsvaardigheden bekeken. Hiermee is de vertaalslag gemaakt van de theoretische constructen naar de rekenpraktijk op de basisschool. Door de onderzochte variabelen te controleren voor elkaar is gepretendeerd hun onderscheiden samenhang te bepalen.

### Verhouding ANS, SNS en mapping

Ten eerste blijkt bij leerlingen uit groep zeven / acht een positieve samenhang te bestaan tussen het ANS en het SNS. Deze resultaten zijn consistent met de hypothesen waarin tussen het ANS en het SNS een relatie verwacht werd. Voor de onderzochte leerlingen geldt hiermee dat de mate waarin zij over het ANS beschikken verband houdt met de mate waarin zij over het SNS beschikken. Deze empirische gegevens ondersteunen het theoretisch kader van Dehaene (1997; 2001): hierin wordt immers uitgegaan van een NS-opbouw waarin het ANS verband houdt met het SNS. Eerdere onderzoeksresultaten van Gilmore et al. (2010) zijn hiermee uitgebreid. Deze onderzoekers stelden een samenhang tussen non-symbolische en symbolische numerieke vermogens vast bij kinderen in groep drie. Deze samenhang blijft ook voor oudere kinderen te bestaan. De vernieuwende bijdrage van het huidige onderzoek is

daarnaast dat louter gekeken is vanuit de volle vermogens een taak op te lossen in plaats van naar moeilijkheden hierbij. Er is immers alleen naar accuratesse gekeken.

Ten tweede komt in het huidige onderzoek een positieve samenhang naar voren tussen het ANS en mapping bij leerlingen uit groep zeven / acht. Voor de onderzochte leerlingen geldt hiermee dat de mate waarin zij over het ANS beschikken verband houdt met de mate waarin zij in staat zijn tot mapping. Deze resultaten zijn consistent met de hypothesen waarin tussen het ANS en mapping een relatie verwacht werd: hiermee is het theoretisch kader van Dehaene (1997; 2001) opnieuw ondersteund: immers, dit kader impliceert dat het ANS verband houdt met alle verdere wiskundige ontwikkeling. Deze resultaten zijn een uitbreiding van bevindingen van Kolkman et al. (2012) inzake mapping bij kinderen van vier, vijf en zes jaar. Het ANS blijkt nu immers ook bij oudere kinderen samen te hangen met mapping

In tegenstelling tot de gestelde hypothese blijkt er geen positieve samenhang te bestaan tussen het SNS en mapping bij leerlingen uit groep zeven / acht. Hoewel het SNS aanvankelijk wel degelijk lijkt te correleren met mapping, blijkt dit verband na controle voor het ANS niet langer significant. Het ANS is verantwoordelijk voor het verband in plaats van dat van een onderscheiden SNS-relatie gesproken kan worden. Voor de onderzochte leerlingen blijkt de verwachting dat de mate waarin over het SNS beschikt wordt verband houdt met het in staat zijn tot mapping niet houdbaar. Eerste onderzoeksresultaten naar de opbouw van het ‘transcoding-model’ van Dehaene (2001) van Kolkman et al. (2012) zijn hiermee tegengesproken. In dit onderzoek bleek het SNS niet alleen samen te hangen met mapping, maar zelfs van voorspellende waarde te zijn. Mapping is echter wel op andere wijze gemeten (zie: *Beperkingen en aanbevelingen*).

### **Verhouding NS-systemen en automatiseringsvaardigheden**

In strijd met de gestelde hypothese blijkt bij leerlingen uit groep zeven / acht tussen het ANS en ‘eenvoudige automatisering’ geen positieve samenhang te bestaan. Voor de onderzochte leerlingen geldt dat de mate waarin zij over het ANS beschikken niet samenhangt met de mate waarin eenvoudige automatiseringsvaardigheden ontwikkeld zijn. Hiermee is Dehaene (1997, 2001) tegengesproken wanneer gesteld wordt dat het ANS samenhangt met alle verdere rekenvermogens. Een dergelijke weerlegging betreft eveneens onderzoek van Barth et al. (2006). Hierin is een samenhang gevonden tussen het ANS en optel- en aftreksommen. Er is in het onderzoek van Barth et al. (2006) echter niet expliciet gecontroleerd voor mapping.

Conform de gestelde hypothese blijkt het SNS geen positieve samenhang te vertonen met ‘eenvoudige automatisering’ bij leerlingen in groep zeven / acht. Na controle voor

mapping is de aanvankelijke positieve samenhang immers niet meer significant. Het is de samenhang met mapping die de relatie vertekent. Voor de onderzochte leerlingen geldt dat de mate waarin zij over het SNS beschikken niet samenhangt met de mate waarin eenvoudige automatiseringsvaardigheden ontwikkeld zijn. Dergelijke bevindingen zijn in lijn met de aanname van Dehaene (1997, 2001) waarin hij stelt dat het SNS van weinig invloed is bij eenvoudige bewerkingen.

De onderzoeksresultaten waaruit een positieve samenhang tussen mapping en 'eenvoudige automatisering' blijkt, zijn eveneens in lijn der verwachting. Voor de onderzochte leerlingen geldt dat de mate waarin zij in staat zijn tot mapping samenhangt met de mate waarin eenvoudige automatiseringsvaardigheden ontwikkeld zijn. Dit is een specificatie van eerste onderzoeksresultaten naar mapping bij jonge kinderen (Lonneman et al., 2001; Kolkman et al., 2012). Hierin is aangetoond dat mapping verband houdt met algemene rekenvaardigheden: dit verband blijkt nu ook voor eenvoudige automatiseringsvaardigheden bij oudere kinderen.

Tegen de verwachting in blijken het ANS en het SNS niet positief samen te hangen met 'complexe automatisering'. Onderzoeksresultaten geven geen aanleiding om de hypothese dat het ANS dan wel het SNS gerelateerd is aan 'complexe automatisering' bij leerlingen van groep zeven / acht aan te houden. Bij de onderzochte leerlingen blijkt de mate waarin zij over het deze NS-systemen beschikken niet samen te hangen met de mate waarin complexe automatiseringsvaardigheden ontwikkeld zijn. Dehaene (1997; 2001) is ook op de punt tegengesproken. Eveneens zijn deze resultaten strijdig met recente onderzoeksresultaten van Halberda et al. (2008): in dit onderzoek onder veertienjarigen bleek het ANS gerelateerd te zijn aan wiskundige verschillen tussen kinderen. Er is echter niet gecontroleerd voor andere factoren, te denken aan mapping.

De onderzoeksresultaten waaruit een verband tussen mapping en 'complexe automatisering' blijkt bevestigen gestelde hypothese daarentegen wel. Voor de onderzochte leerlingen blijkt dat de mate waarin zij in staat zijn tot mapping verband houdt met de mate waarin complexe automatiseringsvaardigheden ontwikkeld zijn. Deze resultaten specificeren opnieuw onderzoeksresultaten naar mapping en algemene rekenvaardigheden zoals uitgevoerd door Loneman et al. (2011) en Kolkman et al. (2012). Niet alleen de samenhang is opnieuw aangetoond; ook er is bewijs geleverd voor samenhang met deze specifieke deelrekenvaardigheid en bij deze leeftijdsgroep.

### **Betekenis onderzoek**

Met bovenstaande resultaten wordt onderbouwing gevonden voor de gedachte dat het

ANS gerelateerd is aan de andere twee NS-systemen. Er is dan specifiek gekeken naar NS-systemen bij kinderen uit groep zeven / acht. Waar het SNS wel degelijk samenhang lijkt te vertonen met mapping, is gebleken dat met name het ANS hiermee verband houdt. Het theoretisch kader van Dehaene (1997; 2001) omtrent de opbouw van NS is zodoende met nieuwe empirische gegevens ondersteund. Het ANS hangt immers samen met de andere NS-systemen. Mogelijk zou een beter ANS kunnen leiden tot betere symbolische en mapping-vermogens. Echter, verder onderzoek zou hier nader uitspraak over moeten doen: de causale richting van het verband dient dan onderzocht worden (Mundy & Gilmore, 2009). Eveneens kan gekeken worden of de mate waarin een leerling over het SNS beschikt en in staat is tot mapping via verhoging van het ANS bevorderd kunnen worden. De huidige resultaten maken dergelijk onderzoek relevant.

Daarnaast geven beschreven bevindingen een indicatie voor de gevraagde duidelijkheid in het onderzoek van Lonneman et al. (2011). Gevraagd was welke NS-systemen met het rekenniveau samenhangen. Mapping blijkt bij de onderzochte leeftijdsgroep niet alleen verband te houden met rekenvaardigheid in het algemeen (Booth & Siegler 2008; Siegler & Booth, 2004), maar ook specifiek met automatiseringsvaardigheden. De onderscheiden samenhang tussen enerzijds automatiseringsvaardigheden en anderzijds het ANS en het SNS blijkt niet aantoonbaar: mapping zou daarmee als onderscheiden vermogen aan automatiseringsvaardigheden gerelateerd zijn. Hiermee is de aanname van Dehaene (1997, 2001) dat het ANS afzonderlijk gerelateerd is aan alle latere rekenvermogens weerlegd. Aangetoonde significante effecten betreffen zowel eenvoudige als complexe automatiseringsvaardigheden: mogelijk is een zelfde vaardigheid vereist voor beide rekenprocessen. Ook hier is de causale richting van het verband niet onderzocht. Nader onderzoek moet duidelijkheid geven inzake de vraag of een hogere mate van mapping betere automatiseringsvaardigheden voorspelt. Indien dit zo is zal gekeken moeten worden op welke wijze mapping bevorderd kan worden. Mogelijk kan dit via het verhogen van het ANS.

Met bovenstaande is op praktische wijze geïmpliceerd dat het raadzaam is leerlingen met een lager ANS op jonge leeftijd te detecteren (Jordan, Kaplan, Lacuniak & Ramineni, 2007). Dit, gezien de samenhang met de andere NS-vermogens. Het ANS is immers al voor de schoolgaande leeftijd vast te stellen. Al is voorsnog onduidelijk of lagere scores op het ANS lagere scores op mapping voorspellen: zij komen wel degelijk samen voor. Het optreden van dergelijke lagere scores is zorgelijk, gezien de samenhang tussen mapping en automatiseringsvaardigheden. De kans bestaat dat automatiseringsvaardigheden bij deze leerlingen zullen achterblijven. Het vroegtijdig inzetten van interventies die ontwikkeling van



het ANS stimuleren is van belang.

Daarom is, in lijn van Gilmore et al. (2010), onderzoek aan te bevelen naar de onderwijskundige voordelen van bepaalde curricula op numerieke vermogens. Doel hiervan is de rekenniveaus van leerlingen te verhogen. Gilmore et al. (2010) gaven het belang aan van het inventariseren van de effectiviteit van interventies die de mate van non-symbolische vermogens verhogen. Vanuit het huidige onderzoek wordt met name het belang van interventies die insteken op het verhogen van mapping onderstreept. Het belang van eerder genoemd theoretisch onderzoek naar de voorspellende waarde van mapping gaat hieraan vooraf. Deze specifieke focus onderscheidt aanbevolen onderzoek van eerder onderzoek naar interventies, zoals verricht door onder meer Kroesbergen, Kolkman en Van de Ven (2009). In dit onderzoek bij peuters en kleuters is vooral gekeken naar interventies die via verbetering van het SNS als uitkomstmaat hadden het ANS te verbeteren. Om automatiseringsvaardigheden te verbeteren lijkt met name de rol van mapping interessant.

### **Beperkingen en aanbevelingen**

Uitgevoerd onderzoek kent de volgende beperkingen. Ten eerste is in het huidige onderzoek geen aandacht besteed aan het ontwikkelingsaspect. Dit, terwijl Kolkman et al. (2012) hebben benadrukt dat met name de vroege ontwikkeling van het ANS, het SNS en mapping beperkt onderzocht is. Ook Brannon (2002) heeft benoemd dat de ontwikkeling van numerieke systemen een belangrijk onderzoeksaspect is. Meer meetpunten in de onderzoeksopzet kunnen eveneens onderzoek naar automatiseringsvaardigheden nader specificeren. Hoe ontwikkelen eenvoudige en complexe automatiseringsvaardigheden zich door de tijd heen; verschilt de invloed van de NS-systemen op deze niveaus per leeftijd? Verder onderzoek naar de NS-opbouw en de invloed van de verschillende systemen op automatiseringsvaardigheden dient daarom longitudinaal moeten zijn.

Ten tweede is de samenhang tussen een beperkt aantal variabelen en het rekenniveau onderzocht. Uit onderzoek van Kikas, Peets, Palu en Afanasjev (2009) is echter gebleken dat variabelen als ‘taakvermijdende houdingen’ en ‘eerdere leerervaringen’ gerelateerd zijn aan het rekenniveau. Ook zou het werkgeheugen gerelateerd zijn aan rekenvaardigheden (Passolunghi & Cornoldi, 2008). Toekomstig onderzoek met deze variabelen is vollediger.

Ten derde zijn in het geformuleerde theoretisch kader numerieke representaties verdeeld in twee codesystemen: non-symbolische en symbolische codes. In verschillende onderzoeken is daarentegen uitgegaan van een ‘triple-code-model’. Hierin worden analoge (non-symbolische), verbale en visuele (symbolische) codesystemen onderscheiden (LeFevre et al., 2010). Nader onderzoek naar de relatie tussen het ANS en het SNS zou meer kunnen

differentiëren tussen deze codes. Zo kan specifiek hun onderlinge samenhang als wel hun samenhang met het rekenniveau worden belicht. Eveneens zou het begrip mapping met het ‘triple-code-model’ genuanceerder worden. Mapping betreft dan niet alleen transformaties tussen het ANS en het SNS, maar ook transformaties tussen verbale en visuele codesystemen. Het betreffen hier transformaties binnen het SNS. Ook kan het non-symbolische systeem nader worden onderverdeeld (zie: *Inleiding, Aanname 1*). Onderzoek dat het tweede non-symbolische vermogen geïntegreerd heeft in het onderzoeksdesign doet meer recht aan de complexe opbouw van dit systeem (Gilmore, Attridge & Inglis, 2011). Daar echter in een vroeg onderzoeksstadium uitgegaan is van de opzet van Gebuis et al. (2008) is hier in het huidige onderzoek niet voor gekozen.

Ten vierde hebben de bekeken correlaties tussen de NS-systemen het rekenniveau een beperkte validiteit en betrouwbaarheid. Dit, vanwege de beperkte steekproefomvang. De verrichte metingen zijn daarmee vooral van verkennend karakter. Het verdient de aanbeveling grootschalig onderzoek uit te voeren naar de NS-systemen in relatie tot het rekenvermogen.

Ten vijfde kan de constructvaliditeit van het huidige onderzoek bekritiseerd worden. Dit, gezien de negatieve COTAN-beoordeling omtrent de meetpretentie van de TTR. Mogelijk meet de TTR automatiseringsvaardigheden onvoldoende. Vervolgonderzoek dat automatiseringsvaardigheden op een andere wijze meet kan hier nader uitsluitsel over geven.

Ook kunnen de meetpretenties van de numerieke taken bekritiseerd worden. Recent onderzoek van Kolkman et al. (2012) geeft aanleiding om bij de gehanteerde taken twee kritische kanttekeningen te plaatsen. Een eerste kritiekpunt is dat Kolkman et al. (2012) verscheidene taken hebben ingezet om één construct te meten. Zo is het ANS gemeten door scores op de ‘non-symbolische vergelijkingstaak’ te combineren met scores op de ‘non-symbolische getal-lijntaak’. Mogelijk is de huidige testbatterij te simplistisch geweest om de complexe systemen valide in kaart te brengen.

Als tweede kritiekpunt kan de meetpretentie van de ‘symbolische vergelijkingstaak’ bekritiseerd worden. Kolkman et al. (2012) gebruikten deze taak in hun onderzoeksdesign immers als maat voor mapping in combinatie met de ‘symbolische getal-lijntaak’. In het huidige onderzoek is de ‘symbolische vergelijkingstaak’ als meetinstrument voor het SNS gebruikt. Hiermee is discutabel of het SNS als onderscheiden vermogen gemeten is. Mogelijk is met zowel het construct het SNS als met het construct mapping gekeken naar de vaardigheid transformaties te maken van de ene representatiecode naar de andere. De conclusies over het SNS dienen daarom met enige voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden.

Nader onderzoek naar het SNS is aan te bevelen. Eveneens zijn vergelijkingen tussen de huidige bevindingen en bevindingen van Kolkman et al. (2012) niet zuiver.

Ten zesde kan de aanbeveling geformuleerd worden dat de taken doorontwikkeld moeten worden. Daar de scores links- (het SNS) en rechtsscheef (mapping) verdeeld zijn is aannemelijk te maken dat de testonderdelen respectievelijk te makkelijk en te moeilijk waren.

Op grond van voorgaande punt is een statistische bedenking bij het huidige onderzoek te formuleren. Er hadden met behulp van log10 en macht10 transformaties van de links- en rechtsscheef verdeelde data verricht kunnen worden. Echter, dergelijke transformaties hebben implicaties voor de interpretatie van de resultaten. Vanwege minimale verschillen in effectgroottes in combinatie met grote interpretatieproblemen is hier daarom niet voor gekozen. Onderschatting van de verbanden is het risico.

Tot slot valt op te merken dat in de huidige onderzoeksopzet bij de numerieke taken louter accuratesse als meetcriterium is gehanteerd. Deze keuze is gebaseerd op de verwachting van Mundy en Gilmore (2009) dat met louter accuratesse als meetcriterium zowel het ANS als het SNS met rekenvaardigheden correleren. Deze verwachting is tegengesproken. Dit kan te maken hebben met genoemde beperkingen in de huidige onderzoeksopzet. Het blijft de vraag of accuratesse als meetcriterium een meerwaarde heeft boven het hanteren van het DE als maat. Verder onderzoek moet hierover uitsluitsel geven.

Met het huidige onderzoek is de noodzaak aangetoond van verder onderzoek naar de opbouw van de NS-systemen en rekenniveaus. Theoretisch doel daarbij is het verder ondersteunen van de theorievorming zoals geformuleerd door Dehaene (1997, 2011). Praktisch doel hiervan is het onderzoeken hoe automatiseringsvaardigheden verhoogd kunnen worden. Mogelijk kan dit via mapping. Met name de beperkingen van het huidige onderzoek hebben geleid tot het formuleren van nadere verdere onderzoeksrichtingen. Uit het huidige onderzoek blijkt dat het ANS samenhangt met het SNS en mapping. Ook blijken mapping en automatiseringsvaardigheden aan elkaar gerelateerd zijn. Echter, op het vlak van de theorievorming inzake causale verbanden, instrumentontwikkeling en interventie-onderzoek is nog veel terrein te winnen. Aan toekomstige onderzoekers om deze uitdaging op te pakken.

### Referenties

Barth, H., La Mont, K., Lipton J., Dehaene, S., Kanwisher, N. & Spelke, E. (2006) Non symbolic arithmetic in adults and young children. *Cognition*, 98, 199-122 doi:10.1016/j.cognition.2004.09.011

Booth, J., & Siegler, R. (2008). Numerical magnitude representations influence arithmetic

- learning. *Child Development*, 79, 1016-1031. doi:10.1111/j.1467-8624.2008.01173.x.
- Brannon, E. M. (2002). The development of ordinal numerical knowledge in infancy. *Cognition*, 83, 223-240. doi: 10.1111/j.1467-8624.2008.01173.x
- Castronovo, J., Crollen, V. & Seron, X. (2010) Visual enumeration: A bi-directional mapping process between symbolic and non-symbolic representations of number? *Journal of Vision*, 10, 258-264, doi:10.1167/10.7.1327
- Dehaene, S. (1997). *The number sense: How the mind creates mathematics*. New York: Oxford University Press.
- Dehaene, S. (2001). Précis of the number sense. *Mind and Language*, 16, 16-36. doi:10.1111/1468-0017.00154
- Desoete, A., Andries, C., & Ghesquière P. (2009). *Leerproblemen evidence-based voorspellen, onderkennen en aanpakken. Bijdragen uit onderzoek*. Den Haag: Acco.
- Gebuis, T., Kadosh, R.C. & de Haan, E. (2008). Automatic quantity processing in 5-year olds and adults. *Cognitive Processes*, 10, 133-142. doi:10.1007/s10339-008-0219-x
- Gilmore, C. K. , Attridge, N., Inglis, M. (2011) Measuring the approximate number system. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 64, 2099-2109. doi:10.1080/17470218.2011.574710
- Gilmore, C. K., McCarthy, S. E., & Spelke, E. S. (2010). Non-symbolic arithmetic abilities and mathematics achievement in the first year of formal schooling. *Cognition*, 115, 394-406. doi:10.1016/j.cognition.2010.02.002
- Griffin, S. (2004). Teaching number sense. *Educational Leadership*, 61, 39- 43. Retrieved from: <http://web.ebscohost.com.proxy.library.uu.nl/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&hid=24&sid=10b56115-06d1-47f5-8806-824a6aad18b9%40sessionmgr15>
- Halberda, J., Mazocco, M. M., & Feigenson, L. (2008). Individual differences in non-verbal number acuity correlate with maths achievement. *Nature*, 455, 665-668. doi:10.1038/nature07246
- Holloway, I. D. & Ansari, D. (2009) Mapping numerical magnitudes into symbols: The numerical distance effect and individual differences in children's math achievement. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103, 17-29. doi:10.1016/j.jecp.2008.04.001
- Howell, S. C., & Kemp, C. R., (2010) Assessing preschool number sense: skills demonstrated by children prior to school entry. *Educational psychology*, 30, 411-429. doi:10.1080/01443411003695410
- Izard, V., Pica, P., Spelke, E., & Dehaene, S. (2008). Exact equality and successor function:

- two key concepts on the path towards understanding exact numbers. *Philosophical Psychology*, 21, 491-502. doi:10.1080/09515080802285354
- Jordan, N. C., Glutting, G., & Ramineni, C. (2009) The importance of number sense to mathematics achievement in first and third grades. *Learning and Individual Differences*, 20, 1-7. doi:10.1016/j.lindif.2009.07.004
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Ramineni, C., & Locuniak, M. N. (2007). Predicting first-grade math achievement from developmental number sense trajectories. *Learning Disabilities Research & Practice*, 22, 36–46. doi:10.1111/j.15405826.2007.00229.x
- 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. doi: 10.1111/j.14678624.2007.01087.x
- Lyons, I. M., & Bylock, S. L. (2011) Numerical ordering ability mediates the relation between number-sense and arithmetic competence. *Cognition*, 121, 256-261. doi:10.1016/j.cognition.2011.07.0.
- Kikas, E. Peets, K., Palu, A. & Afanasjev, J. (2009) The role of individual and contextual factors in the development of maths skills. *Educational Psychology*, 29, 541-560. doi: 10.1080/01443410903118499
- Kolkman, M.E., Kroesbergen, E.H., Leseman, P.P.M. & Hoijtink, H. (2012) *Non-symbolic and mapping skills*. Manuscript submitted for publication.
- Kroesbergen, E. H., Kolkman, M. E., & Van de Ven, E. M. (2009). Hoe peuters en kleuters leren tellen: Executieve functies, getalbegrip en activiteiten thuis. *Tijdschrift voor Orthopedagogiek*, 48, 290-302. In: Kroesbergen, E. H. (2011, september) *College Leerlingenzorg Universiteit Utrecht*
- LeFevre, J. A., Fast, L., Skwarchuk, S. L., Smith-Chant, B. L., Bisanz, J., Kamawar, D., & Penner-Wilger, M. (2010). Pathways to mathematics: Longitudinal predictors of performance. *Child Development*, 81, 1753-1767. doi:10.1111/j.14678624.2010.01508.x.
- Lyons, I. M., & Ansari, D. (2009). The cerebral basis of mapping nonsymbolic numerical quantities onto abstract symbols: An fMRI training study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21, 1720-1735. doi:10.1016/j.cognition.2011.07.009
- Lyons, I. M. & Beilock, S. L. (2011) Numerical ordering ability mediates the relation between number-sense and arithmetic competence. *Cognition*, 121, 256-261. doi:10.1016/j.cognition.2011.07.009

- Lonneman, J. Linkersdörfer, J. Hasselhorn, M. & Lindberg, S. (2011) Symbolic and non symbolic distance effects in children and their connection with arithmetic skills. *Journal of Neurolinguistics*, 24, 583-591. doi:10.1016/j.jneuroling.2011.02.004.
- Merten, K., & Nieder, A. (2009). Compressed scaling of abstract numerosity representations in adult humans and monkeys. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21, 333-346. doi:10.1162/jocn.2008.21032
- Mundy, E. & Gilmore, C. K. (2009) Children's mapping between symbolic and nonsymbolic representations of number. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103, 490-502. doi:10.1016/j.jecp.2009.02.003
- Passolunghi, M. C. & Cornoldi, C. (2008). Working memory failures in children with arithmetical difficulties. *Child Neuropsychology*, 14, 387-400. doi:10.1080/09297040701566662.
- Piazza, M., Izard, V., Pinel, P., Le Bihan, D., & Dehaene, S. (2004). Tuning curves for approximate numerosity in the human intraparietal sulcus. *Neuron*, 44, 547-555. doi: 10.1016/j.neuron.2004.10.014.
- Reynvoet, B., De Schmedt, B. & Van den Bussche, E. (2009) Children's representation of symbolic magnitude: The development of the priming distance effect. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103, 480-489. doi:10.1016/j.jecp.2009.01.007.
- Ruijsenaars, A. J. J. M., Van Luit, J .E. H., & Van Lieshout, E. C. D. M. (2004). *Rekenproblemen en dyscalculie: Theorie, onderzoek, diagnostiek en behandeling*. Rotterdam: Lemniscaat.
- Siegler, R. S., & Booth, J. L. (2004). Development of numerical estimation in young children. *Child Development*, 75, 428-444. doi: 10.1111/j.1467-8624.2004.00684.x
- Siegler, R. S. & Opfer, J. E. (2003) The development of numerical estimations evidence for multiple representations of numerical quantity. *Psychological Science*, 14, 237-243. doi:10.1111/1467-9280.02438
- Sullivan, J. L., Slattery, T. J, Juhasz, B. J., & Barth, T., C., (2011) Adults' number-line estimation strategies: Evidence from eye movements. *Psychonomic Bulletin and Review*, 14, 557-563. doi:10.3758/s13423-011-0081-1
- Vos, de, T. (1992) *Tempo Test Rekenen*. Amsterdam: Pearson.
- Zuber, J., Pixner, S., Moeller, K. & Nuerk, H. C. (2009) On the language specificity of basic number processing: transcoding in a language with inversion and its relation to working memory capacity. *Journal of Experimental Child Psychology*, 102, 60-77. doi:10.1016/j.jecp.2008.04.003