

UNIVERSITEIT LEIDEN

De Rekenvaardigheid en de Precisie van het Innerlijke Gevoel voor Hoeveelheden bij Schoolgaande Kinderen

Masterthesis

Nancie Bot
[juli 2013]

Student: Nancie Bot (S1174452)

Begeleider: M. Guda Msc.

Samenvatting

De meeste onderzoeken naar de samenhang tussen rekenvaardigheid en de precisie van het innerlijke gevoel voor hoeveelheden richten zich veelal op kinderen met een zeer lage rekenvaardigheid. Dit onderzoek gaat in op de ontwikkeling van de precisie van het innerlijk gevoel voor hoeveelheden bij schoolgaande kinderen en hoe leeftijd en rekenvaardigheid zich hiertoe verhouden. Ter beantwoording van de algemene vraagstelling is een correlatief onderzoek uitgevoerd onder 133 Nederlandse leerlingen in de leeftijd van 9 tot en met 13 jaar. Om de rekenvaardigheid vast te stellen bij de leerlingen is gebruikt gemaakt van de Didactisch Leeftijd Equivalent Test Rekenen en voor het kwantificeren van het innerlijke gevoel voor hoeveelheden is gebruik gemaakt van een non-symbolische getallenvergelijkingstaak. Uit dit onderzoek blijkt dat zowel leeftijd ($p = .64, f^2 = .01$) als rekenvaardigheid ($p = .76, f^2 = .01$) geen significante voorspellers voor iemands precisie van het gevoel voor hoeveelheden zijn. Wel blijkt dat de rekenvaardigheid het effect van leeftijd op de precisie van het gevoel voor hoeveelheden beïnvloedt ($p = 0.01, f^2 = .05$). De gevonden resultaten tonen nieuwe inzichten in de ontwikkeling van het innerlijke gevoel voor hoeveelheden. Op basis van het huidig onderzoek wordt namelijk gesuggereerd dat het innerlijk gevoel voor hoeveelheden voornamelijk in de vroege schooljaren een belangrijke rol speelt bij het ontwikkelen van een goede rekenvaardigheid.

Sleutelwoorden: innerlijk gevoel voor hoeveelheden, rekenen, rekenvaardigheid, rekenproblemen

De Rekenvaardigheid en de Precisie van het Innerlijke Gevoel voor Hoeveelheden bij Schoolgaande Kinderen

In de media wordt geïmpliceerd dat middelbare scholieren niet beschikken over goede rekenvaardigheden. “Rekenvaardigheid is een proces waarin een realiteit (of een abstractie daarvan) wordt geordend of herordend met behulp van op inzicht berustende denkhandelingen, welke ordening in principe is te kwantificeren en die toelaat om er (logische) operaties op uit te voeren dan wel uit af te leiden” (Ruijsenaars, 1992, p 93). De perceptie van de media wordt bevestigd door onderzoek, waaruit blijkt dat de rekenvaardigheid van middelbare scholieren niet optimaal is (Bijsterveldt-Vliegenthart, 2012). Dit heeft ertoe geleid dat alle middelbare scholieren vanaf het schooljaar 2013-2014 verplicht zijn een rekenexamen te maken voordat ze mogen afstuderen (Bijsterveldt-Vliegenthart, 2012). Leerlingen in de brugklassen hebben binnen het rekenproces voornamelijk moeite met de logische operaties; breuken, percentages, decimalen en meten. Bovendien is het geen uitzondering wanneer brugklasleerlingen een onvoldoende (basis)rekenvaardigheid hebben (Rijssenaars, Luit, & Lieshout, 2004). De ontwikkeling van deze (basis)rekenvaardigheid wordt al op jonge leeftijd in gang gezet (Rijssenaars et al., 2004) en rekenproblemen hoeven daarmee niet pas zichtbaar te zijn vanaf de middelbare school; ook jonge kinderen kunnen al een zwakke rekenvaardigheid hebben.

Schoolgaande kinderen met rekenproblemen hebben een significante lagere rekenvaardigheid dan hun chronologische en didactische leeftijd zou doen verwachten. In 2011 was de prevalentie van rekenproblemen zeventien procent (Geary, 2011). Binnen rekenproblemen worden twee ernstgradaties onderscheiden, namelijk (1) kinderen met een zeer lage rekenvaardigheid, ofwel kinderen met een rekenstoornis c.q. dyscalculie (zeven procent) en (2) kinderen met een lage rekenvaardigheid (tien procent) (Geary, 2011). In dit huidig onderzoek wordt dit onderscheid echter niet gemaakt. Kinderen met rekenproblemen hebben moeite met het opslaan en ophalen van rekenfeiten uit het geheugen. Tevens hebben zij een achterstand in het gebruik van rekenprocedures, ofwel het gebruik van oplossingsmanieren bij rekensommen (Geary, 2011; SLO, 2013). Onderzoek naar de rekenvaardigheid bij schoolgaande kinderen is belangrijk, omdat zij hinder kunnen ondervinden van bestaande rekenproblemen. Er bestaat namelijk samenhang tussen leer- en gedragsproblematiek. Leerproblemen kunnen bij kinderen door herhaalde faalervaringen en de sociaal-emotionele gevolgen hiervan, leiden tot gedragsproblemen (Konijn, Berben, Verheij & Donker, 1999; Verhulst & Verheij, 2009). Daarnaast heeft een lage

rekenvaardigheid ook op latere leeftijd veel nadelen. In de volwassenheid leiden rekenproblemen tot een verlaagde kans op een fulltime baan (Rivera-Batiz, 1997; Carpentieri, Litster & Frumkin, 2010). Tevens stellen Carpentieri et al. (2010) dat volwassenen met een lage rekenvaardigheid een minder goede lichamelijke en psychische gezondheid hebben en minder kennis hebben van internet.

Alvorens kinderen aan het formele rekenonderwijs toe zijn, hebben zij al enige numerieke kennis opgebouwd en is hun rekenontwikkeling in gang gezet (Groenestijn et al., 2011; Ramani & Siegler, 2011). Vanaf groep drie start het formele rekenonderwijs en wordt de rekenvaardigheid vrijwel elke dag getraind. De doelen met betrekking tot rekenen en wiskunde die kinderen op de basisschool moeten behalen staan beschreven in speciaal ontworpen leerlijnen (SLO, 2013). Het uiteindelijke doel van reken- en wiskundeonderwijs is het behalen van functionele gecijferdheid, ofwel het gebruiken van de rekenvaardigheid in dagelijkse situaties (Groenestijn, Borghouts & Janssen, 2011). Jonge kinderen ontwikkelen hun numerieke kennis intuïtief door middel van hun ervaringen, spel en informele activiteiten. Hierdoor verbeteren kinderen hun vaardigheden in het schatten van hoeveelheden, het vergelijken van verschillende groottes, cijferidentificatie en rekenvaardigheden al voor dat zij naar de basisschool gaan (Groenestijn et al., 2011; Ramani & Siegler, 2011). Daarnaast wordt in de vroege ontwikkeling van het optellen en aftrekken beroep gedaan op ervaringen van samenvoegen en weghalen van objecten uit de echte wereld. Dit vermogen wordt later gebruikt bij gebruikelijke onderwijsmethoden om op te tellen en af te trekken (Levine, Jordan & Huttenlocher, 1992).

Niet alleen de vroege ontwikkeling van de bovengenoemde rekenvaardigheden is belangrijk voor het ontwikkelen van een goede rekenvaardigheid op latere leeftijd. Naast de ontwikkeling van rekenvaardigheid ontwikkelt zich namelijk ook het innerlijk gevoel voor hoeveelheden. Mensen worden geboren met een natuurlijk gevoel voor hoeveelheden (Feigenson, Dehaene & Spelke, 2004). Dit gevoel voor hoeveelheden kan worden gedefinieerd als het vermogen om hoeveelheden waar te nemen en te onderscheiden (Feigenson, Dehaene & Spelke, 2004). Bij zowel volwassenen als kinderen is het gevoel voor hoeveelheden gerelateerd aan een specifiek gebied in de hersenen, namelijk het horizontale segment van de intraparietale sulcus (HIPS) (Cantlon, Brannon, Carter & Pelphrey, 2006; Dehaene, Piazza, Pinel & Cohen 2004). Dit hersengebied is belangrijk is voor de vroege ontwikkeling van rekenvaardigheden en daarnaast zou een beperking in dit hersengebied kunnen leiden tot ernstige rekenproblemen (Dehaene, Cohen, Molko, & Wilson, 2004). Daarmee wordt naast de voorbereidende rekenvaardigheden het gevoel voor hoeveelheden als

belangrijk fundament gezien voor het ontwikkelen van goede rekenvaardigheden gedurende de schoolperiode. Onderzoek toont namelijk aan dat het gevoel voor hoeveelheden van zeer jonge kinderen de rekenvaardigheid op schoolleeftijd voorspelt (Mazzocco, Feigenson & Halberda, 2011). Voor het onderwijs is het van belang om fundamentele rekenprocessen te onderzoeken, zodat adequate onderwijsprogramma's ontworpen kunnen worden om de rekenvaardigheid van kinderen te ondersteunen.

Het innerlijke gevoel voor hoeveelheden is niet bij iedereen gelijk ontwikkeld; er zijn veel individuele verschillen in de mate van precisie van het gevoel voor hoeveelheden (Halberda et al., 2012). Het doel van dit onderzoek is om te ontdekken hoe de precisie van het innerlijke gevoel voor hoeveelheden bij schoolgaande kinderen is ontwikkeld en hoe leeftijd en rekenvaardigheid zich verhouden tot dit innerlijke gevoel. Uit onderzoek blijkt dat de precisie van iemands gevoel voor hoeveelheden verbetert naarmate schoolgaande kinderen ouder worden (Piazza et al., 2010; Halberda et al., 2012). Naar aanleiding hiervan wordt in dit onderzoek verwacht dat de leeftijd van kinderen de precisie van het gevoel voor hoeveelheden voorspelt.

Naast individuele verschillen door de invloed van leeftijd, zorgt ook de rekenvaardigheid van een persoon voor individuele verschillen in de mate van de precisie van het gevoel voor hoeveelheden. Uit onderzoek blijkt namelijk dat de rekenvaardigheid van een kind samenhangt met de precisie van het gevoel voor hoeveelheden. Kinderen met rekenproblemen hebben een minder precies gevoel voor hoeveelheden; een lagere precisie dan gemiddeld kan duiden op rekenproblemen. De ontwikkeling van de precisie van het gevoel voor hoeveelheden is bij kinderen met een zeer lage rekenvaardigheid vertraagd (Piazza et al., 2010). Ander onderzoek stelt dat individuele verschillen in de precisie van het gevoel voor hoeveelheden gerelateerd is aan rekenvaardigheid gedurende de adolescentie en volwassenheid (Halberda et al., 2012). Echter, de meeste onderzoeken naar samenhang tussen rekenvaardigheid en de precisie van het gevoel voor hoeveelheden zijn gebaseerd op kinderen met een zeer lage rekenvaardigheid. Het is nog niet duidelijk of ook andere gradaties van rekenproblemen en rekenvaardigheid de precisie van het gevoel voor hoeveelheden voorspellen. Hiertoe wordt in dit onderzoek verwacht dat de rekenvaardigheid van kinderen de precisie van het gevoel voor hoeveelheden voorspelt. Bovendien ontwikkelt een kind zijn rekenvaardigheid gedurende de oplopende schooljaren. Mogelijk beïnvloedt de rekenvaardigheid het effect van de leeftijd op de precisie van het gevoel voor hoeveelheden. In eerder onderzoek wordt namelijk gesuggereerd dat de precisie van iemands gevoel voor hoeveelheden niet vaststaat vanaf de geboorte, maar dat het gevoel voor hoeveelheden

preciezer kan worden door bijvoorbeeld daarop gerichte interventies, ofwel het gevoel voor hoeveelheden is trainbaar (Halberda et al., 2012). Op basis hiervan wordt in het huidige onderzoek verwacht dat het effect van de leeftijd op de precisie van het gevoel voor hoeveelheden wordt beïnvloedt door de rekenvaardigheid.

Om de hypothesen te onderzoeken is een correlatieel onderzoek uitgevoerd onder kinderen uit het Nederlandse basis- en voortgezet onderwijs. Hierbij is de data geanalyseerd met behulp van regressieanalyses.

Methode

Proefpersonen

Ten behoeve van dit onderzoek zijn 14 scholen benaderd door getrainde (student)onderzoekers voor deelname. De scholen zijn geworven op basis van gelegenheidssteekproeven. De deelnemers in dit onderzoek, ofwel de leerlingen, zijn via deze scholen benaderd om deel te nemen aan het onderzoek. Zij hebben een folder ontvangen met daarin informatie over het onderzoek. Voor het deelnemen aan dit onderzoek zijn geen exclusiecriteria opgesteld. Ouders van de deelnemende leerlingen hebben hun toestemming voor deelname en video-opname door middel van een toestemmingsformulier kenbaar gemaakt. Op het toestemmingsformulier is tevens gevraagd naar het leesniveau van de deelnemers, omdat een zeer lage rekenvaardigheid vaak co-morbide is met een zeer lage leesvaardigheid (Fletcher, 2005).

Aan dit onderzoek hebben in totaal 133 leerlingen deelgenomen (42.9 % jongens) in de leeftijd van 9 tot en met 13 jaar ($M = 11.1$, $SD = 1.4$). De leerlingen zijn afkomstig uit het basisonderwijs en uit het voortgezet onderwijs in Nederland en hiervan heeft 9% een lager leesniveau dan gemiddeld. Van de deelnemende scholen is 27,8 % gevestigd in een zogenaamd *Impulsgebied*. Een impulsgebied wordt gekenmerkt door gecombineerde factoren die een rol spelen in het ontstaan van onderwijsachterstanden, zoals de factoren: hoge werkloosheid en relatief veel lage inkomens (Van Bijsterveldt-Vliegenthart, 2012). In dit onderzoek is de controlevariabele Sociaal-Economische Status (SES) gebaseerd op deze impulsgebieden.

Procedure

Het afnemen van de onderzoekstaken heeft deels groepsgewijs en deels individueel plaatsgevonden in de periode maart en april 2013. De deelnemers hebben een rekenvaardigheidstest gemaakt en een computertaak uitgevoerd. De eerstgenoemde test is groepsgewijs afgenomen in twee sessies van maximaal 45 minuten per sessie. De laatstgenoemde taak is individueel uitgevoerd in één sessie van 10 minuten. Alle taken en

sessies zijn opgenomen op video, zodat de afname kon worden gecontroleerd op fouten. Daarnaast dienden sommige taken achteraf gecodeerd te worden met behulp van de video-opname. De tests zijn afgenomen door getrainde (student)onderzoekers en vonden plaats in een afgezonderde onderzoekruimte. De totale onderzoekstijd per deelnemer bedroeg ongeveer één uur en 15 minuten. Na afname is de rekenvaardigheidstest twee keer gecodeerd door getrainde codeurs.

Meetinstrumenten

Rekenvaardigheid. Ten behoeve van dit onderzoek is de Didactisch LeeftijdsEquivalent (DLE) Test Rekenen (versie 2002; Vos, 2002) gebruikt om de rekenvaardigheid van de deelnemers vast te stellen. De DLE-Test Rekenen is een gestandaardiseerde test met een cumulatief karakter, die voornamelijk wordt gebruikt op basisscholen om de rekenvaardigheid van leerlingen vast te stellen. De rekenopgaven in de DLE-test zijn een mix van opgaven, samengesteld uit opgaven die in de huidige reken- en wiskundemethoden worden gebruikt (Figuur 1). De DLE-Test Rekenen leverde uiteindelijk per deelnemer een leerrendementscore op en deze is in dit onderzoek als maat voor rekenvaardigheid gebruikt. De leerredementscore is per deelnemer berekend door de behaalde score op de test te delen door de Didactische Leeftijd (DL) van de deelnemer en deze vervolgens met 100 % te vermenigvuldigen (SLO, 2013). Hoe hoger de leerrendementscore hoe hoger de rekenvaardigheid en hoe lager deze score hoe lager de rekenvaardigheid.

Omdat de DLE-Test de vaardigheid en niet de snelheid van rekenen beoogt te meten, hebben de deelnemers in dit onderzoek ruimschoots de tijd gekregen om de rekenopgaven te maken. De interne consistentie van de items bij de leeftijdsgroep groep 6 is cronbachs $\alpha = .80$, ofwel hoog. Voor de brugklasleerlingen is geen interne consistentie bekend, daarom is gekeken naar de interne consistentie van één schooljaar lager. In deze groep is de interne consistentie ook hoog ($\alpha = .93$). Voor alle schoolgroepen die deelnemen in dit onderzoek zijn normen bekend. De normen van de test zijn berekend op basis van een landelijke steekproef van ongeveer 3600 leerlingen (500 leerlingen per leerjaar). Daarmee is de DLE-Test Rekenen een betrouwbare en valide test voor het meten van de rekenvaardigheden bij de deelnemers.

DLE-TEST rekenen/wiskunde Teije de Vos

naam _____ groep _____

20. Welk deel is gekleurd? (ook vereenvoudigen)

het _____ deel _____	het _____ deel _____	het _____ deel _____	het _____ deel _____

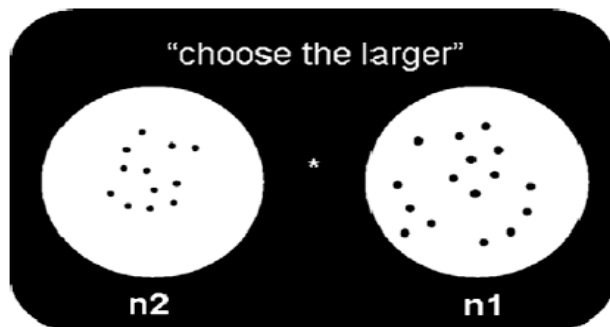
131

Figuur 1. Voorbeeldopgave uit de DLE-Test Rekenen.

De precisie van het gevoel voor hoeveelheden. In dit onderzoek is de Weber Fractie gebruikt om de precisie van iemands gevoel voor hoeveelheden uit te drukken. Een Weber Fractie geeft namelijk de nauwkeurigheid van iemands gevoel voor hoeveelheden aan (Piazza et al., 2004; Izard, Dehaene-Lambertz & Dehaene, 2008). Ofwel, de precisie van het gevoel voor hoeveelheden kan worden uitgedrukt met Weber fractie (w) (Piazza et al., 2004; Piazza & Izard, 2009). Bij de Weber fractie wordt uitgegaan dat het vermogen om onderscheid te maken tussen twee hoeveelheden niet afhankelijk is van het totale aantal gepresenteerde items of het absolute verschil tussen hen, maar afhankelijk is van de verhouding tussen de twee gepresenteerde hoeveelheden (Feigenson, Dehaene, & Spelke, 2004; Odic, Libertus, Feigenson & Alberda, 2012). Om de Weber fractie (w), bij de deelnemers vast te stellen is de non-symbolische getallen vergelijkingstaak gebruikt (Piazza et al., 2010), (Figuur 2). Deze non-symbolische getallen vergelijkingstaak is een computertaak. De taak begon met een uitleg van de getrainde (student)onderzoeker waarna een oefensessie plaatsvond van vier trials. Hierna volgden 80 experimentele trials. De aangeboden stimuli waren steeds twee blauwe vlakken met daarin witte stippen. De deelnemer moest kiezen in welk vlak er meer stippen waren, zo snel mogelijk en zonder te tellen (Figuur 2). De vlakken met stippen bleven in beeld totdat de deelnemer had gekozen in welk vlak er meer stippen waren. Het ingeven van hun antwoord deden zij met behulp van het toetsenbord van de computer. Elke trial had een vlak met de een vaste hoeveelheid van 16 of 32 stippen. Het vlak met 16 stippen werd (gevarieerd) gecombineerd met 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19 of 20 stippen. Het vlak met 32 stippen werd (gevarieerd) gecombineerd met 24, 26, 28, 30, 34, 36, 38 en 40 stippen (het dubbele van de vlakken met 16 stippen). De variatie tussen combinaties is op basis van verhoudingen. Er wordt hierbij van uitgegaan dat het vermogen om onderscheid te maken

tussen twee hoeveelheden niet afhankelijk is van het totaal aantal gepresenteerde items of het absolute verschil tussen hen, maar afhankelijk is van de verhouding tussen twee gepresenteerde hoeveelheden (Feigenson, Dehaene & Spelke, 2004; Odic, Libertus, Feigenson & Halberda, 2012). Bijvoorbeeld als 10 en 20 stippen (verhouding 1:2) moeten worden onderscheiden vindt men dit makkelijker dan het verschil tussen 15 en 18 stippen (verhouding 5:6). Tevens waren er twee formaten van stippen om te voorkomen dat de reactie van de deelnemers werd beïnvloed door niet-numerieke parameters (zie Piazza et al., 2010, voor een meer gedetailleerde beschrijving hierover).

In een eerdere studie is de betrouwbaarheid en de validiteit van de uitkomst (w) van de non-symbolische getallen vergelijkingstaak als voldoende bevonden (Price, Palmer, Battista & Asari, 2012).



Figuur 2. Voorbeeld van de stimuli in de non-symbolische getallen vergelijkingstaak. De deelnemers kregen twee plaatjes met stippen te zien en zij moesten beslissen in welk vlak er meer stippen te zien waren (Piazza et al., 2010).

De reactietijd en de accuratesse van de deelnemers zijn gemeten, wat uiteindelijk per deelnemer een reactietijd w -score en een accuratesse w -score opleverde. In dit onderzoek is de w -score van de reactietijd gebruikt als maat voor de precisie van het gevoel voor hoeveelheden. Deze w -score is bepaald met behulp van een regressieanalyse; per deelnemer is een logaritmische lijn geplotted op basis van hun reactietijd op de aangeboden trials. Daarin is onderscheid gemaakt tussen de verschillende aangeboden verhoudingen. Omdat door middel van de taak getracht werd de reactietijd en de accuratesse te meten, is de w -score van de accuratesse meegenomen als controlevariabele (WeberACC), zodat betekenisvolle informatie niet uit de data zou worden verwijderd. Hoe lager de w -score hoe preciezer het gevoel voor hoeveelheden (Piazza et al., 2010).

Statistische analyses

De predictoren in dit onderzoek zijn: Leeftijd, Rekenvaardigheid en RekenvaardigheidxLeeftijd. Deze variabelen worden relationeel vergeleken met de responsvariabele: Precisie van het gevoel voor hoeveelheden.

Alvorens de analyses van de onderzoeksvragen zijn uitgevoerd zijn de data geïnspecteerd op hun belangrijkste karakteristieken, missende waarden en uitbijters. Binnen dit onderzoek is getracht zo min mogelijk data te verwijderen; significante uitbijters worden getransformeerd en krijgen minder extreme waarden toegekend. Door het handmatig toekennen van minder extreme waarden is de invloed van uitbijters op de resultaten geminimaliseerd. Zij hebben hierdoor namelijk een minder sterke invloed op het verband tussen predictoren de responsvariabele. De transformatie van de significante uitbijters heeft plaatsgevonden met behulp van Winsorizen (Wilcox & Keselman, 2003). Ofwel de nieuwe waarden zijn samengesteld op basis van de laagste niet significante uitbijter. Hierdoor behouden de waarden de hoogste score, maar zijn zij minder extreem. Een uitbijter is significant afwijkend bevonden wanneer de waarde van de uitbijter significant afwijkt, ofwel minimaal drie standaarddeviaties afwijkt, ten opzichte van de gemiddelde waarde. Missende waarden zijn echter niet meegenomen in de analyses; missende waarden op een bepaalde variabele zijn uit de analyses verwijderd op basis van pairwise analyse. Ter voorkoming van assumptieschending zijn niet normaalverdeelde, numerieke variabelen getransformeerd met behulp van de Van der Waerden test. Deze transformatietest wordt vaker gebruikt bij vergelijkbaar onderzoek (Rommelse et al., 2008) en is een standaard optie in SPSS (versie 19). Met behulp van deze test kan een niet normaal verdeelde numerieke variabele omgezet worden naar een normale verdeling doormiddel van ruwe scores om te zetten naar standaardscores.

Met behulp van SPSS (versie 19) zijn de analyses uitgevoerd. Voor alle toetsen gold een significantieniveau van $\alpha = 0.05$ (95%). De effecten van Leeftijd en Rekenvaardigheid zijn gecontroleerd voor de variabelen SES, Leesniveau, WeberACC en Geslacht. Met behulp van correlatietoetsen is bepaald welke controlevariabele aan het regressiemodel toegevoegd moest worden.

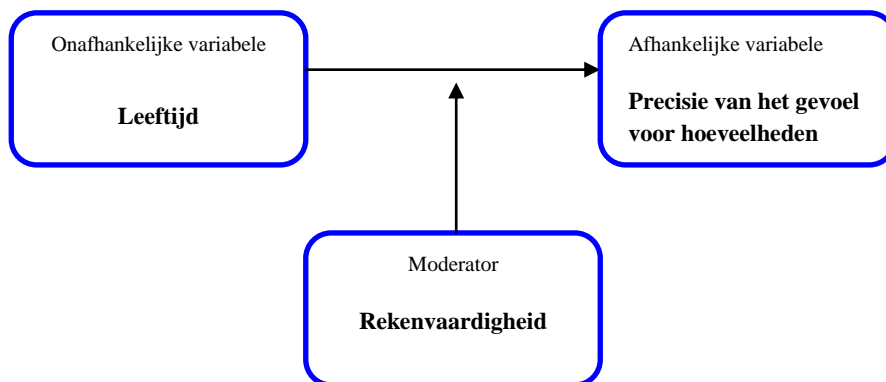
Onderzoeksvragen en analyse methoden.

1. Wat is de relatie tussen leeftijd en de precisie van het gevoel voor hoeveelheden?
2. Wat is de relatie tussen rekenvaardigheid en de precisie van het gevoel voor hoeveelheden bij schoolgaande kinderen?

Onderzoeksvragen één en twee zijn geanalyseerd met behulp van een multiple regressieanalyse. Het effect van leeftijd is gecontroleerd voor: SES,

Rekenvaardigheid, WeberACC en Leesniveau. Het effect voor Rekenvaardigheid is gecontroleerd voor: SES, Leesniveau en Geslacht.

3. Wordt het effect van de leeftijd van een kind, op het gevoel voor hoeveelheden beïnvloed door de rekenvaardigheid (Figuur 3)? Deze onderzoeksvraag is geanalyseerd door middel van een hiërarchische multiple regressieanalyse met een moderator (Figuur 3). Ter voorkoming van multicollineariteit is voor het bepalen van het interactie-effect gebruik gemaakt van gecentreerde grootheden.



Figuur 3. Moderatieanalyse met behulp van een hiërarchische multiple regressieanalyse.

Resultaten

Data-inspectie

De data van de numerieke variabelen zijn geïnspecteerd op hun belangrijkste karakteristieken (Tabel 1). Daarnaast is de data vooraf door meerdere getrainde codeurs gecontroleerd op fouten bij de invoer. De normaliteit van de numerieke variabelen is vastgesteld door middel van een analyse naar de gestandaardiseerde scheefheid en gepiektheid van de variabelen. De verdeling van een variabele is normaal bevonden als waarden van de gestandaardiseerde scheefheid en gepiektheid tussen -3 en 3 vallen. De predictor variabele Leeftijd ($M = 11.11$, $SD = 1.38$) heeft een normale verdeling. Tevens heeft de predictor variabele Rekenvaardigheid ($M = 89.6$, $SD = 19.5$) een normale verdeling. De gestandaardiseerde scheefheid en gepiektheid van deze variabelen vallen tussen de waarden -3 en 3. De responsvariabele Precisie voor gevoel voor hoeveelheden heeft geen normale verdeling. Deze variabele heeft geen gestandaardiseerde scheefheid tussen de waarden -3 en

3. Deze variabele is daarom getransformeerd met behulp van de Van der Waerden test. De numerieke controle variabele WeberACC ($M = 10.3$, $SD = 3.8$) is normaal verdeeld.

Op de responsvariabele, Precisie voor gevoel van hoeveelheden, hebben 16 significante uitbijters minder extreme waarden toegekend gekregen met behulp van Winsorizen, zie methodesectie voor de richtlijnen.

Tabel 1

Resultaten data-inspectie numerieke variabelen (N = 133).

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Zskweness</i>	<i>Zkurtosis</i>
Leeftijd	11.11	1.38	-1.38	-2.93
Rekenvaardigheid	89.58	19.54	-.57	.02
Precisie van het gevoel voor hoeveelheden	944.4	948.51	5.19	1.07
WeberACC*	-10.32	3.77	-1.74	1.74

* Controle variabele

Leeftijd en Precisie van het gevoel voor hoeveelheden

Om het effect van Leeftijd op de Precisie van het gevoel voor hoeveelheden te bepalen is gebruik gemaakt van een multiple regressie analyse. Een aantal vooraf opgestelde controlevariabelen bleek significant te correleren met de predictorvariabele Leeftijd en is daarom opgenomen in het regressiemodel: Rekenvaardigheid ($r = -.36$), WeberACC ($r = -.26$), SES ($r = -.32$) en Leesvaardigheid ($r = -.24$). Uit de analyse blijkt dat Leeftijd geen significante voorspellende waarde heeft op de Precisie van het gevoel voor hoeveelheden ($\beta = -0.05$, $t(127) = -.47$, $p = .64$, $f^2 = 0.01$).

Rekenvaardigheid en de Precisie van het gevoel voor hoeveelheden

Het effect van Rekenvaardigheid is gecontroleerd voor SES ($r = .58$), Leesniveau ($r = .29$) en Geslacht ($r = .31$). Deze controlevariabelen bleken significant te correleren met de predictorvariabele Rekenvaardigheid. Om het effect te bepalen is daarom gebruik gemaakt van een multiple regressieanalyse. In het regressiemodel verklaren de predictoren samen slechts 2% van de variantie in Precisie voor gevoel voor hoeveelheden. Daarnaast blijkt Rekenvaardigheid geen significante voorspeller van de Precisie van het gevoel voor hoeveelheden ($\beta = -0.03$, $t(128) = -.30$, $p = .76$, $f^2 = < 0.01$).

Interactie tussen Rekenvaardigheid en Leeftijd en Precisie van gevoel voor hoeveelheden

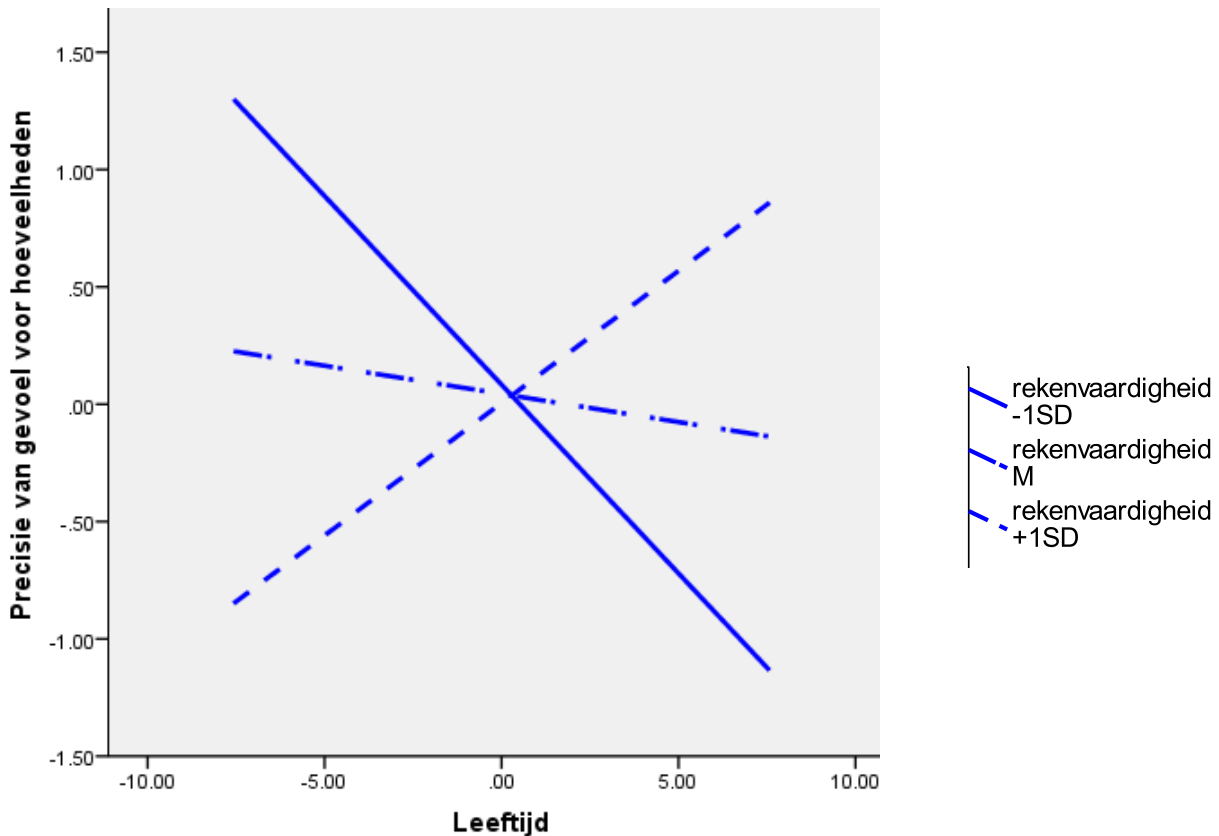
Om te bepalen of het effect van Leeftijd op de Precisie het gevoel voor hoeveelheden wordt beïnvloed door Rekenvaardigheid is gebruik gemaakt van een hiërarchische multiple

regressieanalyse. Hierbij is Leeftijd de onafhankelijke variabele, Precisie van het gevoel voor hoeveelheden de responsvariabele en Rekenvaardigheid de moderator. Ter preventie van multicollineariteit zijn de onafhankelijke variabele Leeftijd en de moderator Rekenvaardigheid gecentreerd door het gemiddelde van de variabele af te trekken van de waarde van de variabele; $(X_i - \bar{X})$. Vervolgens is met deze gecentraliseerde variabelen de interactieterm berekend.

In het eerste model zijn de gecentraliseerde variabelen gebruikt en in model twee is de interactieterm toegevoegd (Tabel 2). Beide modellen zijn niet significant $F(2,132)= 1.00, p = .37$ en $F(3,132)= 2.33, p = .08$). Het eerste model verklaart 1.5 % van de variantie in de Precisie van het gevoel voor hoeveelheden en het tweede model verklaart 5.1% van de variantie. De interactie term voegt 3.6% verklaarde variantie toe, wat significant is ($F_{\text{Change}} = .03$). Ofwel, model 2 verklaart significant meer van de variantie in de responsvariabele Precisie van het gevoel voor hoeveelheden dan model 1. In Tabel 2 zijn de resultaten van deze analyse gepresenteerd. Er zijn geen hoofdeffecten gevonden voor Leeftijd en Rekenvaardigheid ($p = .62$) en ($p = .54$). Daarnaast blijkt wel dat het effect van Leeftijd op de Precisie van het gevoel voor hoeveelheden wordt beïnvloed door Rekenvaardigheid ($\beta = .19, t(132) = 2.22, p = .03, f^2 = .05$). In Figuur 4 is dit interactie-effect weergegeven. In de methodesectie zijn richtlijnen opgesteld hoe de w -score geïnterpreteerd dient te worden.

Tabel 2. *Hiërarchische multiple regressie analyse (Precisie van het gevoel voor hoeveelheden).*

Model	Gestandaardiseerde		
	Coëfficiënten β (Beta)	t	p
1 (Constant)		11.48	.000
Leeftijd	-.13	-1.41	.16
Rekenvaardigheid	-.06	-.65	.52
2 (Constant)		11.7	.000
Leeftijd	-.3	-.41	.16
Rekenvaardigheid	-.06	-.62	.54
RekenvaardigheidxLeeftijd	.19	2.22	.03



Figuur 4. Het interactie-effect tussen rekensvaardigheid en leeftijd op de precisie van het gevoel voor hoeveelheden.

Discussie

Het doel van dit onderzoek was te ontdekken hoe de precisie van het innerlijke gevoel voor hoeveelheden bij schoolgaande kinderen is ontwikkeld en hoe leeftijd en rekensvaardigheid zich verhouden tot dit innerlijke gevoel. Hiertoe zijn een drietal statistische analyses uitgevoerd. Op basis van de resultaten uit dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat er geen significante, lineaire relatie bestaat tussen de leeftijd van kinderen en de precisie van het gevoel voor hoeveelheden. Tevens blijkt uit dit onderzoek dat er geen significante, lineaire relatie tussen de rekensvaardigheid van kinderen en de precisie van het gevoel voor hoeveelheden bestaat. Ten derde kan geconcludeerd worden dat er een significant interactieverband bestaat tussen rekensvaardigheid en leeftijd op de precisie van het gevoel voor hoeveelheden. De rekensvaardigheid van een kind heeft invloed op het effect van leeftijd op de precisie van het gevoel voor hoeveelheden. Dit significant gebleken interactieverband toont aan dat jonge kinderen met een lage rekensvaardigheid een minder precies gevoel voor hoeveelheden hebben, maar naar mate deze kinderen ouder worden de precisie van dit gevoel

zich nog verder ontwikkelt. Kinderen met een gemiddelde rekenvaardigheid laten hetzelfde patroon zien, maar zij laten een minder sterk zien. Echter, kinderen met een hoge rekenvaardigheid lijken op jonge leeftijd een preciezer gevoel voor hoeveelheden te hebben; hoe ouder zij worden hoe minder precies hun gevoel voor hoeveelheden. Op basis hiervan wordt gesuggereerd dat het gevoel voor hoeveelheden voornamelijk in de vroege schooljaren een belangrijke rol speelt bij het ontwikkelen van goede rekenvaardigheden.

Het gevonden resultaat dat leeftijd en rekenvaardigheid op zichzelf niet de precisie van het gevoel voor hoeveelheden voorspelt, is inconsistent met resultaten uit eerder onderzoek. Eerder onderzoek toonde namelijk aan dat het gevoel voor hoeveelheden preciezer wordt gedurende de ontwikkeling en dat een lage rekenvaardigheid een verband heeft met de precisie van het gevoel voor hoeveelheden (Piazza et al. 2010; Halberda et al., 2012). Deze verbanden zijn in het huidig onderzoek niet gevonden. Het verschil in resultaat zou mogelijk kunnen komen doordat in het huidig onderzoek een specifieke leeftijdsgroep is onderzocht, welke niet vergelijkbaar is met de onderzoeksgroepen uit eerdere onderzoeken. Daarnaast zijn de resultaten van Piazza et al. (2010) gebaseerd op een onderzoeksgroep van 23 proefpersonen en is in het onderzoek van Halberda et al. (2012) gebruik gemaakt van een ander meetinstrument om de precisie van het gevoel voor hoeveelheden vast te stellen. Veel onderzoeken naar de relaties tussen rekenvaardigheid en de precisie van het gevoel voor hoeveelheden zijn voornamelijk gebaseerd op kinderen met een (zeer) lage rekenvaardigheid. In het huidig onderzoek is niet alleen een (zeer) lage rekenvaardigheid onderzocht, maar zijn tevens andere gradaties van rekenvaardigheid onderzocht. Het zou mogelijk zijn dat de verbanden alleen gelden voor kinderen met een lage rekenvaardigheid. Hiervoor dient echter verder onderzoek gedaan te worden. Een andere verklaring zou kunnen zijn dat rekenvaardigheid op zichzelf inderdaad geen verband heeft met iemands precisie van het gevoel voor hoeveelheden. Uit het huidig onderzoek blijkt namelijk dat er een interactie plaatsvindt tussen leeftijd en rekenvaardigheid op de mate van iemands precisie van het gevoel voor hoeveelheden.

Naar aanleiding van dit laatstgenoemde resultaat rijst de vraag waarom kinderen met een hoge rekenvaardigheid een steeds minder precies gevoel voor hoeveelheden ontwikkelen naar mate zij ouder worden. Deze vondst zou mogelijk kunnen worden verklaard doordat kinderen met een hoge rekenvaardigheid andere strategieën gebruiken bij numerieke opdrachten. Uit onderzoek naar rekenstrategieën bij kinderen met een hoge rekenvaardigheid blijkt dat deze kinderen tijdens rekenen meer beroep zouden doen op het ophalen van rekenfeiten uit het geheugen dan kinderen met een lage rekenvaardigheid (Imbo, 2007).

Anderzijds toont onderzoek aan dat kinderen met een hoge rekenvaardigheid dezelfde oplossingsstrategieën gebruiken bij kleine en middelgrote rekenopgaven, als kinderen met een lagere rekenvaardigheid (Núñez-Peña, Gracia-Bafalluy & Tubau, 2011). De vraag rijst of tijdens een non-symbolische getallenvergelijkingstaak wel beroep wordt gedaan op deze bovengenoemde rekenstrategieën; de deelnemers mochten tijdens de taak namelijk geen gebruikmaken van telstrategieën. Mogelijk wordt tijdens het maken van een non-symbolische getallenvergelijkingstaak voornamelijk beroep gedaan op het innerlijke gevoel voor hoeveelheden op zichzelf. Daarnaast kan het mogelijk zijn andere hersenfuncties een rol spelen tijdens het maken van een non-symbolische getallenvergelijkingstaak. Het zou bijvoorbeeld kunnen zijn dat de executieve functie ‘inhibitievermogen’ een rol speelt bij het maken van een dergelijke taak. Mogelijk hebben jonge kinderen met een hoge rekenvaardigheid al een beter inhibitievermogen ontwikkeld waardoor zij minder gevoelig zijn voor prikkels, zoals voor de verschillende groottes van de aangeboden stippen. Dit zou kunnen leiden tot een betere prestatie op de taak. Het inhibitievermogen is namelijk een belangrijk fundament bij het uitvoeren van doelgericht gedrag en rekenvaardigheid (Kroesbergen, Luit, Lieshout, Loosbroek & Rijt, 2009). Meer onderzoek naar een wetenschappelijke verklaring voor de ontwikkeling van het gevoel voor hoeveelheden bij kinderen met een hoge rekenvaardigheid en de mogelijke samenhang met andere cognitieve functies is op basis hiervan geïndiceerd.

Limitaties

Dit onderzoek kent naast zijn conclusies een aantal beperkingen, welke mogelijk invloed hebben gehad op de gevonden resultaten. De steekproef van dit onderzoek is niet a-select getrokken en daarnaast blijkt uit de effectgroottes dat de steekproef niet voldoende groot is. Een andere limitatie is de DLE-Test Rekenen. Aanvankelijk bleek deze test een betrouwbaar meetinstrument voor het meten van de rekenvaardigheid van alle leerlingen die in dit onderzoek hebben meegedaan; voor alle schoolgroepen waren normen beschikbaar. Opvallend is dat de deelnemers die onderwijs volgen in de brugklas vaker een lagere DLE-score behaalden. Hiermee wordt geïmpliceerd dat zij een lagere rekenvaardigheid zouden hebben. Dit zou mogelijk komen, omdat voor de brugklasgroep in de handleiding van de test geen interne consistentie beschikbaar was. Daarom zou de DLE-Test Rekenen bij brugklassers minder betrouwbaar kunnen zijn voor het meten van hun rekenvaardigheid. Voor vervolgonderzoek wordt daarom geadviseerd om voor middelbare scholieren een andere test te gebruiken. Dit heeft echter als nadeel dat de testen niet goed met elkaar vergeleken kunnen worden. Het is daarom van belang een test te gebruiken die voldoende betrouwbaar is voor

met meten van de rekenvaardigheid bij kinderen van de basisschool en de middelbare school. Een mogelijke andere verklaring voor de lage rekenvaardigheid in deze leeftijdsgroep zou kunnen zijn dat het onderwijs op de middelbare school niet aansluit bij de opgaven uit de DLE-Test Rekenen. De rekenvaardigheid van deze deelnemers wordt vanaf de brugklas niet meer elke dag getraind; deze leerlingen krijgen vanaf dit studiejaar het vak wiskunde in plaats van rekenen. Een groot verschil daartussen is dat zij minder vaak hoofdbewerkingen moeten gebruiken, ofwel moeten hoofdrekenen; een (basis)rekenvaardigheid (Ruijsenaars, Luit & Lieshout, 2004).

Implicaties

Ondanks de bovengenoemde beperkingen van dit onderzoek zijn er voldoende wetenschappelijke implicaties te noemen. Uit eerder onderzoek (Piazza et al., 2010) rees de vraag of de precisie van het gevoel voor hoeveelheden bij kinderen met een zeer lage rekenvaardigheid zich nog ontwikkelt na het tiende levensjaar. Uit het huidig onderzoek blijkt dat kinderen met een lage rekenvaardigheid gedurende hun oplopende kalenderjaren een steeds preciezer gevoel voor hoeveelheden ontwikkelen, ook na het tiende levensjaar. Het is mogelijk dat dit verband enkel bestaat voor kinderen met een zeer lage rekenvaardigheid en daarom dient dit verband verder te worden onderzocht. De opvallend lage scores van de brugklasleerlingen dienen tevens nader onderzocht te worden; hoe komt het precies dat deze kinderen een lage rekenvaardigheid zouden hebben? Heeft de DLE-Test Rekenen inderdaad een verkeerd beeld geschept of blijkt de rekenvaardigheid inderdaad veel lager en wat zijn de verklaringen hiervoor? In nieuw wetenschappelijk onderzoek kan naar een verklaring gezocht worden. Tevens blijkt uit het huidig onderzoek dat het gevoel voor hoeveelheden bij kinderen met een hoge rekenvaardigheid juist op vroege leeftijd precies is en steeds minder precies wordt naarmate zij ouder worden en wanneer zij naar het voortgezet onderwijs gaan. Hiermee wordt geïmpliceerd dat het gevoel voor hoeveelheden juist in de vroege schooljaren een belangrijk fundament is voor het ontwikkelen van een goede rekenvaardigheid. In het onderwijs kan men hierop inspelen door rekening te houden met het onderwijsaanbod aan kinderen in de vroege schooljaren. Men kan bijvoorbeeld interventies inzetten ter verbetering van het gevoel voor hoeveelheden. Hierbij kan gedacht worden aan de interventie The Number Race Game (Wilson et al., 2009). Door vroeg in te spelen op beperkingen van kinderen kunnen leerproblemen mogelijk voorkomen worden en daarnaast zijn vroege interventies op de basisschool goedkoper dan interventies op latere leeftijden (Heckman, 2006). Door rekening te houden met het onderwijsaanbod kunnen rekenproblemen mogelijk voorkomen worden. Dit kan ertoe leiden dat kinderen met rekenproblemen in hun toekomst

meer kans hebben op een goede participatie in de maatschappij. Een goede rekenvaardigheid zorgt namelijk voor meer kansen op werkgebied, een goede gezondheid en meer kennis van internet (Rivera-Batiz, 1997; Carpentieri, Litster & Frumkin, 2010). In nieuw wetenschappelijk onderzoek dient echter het interactieverband tussen rekenvaardigheid en leeftijd op de precisie van het gevoel voor hoeveelheden verder te worden onderzocht om tot voldoende empirisch bewijs te komen. Hierbij kan gedacht worden aan longitudinaal onderzoek, omdat dit in feite een ontwikkelingstraject betreft.

Referenties

- Bijsterveldt-Vliegenthart, M. van. (2012, mei 10). Regeling van de Minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap van 25 april 2012, nr. WJZ/397730 (10219), houdende vaststelling van de impulsgebieden ten behoeve van de aanvullende bekostiging onderwijsachterstandenbestrijding in impulsgebieden voor de schooljaren 2013–2014 tot en met 2016–2017 (Regeling vaststelling impulsgebieden schooljaar 2013–2014 tot en met 2016–2017). *De Staatscourant*.
- Brooks, M., Pui, S. (2010). Are individual differences in numeracy unique from general mental ability? A closer look at a common measure of numeracy. *Individual Differences Research*, 48, 257–265.
- Carpentieri, J., Litster, J. en Frumkin, L. (2010). Adult numeracy; A review of research. *National Research and Development Centre for Adult Literacy and Numeracy*. Geraadpleegd via: <http://downloads.bbc.co.uk/learning/>
- Dehaene, S., Molko, N., Cohen, I. & Wilson A. (2004). Arithmetic and the brain. *Current Opinion in Neurobiology*, 14, 218–224. doi: 10.1016/j.conb.2004.03.008
- Feigenson, L., Dehaene, S., & Spelke, E. S. (2004). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences*, 8, 307–314. doi:10.1016/j.tics.2004.05.002
- Fletcher, J. (2009). Predicting math outcomes reading predictors and comorbidity *Journal of learning disabilities*, 38, 308-312. doi: 10.1177/00222194050380040501
- Geary, D. (2011). Consequences, Characteristics, and Causes of Mathematical Learning Disabilities and Persistent Low Achievement in Mathematics. *J Dev Behav Pediatr*, 32, 250–263. doi: 10.1097/DBP.0b013e318209edef
- Halberda, J., Ryan, L., Wilmer, J., Naiman, D. & Germine, L. (2012). Number sense across the lifespan as revealed by a massive Internet-based sample. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 10, 11116-20. doi: 10.1073/pnas.1200196109.
- Heckman, J. (2006). Skill formation and the economics of investing in disadvantaged children. *Science*, 312, 1900-1902. doi: 10.1126/science.1128898
- Imbo, I., Dierendonck, A., van & Rosseel, Y. (2007). The influence of problem features and individual differences on strategic performance in simple arithmetic. *Memory & Cognition*, 35, 454-463. doi: 10.3758/BF03193285
- Izard, V., Dehaene-Lambertz, G. & Dehaene, S. (2008). Distinct cerebral pathways for object

- identity and number in human infants. *PLoS Biology*, 6, 11.
doi:10.1371/journal.pbio.0060011
- Konijn, C., Berben, E., Verheij, F. & Donker, M. (1999.) Het domein van de jeugd-GGZ: recht van overpad. *Kind en adolescent*, 20, pp 183-193. doi 10.1007/BF03060746
- Kroesbergen, E., Luit, J., van, Lieshout, E., van, Loosbroek, E., van & Rijt, B., van de (2009). Individual differences in early numeracy; the role of executive functions and subitizing. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 27, 226-236. doi: 10.1177/0734282908330586
- Levine, S., Jordan, N. & Huttenlocher, J. (1992). Development of Calculation Abilities in Young Children. *Journal of experimental child psychology*, 53, 72-103. doi: 0022-0965/92
- Mazzocco, M., Feigenson, L. & Halberda, J. (2011). Preschoolers' precision of the approximate number system predicts later school mathematics performance. *PLoS ONE*, 6, e23749. doi:10.1371/journal.pone.0023749
- Núñez-Peña, I., Gracia-Bafalluy, M. & Tubaub, E. (2011). Individual differences in arithmetic skill reflected in event-related brain potentials. *International Journal of Psychophysiology*, 80, 143–149. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2011.02.017
- Odic, D., Libertus, M., Feigenson, L. & Halberda, J. (2012). *Developmental Psychology*, 49, 1 103-1112.
- 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. Geraadpleegd via: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbr.2011.03.031>
- Piazza, M., & Izard, V. (2009). How humans count: Numerosity and the parietal cortex. *Neuroscientist*, 15, 261–273. doi:10.1177/1073858409333073
- Piazza, M., Facoetti, A., Trussardi, A., Berteletti, I., Conte, s., Ducangeli, L.,... Zorzi, M. Developmental trajectory of number acuity reveals a severe impairment in developmental dyscalculia. *Cognition*, 116, 33-41. doi: 10.1016/j.cognition.2010.03.012
- Price, G., Palmer, D., Battista, C. & Ansari, D. (2012) Nonsymbolic numerical magnitude comparison: Reliability and validity of different task variants and outcome measures, and their relationship to arithmetic achievement in adults. *Acta Psychologica*, 140, 50-57. doi: 10.1016/j.actpsy.2012.02.000
- Ramani, G. & Siegler, S. (2011). Reducing the gap in numerical knowledge between low- and

- middle-income preschoolers *Journal of Applied Developmental Psychology* 32 , 146–159. doi: 10.1016/j.appdev.2011.02.005
- Rivera-Batiz, F. (1992). Quantitative Literacy and the Likelihood of Employment Among Young Adults in the United States. *Journal of Human Resources*, 92, p313.
Geraadpleegd via: <http://web.ebscohost.com>.
- Rommelse, N., Altink, M., Martin, N., Buschgens, C., Buitelaar, J., Sergeant, J. & Oosterlaan, J. (2008). Neuropsychological measures probably facilitate heritability research of ADHD. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 23, 579–591. doi: 10.1016/j.acn.2008.06.002
- Ruijsenaars, A. (1992). Rekenproblemen. Theorie, diagnostiek, behandeling. Rotterdam: Lemniscaat.
- Ruijsenaars, A., Luit, J, van. & Lieshout, E, van (2004). Rekenproblemen en dyscalculie. geraadpleegd via:
<http://www.uu.nl/faculty/socialsciences/NL/organisatie/Departementen/pedowk/onderzoek/langeveld/disabilities/projecten/rekenstoornis/Documents/Publicaties/Ruijsenaars%20Van%20Luit%20Van%20Lieshout.pdf>
- Vos, T., de (2002). DLE Test Rekenen/Wiskunde. Leeuwarden: Eduforce
- Wilson, A., Dehaene, S., Dubois, O. & Fayol, M. (2009). Effects of an Adaptive Game Intervention on Accessing Number Sense in Low-Socioeconomic-Status Kindergarten Children. *Mind, Brain, and Education*, 3, 224–234. doi: 10.1111/j.1751-228X.2009.01075.x
- Wilcox, R. & Keselman, H. (2003). Modern robust data analysis methods: Measures of central tendency. *Psychological Methods*, 8, 254–274. doi:10.1037/1082-989X.8.3.254