Math Experience and Numeracy in University Students

Rekenbeleving en Rekenvaardigheid bij Studenten

Cursus: Bachelorthesis
Opdracht: 4
Cursuscode: 200600042
Datum: 17-06-2013
Studenten: S. W. Koevoets (3590283), N. Pierik (3634019), L. M. A. Trum (3582833) en H. A. Wieringa (3716902)
Docent: E. M. Slot

Abstract

Objective: Previous studies have examined the relationship between math experience and numeracy. This study focused on the differences between students' math experience and numeracy. The aim of this study is to distinguish different math types and to examine whether these math types are different in numeracy development, both in number sense (triple code model; Dehaene, 2001) and general numeracy skills. **Method:** The math experience, general numeracy and number sense have been examined in 120 participants by means of five tasks. The participants were Dutch university students. **Results:** Based on the math experience, four math types have been distinguished, namely math lovers, careful arithmeticians, pragmatic arithmeticians and math haters. The results show that there are no significant differences between the math types in the analog code, visual/verbal code and mapping. The math types do differ in general numeracy, where math lovers perform the highest and math haters the lowest. **Conclusion:** There are no differences between the math types in performance on number sense skills, but there are differences in the field of general numeracy. This knowledge could be used by designing new courses with mathematical components at universities. This idea should be further explored.

Key Words: math experience, number sense, general numeracy, math types, university students.

Samenvatting

Achtergrond: Uit de literatuur is gebleken dat over de relatie tussen rekenbeleving en rekenvaardigheid weinig bekend is. Dit onderzoek richt zich op de verschillen in rekenbeleving en rekenvaardigheid bij studenten van het hoger onderwijs. Het doel van dit onderzoek is om na te gaan of er verschillende rekentypen met betrekking tot de rekenbeleving kunnen worden onderscheiden bij studenten en of deze rekentypen verschillen in (voorbereidende) rekenvaardigheid. De algemene rekenvaardigheid en getalbegrip volgens het model van Dehaene (2001) staan centraal in dit onderzoek. **Methode:** De rekenbeleving, algemene rekenvaardigheid en het getalbegrip van studenten zijn onderzocht bij 120 participanten. De participanten zijn Nederlandse studenten van het hoger beroepsonderwijs en wetenschappelijk onderwijs. **Resultaten:** Op basis van de rekenbeleving zijn vier rekentypen te onderscheiden, namelijk rekenliefhebbers, voorzichtige rekenaars, pragmatische rekenaars en rekenhaters. Uit de resultaten is gebleken dat op de analoge en visueel/verbale vaardigheid en koppeling geen significante verschillen tussen de rekentypen zijn. De vier rekentypen verschillen wel significant op algemene rekenvaardigheid, waarbij rekenliefhebbers het hoogst presteren en rekenhaters het laagst. **Conclusie:** De vier onderscheiden rekentypen verschillen niet op voorbereidende rekenvaardigheid. Op het gebied van algemene

rekenvaardigheid zijn er wel significante verschillen gevonden, die meegenomen kunnen worden bij het vormgeven van vakken op het hoger onderwijs met wiskundige componenten. Hiernaar zou nog meer onderzoek gedaan moeten worden.
Sleutelwoorden: rekenbeleving, getalbegrip, algemene rekenvaardigheid, voorbereidende rekenvaardigheid, rekentypen, studenten.

Inleiding

Getallen beheersen het leven van de mens, wat onder andere is af te leiden uit de getallen die staan gegraveerd in geldmunten en gedrukt op bankbiljetten (Dehaene, 2011). Ook bij het maken van beslissingen en het afwegen van risico's speelt begrip van getallen een rol (Reyna & Brainerd, 2007). Kennis van getallen is van essentieel belang om te kunnen rekenen (Dehaene, 2011). De afgelopen jaren is de kwaliteit van het onderwijs echter gedaald en presteerde gemiddeld genomen de helft van alle leerlingen in Nederland onvoldoende op rekenen (Janssen, Van der Schoot, & Hemker, 2005; Lenstra et al., 2012; OECD, 2006; OECD, 2010; Vos, 2007). Ook in het hoger onderwijs schoot de rekenvaardigheid van pabo-studenten tekort (Keijzer, 2010; Straetmans & Eggen, 2005).

Het niveau van rekenvaardigheid is afhankelijk van de beheersing van voorbereidende rekenvaardigheid ('getalbegrip'; Dehaene, 2011; Gersten & Chard, 1999; Halberda, Ly, Wilmer, Naiman, & Germine, 2012; Howell & Kemp, 2010). Naast rekenvaardigheid is ook de manier waarop rekenen beleefd wordt van invloed op rekenprestaties (Green et al., 2012). Er is weinig bekend over de relatie tussen getalbegrip en rekenvaardigheid en hoe deze gerelateerd zijn aan de rekenbeleving. Deze relatie stond in dit onderzoek centraal.

Getalbegrip

De basis van getalbegrip is het begrijpen van numerieke hoeveelheden (Boonen, Kolkman, & Kroesbergen, 2011). Het refereert naar flexibiliteit met betrekking tot cijfers, gevoel over de betekenis van cijfers, vermogen tot hoofdrekenen en het maken van vergelijkingen (Gersten & Chard, 1999). Getalbegrip lijkt een voorspeller te zijn voor latere rekenvaardigheid (Berch, 2005; Jordan, Glutting, & Ramineni, 2010). Er is echter geen duidelijke consensus over de definitie van getalbegrip (Locuniak & Jordan, 2008; Malofeeva, Day, Saco, Young, & Ciancio, 2004). In dit onderzoek is uitgegaan van de definitie van getalbegrip zoals geformuleerd door Dehaene (2001). Getalbegrip is het vermogen om numerieke hoeveelheden te begrijpen, verwerken en te schatten. Het is een speciale intuïtie die het mogelijk maakt om begrip te krijgen van getallen (Dehaene, 2011). Om getalbegrip verder te definiëren, is uitgegaan van het triple-code model (Dehaene, 2001). Volgens het triple-code model zijn er drie vaardigheden om numerieke

informatie te verwerken (Dehaene & Cohen, 1995). Deze drie vaardigheden zijn de analoge-, verbale- en visuele vaardigheid (Dehaene, 1997; Dehaene 2011).

De analoge vaardigheid betreft het verwerken van non-symbolische hoeveelheden, zoals een stippenpatroon '•••' (Dehaene, 1997; Dehaene, 2001; Dehaene 2011). Deze vaardigheid is de basis van rekenkunde en geometrie (Lourenco, Bonny, Fernandex, & Rao, 2012). Het lijkt erop dat de analoge vaardigheid is aangeboren. Baby's kunnen namelijk al onderscheid maken tussen hoeveelheden (McCrick & Wynn, 2004). De analoge vaardigheid blijkt gerelateerd te zijn aan rekencapaciteit (Libertus, Feigenson, & Halberda, 2011). De nauwkeurigheid van het vergelijken van non-symbolische hoeveelheden op de peuterschool, blijkt een voorspeller voor rekenvaardigheid in groep drie te zijn (Desoete, Ceulemans, De Weerdt, & Pieters, 2010). De verschillen van non-symbolische verwerkingen zijn echter beter zichtbaar bij jonge kinderen dan later in de ontwikkeling (Landerl & Kölle, 2009). Desondanks is een nauwkeurigere analoge vaardigheid gerelateerd aan een hogere score op kwantitatieve taken (Libertus, Odic, & Halberda, 2012; Lourenco, et al., 2012).

De verbale vaardigheid is de vaardigheid om getallen als reeksen woorden te herkennen, zoals het gesproken woord 'drie' (Dehaene, 1997; Dehaene, 2001; Dehaene 2011). Deze vaardigheid betreft het kennen van telwoorden, benoemen van getallen en het opzeggen van een telrij (Aunio, Hautamäki, & Van Luit, 2005; Dehaene, 2001). Naast de verbale vaardigheid wordt gelijktijdig de visuele vaardigheid geleerd (Fayol & Seron, 2005). De visueel Arabische vaardigheid is de vaardigheid waarbij getallen en nummers worden verwerkt als een reeks van cijfers '3' (Dehaene, 1997; Dehaene, 2011). De visuele vaardigheid verschilt van de verbale vaardigheid, omdat bij de verbale vaardigheid het getal gehoord wordt en bij de visuele vaardigheid niet (Reynvoet, Brysbaert, & Fias, 2002). Ondanks dit verschil zijn de visuele- en verbale vaardigheden in dit onderzoek gecombineerd, omdat de vaardigheden moeilijk los van elkaar te meten zijn. De visueel/verbale vaardigheden zijn onder andere van belang bij het oplossen van rekensommen (Campbell & Metcalfe, 2008).

De drie numerieke vaardigheden van het triple-code model zijn te onderscheiden bij kinderen van vier en vijf jaar oud (Kolkman, Kroesbergen, & Leseman, 2013). Wanneer kinderen op de basisschool komen, leren de kinderen de gescheiden systemen met elkaar te integreren ('koppeling'; Kolkman et al., 2013). De ontwikkeling van koppeling vindt plaats als kinderen zes tot acht jaar oud zijn (Mundy & Gilmore, 2009). Op dat moment kunnen kinderen de woorden voor getallen betrouwbaar tellen (Lipton & Spelke, 2005). De ontwikkeling van koppeling blijkt gerelateerd te zijn aan succes op school in rekenen (Mundy & Gilmore, 2009; Desoete, Praet, Titeca, & Ceulemans, 2013) en bij studenten blijkt bovendien een betere ontwikkeling van koppeling gerelateerd te zijn aan hogere rekenprestaties (Castronovo & Göbel, 2012).

Algemene rekenvaardigheid

Naast getalbegrip blijkt algemene rekenvaardigheid een belangrijke rol te spelen bij rekenprestaties (Xu, Spelke, & Goddard, 2005). Algemene rekenvaardigheid is door De Schmedt, Verschaffel en Ghesquière (2009) gedefinieerd als het algemene getalbegrip en het begrip van eenvoudige rekenkundige bewerkingen. Eenvoudige rekenkundige bewerkingen zijn optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen. Uit onderzoek bij basisschoolleerlingen is gebleken dat algemene rekenvaardigheid samenhangt met rekenprestaties (Cowan et al., 2011). Daarnaast is uit onderzoek gebleken dat een goede algemene rekenvaardigheid bij volwassenen belangrijk is in het dagelijks leven en leidt tot betere kansen op de arbeidsmarkt (Chiswick, Lee, & Miller, 2003).

Rekenbeleving

Naast het numerieke aspect van rekenen blijkt de rekenbeleving belangrijk te zijn in het leren rekenen (Ashcraft, 2002). Bij de rekenbeleving zijn vier componenten van belang, namelijk: self-concept, self-efficacy, angst en motivatie.

De eerste component, self-concept, is iemands perceptie over zijn eigen voorkomen, functioneren en prestaties (Stodolsky, Salk, & Glaessner, 1991). Er is gebleken dat er een positieve relatie is tussen self-concept en rekenprestaties en dat deze relatie een belangrijke voorspeller is voor rekenprestaties (Lee, 2009).

De tweede component, self-efficacy, is het geloof van iemand in het eigen vermogen om een taak te vervullen (Bandura, 1977; Niehaus, Rudasill, & Adelson, 2012; Stankov, Lee, Luo, & Hogan, 2012). Er is gebleken dat de rekenprestaties hoger zijn, als het geloof dat iemand heeft in de eigen capaciteiten hoger is (Jafaar & Ayub, 2010; Lee, 2009; Niehaus et al., 2012; Stankov et al., 2012; Valeski & Stipek, 2001). Of studenten hulpmiddelen gebruiken bij het oplossen van rekentaken, zoals een rekenmachine blijkt afhankelijk te zijn van de mate van self-efficacy (Mills, Pajares, & Herron, 2007).

De derde component, angst, is de affectieve reactie die ontstaat wanneer er aan een rekentaak gedacht wordt of een rekentaak uitgevoerd moet worden (Ashcraft, 2002). Een negatieve rekenbeleving is geassocieerd met frustraties en angst (Stodolsky et al., 1991). Uit onderzoek is gebleken dat rekenangst leidt tot een vicieuze cirkel met meer angst voor rekenen (Ashcraft, 2002). De rekenangst die wordt ervaren blijkt tot minder effectief gebruik van het werkgeheugen te leiden. Dit heeft als gevolg dat er een lagere reactiesnelheid is en er meer fouten worden gemaakt (Ashcraft & Kirk, 2001). Echter, een positieve rekenbeleving blijkt rekenangst te verlagen en het plezier in onderwijs te verhogen (Akin & Kurbanoglu, 2011; Valeski & Stipek, 2001). Volgens Hoffman (2010) daalt angst, als het aantal goed gemaakte sommen stijgt.

De vierde component, motivatie, is het belang inzien van rekenen en het leuk vinden van rekenen (Brandell & Staberg, 2008). Gemotiveerde leerlingen behaalden betere rekenprestaties dan leerlingen met minder motivatie (Singh, Granville, & Dika,

2002). De vier componenten van rekenbeleving blijken elkaar te beïnvloeden. Een hoog niveau van self-efficacy is gerelateerd aan een laag niveau van rekenangst (Akin & Kurbanoglu, 2011; Lavasani, Hejazi, & Varzaneh, 2011; Mills et al., 2007). Een hoog niveau van rekenangst is gerelateerd aan een lage mate van self-concept (Ireson & Hallam, 2009). Daarnaast is gebleken dat leerlingen met rekenangst slechte prestaties behalen en minder gemotiveerd raken om te rekenen (Abu-Hilal, 2000; Ashcraft & Krause, 2007).

Uit het Groot Nationaal Rekenonderzoek [GNRO] van Lenstra et al. (2012) is gebleken dat er vier typen rekenaars te onderscheiden zijn bij volwassenen op basis van rekenbeleving. Allereerst de rekenliefhebbers, die vinden rekenen leuk, willen het precieze antwoord weten, hebben weinig angst en hebben een positief zelfbeeld over rekenen. Het tweede type, de pragmatische rekenaars, die rekenen niet precies, hebben een positief zelfbeeld, echter wel iets minder dan de rekenliefhebbers en rekenen sommen vaak uit het hoofd uit. Het derde type, de voorzichtige rekenaars, die willen de som precies uitrekenen, maar gebruiken hierbij liever hulpmiddelen en ervaren een hoge mate van angst. Tot slot de rekenhaters, die een hekel aan rekenen hebben, weinig uit het hoofd rekenen en het meest negatieve zelfbeeld hebben.

Doel onderzoek

Uit de literatuurstudie is een relatie gebleken tussen getalbegrip en rekenvaardigheid en tussen rekenbeleving en rekenvaardigheid. Echter, in de literatuur ontbrak onderzoek naar de relatie tussen de rekenbeleving, getalbegrip en algemene rekenvaardigheid. Het doel van dit onderzoek was daarom het in kaart brengen van de relatie tussen getalbegrip, algemene rekenvaardigheid en de rekenbeleving. Dit was het eerste onderzoek waarbij is gekeken of de rekentypen van het GNRO terug te vinden zijn bij studenten en of deze rekentypen verschillen in rekenvaardigheid. Door meer inzicht te krijgen in de relatie tussen rekenbeleving en rekenvaardigheid bij studenten, kon worden bepaald of er bij vakken met wiskundige componenten rekening diende te worden gehouden met het lesaanbod per rekentype, zodat de lesstof beter zou kunnen worden begrepen en betere resultaten konden worden behaald.

De hoofdvraag die in dit onderzoek centraal stond is: In hoeverre zijn er verschillende rekentypen te onderscheiden op basis van rekenbeleving bij studenten van het hoger onderwijs en verschillen deze studenten in getalbegrip en algemene rekenvaardigheid? Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden, zijn vijf deelvragen opgesteld. Deze luidden:

Deelvraag 1: In hoeverre zijn er verschillende rekentypen te onderscheiden op basis van rekenbeleving?

Deelvraag 2: Verschillen de verschillende rekentypen in analoge vaardigheid?

Deelvraag 3: Verschillen de verschillende rekentypen in visueel/verbale vaardigheid?

Deelvraag 4: Verschillen de verschillende rekentypen in koppeling?
Deelvraag 5: Verschillen de verschillende rekentypen in algemene rekenvaardigheid?

Er zijn gedurende het onderzoek studenten aan het hoger beroeps onderwijs (hbo) en wetenschappelijk onderwijs (w.o.) getest op rekenbeleving, getalbegrip en algemene rekenvaardigheid. Er werd verwacht dat er, net als bij het onderzoek van Lenstra et al. (2012), vier verschillende rekentypen te onderscheiden zouden zijn op basis van rekenbeleving. De nulhypothese stelde dat er geen verschillende rekentypen zouden worden en de alternatieve hypothese stelde dat er verschillende rekentypen te onderscheiden zouden zijn bij studenten. Verwacht werd dat de voorzichtige rekenaar en rekenliefhebber hoger zouden presteren op getalbegrip en algemene rekenvaardigheid dan de pragmatische rekenaar en rekenhater, omdat zowel een hogere analoge vaardigheid (Libertus et al., 2011), hogere visueel/verbale vaardigheid (Aunio et al., 2005), hogere koppeling (Castronovo & Göbel, 2012), als een hogere algemene rekenvaardigheid (Cowan et al., 2011) gerelateerd zijn aan hogere rekenprestaties en academische prestaties positief gerelateerd zijn aan de beleving van academische competenties, zoals de beleving van rekenvaardigheid (Valeski & Stipek, 2001). De nulhypothese stelde dat de rekentypen niet zouden verschillen in de rekenbeleving en de alternatieve hypothese stelde dat de rekentypen zouden verschillen op de rekenbeleving.

Methode

Participanten

Aan dit onderzoek hebben 120 participanten deelgenomen (M_{leeftijd} = 21.7; SD = 1.62). Hieronder bevonden zich 44 mannen en 76 vrouwen. De onderzoeksgroep bestond uit hbo- en w.o.-studenten (n_{hbo} = 34; $n_{\text{w.o.}}$ = 86). Alle participanten hebben vrijwillig meegewerkt en de resultaten zijn geheel anoniem verwerkt, waardoor de privacy van de participanten gewaarborgd is. Er is voor gekozen om participanten met dyscalculie buiten beschouwing te laten, omdat getalbegrip afwijkend is ontwikkeld bij mensen met dyscalculie (Desoete et al., 2013). Dit is bewerkstelligd door de participanten bij aanvang van de testafname een vragenlijst te laten invullen waarin gevraagd is of de participanten dyscalculie hebben. Geen van de participanten heeft aangegeven dyscalculie te hebben. Bij het verzamelen van de participanten is gebruik gemaakt van een gemakssteekproef. Deze steekproef is minder betrouwbaar dan een aselecte steekproef. Ondanks dat, is er gepoogd een representatieve steekproef te vormen.

Procedure

De participanten zijn deels bekenden van de onderzoekers en deels onbekenden. Aan de bekenden is gevraagd of zij mee wilden werken aan het onderzoek. Voor het werven van de onbekenden participanten hebben de onderzoekers op de Universiteit Utrecht en Hogeschool Utrecht gestaan, waarbij is gevraagd aan voorbijgangers om medewerking aan dit onderzoek. De participanten kregen na afloop van de test een

snoepreep als beloning voor het maken van de test. De afname bestond uit zowel een schriftelijke vragenlijst en rekentest als een digitale rekentest waarbij de participanten drie rekentaken uitvoerden. De dataverzameling was hierdoor deels schriftelijk en deels digitaal. Beide zijn in een één-op-één situatie afgenomen. Aan de schriftelijke rekentest zat een tijdslimiet, waardoor bij deze test begeleiding van de testleider een vereiste was. De overige testen zijn zelfstandig uitgevoerd. De testleider was wel aanwezig voor eventuele vragen. Er is gekozen om eerst de schriftelijke vragenlijst af te nemen voordat de schriftelijke- en digitale rekentest werden uitgevoerd. Hierdoor is de vragenlijst met betrekking tot rekenbeleving neutraler dan wanneer er net gerekend is. De totale afname duurde ongeveer 30 minuten.

Instrumenten

Voorbereidende rekenvaardigheid. Onder analoge vaardigheid wordt het verwerken van hoeveelheden verstaan. Dit is gemeten aan de hand van een digitale vergelijkingstaak, waarin twee afbeeldingen met verschillende aantallen blokken zijn getoond. De blokken verschilden in fysieke grootte, zodat zekerheid werd geboden dat er numerieke hoeveelheden zijn gemeten. De participanten dienden de afbeelding te selecteren met daarin de meeste blokken. Door de grootte van de blokken te variëren kon de participant niet het vlak met het meeste zwart kiezen, maar moest er goed gekeken worden in welk vak er meer blokken afgebeeld zijn. Uit het onderzoek van Landerl en Kölle (2009) blijkt dat de vergelijkingstaak betrouwbaar is, Cronbach's alfa, α = .96.

De visueel/verbale vaardigheid is bij het lezen van een Arabisch cijfer '3' het kunnen uitspreken van het bijpassende woord 'drie' en andersom. Deze vaardigheid is gemeten door middel van een digitale benoemtaak. Participanten kregen een getal te horen en moesten het bijpassende Arabische cijfer invullen. Uit onderzoek van Kolkman et al. (2013) blijkt dat een vergelijkbare digitale benoemtaak betrouwbaar is, Cronbach's alfa, α = .84.

Het leggen van verbanden tussen analoge en visueel/verbale vaardigheid wordt koppeling genoemd. Dit is gemeten door middel van een digitale getallenlijn. Deze getallenlijn loopt van 1 tot 1000, waarbij de participant de opdracht kreeg het gegeven getal met een pijl op de juiste plek van de getallenlijn te plaatsen. Uit onderzoek van Kolkman et al. (2013) blijkt dat een getallijn betrouwbaar is voor het meten van koppeling, Cronbach's alfa, α = .79.

Algemene rekenvaardigheid. Algemene rekenvaardigheid is gebaseerd op het triple-code model, maar gaat in op specifiekere eenvoudige rekenkundige bewerkingen, onder te verdelen in optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen. Dit is gemeten door middel van de Tempo Test Rekenen [TTR] (De Vos, 1992). De toets bestaat uit vijf kolommen met elk 40 sommen. Per kolom wordt een rekenkundige bewerking getoetst;

in de laatste kolom staan deze bewerkingen door elkaar. De respondent kreeg per kolom een minuut de tijd om zoveel mogelijk sommen van de desbetreffende kolom goed te maken. De TTR is door de COTAN als voldoende tot goed beoordeeld. De uitgangspunten van de testconstructie en de kwaliteit van het testmateriaal zijn goed, de betrouwbaarheid en validiteit van de test zijn echter nog niet onderzocht (Evers et al., 2009).

Rekenbeleving. Rekenbeleving is onderverdeeld in self-efficacy, self-concept, motivatie en angst. Dit is gemeten door participanten te vragen naar hun visie over vijf domeinen betreft rekenen, namelijk Motivatie, Vaardigheid, Hulpmiddelen, Precisie en Snelheid. Van elk domein zijn vijf vragen opgenomen in een vragenlijst, waardoor de rekenbeleving kon worden gemeten. Uit de betrouwbaarheidsanalyse is gebleken dat alle domeinen van de vragenlijst als voldoende tot goed beoordeeld kunnen worden (Evers et al., 2009; $\alpha_{\text{motivatie}} = .90$, $\alpha_{\text{vaardigheid}} = .88$, $\alpha_{\text{hulpmiddelen}} = .86$, $\alpha_{\text{precisie}} = .84$, $\alpha_{\text{snelheid}} = .86$).

Dataverwerking en data-analyses

Voordat de analyses van het toetsingsonderzoek uitgevoerd konden worden, zijn eerst tien items van de vragenlijst over rekenbeleving omgeschoold, zodat de 25 items dezelfde richting op stonden. Vervolgens zijn de domeinscores van de vragenlijst over rekenbeleving berekend voor de domeinen Motivatie, Vaardigheid, Hulpmiddelen, Precisie en Snelheid, door de bijbehorende items op te tellen. Daarna zijn, door middel van het berekenen van z-scores, uitschieters gedetecteerd en verwijderd, die een z-score hadden van $z \geq 3.00$ of $z \leq -3.00$. Uitschietende scores van participanten zijn verwijderd op zowel de vergelijkingstaak ($z_{54} = 4.24$; $z_{75} = 4.68$), de benoemtaak ($z_{53} = 4.62$) en de getallenlijntaak ($z_{43} = 4.90$; $z_{48} = 5.39$; $z_{49} = 4.82$; $z_{62} = 4.82$). Het totaal aantal ontbrekende data is 45 procent, waarvan geen ontbrekende data bij de TTR, 1,7 procent ontbrekende data bij de vragenlijst, 34,2 procent ontbrekende data bij de getallenlijntaak, 30,0 procent ontbrekende data bij vergelijkingstaak en 41,7 procent ontbrekende data bij de getallenlijntaak.

Resultaten

Om een uitspraak te kunnen doen over de eerste hypothese, is door middel van een 'k means' clusteranalyse onderzocht of er verschillende rekentypen te onderscheiden waren op basis van rekenbeleving. Van tevoren werd verwacht dat de rekenliefhebber hoog zou scoren op alle domeinen en de rekenhater op alle domeinen juist een lage score zou behalen. Er werd verwacht dat de voorzichtige rekenaar laag zou scoren op Snelheid en Hulpmiddelen, gemiddeld op Vaardigheid en Motivatie en hoog op Precisie. De pragmatische rekenaar zou naar verwachting laag scoren op Precisie en Hulpmiddelen, gemiddeld op Motivatie en Vaardigheid en hoog op Snelheid. Uit de clusteranalyse van de vragenlijst zijn de participanten ingedeeld in vier groepen die consistent zijn met de veronderstelde rekentypen. Deze zijn terug te vinden in Tabel 1.

Tabel 1

Clusters rekenbeleving met de behaalde gemiddelde score per rekentype, per domein van de vragenlijst (n =118)

	Rekenhater	Rekenliefhebber	Voorzichtige rekenaar	Pragmatische rekenaar
Motivatie	9.78	21.08	16.07	15.75
Vaardigheid	10.28	20.40	16.32	17.06
Hulpmiddelen	8.06	17.90	12.07	13.25
Precisie	12.33	19.68	20.32	14.41
Snelheid	10.50	19.63	14.64	17.00

Om een uitspraak te kunnen doen over de deelvragen, die bekeken of de rekentypen verschillen in prestaties op de analoge vaardigheid, visueel/verbale vaardigheid, koppeling of op de algemene rekenvaardigheid, is uitgegaan van het aantal juiste antwoorden op de verschillende taken en werd getoetst met een *α* van .05. Om de deelvragen te beantwoorden is een variantieanalyse (AN(C)OVA) uitgevoerd. De voorwaarden voor het uitvoeren van een AN(C)OVA zijn gecontroleerd en aan alle voorwaarden is voldaan. In Tabel 2 zijn de beschrijvende statistieken per rekentype per taak beschreven. Vervolgens zijn de resultaten per deelvraag besproken.

Tabel 2

Beschrijvende statistieken (aantal participanten, gemiddelden, standaardafwijking, minima en maxima van de score op een taak) per rekentype

	Rekentype	*n*	*M*	*SD*	*Min.*	*Max.*
Totale score op de vergelijkingstaak	Rekenliefhebber	29	20.25	3.18	14.00	21.00
	Voorzichtige rekenaar	20	20.80	3.17	15.00	29.00
	Pragmatische rekenaar	18	20.33	3.71	15.00	25.00
	Rekenhater	12	20.25	2.50	14.00	25.00
	Totaal	79	20.24	3.21	14.00	29.00
Totale score op de benoemtaak	Rekenliefhebber	33	29.30	11.68	1.00	61.00
	Voorzichtige rekenaar	22	28.00	10.28	2.00	58.00
	Pragmatische rekenaar	19	30.58	10.96	.00	52.00
	Rekenhater	10	25.80	9.08	.00	29.00
	Totaal	84	28.83	10.79	.00	61.00
Totale score op de getallenlijntaak	Rekenliefhebber	40	0.99	<.01	0.98	1.00
	Voorzichtige rekenaar	28	0.99	.01	0.96	1.00
	Pragmatische rekenaar	32	0.99	.01	0.95	1.00
	Rekenhater	18	0.98	.01	0.96	0.99
	Totaal	70	0.99	<.01	0.95	1.00
Totale score op de algemene rekenvaardigheid	Rekenliefhebber	40	133.18	18.69	94.00	159.00
	Voorzichtige rekenaar	28	113.29	14.87	84.00	138.00
	Pragmatische rekenaar	32	125.75	14.41	89.00	154.00
	Rekenhater	18	95.17	17.90	71.00	132.00
	Totaal	120	120.60	20.93	71.00	159.00

De tweede hypothese ging ervan uit dat rekenliefhebbers en voorzichtige rekenaars betere analoge vaardigheden zouden hebben dan rekenhaters en pragmatische

rekenaars. Om dit te onderzoeken is gekeken of de rekentypen verschilden in prestaties op de vergelijkingstaak. Om na te gaan of sekse, leeftijd of opleidingsniveau van invloed zijn op de analoge vaardigheid zijn er correlatietoetsen uitgevoerd. Hieruit is gebleken dat leeftijd , r = .14, p > .05, n = 79, sekse, rs = .03, p > .05, n = 79, en opleidingsniveau, rs = .19, p > .05, n = 79, niet significant van invloed zijn geweest op de prestaties op de vergelijkingstaak. Als gevolg hiervan is gekozen om een ANOVA uit te voeren. Er is geen significant verschil gevonden op de vergelijkingstaak tussen de vier rekentypen, F(3, 75) = .89, p > .05. Dit houdt in dat de hypothese is aangenomen die stelt dat de vier rekentypen niet verschillen op de analoge vaardigheid.

De derde hypothese ging ervan uit dat rekenliefhebbers en voorzichtige rekenaars betere visueel/verbale rekenvaardigheden zouden hebben dan rekenhaters en pragmatische rekenaars. Om dit te onderzoeken is gekeken of de rekentypen verschilden in prestaties op de benoemtaak. Om na te gaan of sekse, leeftijd of opleidingsniveau van invloed zijn op de visueel/verbale vaardigheid zijn er correlatietoetsen uitgevoerd. Hieruit is gebleken dat leeftijd, r = .08, p > .05, n = 84, sekse, rs = .05, p > .05, n = 84 en opleidingsniveau, rs = .07, p > .05, n = 84, niet significant van invloed zijn geweest op de prestaties op de benoemtaak. Als gevolg hiervan is gekozen om een ANOVA uit te voeren. Er is geen significant verschil gevonden op de benoemtaak tussen de vier rekentypen, F(3, 80) = .49, p > .05. Dit houdt in dat de hypothese is aangenomen die stelt dat de vier rekentypen niet verschillen op de visueel/verbale vaardigheid.

Om een uitspraak te kunnen doen over de vierde hypothese, die ervan uit ging dat rekenliefhebbers en voorzichtige rekenaars betere koppeling zouden maken dan rekenhaters en pragmatische rekenaars, is gekeken of de rekentypen verschilden in prestaties op de getallenlijntaak. Om na te gaan of sekse, leeftijd of opleidingsniveau van invloed zijn op de koppeling zijn er correlatietoetsen uitgevoerd. Hieruit is gebleken dat leeftijd, r = <.01, p > .05, n = 70, sekse, rs = .22, p > .05, n = 70, en opleidingsniveau, rs = -.02, p > .05, n = 70, niet significant van invloed zijn geweest op de prestaties op de getallenlijntaak. Als gevolg hiervan is gekozen om een ANOVA uit te voeren. Er is geen significant verschil gevonden op de getallenlijntaak tussen de vier rekentypen, F(3, 80) = .49, p > .05. Dit houdt in dat de hypothese is aangenomen die stelt dat de vier rekentypen niet verschillen op de koppeling.

Om de laatste deelvraag te beantwoorden dat rekenliefhebbers en voorzichtige rekenaars betere algemene rekenvaardigheid hebben dan rekenhaters en pragmatische rekenaars, is gekeken of de rekentypen verschilden in prestaties op de TTR. Om na te gaan of sekse, leeftijd of opleidingsniveau van invloed zijn op de algemene rekenvaardigheid zijn er correlatietoetsen uitgevoerd. Hieruit is gebleken dat sekse, rs = .24, p < .01, n = 120, en opleidingsniveau, rs = .24, p < .01, n = 120, significant van

invloed zijn geweest op de prestaties op de TTR, in tegenstelling tot leeftijd, r = .04, p > .05, n = 120. Sekse en opleidingsniveau zijn daarom meegenomen als covariaat. Als gevolg hiervan is gekozen om een ANCOVA uit te voeren. Er is gebleken dat de vier rekentypen verschillen in algemene rekenvaardigheid, F(3, 114) = 20.46, p < .001, r = .66. Aan de hand van de effectgrootte is dit geïnterpreteerd als een groot effect (Cohen, 1988). Uit de Tukey post-hoc analyse is gebleken dat alle rekentypen significant van elkaar verschillen op de TTR-score (p < .05), behalve rekenliefhebbers en pragmatische rekenaars (p = .24). De nulhypothese, die stelde dat er geen verschillen zijn tussen de rekentypen, is verworpen en de alternatieve hypothese, die stelde dat rekenliefhebbers en voorzichtige rekenaars betere algemene rekenvaardigheid hebben dan pragmatische rekenaars en rekenhaters, is ook verworpen. Uit de ANCOVA blijkt wel dat rekenliefhebbers en pragmatische rekenaars hoger scoren dan rekenhaters en voorzichtige rekenaars, al is het verschil tussen rekenliefhebbers en pragmatische rekenaars niet significant.

Conclusie en Discussie

In dit onderzoek is gekeken of er verschillende rekentypen te onderscheiden zijn op basis van rekenbeleving bij studenten van het hoger onderwijs en of deze studenten verschilden in getalbegrip en algemene rekenvaardigheid. Het getalbegrip is onderzocht aan de hand van het triple code model (Dehaene, 2001), bestaande uit de analoge vaardigheid, visueel/verbale vaardigheid en koppeling. Geconcludeerd kon worden dat er vier rekentypen te onderscheiden zijn bij studenten op basis van rekenbeleving, namelijk rekenliefhebbers, pragmatische rekenaars, voorzichtige rekenaars en rekenhaters. Daarnaast is uit dit onderzoek gebleken dat deze rekentypen niet verschilden op analoge vaardigheid, visueel/verbale vaardigheid en koppeling. Hieruit kan worden geconcludeerd dat getalbegrip onder studenten niet gerelateerd is aan rekenbeleving. De rekentypen verschilden wel op algemene rekenvaardigheid, waarbij rekenliefhebbers en pragmatische rekenaars hoger scoorden dan voorzichtige rekenaars en rekenhaters. Hieruit kan worden geconcludeerd dat algemene rekenvaardigheid onder studenten gerelateerd is aan rekenbeleving.

Deze conclusies zijn vergeleken met de verwachtingen op basis van het literatuuronderzoek. De vier rekentypen die zijn gevonden op basis van rekenbeleving, zijn in overeenstemming met het onderzoek van Lenstra et al. (2012) onder volwassenen. Omdat rekenbeleving samen bleek te hangen met rekenvaardigheid (Green et al., 2012), werd verwacht dat de vier rekentypen zouden verschillen op rekenvaardigheid. Deze verwachting werd bevestigd op basis van verschillende onderzoeken. Uit onderzoek is gebleken dat de analoge vaardigheid de basis is van rekenkunde en geometrie (Lourenco et al., 2012), ook al bleken verschillen op dit gebied gedurende de ontwikkeling minder zichtbaar te worden (Landerl & Kölle, 2009). Campbell

en Metcalfe (2008) hebben geconcludeerd dat ook de visueel/verbale vaardigheid van belang is bij het oplossen van rekensommen. Op het gebied van koppeling is gebleken dat een beter ontwikkelde koppeling samenhangt met betere rekenprestaties onder studenten (Castronovo & Göbel, 2012). Op basis van bovenstaande onderzoeken is verwacht dat de rekentypen zouden verschillen op getalbegrip en algemene rekenvaardigheid.

Ondanks de verwachtingen op basis van de literatuur, wijken de conclusies in dit onderzoek hier deels van af en zijn er geen verschillen gevonden op getalbegrip. Hiervoor zijn verschillende mogelijke verklaringen. Allereerst zijn er in de computertaak technische onvolkomenheden gevonden bij de drie verschillende testen. De lijn van de getallenlijntaak bevond zich niet in het midden van het scherm, waardoor niet vanuit het midden geredeneerd kon worden. Als gevolg gaven verschillende studenten aan dat zij niet alleen getest werden op het invullen van de getallenlijn, maar ook op het corrigeren van de plek van de lijn ten opzichte van het hele beeldscherm. Ook bij de vergelijkingstaak waren technische fouten te vinden. De twee plaatjes die bij de vergelijkingstaak kort in beeld zouden moeten komen, kwamen bij sommige participanten niet tegelijk in beeld. Hierdoor konden de participanten de twee plaatjes niet op de juiste manier vergelijken, met als mogelijk gevolg invalide resultaten. Ten slotte liep de geluidstaak in het beginstadium van de dataverzameling bij meerdere participanten vast, waardoor een getal niet kon worden ingevuld of de geluidstaak opnieuw moest worden gemaakt. Dit heeft mogelijk geleid tot irritaties en een leereffect, die van invloed kunnen zijn geweest op de resultaten. Ook was het laatste gedeelte van een getal slechter hoorbaar, waardoor participanten mogelijk fouten hebben gemaakt, die bij duidelijke uitspraak van het getal niet zouden zijn gemaakt. Al deze technische onvolkomenheden zouden bij herhaling van dit onderzoek moeten worden aangepast voor optimaal valide en betrouwbare resultaten.

Naast problemen bij het maken van de test, zijn veel resultaten van de computertest niet correct doorgekomen, wat voor 45 procent ontbrekende data heeft gezorgd. Hierdoor zijn de resultaten voor getalbegrip gebaseerd op een kleinere steekproef, wat mogelijk van invloed is geweest op de resultaten van het onderzoek. Echter, de resultaten die niet door zijn gekomen, zijn random verdeeld. Hierdoor is de steekproef niet minder representatief. De manier van steekproeftrekken zelf is echter niet random geweest, er is namelijk gebruik gemaakt van een gemakssteekproef. Dit is mogelijk van invloed geweest op de representativiteit van de data.

Daarnaast is ook een kritisch inhoudelijk punt gevonden wat betreft de vragenlijst over rekenbeleving. Deze vragenlijst besloeg uit ieder domein vijf items, waardoor de vragen op elkaar leken. Dit viel meerdere participanten op en bracht irritatie met zich

mee. Desondanks is verwacht dat dit de betrouwbaarheid van het onderzoek niet heeft geschaad, omdat hiervan sprake is bij elk onderzoek met een vragenlijst.

Ten slotte heeft ook een kritisch ethisch aspect meegespeeld in dit onderzoek. Participanten die niet van rekenen hielden, wilden liever niet meewerken aan het onderzoek. Ondanks dat deze personen voor een representatieve steekproef zouden zorgen, was het moeilijk te bepalen in hoeverre het ethisch verantwoord zou zijn deze personen verbaal over te halen tot deelname. In dit onderzoek is ervoor gekozen om mensen niet te dwingen, waardoor de steekproef wellicht minder representatief is geweest.

De kennis die is opgedaan in dit onderzoek, kan worden gebruikt met betrekking tot het inrichten van vakken met wiskundige componenten op het hoger onderwijs. Omdat uit dit onderzoek is gebleken dat studenten die rekenen op een andere manier beleven, ook verschillen in algemene rekenvaardigheid, zouden de wiskundige componenten op een andere manier kunnen worden aangeboden aan verschillende rekentypen. Hierdoor zullen rekenhaters en voorzichtige rekenaars de stof wellicht sneller begrijpen en zullen rekenprestaties verbeteren. Ondanks dat dit wellicht een tijdrovende en dure investering zal zijn, is het belangrijk hier aandacht aan te besteden, omdat een goede rekenvaardigheid gedurende het hele leven van belang is. Uit onderzoek is namelijk gebleken dat een goede algemene rekenvaardigheid bij volwassen belangrijk is in het dagelijks leven en leidt tot betere kansen op de arbeidsmarkt (Chiswick et al., 2003).

Naar aanleiding van dit onderzoek, zijn er verschillende indicaties voor toekomstig onderzoek. Ondanks de verwachtingen op basis van de literatuurstudie, zijn geen verschillen gevonden tussen rekentypen op getalbegrip. In toekomstig onderzoek zou dit onderzoek herhaald kunnen worden, waarbij rekening gehouden dient te worden met de eerder genoemde kritische punten. Mogelijk worden hierdoor in nader onderzoek wel verschillen gevonden, mogelijk zal blijken dat er geen relatie te vinden is. Tot slot kan worden onderzocht of de vijfde kolom van de TTR, met een mix van verschillende eenvoudige rekenkundige bewerkingen, alleen de algemene rekenvaardigheid meet, of ook een beroep doet op de executieve functies van studenten. Wanneer dit ook een beroep doet op de executieve functies kunnen de resultaten anders uitvallen, dan wanneer de kolom met de mix alleen de algemene vaardigheid meet. Om deze reden is deze kolom niet meegenomen in het huidige onderzoek, in toekomstig onderzoek zou echter aandacht kunnen worden besteed aan deze mogelijke relatie.

Referenties

Abu-Hilal, M. M. (2000). A structural model of attitudes toward school subjects, academic aspirations and achievement. *Educational Psychology, 20*, 75-84. doi:10.1080/014434100110399

Akin, A., & Kurbanoglu, I. N. (2011). The relationship between math anxiety, math attitudes, and self-efficacy: A structural equation model. *Studia Pyschologica, 53*, 263-273. http://www.psychologia.sav.sk

Ashcraft, M. H. (2002). Math anxiety: Personal, educational, and cognitive consequences. *Current Directions in Psychological Science, 11,* 181-185. doi:10.1111/1467-8721.00196

Ashcraft, M. H., & Kirk, E. P. (2001). The relationships among working memory, math anxiety, and performance. *Journal of Experimental Psychology: General, 2*, 224-237. doi:10.1037//0096-3445.130.2.224

Ashcraft, M. H., & Krause, J. A. (2007). Working memory, math performance, and math anxiety. *Psychonomic Bulletin & Review, 14,* 243-248. doi:10.3758/BF03194059

Aunio, P., Hautamäki, J., & Van Luit, J. E. H. (2005). Mathematical thinking intervention programmes for preschool children with normal and low number sense. *European Journal of Special Needs Education, 20*, 131-146. doi:10.1080/08856250500055578

Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review, 84*, 191-215. doi:10.1037/0033-295X.84.2.191

Berch, D. B. (2005). Making sense of number sense: Implications for children with mathematical disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 38*, 333–339. doi:10.1177/00222194050380040901

Boonen, A. J. H., Kolkman, M. E., Kroesbergen, E. H. (2011). The relation between teachers' math talk and the acquisition of number sense within kindergarten classrooms. *Journal of School Psychology, 49*, 281-299. doi:10.1016/j.jsp.2011.03.002

Brandell, G., & Staberg, E. M. (2008). Mathematics: A female, male or gender-neutral domain? A study of attitudes among students at secondary level. *Gender and Education, 20*, 495-509. doi:10.1080/09540250701805771

Campbell, J. I. D., & Metcalfe, A. W. S. (2008). Arabic digit naming speed: Task context and redundancy gain. *Cognition, 107*, 218-237. doi:10.1016/j.cognition.2007.10.001

Castronovo, J., & Göbel, S. M. (2012). Impact of high mathematics education on the number sense. *PLoS One, 7*, e33832. doi:10.1371/journal.pone.0033832

Chiswick, B. R., Lee, Y. L., & Miller, P. W. (2003). Schooling, literacy, numeracy and labour market success. *The Economic Record, 79*, 165-181. doi: 10.1111/1475-4932.t01-1-00096

Cowan, R., Donlan, C., Shepherd, D.-L., Cole-Fletcher, R., Saxton, M., & Hurry, J. (2011). Basis calculation proficiency and mathematics achievement in elementary school children. *Journal of Educational Psychology, 103*, 786-803. doi:10.1037/a0024556

De Smedt, B., Verschaffel, L., & Ghesquière, P. (2009). The predictive value of numerical magnitude comparison for individual differences in mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 469-479. doi:10.1016/j.jecp.2009.01.010

De Vos, T. (1992). *Tempo Test Rekenen. Handleiding [Arithmetic Number Facts test. Manual]*. Berkhout: Nijmegen.

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 & Language, 16*, 16-36. doi:10.1111/1468-0017.00154

Dehaene, S. (2011). *The number sense: How the mind creates mathematics, revised and updated edition.* New York: Oxford University Press

Dehaene, S., & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. In B. Butterworth (Ed.), *Mathematical Cognition* (pp. 83-120). Hove, United Kingdom: Psychology Press.

Desoete, A., Ceulemans, A., De Weerdt, F., & Pieters, S. (2010). Can we predict mathematical learning disabilities from symbolic and non-symbolic comparison tasks in kindergarten? Findings from a longitudinal study. *British Journal of Educational Psychology, 82*, 64-81. doi:10.1348/2044-8279.002.002

Desoete, A., Praet, M., Titeca, D., & Ceulemans, A. (2013). Cognitive phenotype of mathematical learning disabilities: What can we learn from siblings? *Research in Developmental Disabilities, 34*, 404-412. doi:10.1016/j.ridd.2012.08.022

Evers, A., Egberink, I. J. L., Braak, M. S. L., Frima, R. M., Vermeulen, C. S. M., & Van Vliet-Mulder, J. C. (2009). *COTAN Documentatie*. Amsterdam: Boom test uitgevers.

Fayol, M., & Seron, X. (2005). About numerical representations. Insights from neuropsychological, experimental, and developmental studies. In J. I. D. Campbell (Ed.), *Handbook of Mathematical Cognition* (pp. 3-23). Hove, New York: Psychology Press.

Gersten, R., & Chard, D. (1999). Number sense: Rethinking arithmetic instruction for students with mathematical disabilities. *Journal of Special Education, 33*, 18-28. doi:10.1177/002246699903300102

Green, J., Liem, G. A. D., Martin, A. J., Colmar, S., Marsh, H. W., & McInerney, D. (2012). Academic motivation, self-concept, engagement, and performance in high school: Key processes from a longitudinal perspective. Journal of Adolescence, 35, 1111-1122. doi:10.1016/j.adolescence.2012.02.016

Halberda, J., Ly, R., Wilmer, J. B., Naiman, D. Q., & Germine, L. (2012). Number sense across the lifespan as revealed by a massive internet-based sample. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 109*, 11116-11120. doi:10.1073/pnas.1200196109

Hoffman, B. (2010). I think I can, but I'm afraid to try: The role of self-efficacy beliefs and mathematics anxiety in mathematics problem-solving efficiency. *Learning and Individual Differences, 20*, 276-283. doi:10.1016/j.lindif.2010.02.001

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

Ireson, J., & Hallam, S. (2009). Academic self-concepts in adolescence: Relations with achievement and ability grouping in schools. *Learning and Instruction, 19*, 201-213. doi:10.1016/j.learninstruc.2008.04.001

Jaafar, W. M. W., & Ayub, A. F. M. (2010). Mathematics self-efficacy and meta-cognition among university students. *Procedia Social and Behavioral Sciences, 8*, 519-524. doi:10.1016/j.sbspro.2010.12.071

Janssen, J., Van der Schoot, F., & Hemker, B. (2005). *Balans [32] van het reken-wiskundeonderwijs aan het einde van de basisschool 4*. Arnhem: Cito.

Jordan, N. C., Glutting, J., & Ramineni, C. (2010). The importance of number sense to mathematics achievement in first and third grades. *Learning and Individual Differences, 20*, 82-88. doi:10.1016/j.lindif.2009.07.004

Keijzer, R. (2010). Stand van zaken bij rekenen-wiskunde en didactiek op de lerarenopleiding basisonderwijs. *Tijdschrift voor Hoger Onderwijs, 28*, 30-44.

Kolkman, M. E., Kroesbergen, E. H., & Leseman, P. P. M. (2013). Early numerical development and the role of non-symbolic and symbolic skills. *Learning and Instruction, 25*, 95-103. doi:10.1016/j.learninstruc.2012.12.001

Landerl, K., & Kölle, C. (2009). Typical and atypical development of basic numerical skills in elementary school. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 546-565. doi:10.1016/j.jecp.2008.12.006

Lavasani, M. G., Hejazi, E., & Varzaneh, J. Y. (2011). The predicting model of math anxiety: The role of classroom goal structure, self-regulation and math self-efficacy. *Procedia Social and Behavioral Sciences, 15*, 557–562. doi:10.1016/j.sbspro.2011.03.141

Lee, J. (2009). Universals and specifics of math self-concept, math self-efficacy, and math anxiety across 41 PISA 2003 participating countries. *Learning and Individual Differences, 19*, 355-365. doi:10.1016/j.lindif.2008.10.09

Lenstra, J. K., Van der Maas, H., Van Putten, H., Cokely, E., Jansen, B., Hickendorff, M., . . . Van den Heuvel-Panhuizen, M. (2012). Groot Nationaal Rekenonderzoek. Verkregen op 11 februari 2013, van https://www.wetenschap24.nl

Libertus, M. E., Feigenson, L., & Halberda, J. (2011). Preschool acuity of the approcimate number system correlates with school math ability. *Developmental Science, 14*, 1292-1300. doi:10.1111/j.1467-7687.2011.01080.x

Libertus, M. E., Odic, D., & Halberda, J. (2012). Intuitive sense of number correlates with math scores on college-entrance examination. *Acta Psychologica, 141*, 373-379. doi:10.1016/j.actpsy.2012.09.009

Lipton, J. S., & Spelke, E. S. (2005). Preschool children's mapping of number words to nonsymbolic numerosities. *Child Development, 76*, 978-988. *doi:*10.1111/j.1467-8624.2005.00891.x

Locuniak, M. N., & Jordan, N. C. (2008). Using kindergarten number sense to predict calculation fluency in second grade. *Journal of Learning Disabilities, 41*, 451-459. doi: 10.1177/0022219408321126

Lourenco, S., Bonny, J. W., Fernandex, E. P., & Rao, S. (2012). Nonsymbolic number and cumulative area representations contribute shared and unique variance to symbolic math competence. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 109*, 18737-18742. doi:10.1073/pnas.1207212109

Malofeeva, E., Day, J., Saco, X., Young, L., & Ciancio, D. (2004). Construction and evaluation of a number sense test with head start children. *Journal of Educational Psychology, 96*, 648-659. doi:10.1037/0022-0663.96.4.648

McCrick K., & Wynn, K. (2004). Large-number addition and subtraction by 9-month-old infants. *Psychological Science, 15*, 776-781. doi:10.1111/j.0956-7976.2004.00755.x

Mills, N., Pajares, F., & Herron, C. (2007). Self-efficacy of College Intermediate French Students: Relation to Achievement and Motivation. *Language Learning*, *57*, 417-442. doi:10.1111/j.1467-9922.2007.00421.x

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

Niehaus, K., Rudasill K. M., & Adelson, J. L. (2012). Self-efficacy, intrinsic motivation, and academic outcomes among latino middle school students participating in an after-school program. *Hispanic Journal of Behavioral Sciences, 34*, 118-136. doi:10.1177/0739986311424275

OECD (2006). *Resultaten PISA-2006.* Arnhem: Cito.

OECD (2010). *Resultaten PISA-2010.* Arnhem: Cito.

Reyna, V. F., & Brainerd, C. J. (2007). The importance of mathematics in health and human judgment: Numeracy, risk communication, and medical decision making. *Learning and Individual Differences, 17*, 147-159. doi:10.1111/j.1467-9280.2007.01919.x

Reynvoet, B., Brysbaert, M., & Fias, W. (2002). Semantic priming in number naming. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 55*, 1127-1139. doi:10.1080/02724980244000116

Singh, K., Granville, M., & Dika, S. (2002). Mathematics and science achievement: Effects of motivation, interest, and academic engagement. *Journal of Educational Research, 95*, 323-332. doi:10.1080/00220670209596607

Stankov, L., Lee, J., Luo, W., & Hogan, D. J. (2012). Confidence: A better predictor of academic achievement than self-efficacy, self-concept and anxiety? *Learning and Individual Differences, 22*, 747-758. doi:10.1016/j.lindif.2012.05.013

Straetmans, G, & Eggen, T. (2005). Afrekenen op rekenen: Over de rekenvaardigheid van pabo-studenten en de toetsing daarvan. *Tijdschrift Voor Hoger Onderwijs, 23*, 123-139. http://www.boomlemmatijdschriften.nl

Valeski, T. N., Stipek, D. J. (2001). Young children's feelings about school. *Child Development, 72*, 1198-1213*. doi:*10.1111/1467-8624.00342

Stodolsky, S. S., Salk, S., & Glaessner, B. (1991). Student views about learning math and social studies. *American Educational Research Journal, 28*, 89-116. doi:10.3102/00028312028001089

Valeski, T. N., Stipek, D. J. (2001). Young children's feelings about school. *Child Development, 72*, 1198-1213*.* doi:10.1111/1467-8624.00342

Vos, P. (2007). Rekenen door Nederlandse tweedeklassers in internationaal perspectief (1982-2003): Zijn de prestaties voor- of achteruit gegaan? Rapport ten behoeve van de Expertgroep doorlopende leerlijnen taal en rekenen-wiskunde.

Xu, F., Spelke, E. S., & Goddard, S. (2005). Number sense in human infants. *Developmental Science, 8*, 88–101. doi:10.1111/j.1467-7687.2005.00395.x