

Sekseverschillen in Verbaal en Visuospatieel Werkgeheugen en Reken- en
Wiskundeprestaties bij Jongvolwassenen

D.J.A Dommerholt-Pas (6154441)

H.G. van Laar (6319173)

Begeleider: H.M.W. Vos

Bachelorthesis Pedagogische Wetenschappen

29 juni 2020

Universiteit Utrecht

Abstract

Background. Men seem to outperform women on arithmetic and mathematical skills. This sparks concerns, because the level of mastery of these skills has important consequences for career options and paths, especially in the STEM-field. Working memory could be an important factor in the development of arithmetic and mathematical skills and consists of three systems: the central executive, the phonological loop (verbal working memory), and the visuospatial sketchpad (visuospatial working memory). **Aim.** This study investigates the role of verbal and visuospatial working memory in the relationship between gender and arithmetic and mathematical skills, focusing on Dutch young adults between 18 and 35 years old. **Method.** This study used an online questionnaire in which 187 respondents participated. Tempo Test Rekenen was used to measure arithmetic skills, and Cognitieve Reflectietaak was used to measure mathematical skills. Digit span forward and backward tasks were used to measure verbal working memory. Matrices forward and backward tasks were used to measure visuospatial working memory. **Results and conclusion.** Men and women differed significantly in arithmetic and mathematical skills, but not in verbal and visuospatial working memory. Verbal and visuospatial working memory were significant predictors for arithmetic skills, but not for mathematical skills. In conclusion, men and women differ in arithmetic and mathematical skills, but this is not due to differences in working memory. It is likely that other factors play a more important role in these sex differences.

Keywords: working memory; verbal working memory; visuospatial working memory; numeracy skills; mathematical skills, sex differences

Sekseverschillen in Verbaal en Visuospatieel Werkgeheugen en Reken- en Wiskundeprestaties bij Jongvolwassenen

Reken- en wiskundeprestaties zijn een belangrijke indicator voor latere carrièrekeuzes en -mogelijkheden, vooral wanneer het gaat om carrières waarin reken- of wiskundevaardigheden van belang zijn (Else-Quest, Hyde & Linn, 2010). Onderzoek geeft geen duidelijk bewijs voor sekseverschillen in het begin van de basisschoolperiode, maar jongens lijken beter te gaan presteren dan meisjes naarmate ze in hogere groepen komen en naar het hoger onderwijs gaan (Hyde, Fennema, & Lamon, 1990; Lindberg, Hyde, Petersen, & Linn, 2010; Lynn & Irwing, 2008). Ook in de uiteindelijke beroepskeuze komt dit verschil naar voren: vrouwen zijn ondervertegenwoordigd in de groep die carrières in het Science, Technology, Engineering, en Mathematics (STEM)-veld nastreeft, waarin reken- en wiskundevaardigheden een belangrijke rol spelen (Else-Quest et al., 2010; Wang & Degol, 2017). Daarom lijkt het van belang dat duidelijk wordt in hoeverre mannen en vrouwen verschillen in de cognitieve factoren waarop reken- en wiskundevaardigheden steunen.

Reken- en wiskundevaardigheden zijn twee verschillende vaardigheden rond het gebruik van cijfers in bijvoorbeeld het onderwijs en het dagelijks leven (Raghubar, Barnes & Hecht, 2010). Rekenvaardigheden zijn vaardigheden met directe rekenkundige bewerkingen in sommen, via bijvoorbeeld optellen of vermenigvuldigen (Rickard, Healy & Bourne, 1994; Throndsen, 2011). Door veelvuldig gebruik kunnen deze bewerkingen geautomatiseerd worden. Automatisering gaat om het vrijwel automatisch oproepen van rekenhandelingen in het hoofd, waardoor eenvoudige opgaven vlot en goed opgelost kunnen worden (Van Luit & Ruijsenaars, 2004). Toetsen als de Tempo Test Rekenen (De Vos, 1992) doen hierop een beroep. Bewijs voor verschillen tussen mannen en vrouwen in rekenvaardigheden is gemixt, maar lijkt erop te wijzen dat mannen hoger scoren dan vrouwen op taken waarin rekenbewerkingen aan de orde komen (Lynn & Irwing, 2008).

Bij wiskundevaardigheden zijn complexere processen betrokken. Zo kan het gaan om geometrie of opgaven waarbij meerdere stappen nodig zijn om tot een juist antwoord te komen (Raghubar et al., 2010). Hierbij zijn naast kennis van de bewerkingen ook andere cognitieve capaciteiten nodig om informatie te kunnen vasthouden en bewerken (Raghubar et al., 2010). Primi, Donati, Chiesi en Morsanyi (2018) vonden dat mannen hoger scoorden dan vrouwen op de Cognitieve Reflectietaak, waarmee wiskundevaardigheden gemeten kunnen worden.

Reken- en wiskundevaardigheden zijn afhankelijk van twee onderliggende soorten kennis. Ten eerste moet de benodigde berekening correct worden uitgevoerd (Nunes, Bryant, Barros & Sylva, 2011). Hiervoor is domeinspecifieke kennis nodig. Om te weten welke berekening gemaakt moet worden is namelijk kennis van rekenkundige concepten als

vermenigvuldigen en delen van belang (Geary, 2004; Geary, Nicholas, Li & Sun, 2017). Ten tweede is domein-algemene kennis nodig, bijvoorbeeld bij het analyseren van kwantitatieve relaties tussen getallen (Nunes et al., 2011). Intelligentie en werkgeheugen zijn hier de meest bestudeerde domein-algemene vaardigheden en blijken een belangrijke rol te spelen in rekenvaardigheden (Fuchs, Geary, Fuchs, Compton & Hamlet, 2016; Geary, 2004; Lee & Bull, 2016; Van de Weijer-Bergsma, Kroesbergen & Van Luit, 2015).

Het werkgeheugen bestaat uit processen in de hersenen die nodig zijn om informatie kort te kunnen onthouden en te kunnen manipuleren tijdens het uitvoeren van complexe cognitieve taken zoals leren, begrijpen en redeneren (Alloway, 2007; Reuhkala, 2001). Een van de bekendste theorieën over werkgeheugen is ontwikkeld door Baddeley (in Kyttälä & Lehto, 2008). Baddeley verdeelt het werkgeheugen in onderliggende cognitieve systemen: een centraal executief systeem, een verbaal systeem en een visuospatieel systeem.

Het centraal executief systeem interacteert met twee passieve slaafsysteemen. Het coördineert en controleert de processen in het verbale en visuospatiële systeem, die in beginsel passief zijn en als opslag fungeren, maar in interactie met het centraal executief systeem ook actief informatie kunnen verwerken en manipuleren (Baddeley, 2012). Het verbale systeem is verantwoordelijk voor de tijdelijke opslag en manipulatie van verbale of fonologische informatie (Baddeley, in Kyttälä & Lehto, 2008). Het visuospatiële systeem is verantwoordelijk voor de opslag van visuospatiële of ruimtelijke informatie over korte periodes, en heeft de sleutelrol in het genereren en manipuleren van mentale beelden (Baddeley, in Kyttälä & Lehto, 2008; Baddeley, 2010; Raghubar et al., 2010; Zorzi, Priftis, Meneghello, Marenzi, & Umiltà, 2006).

Welk aspect van het werkgeheugen het sterkst samenhangt met rekenprestaties is afhankelijk van het soort rekenprestaties dat gemeten wordt (Peng, Namkung, Barnes, & Sun, 2016). Uit onderzoek van Raghubar et al. (2010) bleek dat verbaal werkgeheugen gerelateerd was aan de automatisering van eenvoudige rekenkundige bewerkingen die bijvoorbeeld met behulp van hoofdrekenen kunnen worden gemaakt. Verder wordt verbaal werkgeheugen geassocieerd met exacte berekeningen als optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen (Berg, 2008). Daarnaast zijn er relaties gevonden tussen het verbaal werkgeheugen en berekeningsprocedures als tellen (Logie & Baddeley, 1987), het onthouden van probleeminformatie (Fürst & Hitch, 2000), en het onthouden van tussentijdse resultaten tijdens het tellen (Logie & Baddeley, 1987).

Het visuospatieel werkgeheugen hangt meer samen met complexere reken- of wiskundeopgaven met bijvoorbeeld een geometrisch element als een plaatje van een kubus, waarbij de rekenaar vanuit de opgave zelf nog een aantal rekenkundige stappen moet zetten om tot een antwoord te komen (Giofre, Mammarella, Ronconi, & Cornoldi, 2013). Bij

wiskundevaardigheden wordt gesuggereerd dat men visuospatiële codes ontwikkelt voor cijfers en deze representeert aan de hand van een mentale getallenlijn die helpt wiskundige processen te verwerken (Holmes & Adams, 2006). De mentale getallenlijn is het besef dat getallen op een denkbeeldige lijn kunnen staan (Van Luit, 2009). Problemen in de ontwikkeling van rekenvaardigheden lijken gelinkt te zijn aan fouten in deze mentale representatie (Bachot, Gevers, Fias & Roeyers, 2005). Visuospatieel werkgeheugen hangt samen met het vermogen om te tellen (Kyttälä, Aunio, Lehto, van Luit, & Hautamaki, 2003) en met wiskundeprestaties in het algemeen (Bull, Espy & Wiebe, 2008). Onderzoek bij kinderen met wiskunde problemen wees bovendien uit dat zij slechter presteerden op visuospatiële tests, wat erop wijst dat zij een tekort hebben in visuospatieel werkgeheugen (Holmes & Adams, 2006; McLean & Hitch, 1999; White, Moffitt, & Silva, 1992). Deze bevindingen ondersteunen de link tussen visuospatieel werkgeheugen en wiskundevaardigheden.

Sommige onderzoekers redeneren dat sekseverschillen in werkgeheugencapaciteit de onderliggende factor zijn van sekseverschillen in rekenprestaties (Piccardi et al., 2019; Zilles et al., 2016). Zilles et al. (2016) onderzochten werkgeheugen via fMRI en verbale en visuospatiële vaardigheidstests en vonden dat vrouwen lager presteerden op verbaal en visuospatieel werkgeheugen dan mannen. In lijn met deze bevindingen zijn de resultaten van Piccardi et al. (2019). Zij vonden dat mannen beter presteerden op de Corsi-Blokkentest voor visuospatieel werkgeheugen (Corsi, 1972) dan vrouwen. Voor verbaal werkgeheugen vonden ze dit verschil echter niet (Piccardi et al., 2019). Dit lijkt erop te wijzen dat er sekseverschillen zijn in visuospatieel werkgeheugen, maar dat de aanwezigheid van sekseverschillen in verbaal werkgeheugen nog niet bevestigd kan worden.

Dit onderzoek richt zich op de rol van het verbaal en visuospatieel werkgeheugen in de relatie tussen sekse en reken- en wiskundevaardigheden bij jongvolwassenen in de leeftijd van 18 tot 35 jaar. Op basis van de uitkomsten van het hierboven beschreven literatuuronderzoek, wordt ten eerste verwacht dat prestaties op zowel het verbaal als het visuospatieel werkgeheugen samenhangen met prestaties op reken- en wiskundevaardigheden (Fuchs et al., 2016; Geary, 2004; Lee & Bull, 2016; Van de Weijer-Bergsma et al., 2015). Daarnaast wordt verwacht dat vrouwen lager scoren op reken- en wiskundevaardigheidstests (Hyde et al., 1990; Lindberg et al., 2010; Lynn & Irwing, 2008; Primi et al., 2018) en dat ze lager scoren op een test voor visuospatieel werkgeheugen dan mannen (Piccardi et al., 2019; Zilles et al., 2016). Ten derde wordt verwacht dat er geen sekseverschillen zijn in de scores op verbaal werkgeheugen voor mannen en vrouwen (Piccardi et al., 2019; Zilles et al., 2016).

Methode

Door middel van kwantitatief toetsend onderzoek wordt een antwoord gezocht op de onderzoeksvragen. Dit gebeurt in twee deelvragen, die respectievelijk verbaal en visuospatieel werkgeheugen onderzoeken. Voor het verzamelen van data in dit onderzoek is een online vragenlijst gebruikt, omdat op deze manier makkelijk veel mensen bereikt konden worden voor deelname aan het onderzoek, zonder dat ze naar een bepaalde locatie moesten komen. Op deze manier kon een grote onderzoeksgroep worden verkregen, waardoor gevonden resultaten met meer zekerheid kunnen worden gegeneraliseerd naar de werkelijkheid. Op basis van de uitkomsten van het beschreven literatuuronderzoek zijn hypothesen geformuleerd. In dit onderzoek is getest welke rol het werkgeheugen speelt in de prestaties van mannen en vrouwen op reken- en wiskundevaardigheden.

Procedure

Bij de werving van de proefpersonen is een gemakssteekproef gebruikt, waarbij gestreefd werd naar een gelijke verdeling mannen en vrouwen in de leeftijd van 18 tot en met 35 jaar. Voor dit soort steekproef is gekozen, omdat ten tijde van het onderzoeksproject reis- en contactbeperkingen van kracht waren in de bestrijding van het coronavirus. Hierdoor konden mensen niet op een andere manier worden benaderd voor deelname aan het onderzoek. Het gebruik van dit soort steekproef en dit online medium heeft verschillende beperkingen. De respondenten zijn bijvoorbeeld niet aselekt getrokken. Ook beperkt een online vragenlijst de mate van controle over omgevingsinvloeden tijdens het invullen, wat nadelig is voor de betrouwbaarheid van de onderzoeksdata.

De bachelorstudenten uit het thesisproject hebben via hun sociale connecties respondenten geworven en hen gevraagd een online vragenlijst in te vullen. Alle respondenten gaven informed consent. Hiermee gaven ze aan te weten dat hun deelname vrijwillig was, dat ze het onderzoek indien gewenst konden afbreken en dat de anonimiteit en vertrouwelijkheid van hun gegevens gewaarborgd was. Respondenten werd niet naar hun naam gevraagd en de data kon niet herleid worden naar de betreffende persoon. Het onderzoek is door de ethische commissie van de Universiteit Utrecht goedgekeurd.

De online vragenlijst die de respondenten invulden bevatte vragen naar demografische informatie als leeftijd, sekse, opleidingsniveau en opleidingsniveau van de ouders. Ook bevatte de vragenlijst rekentaken, werkgeheugentaken en vragenlijsten over rekenangst en denkpatronen over genderstereotypen. De vragenlijst bestond uit (delen van) de volgende tests: Cognitieve Reflectietaak (CRT; Frederick, 2005), Tempo Test Rekenen (TTR; De Vos, 1992), Matrices, het onderdeel Cijferreeksen uit de Wechsler Adult Intelligence Scale IV-NL (WAIS IV-NL; Wechsler, 2012), Number Series Sequencing gebaseerd op Toly & Thomas (2013), Occupation Activity and Traits - Attitude Measure

(OAT-AM; Liben, Bigler, Ruble, Martin & Powlishta, 2002) en de Abbreviated Math Anxiety Scale (AMAS; Hopko, Mahadevan, Bare & Hunt, 2003). Omdat het huidige onderzoek alleen werkgeheugen en reken- en wiskundevaardigheden omvat, worden bij meetinstrumenten alleen onderdelen besproken die relevant zijn ter beantwoording van de onderzoeksvraag.

Participanten

Bij het werven van respondenten werd gezocht naar jongvolwassenen in de leeftijd van 18 tot en met 35 jaar. De steekproef bestond uit 187 personen, waaronder 89 (47.6%) mannen en 98 (52.4%) vrouwen. De leeftijd van de respondenten was gemiddeld 22.9 jaar, $SD = 3.01$. Alle respondenten hadden de Nederlandse nationaliteit. 85 (45.4%) participanten hadden de middelbare school als hoogst afgeronde opleiding (waarvan 52 (27,8%) VWO, 30 (16.0%) HAVO en 3 (1.6%) VMBO), 18 (9.6%) MBO, 37 (19.8%) HBO en 47 (25.1%) WO. Hiermee is de onderzoeksgroep relatief hoogopgeleid, vergeleken met de totale groep Nederlandse jongvolwassenen (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2020).

Meetinstrumenten

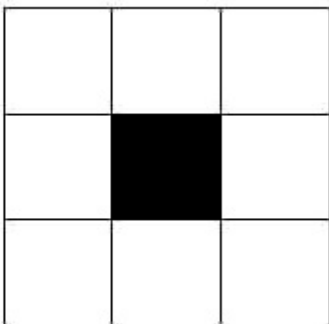
Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van de volgende vier meetinstrumenten: de CRT voor wiskundevaardigheden, de TTR voor rekenvaardigheden, de Matrices voor- en achterwaarts voor visuospatieel werkgeheugen en Cijferreeksen voor- en achterwaarts voor verbaal werkgeheugen.

Cognitieve reflectietaak. Wiskundevaardigheid wordt geoperationaliseerd aan de hand van de score op de CRT, die meet of de persoon reflecteert op zijn intuïtieve handelen op rekengebied. Frederick (2005) beschreef twee typen cognitieve systemen: een waarbij men taken snel en intuïtief uitvoert met weinig reflectie en een tweede dat langzamer en meer reflecterend is. De CRT bestaat uit drie vragen, met maximaal drie goede antwoorden. Het totaal aantal goede antwoorden is meegenomen in de analyses. Een voorbeeldvraag van de CRT is: *Een bal en een potlood kosten samen 1,10 euro. De bal kost een euro meer dan het potlood. Hoeveel kost het potlood?* Op het eerste gezicht lijkt het makkelijk om een antwoord te geven op de vragen, maar deze worden vaak impulsief beantwoord vanuit het eerste systeem. Bij inzet van het tweede systeem, waarbij meer reflectie plaatsvindt, wordt duidelijk dat het impulsieve antwoord fout is. De validiteit zou ondermijnd kunnen worden door eerdere blootstelling aan de test, maar duidelijk bewijs daarvoor is nog niet gevonden (Thomson & Oppenheimer, 2016).

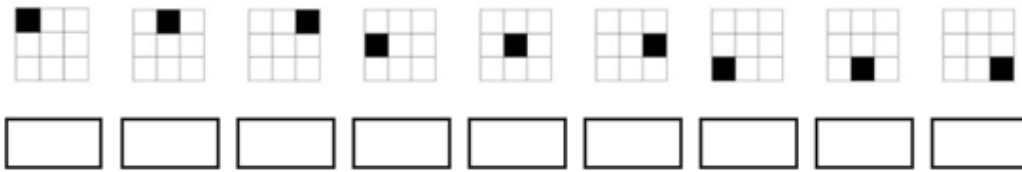
Tempo Toets Rekenen. De automatisering van rekenvaardigheden wordt geoperationaliseerd aan de hand van de score op de TTR (De Vos, 1992). De TTR bestaat uit vijf kolommen met afwisselend een andere bewerking; optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen. In de laatste kolom worden alle bewerkingen door elkaar gevraagd. De items nemen binnen een kolom steeds toe in moeilijkheidsgraad. Iedere kolom

bestaat uit 40 opgaven, zodat het totaal op 200 sommen uitkomt. De toets wordt in vijf minuten gemaakt, met per kolom een minuut beschikbare tijd. De TTR is volgens de COTAN (Egberink, Leng & Vermeulen, 1997) onvoldoende beoordeeld op zowel betrouwbaarheid als validiteit. Dit komt door een gebrek aan validerend onderzoek. De kwaliteit van het testmateriaal en de handleiding waren wel voldoende. In de analyse is het totaal aantal goede antwoorden meegenomen, waardoor de maximale score 200 is.

Matrices voorwaarts en achterwaarts. De scores op de Matrices voorwaarts en achterwaarts zijn gebruikt om het visuospatieel werkgeheugen te operationaliseren. De test is gebaseerd op de Corsi Blokken Test (Corsi, 1972). De respondent ziet een matrix van 3 x 3 blokjes waarbij telkens een blokje zwart is gekleurd. Iedere seconde verschijnt een nieuwe matrix. Na een aantal matrices moet de proefpersoon door middel van cijfers aangeven in welke volgorde de matrix verscheen op het scherm. Bij achterwaarts moet de respondent deze cijfervolgorde omgekeerd aangeven. In Figuur 1 en 2 is een voorbeeld van een matrix en een antwoordscherm weergegeven. De taak begint met een span van twee en loopt op tot een span van negen, met per span twee opgaven. Het maximale aantal goede antwoorden hierbij is 16. De voorwaartse taak meet alleen de passieve opslag, en meet daarmee vooral het passieve deel van het visuospatieel werkgeheugen. De achterwaartse taak meet zowel de opslag als manipulatie van data, en meet daarmee zowel de actieve als passieve delen van het visuospatieel werkgeheugen, waar ook het centraal executief systeem van belang is. Samengenomen geven scores op deze taken een beeld van het functioneren van het visuospatieel werkgeheugen.



Figuur 1. Voorbeeld van een matrix uit de test Matrices voorwaarts en achterwaarts. Bij elke getoonde matrix in een reeks is een ander blokje zwart gekleurd.



Figuur 2. Voorbeeld van een antwoordscherm bij Matrices voorwaarts en achterwaarts. De respondent geeft door cijfers in de lege vakjes te plaatsen de (omkering van) de volgorde van de getoonde matrices aan.

Cijferreeksen voorwaarts en achterwaarts. De scores op de cijferreeksen voor- en achterwaarts zijn gebruikt om het verbaal werkgeheugen te operationaliseren. Dit is gemeten met het onderdeel cijferreeksen voor- en achterwaarts afkomstig uit de WAIS IV-NL (Wechsler, 2012). De respondent ziet cijfers achter elkaar verschijnen op het scherm, waarbij hij deze cijfers moet onthouden en daarna in dezelfde volgorde moet natypen. Bij achterwaarts moet dit in omgekeerde volgorde. De taak begint met een span van twee en loopt op tot een span van negen cijfers, met per span twee opgaven. Er zijn per taak 16 goede antwoorden mogelijk. De voorwaartse taak meet alleen de passieve opslag, en meet daarmee vooral het passieve deel van het verbaal werkgeheugen. De achterwaartse taak meet zowel de opslag als manipulatie van data, en meet daarmee zowel de actieve als passieve delen van het verbaal werkgeheugen, waar ook het centraal executief systeem van belang is. Samengenomen geven deze taken een beeld van het functioneren van het verbaal werkgeheugen. De betrouwbaarheid en validiteit zijn voldoende tot goed, met uitzondering van de criteriumvaliditeit, waarnaar geen onderzoek is gedaan (Egberink, Leng & Vermeulen, 2012).

Analyseplan

Dit onderzoek richt zich op de rol van visuospatieel en verbaal werkgeheugen in de relatie tussen sekse en reken- en wiskundevaardigheden bij jongvolwassenen. Er wordt onderzocht of mannen en vrouwen verschillen op reken- en wiskundevaardigheden en of er verschillen zijn in verbaal of visuospatieel werkgeheugen. Ook wordt onderzocht of lage scores op verbaal of visuospatieel werkgeheugen samenhangen met lagere scores op reken- of wiskundevaardigheden. De variabelen (eenheden) die bij dit onderzoek worden gebruikt zijn sekse, reken- en wiskundevaardigheden en verbaal en visuospatieel werkgeheugen.

Door middel van een vraag in de online vragenlijst wordt gevraagd naar de sekse van de respondent. Hierdoor wordt sekse op nominaal meetniveau getoetst. Voor het beoordelen van reken- en wiskundevaardigheden en de beide werkgeheugensystemen wordt gebruik gemaakt van bestaande tests. Rekenvaardigheden worden in dit onderzoek gemeten aan de hand van scores op de TTR, waarbij eenvoudige rekenkundige sommen moeten worden

opgelost. Wiskundevaardigheden worden in dit onderzoek gemeten aan de hand van scores op de CRT. Beide variabelen zijn van interval meetniveau. Een hogere score correspondeert hier met betere vaardigheden.

Het visuospatieel werkgeheugen wordt gemeten aan de hand van scores op een opdracht met Matrices voor- en achterwaarts. Het verbaal werkgeheugen wordt gemeten aan de hand van scores op de onderdelen cijferreeksen voor- en achterwaarts uit de WAIS-IV. Beide variabelen zijn van interval meetniveau. Een hogere score correspondeert met betere prestaties op respectievelijk visuospatieel en verbaal werkgeheugen.

Op beide deelvragen van het onderzoek wordt een antwoord gezocht door eerst verschillen tussen mannen en vrouwen op reken- en wiskundevaardigheden te onderzoeken aan de hand van *t*-tests. Ook worden er *t*-tests uitgevoerd om te onderzoeken of er verschillen zijn tussen mannen en vrouwen op het verbaal en visuospatieel werkgeheugen. Vervolgens wordt een hiërarchische multipale regressieanalyse uitgevoerd om te onderzoeken of verbaal en visuospatieel werkgeheugen de relatie tussen sekse en reken- en wiskundevaardigheden verklaart.

Resultaten

Deelvraag een, betreffende het verbaal werkgeheugen, en deelvraag twee, betreffende het visuospatieel werkgeheugen, zijn in de resultaten samengenomen en worden onder elkaar besproken. De variabelen waren TTR voor rekenvaardigheden, CRT voor wiskundevaardigheden, Cijferreeksen voor- en achterwaarts voor passief en actief verbaal werkgeheugen en Matrices voor- en achterwaarts voor passief en actief visuospatieel werkgeheugen. Voorafgaand aan de data-analyse is gecontroleerd op uitbijters in de verkregen data. Wanneer een score op een van de gebruikte taken meer dan twee standaarddeviaties (*SD*) afweek van het gemiddelde, is de desbetreffende data verwijderd uit het bestand.

Per deelvraag zijn verschillende technieken gebruikt om uitbijters uit de data te verwijderen, waardoor kleine verschillen ontstonden tussen de onderzoeksgroepen. Bij deelvraag één is gecontroleerd op uitbijters in de scores op de TTR, CRT, Cijferreeksen voor- en achterwaarts. In het geval van een uitbijter is alleen de data op de desbetreffende taak verwijderd. Op de TTR is één uitbijter verwijderd, op de Cijferreeksen voorwaarts drie, en op Cijferreeksen achterwaarts zijn twee uitbijters verwijderd. De gebruikte onderzoeksgroep bestond bij deelvraag een uit 187 personen, waaronder 89 mannen (47.6%) en 98 vrouwen (52.4%). De gemiddelde leeftijd was $M = 22.9$ jaar, $SD = 3.01$.

Wanneer bij deelvraag twee uitbijters gevonden werden in de scores op de TTR, CRT, Matrices voor- en/of achterwaarts, is alle data van de betreffende proefpersonen verwijderd uit het bestand. Dit resulteerde in de verwijdering van data van zes proefpersonen. Bij

deelvraag twee bestond de uiteindelijke onderzoeksgroep uit 181 proefpersonen, waaronder 87 (48.1%) mannen en 94 (51.9%) vrouwen. De gemiddelde leeftijd was $M = 22.77$ jaar, $SD = 2.84$.

De analyses zijn uitgevoerd via tweezijdige toetsing met een betrouwbaarheidsinterval van 95% en een alpha van .05. De analyses bestonden uit de variabelen TTR en CRT. Per deelvraag werden respectievelijk Cijferreeksen voor- en achterwaarts of Matrices voor- en achterwaarts gebruikt.

Assumpties

Ter beantwoording van de onderzoeksvraag zijn correlaties, t -testen en hiërarchische multiële regressies uitgevoerd. Voor gebruik van deze analyses moet worden voldaan aan een aantal assumpties. Deze worden hieronder per test besproken.

Ten eerste zijn correlaties uitgevoerd aan de hand van Pearson's r . Aan de assumptie van onafhankelijkheid in de onderzoeksdata werd voldaan. De assumpties van lineariteit en homoscedasticiteit konden worden onderbouwd door middel van scatterplots. Shapiro-Wilk-tests lieten zien dat de scores voor CRT ($W(181) = 0.83$, $p < .001$), Matrices voorwaarts ($W(181) = 0.97$, $p < .001$), Matrices achterwaarts ($W(181) = 0.95$, $p < .001$), Cijferreeksen voorwaarts ($W(181) = 0.97$, $p = < .001$) en Cijferreeksen achterwaarts ($W(181) = 0.98$, $p = .004$) niet normaal verdeeld waren. De scores voor de TTR waren wel normaal verdeeld ($W(181) = 0.99$, $p = .23$). De steekproef was echter vrij groot. Daarom is, ondanks de schending van de assumptie van normaliteit, toch Pearson's r gebruikt.

Ten tweede zijn onafhankelijke t -testen uitgevoerd. Hiervoor geldt aanvullend de assumptie van meetniveau, die aangenomen kon worden, omdat alle variabelen van interval of ratio meetniveau waren. Verder moest worden voldaan aan de assumptie van homogene variantie. De Levene's test was bij deelvraag twee bij alle testen niet-significant, waarmee aangenomen kan worden dat de varianties homogeen waren. Bij deelvraag een was de Levene's test alleen bij de CRT significant ($F = 4.22$, $p = .041$). Daarom zijn bij de t -test met deze variabele gecorrigeerde waarden gerapporteerd.

Ten derde zijn hiërarchische multiële regressies uitgevoerd. Ook hierbij moest worden voldaan aan aanvullende assumpties. Er was sprake van een juiste N:k ratio. Eindimensionale uitbijters zijn verwijderd, en de Mahalanobis-afstand gaf aan dat er geen multidimensionale uitbijters waren. Hiermee werd aan de assumptie van afwezigheid van uitbijters voldaan. De VIF-statistieken waren lager dan 2, wat erop wijst dat aan de assumptie van multicollineariteit voldaan wordt. De scatterplots en P-P plots wezen uit dat ook de normaliteit, lineariteit en homoscedasticiteit van de residuen goed was.

Beschrijvende statistieken

Pearson's r -correlaties zijn bij beide deelvragen uitgevoerd om de sterkte en richting

van de verbanden tussen de testvariabelen te onderzoeken. In Tabel 1 en 2 zijn de resultaten hiervan samengevat.

Tabel 1

Pearson correlaties, gemiddelden en standaarddeviaties van de variabelen rekenen, wiskunde, passief en actief verbaal werkgeheugen (WG), uitgesplitst naar sekse

	1	2	3	4	<i>M</i>	<i>SD</i>
1. Rekenen	.	.21	.32**	.29**	135.09	24.71
2. Wiskunde	.30**	.	.14	.17	2.08	1.01
3. Passief verbaal WG	.26*	.13	.	.52**	9.92	2.21
4. Actief verbaal WG	.25*	.13	.59**	.	10.97	2.54
<i>M</i>	118.92	1.72	9.95	11.29		
<i>SD</i>	24.47	1.13	2.02	2.25		

Noot. *M* en *SD* duiden respectievelijk gemiddelde en standaarddeviatie aan. Boven de diagonaal staan de correlaties voor mannen ($n = 89$) en onder de diagonaal staan de correlaties voor vrouwen ($n = 98$) weergegeven. De gemiddelden en standaarddeviaties staan voor mannen weergegeven in de verticale kolommen en voor vrouwen in de horizontale kolommen.

* $p < .05$. ** $p < .01$.

Tabel 2.

Pearson correlaties, gemiddelden en standaarddeviaties van de variabelen rekenen, wiskunde, passief en actief visuospatieel werkgeheugen (WG), uitgesplitst naar sekse

Variabele	1	2	3	4	<i>M</i>	<i>SD</i>
1. Rekenen	—	.20	.21	.27*	135.52	24.78
2. Wiskunde	.30**	—	.11	.14	2.09	1.02
3. Passief visuospatieel WG	.38**	.15	—	.63**	6.99	2.18
4. Actief visuospatieel WG	.20	.15	.40**	—	7.92	3.03
<i>M</i>	119.49	1.72	6.47	7.23		
<i>SD</i>	23.98	1.12	1.99	3.00		

Noot. *M* en *SD* duiden respectievelijk gemiddelde en standaarddeviatie aan. Boven de diagonaal staan de correlaties voor mannen ($n = 87$) en onder de diagonaal staan de correlaties voor vrouwen ($n = 94$) weergegeven. De gemiddelden en standaarddeviaties staan voor mannen weergegeven in de verticale kolommen en voor vrouwen in de horizontale kolommen.

* $p < .05$. ** $p < .01$.

T-tests

Door middel van *t*-tests zijn de scores van mannen en vrouwen op de variabelen vergeleken. De resultaten hiervan zijn voor beide deelvragen samengevat in Tabel 3. Mannen scoorden significant hoger op rekenen en wiskunde dan vrouwen, maar niet op werkgeheugen.

Tabel 3

Steekproefgroottes (n), gemiddelden (M), standaarddeviaties (SD) en uitkomsten van t-testen tussen mannen en vrouwen bij rekenen, wiskunde en passief en actief verbaal werkgeheugen en passief en actief visuospatieel werkgeheugen

	Mannen			Vrouwen			<i>t</i>	95% CI	<i>d</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>			
Rekenen	135.09	24.71	88	118.92	24.46	98	4.48** ^a	[9.05, 23.29]	0.66
Wiskunde	2.08	1.01	89	1.72	1.13	98	2.26* ^b	[0.05, 0.66]	0.34
Passief verbaal WG	9.92	2.21	88	9.95	2.02	96	-0.09 ^c	[-0.64, 0.59]	0.01
Actief verbaal WG	10.97	2.54	88	11.29	2.25	97	-0.92 ^d	[-1.02, 0.37]	0.13
Rekenen	135.52	24.75	87	119.49	23.98	94	4.42** ^e	[8.88, 23.18]	0.66
Wiskunde	2.09	1.02	87	1.72	1.12	94	2.31* ^e	[0.05, 0.68]	0.34
Passief visuospatieel WG	6.99	2.18	87	6.47	1.99	94	1.68 ^e	[-0.09, 1.13]	0.22
Actief visuospatieel WG	7,92	3.04	87	7.23	3.00	94	1.53 ^e	[-0.20, 1.57]	0.23

Noot. CI = betrouwbaarheidsinterval. *d* = cohen's *d*. Boven de lijn staan de resultaten voor deelvraag een weergegeven en onder de lijn staan de resultaten voor deelvraag twee weergegeven.

^a*df* = 184. ^b*df* = 185. ^c*df* = 182. ^d*df* = 183. ^e*df* = 179.

* *p* < .05. ** *p* < .01.

Regressies

Ten laatste zijn per deelvraag twee hiërarchische multiële regressieanalyses uitgevoerd, met respectievelijk de TTR (rekenen) en de CRT (wiskunde) als afhankelijke variabele. De resultaten zijn voor verbaal werkgeheugen samengevat in Tabel 4 en 5. Voor visuospatieel werkgeheugen zijn de resultaten samengevat in Tabel 6 en 7.

In blok 1 van de hiërarchische multiële regressie van verbaal werkgeheugen met rekenscores verklaarden het passief en actief verbaal werkgeheugen een significante 8% van de variantie in rekenscores, $R^2 = .081$, $F(2, 178) = 7.81$, $p = .001$. In blok 2 van de regressie werd sekse toegevoegd aan de voorspellers, waar het 10.5% extra van de variantie in rekenvaardigheden verklaarde, $\Delta R^2 = .11$, $\Delta F(1, 177) = 22.82$, $p < .001$.

Bij de hiërarchische multiële regressie van verbaal werkgeheugen met wiskundevaardigheden werd in blok 1 een niet-significante 2.3% van de variantie verklaard, $R^2 = .023$, $F(2, 179) = 2.06$, $p = .130$. In blok 2 werd sekse toegevoegd aan de voorspellers, waar het 3.3% extra van de variantie in wiskundevaardigheden verklaarde, $\Delta R^2 = .03$, $\Delta F(1, 178) = 6.20$, $p = .017$.

Tabel 4

Niet-gestandaardiseerde (B) en gestandaardiseerde (β) regressiecoëfficiënten en gekwadrateerde semi-partiële correlaties (sr^2) voor elke voorspellende variabele voor rekenscores in de hiërarchische regressie met verbaal werkgeheugen ($N = 181$)

Variabele	Rekenen					
	Blok 1			Blok 2		
	B	β	sr^2	B	β	sr^2
Passief verbaal WG	2.11*	0.17	.02	2.01*	0.16	.02
Actief verbaal WG	1.64	0.15	.02	1.88*	0.17	.02
Sekse				-16.54**	-3.33	.11
R^2		.08			.19	
F		7.81**			13.45**	
ΔR^2					.11	
ΔF					22.82**	
f^2					.23 ^a	

Noot. ^aMedium effectgrootte, volgens de richtlijnen van Cohen (1988)

* $p < .05$. ** $p < .001$.

Tabel 5

Niet-gestandaardiseerde (B) en gestandaardiseerde (β) regressiecoëfficiënten en gekwadrateerde semi-partiële correlaties (sr^2) voor elke voorspellende variabele voor wiskundescores in de hiërarchische regressie met verbaal werkgeheugen ($N = 182$)

Variabele	Wiskunde					
	Blok 1			Blok 2		
	B	β	sr^2	B	β	sr^2
Passief verbaal WG	0.03	0.06	.09	0.03	0.05	.08
Actief verbaal WG	0.05	0.11	.19	0.06	0.12	.21
Sekse				-0.39*	-0.18	.08
R^2		.02			.06	
F		2.06			3.48*	
ΔR^2					.03	
ΔF					6.20*	
f^2					.06 ^a	

Noot. ^aKleine effectgrootte, volgens de richtlijnen van Cohen (1988)

* $p < .05$. ** $p < .001$.

Tabel 6

Niet-gestandaardiseerde (B) en gestandaardiseerde (β) regressiecoëfficiënten en gekwadrateerde semi-partiële correlaties (sr^2) voor elke voorspellende variabele voor rekenscores in de hiërarchische regressie met visuospatieel werkgeheugen ($N = 181$)

Variabele	Rekenen					
	Blok 1			Blok 2		
	B	β	sr^2	B	β	sr^2
Passief visuospatieel WG	3.01*	0.25	.04	2.71*	0.22	.04
Actief visuospatieel WG	1,10	0.13	.01	0.94	0.11	.01
Sekse				-13.97**	-0.27	.07
R^2		.11			.18	
F		11.08**			13.32**	
ΔR^2					.08	
ΔF					15.93**	
f^2					.23 ^a	

Noot. ^aMedium effectgrootte, volgens de richtlijnen van Cohen (1988)

* $p < .05$. ** $p < .001$.

Tabel 7

Niet-gestandaardiseerde (B) en gestandaardiseerde (β) regressiecoëfficiënten en gekwadrateerde semi-partiële correlaties (sr^2) voor elke voorspellende variabele voor wiskundescores in de hiërarchische regressie met visuospatieel werkgeheugen ($N = 181$)

Variabele	Wiskunde					
	Blok 1			Blok 2		
	B	β	sr^2	B	β	sr^2
Passief visuospatieel WG	0.05	0.09	.01	0.04	0.7	.00
Actief visuospatieel WG	0.04	0.12	.01	0.04	0.11	.01
Sekse				-0.32*	-0.15	.02
R^2		.03			.18	
F		2.87			13.32**	
ΔR^2					.02	
ΔF					4.07*	
f^2					.06 ^a	

Noot. ^aKleine effectgrootte, volgens de richtlijnen van Cohen (1988)

* $p < .05$. ** $p < .001$.

In blok 1 van de hiërarchische regressie van visuospatieel werkgeheugen met rekenscores verklaarden passief en actief visuospatieel werkgeheugen 11.1% van de variantie in rekenscores, $R^2 = .11$, $F(2,178) = 11.08$, $p < .001$. In blok 2 van de regressie werd sekse toegevoegd aan de voorspeller, waar het 7.3% extra van de variantie in rekenscores verklaarde, $\Delta R^2 = .08$, $\Delta F(1,177) = 15.93$, $p = .001$.

Bij de hiërarchische regressie van visuospatieel werkgeheugen met wiskundescores werd in blok 1 een niet-significante 3.1% van de variantie verklaard, $R^2 = .03$, $F(2,178) = 2.87$, $p = .059$. In blok 2 werd sekse als voorspeller toegevoegd, wat 2.2% extra verklaarde van de variantie in CRT-scores, $\Delta R^2 = .02$, $\Delta F(1,177) = 4.07$, $p = .045$.

Conclusie en discussie

Het doel van het huidige onderzoek was te onderzoeken wat de rol is van het verbaal en visuospatieel werkgeheugen in de relatie tussen sekse en reken- en wiskundevaardigheden. Aan de hand van literatuuronderzoek werden drie hypothesen opgesteld. In onderstaand gedeelte wordt per hypothese besproken hoe de resultaten uit dit onderzoek zich verhouden tot de verwachtingen. Vervolgens wordt besproken hoe de gevonden verschillen tussen verwachtingen en resultaten zouden kunnen worden verklaard.

Binnen dit onderzoek werd ten eerste verwacht dat prestaties op zowel het verbaal als het visuospatieel werkgeheugen samen zouden hangen met prestaties op reken- en wiskundevaardigheden. De resultaten wezen uit dat er een significante samenhang van rekenvaardigheden was met zowel passief als actief verbaal werkgeheugen en passief visuospatieel werkgeheugen. Er werd geen significante samenhang gevonden met actief visuospatieel werkgeheugen. Deze resultaten zijn deels in lijn met de bevindingen van Berg (2008), Raghobar et al. (2010), en Logie en Baddeley (1987), die relaties aantoonden tussen het verbaal werkgeheugen en rekenvaardigheden. Ook tussen visuospatieel werkgeheugen en rekenvaardigheden zijn relaties aangetoond (Kyttälä et al., 2003). Het huidige onderzoek is slechts deels in lijn met deze bevindingen, omdat voor actief visuospatieel werkgeheugen geen verband met rekenvaardigheden is gevonden.

Passief en actief visuospatieel en verbaal werkgeheugen hingen niet samen met wiskundevaardigheden. Deze resultaten zijn deels overeenkomstig literatuur over wiskundevaardigheden. Daar werd gevonden dat visuospatieel werkgeheugen samenhangt met vooral wiskundevaardigheden (Holmes & Adams, 2006; McLean & Hitch, 1999; White et al., 1992).

De tweede verwachting was dat vrouwen lager zouden scoren dan mannen op reken- en wiskundevaardigheden. Uit de resultaten bleek inderdaad dat mannen hoger scoorden dan vrouwen op reken- en wiskundevaardigheden. Dit ligt in lijn met de verwachtingen en past bij eerder gevonden resultaten (Hyde et al., 1990; Lindberg et al., 2010).

De derde verwachting was dat vrouwen lager zouden scoren op visuospatieel werkgeheugen, maar dat hun scores gelijk zouden zijn aan die van mannen op verbaal werkgeheugen. Uit de resultaten bleek geen verschil tussen mannen en vrouwen op verbaal en visuospatieel werkgeheugen. Dit is deels in lijn met de resultaten van Piccardi et al. (2019), waar mannen en vrouwen niet verschilden op verbaal werkgeheugen, maar is in tegenspraak met de bevindingen van Zilles et al. (2016), waar wel verschillen waren op verbaal werkgeheugen. In de literatuur werden er ook verschillen gevonden tussen mannen en vrouwen op visuospatieel werkgeheugen (Piccardi et al., 2019; Zilles et al., 2016).

De afwijkende resultaten rond visuospatieel werkgeheugen in dit onderzoek zouden deels kunnen worden verklaard door het gebruik van een computertaak met matrices als maat voor dit werkgeheugensysteem. De taak was voor programmeringsdoeleinden vrij ingewikkeld opgezet en is over het algemeen slecht gemaakt door zowel mannen als vrouwen. Op de twee delen van deze test was het maximaal aantal goede antwoorden 16. Het gemiddelde van mannen op de Matrices voor- en achterwaarts was respectievelijk 6.99 en 7.92. Het gemiddelde van vrouwen was respectievelijk 6.47 en 7.23. Dat betekent dat gemiddeld minder dan de helft van de items goed gemaakt was. Dit kan erop duiden dat de Matrices-taken te moeilijk waren, wat de validiteit van de metingen van visuospatieel werkgeheugen negatief beïnvloedt.

Ook het gebruik van de computertaak met cijferreeksen voor het verbaal werkgeheugen kan de resultaten beïnvloed hebben. Het onthouden en reproduceren van cijfers is een taak waarbij het verbaal werkgeheugen betrokken is (Berg, 2008; Raghubar et al., 2010). Bij deze computertaak was het echter alleen mogelijk om de respondenten de te onthouden cijfers op het scherm te laten zien en konden de respondenten de cijfers niet horen. Respondenten hoorden de cijfers niet, maar kregen ze alleen op het scherm te zien. Doordat de respondent geen fonologische informatie aangeboden kreeg, kan het zijn dat resultaten op de taak een minder valide beeld geven van het verbaal werkgeheugen dan wanneer de cijfers wel fonologisch aangeboden waren.

De grote steekproefgrootte is een sterk punt van dit onderzoek, doordat schendingen van normaliteit hierdoor konden worden opgevangen. Hierdoor kan met meer zekerheid gezegd worden dat de gevonden resultaten ook gelden voor andere Nederlandse jongvolwassenen. Bovendien was er een bijna gelijke verdeling tussen mannen en vrouwen. Dit is representatief voor de verhouding van mannelijke en vrouwelijke jongvolwassenen in Nederland (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2020).

Bij dit onderzoek is echter een aantal kritische kanttekeningen te plaatsen. Bij de selectie van proefpersonen is gebruik gemaakt van een gemakssteekproef, waardoor niet zeker is of de onderzoeksgroep representatief genoemd kan worden. De respondenten in de

uiteindelijke onderzoeksgroep waren daarnaast hoger opgeleid in vergelijking met de Nederlandse bevolking, wat de gevonden resultaten minder goed generaliseerbaar maakt. Tevens was er in dit onderzoek slechts beperkte onderzoekstijd beschikbaar, waardoor per variabele maar één soort test kon worden gebruikt. Dit beperkt de validiteit van de meting van bijvoorbeeld wiskundevaardigheden waarbij alleen de CRT kon worden ingezet. Deze test meet vooral cognitieve reflectie, maar bijvoorbeeld geometrie, wat ook een onderdeel is van wiskunde, kwam hier niet aan bod. Inzet van bijvoorbeeld de MT advanced battery (Cornoldi, Friso, en Pra Baldi, in Giofre et al., 2013), die geometrische vaardigheden meet, zou hierbij een waardevolle toevoeging kunnen zijn.

Bij de afname van de vragenlijst kunnen externe factoren een rol hebben gespeeld, waarop de onderzoekers geen invloed hadden. Zo is er bijvoorbeeld gebruik gemaakt van een online vragenlijst, waardoor de testomstandigheden niet te controleren waren. Het kan zijn dat respondenten hulpmiddelen hebben gebruikt bij het maken van de tests, wat hun scores kan hebben beïnvloed. De testen konden bovendien niet worden afgebroken na een bepaald aantal fouten, wat bij de offlineversies van bijvoorbeeld de cijferreeksen wel kan. Dit kan ertoe hebben geleid dat de respondenten verveeld of gedemotiveerd raakten, wat negatief kan werken op behaalde scores.

Het lijkt waardevol als bij toekomstig onderzoek aandacht wordt besteed aan andere factoren die sekseverschillen in reken- en wiskundevaardigheden zouden kunnen beïnvloeden. Zo zouden sociaal-emotionele factoren, zoals rekenangst, kunnen worden meegenomen in de analyses. Het lijkt interessant om van meer variabelen tegelijk te onderzoeken hoe ze zich verhouden tot sekseverschillen in reken- en wiskundeprestaties. Zo kan beter worden onderzocht welke factoren de grootste invloed hebben op het ontstaan van deze verschillen. Ook zouden voor vervolgonderzoek meer testen per variabele kunnen worden gebruikt. Dit zou de validiteit van de operationalisatie van het onderzoek vergroten, waardoor gevonden resultaten beter aansluiten bij de werkelijkheid.

Dit onderzoek bevestigt dat mannen beter scoren dan vrouwen op reken- en wiskundevaardigheden en draagt daarmee bij aan de literatuur over werkgeheugen en reken- en wiskundevaardigheden. Ook kan het een bijdrage leveren in de discussie over het bestaan van sekseverschillen in reken- en wiskundevaardigheden, waarover onder andere Else-Quest et al. (2010) zich ook bogen. Werkgeheugen was niet voldoende als verklarende factor voor voornamelijk wiskundevaardigheden. Dit wijst erop dat er andere factoren zijn die sekseverschillen in wiskundevaardigheden beïnvloeden. Het blijft echter van belang dat reken- en wiskundevaardigheden zo goed mogelijk worden ontwikkeld (Else-Quest et al., 2010). Daarom is het essentieel dat inzicht verkregen wordt in de factoren die sekseverschillen in reken- en wiskundevaardigheden beïnvloeden.

Referenties

- Alloway, T. P. (2007). Working memory, reading and mathematical skills in children with developmental coordination disorder. *Journal of Experimental Child Psychology, 96*, 20-36. doi:10.1016/j.jecp.2006.07.002
- Bachot, J., Gevers, W., Fias, W., & Roeyers, H. (2005). Number sense in children with visuospatial disabilities: Orientation of the mental number line. *Psychology Science, 47*(1), 172–183.
- Baddeley, A. (2010). Working memory. *Current Biology, 20*, R136-R140. doi:10.1016/j.cub.2009.12.014
- Baddeley, A. (2012). Working memory: Theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology, 63*, 1–29. doi:10.1146/annurev-psych-120710-100422
- Berg, D. (2008). Working memory and arithmetic calculation in children: The contributory roles of processing speed, short-term memory, and reading. *Journal of Experimental Child Psychology, 99*, 288-308. doi:10.1016/j.jecp.2007.12.002
- Bull, R.B., Espy, K.A., & Wiebe, S.W. (2008). Short-term memory, working memory and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement. *Developmental Neuropsychology, 33*, 205–228. doi:10.1080/87565640801982312
- Centraal Bureau voor de Statistiek. (2020, 15 mei). *Bevolking; onderwijsniveau; geslacht, leeftijd en migratieachtergrond*. Geraadpleegd op 23 juni 2020, van <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/82275NED/table?ts=1592943241082>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. New York, NY: Routledge Academic.
- Corsi, P. M. (1972). Human memory and the medial temporal region of the brain [Abstract]. *Dissertation Abstracts International, 34*(2), 891.
- De Vos, T. (1992). *Tempo-test-rekenen, T.T.R.: test voor het vaststellen van het rekenvaardigheidsniveau der elementaire bewerkingen (automatisering) voor het basis- en voortgezet onderwijs*. Lisse, Nederland: Swets & Zetlinger
- Egberink, I. J. L., De Leng, W. E., & Vermeulen, C. S. M. (23 april 2020). *COTAN beoordeling 1997, Tempo Test Rekenen*. Geraadpleegd via www.cotandocumentatie.nl
- Egberink, I. J. L., De Leng, W. E., & Vermeulen, C. S. M. (30 april 2020). *COTAN beoordeling 2012, Wechsler Adult Intelligence Scale, Fourth Edition, Nederlandstalige bewerking, WAIS-IV NL*. Geraadpleegd via www.cotandocumentatie.nl

- Else-Quest, N. M., Hyde, J. S., & Linn, M. C. (2010). Cross-national patterns of gender differences in mathematics: A meta-analysis. *Psychological Bulletin, 136*, 103-127. doi:10.1037/a0018053
- Frederick, S. (2005). Cognitive reflection and decision making. *Journal of Economic Perspectives, 19*, 25-42. doi:10.1257/089533005775196732
- Fuchs, L. S., Geary, D. C., Fuchs, D., Compton, D. L., & Hamlett, C. L. (2016). Pathways to third-grade calculation versus word-reading competence: Are they more alike or different? *Child Development, 87*, 558-567. doi:10.1111/cdev.12474
- Fürst, A. J., & Hitch, G. J. (2000). Separate roles for executive and phonological components of working memory in mental arithmetic. *Memory & Cognition, 28*, 774-782. doi:10.3758/BF03198412
- Geary, D. C. (2004). Mathematics and Learning Disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 37*, 4-15. doi:10.1177/00222194040370010201
- Geary, D. C., Nicholas, A., Li, Y., & Sun, J. (2017). Developmental change in the influence of domain-general abilities and domain-specific knowledge on mathematics achievement: An eight-year longitudinal study. *Journal of Educational Psychology, 109*, 680-693. doi:10.1037/edu0000159
- Giofre, D., Mammarella, I. C., Ronconi, L., & Cornoldi, C. (2013). Visuospatial working memory in intuitive geometry, and in academic achievement in geometry. *Learning and Individual Differences, 23*, 114-122. doi:10.1016/j.lindif.2012.09.012
- Holmes, J., & Adams, J. W. (2006). Working memory and children's mathematical skills: Implications for mathematical development and mathematics curricula. *Educational Psychology, 26*, 339-366. doi:10.1080/01443410500341056
- Hopko, D. R., Mahadevan, R., Bare, R. L., & Hunt, M. A. (2003). The Abbreviated Math Anxiety Scale (AMAS): Construction, validity, and reliability. *Assessment, 10*, 178-182. doi:10.1177/1073191103010002008
- Hyde, J. S., Fennema, E., & Lamon, S. J. (1990). Gender differences in mathematics performance: A meta-analysis. *Psychological Bulletin, 107*, 139-155. doi:10.1037/0033-2909.107.2.139
- Kyttälä, M., Aunio, P., Lehto, J. E., Van Luit, J. & Hautamäki, J. (2003). Visuospatial working memory and early numeracy. *Educational and Child Psychology, 20*(1), 65-76.
- Kyttälä, M., & Lehto, J. E. (2008). Some factors underlying mathematical performance: The role of visuospatial working memory and non-verbal intelligence. *European Journal of Psychology of Education, 23*, 77-94. doi:10.1007/bf03173141
- Liben, L. S., Bigler, R. S., Ruble, D. N., Martin, C. L., & Powlisha, K. K. (2002). The developmental course of gender differentiation: Conceptualizing, measuring, and

- evaluating constructs and pathways. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 67, 1-183. doi:10.1111/1540-5834.t01-1-00187
- Lichtenberger, E. O., & Kaufman, A. S. (2012). *Essentials of WAIS-IV Assessment* (2e editie). Hoboken, Verenigde Staten: John Wiley & Sons, inc.
- Lindberg, S. M., Hyde, J. S., Petersen, J. L., & Linn, M. C. (2010). New trends in gender and mathematics performance: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 136, 1123–1135. doi:10.1037/a0021276
- Logie, R. H., & Baddeley, A. D. (1987). Cognitive processes in counting. *Journal of Experimental Psychology*, 13, 310–326. doi:10.1037/0278-7393.13.2.310
- Lynn, R., & Irwing, P. (2008). Sex differences in mental arithmetic, digit span, and g defined as working memory capacity. *Intelligence*, 36, 226–235. doi:10.1016/j.intell.2007.06.002
- McLean, J. F. and Hitch, G .J. 1999. Working memory impairments in children with specific arithmetic learning difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74, 240–260. doi:10.1006/jecp.1999.2516
- Nunes, T., Bryant, P., Barros, R., & Sylva, K. (2011). The relative importance of two different mathematical abilities to mathematical achievement. *British Journal of Educational Psychology*, 82, 136-156. doi:10.1111/j.2044-8279.2011.02033.x
- Peng, P., Namkung, J., Barnes, M., & Sun, C. (2016). A meta-analysis of mathematics and working memory: Moderating effects of working memory domain, type of mathematics skill, and sample characteristics. *Journal of Educational Psychology*, 108, 455–473. doi:10.1037/edu0000079
- Piccardi, L., D’Antuono, G., Marin, D., Boccia, M., Ciurli, P., Incoccia, C., ... Guariglia, C. (2019). New evidence for gender differences in performing the Corsi Test but not the Digit Span: Data from 208 individuals. *Psychological Studies*, 64, 411-419. doi:10.1007/s12646-019-00512-3
- Raghubar, K. P., Barnes, M. A., & Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*, 20, 110-122. doi:10.1016/j.lindif.2009.10.005
- Reukhala, M. (2001). Mathematical skills in ninth-graders: Relationship with visuo-spatial abilities and working memory. *Educational Psychology*, 21, 387-399. doi:10.1080/01443410120090786
- Rickard, T. C., Healy, A. F., & Bourne, L. E. (1994). On the cognitive structure of basic arithmetic skills: Operation, order, and symbol transfer effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20, 1139-1153. doi:10.1037/0278-7393.20.5.1139

- Thomson, K. S. & Oppenheimer, D. M. (2016). Investigating an alternate form of the cognitive reflection test. *Judgement and Decision Making*, 11, 99-113.
- Thronsdon, I. (2011). Self-regulated learning of basic arithmetic skills: A longitudinal study. *British Journal of Educational Psychology*, 81, 558-578. doi:10.1348/2044-8279.002008
- Tolley, H., & Thomas, K. (2013). *How to pass numeracy tests* (4e editie). Londen, Verenigd Koninkrijk: Kogan Page.
- Van de Weijer-Bergsma, E., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. (2015). Verbal and visual-spatial working memory and mathematical ability in different domains throughout primary school. *Memory & Cognition*, 43, 367-378. doi:10.3758/s13421-014-0480-4
- Van Luit, J. E. H. (2009). *Ontwikkeling van tellen en getalbegrip bij kleuters*. Utrecht: Projectbureau kwaliteit.
- Van Luit, J. E. H., & Ruijsenaars, A. (2004). Dyscalculie, zin en onzin. Panama-Post. *Tijdschrift voor nascholing en onderzoek van het reken-wiskundeonderwijs*, 23, 38. Verkregen van: www.dyscalculie.org/pictures/zin_onzin_dyscalculie.pdf
- Wang, M.-T., & Degol, J. L. (2016). Gender gap in science, technology, engineering, and mathematics (STEM): Current knowledge, implications for practice, policy, and future directions. *Educational Psychology Review*, 29, 119-140. doi:10.1007/s10648-015-9355-x
- Wechsler, D. (2012) *Wechsler Adult Intelligence Scale - Fourth Edition - Nederlandse bewerking. Afname- en scoringshandleiding*. Amsterdam, Nederland: Pearson Assessment and Information BV.
- White, J. L., Moffitt, T. E. and Silva, P. A. 1992. Neuropsychological and socio-emotional correlates of specific arithmetic disability. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 7, 1-16. doi:10.1016/0887-6177(92)90014-E
- Zilles, D., Lewandowski, M., Vieker, H., Henseler, I., Diekhof, E., Melcher, T., ... Gruber, O. (2016). Gender differences in verbal and visuospatial working memory performance and networks. *Neuropsychobiology*, 73, 52-63. doi:10.1159/000443174
- Zorzi, M., Priftis, K., Meneghello, F., Marenzi, R., & Umiltà, C. (2006). The spatial representation of numerical and non-numerical sequences: Evidence from neglect. *Neuropsychologia*, 44, 1061-1067. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2005.10.025