

**Universiteit Utrecht**



**Rekenblunder of rekenwonder, het gevolg van cognities?**

*Een onderzoek naar intelligentie, executieve functies en rekenvaardigheden in groep 5, 6 en 7 van de basisschool*

Tara Sprong (5614597)

Myrle Renes (5661986)

Thesis pedagogische wetenschappen (200600042)

Universiteit Utrecht

Tara Sprong (5614597) & Myrle Renes (5661986)

Thesis begeleider: Marije Stolte

Datum: 24 juni 2018

# INTELLIGENTIE, EXECUTIEVE FUNCTIES EN REKENVAARDIGHEID

## Abstract

Mathematical skills in children during elementary school is an important predictor for later mathematic skills and later school functioning. These skills are important in school context but in daily life as well. It helps for example understanding maps, time and transactions. The level of mathematical skills is influenced by a lot of factors, of which in this study intelligence, executive functioning and the way those interact has been investigated. This is important to investigate due to the fact that children with higher mathematical skills have an increased chance of successfully completing further education. With the knowledge from this research it may possible to develop new study programs for increasing mathematical skills. The aim of this study was to find out to what extent intelligence and executive functioning interacted with mathematical skills in children in elementary school. A sample of 383 children, ages between 7 and 12 years old with  $M= 9$ , took part in this study. The relation between inhibition, updating, intelligence and mathematical skills were tested. A hierarchical multiple regression analysis showed no interaction between inhibition and intelligence on mathematical skills. However, between visual updating and intelligence a negative interaction was found. This indicated that higher intelligence means that visual updating doesn't take part in predicting mathematical skills. The limitations and strengths are both discussed in the discussion. Suggestions for future research include looking separately at both visual as verbal updating and their influence on intelligence and their interaction with intelligence on mathematical skills.

*Keywords:* mathematical skills, intelligence, executive functioning, inhibition, updating

## Introductie

Rekenen, het is meestal niet het favoriete vak van basisschoolkinderen. Toch is het belangrijk dat deze vaardigheid zich ontwikkelt aangezien het meespeelt in het functioneren van een individu in het dagelijks leven (Ancker & Kaufman, 2007). Rekenen is het kunnen begrijpen en toepassen van cijfers in het dagelijks leven (Rothman, Montori, Cherrington, & Pignone, 2008). Dit houdt in dat verschillende factoren van rekenvaardigheid worden gebruikt om bijvoorbeeld tijd, kaarten, transacties etc. te begrijpen. Het is van belang dat rekenvaardigheden vroeg worden ontwikkeld omdat dit wordt gezien als een cruciale voorwaarde voor succes in verdere rekenvaardigheid (Desoete & Grégoire, 2006). Los van het belang van rekenen op de basisschool voor latere rekenprestaties, speelt het vroeg in staat zijn om goed te rekenen ook bij andere academische prestaties een rol (Cleasens & Engel, 2013). Zo blijkt bijvoorbeeld dat er een indirect effect is tussen verhoogde mate van wiskundige vaardigheden en verhoogde kans dat kinderen hun vervolgopleiding succesvol afronden (Watts, Duncan, Siegler, & Davis-Kean, 2014). Dit impliceert dat rekenen in een later stadium van een individu's leven nog een belangrijke rol speelt. Het is daarom van groot belang om inzicht te krijgen in de onderliggende factoren die een rol spelen in de rekenontwikkeling en hoe we deze kunnen benutten. In dit onderzoek wordt dan ook gekeken naar de invloed van executief functioneren en intelligentie op rekenvaardigheden op de basisschool in groep 5, 6 en 7.

Eén van de eventuele factoren die een rol kunnen spelen bij de rekenvaardigheid zijn executieve functies. Ze spelen een belangrijke rol in de ontwikkeling van telvaardigheid en rekenkundige prestaties (Cragg & Gilmore, 2014; Kroesbergen, Van Luit, Van Lieshout, Van Loosbroek, & Van de Rijt, 2009). Deze functies houden cognitieve processen in die ervoor zorgen dat bepaalde taken doelgericht uitgevoerd kunnen worden (Arffa, 2007). Hieronder vallen onder andere inhibitie, shifting en updating. De eerste functie is inhibitie, wat inhoudt dat je verleidende prikkels kunt negeren, impulsieve handelingen kunt tegenhouden en selectieve aandacht hebt voor nuttige prikkels (Diamond, 2013). Met andere woorden wordt inhibitie gedefinieerd als het kunnen uitvoeren van taken terwijl automatische reacties op prikkels onderdrukt worden (Van der Ven et al., 2011). Met shifting wordt het heen en weer schakelen tussen meerdere opdrachten of mentale schema's bedoeld (Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, & Howerter, 2000; St. Clair-Thompson & Gathercole, 2006). Het is een proces waarbij de aandacht voor een irrelevante taak of strategie binnen het uitvoeren van een taak, verschoven wordt naar een relevantere taak of strategie. Updating is een executieve functie waarbij inkomende informatie wordt gemonitord en geordend op relevantie voor de taak die op dat moment uitgevoerd wordt. Vervolgens wordt de informatie verwerkt in schema's in het werkgeheugen waarbij oude, niet meer relevante informatie wordt vervangen door deze recentere informatie (Miyake et al., 2000). Er bestaan twee vormen van

## INTELLIGENTIE, EXECUTIEVE FUNCTIES EN REKENVAARDIGHEID

updating, namelijk visuele updating, waarbij de inkomende informatie die gemonitord en geordend wordt visueel is, en verbale updating, waarbij de verwerkte informatie verbaal is (Balveren, Blokvoort, Bekkering, & Buitenman, 2010).

Ondanks veelvuldig onderzoek is er nog geen consensus over de specifieke rol van inhibitie tijdens rekenen. In het onderzoek van Censabella en Noël (2007) wordt de inhibition deficit hypothese onderzocht. Deze hypothese houdt in dat rekenproblemen een consequentie zijn van tekort aan inhibitie capaciteit. Dit is onderzocht aan de hand van drie inhibitietaken waarbij is gekeken of er een verschil te vinden is in prestatie op deze testen tussen kinderen met rekenproblemen en normaal presterende kinderen. Hieruit is gebleken dat er geen significante verschillen te vinden zijn, wat zou betekenen dat de inhibition deficit hypothese moet worden verworpen en inhibitie niet in verband staat met rekenen. Echter is in ander onderzoek gevonden dat inhibitie wel een positieve significante rol speelt in het vroeg aanleren van rekenvaardigheden (Harvey & Miller, 2017). Inhibitie zou een unieke rol spelen in de rekenkundige prestaties van jonge kinderen. Gezien het feit dat het inhiberen van irrelevante informatie ook het werkgeheugen bevordert is het belangrijk om inhibitie nader te onderzoeken en de invloed hiervan op rekenvaardigheid.

Dit is belangrijk omdat er uit eerder onderzoek naar de relatie tussen executieve functies en rekenvaardigheden is gebleken dat updating in het bijzonder vrijwel altijd positief gerelateerd is aan rekenvaardigheden (Friso-van den Bos, van der Ven, Kroesbergen, & Van Luit, 2001; Passolunghi, Vercelloni, Schadee, 2007; Van der Ven et al, 2010). De reden hiervoor is mogelijk dat updating een rol speelt in het verwerken en bewerken van informatie in het werkgeheugen (Kroesbergen, van der Ven, Kolkman, van Luit, & Leseman, 2009). Bij rekenen uit dit zich bijvoorbeeld in het vasthouden van tussenoplossingen, waardoor de som versimpeld wordt. Daarnaast is het mogelijk dat updating een rol speelt bij het onthouden en betrekken van alleen belangrijke informatie in de probleemoplossing van deze vragen (Bull, & Lee, 2014). Dit zou ook leiden tot een snellere verwerking van rekenopdrachten, omdat er minder onnodige informatie betrokken wordt in het proces en dus minder tijd besteed wordt aan de oplossing. Updating lijkt dus op verschillende manieren een positieve relatie te hebben met rekenvaardigheden van kinderen.

Zoals eerder benoemd, heeft ook intelligentie invloed op de rekenvaardigheden van kinderen. Intelligentie wordt uitgedrukt in de intelligentiequotiënt (IQ) waarmee men de individuele intellectuele mogelijkheid en capaciteit om te leren uitdrukt (Ramsden et al., 2011). Het wordt opgesplitst in verbaal IQ, waar bijvoorbeeld woordenschat en redeneringsvermogen onder vallen, en perfoormaal IQ, wat onder andere probleemoplossing inhoudt (Roca et al., 2010). Hoewel in een longitudinaal onderzoek bij kinderen ook een duidelijke positieve relatie bestaat tussen intelligentie

## INTELLIGENTIE, EXECUTIEVE FUNCTIES EN REKENVAARDIGHEID

en rekenvaardigheden (Deary et al., 2007), is het nog niet duidelijk hoe sterk deze relatie echt is. Eveneens lijkt er een verschil te zijn in samenhang tussen verbale intelligentie en executieve functies en performante intelligentie en executieve functies (Roozeboom, 2017).

Waar van intelligentie al bekend is dat het een rol speelt bij de rekenontwikkeling lijkt dit ook het geval te zijn bij executieve functies (Deary et al., 2007; De Kock, 2008; Van der Ven et al., 2012). Eveneens lijkt het zo te zijn dat een verhoogde ontwikkeling van executieve functies positief gerelateerd is aan intelligentie (Duan, Wei, Wang, & Shi, 2010) en dat het benutten van updating gerelateerd is aan intelligentie en rekenvaardigheid (Brydges et al., 2012; Deary, Strand, Smith & Fernandes, 2007; De Kock, 2008). Er lijkt dus sprake te zijn van een interactie tussen intelligentie en updating als er gekeken wordt naar de rekenontwikkeling. Dit is echter nog niet onderzocht en is dit onderzoek van belang om een beeld te schetsen van de relatie tussen deze factoren.

In het onderzoek van Lee, Lo, Li, Sung, en Juan (2015) komt naar voren dat inhibitie gerelateerd is aan leeftijdsgerelateerde verschillen in intelligentie. Dit is op zodanige manier dat de inhibitie beter wordt naarmate het verbale IQ hoger is. Echter is dit leeftijdsafhankelijk en valt er weinig te zeggen over de directe relatie tussen inhibitie en intelligentie. Koolhof, Loeber, Wei, Pardini, en D'escury (2007) hebben gevonden dat problemen in inhibitie gerelateerd zijn aan het ontstaan van delinquent gedrag vooral bij jongens met een laag IQ. Echter is ook hier weer sprake van een indirecte relatie. Deze indirecte relaties komen overeen met de conclusie van Mareschal, Butterworth, & Tolmie (2013) die vaststellen dat er geen directe relatie bestaat tussen inhibitie en intelligentie. Daarom verwachten wij in het huidige onderzoek geen positief significant interactie-effect te vinden tussen inhibitie en intelligentie op rekenvaardigheid.

Kijkende naar de rekenvaardigheden van kinderen lijkt dus zowel intelligentie als gebruik van executieve functies een rol te spelen (Deary et al., 2007; De Kock, 2008; Van der Ven et al., 2012). Daarnaast zijn er aanwijzingen dat een verhoogde ontwikkeling van executieve functies positief gerelateerd is aan intelligentie (Duan, Wei, Wang, & Shi, 2010). Hoewel er waarschijnlijk een positief verband aanwezig is tussen intelligentie en updating, is de sterkte van dit verband nog onduidelijk. Dit komt door een tekort aan onderzoek dat gedaan is op basisscholen naar dit verband. Ook is er tot op heden nog geen onderzoek gedaan naar het interactie-effect van intelligentie en updating op rekenvaardigheid. Aan de hand van de literatuur wordt er verwacht dat er inderdaad een interactie-effect aanwezig zal zijn, waarbij updating intelligentie positief zal beïnvloeden. Eveneens wordt verwacht dat dit effect een positieve relatie zal hebben met de rekenvaardigheden van kinderen in groep 5, 6 en 7.

Ook over de relatie tussen inhibitie, intelligentie en rekenvaardigheid is nog weinig bekend (Ardilla et al., 2000; Cragg & Gilmore, 2014; Kroesbergen et al., 2009). Daarom zal in deze studie rekenen wel geïncorporeerd worden in combinatie met intelligentie en inhibitie. De algemene

## INTELLIGENTIE, EXECUTIEVE FUNCTIES EN REKENVAARDIGHEID

verwachting op basis van de onderzochte literatuur is, dat updating een positief interactie-effect zal hebben met intelligentie en een positief verband in relatie tot rekenen. De verwachting voor het interactie-effect tussen intelligentie en inhibitie is dat er geen sprake zal zijn van een effect. Deze verwachting komt voort uit het gebrek aan bewijs voor een directe relatie tussen inhibitie en intelligentie en er geen consensus bestaat over de invloed van inhibitie op rekenen. Hierdoor lijkt het onwaarschijnlijk dat er een interactie-effect gevonden zal worden. Wanneer uit dit onderzoek blijkt dat een hogere inhibitie en/of updating de rekenvaardigheid kan bevorderen, kunnen er interventies ontwikkeld worden gespecificeerd op inhibitie/updating training. Hierdoor kan een rekenachterstand worden verminderd of zelfs voorkomen waardoor schoolprestaties omhoog zullen gaan.

### **Methode**

#### **Onderzoeksopzet**

Om te testen of er een interactie-effect bestaat tussen intelligentie en executieve functies tijdens rekenen bij kinderen is dit grootschalige, kwantitatieve, en toetsende onderzoek uitgevoerd. De verwachting is dat er sprake zal zijn van een interactie-effect met een positief verband met rekenen.

#### **Participanten**

Voor dit onderzoek zijn 383 kinderen getest waarvan 183 jongens, 186 meisjes en 14 onbekend. Deze kinderen zaten in groep 5, 6 en 7 van reguliere basisscholen. De steekproefgroottes voor groep 5, 6 en 7 waren respectievelijk  $n=158$ ,  $n=115$ ,  $n=100$ . In groep 5 was de verdeling 78 jongens en 79 meisjes, in groep 6 waren het 55 jongens en 58 meisjes en in groep 7 zaten 50 jongens en 49 meisjes. De leeftijden lagen tussen de 7 en 12 jaar met een gemiddelde van 9 jaar. Het aantal kinderen met een psychische stoornis en/of dyslexie in de leeftijdscategorie van 7 tot 10 jaar ligt tussen de 2,4 en 9,9 procent (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2015). In deze sample lag de prevalentie rond de 7 %. Daarom zijn kinderen met een stoornis en/of leerachterstand wel geïncludeerd in het onderzoek om dit zo representatief mogelijk te maken voor de gehele populatie. Het onderzoek is door middel van een selecte gemakssteekproef uitgevoerd.

#### **Procedure**

Er zijn meerdere scholen gecontacteerd per mail en via de telefoon. Vervolgens ontvingen ouders een informatie- en toestemmingsbrief voor een actieve toestemmingsprocedure. Ook werd aan ouders en leerkrachten gevraagd een vragenlijst in te vullen om informatie te verschaffen over onder andere stoornissen en leerproblemen. De testen zijn in twee dagen, gedurende gemiddeld een uur per dag uitgevoerd, zowel klassikaal op papier als in kleine groepjes op laptops. De intelligentietests zijn klassikaal afgenomen en de laptoptaken zijn gebruikt voor het meten van

## INTELLIGENTIE, EXECUTIEVE FUNCTIES EN REKENVAARDIGHEID

executieve functies. Er zijn meerdere testleiders gebruikt om de data af te nemen. Hierbij is gebruik gemaakt van een protocol. Dit is gedaan om onder andere de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid zo hoog mogelijk te houden. Om ook de validiteit van het onderzoek zo hoog mogelijk te houden, is gebruik gemaakt van al gevalideerde meetinstrumenten.

### Meetinstrumenten

**Nederlandse Intelligentietoets Onderwijsniveau.** De NIO is in dit onderzoek gebruikt om intelligentie te meten. Er werd één onderdeel van de NIO voor ruimtelijk inzicht gebruikt bij het onderzoek. Hiermee werd hun ruimtelijke rekenvaardigheid onderzocht door te kijken of kinderen het vermogen hebben om tweedimensionale figuren aan de bijbehorende driedimensionale figuren te koppelen. De kinderen krijgen acht items met twee voorbeeldopgaven voor zich. Voor ieder item zijn er 5 antwoordmogelijkheden waarvan er steeds twee of meer goed zijn. De kinderen moeten de juiste uitgevouwen tweedimensionale figuren omcirkelen. De afnameduur van de taak is 10 minuten. De minimale score is nul en de maximale score is 39. Per item is de score het aantal juist omcirkelde antwoorden min het aantal fout omcirkelde antwoorden. Normaliter bestaat de NIO uit zes onderdelen en wordt deze gebruikt om het algemene intelligentieniveau en schoolniveau te bepalen. De Cronbach's  $\alpha$  van de NIO is .95, deze score kan worden geïnterpreteerd als een teken van hoge betrouwbaarheid van de toets (Van Dijk & Tellegen, 2004). Volgens COTAN beoordelingen is zowel de betrouwbaarheid als de validiteit van de NIO goed (COTAN, 2018).

**CITO.** In dit onderzoek zijn de CITO vaardigheidsscores van de kinderen bij de leerkracht opgevraagd. De CITO is eerder in het jaar of voorgaand jaar in zijn geheel afgenomen met verschillende onderdelen zoals taal, begrijpend lezen, en rekenen. Op de meeste scholen wordt de CITO gebruikt voor het testen van het algemeen intelligentieniveau en voor het bepalen van middelbare schooladvies (Hollenberg & Van Der Lubbe, 2017). Bij onderzoek naar de betrouwbaarheid en validiteit van de CITO LVS Rekenen-wiskunde door COTAN bleek dat de betrouwbaarheid goed was en de begripsvaliditeit voldoende. Ook scoren de verschillende gebruikte versies van de CITO, zoals M5 en E6 allemaal een Cronbach's  $\alpha$  tussen de .91 en .95, wat geïnterpreteerd moet worden als een hoge betrouwbaarheid (Janssen, Verhelst, Engelen, & Scheltens, 2010; COTAN, 2018).

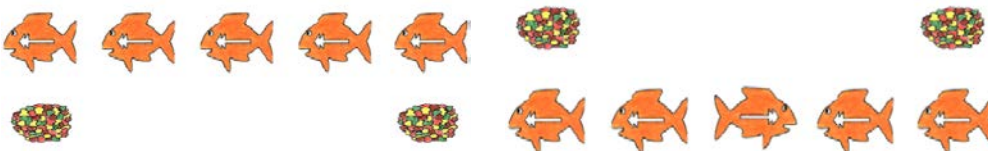
**Apenspel.** Het apenspel is bedoeld om het verbale updatingsvermogen te meten (Weijer-Bergsma, Kroesbergen, Jolani & van Luit, 2016). Dit gebeurt door het uitvoeren van verschillende trials op de computer waarbij de leerling in het spel woorden hoort als vis, roos, maan. Vervolgens moet de leerling deze woorden achterstevoren aanklikken op het scherm. Het aantal woorden vermeerderd gedurende het spel, in de eerste ronde moeten er twee woorden worden aangeklikt en bij de laatste ronde zes woorden. Alle rondes bij elkaar kost het apenspel tussen de 10 á 15 minuten de tijd. Om de betrouwbaarheid van deze taak te bepalen is Cronbach's  $\alpha$  berekend voor

## INTELLIGENTIE, EXECUTIEVE FUNCTIES EN REKENVAARDIGHEID

zowel de verschillende leeftijden,  $\alpha = .89$ , als de verschillende levels van het spel,  $\alpha = .87$  (Weijer-Bergsma et al., 2016) waarbij beide alfa's geïnterpreteerd kunnen worden als passend bij goede betrouwbaarheid.

**Leeuwenspel.** Deze computer taak is gebruikt voor het meten van het visuele updatingsvermogen (Weijer-Bergsma, Kroesbergen & van Luit, 2014). In het leeuwenspel verschijnt een gekleurde leeuw in een van de in totaal 16 hokjes van het spel. De bedoeling is dat kinderen van bepaalde gekleurde leeuwen de laatste plek waar ze verschenen onthouden, waarbij in de eerste trial de laatste plek van één gekleurde leeuw onthouden moet worden. Dit loopt gedurende de trials op naar een maximum van vijf leeuwen per trial (Weijer-Bergsma, Kroesbergen, Prast & van Luit, 2015). Net als het apenspel duurt ook het leeuwenspel tussen de 10 en 15 minuten. Het leeuwenspel wordt beoordeeld met een goede tot uitzonderlijke betrouwbaarheid gezien het feit dat de Cronbach's  $\alpha$  voor de levels  $\alpha = .89$  geldt, en voor de verschillende basisschoolgroepen  $\alpha = .90$  (Weijer-Bergsma et al., 2015).

**Vissenspel.** Het vissenspel is een nieuwe versie van een Flanker taak (Davranche, Hall, McMorris, 2009). In dit spel is het de bedoeling dat kinderen kijken welke kant de middelste vis op zwemt en deze kant aanklikken op het toetsenbord. Het vissenspel start met vijf oefentrials waarbij de daadwerkelijke taak pas start wanneer de kinderen deze allen goed heeft. Gedurende alle delen hebben de kinderen 2000 ms om te reageren per trial. Wanneer ze te langzaam zijn horen ze een geluidje. Bij het oefen-deel komt er na elke trial nog feedback, dit valt echter weg bij het inhibitie gedeelte van de toets. Na het oefen-deel volgt het inhibitie-deel waarbij er twintig congruente twintig incongruente (zie Figuur 1) en zestien neutrale trials getoetst worden. Deze congruente, incongruente en neutrale trials worden getoond in random volgorde. Bij de neutrale trials is maar één vis in beeld zichtbaar. De taak wordt gescoord op de reactietijd in milliseconden, en een percentielscore tussen de 0 en 1 die aangeeft hoeveel procent van de gegeven antwoorden correct was. Bij het testen van de betrouwbaarheid van het vissenspel is gevonden dat voor de neutrale trials een  $\alpha = .84$  gold, voor de congruente trials een  $\alpha = .87$  en voor de incongruente trials een  $\alpha = .88$ . Dit kan geïnterpreteerd worden als een hoge betrouwbaarheid bij alle trials.



*Figuur 1.* Links: congruent trial vissenspel, rechts: incongruent trial vissenspel

### Analyseplan

De vraag die beantwoord is in het onderzoek is: Wat is het interactie-effect tussen executieve functies en intelligentie op rekenvaardigheid bij kinderen in groep 5 t/m 8? Aan de hand



## INTELLIGENTIE, EXECUTIEVE FUNCTIES EN REKENVAARDIGHEID

van beschrijvende statistieken wordt er een algemeen beeld gevormd van de verdeling in de resultaten. Voorafgaand aan de toets zijn de assumpties gecontroleerd, namelijk of het sample voldoet aan een normaalverdeling, of er sprake is van een variantie in de onafhankelijke variabelen, of er geen sprake is van een te hoge correlatie tussen de onafhankelijke variabelen, of er sprake is van homoscedasticiteit en of er sprake is van een lineair verband tussen de onafhankelijke en afhankelijke variabelen. In dit onderzoek was de onderzochte afhankelijke variabele de rekenvaardigheid, gebaseerd op de CITO-score. De eerste onafhankelijke variabele die onderzocht werd was intelligentie, gebaseerd op de NIO-score. De tweede was updating, gebaseerd op de scores van het leeuwen- en apenspel en als laatste werd er ook gekeken naar inhibitie gebaseerd op de score bij het vissenspel. Bij aanwezigheid van outliers, is er gekeken worden naar hoeveel standaardafwijkingen deze outliers van het gemiddelde af lagen. Bij een grotere afwijking dan  $-3.29$  of  $+3.29$  standaardafwijkingen van het gemiddelde zijn de outliers niet meegenomen in de analyses (Bennet & Heritage, 2014). Na de assumpties gecontroleerd te hebben is er gebruik gemaakt van een multipele regressie analyse om de onderzoeksvraag te beantwoorden. Bij deze multipele regressie is gekeken naar de invloed van de interactie tussen intelligentiescores (interval) en executieve functies (inhibitie: interval, updating: ratio) op rekenvaardigheid (interval). Ook is bij het uitvoeren van de multipele regressieanalyse leeftijd meegenomen in de modellen. De hypothese wordt aangenomen afhankelijk van een  $\alpha = .10$ . Dit houdt in dat onze hypothese wordt aangenomen wanneer er sprake is van een  $p$  gelijk aan of lager dan  $.10$ .

### **Ethische verantwoording**

In dit onderzoek is er op meerdere manieren getracht een zo ethisch mogelijk onderzoek op te zetten. Zo is er gebruik gemaakt van *actieve toestemming*. Dit houdt in dat een kind niet deelnam aan het onderzoek wanneer ouders geen actieve toestemming op het formulier hadden gegeven. De belasting voor de kinderen was minimaal, aangezien de afnames van de toetsen onder schooltijd en in een bekende omgeving plaatsvonden. Daarnaast zijn de individuele computertaken zo vormgegeven dat ze eruit ziet als computerspelletjes, waardoor de kinderen het niet als toets beschouwen. Wanneer kinderen de belasting alsnog als te groot ervaren, mochten zij gedurende het onderzoek de taken op elk moment afbreken. Vooral de individuele spellen konden voor wat zwaardere belasting zorgen voor de kinderen omdat deze spellen bedoeld zijn voor kinderen vanaf groep 5 tot groep 8, waardoor voor jongere kinderen de taken frustrerend konden zijn. Als laatste zijn de gegevens van de kinderen vertrouwelijk en anoniem verwerkt.

Voor de testleiders zijn gestart met de dataverzameling is er toestemming gegeven door de ethische commissie van de Universiteit Utrecht om het onderzoek uit te voeren. Dit houdt in dat het onderzoek voldeed aan de ethische normen voor wetenschappelijk onderzoek.

### **Resultaten**

## INTELLIGENTIE, EXECUTIEVE FUNCTIES EN REKENVAARDIGHEID

Met behulp van statistische analyses is de hoofdvraag van dit onderzoek onderzocht: 'Wat is het interactie-effect tussen inhibitie, updating en intelligentie op rekenvaardigheid bij kinderen uit groep 5, 6 en 7'. Ook is het effect van inhibitie x intelligentie en van updating x intelligentie op rekenvaardigheid onderzocht. Hieronder worden de resultaten van de analyses weergegeven.

### **Intelligentie, inhibitie en updating**

Er is gekozen om een multipele regressie uit te voeren om het verband tussen inhibitie, intelligentie, updating en rekenvaardigheid (afhankelijke variabele) te onderzoeken, dit is de hoofdvraag. Ook voor het beantwoorden van de deelvragen is gebruik gemaakt van twee aparte multipele regressie analyses. Updating is hierbij verdeeld in de proportie correctscore van het apen- en leeuwenspel, intelligentie wordt door middel van de score op de NIO meegenomen, en de score op de CITO wordt als maat voor rekenvaardigheid gebruikt. Voor inhibitie is alleen de score van reactietijd (RT) van het vissenspel en niet accuraatheid van dit spel meegenomen in de analyses. Bij de reactietijd zijn zowel de congruente als de incongruente trials meegenomen in de analyses door een nieuwe variabele te maken waarbij deze samen zijn gevoegd. Dit is gedaan door de reactietijd van beide soorten trials bij elkaar op te tellen en daar het gemiddelde van te gebruiken als nieuwe variabele in SPSS. De keuze voor een multipele regressie komt ten eerste voort uit het feit dat de variabelen allemaal continue variabelen zijn, dus van ratio meetniveau. Daarnaast is er sprake van meerdere onafhankelijke variabelen (intelligentie, inhibitie reactietijd, updating). Het besluit om een multipele regressie te gebruiken komt voort uit bovenstaande redenen en het feit dat een regressie het mogelijk maakt interactie-effecten te meten. Leeftijd van de participanten is een controle variabele in dit onderzoek. Dit omdat de hoogte van de scores op de toetsen verschillen per leeftijd, door leeftijd als controle variabele te gebruiken wordt er rekening gehouden met leeftijdsverschillen.

### **Algemene gegevens van de steekproef**

De gemiddelden en standaardafwijkingen van de afhankelijke (rekenvaardigheid) en onafhankelijke variabelen worden in Tabel 1 weergegeven om een beeld te schetsen van de steekproef. De twee uitschieters die gedetecteerd zijn, zijn niet meegenomen in de analyses aangezien deze proefpersonen meer dan -3.29 of +3.29 standaardafwijkingen van het gemiddelde afwijken. Door het verwijderen is de steekproef zo representatief mogelijk gehouden. Dit gaf ons een uiteindelijke sample van 381 proefpersonen. Kinderen met een stoornis zijn geïnccludeerd in de analyses omdat deze groep bestaat uit 7% van de gehele sample. Dit valt binnen de prevalentie van de landelijke percentages, wat betekent dat het een representatieve sample is.

Tabel 1

*Gemiddelden, standaardafwijkingen en minimum- en maximumscores van de Leeftijd, Rekenvaardigheid, Intelligentie, Inhibitie, en Visuele en Verbale Updating*

---

## INTELLIGENTIE, EXECUTIEVE FUNCTIES EN REKENVAARDIGHEID

	<i>n</i>		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>
	<i>Valid</i>	<i>Missing</i>				
Leeftijd	358	25	9.66	1.04	0.39	12.26
Rekenvaardigheid	338	45	-.004	0.99	-6.29	3.15
Intelligentie	351	32	26.32	5.69	13.00	40.00
Inhibitie	365	18	750.52	130.89	482.81	1202.93
Verbale Updating	355	28	0.56	0.12	0.17	0.80
Visuele Updating	345	38	0.72	0.14	0.20	1.00

Voor het uitvoeren van de analyses is er gecontroleerd of aan de assumpties werd voldaan. Dit is gedaan door middel van onder andere stem-and-leaf plots en scatterplots te bekijken. De assumpties waar in deze multi-pele regressies aan voldaan zijn, zijn als volgt: de sample is een normale verdeling, er is sprake van homoscedasticiteit en er is variantie in de onafhankelijke variabelen. De assumptie van normaliteit is licht afwijkend, echter niet voldoende om deze assumptie als geschonden te beschouwen. Er is geen sprake van multicollineariteit aangezien de waarde van tolerance  $>.01$  en de VIF waarde een stuk kleiner dan 10 is wat betekent dat deze assumptie niet geschonden is. Dit geldt niet alleen voor de analyse van de hoofdvraag, maar ook voor de analyses van de deelvragen.

### Resultaten regressie analyses

Als eerste is de deelvraag wat het interactie-effect is van inhibitie en intelligentie op rekenvaardigheid van kinderen in groep 5, 6 en 7 onderzocht. Uit de resultaten van deze multi-pele regressie is gebleken dat er geen sprake is van een significant effect aangezien  $a > .10$ . De resultaten zijn als volgt voor de multi-pele regressie analyse,  $R^2 = .068$ ,  $F(3, 300) = .467$ ,  $p = .705$ . De niet-gestandaardiseerde ( $B$ ) en gestandaardiseerde ( $\beta$ ) regressiecoëfficiënten voor elke onafhankelijke variabele (voorspeller van rekenvaardigheid) zijn vermeld in Tabel 2. Eveneens bleek dat er geen interactie-effect te vinden is tussen intelligentie x inhibitie op rekenvaardigheid omdat,  $R^2 = .077$ ,  $F(4, 299) = .442$ ,  $p = .778$ . De effectgrootte is bepaald door middel van Cohen's  $f^2$  te berekenen.  $f^2 = .077 / (1 - .077) = .083$ , dit kan worden beschouwd als een klein effect. Deze resultaten geven aan dat er geen samenhang is tussen intelligentie en inhibitie op de rekenvaardigheid van basisschoolkinderen. In model 2 verklaren de variabelen leeftijd, inhibitie en intelligentie 6,8% van de variantie in rekenvaardigheid. In model 3 zijn de interactie-effecten toegevoegd wat 7,7% van de variantie in rekenvaardigheid verklaard.

Tabel 2

## INTELLIGENTIE, EXECUTIEVE FUNCTIES EN REKENVAARDIGHEID

*Coefficiënten van een multipele regressie van leeftijd, intelligentie, inhibitie en de interacties*

Model	<i>B</i>	<i>SE B</i>	$\beta$	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
1 (Constant)	-.087	0.47		-.183	0.86
Leeftijd	0.01	0.05	0.01	0.22	0.83
2 (Constant)	-.282	0.66		-.427	0.67
Leeftijd	0.01	0.05	0.01	0.19	0.85
Intelligentie	0.06	0.05	0.06	1.04	0.30
Inhibitie	0.00	0.00	0.04	0.62	0.54
3 (Constant)	-.382	0.66		-.493	0.62
Leeftijd	0.01	0.05	0.01	0.24	0.81
Intelligentie	-.140	0.33	-.154	-.429	0.67
Inhibitie	0.00	0.00	0.04	0.69	0.49
Inhibitie x Intelligentie	0.00	0.00	0.22	0.61	0.54

Vervolgens is de tweede deelvraag van het interactie-effect tussen updating en intelligentie op rekenvaardigheid onderzocht. Uit de resultaten van deze regressie analyse blijkt dat ook hier geen sprake is van een significant effect omdat  $p > .10$ . De resultaten van de analyse zijn als volgt,  $R^2 = .014$ ,  $F(4, 278) = .968$ ,  $p = .425$ . De niet-gestandaardiseerde (*B*) en gestandaardiseerde ( $\beta$ ) regressiecoëfficiënten voor elke onafhankelijke variabele van deze regressie zijn vermeld in Tabel 3. Wel is gebleken dat er een significant interactie-effect bestaat tussen visuele updating en intelligentie aangezien  $p = .09$ . Dit is kleiner dan de vooraf opgestelde  $\alpha = .10$ . De effectgrootte is ook hier volgens Cohen's  $f^2$  berekend.  $R^2 = .024$  dus  $f^2 = .024 / (1 - .024) = .025$ , dit is een medium effect. In model 2 verklaren de variabelen leeftijd, visuele updating, verbale updating en intelligentie 1,4% van de variantie in rekenvaardigheid. In model 3 zijn weer de interactie-effecten toegevoegd wat 2,5% van de variantie in rekenvaardigheid verklaard.

Tabel 3

*Coefficiënten van een multipele regressie van leeftijd, intelligentie en visuele en verbale updating en de interacties*

Model	<i>B</i>	<i>SE B</i>	$\beta$	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
1 (Constant)	-.366	0.49		-.754	0.45

## INTELLIGENTIE, EXECUTIEVE FUNCTIES EN REKENVAARDIGHEID

Leeftijd	0.04	0.05	0.05	0.80	0.43
2 (Constant)	-.467	0.57		-.813	0.42
Leeftijd	0.03	0.05	0.03	0.50	0.62
Intelligentie	0.06	0.06	0.06	1.00	0.32
Visuele Updating	0.56	0.44	0.08	1.28	0.20
Verbale Updating	-.300	0.51	-.038	-.590	0.56
3 (Constant)	-.368	0.58		-.637	0.52
Leeftijd	0.03	0.05	0.03	0.49	0.62
Intelligentie	0.49	0.39	0.53	1.25	0.21
Visuele Updating	0.45	0.44	0.07	1.02	0.31
Verbale Updating	-.294	0.51	-.037	-.579	0.56
Visueel x Intelligentie	-.818	0.47	-.681	-1.73	0.09
Verbaal x Intelligentie	0.32	0.50	0.21	0.64	0.52

Als laatste is er een regressie analyse uitgevoerd om de hoofdvraag van het onderzoek te beantwoorden. Uit de resultaten van deze multi-pele regressie is gebleken dat er geen significant effect te vinden is omdat  $p > .10$ . De resultaten van de analyse zijn als volgt,  $R^2 = .015$ ,  $F(5, 273) = .829$ ,  $p = .530$ . De niet-gestandaardiseerde ( $B$ ) en gestandaardiseerde ( $\beta$ ) regressiecoëfficiënten voor elke onafhankelijke variabele zijn vermeld in Tabel 4. Ook blijkt er geen interactie-effect te zijn tussen inhibitie, updating x intelligentie op rekenvaardigheid omdat,  $R^2 = .030$ ,  $F(8, 270) = 1.028$ ,  $p = .415$ . Een  $R^2 = .015$  wordt als een erg klein effect beschouwd waardoor de conclusie kan worden getrokken dat er geen samenhang is tussen inhibitie, updating en intelligentie op rekenvaardigheid. In model 2 verklaren de variabelen leeftijd, visuele updating, verbale updating, intelligentie en inhibitie 1,5% van de variantie in rekenvaardigheid. In model 3 zijn de interactie-effecten toegevoegd wat 3% van de variantie in rekenvaardigheid verklaard.

Tabel 4

*Coefficiënten van een multi-pele regressie van leeftijd, intelligentie, inhibitie en visuele en verbale updating en de interacties*

Model	$B$	$SE B$	$\beta$	$t$	$Sig.$
1 (Constant)	-.387	0.49		-.791	0.43
Leeftijd	0.04	0.05	0.05	0.85	0.40

## INTELLIGENTIE, EXECUTIEVE FUNCTIES EN REKENVAARDIGHEID

2 (Constant)	-.796	0.82		-.974	0.33
Leeftijd	0.03	0.05	0.04	0.64	0.52
Intelligentie	0.05	0.06	0.06	0.93	0.36
Inhibitie	0.00	0.00	0.03	0.51	0.61
Visuele Updating	0.62	0.45	0.09	1.40	0.16
Verbale Updating	-.253	0.52	-.032	-.486	0.63
3 (Constant)	-.880	0.84		-1.05	0.30
Leeftijd	0.04	0.05	0.04	0.68	0.50
Intelligentie	-.018	0.66	-.020	-.028	0.98
Inhibitie	0.00	0.00	0.05	0.76	0.45
Visuele Updating	0.54	0.45	0.08	1.20	0.23
Verbale Updating	-.176	0.53	-.022	-.336	0.74
Inhibitie x Intelligentie	0.00	0.00	0.40	0.96	0.34
Visueel x Intelligentie	-.753	0.49	-.628	-1.55	0.12
Verbaal x Intelligentie	0.47	0.52	0.31	0.91	0.37

### Conclusie/discussie

In de huidige studie is onderzoek gedaan naar het interactie effect tussen executieve functies en intelligentie op rekenvaardigheid in groep 6, 7 en 8. De verwachting aan de hand van de literatuur was dat er gevonden zou worden dat er sprake zou zijn van een positieve interactie tussen executieve functies en intelligentie. De resultaten suggereren echter dat het grootste interactie-effect wat aanwezig was een negatief interactie effect was. Bij het uitvoeren van een multi-pele analyse waarbij zowel inhibitie als visuele en verbale updating, intelligentie, leeftijd en de interactie tussen intelligentie en inhibitie, visuele en verbale updating zijn onderzocht, bleek dat alleen het interactie-effect van visuele updating een significant effect had. Hierbij had de visuele updating een negatief interactie-effect. Dit kwam ook naar voren in de multi-pele regressie analyse voor alleen updating, intelligentie en rekenvaardigheid, waarbij visuele updating een negatieve interactie toonde en verbale updating vrijwel geen interactie-effect had. Voor inhibitie werd er vanuit gegaan dat er geen sprake zou zijn van een interactie-effect met intelligentie. Dit werd bevestigd in zowel een losse multi-pele regressie analyse als een multi-pele regressie samen met updating. Hieruit kwam naar voren dat inhibitie weinig tot geen interactie-effect had op rekenen. De hypothese over het interactie-effect van inhibitie wordt daarom aangenomen. De opgestelde

## INTELLIGENTIE, EXECUTIEVE FUNCTIES EN REKENVAARDIGHEID

hypothese voor updating wordt echter verworpen. Er is bij visuele updating wel sprake van een significant interactie-effect, maar dit interactie effect is negatief wat tegenstellend is aan de hypothese waar uitgegaan werd van een positief interactie-effect.

Dat er geen interactie-effect aanwezig was voor inhibitie sluit aan bij de hypothese opgesteld vanuit de literatuur. In de literatuur werd onder andere gevonden dat, hoewel inhibitie hoger blijkt te zijn bij sprake van een hoger verbaal IQ, dit echter leeftijdsafhankelijk is en er geen sprake is van een direct verband (Lee, Lo, Li, Sung, & Juan, 2015). Ook in andere onderzoeken werd gevonden dat er alleen een indirecte relatie is tussen intelligentie en inhibitie (Mareschal, Butterworth & Tolmie, 2013). De literatuur had echter een andere uitkomst voorspeld voor het interactie-effect tussen intelligentie en updating. Er was bekend dat beter ontwikkelde executieve functies positief gerelateerd waren aan intelligentie en dat het goed kunnen benutten van specifiek updating eveneens positief gerelateerd is aan hogere intelligentie (Duan, Wei, Wang, & Shi, 2010; Brydges et al, 2012; De Kock, 2008). Door deze positieve relaties werd er verwacht dat ook het interactie-effect tussen intelligentie en updating op rekenvaardigheid positief zou zijn. In het onderzoek is echter gevonden dat er sprake is van een negatief interactie-effect dat alleen geldt voor visuele updating en niet voor verbale updating. Mogelijke verklaringen voor de afwijkende conclusies voor de interactie-effecten van updating en intelligentie zouden kunnen zijn dat er in de besproken literatuur nog weinig onderscheid gemaakt werd tussen visuele en verbale updating, terwijl in de taken wel specifiek naar één soort updating gekeken werd. Hoewel er wel een verband gevonden werd tussen de rekenvaardigheid en zowel verbale als visuele updating (St. Clair-Thompson & Gathercole, 2006) en er sprake is van een duidelijke relatie tussen intelligentie en updating (Colom, Abad, Quiroge, Shih, & Flores-Mendoza, 2008), is er geen onderzoek gedaan naar de verschillende effecten van verbale en visuele updating op intelligentie. Hoewel de opgestelde hypothese over algemene updating wellicht juist is, klopt deze niet wanneer er gekeken wordt naar de twee verschillende soorten updating, wat in dit onderzoek gedaan is. Een eventuele andere verklaring voor de afwezigheid van het verwachte interactie-effect zou kunnen zijn dat er in het onderzoek gebruik gemaakt is van één specifiek onderdeel van een intelligentietest. Het gebruikte onderdeel behoort onder performale intelligentie en geeft geen beeld van de verbale intelligentie (Dijk, H. van & Tellegen, P. J. (2004). Dit zou kunnen verklaren waarom alleen voor visuele updating een effect gevonden is in dit onderzoek. Daarnaast is het mogelijk dat visuele updating een ander interactie-effect heeft met verbale intelligentie dan aanwezig is tussen visuele updating en performale intelligentie. Hier zou rekening mee gehouden kunnen worden in toekomstig onderzoek.

In deze studie zijn er meerdere beperkingen maar ook sterke punten te vinden. Een van de beperkingen van deze studie die al eerder benoemd werd, was dat er geen gebruik is gemaakt van

## INTELLIGENTIE, EXECUTIEVE FUNCTIES EN REKENVAARDIGHEID

een volledige intelligentietest, maar een klein deel van een intelligentietest gericht op ruimtelijke rekenvaardigheid. Mogelijk zouden er andere resultaten uitgekomen zijn als de gehele intelligentietest uitgevoerd was. Dit omdat er nu mogelijk een grotere samenhang is tussen intelligentie en rekenvaardigheid doordat de gemeten intelligentie over ruimtelijke rekenvaardigheid ging, wat een grotere samenhang heeft met rekenvaardigheid dan bijvoorbeeld verbale intelligentie. Een andere beperking van het onderzoek is dat de computertaken om executieve functies te meten geen afbreekregel hadden. Dat houdt in dat de taken niet stopten voordat alle trials uitgevoerd waren, zelfs als een kind al meerdere trials achter elkaar fout had. Deze beperking speelt vooral een rol omdat de drie computertaken achter elkaar uitgevoerd werden door de kinderen, waardoor vooral de jongere kinderen vaak al gefrustreerd van de eerste taak aan de tweede en derde taak begonnen. Hierdoor was te merken dat hun concentratie af nam, wat hun scores op executieve functies taken zouden kunnen hebben beïnvloed. Ondanks deze beperkingen zijn er ook meerdere sterke punten van de studie te benoemen. Zo is de externe validiteit van het onderzoek vergroot door de taken zowel schriftelijk als op de computer af te nemen in de bekende schoolomgeving. Hierdoor werd er weinig veranderd aan de natuurlijke omgeving waarin rekenvaardigheden, executieve functies en intelligentie normaal gebruikt worden, waardoor de kans groot is dat de gevonden resultaten ook in andere omgevingen zullen gelden. Ook de interne validiteit van de studie is groot. Dit is bereikt door gebruik te maken van gevalideerde toetsen en protocollen te gebruiken bij het afnemen van deze toetsen en taken. Daarnaast is eveneens gebruik gemaakt van losse taken voor verbale en visuele updating. Hierdoor is het zeker dat er gemeten werd wat de bedoeling was door de toetsen. Niet alleen gevalideerd en specifiek, maar ook dat de verschillende onderzoekers het onderzoek op dezelfde manier uit zouden voeren.

Bij toekomstig onderzoek zijn er drie duidelijke punten waarop gefocust moet worden. Zo is het van belang om een gehele intelligentietest af te nemen om te zorgen dat er een totaalbeeld ontstaat van de intelligentie, in plaats van intelligentie meten aan de hand van één per formaal onderdeel van de toets gerelateerd aan rekenvaardigheid. Daarnaast zouden taken voor het meten van de executieve functies gebruikt kunnen worden die wel een afbreekregel hebben. Op deze manier kan de concentratie van de kinderen zo groot mogelijk gehouden worden. Als laatste is het van groot belang dat er gekeken wordt naar de verschillen tussen visuele en verbale updating en hun invloed op intelligentie en rekenvaardigheid. Dit is mogelijk door eerst onderzoek te doen naar intelligentie en verschillende soorten van executieve functies, zonder rekenvaardigheid hierbij te betrekken. Om vervolgens rekenvaardigheid toe te voegen aan de analyse.



## Referenties

- Allen, P., Bennett, K., & Heritage, B. (2014). *SPSS statistics version 22: A practical guide*. Cengage Learning Australia.
- Ancker, J. S. & Kaufman, D. (2007). Rethinking health numeracy: A multidisciplinary literature review. *Journal of American Medical Information Association*, *14*, 713-721.  
doi: 10.1197/jamia.M2464
- Arffa, S. (2007). The relationship of intelligence to executive function and non-executive function measures in a sample of average, above average, and gifted youth. *Archives of Clinical Neuropsychology*, *22*, 969-978. doi: <https://doi.org/10.1016/j.acn.2007.08.001>
- Balveren, A., Blokvoort, E. S., Bekkering, H. C. & Buitenman, D. T. (2010). *Verschillen tussen jongens en meisjes in groep twee wat de invloed van werkgeheugentrainingen op de rekenvaardigheid betreft* (scriptie). Geraadpleegd van <http://dspace.library.uu.nl/>
- Bull, R., & Lee, K. (2014). Executive functioning and mathematics achievement. *Child Development Perspectives*, *8*, 36-41. doi: 10.1111/cdep.12059
- Brydges, C. R., Reid, C. L., Fox, A. M. & Anderson, M. (2012). A unitary executive function predicts intelligence in children. *Neurocognitive Development Unit*, *40*, 458-469.  
doi: 10.1016/j.intell.2012.05.006
- Centraal Bureau voor de Statistiek. (2015, 23 februari). Gezondheidsmetingen kinderen: 2001-2013 [Dataset]. Geraadpleegd van <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/>
- Censabella, S., & Noël, M. -P. (2007). The inhibition capacities of children with mathematical disabilities. *Child Neuropsychology*, *14*, 1-20. doi: 10.1080/09297040601052318
- Cleasens, A., & Engel, M. (2013). How important is where you start? Early mathematics knowledge and later school success. *Teachers College Record*, *115*, 1-29. Geraadpleegd van <http://psycnet.apa.org.proxy.library.uu.nl/record/2013-18273-005>
- Colom, R., Abad, F. J., Quiroga, M. A., Shih, P. C., & Flores-Mendoza, C. (2008). Working memory and intelligence are highly related constructs, but why? *Intelligence*, *36*, 584-606.  
doi: 10.1016/j.intell.2008.01.002
- Cotan (2018). Tempo Test Rekenen; Herziene versie. Geraadpleegd van <https://www.cotandocumentatie.nl/beoordelingen/b/13750/tempo-test-rekenen/>
- Cragg, L., & Gilmore, C. (2014). Skills underlying mathematics: The role of executive function in the development of mathematics proficiency. *Trends in Neuroscience and Education*, *3*, 63-68. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tine.2013.12.001>
- Davranche, K., Hal, B., & McMorris, T. (2009). Effect of acute exercise on cognitive control required during an Eriksen flanker task. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, *31*, 626-639.  
doi: 10.1123/jsep.31.5.628

## INTELLIGENTIE, EXECUTIEVE FUNCTIES EN REKENVAARDIGHEID

- De Kock, X. (2008) *De relatie tussen intelligentie en rekenvaardigheden* (scriptie). Geraadpleegd van [https://lib.ugent.be/fulltxt/RUG01/001/289/387/RUG01-001289387\\_2010\\_0001\\_AC.pdf](https://lib.ugent.be/fulltxt/RUG01/001/289/387/RUG01-001289387_2010_0001_AC.pdf)
- Deary, I. J., Strand, S., Smith, P. & Fernandes, C. (2007). Intelligence and educational achievement. *Intelligence*, 35, 13-21. doi:10.1016/j.intell.2006.02.001
- Desoete, A., & Grégoire, J. (2006). Numerical competence in young children and in children with mathematical learning disabilities. *Learning and Individual Differences*, 16, 351-367. doi:10.1016/j.lindif.2006.12.006
- Dijk, H. van & Tellegen, P. J. (2004). Nederlandse intelligentietest voor onderwijsniveau: Handleiding en verantwoording. Amsterdam, Nederland: Boom test uitgevers
- Duan, X., Wei, S., Wang, G., & Shi, J. (2010) The relationship between executive functions and intelligence on 11- to 12-year-old children. *Psychological Test and Assessment Modeling*, 52, 419-431. Geraadpleegd van [http://p16277.typo3server.info/fileadmin/download/ptam/4-2010\\_20101218/05\\_Duan.pdf](http://p16277.typo3server.info/fileadmin/download/ptam/4-2010_20101218/05_Duan.pdf)
- Harvey, H. A., & Miller, G. E. (2017). Executive function skills, early mathematics, and vocabulary in head start preschool children. *Early Education and Development*, 28, 290-307. doi:10.1080/10409289.2016.1218728
- Hollenberg, J., & Lubbe, M. van der (2017). Toetsen op School. Primair onderwijs. Cito: Arnhem.
- Janssen, J., Verhelst, N., Engelen, R., & Scheltens, F. (2010). Wetenschappelijke verantwoording van de toetsen LOVS Rekenen-Wiskunde voor groep 3 tot en met 8 [Scientific justification of the keys LOVS Arithmetic and Mathematics grade 1 to 6]. Arnhem, the Netherlands: Cito.
- Koolhof, R., Loeber, R., Wei, E. H., Pardini, D. & D'escury, A. C. (2007). Inhibition deficits of serious delinquent boys of low intelligence. *Criminal Behaviour and Mental Health*, 17, 274-292. doi:10.1002/cbm.661
- Kroesbergen, E. H., Van Luit, J. E. H., Van Lieshout, E. C. D. M., Van Loosbroek, E., & Van de Rijt, B. A. M. (2009). Individual differences in early numeracy: The role of executive functions and subitizing. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 27, 226-236. doi:10.1177/0734282908330586
- Kroesbergen, E. H., van der Ven, S. H. G., Kolkman, M. E., van Luit, J. E. H., & Leseman, P. P. M. (2009). Executieve functies en de ontwikkeling van (voorbereidende) rekenvaardigheid. *Pedagogische studies*, 86, 334-349. Geraadpleegd van <http://pedagogischestudien.nl/download?type=document&identifiser=616391>
- Lee, H. W., Lo, Y. -H., Li, K. -H., Sung, W. -S. & Juan, C. -H. (2015). The relationship between the development of response inhibition and intelligence in preschool children. *Frontiers in Psychology*, 6, 802. doi:10.3389/fpsyg.2015.00802

## INTELLIGENTIE, EXECUTIEVE FUNCTIES EN REKENVAARDIGHEID

- Mareschal, D., Butterworth, B. & Tolmie, A. (2013). *Educational Neuroscience*. West Sussex: John Wiley & Sons.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H. & Howerter, A. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100. doi:10.1006/cogp.1999.0734
- Passolunghi, M. C., Vercelloni, B. & Schadee, H. (2007). The precursors of mathematics learning: Working memory, phonological ability and numerical competence. *Cognitive development*, 22, 165-184. doi:10.1016/j.cogdev.2006.09.001
- Ramsden, S., Richardson, F. M., Josse, G., Thomas, M. S. C., Ellis, C., Shakeshaft, C., . . . Price, C. J. (2011). Verbal and non-verbal intelligence changes in the teenage brain. *Nature*, 479, 113-116. doi:10.1038/nature10514
- Roca, M., Parr, A., Thompson, R., Woolgar, A., Torralva, T., Antoun, N., . . . Duncan, J. (2010). Executive function and fluid intelligence after frontal lobe lesions. *Brain*, 133, 234-247. doi:10.1093/brain/awp269
- Roozeboom, K. (2017). *Wat is de beste voorspeller van getalbegrip: Het IQ of de executieve functies?* (masterthesis). Geraadpleegd van file:///C:/Users/kusje/Downloads/Masterthesis%20Roozeboom,%20K-5629314.pdf
- Rothman, R. L., Montori, V. M., Cherrington, A., & Pignone, M. P. (2008). Perspective: The role of numeracy in health care. *Journal of Health Communication*, 13, 583-595. doi:10.1080/10810730802281791
- St Clair-Thompson, H. L. & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59, 747-759. doi:10.1080/17470210500162854
- Van der Ven, S. H. G., Kroesbergen, E. H., Boom, J., & Leseman, P. P. M. (2011). The development of executive functions and early mathematics: A dynamic relationship. *British Journal of Educational Psychology*, 82, 100-119. doi:https://doi-org.proxy.library.uu.nl/10.1111/j.2044-8279.2011.02035.x
- Weijer-Bergsma, E. van de, Kroesbergen, E. H., & Luit, J. E. H. van. (2014). 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
- Weijer-Bergsma, E. van de, Kroesbergen, E. H., Jolani, S. & Luit, J. E. H. van. (2016). The monkey game: A computerized verbal working memory task for self-reliant administration in primary school children. *Behavior Research Methods*, 48, 756-771. doi:10.3758/s13428-015-0607-y
- Weijer-Bergsma, E. van de, Kroesbergen, E. H., Prast, E. J., & Luit, J. E. H. van. (2015). Validity and reliability of an online visual-spatial working memory task for self-reliant administration

## INTELLIGENTIE, EXECUTIEVE FUNCTIES EN REKENVAARDIGHEID

in school-aged children. *Behavior Research Methods*, 47, 708-719. doi:10.3758/s13428-014-0469-8