

De rol van het executief functioneren tijdens het herkennen van onderzoeksvragen.



Johanna Jager (s0160741), 15 maart 2013

Master psychologie:

Enschede, Universiteit Twente:

Eerste begeleider:

Tweede begeleider:

Instructie, leren & ontwikkeling

Instructietechnologie

Marjolein van Klink

Tessa Eijnsink

Inhoud

Voorwoord	3
Samenvatting.....	4
Introductie	6
Onderzoekend leren en de executieve functies.....	7
Ontwikkeling van de executieve functies.....	8
Methode.....	9
Participanten.....	9
Onderzoeksmateriaal	9
Procedure.....	12
Resultaten	13
Beschrijvende statistiek.....	13
Correlaties tussen executieve functies, intelligentie en herkennen onderzoeksvraag.	14
Correlatie op basis van ontwikkeling	15
Discussie.....	18
Referenties.....	22

Voorwoord

Voor u ligt mijn scriptie van de Master psychologie met als afstudeerrichting: Instructie, Leren & Ontwikkeling. Afgelopen jaar was een leerzaam jaar. Het project voor de leerlingen had het onderwerp achtbaan, voor mezelf was het ook een achtbaan. Ik ben in de achtbaan gestapt en heb op professioneel, maar ook op persoonlijk gebied veel van mezelf mogen leren. Door dit project ben ik zelfs achter een grote passie gekomen. Het onderwijs, niet alleen maken, maar juist ook geven. Het was een immens project en de scriptie die voor u ligt heeft het nodige zweet, bloed en tranen gekost. Ik wil als eerst mijn eerste begeleider bedanken. De begeleiding van Marjolein was altijd adequaat, ik kon altijd bij haar terecht en ze was er zeker op de momenten dat ik haar het hardst nodig had. Ik heb mogen opstaan, vallen en gelukkig was er iemand die het vertrouwen bleef houden. Ik ben blij dat ik dit project in deze samenwerking heb mogen doen. Daarnaast wil ik de tweede begeleider bedanken voor de nodige feedback en gezonde frisse blik. Dit maakt dat ik nog meer heb mogen leren. Daarnaast had ik dit onderzoek niet kunnen uitvoeren zonder de medewerking van de scholen. Ik wil via deze weg opnieuw mijn dank uitspreken naar Kisveld te Neede, Drakensteyn te Enschede en Glanerbrug, Troubadour te Glanerbrug en Deventer.

Daarnaast wil ik mijn dank uit naar mijn ouders, zus en mijn ontzettende liefdevolle vriend. Er zijn een hoop stressvolle momenten geweest en het constante vertrouwen heeft ervoor gezorgd dat ik hier nu kan staan.

Samenvatting

In dit onderzoek is onderzocht of er een relatie is tussen het herkennen van een correcte onderzoeksvraag en de ontwikkeling van de executieve functies bij basisschoolleerlingen. Het herkennen van een correcte onderzoeksvraag ligt ten grondslag aan het formuleren van een goede onderzoeksvraag, wat één van de eerste stappen binnen het onderzoekend leren is. Dit vormt de sleutel tot een goed onderzoeksproces. Onderzoek heeft laten zien dat leerlingen in groep 8 en hoger moeilijkheden ervaren bij het formuleren van een goede onderzoeksvraag. In deze studie is onderzocht of basisschoolleerlingen al wel in staat zijn tot het herkennen van een goede onderzoeksvraag. In totaal zijn er 173 leerlingen van de groepen 4, 6 en 8 getest op de vaardigheden ten aanzien van het herkennen van een goede onderzoeksvraag, op de executieve functies en het intelligentieniveau. De resultaten laten zien dat het herkennen van een onderzoeksvraag leerlingen uit groep 8 beter afgaat dan leerlingen uit groep 4. Een onderdeel van de executieve functies, inhibitie, blijkt een sterke relatie te vertonen met het herkennen van een onderzoeksvraag. Zij hebben meer moeite om een juiste onderzoeksvraag te herkennen en afleiders te negeren. Intelligentie blijkt net als inhibitie eveneens een sterke samenhang te vertonen met het herkennen van de correcte onderzoeksvraag. Deze resultaten kunnen eerste aanwijzingen geven voor het ondersteunen van basisschoolleerlingen in het onderzoekend leerproces, in het bijzonder het herkennen van de goede onderzoeksvragen.

This study investigated if there is a possible relationship between recognizing a correct research question and the development of executive functions in elementary school students. Recognizing a proper research question underlies the formulation of a good research question, which is the first step in inquiry learning. Formulating a proper research question is the key to a good research process. Research has shown that students in grade 8 and higher experience difficulties in formulating a good research question. For this reason, this study investigated whether elementary school students are able to recognize a good research question. In total 173 pupils of grade 2, 4 and 6 were tested on the skills of the recognition of a good research question, the executive functions and intelligence level. The results show that pupils in grade 6 recognize a research question better than pupils in grade 2. A part of the executive functions, inhibition, appears to have a strong relationship with the recognition of a research question. The development of inhibition tends to be important for recognizing the proper research question and ignore distractors. Intelligence appears to have a strong consistency with recognizing the correct research question as well. These results may provide the first

evidence to support primary school pupils in investigative learning, in particular recognizing the proper research.

Onderzoeksaanleiding

Introductie

Het vermogen tot wetenschappelijk redeneren is de laatste jaren steeds belangrijker geworden in het primair onderwijs. Dit is zichtbaar in de formulering van de kerndoelen (Leerplanontwikkeling, 2010). Om het wetenschappelijk redeneren te kunnen integreren in het primair onderwijs wordt in toenemende mate gekozen voor onderzoekend leren als methode (De Jong & Van Joolingen, 1998; Kuhn, Black, Keselman, & Kaplan, 2000). Onderzoekend leren is een vorm van leren waarbij leerlingen, door gestructureerd te experimenteren, proberen een antwoord te vinden op een vooraf gestelde onderzoeksvraag (De Jong & Van Joolingen, 1998; Zimmerman, 2007). Onderzoekend leren is een cyclisch proces (De Jong & Van Joolingen, 1998; Zimmerman, 2007). Hoewel er veel verschillende indelingen worden gehanteerd komen de volgende onderdelen consequent aan de orde: (a) formuleren van wetenschappelijk georiënteerde vragen, (b) focussen op de beschikbare data, (c) het formuleren van hypothesen op basis van de beschikbare data, (d) testen, dan wel evalueren van de hypothesen en (e) concluderen op basis van de uitkomsten (Council, 2000; De Jong & Van Joolingen, 1998; Foundation, 2000; Minner, Levy, & Century, 2010). Het formuleren van een relevante onderzoeksvraag wordt gezien als de sleutel tot een productieve onderzoekscyclus (Kuhn & Dean, 2005; Kuhn & Pease, 2008). Zo bepaalt de kwaliteit van de gestelde onderzoeksvraag de mate waarin informatie wordt verwerkt en opgeslagen (Keys, 1998) en biedt een goede onderzoeksvraag structuur en richting aan het onderzoek (Kuhn & Dean, 2005). Het formuleren van een correcte onderzoeksvraag vormt dus een integraal onderdeel van het wetenschappelijk redeneren (Chin, 2001). Een ‘goede’ onderzoeksvraag wordt omschreven als een open vraag, het moet de relevante variabelen bevatten die leiden tot het opzetten van onderzoek, het antwoord op de vraag moet onbekend zijn voor de leerling en het stellen van een onderzoeksvraag leidt vaak tot meerdere deelvragen (Roy, Kustra, & Borin, 2003).

Het formuleren van een goede onderzoeksvraag blijkt moeilijk voor leerlingen in zowel het voortgezet onderwijs als het primair onderwijs (Chin, 2001; Hakkarainen & Sintonen, 2002; Keys, 1998; Kuhn & Dean, 2005). Leerlingen blijken moeite te hebben met het onderscheiden van de relevante variabelen die relevant zijn voor het uit te voeren onderzoek. De onderzoeksvraag die wordt geformuleerd is vaak te omvangrijk. De leerlingen willen teveel variabelen in één keer onderzoeken en dit maakt het voor leerlingen lastig om structuur te geven in het door hen nog uit te voeren onderzoek (Kuhn & Dean, 2005).

Bovendien vinden leerlingen het moeilijk om zelfstandig een goede onderzoeksvraag te formuleren of leunen zij erg op het voorbeeld van de docent (Chin, 2001; Keys, 1998). Aan het formuleren van een goede onderzoeksvraag ligt het kunnen herkennen van relevante variabelen ten opzichte van irrelevante variabelen ten grondslag. Het is onbekend of leerlingen überhaupt over een basaal besef beschikken met betrekking tot het onderscheiden van de variabelen die belangrijk zijn voor het opstellen van een goede onderzoeksvraag. In dit onderzoek wordt daarom gekeken of leerlingen in het primair onderwijs in staat zijn om relevante variabelen van de irrelevante variabelen te onderscheiden binnen een afgebakende probleembeschrijving. Hiermee zal inzichtelijk worden of leerlingen in het primair onderwijs in staat zijn om relevante variabelen te benoemen, met als gevolg het herkennen van de correcte onderzoeksvragen.

Onderzoekend leren en de executieve functies

Van belang bij het herkennen van een onderzoeksvraag is het vermogen om te focussen op datgene wat belangrijk is en eventuele irrelevante variabelen te negeren. Het vermogen tot het kunnen focussen op relevante zaken en het negeren van irrelevante zaken wordt ook wel in verband gebracht met één van de executieve functies, namelijk inhibitie (Baron, 2004; Best, Miller, & Jones, 2009; Friedman & Miyake, 2004). Inhibitie wordt gezien als het vermogen om dominante, automatische responsen te onderdrukken (Logan & Cowan, 1984; Welsh, 2002). Inhibitie speelt een belangrijke rol in reactie, in planning en oplossing van probleemtaken evenals het kunnen focussen op relevante variabelen van een taak (Baron, 2004; Friedman & Miyake, 2004). Verwachting is dan ook dat juist inhibitie een bepalende rol speelt bij het herkennen van een onderzoeksvraag. Leerlingen blijken het immers moeilijk te vinden om de relevante variabelen te onderscheiden. Inhibitie is verantwoordelijk voor het negeren van automatische responsen. Wanneer een leerling nog onvoldoende in staat is om informatie te inhiberen zal de leerling sneller een onderzoeksvraag herkennen met het onvoldoende aantal variabelen of zelfs irrelevante variabelen. Echter op jonge leeftijd (en tevens op latere leeftijd) vertonen de executieve functies een grote onderlinge samenhang. Naast inhibitie zal tijdens dit onderzoek ook de samenhang met de andere executieve functies worden onderzocht, fluency en werkgeheugen (Best et al., 2009).

De executieve functies zijn verantwoordelijk voor onafhankelijk, betekenisvol en doelgericht gedrag. Het executief functioneren wordt hoofdzakelijk gezien voor het aansturen van cognitieve activiteit, emotionele responsen en gedrag, zoals planning, doelgericht gedrag, oplossingsgericht gedrag en het filteren van relevante informatie (Anderson, 2008; Baron,

2004; Best et al., 2009; Friedman & Miyake, 2004; Gioia, Isquith, Guy, & Kenworthy, 2000). Er is veel discussie gaande over welke functies wel en welke functies niet worden benoemd als executieve functies. Onderzoek wijst uit dat het executief functioneren minimaal kan worden onderscheiden in de volgende deelfuncties: (a) inhibitie, (b) fluency en (c) werkgeheugen (Miyake et al., 2000).

Fluency, ook wel beschreven als flexibiliteit, wordt beschreven als de mate waarin iemand in staat is te kunnen wisselen tussen verschillende taken, evenals het creatief denken (Huizinga, 2007; Rabbitt, 2007). De verwachting is dat leerlingen geen beroep zullen doen op fluency bij het herkennen van onderzoeksvragen. Fluency zou wel een rol kunnen spelen bij het zelfstandig formuleren van onderzoeksvragen. Werkgeheugen wordt omschreven als de verzameling van cognitieve processen die ervoor zorgen dat informatie tijdelijk vastgehouden wordt zodat er mentale taken mee uitgevoerd kunnen worden (Baron, 2004; Welsh, 2002). Bij het herkennen van onderzoeksvragen zal weinig beroep worden gedaan op het werkgeheugen, omdat het geen vereiste is dat informatie korte tijd wordt opgeslagen om er vervolgens taken mee uit te voeren. Werkgeheugen zal een belangrijkere rol spelen bij het verwerken en testen van de onderzoeksvragen.

Ontwikkeling van de executieve functies

Executieve functies zijn sterk in ontwikkeling gedurende het primair onderwijs (Diamond, 2002; Welsh, 2002). Inhibitie wordt gezien als het onderdeel van de executieve functies dat zich als eerste ontwikkelt. Ontwikkeling van inhibitie kenmerkt zich door een start in de vroege kinderjaren en neemt significant toe tussen vijf en acht jaar. De ontwikkeling kan voortduren tot in de vroege adolescentie en in sommige gevallen tot de late adolescentie (Baron, 2004; Best et al., 2009; van den Wildenberg & van der Molen, 2004). De verwachting is dat leerlingen uit groep 8, gelet op de sterkere inhiherende vaardigheden, beter in staat zijn dan leerlingen uit groep 4 om de juiste onderzoeksvragen te herkennen. Het werkgeheugen kenmerkt zich door een redelijk lineair verlopende ontwikkeling. Deze ontwikkeling start in de vroege kinderjaren en ontwikkelt zich geleidelijk tot aan de vroege adolescentie (Luna, Garver, Urban, Lazar, & Sweeney, 2004). Fluency laat tot het twaalfde levensjaar een sterke ontwikkeling zien. Na twaalf jaar is er ook nog sprake van een toename, deze is echter minder sterk (Best et al., 2009; Crone, Bunge, van der Molen, & Ridderinkhof, 2006; Rabbitt, 2007).

Dit maakt dat tijdens deze studie twee onderzoeksvragen centraal staan. Als eerste zal worden onderzocht of leerlingen in het primair onderwijs in staat zijn om relevante variabelen te herkennen uit een probleemomschrijving. Deze herkenning leidt tot keuze van de correcte

onderzoeksvraag. De tweede vraag is of het vermogen met betrekking tot het herkennen van een onderzoeksvraag samenhangt met executieve functies, dan wel intelligentie. Een relatie tussen onderzoekend leren en intelligentie komt uit eerder onderzoek naar voren en zal om die reden als controlemaat worden meegenomen (De Jong & Van Joolingen, 1998).

Methode

Participanten

Het onderzoek is gestart met 201 participanten. Echter, 28 leerlingen waren één of meerdere sessies niet aanwezig en moesten worden uitgesloten van deelname. In deze studie namen 173 leerlingen deel, verspreid over groep 4 (M: 8,3 jaar, SD: 0,54, n=17 meisjes en n= 24 jongens), groep 6 (M: 10,2 jaar, SD: 0,55, n= 29 meisjes en n= 37 jongens) en groep 8 (M: 11,9 jaar, SD: 0,52, n= 35 meisjes en n= 31 jongens). Leerlingen waren afkomstig van zes verschillende basisscholen in het oosten van Nederland, zij namen vrijwillig en na toestemming van hun ouders deel aan het onderzoek. Het onderzoek vond plaats tijdens reguliere lesuren op school.

Onderzoeksmateriaal

Voor dit onderzoek zijn zeven verschillende testen ingezet. Middels deze testen werden executieve functies, het vermogen tot het herkennen van onderzoeksvragen en het intelligentie niveau gemeten. De executieve functies zijn gemeten middels vier testen, voor onderzoeksvragen was er één test en voor het meten van intelligentie zijn twee testen ingezet.

De test: Onderzoeksvragen

De test bestond uit 10 multiple choice vragen met vijf of zes antwoordmogelijkheden. In Tabel 2 is een voorbeeld van de testvragen weergegeven. Iedere vraag is telkens een voorbeeld van een onderzoekssituatie zoals ook kan worden afgelezen in Tabel 2. Vervolgens moet de leerling de juiste onderzoeksvraag weten te herkennen uit de antwoordmogelijkheden. Deze antwoordmogelijkheden bestonden uit: (a) correcte onderzoeksvraag, (b) onderzoeksvraag met onvolledig aantal variabelen en (c) afleiders. De multiple choice antwoorden zijn zo geformuleerd dat de verwachtingen zoals beschreven in de onderzoeksaanleiding zijn getoetst. Als eerste vinden leerlingen het moeilijk om de juiste variabelen te onderscheiden. Wellicht dat leerlingen die minder inhiberend zijn, sneller kiezen voor een onderzoeksvraag met een onvolledig aantal variabelen. Ten tweede zal een leerling, die minder inhiberend is, sneller afgeleid zijn en hierdoor wellicht ook sneller kiezen voor een

afleider (irrelevantie informatie). Om die reden is ervoor gekozen om afleiders toe te voegen. Om de moeilijkheid te vergroten zijn er bij sommige vragen zes antwoordmogelijkheden met meerdere afleiders, zoals kan worden afgelezen in Tabel 1.

Tabel 1: Overzicht aantal antwoordmogelijkheden per vraag.

Aantal antwoordmogelijkheden per vraag	Inhoud van deze MC antwoorden		
	Goede onderzoeksvraag	Deelantwoorden	Afleiders
1 t/m 6: (5)	1	2	2
7 (6)	1	2	3
8 (6)	1	2	3
9 (5)	1	1	3
10 (5)	1	2	2

Achter de multiple choice antwoorden zoals weergegeven in Tabel 2 kan ook de puntentelling worden afgelezen. Hier kan worden gelezen dat het selecteren van de goede onderzoeksvraag 3 punten oplevert, een onderzoeksvraag met een onvolledig aantal variabelen levert 1 punt en een afleider 0 punten. Dit leidt tot een minimale score van 0 punten en een maximale score van 30 punten. De puntentelling van de verschillende multiple choice vragen leidt vervolgens tot vier verschillende scores. De eerste score die wordt berekend is de totale score. Daarnaast zal de score worden berekend van enkel de goede onderzoeksvragen en de derde score is het totale aantal punten van de onderzoeksvragen met een onvolledig aantal variabelen. Als laatste zal het aantal afleiders worden opgeteld. Deze verschillende scores van de multiple choice vragen maakt het mogelijk om de verwachtingen te analyseren.

Tabel 2: Voorbeeld multiple choice vraag van de test Onderzoeksvragen

Voorbeeld van een vraag uit de Test onderzoeksvragen	Voorbeeld bijpassende multiple choice antwoorden
Esmee is vaak ziek en wil graag heel gezond worden. Esmee denkt dat wat ze eet invloed heeft op hoe vaak ze ziek is. Ze denkt dat appels goed voor haar zijn en koekjes niet. Ze weet dit alleen niet zeker. Welke vraag moet Esmee gaan onderzoeken?	1. Zorgen appels ervoor dat Esmee weinig ziek is (1 pt.)? 2. Zitten er meer vitaminen in appels dan in koekjes (0 pt.)? 3. Zorgt appels eten ervoor dat Esmee minder vaak ziek is dan koekjes eten (3 pt.)? 4. Is Esmee vaak ziek (0 pt.)? 5. Zorgt koekjes eten ervoor dat Esmee weinig ziek is (1 pt.)?

Door gebruik te maken van korte, duidelijke zinnen was het onderzoeksmateriaal geschikt voor afname vanaf groep vier. De test is in deze groep voorgelezen. Een invloed van eventuele nog niet ontwikkelde taalvaardigheden is hierdoor geminimaliseerd.

Executieve functies

Inhibitie

Inhibitie werd gemeten met de Color-Word Interference Test (CWIT). Deze test is onderdeel van de Delis-Kaplan Executive Function System (D-KEFS). De CWIT bestaat uit vier condities. Het opnoemen van de kleur, het oplezen van de woorden van de kleuren, inhibitie en inhibitie/switching. De primaire executieve functie die bij het derde onderdeel werd gemeten is inhibitie van de meer geautomatiseerde verbale respons (lezen) teneinde een conflicterende respons voor het benoemen van de afwijkende inktkleuren te generen (Delis, Kaplan, & Kramer, 2007). De tijd die een leerling nodig had voor het opnoemen van de correcte respons geldt als scoringsmaat voor inhibitie (CWIT-3).

Fluency

Om fluency te meten zijn de Word Fluency Test (WFT) en de Figure Fluency Test (FFT) afgenomen (Mulder, Dekker, & Dekker, 2006). Uitvoerende controlefuncties worden middels deze twee testen verbaal en non-verbaal gemeten. Bij beide testen moet de leerling een snelle respons geven aan een stimulus (Mulder et al., 2006). Bij de WFT moest de leerlingen zoveel mogelijk beroepen en dieren opnoemen binnen één minuut. Bij de FFT moest de leerling zoveel mogelijk verschillende figuren tekenen binnen één minuut door telkens twee of meer stippen te verbinden. De FFT bestaat uit vijf varianten. Testscore bestaat uit het aantal goede en originele antwoorden.

Werkgeheugen

Werkgeheugen werd gemeten met de sub-test cijferreeksen afkomstig van de Wechsler Intelligence scale for Children (WISC-III). Het onderdeel cijferreeksen meet het auditieve werkgeheugen en bestaat uit twee delen. Cijferreeksen Achterwaarts wordt gebruikt als maat voor het werkgeheugen. De gehele test is afgenomen. Het eerste onderdeel is een maat voor het korte termijn geheugen. De leerling hoort een aantal cijfers en moet vervolgens deze cijfers nazeggen. Bij de tweede opgave hoort de leerling opnieuw een rij cijfers, maar nu moeten de cijfers omgekeerd worden nagezegd. De hoeveelheid goede reeksen is bepalend voor de score. De totale test bestaat uit 12 reeksen.

Intelligentie

Jaarlijks vindt bij leerlingen uit groep 8 in Enschede een intelligentie afname plaats ter

advisering voor vervolgonderwijs. Gegevens van deze afnamen konden, met toestemming van ouders, gebruikt worden voor het onderzoek. Gegevens voor het intelligentieniveau wordt in groep 8 gemeten middels de Nederlandse Intelligentie test voor Onderwijs (NIO). De Nederlandse Differentiatie Test (NDT) correleert in sterke mate met de NIO. Daarbij is deze test wel geschikt voor groepen 4 en 6. Dit maakt het geoorloofd om twee verschillende testen in te zetten om het intelligentieniveau te meten. Ook bij deze testen vindt interpretatie plaats op basis van ruwe scores.

Procedure

De gehele onderzoeksprocedure nam drie sessies in beslag. Tijdens de eerste sessie is de test Onderzoeksvragen afgenomen. Leerlingen kregen een uur de tijd om deze test in te vullen. Introductie van de test vond plaats middels een voorbeeld. Het voorbeeld werd aangeboden ter oefening zodat duidelijk werd wat de leerlingen moesten gaan doen. Na de uitleg konden zij beginnen. Bij de leerlingen uit groep 4 is de test voorgelezen. De invloed van de nog minder ontwikkelde leesvaardigheden op de te meten vaardigheden wordt hierdoor minimaal gehouden. Tijdens de tweede sessie is het intelligentieniveau middels een groepsgewijze intelligentietest gemeten. Deze afname nam ongeveer drie uren in beslag. Afname werd uitgevoerd door een ervaren psychodiagnosticus. Leerlingen zijn individueel getest in een klassikale setting. Om te waarborgen dat de vaardigheden van het desbetreffende individu worden weergegeven zijn de leerlingen in toetsopstelling geplaatst. De leerlingen uit groep 8 zijn eerder getest door dezelfde ervaren psychodiagnosticus. Tijdens de derde sessie zijn de executieve functies gemeten. Deze individuele testafname nam 20 tot 30 minuten in beslag en tijdens deze testafname zijn de testen voor inhibitie, fluency en het werkgeheugen afgenomen. De volgorde van de testafnames is vooraf bepaald en wordt weergegeven in Tabel 3. De testen zijn ten allen tijde afgenomen in een rustige ruimte binnen de school.

Tabel 3: *volgorde testprocedure executieve functies.*

Volgorde van de testen	Het soort executief functioneren.	Duur van de test
1. Figure fluency test	Fluency	5 minuten
2. Word fluency test	Fluency	3 minuten
3. Cijferreeksen	Werkgeheugen	5 minuten
4. Color word interference test	Inhibitie	8 minuten

Resultaten

Uit analyse van onderzoeksgegevens bleek de interne consistentie ($\alpha=.74$) van de test Onderzoeksvragen voldoende te zijn.

Beschrijvende statistiek

In Tabel 4 wordt de beschrijvende statistiek weergegeven van zowel de totaal gegevens als de gegevens per groep. Tabel 4 geeft de resultaten weer van de maten voor de executieve functies, intelligentie en het herkennen van onderzoeksvragen. De scores zijn normaal verdeeld en alleen bij de Test Onderzoeksvragen is door sommige leerlingen de maximale score behaald.

Tabel 4: Ruwe resultaten van de afgenomen testen

Groep	Maat	Test	M	SD	Min-Max
Totaal N=173	<i>Onderzoeksvragen</i>	Test Ondvr.	21.8	6.1	6-30
	<i>Inhibitie</i>	CWIT-3	88.3	32.1	36-180
	<i>Fluency</i>	FFT	65.1	19.7	23-119
		WFT	30.6	8.1	14-55
	<i>Werkgeheugen</i>	WISC-a	4.9	1.4	2-9
	<i>Intelligentie</i>	NDT (4, 6)	78.6	16.4	46-113
		NIO (8)	70.6	20.8	21-106
Groep 4 N=	<i>Onderzoeksvragen</i>	Test Ondvr	17.8	6.6	6-28
	<i>Inhibitie</i>	CWIT-3	126.5	27.9	80-180
	<i>Fluency</i>	FFT	48.9	11.6	28-70
		WFT	25.5	5.6	14-36
	<i>Werkgeheugen</i>	WISC-a	4.2	1.1	2-6
	<i>Intelligentie</i>	NDT	69.4	16.3	46-101
Groep 6 N= 66	<i>Onderzoeksvragen</i>	Test Ondvr	22.3	4.9	6-30
	<i>Inhibitie</i>	CWIT-3	87.4	24.3	53-153
	<i>Fluency</i>	FFT	61.4	14.3	23-98
		WFT	29.1	6.6	16-47
	<i>Werkgeheugen</i>	WISC-a	4.7	1.3	2-8
	<i>Intelligentie</i>	NDT	84.3	13.8	50-113
Groep 8 N = 66	<i>Onderzoeksvragen</i>	Test Ondvr	24.0	5.3	6-30
	<i>Inhibitie</i>	CWIT-3	65.4	14.3	36-109
	<i>Fluency</i>	FFT	78.9	19.2	32-119
		WFT	35.2	8.5	19-55
	<i>Werkgeheugen</i>	WISC-a	5.6	1.5	2-9
	<i>Intelligentie</i>	NIO	70.6	20.18	21-106

Opmerking: Testscores voor de FFT, WFT, WISC-a, NDT en NIO representeren ruwe scores. De CWIT-3 representeert de afrondingstijd. CWIT-3: Color-Word Interference Test, FFT: Figure Fluency test, WFT: Word Fluency test, WISC-a: Wechsler Intelligence Scale-Children-III, cijferreeksen achterwaarts, NDT: Nederlandse Differentiatie Test, NIO: Nederlandse Intelligentietest voor Onderwijsniveau..

Variantie analyse, met behulp van de One-way ANOVA toets, laat zien dat de groepen significant van elkaar verschillen op herkenning van onderzoeksvragen $F(2, 170) = 15.39, p = .00$. Post hoc analyse (Bonferroni) wijst uit dat groep 4 significant lager scoort dan groep 6 ($p = .00$) en van groep 8 ($p = .00$). Het verschil tussen groep 6 en 8 is niet significant ($p = .16$).

Inhibitie, gemeten met de CWIT-3, laat een significant groepsverschil zien tussen de groepen $F(2, 170) = 96.47, p = .00$. Verschillen tussen de groepen 4, 6 en 8 blijken allen significant te zijn ($p = .00$). Fluency, gemeten met de FFT en WFT laten beide significante groepsverschillen zien (FFT $F(2, 170) = 48.31, p = .00$) en WFT $F(2, 170) = 25.43, p = .00$). Post hoc analyse (Bonferroni) wijst uit dat alle groepen op beide maten significant van elkaar verschillen (FFT: ($p = .00$); WFT: ($p = .00$)). Werkgeheugen, gemeten met WISC-a laat significante groepsverschillen zien $F(2, 170) = 15.52, p = .00$. Echter dit geldt niet voor het verschil tussen groep 4 en 6 ($p = .21$).

Intelligentie, gemeten met de NDT laat zien dat de groepen 4 en 6 significant van elkaar verschillen $F(1, 105) = 25.49, p = .00$. Omdat intelligentie in groep 8 door een andere test gemeten is dan in groep 4 en 6 kan groep 8 niet worden vergeleken met groep 4 en 6.

Intelligentie is gemeten met twee verschillende tests. Hierdoor is het niet mogelijk om groepsverschillen te meten tussen groep 4, 6 en 8. Bij de groepen 4 en 6 is intelligentie gemeten met de NDT, dit maakt variantie analyse tussen deze groepen wel mogelijk. Post hoc analyse (Bonferroni) wijst uit dat deze groepen significant van elkaar verschillen

Correlaties tussen executieve functies, intelligentie en herkennen onderzoeksvraag.

In Tabel 5 worden de Pearson correlaties tussen de ruwe scores van de executieve functies tests, intelligentietests en het herkennen van onderzoeksvragen van de totale groep (groep 4, 6 & 8) weergegeven. Pearson correlatie analyse geeft significante correlaties weer tussen inhibitie en het herkennen van onderzoeksvragen ($r = -.50; p = .00$). Dit resultaat duidt op een sterke samenhang. De negatieve correlatie was volgens verwachting, omdat de tijd waarin de taak werd afgerond als maat werd gebruikt voor inhibitie. Fluency, respectievelijk gemeten met de FFT en de WFT, geeft ook een samenhang weer met het herkennen van onderzoeksvragen (FFT: $r = .41; p = .00$, WFT: $r = .30; p = .00$). Het herkennen van onderzoeksvragen correleert tevens significant met het werkgeheugen ($r = .23; p = .00$). Bovenstaande correlaties duiden op een gemiddelde tot zwakke samenhang. Intelligentie, respectievelijk gemeten met de NDT en de NIO, correleren beiden significant (NDT: $r = .38; p = .00$, NIO: $r = .62; p = .00$). Dit is een gemiddelde tot sterke correlatie.

Analyse van de multiple choice antwoorden

In Tabel 5 kan tevens de analyse op basis van de multiple choice antwoorden van de test onderzoeksvragen worden gelezen. Inhibitie, gemeten met de CWIT-3, blijkt een negatieve correlatie te vertonen met het kiezen van deelantwoorden ($r = -.56$; $p = .00$). De negatieve correlatie werd hier verwacht omdat de tijd als maat geldt. Er is sprake van een sterke samenhang. Fluency, gemeten met de FFT en de WFT (FFT: $r = -.42$; $p = .00$, WFT: $r = -.34$; $p = .00$), net als werkgeheugen ($r = -.23$; $p = .01$) en intelligentie laat tevens een negatieve relatie zien met het kiezen van deelantwoorden (NDT: $r = -.52$; $p = .00$, NIO: $r = -.48$; $p = .00$). Er is sprake van een gemiddelde tot zwakke samenhang van de overige executieve functies met het kiezen van deelantwoorden. Intelligentie, gemeten met de NIO, correleert in sterke mate met het kiezen van afleiders ($r = -.54$; $p = .00$).

Tabel 5: Correlatiematrix algemeen tussen de ruwe testcores

		CWIT	FFT	WFT	WISC -a	NDT	NIO	Ondz v1	Ondz v2	Ondz v3	Ondz v4
Inhibitie	CWIT-3	-									
Fluency	FFT	-.50**	-								
	WFT	-.40**	.45**	-							
Werkgeheugen	WISC-a	-.34**	.41**	.45**	-						
Intelligentie	NDT	-.43**	.37**	.29**	.14	-					
	NIO	-.38**	.40**	.48**	.40**	-. ^a	-				
Totale Score	Ondzv. Tot.	-.50**	.41**	.30**	.23**	.38**	.62**	-			
Goede onderzoeksvraag	Ondzv. Goed	-.55**	.44**	.33*	.24**	.44**	.62**	.98**	-		
	Ondzv. Deel	-.56**	-.42**	-.34**	-.23**	-.52**	-.48**	-.76**	.43**	-	
Afleiders	Ondzv. Afl.	.19*	-.19*	-.11	-.15	-.01	-.54**	-.69**	.29	.33	-

. CWIT-3: Color-Word Interference Test, FFT: Figure Fluency test, WFT: Word Fluency test, WISC-a: Wechsler Intelligence Scale-Children-III, cijferreeksen achterwaarts, NDT: Nederlandse Differentiatie Test, NIO: Nederlandse Intelligentietest voor Onderwijsniveau..

^a at least one of the variables is constant

** significant op een level van .01

* significant op een level van .05

Correlatie op basis van ontwikkeling

Correlatie analyse per groep, zoals weergegeven in Tabel 6, 7 en 8, geeft correlaties weer op groepsniveau. Tabel 6 geeft voor de leerlingen uit groep 4 een gemiddelde tot sterke correlatie weer van inhibitie, gemeten met CWIT-3 ($r = .64$; $p = .00$) en intelligentie, gemeten met de NDT (NDT: $r = .62$; $p = .00$) in samenhang met het herkennen van onderzoeksvragen. Tabel 7 laat zien dat tussen de executieve functies, intelligentie en het herkennen van onderzoeksvragen geen significante correlaties worden gevonden in groep 6. In groep 8 worden er zwakke tot gemiddelde correlaties waargenomen tussen de tests voor het executief

functioneren en het herkennen van onderzoeksvragen. Inhibitie: CWIT-3 ($r = -.33$; $p = .01$), Fluency: FFT ($r = .26$; $p = .03$), WFT ($r = .29$; $p = .02$) en werkgeheugen: WISC-a ($r = .24$; $p = .05$) laten allen een zwak tot gemiddelde correlatie zien. Intelligentie vertoont een sterke samenhang met het herkennen van onderzoeksvragen (NIO: $r = .62$; $p = .00$).

Analyse van de multiple choice antwoorden

Tevens kan in Tabel 6, 7 en 8 de correlatie analyse worden afgelezen met de verschillende scores van de multiple choice antwoordmogelijkheden van de test onderzoeksvragen. In Tabel 6 kan worden afgelezen dat inhibitie (CWIT-3) in groep 4 een sterke negatieve correlatie laat zien met het herkennen van een goede onderzoeksvraag ($r = -.61$; $p = .00$). Daarbij wordt er een gemiddelde tot sterke relatie gevonden tussen inhibitie en het kiezen van een deelantwoord ($r = .42$; $p = .00$) en het kiezen van een afleider ($r = .46$; $p = .01$). Intelligentie (NDT) laat een gemiddelde tot sterke positieve correlatie zien met het kiezen van een goede onderzoeksvraag ($r = .48$; $p = .00$) en een negatieve relatie wordt gevonden met het kiezen van een deelantwoord ($r = -.44$; $p = .00$). Tabel 7 laat zien dat inhibitie (CWIT-3) in groep 6 een zwakke samenhang heeft met het kiezen van een deelantwoord ($r = .29$; $p = .02$). Een significante relatie met het kiezen van een afleider wordt in deze groep niet gevonden. In Tabel 8 kan worden afgelezen dat inhibitie (CWIT-3) een gemiddelde samenhang ($r = .36$; $p = .00$) laat zien met het kiezen van een afleider in groep 8. Tevens laat intelligentie (NIO) een sterke negatieve samenhang zien met het kiezen van een afleider ($r = -.54$; $p = .00$).

Tabel 6: Correlatiematrix gedifferentieerd naar groep 4

		CWIT	FFT	WFT	WISC	NDT	Ondvr	Ondvr	Ondvr	Ondvr
					-a		1	2	3	4
Inhibitie	CWIT-3	-								
Fluency	FFT	-.16	-							
	WFT	.10	.30	-						
Werkgeheugen	WISC-a	.01	.38*	.11	-					
Intelligentie	NDT	-.42**	.33*	.17	.02	-				
Totale score	Ondzvr. 1	-.64**	.34*	-.21	-.03	.46**	-			
Goede onderzoeksvraag	Ondz.vr 2	-.61**	.37*	-.19	-.03	.48**	-.62**	-		
Deelantwoord	Ondzvr. 3	.42**	-.39*	.08	.03	-.44**	-.75**	-.86**	-	
Afleidings	Ondzvr.4	.46**	-.05	.22	.004	-.18	.98**	-.45**	-.06	-

CWIT-3: Color-Word Interference Test, FFT: Figure Fluency test, WFT: Word Fluency test, WISC-a: Wechsler Intelligence Scale-Children-III, cijferreeksen achterwaarts, NDT: Nederlandse Differentiatie Test

** significant op een level van .01

* significant op een level van .05

Tabel 7: Correlatiematrix gedifferentieerd naar groep 6

		CWIT	FFT	WFT	WISC -a	NDT	Ondvr 1	Ondvr 2	Ondvr 3	Ondvr 4
Inhibitie	CWIT-3	-								
Fluency	FFT	-.01	-							
	WFT	-.08	.25*	-						
Werkgeheugen	WISC-a	.01	.09	.18	-					
Intelligentie	NDT	-.06	.16	.21	.12	-				
Totale score	Ondzvr.1	-.13	.21	.23	.02	.10	-			
Goede onderzoeksvraag	Ondzvr. 2	-.18	.22	.27*	.01	.18	-.75**	-		
Deelantwoord	Ondzvr. 3	.29*	-.18	-.31*	-.001	-.36**	-.62**	-.77**	-	
Afleidings	Ondzvr. 4	-.06	-.15	-.06	.06	.16	.98**	-.61**	.00	-

CWIT-3: Color-Word Interference Test, FFT: Figure Fluency test, WFT: Word Fluency test, WISC-a: Wechsler Intelligence Scale-Children-III, cijferreeksen achterwaarts, NDT: Nederlandse Differentiatie Test

** significant op een level van .01

* significant op een level van .05

Tabel 8: Correlatiematrix gedifferentieerd naar groep 8

		CWIT	FFT	WFT	WISC -a	NIO	Ondvr 1	Ondvr 2	Ondvr 3	Ondvr 4
Inhibitie	CWIT-3	-								
Fluency	FFT	-.32**	-							
	WFT	-.38**	.22	-						
Werkgeheugen	WISC-a	-.45**	.31*	.55**	-					
Intelligentie	NIO	-.38**	.40**	.48**	.40**	-				
Totale score	Ondvr1	-.33**	.27*	.31*	.25*	.62**	-			
Goede onderzoeksvraag	Ondvr2	-.32**	.26*	.30*	.25	.62*	-.81**	-		
Deelantwoord	Ondvr3	.22	-.15	-.23	-.19	-.48**	-.76**	-.85**	-	
Afleidings	Ondvr4	.36**	-.31*	-.28*	-.29*	-.54**	.98**	-.72**	.28*	-

CWIT-3: Color-Word Interference Test, FFT: Figure Fluency test, WFT: Word Fluency test, WISC-a: Wechsler Intelligence Scale-Children-III, cijferreeksen achterwaarts, NIO: Nederlandse Intelligentietest voor Onderwijsniveau..

* significant op een level van .01

* significant op een level van .05

Discussie

Het doel van deze studie was tweeledig. Als eerste is onderzocht of leerlingen in het primair onderwijs in staat zijn om een correcte onderzoeksvraag te herkennen. Vervolgens is gekeken of het herkennen van een onderzoeksvraag een relatie vertoont met de ontwikkeling van de executieve functies. Het onderzoek is uitgevoerd in het primair onderwijs, hierbij zijn de groepen 4, 6 en 8 getest. Deze leerlingen zijn getest op het herkennen van onderzoeksvragen, executieve functies en intelligentieniveau.

In het primair onderwijs herkennen leerlingen uit groep 8 beter de correcte onderzoeksvragen dan leerlingen uit groep 4. Dit is in lijn met eerder opgestelde verwachting. Opvallend is dat in groep 8 sommige leerlingen een maximale score behalen, maar sommige leerlingen ook nog een zeer minimale score zien. Dit wijst op sterke individuele verschillen. Deze uitkomst is passend bij eerder beschreven onderzoek (Zimmerman, 2007). Waaruit blijkt dat er sterke individuele verschillen voorkomen bij onderzoekend leren. Opmerkelijk is de gemiddelde score op het herkennen van onderzoeksvragen bij de leerlingen uit groep 4. Deze gemiddelde score ligt in verhouding met de maximaal te behalen score vrij hoog. Dit wijst erop dat leerlingen uit groep 4 in staat zijn om in ieder geval een deelantwoord aan te vinken en in sommige situaties zelfs de goede onderzoeksvraag. Het lijkt erop dat er bij de leerlingen uit groep 4 al meer herkenning optreedt van de relevante variabelen dan werd verwacht.

Het algemene beeld stelt vast dat executieve functies een relatie vertonen met het herkennen van de correcte onderzoeksvraag. Inhibitie en intelligentie laten echter een sterke relatie zien met herkenning van onderzoeksvragen. Minder inhiberende leerlingen zouden volgens de verwachting meer moeite hebben met het negeren van de afleiders. Resultaten uit dit onderzoek bevestigen deze verwachting. Onderzoeksresultaten laten tevens zien dat de score van de intelligentietest een positieve samenhang heeft met de score op de test onderzoeksvragen. Het intelligentievermogen van de leerlingen lijkt bepalend te zijn voor het herkennen van de onderzoeksvragen. In het primair onderwijs spelen executieve functies een belangrijke rol bij het herkennen van onderzoeksvragen. Echter, interessanter is om te bespreken hoe de executieve functies zich verhouden op groepsniveau.

Op groepsniveau was de verwachting dat inhibitie een sterkere mate zou correleren met groep 4 dan met de hogere groepen. Inhibitie is sterk in ontwikkeling gedurende de basisschoolperiode. Inhibitie laat in groep 4 en 8 een sterke relatie zien met het herkennen van een onderzoeksvraag. Tevens wordt een significante samenhang gevonden tussen inhibitie en

het negeren van afleider in de groep 4 en 8. Dit betekent dat een minder inhiberende leerling uit groep 4 en groep 8 sneller zal kiezen voor een afleider. Minder inhiberende leerlingen hebben meer moeite met het negeren van de afleiders. Dit is in lijn met eerdere opgestelde verwachting. Correlatie analyse laat zien dat in groep 6 inhibitie niet significant correleert met het kiezen van een afleider. Interpretatie van deze groep is dan ook niet mogelijk. Dit gaat in tegen de verwachting omdat in groep 8 wel een significante samenhang wordt gevonden tussen inhibitie en het kiezen van een afleider. Een verklaring voor de opvallende resultaten bij de leerlingen uit groep zes kan met de onderzoeksgegevens en bewerkingen niet worden gevonden. Onderzoeksresultaten laten wel zien dat de ontwikkeling van inhibitie bepalend is voor het kunnen negeren van de irrelevante variabelen. Het is voor leerlingen, waarbij inhibitie nog niet is ontwikkeld, erg lastig om aandacht te richten op andere processen. Zij zijn nog te druk om de constante impulsen en responsen te onderdrukken (Best et al., 2009). Wanneer men onderzoekend leren in het primair onderwijs integreert is het aan te bevelen rekening te houden met huidige onderzoeksgegevens. De leeromgeving die wordt gecreëerd zou idealiter weinig tot geen afleidende variabelen moeten bevatten.

Naast inhibitie is er bij de leerlingen uit groep 4 een correlatie waargenomen tussen fluency en het herkennen van onderzoeksvragen. In groep 6 zijn geen correlaties gevonden tussen de executieve functies en het herkennen van onderzoeksvragen. Bij de leerlingen uit groep 8 wordt een significante samenhang gevonden van fluency en werkgeheugen met het herkennen van onderzoeksvragen. Deze correlaties uit groep 4 en 8 zijn echter zwak te noemen. Desondanks zijn deze correlaties niet opvallend. In de literatuur refereert men naar inhibitie als een ‘poortwachter’ voor de overige executieve functies (Baron, 2004; Best et al., 2009). Men stelt dat de ontwikkeling van inhibitie als eerste moet worden ingezet voorts de overige executieve functies de ruimte krijgen om invloed uit te oefenen. Een kind zou dan bijvoorbeeld ook pas maximaal kunnen profiteren van een goed werkgeheugen als de ontwikkeling van inhibitie is ingezet.

Uit de onderzoeksresultaten komt naar voren dat het intelligentie niveau een sterke correlatie laat zien met het herkennen van onderzoeksvragen. Deze samenhang manifesteert zich het sterkste in groep 8. Echter een verklaring hiervoor die uit literatuur (Best et al., 2009; Brydges, Reid, Fox, & Anderson, 2012) naar voren komt is dat de factoren executieve functies en intelligentie op jonge leeftijd moeilijk te differentiëren zijn. Wellicht dat intelligentie zich meer weet te manifesteren op latere leeftijd en dit leidt tot een sterke correlatie op latere leeftijd. Er lijkt een verschuiving plaats te vinden. Waar eerst het inhiberend vermogen bepalend lijkt te zijn voor het herkennen van onderzoeksvragen, wordt

dit op latere leeftijd overgenomen door het intelligentievermogen. In acht genomen dat executieve functies onderdeel uitmaken van de meeste intelligentie vraagstukken en er differentiatie plaats vindt is dit niet verrassend (Brydges et al., 2012). Ook is in eerdere literatuur al naar voren gekomen dat succesvolle leerlingen sterker zijn in onderzoekend leren dan minder succesvolle leerlingen (De Jong & Van Joolingen, 1998). Hierbij wordt gerefereerd naar leerlingen die succesvoller de schoolloopbaan doorlopen.

Samenvattend kan worden gezegd dat executieve functies een belangrijke rol spelen bij het herkennen van een onderzoeksvraag. Inhibitie speelt in groep 4 een zeer bepalende rol en dit vraagt in die groep om een aanpassing van de leeromgeving. Na groep 4 lijkt de invloed van inhibitie af te nemen. Tevens blijkt dat intelligentie bepalend is voor het herkennen van een onderzoeksvraag. Inhibitie is net als intelligentie een belangrijke vaardigheid om succesvol te kunnen leren. Indien dit bij sommige leerlingen nog niet geheel is ontwikkeld is het belangrijk hen hier ondersteuning in aan te bieden (Friedman & Miyake, 2004). Dit onderzoek heeft uitgewezen dat leerlingen in het primair onderwijs behoefte hebben aan ondersteuning. De leerling moet zo weinig mogelijk irrelevante variabelen bevatten. Overzicht en structuur aanbieden in de te onderzoeken variabelen is aan te raden.

Opvallend resultaat uit dit onderzoek is dat leerlingen veelvuldig kiezen voor een onderzoeksvraag met slechts één variabele. Op het moment dat leerlingen hiervoor kiezen is de vraag of zij wel van plan zijn om de andere variabele te onderzoeken. Bij het uitgevoerde onderzoek is dit niet onderzocht. Het is aan te bevelen om dit te onderzoeken tijdens vervolgonderzoek. Indien een leerling op de volgende onderzoeksvraag ook een antwoord probeert te verkrijgen is het de vraag of het wel bezwaarlijk is dat zij kiezen voor het onderzoeken van slechts één variabele per keer. Het zou kunnen zijn dat zij bewust structuur geven aan het onderzoek door telkens één variabele te onderzoeken (Kuhn & Dean, 2005; Lazonder & Kamp, 2012). Wel moeten leerlingen die consequent kiezen voor een onderzoeksvraag met slechts één variabele gemotiveerd worden om alle variabelen te onderzoeken en relaties, dan wel interactie effecten te onderzoeken. Tevens moet hen worden geleerd dat zij alle variabelen moeten onderzoeken om antwoord te verkrijgen op de onderzoeksvraag.

Dit onderzoek heeft zich enkel gericht op het herkennen van een onderzoeksvraag als een vaardigheid die ten grondslag ligt aan het formuleren van onderzoeksvragen. Echter, in de praktijk is de kans groot dat men van de leerling zal vragen om zelfstandig een

onderzoeksvraag te formuleren. Het is dan ook zeer relevant om te onderzoeken of de executieve functies die bij het herkennen van een onderzoeksvraag een grote rol spelen dat ook doen bij het formuleren van onderzoeksvragen. De vraag is of het haalbaar is om dit onderzoek dan uit te voeren bij groep 4 en lager. De taal- en schrijfontwikkeling zijn namelijk vereist voor het formuleren van onderzoeksvragen. Interessant is ook om te weten of executieve functies een rol spelen bij de andere fasen van het onderzoekend leren. Waar werkgeheugen een minder bepalende rol heeft bij het herkennen van onderzoeksvragen zal het werkgeheugen wellicht bij data analyse een belangrijkere rol vergaren. Tal van andere voorbeelden zijn te bedenken. Inzicht in de invloed van de executieve functies op de stappen van het onderzoekend leren maakt het mogelijk instructie te optimaliseren.

Referenties

- Anderson, V., Jacobs, R., Anderson, P. J. (2008). *Executive functions and the frontal Lobes: A lifespan Perspective* (Vol. 3). New York Taylor & Francis Group.
- Baron, I. S. (2004). *Neuropsychological valuation of the child* Oxford University press inc.
- Best, J. R., Miller, P. H., & Jones, L. L. (2009). Executive functions after age 5: changes and correlates. *Developmental Review*, 29(3), 180-200. doi: 10.1016/j.dr.2009.05.002.
- Brydges, C. R., Reid, C. L., Fox, A. M., & Anderson, M. (2012). A unitary executive function predicts intelligence in children. *Intelligence*, 40(5), 458-469. doi: 10.1016/j.intell.2012.05.006.
- Chin, C. (2001). Learning in Science: What do student's questions tell us about their thinking? *Education Journal* 29(2), 85-103.
- Council, N. R. (2000). *Inquiry and the national Science education standards. a guide for teaching and learning* Washington DC: National Academy Press.
- Crone, E. A., Bunge, S. A., van der Molen, M. W., & Ridderinkhof, K. R. (2006). Switching between tasks and responses: a developmental study. *Developmental Science* 9(3), 278-287.
- De Jong, T., & Van Joolingen, W. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of educational Research* 68(2), 179-201.
- Delis, D. C., Kaplan, E., & Kramer, J. H. (2007). *D-KEFS Color-Word Interference Test: Handleiding* U.S.A Harcourt Assessment Inc.
- Diamond, A. (2002). Principles of the frontal lobe function In D. T. Stuss & R. T. Knight (Eds.), *Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood: Cognitive functions, Anatomy and Biochemistry* (pp. 466-503). New York Oxford.
- Foundation, N. S. (2000). *Foundations Inquiry: Thoughts, views and strategies for the K-5 Classroom*. Arlington.
- Friedman, N. P., & Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions: a latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology General*, 133(1), 101-135. doi: 10.1037/0096-3445.133.1.101.
- Gioia, G. A., Isquith, P. K., Guy, S. C., & Kenworthy, L. (2000). Behavior rating inventory of executive function. *Child Neuropsychology*, 6(3), 235-238. doi: 10.1076/chin.6.3.235.3152.
- Hakkarainen, K., & Sintonen, M. (2002). The interrogative model of inquiry and computer-supported collaborative learning *Science & Education* 11, 25-43.
- Huizinga, M. (2007). De ontwikkeling van executieve functies tussen kindertijd en jongvolwassenheid. *Neuropsixis* 3, 74-82.
- Keys, C. (1998). A study of grade six students generating questions and plans for open-ended science investigations *Research in Science Education* 28(3), 301-306.
- Kuhn, D., Black, J., Keselman, A., & Kaplan, D. (2000). The development of cognitive skills to support inquiry learning. *Cognition and Instruction*, 18(4), 495-523. doi: 10.1207/s1532690xci1804_3.
- Kuhn, D., & Dean, D. (2005). Is developing scientific thinking all about learning to control variables? *Psychological Science*, 16(11), 866-870. doi: 10.1111/j.1467-9280.2005.01628.x.
- Kuhn, D., & Pease, M. (2008). What needs to develop in the development of inquiry skills? *Cognition and Instruction*, 26(4), 512-559. doi: 10.1080/07370000802391745.
- Lazonder, A. W., & Kamp, E. (2012). Bit by bit or all at once? Splitting up the inquiry task to promote children's scientific reasoning. *Learning and Instruction*, 22(6), 458-464. doi: 10.1016/j.learninstruc.2012.05.005.

- Leerplanontwikkeling, S. (2010). Tule Kerndoelen from <http://tule.slo.nl/index.html>
- Logan, G. D., & Cowan, W. B. (1984). On the ability to inhibit thought and action: A theory of an act of control. *Psychological Review*, 91(3), 295-327.
- Luna, B., Garver, K. E., Urban, T. A., Lazar, N. A., & Sweeney, J. A. (2004). Maturation of cognitive processes from late childhood to adulthood. *Child Development*, 75(5), 1357-1372.
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction-what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496. doi: 10.1002/tea.20347.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. *Cogn Psychol*, 41(1), 49-100. doi: 10.1006/cogp.1999.0734.
- Mulder, J. L., Dekker, P. H., & Dekker, R. (2006). *Woord-Fluency Test/ Figure-Fluency Test: Handleiding* Leiden: PITS BV.
- Rabbitt. (2007). *Methodology of frontal and executive function*. New York: Psychology Press
- Roy, D., Kustra, E., & Borin, P. (2003). What is a good Inquiry Question? , from http://cfl.mcmaster.ca/resources/misc/good_inquiry_question.html
- van den Wildenberg, W. P., & van der Molen, M. W. (2004). Developmental trends in simple and selective inhibition of compatible and incompatible responses. *Journal of Experimental Child Psychology*, 87(3), 201-220. doi: 10.1016/j.jecp.2003.11.003.
- Welsh, M., C. (2002). Developmental and clinical variations in executive functions In D. L. Molfese & V. J. Molfese (Eds.), *Developmental variations in Learning: Applications to Social, Executive Function, Language and Reading Skills* (pp. 139-185). Mahwah, NJ: Psychology Press .
- Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27(2), 172-223. doi: 10.1016/j.dr.2006.12.001