

Creativiteit en Meetkunde

Het verschil tussen sterke en zwakke rekenaars in de bovenbouw van de
basisschool

Bachelorthesis Pedagogische Wetenschappen (200600042)

Namen: Marthe van de Koppel (4143779)
Saline Goedegebuure (4169867)
Marja Erisman (4152972)

Werkgroep: 7

Begeleider: MSc. Eveline Schoevers

Abstract

This study demonstrates how creativity is related to two different geometry tasks, academic geometry and creative geometry, and if this relation differs for mathematically strong and mathematically weak students. A total of 235 children, aged 7 to 11 years old, participated in this study. Creativity was measured by the Evaluation of Potential for Creativity Form A [EPoC] and the Test for Creative Thinking [TCT-DP]. Academic geometry was measured by the 'Meetkunde Toets' (Geometry Test) and creative geometry is measured by the Geometrical Creativity Test [GCT]. Mathematically strong and mathematically weak students were divided based on the test scores of the 'CITO reken-wiskunde' (a Dutch student tracking system for mathematics). Data were analyzed with Pearson's-r analyses and a Multiple regression analyses. Creativity and academic geometry, and creativity and creative geometry were found to be significantly (positive) correlated to each other with a medium effect size. Furthermore, these relations did not differ significantly for mathematically strong and mathematically weak children. It is concluded that creativity is a significant factor in academic and creative geometry and does not depend on the mathematical performances of children. This underlines the importance of implementing creativity in the education of geometry.

Keywords: Creativity, Geometry, Mathematical Performance, Math, Mathematical Competence, Mathematical Creativity

Creativiteit en Meetkunde: Het Verschil Tussen Sterke en Zwakke Rekenaars in de Bovenbouw van de Basisschool

De term 'creativiteit' wordt veel gebruikt in een artistieke context, maar vaak wordt vergeten dat creativiteit een overstijgend begrip is dat veel breder kan worden toegepast (Munakata & Vaidya, 2011). Creativiteit kan namelijk omschreven worden als het vermogen om producten of ideeën van waarde te produceren, die beschouwd kunnen worden als nieuw of origineel (Plucker, Beghetto, & Dow, 2004; Sternberg, 2003). Daarnaast dient creativiteit gedefinieerd te worden binnen de sociale context waarin het individu zich bevindt (Plucker et al., 2004). Aan de hand van de sociale context kan creativiteit worden opgesplitst in *Big C creativiteit*: originele producten van vooraanstaande ontwerpers, en *little c creativiteit*: creativiteit in een meer alledaagse context (Kaufman & Beghetto, 2009; Plucker et al., 2004). Een voorbeeld van een dergelijke alledaagse context waarin creativiteit een rol speelt is het reken-wiskundeonderwijs. Zo wordt door King (2006) gesuggereerd dat creativiteit binnen het reken-wiskundeonderwijs de enige manier is om succesvol te kunnen worden op het gebied van reken-wiskunde.

Het idee van King (2006) wordt ondersteund door de positieve relatie tussen creativiteit en reken-wiskundeprestaties die in diverse onderzoeken aangetoond wordt. Creatieve leerlingen hebben vaak betere reken-wiskundeprestaties dan minder creatieve leerlingen (Bahar & Maker, 2011; Hansenne & Legrand, 2012; Rindermann & Neubauer, 2004). In het onderzoek van Hansenne en Legrand (2012) wordt dit verklaard doordat deze relatie niet op zichzelf staand is, maar dat er sprake is van een indirecte relatie. Zo wordt er een positieve samenhang aangetoond tussen creativiteit en intelligentie en tussen intelligentie en reken-wiskundeprestaties (Hansenne & Legrand, 2012). Toch blijft de relatie tussen creativiteit en reken-wiskundeprestaties in het onderzoek van Rindermann en Neubauer (2004) bestaan als er gecontroleerd wordt op de invloed van intelligentie. Dit impliceert dat het bevorderen van creativiteit bij leerlingen kan leiden tot hogere reken-wiskundeprestaties (Hansenne & Legrand, 2012), wat het belang van het bevorderen van creativiteit binnen het reken-wiskundeonderwijs laat zien.

Ondanks het belang van creativiteitsbevordering, wordt creativiteit in het huidige reken-wiskundeonderwijs nauwelijks gestimuleerd (Jonsson, Norqvist, Liljekvist, & Lithner, 2014). In de afgelopen 20 jaar blijkt er zelfs een daling te zijn van het creatief denkvermogen bij leerlingen in de basisschoolleeftijd (Kim, 2011). Gentry (2006) en Kim (2011) suggereren dat deze daling toe te schrijven is aan veranderingen in het onderwijs. Waar de nadruk eerst lag op creatief en kritisch denken, lijkt deze nu te verschuiven naar uit het hoofd leren van de lesstof. Het uit het hoofd leren van de lesstof lijkt niet aan te sluiten bij het overkoepelende doel van reken-wiskundeonderwijs: het ontwikkelen van reken-wiskundige competentie (Fuchs & Fuchs, 2002; Jonsson et

al., 2014). Dit is het vermogen om diverse uiteenlopende rekenkundige situaties te begrijpen, te beoordelen en op te lossen. Bij uit het hoofd leren van de lesstof ligt de nadruk in het huidige reken-wiskundeonderwijs vooral op het aanleren van algoritmes (Jonsson et al., 2014): stappenplannen met regels die uiteenzetten welke rekenkundige handeling moet worden verricht (Ball, Hill, & Bass, 2005). Het gebruik van een algoritme laat daarom niet zien of een leerling de verrichte rekenkunde handeling voor het oplossen van het probleem begrijpt (Fan & Zhu, 2007; Jonsson et al., 2014). De vraag is dus of het doel van reken-wiskundeonderwijs wel behaald wordt (Jonsson et al., 2014).

Een mogelijk oplossing om het doel van het reken-wiskundeonderwijs wel te behalen, zou het bevorderen van creatief denken en flexibel omgaan met ideeën kunnen zijn (Jonsson et al., 2014; Shriki, 2010). Dit kan door middel van creatieve reken-wiskunde. Verschillende onderzoeken hebben namelijk een positieve relatie aangetoond tussen creatieve reken-wiskunde en reken-wiskunde-prestaties (Bahar & Maker, 2011; Kattou, Kontoyianni, Pitta-Pantazi, & Christou, 2013; Leikin, 2013; Walia, 2012). Creatieve reken-wiskunde wordt gedefinieerd als het vinden en formuleren van originele methoden voor het oplossen van reken-wiskundige problemen. Hierbij is het creatief denkproces van belang (Haylock, 1997; Leikin, 2013). In het creatief denkproces bij creatieve reken-wiskunde worden twee componenten voor het oplossen van reken-wiskundige problemen samengebracht. De eerste is divergent denken waar beoogd wordt meerdere antwoorden te bedenken om op deze manier tot een geïntegreerde nieuwe oplossing voor het reken-wiskundig probleem te komen. De tweede is convergent denken waar beoogd wordt om tot één juist antwoord voor het reken-wiskundig probleem te komen en dus ook de juistheid van de nieuwe oplossing van het divergent denkproces te evalueren. Een persoon die beschikt over de vaardigheid van creatief denken, weet de twee componenten met elkaar samen te brengen (Cropley, 2000, 2006). Binnen het creatieve reken-wiskundeonderwijs wordt dus het creatief denkproces bij het oplossen van reken-wiskundige problemen wel geïmplementeerd, wat mogelijk leidt tot een betere reken-wiskundige competentie (Bahar & Maker, 2011; Kwon, Park & Park, 2006).

Om de reken-wiskundige competentie van leerlingen verder te verbeteren, is het van belang om bij het implementeren van creativiteit te beginnen bij de basis. Volgens Clements en Samara (2011) is deze basis meetkunde, een belangrijk domein van reken-wiskunde. Naast een op zichzelf staand domein, kan meetkunde namelijk gezien worden als de start voor het oplossen van alle reken-wiskundige problemen (Clements & Samara, 2011), aangezien het een proces van creatie, interpretatie en reflectie betreft (Arcavi, 2011). De basis voor meetkunde moet gelegd worden op de basisschool door het leren begrijpen van (driedimensionale) vormen. Dit is van belang in de ontwikkeling en het dagelijks leven van kinderen, waarbij (driedimensionale) vormen een grote rol

spelen (Roth, 2011). Gezien meetkunde de start is voor het oplossen van rekenkundige problemen, is het belangrijk te kijken naar de relatie tussen creativiteit en meetkunde. Hierdoor kan het proces van creatief reken-wiskundeonderwijs doeltreffend verlopen (Clements & Sarama, 2011).

In de onderzoeken van Erdogan, Akkaya en Celebi Akkaya (2009) en Levav-Waynberg en Leikin (2012a) is bovengenoemde relatie tussen creativiteit en meetkunde onderzocht. Evenals de relatie tussen creativiteit en rekenprestaties, is er een positieve relatie gevonden tussen creativiteit en meetkunde. Deze samenhang zou verklaard kunnen worden doordat meetkunde een probleemoplossend vermogen vereist (Erdogan et al., 2009). Het oplossen van problemen is een proces dat flexibel, vlot en origineel denken vereist, ook wel creatief denken genoemd (Bahar & Maker, 2011; Runco, 2007). Het stimuleren van flexibiliteit en vlotheid vergroot meetkundige kennis (Levav-Waynberg & Leikin, 2012a). Het bevorderen van creativiteit binnen het meetkundeonderwijs lijkt dus, evenals in het reken-wiskundeonderwijs, van belang te zijn voor het bevorderen van meetkundige prestaties.

Binnen meetkunde is het mogelijk om verschillende taken te onderscheiden. Om de relatie tussen creativiteit en meetkunde meer concreet in kaart te kunnen brengen, is het van belang te kijken naar deze verschillende meetkundetaken. Een voorbeeld hiervan is een creatieve meetkundetaak, waarbij gebruik wordt gemaakt van een *multiple solution task*. Meetkunde leent zich bij uitstek voor het gebruik van *multiple solution tasks*. Dit soort taken met open vragen en meerdere antwoordmogelijkheden moedigen het divergent denken aan. Daarnaast kan een *multiple solution task* helpen om te laten zien of een leerling in staat is om reken-wiskundige kennis uit verschillende domeinen, waaronder meetkunde, met elkaar te verbinden. Deze verbinding van kennis is één van de maatstaven voor het meten van reken-wiskunde begrip (Levav-Waynberg & Leikin, 2012b). Naast het reken-wiskunde begrip wordt met de *multiple solution task* ook gemeten in hoeverre een leerling in staat is om tot probleemoplossing en probleemformulering te komen en dus in staat is de verkregen meetkundige kennis op een creatieve manier te gebruiken. Fluency, flexibility en originaliteit spelen hierbij een grote rol. Deze dimensies vormen samen de kern van creativiteit en zijn daarom zeer geschikt als basis van een *multiple solution task* (Levav-Waynberg & Leikin, 2012b; Van Harpen & Sriraman, 2013). Het bekijken van de creatieve meetkundetaak in de relatie tussen creativiteit en meetkunde is dus van belang, omdat het inzicht geeft in hoeverre een leerling in staat is creativiteit toe te passen bij het oplossen van meetkundige problemen.

Een ander voorbeeld van een meetkundetaak is een academische meetkundetaak. Hierbij wordt gebruik gemaakt van gesloten en open vragen. Binnen deze taak is het doel om het juiste antwoord op de vragen te formuleren, waarbij maar

één antwoord goed is. Dit betreft de reproductie van kennis en feiten (Swan, 2005). Het meten van kennis is van belang, omdat het samen met probleemoplossing en probleemformulering een samenhangend kader vormt voor het aantonen van de ontwikkeling van het meetkundig begrip (Van Harpen & Sriraman, 2011). Door het gebruik van zowel een creatieve meetkunde- als een academische meetkundetaak kan dus een breder beeld worden gegeven van het meetkundig begrip en creativiteit van een leerling. Des te meer hierover bekend is, des te adequater het meetkundeonderwijs vormgegeven kan worden (Clements & Sarama, 2011). Hierdoor kan een volledige talentontwikkeling van leerlingen binnen het reken-wiskundeonderwijs plaatsvinden (Mann, 2006).

Om een volledig beeld van de relatie tussen creativiteit en de verschillende taken van meetkunde te krijgen, is het noodzakelijk te kijken naar andere factoren die de relatie tussen creativiteit en meetkunde mogelijk beïnvloeden. Eén van die factoren is het reken-wiskundeniveau van de leerling. Hierin speelt het eerder beschreven creatief denkvermogen, het combineren van divergent en convergent denken, een grote rol (Cropley, 2000, 2006). Kim, Cho en Ahn (2004) tonen in hun onderzoek aan dat sterke rekenaars over een groter creatief denkvermogen beschikken dan zwakke rekenaars. Waar zwakke rekenaars via een standaard oplossingsmethode tot het juiste antwoord voor het reken-wiskundig probleem komen (convergent denken), zijn sterke rekenaars in staat om meerdere oplossingen voor het probleem te bedenken om vervolgens tot het best passende antwoord te komen (divergent denken en convergent denken gecombineerd). Sterke rekenaars lijken dus meer creativiteit in hun oplossingsmethode toe te passen dan zwakke rekenaars, waardoor de relatie tussen creativiteit en reken-wiskunde sterker lijkt te zijn voor sterke rekenaars (Kim et al., 2004; Leikin & Lev, 2007). Het is van belang te onderzoeken of dit in het specifieke reken-wiskunde domein meetkunde ook het geval is. Wanneer dit in kaart gebracht wordt, kan het meetkunde onderwijs adequaat vormgegeven worden, waarbij rekening kan worden gehouden met het niveau van elke leerling.

Huidig onderzoek

In het huidige onderzoek zal onderzocht worden wat de relatie is tussen creativiteit en meetkunde, en of deze relatie verschilt voor sterke en zwakke rekenaars bij kinderen in de bovenbouw van de basisschool. Op deze manier kan dit onderzoek bijdragen aan bestaande kennis over creativiteit als mogelijk middel voor het vergroten van de reken-wiskunde competentie van leerlingen. Daarnaast draagt het bij aan de kennis over het zo efficiënt mogelijk implementeren van creativiteit binnen het meetkundeonderwijs, passend bij het niveau van elke leerling. Vier onderzoeksvragen zijn geformuleerd:

- 1) Is er een relatie tussen creativiteit en academische meetkunde bij kinderen in de bovenbouw van de basisschool en wat is de sterkte van deze relatie?
- 2) Is er een relatie tussen creativiteit en creatieve meetkunde bij kinderen in de bovenbouw van de basisschool en wat is de sterkte van deze relatie?
- 3) Verschilt de relatie tussen creativiteit en academische meetkunde voor sterke en zwakke rekenaars in de bovenbouw van de basisschool?
- 4) Verschilt de relatie tussen creativiteit en creatieve meetkunde voor sterke en zwakke rekenaars in de bovenbouw van de basisschool?

Er wordt verwacht dat er sprake is van een positieve relatie tussen zowel creativiteit en academische meetkunde als tussen creativiteit en creatieve meetkunde bij kinderen in de bovenbouw van de basisschool (Erdogan et al., 2009; Levav-Waynberg & Leikin, 2012a). Daarnaast wordt er verwacht dat de relatie tussen creativiteit en academische meetkunde en de relatie tussen creativiteit en creatieve meetkunde verschilt voor sterke en zwakke rekenaars in de bovenbouw van de basisschool. Gezien sterke rekenaars over een groter creatief denkvermogen beschikken binnen de rekenwiskunde, wordt verwacht dat de relatie tussen creativiteit en academische meetkunde en tussen creativiteit en creatieve meetkunde sterker is voor sterke rekenaars dan voor zwakke rekenaars in de bovenbouw van de basisschool (Kim et al., 2004; Leikin & Lev, 2007).

Methoden

In dit kwantitatieve onderzoek werd de relatie tussen creativiteit en meetkunde onderzocht door middel van toetsend onderzoek. Hierbij is gekeken naar een academische meetkundetaak en een creatieve meetkundetaak. Aanvullend is gekeken of de relatie tussen creativiteit en meetkunde in sterkte verschilt voor sterke en zwakke rekenaars. Dit onderzoek maakte deel uit van een promotieonderzoek.

Steekproef

Na een oproep hebben vier reguliere basisscholen uit Rotterdam en Capelle aan de IJssel zich aangemeld voor het onderzoek. Er is dus sprake van een selecte steekproef op basis van zelfselectie. De ouders en leerkrachten zijn voorafgaand aan het onderzoek schriftelijk ingelicht over het onderzoek (passive informed consent). De leerlingen ($n = 235$) zaten in groep 6 ($n = 103$) of groep 7 ($n = 132$). Er waren in totaal negen deelnemende klassen. De participanten waren tussen de 7 jaar en 11 jaar oud ($M = 9.40$, $SD = .74$). De steekproef is verder beschreven in Tabel 1.

Tabel 1.

Beschrijvende Statistieken van de Steekproef, Onderverdeeld in Groep 6 en Groep 7.

	Groep 6	Groep 7
Variabelen	($n = 103$)	($n = 132$)

	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max
Leeftijd	8.85	.65	7	11	9.83	.48	9	11
	<i>n</i>		%		<i>n</i>		%	
Geslacht								
Jongen	42		40.8		77		58.3	
Meisje	61		59.2		55		41.7	

Meetinstrumenten

Twee meetinstrumenten zijn gebruikt om de variabele creativiteit te meten. Eén meetinstrument is gebruikt om reken-wiskunde niveau te meten. Daarnaast zijn twee meetinstrumenten gebruikt om de variabelen academische meetkunde en creatieve meetkunde in kaart te brengen.

Creativiteit. Zoals in de inleiding vermeld, wordt creativiteit in dit onderzoek gedefinieerd als het vermogen om producten of ideeën van waarde te produceren, die beschouwd kunnen worden als nieuw of origineel binnen een alledaagse context (Plucker et al., 2004). Om uitspraak te kunnen doen over de creativiteit van de leerlingen zijn de scores van de Evaluation of Potential for Creativity Form A [EPoC] (Lubart, Besançon, & Barbot, 2011) en de Test for Creative Thinking [TCT-DP] (Urban & Jellen, 1996) gestandaardiseerd en is vervolgens het gemiddelde van deze scores uitgerekend. Deze scores worden samengevoegd omdat het niet raadzaam is om één subtest op zichzelf te interpreteren (Kim, 2006; Cropley, 2000). Door het samenvoegen van twee scores zal in dit onderzoek geprobeerd worden een betrouwbaarder beeld van de creativiteitscore te schetsen.

De EPoC is voor dit onderzoek gebruikt, omdat het beoogd het divergent-explorerend en convergent-integrerend denkvermogen van leerlingen te meten aan de hand van vier subtesten (Barbot, Besançon, & Lubart, 2011). In dit onderzoek zijn alleen de grafische subtesten voor divergent-explorerend en convergent-integrerend vermogen afgenomen, gezien de werkdruk voor de leerlingen en de beperkte beschikbare tijd voor afname van de testen in de klassen. De grafische subtest voor divergent-explorerend vermogen bestaat uit een bepaalde abstracte vorm, die leerlingen moeten gebruiken om binnen tien minuten zoveel mogelijk verschillende en originele tekeningen te maken. De leerlingen moesten bij de grafische subtest voor convergent-integrerend vermogen in tien minuten een originele en geïntegreerde tekening maken gebaseerd op minimaal vier abstracte figuren. De tekeningen kregen een score van één tot en met zeven aan de hand van originaliteit en de mate van integratie van de tekening. Deze testcores zijn betrouwbaar met een inter-subtest correlatie van een Cronbach Alpha variërend tussen .75 en .88 voor de verschillende subtesten. Daarnaast is zowel de interne als de externe validiteit van de EPoC voldoende (Barbot et al., 2011). De

interbeoordelaarsbetrouwbaarheid was .80 en kan als betrouwbaar worden beoordeeld (Koo & Li, 2016).

De TCT-DP is in dit onderzoek gebruikt, omdat het het creatief denkvermogen van individuen in kaart brengt (Urban, 2005). De TCT-DP laat kinderen in 15 minuten één tekening met bepaalde figuren afmaken. Aan de hand van 14 criteria worden de tekeningen gescoord. De minimale score is 0 en de maximale score is 72. Door middel van de opgetelde score wordt een normscore berekend, waardoor het creatief denkvermogen van de leerling in kaart kan worden gebracht. De interbeoordelaarsbetrouwbaarheid van de TCT-DP wordt als betrouwbaar beoordeeld ($\alpha = .87$). De paralleltestbetrouwbaarheid is minder sterk, maar nog steeds voldoende ($\alpha = .62$). Daarnaast is de test-hertest betrouwbaarheid hoog ($\alpha = .81$) (Urban, 2005).

Academische Meetkunde. De academische meetkundetaak die in dit onderzoek gebruikt is om het meetkundig kennisniveau van leerlingen te meten, is een voor promotieonderzoek ontwikkelde Meetkunde Test. Deze test bestaat uit vier gesloten vragen en zes open vragen. Een voorbeeld van een gesloten oefening is dat er een plaatje van een huis wordt getoond, waarbij de vraag wordt gesteld: *Jelle stond achter dit huis en maakte een foto. Welke foto heeft Jelle gemaakt?* De antwoordmogelijkheden bestaan uit A tot en met D. Voor elk juist antwoord op een meerkeuzevraag wordt 1 punt gerekend. Bij één van de open vragen wordt een plaatje van een schilderij getoond. De volgende vraag wordt daarbij gesteld: *Het schilderij is plat, maar toch zie je veel diepte. Hoe heeft de schilder gezorgd dat je diepte ziet?* Op basis van vastgestelde criteria wordt beoordeeld of een vraag goed (2 punten), half goed (1 punt) of fout (0 punten) is. Voor de Meetkunde Test is een totaalscore tussen 0 en 16 punten mogelijk.

Na een betrouwbaarheidsanalyse in Statistic Package for the Social Science 24 (SPSS) kan geconcludeerd worden dat er sprake is van een lage interne consistentie ($\alpha = .66$) voor de Meetkunde Test. Kline (1999) is echter van mening dat een Cronbach's Alpha van .70 voor vermogenstesten een juiste grens is om te concluderen dat een test intern consistent en daarmee betrouwbaar is. Er is daarom gekozen om de test toch voor dit onderzoek te gebruiken. De validiteit van de Meetkunde Test is nog niet onderzocht. De interbeoordelaarsbetrouwbaarheid van vraag vijf tot en met tien lag tussen de .75 en .95 en kan dus als zeer betrouwbaar worden beoordeeld (Koo & Li, 2016; Allen & Bennett, 2012). Alleen voor vraag negen kon de betrouwbaarheid niet worden berekend in verband met te weinig variantie. Omdat veel leerlingen vraag negen fout hadden, werd de variantie negatief beïnvloed en kon de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid niet worden berekend (Hallgren, 2012).

Creatieve Meetkunde. Creatieve meetkunde is het toepassen van meetkunde kennis op een creatieve manier en is in dit onderzoek gemeten door middel van de

Geometrical Creativity Test (GCT), die tevens ontworpen is voor promotieonderzoek. De test bestaat uit vijf open vragen. Per vraag zijn er meerdere antwoorden mogelijk: leerlingen mogen zoveel antwoorden geven als ze kunnen bedenken. De antwoorden worden gescoord aan de hand van drie indicatoren: fluency, flexibility en originaliteit. Bij fluency wordt gekeken naar het aantal goede antwoorden en bij flexibility naar het aantal verschillende categorieën waar de antwoorden in vallen. Aan de hand van deze ruwe scores worden ratio scores berekend door de score van de leerling te delen door de hoogst behaalde score voor respectievelijk fluency en flexibility. Deze ratio scores liggen tussen nul en één. Originaliteit is berekend door te kijken hoe vaak elk correct antwoord is voorgekomen in vergelijking met de steekproef. Hiervoor werd een score gegeven tussen nul en één. De totaalscore is berekend door de fluency en flexibility ratio score en de originaliteit score voor elke vraag bij elkaar op te tellen. De Cronbach's Alpha van de GCT blijkt .86 te zijn na een betrouwbaarheidsanalyse in SPSS 24. Dit betekent dat de test intern consistent is. De validiteit van de GCT is nog niet onderzocht. De interbeoordelaarsbetrouwbaarheid werd voor zowel fluency als flexibility als zeer betrouwbaar beoordeeld ($\alpha = .95$ en $\alpha = .85$) (Koo & Li, 2016; Allen & Bennett, 2012).

Reken-wiskunde niveau. Het reken-wiskunde niveau van de leerlingen is gemeten door middel van de scores op de Cito Rekenen-Wiskunde 2.0 en Cito Rekenen-Wiskunde 3.0 (Janssen, Verhelst, Engelen, & Scheltens, 2010). De ruwe toetsscores zijn omgezet in vaardigheidsscores, waarmee verschillende Cito toetsen met elkaar vergeleken kunnen worden. Met behulp van deze vaardigheidsscore kon worden bepaald wat het reken-wiskundig niveau van de leerling is in vergelijking tot het landelijk reken-wiskunde niveau van leerlingen uit dezelfde klas. Door middel van normtabellen zijn de vaardigheidsscores omgezet in een niveauscore van V, IV, III, II of I. Niveau I omvat 20% hoogst scorende leerlingen, niveau II 20% boven het landelijk gemiddelde, III 20% landelijk gemiddelde, IV 20% onder het landelijk gemiddelde en niveau V omvat de 20% laagst scorende leerlingen (Janssen et al., 2010). Aan de hand van deze niveauscores is uiteindelijk de variabele 'rekenniveau' gecreëerd. Deze variabele bestaat uit twee categorieën, namelijk rekensterke leerlingen en rekenzwakke leerlingen. Leerlingen met een niveauscore van I of II werden gecodeerd als rekensterk en leerlingen met een niveauscore van V of IV als rekenzwak. Leerlingen met een niveauscore van III werden dus niet meegenomen in het onderzoek.

COTAN beoordeeld Cito Rekenen-Wiskunde op alle domeinen (uitgangspunten testconstructie, kwaliteit testmateriaal, kwaliteit handleiding, normen, betrouwbaarheid en begripsvaliditeit) met een goed (Egberink, Janssen, & Vermeulen, 2013). In dit onderzoek is gebruik gemaakt van de scores uit juni 2016 van de Cito scores Rekenen-Wiskunde. Dit waren de meest recente gegevens.

Procedure

Er is gebruik gemaakt van een deel van de data die verzameld is voor de voormeting van een promotieonderzoek in september 2016. Irrelevante data voor dit onderzoek, zoals leerkracht informatie, zijn achterwege gelaten. De GCT, de EPoC en de TCT-DP zijn afgenomen in een klassikale setting onder begeleiding van twee onderzoekers. Deze afname duurde in totaal anderhalf uur. De Meetkunde Test is afgenomen door de klassenleerkracht en duurde een half uur. Bij beide afnames moesten de leerlingen in toetsopstelling gaan zitten en kregen vervolgens de testen uitgedeeld. Na de uitleg van de onderzoekers of de leerkracht moesten de leerlingen individueel de vragen van de testen beantwoorden. De citoscores zijn opgevraagd bij de docent.

De gegevens van leerlingen zijn door de onderzoekers anoniem behandeld en niet verstrekt aan derden. Het onderzoek is eerlijk en objectief uitgevoerd en aan participanten is geen valse informatie doorgegeven. De scholen hebben vrijwillig deelgenomen aan het onderzoek. Hierdoor is het onderzoek ethisch verantwoord.

Data analyse

De data binnen dit onderzoek zijn geanalyseerd met SPSS 24. Met behulp van correlatie analyse is onderzocht of er een relatie is tussen creativiteit en academische meetkunde en hoe sterk deze relatie is. Tevens is met behulp van correlatie analyse gekeken naar de relatie tussen creativiteit en creatieve meetkunde en de sterkte van deze relatie. Vooraf zijn de assumpties voor een Pearson-*r* analyse getoetst.

Aanvullend is door middel van multipele regressieanalyse onderzocht of de relatie tussen creativiteit en academische meetkunde en de relatie tussen creativiteit en creatieve meetkunde verschilt voor sterke en zwakke rekenaars. Vooraf zijn de assumpties voor multipele regressieanalyse getoetst.

Resultaten

Alvorens kon worden onderzocht of er een relatie is tussen creativiteit en meetkunde en of deze verschilt voor sterke en zwakke rekenaars zijn er een aantal assumpties getoetst. De assumpties voor onafhankelijkheid, homoscedasticiteit en lineariteit zijn niet geschonden (Field, 2013). Daarnaast is door middel van Kolmogorov-Smirnov en Shapiro-Wilk statistieken, histogrammen, skewness en kurtosis nagegaan of de variabelen normaal verdeeld zijn. Ook deze assumptie werd voor alle variabelen niet geschonden (Field, 2013). Tevens werd de assumptie voor grootte van de steekproef niet geschonden (Allen & Bennett, 2012). Door middel van z-scores is gecontroleerd op univariate uitschieters. Hier was geen sprake van. Daarnaast was er geen sprake van multivariate uitschieters. Ook de assumpties voor multicollineariteit en normaliteit, lineariteit en homoscedasticiteit van residuen zijn niet geschonden (Allen & Bennett, 2012; Field, 2013).

Creativiteit en Meetkunde

Om antwoord te geven op de vraag of er een relatie is tussen creativiteit en meetkunde en wat de sterkte van deze relatie is, zijn er twee analyses uitgevoerd. Ten eerste is gekeken of creativiteit en academische meetkunde samenhangen en wat de sterkte is van deze samenhang. Ten tweede is onderzocht of creativiteit en creatieve meetkunde samenhangen en wat de sterkte is van deze samenhang. Alvorens een antwoord te kunnen geven op de vraag of er een relatie is tussen creativiteit en academische/creatieve meetkunde en hoe sterk deze relaties zijn, is de bruikbare steekproef vastgesteld. Participanten met ontbrekende gegevens voor creativiteit en/of academische meetkunde zijn *listwise* uit de steekproef gehaald, waardoor de uiteindelijke steekproefgrootte voor creativiteit en academische meetkunde 197 participanten betreft en voor creativiteit en creatieve meetkunde 230 participanten betreft. Een overzicht van de gemiddelden, standaarddeviatie, minimumscore en maximumscore van de variabelen zijn zichtbaar in Tabel 2.

Tabel 2

Gemiddelde, Standaarddeviatie, Minimum en Maximum voor de variabelen Creativiteit, Academische Meetkunde en Creatieve Meetkunde

Variabele	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Creativiteit	.02	.67	-1.36	2.98
Academische Meetkunde	5.06	3.02	0	13
Creatieve Meetkunde	3.85	1.58	0	8.47

Noot. Creativiteit is een gestandaardiseerde score

Om antwoord te geven op de onderzoeksvraag zijn twee Pearson's-r analyses uitgevoerd. Hieruit blijkt dat er een significante medium positieve relatie is tussen creativiteit en academische meetkunde, $r(195) = .32, p < .001$. Daarnaast blijkt dat er een medium positieve relatie bestaat tussen creativiteit en creatieve meetkunde, $r(228) = .37, p < .001$ (Gravetter & Wallnau, 2013).

Creativiteit, Meetkunde en Rekenniveau

Om te onderzoeken of de relatie tussen creativiteit en meetkunde verschilt voor sterke en zwakke rekenaars in de bovenbouw van de basisschool zijn twee analyses uitgevoerd. De eerste analyse heeft betrekking op academische meetkunde en de tweede analyse op creatieve meetkunde. Alvorens de analyses uit te voeren is het databestand gecontroleerd op ontbrekende scores, welke vervolgens *listwise* zijn verwijderd. Na het filteren van ontbrekende scores bestaat de steekproef voor academische meetkunde uit 130 leerlingen. Hiervan bevinden zich 69 leerlingen in de rekensterke groep ($M_{leeftijd} = 9.31, SD_{leeftijd} = .72$) en 61 leerlingen in de rekenzwakke groep ($M_{leeftijd} = 9.48, SD_{leeftijd} = .71$). Voor creatieve meetkunde bestaat de steekproef

uit 135 leerlingen. Hiervan bevinden zich 70 leerlingen in de rekensterke groep ($M_{leeftijd} = 9.31$, $SD_{leeftijd} = .72$) en 65 leerlingen in de rekenzwakke groep ($M_{leeftijd} = 9.48$, $SD_{leeftijd} = .71$). Op basis van het gemiddelde op creativiteit, academische meetkunde en creatieve meetkunde is een verschil in gemiddelden te zien tussen de rekensterke groep en de rekenzwakke groep (zie Tabel 3).

Tabel 3

Vershil in Gemiddelden, Standaarddeviaties, Minimum- en Maximumscores voor Creativiteit, Academische Meetkunde en Creatieve Meetkunde van Rekensterke en Rekenzwakke Leerlingen

Variabele	Rekensterk				Rekenzwak			
	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max
Creativiteit	.12	.58	-.86	1.57	-.24	.57	-1.27	1.26
Academische meetkunde	5.84	3.28	0	13	4.09	2.61	0	10
Creatieve meetkunde	4.55	1.60	0	8.47	3.47	1.51	1.03	7.03

Noot. Creativiteit is een gestandaardiseerde score

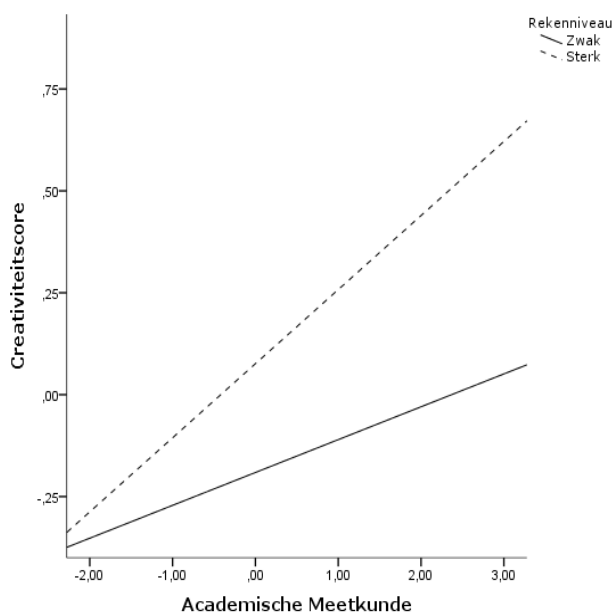
Door middel van multi-pele regressieanalyse is onderzocht of de relatie tussen creativiteit en academische meetkunde verschilt voor rekenzwakke en rekensterke leerlingen. Daarnaast is door middel van multi-pele regressieanalyse onderzocht of de relatie tussen creativiteit en creatieve meetkunde verschilt voor rekenzwakke en rekensterke leerlingen.

Om het moderatie effect van rekenniveau op de relatie tussen creativiteit en academische/creatieve meetkunde vervolgens in kaart te brengen, is een interactie-term van de onafhankelijke variabelen rekenniveau en creativiteit aangemaakt. Deze interactie-term is als derde onafhankelijke variabele meegenomen in de multi-pele regressie analyses. Deze drie onafhankelijke variabelen verklaren samen 17% van de variantie in academische meetkunde, $R^2 = .17$, adjusted $R^2 = .145$, $F(3, 126) = 8.12$, $p < .001$. De effectgrootte voor dit model is $f^2 = .20$. Volgens Cohen (1988) kan dit worden geïnterpreteerd als een medium effect. Het effect van creativiteit op academische meetkunde is niet significant, $t = .86$, $p = .40$. Het effect van rekenniveau op academische meetkunde is echter wel significant, $t = 2.74$, $p < .01$. Deze relatie is grafische weergegeven in Figuur 1. Daarnaast blijkt er sprake te zijn van een niet-significant positief moderatie effect, $t = 1.64$, $p = .103$.

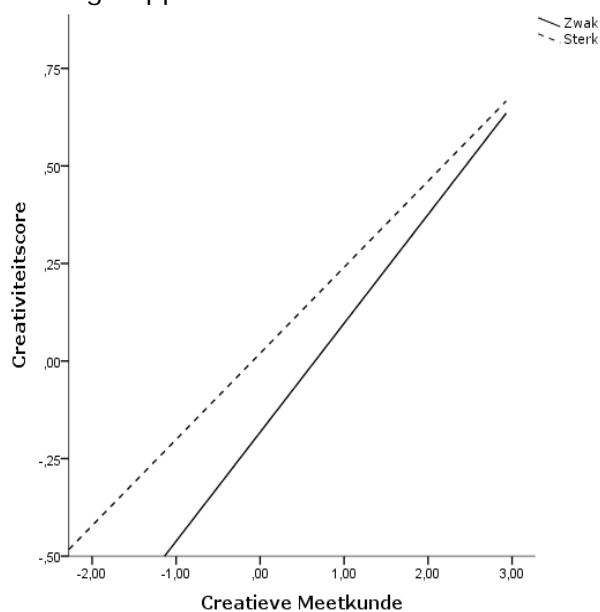
De drie variabelen verklaren samen 26% van de variantie in creatieve meetkunde, $R^2 = .26$, adjusted $R^2 = .246$, $F(3, 131) = 15.58$, $p < .001$. De effectgrootte voor dit model is $f^2 = .35$. Volgens Cohen (1988) kan dit worden

geïnterpreteerd als een groot effect. Het effect van creativiteit op creatieve meetkunde is significant, $t = 3.94$, $p < .001$. Het effect van rekenniveau op creatieve meetkunde is tevens significant, $t = 2.43$, $p = .016$. Daarnaast blijkt er sprake te zijn van een niet significant moderatie effect, $t = -.39$, $p = .694$. Deze relatie is grafische weergegeven in Figuur 2. De ongestandaardiseerde (B) en gestandaardiseerde (β) regressie coëfficiënten en de 'part' correlaties (sr^2) van elke voorspeller in de regressiemodellen zijn

gerapporteerd in Tabel 4 en Tabel 5.



Figuur 1. Grafische weergave van de relatie tussen creativiteit en academische meetkunde voor sterke en zwakke rekenaars.



Figuur 2. Grafische weergave van de relatie tussen creativiteit en creatieve meetkunde voor sterke en zwakke rekenaars.

Tabel 4

Lineair Model van Voorspellers van Academische Meetkunde

	B [95% BI]	β	t	p	sr^2
Constant	-.31 [-.58, -.04]		-2.27	.025	
Creativiteitscore	.19 [-.25, .63]	.11	.86	.394	.00
Rekenniveau	.50 [.14, .86]	.23	2.74	.007	.05
Creativiteitscore x Rekenniveau	.44 [-.10, 1.09]	.20	1.64	.103	.02

Noot. BI = betrouwbaarheidsinterval.

Tabel 5

Lineair Model van Voorspellers van Creatieve Meetkunde

	<i>B</i> [95% BI]	β	<i>T</i>	<i>p</i>	<i>sr</i> ²
Constant	-.01 [-.25, .23]		-.10	.922	
Creativiteitscore	.77 [.39, 1.16]	.45	3.94	.000	.09
Rekenniveau	.40 [.07, .72]	.19	2.43	.016	.03
Creativiteitscore x Rekenniveau	-.11 [-.64, .43]	-.04	-.39	.694	.00

Noot. BI = betrouwbaarheidsinterval.

Discussie

Het doel van dit onderzoek was het in kaart brengen van de relatie tussen creativiteit en meetkunde, en of deze relatie verschilt voor sterke en zwakke rekenaars bij kinderen in de bovenbouw van de basisschool. Om antwoord te geven op deze vraag is allereerst onderzocht of er een relatie is tussen creativiteit en academische/creatieve meetkunde bij kinderen in de bovenbouw van de basisschool en wat de sterkte van deze relaties is. De verwachtingen dat er een positieve relatie bestaat tussen creativiteit en academische meetkunde en tussen creativiteit en creatieve meetkunde (Erdogan et al., 2009; Levav-Waynberg & Leikin, 2012a) worden in dit onderzoek bevestigd. Er is door middel van Pearson's-r analyse namelijk een significante medium positieve relatie gevonden tussen creativiteit en academische meetkunde. Overeenkomstig is er door middel van Pearson's-r analyse een significante medium positieve relatie gevonden tussen creativiteit en creatieve meetkunde. De resultaten van het huidige onderzoek zijn grotendeels in harmonie met de literatuur. In eerder onderzoek wordt een positieve samenhang beschreven tussen creativiteit en reken-wiskundeprestaties (Hansenne & Legrand, 2012), creatieve reken-wiskunde en reken-wiskundeprestaties (Bahar & Maker, 2011; Kattou et al., 2013; Leikin, 2013; Walia, 2012) en creativiteit en meetkunde prestaties (Erdogan et al., 2009; Levav-Waynberg & Leikin, 2012a). Dit is in overeenstemming met de gevonden significante positieve relatie tussen creativiteit en academische/creatieve meetkunde. Echter, er is binnen deze onderzoeken geen eenduidige conceptualisering van creativiteit. In de meeste onderzoeken wordt een domein-specifieke vorm van creativiteit gemeten, zoals creativiteit met betrekking tot figuren (Hansenne & Legrand, 2012) of creativiteit met betrekking tot reken-wiskunde (Bahar & Maker, 2011; Kattou et al., 2013; Leikin, 2013; Levav-Waynberg & Leikin, 2012a; Walia, 2012). In het huidige onderzoek en het onderzoek van Erdogan et al. (2009) ligt de nadruk echter op een domein-algemene vorm van creativiteit, namelijk

het in kaart brengen van het divergent en convergent denkvermogen. Daarnaast wordt in het huidige onderzoek naar twee meetkundetaken gekeken. Het onderzoek van Erdogan et al. (2009) focust zich alleen op een creatieve meetkundetaak en het onderzoek van Levav-Waynberg en Leikin (2012a) focust zich alleen op een academische meetkundetaak. Door een andere vorm van creativiteit en verschillende meetkundetaken te onderzoeken draagt het huidige onderzoek bij aan kennisvergroting over de relatie tussen creativiteit en meetkunde. De relatie die in de onderzoeken gevonden wordt, blijft namelijk ook bestaan wanneer creativiteit geconceptualiseerd wordt als domein-algemeen én als er onderscheid wordt gemaakt tussen twee verschillende meetkundetaken.

Een mogelijke verklaring voor de relatie tussen creativiteit en academische meetkunde en tussen creativiteit en creatieve meetkunde is dat beide meetkundetaken een beroep doen op het probleemoplossend vermogen (Erdogan et al., 2009; Van Harpen & Sriraman, 2011). Probleemoplossing is een proces dat flexibel, vlot en origineel denken vereist, ook wel creatief denken genoemd (Bahar & Maker, 2011; Runco, 2007). Dit wordt ondersteund door Levav-Waynberg en Leikin (2012) die aantonen dat het stimuleren van flexibiliteit en vlotheid meetkundige kennis vergroot. Het probleemoplossend vermogen en het creatief denken zijn zowel voor academische als creatieve meetkunde nodig, wat mogelijk de samenhang tussen creativiteit en de twee taken van meetkunde verklaard. Een aanvullende verklaring voor de samenhang tussen creativiteit en creatieve meetkunde is dat bij creatieve meetkunde meerdere antwoorden mogelijk zijn. Deze 'multiple solution tasks' vereisen een onderdeel van creatief denken, namelijk het divergent denken (Levav-Waynberg & Leikin, 2012).

Ten tweede is onderzocht of de relatie tussen creativiteit en academische meetkunde en tussen creativiteit en creatieve meetkunde verschilt voor sterke en zwakke rekenaars in de bovenbouw van de basisschool. De verwachting dat de relatie tussen creativiteit en academische meetkunde en tussen creativiteit en creatieve meetkunde sterker is voor sterke rekenaars dan voor zwakke rekenaars (Kim et al., 2004; Leikin & Lev, 2007), wordt door dit onderzoek niet ondersteund. Door middel van een multiële regressieanalyse is aangetoond dat de relatie tussen creativiteit en academische meetkunde niet verschilt voor sterke en zwakke rekenaars. In het multiële regressiemodel wordt daarnaast geen significante relatie gevonden tussen creativiteit en academische meetkunde. Dit is in tegenstelling tot het gevonden resultaat door middel van de Pearson's-r analyse voor deze relatie. Dit zou wellicht verklaard kunnen worden doordat er bij de multiple regressie analyse een kleinere steekproef is gebruikt, waarbij gemiddelde rekenaars niet zijn meegenomen. Daarnaast wordt door middel van een multiële regressieanalyse aangetoond dat de relatie tussen creativiteit en creatieve meetkunde eveneens niet verschilt voor sterke en zwakke rekenaars. In dit multiële

regressiemodel is de relatie tussen creativiteit en creatieve meetkunde wel significant. Concluderend blijkt de relatie tussen creativiteit en academische meetkunde en tussen creativiteit en creatieve meetkunde niet te verschillen voor sterke en zwakke rekenaars, wat in strijd is met de literatuur. In de literatuur wordt namelijk aangetoond dat sterke rekenaars over een groter creatief denkvermogen beschikken dan zwakke rekenaars (Kim et al., 2004), omdat zij het divergent en convergent denken combineren, waar zwakke rekenaars alleen convergent denken toepassen (Kim et al., 2004; Leikin & Lev, 2007). Dat er in het huidige onderzoek geen verschil wordt gevonden is mogelijk te verklaren door de conceptualisatie van het rekenniveau van de leerlingen. De rekenniveaubepaling berust enkel op één score van de Citotoets. Daarnaast valt 40% van het totaal aantal leerlingen in de rekenzwakke groep en 40% van het totaal aantal leerlingen in de rekensterke groep. Dit houdt in dat een net onder het gemiddelde of net boven het gemiddelde scorende leerling ook tot één van de groepen is ingedeeld, wat mogelijk leidt tot een niet representatieve groep sterke en zwakke rekenaars. Desondanks is voor deze indeling gekozen, omdat de steekproef te klein zou zijn als alleen de 20% hoogst scorende leerlingen en 20% laagst scorende leerlingen in de analyse zouden worden meegenomen. Het resultaat dat er geen verschil is tussen sterke en zwakke rekenaars op de relatie tussen creativiteit en academische/creatieve meetkunde moet dus met zorgvuldigheid geïnterpreteerd worden.

Naast bovengenoemde beperking zijn er andere limitaties die ervoor zorgen dat de resultaten zorgvuldig geïnterpreteerd dienen te worden. Allereerst betreft het een correlatieel onderzoek, waardoor geen uitspraken over causaliteit mogelijk zijn. Om iets te kunnen zeggen over de richting van het verband is het noodzakelijk om aanvullend longitudinaal onderzoek te doen. Daarnaast is niet gecontroleerd voor andere factoren die van invloed zouden kunnen zijn op de relatie tussen creativiteit en meetkunde. Een voorbeeld hiervan is intelligentie. Deze blijkt namelijk nauw samen te hangen met zowel creativiteit als reken-wiskunde, waardoor mogelijk ook met meetkunde (Hansenne & Legrand, 2012). Aanvullend zijn prestaties op een creatieve test afhankelijk van de motivatie van de leerling (Cropley, 2000). Om een volledig beeld te krijgen van de relatie tussen creativiteit en meetkunde, dienen andere factoren, zoals intelligentie en motivatie, in vervolgonderzoek meegenomen te worden. Tevens kan naast de conceptualisatie van rekenniveau ook de conceptualisatie van academische meetkunde en creatieve meetkunde in twijfel getrokken worden. Voor het meten van academische en creatieve meetkunde zijn zelf ontwikkelde testen gebruikt, waar de betrouwbaarheid en validiteit niet uitvoerig van getest zijn. Aanvullend onderzoek is noodzakelijk om de betrouwbaarheid en validiteit van deze testen aan te tonen. Dit zou de interne validiteit van het onderzoek ten goede komen.

Naast de interne validiteit zijn er op het gebied van externe validiteit tevens een aantal limitaties. Dit onderzoek maakt namelijk gebruik van een selecte steekproef. De participanten hebben zich vrijwillig aangemeld en komen allen uit de regio Rotterdam, wat de generaliseerbaarheid van de resultaten beperkt. Aanvullend heeft het onderzoek alleen plaatsgevonden onder leerlingen uit groep 6 en 7, wat uitspraken over de relatie tussen creativiteit en meetkunde in de onderbouw of het voortgezet onderwijs niet mogelijk maakt. Vervolgonderzoek zal zich moeten richten op meer scholen verspreid door Nederland en op een grotere onderzoeksgroep, zoals de onderbouw en het voortgezet onderwijs, om de generaliseerbaarheid van de resultaten te vergroten.

Ondanks bovenstaande beperkingen draagt dit onderzoek bij aan kennisvergroting over reken-wiskundeonderwijs en de manier waarop creativiteit een rol kan spelen bij het verbeteren van het meetkundeonderwijs. Dit onderzoek was één van de eerste onderzoeken die verschillende meetkundetaken heeft gebruikt om een breder beeld te schetsen van het meetkunde begrip en de creativiteit van leerlingen in het basisonderwijs. Op basis van deze kennis kan het reken-wiskundeonderwijs op een meer adequate manier worden vormgegeven. Volgens King (2006) moeten leerlingen namelijk reken-wiskunde leren zien zoals wiskundigen dat doen, maar zij moeten reken-wiskundige problemen niet leren oplossen zoals wiskundigen dit doen. Dit is echter wel wat er in het huidige reken-wiskundeonderwijs gebeurt: leerlingen leren vooral te werken met algoritmes. Zo ontwikkelen kinderen nauwelijks reken-wiskundige competentie (Jonsson et al., 2014) en is er in de afgelopen 20 jaar sprake van een daling van het creatief denkvermogen van kinderen in het basisonderwijs (Kim, 2011). Dit geldt ook voor het domein meetkunde, dat de basis vormt van reken-wiskunde (Clements & Samara, 2011). Het huidige onderzoek impliceert dat leerlingen juist baat hebben bij implementatie van creativiteit in het meetkundeonderwijs. Dit zou bijvoorbeeld vormgegeven kunnen worden door het regelmatig gebruik van multiple solution tasks. Multiple solution tasks zijn niet alleen een goede manier voor het meten van meetkunde begrip en creativiteit, het gebruik van dit soort testen leidt zelfs tot de bevordering van creativiteit (Levav-Waynberg & Leikin, 2012a) en verbetering van de capaciteiten van leerlingen (Van Harpen & Sriraman, 2011). Het rekenniveau van een leerling bleek niet van invloed te zijn op de positieve samenhang tussen creativiteit en academische/creatieve meetkunde. De implementatie van creativiteit in het meetkundeonderwijs zou dus bij kunnen dragen aan de rekenkundige competentie van leerlingen, ongeacht het rekenniveau van de leerling. Creativiteit is daarom mogelijk de weg die leidt tot beter meetkundeonderwijs en betere rekenkundige competentie voor iedere leerling.

Literatuur

- Allen, P., & Bennett, K. (2012). *SPSS Statistics-A Practical Guide*. Melbourne, Australia: Cengage Learning Australia Pty Ltd.
- Arcavi, A. (2003). The role of visual representations in the learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 52, 215-241. doi:10.1023/A:1024312321077
- Bahar, A. K., & Maker, C. J. (2011). Exploring the relationship between mathematical creativity and mathematical achievement. *Asia-Pacific Journal of Gifted and Talented Education*, 3, 33-48. Geraadpleegd op https://www.researchgate.net/profile/A_Kadir_Bahar/publication/271699531_Exploring_the_Relationship_between_Mathematical_Creativity_and_Mathematical_Achievement/links/569e95db08ae2c638eb57629.pdf
- Ball, D. L., Hill, H. C., & Bass, H. (2005). Knowing mathematics for teaching: Who knows mathematics well enough to teach third grade, and how can we decide? *American Educator*, 29, 14-17. Geraadpleegd op <https://deepblue-lib.umich-edu.proxy.library.uu.nl/handle/2027.42/65072>
- Barbot, B., Besançon, M., & I Lubart, T.I. (2011). Assessing creativity in the classroom. *The Open Education Journal*, 4, 58-66. doi:10.2174/1874920801104010058
- Clements, D. H., & Sarama, J. (2011). Early childhood teacher education: The case of geometry. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 14, 133-148. doi:10.1007/s10857-011-9173-0
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Cropley, A. J. (2000). Defining and measuring creativity: Are creativity tests worth using?. *Roepers Review*, 23, 72-79. doi:10.1080/02783190009554069
- Cropley, A. (2006). In praise of convergent thinking. *Creativity Research Journal*, 18, 391-404. doi:10.1207/s15326934crj1803_13
- Egberink, I.J.L., Janssen, N.A.M., & Vermeulen, C.S.M. (30 maart 2017). COTAN beoordeling 2013, Cito Rekenen-Wiskunde. Geraadpleegd op www.cotandocumentatie.nl
- Erdogan, T., Akkaya, R., & Celebi Akkaya, S. (2009). The effect of the Van Hiele Model based instruction on the creative thinking levels of 6th grade primary school students. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 9, 181-194. Geraadpleegd op <https://eric.ed.gov/?id=EJ837779>
- Fan, L., & Zhu, Y. (2007). Representation of problem-solving procedures: A comparative look at China, Singapore, and US mathematics textbooks. *Educational Studies in Mathematics*, 66, 61-75. doi:10.1007/s10649-006-9069-6
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. London, England: Sage.

- Fuchs, L. S., & Fuchs, D. (2002). Mathematical problem-solving profiles of students with mathematics disabilities with and without comorbid reading disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 35*, 564-574. doi:10.1177/00222194020350060701
- Gentry, M. (2006). No child left behind: Neglecting excellence. *Roepers Review, 29*, 24-27. doi:10.1080/02783190609554380
- Gravetter, F. J. & Wallnau, L. B. (2013). *Statistics for the Behavioral Sciences*. Londen, Engeland: Thomson Wadsworth.
- Hallgren, K. A. (2012). Computing inter-rater reliability for observational data: an overview and tutorial. *Tutorials in quantitative methods for psychology, 8*, 23-34. Geraadpleegd op <https://www.ncbi.nlm.nih.gov.proxy.library.uu.nl/pmc/articles/PMC3402032/>
- Hansenne, M., & Legrand, J. (2012). Creativity, emotional intelligence, and school performance in children. *International Journal of Educational Research, 53*, 264-268. doi:10.1016/j.ijer.2012.03.015
- Haylock, D. (1997). Recognising mathematical creativity in schoolchildren. *ZDM, 29*, 68-74. doi:10.1007/s11858-997-0002-y
- Janssen, J., Verhelst, N., Engelen, R., & Scheltens, F. (2010). *Leerling- en onderwijsvolgsysteem: Rekenen-wiskunde groep 3 t/m 8*. Arnhem, Netherlands: Cito.
- Jonsson, B., Norqvist, M., Liljekvist, Y., & Lithner, J. (2014). Learning mathematics through algorithmic and creative reasoning. *The Journal of Mathematical Behavior, 36*, 20-32. doi:10.1016/j.jmathb.2014.08.003
- Kattou, M., Kontoyianni, K., Pitta-Pantazi, D., & Christou, C. (2013). Connecting mathematical creativity to mathematical ability. *ZDM, 45*, 167-181. doi:10.1007/s11858-012-0467-1
- Kaufman, J. C., & Beghetto, R. A. (2009). Beyond big and little: The four c model of creativity. *Review of General Psychology, 13*, 1-12. doi:10.1037/a0013688
- Kim, K. H. (2006). Can we trust creativity tests? A review of the Torrance Tests of Creative Thinking (TTCT). *Creativity Research Journal, 18*, 3-14. doi:10.1207/s15326934crj1801_2
- Kim, K. H. (2011). The creativity crisis: The decrease in creative thinking scores on the Torrance Tests of Creative Thinking. *Creativity Research Journal, 23*, 285-295. doi:10.1080/10400419.2011.627805
- Kim, H., Cho, S., & Ahn, D. (2004). Development of mathematical creative problem solving ability test for identification of the gifted in math. *Gifted Education International, 18*, 164-174. doi:10.1177/026142940301800206
- King, J. P. (2006). *The Art of Mathematics*. New York: Dover
- Kline, P. (1999). *The handbook of psychological testing (2nd ed.)*. London: Routledge.

- Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *Journal of Chiropractic Medicine, 15*, 155–163. doi:10.1016/j.jcm.2016.02.012
- Kwon, O. N., Park, J. H., & Park, J. S. (2006). Cultivating divergent thinking in mathematics through an open-ended approach. *Asia Pacific Education Review, 7*, 51-61. doi:10.1007/BF03036784
- Leikin, R. (2013). Evaluating mathematical creativity: The interplay between multiplicity and insight. *Psychological Test and Assessment Modeling, 55*, 385-400.
Geraadpleegd op <http://www.psychologie-aktuell.com>
- Leikin, R., & Lev, M. (2007, July). Multiple solution tasks as a magnifying glass for observation of mathematical creativity. In *Proceedings of the 31st international conference for the psychology of mathematics education* (Vol. 3, pp. 161-168). Seoul, Korea: The Korea Society of Educational Studies in Mathematics.
- Levav-Waynberg, A., & Leikin, R. (2012a). The role of multiple solution tasks in developing knowledge and creativity in geometry. *The Journal of Mathematical Behavior, 31*, 73-90. doi:10.1016/j.jmathb.2011.11.001
- Levav-Waynberg, A., & Leikin, R. (2012b). Using multiple solution tasks for the evaluation of students' problem-solving performance in geometry. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, 12*, 311-333.
doi:10.1080/14926156.2012.732191
- Lubart, T. I., Besançon, M., & Barbot, B. (2011). *Evaluation du potentiel créatif (EPoC)*. Paris, France: Editions Hogrefe.
- Mann, E. L. (2006). Creativity: The essence of mathematics. *Journal for the Education of the Gifted, 30*, 236-260. doi:10.4219/jeg-2006-264
- Munakata, M., & Vaidya, A. (2012). Encouraging creativity in mathematics and science through photography. *Teaching Mathematics and its Applications, 31*, 121-132.
doi:10.1093/teamat/hrr022
- Plucker, J. A., Beghetto, R. A., & Dow, G. T. (2004). Why isn't creativity more important to educational psychologists? Potentials, pitfalls, and future directions in creativity research. *Educational Psychologist, 39*, 83-96. doi:10.1207/s15326985ep3902_1
- Rindermann, H., & Neubauer, A. C. (2004). Processing speed, intelligence, creativity, and school performance: Testing of causal hypotheses using structural equation models. *Intelligence, 32*, 573-589. doi:10.1016/j.intell.2004.06.005
- Roth, W. M. (2011). *Geometry as objective science in elementary school classrooms: Mathematics in the flesh*. New York: Routledge.
- Runco, M. A. (2007). *Creativity: Theories and themes: Research, development, and practice*. San Diego, CA: Academic Press.

- Shriki, A. (2010). Working like real mathematicians: Developing prospective teachers' awareness of mathematical creativity through generating new concepts. *Educational Studies in Mathematics, 73*, 159-179. doi:10.1007/s10649-009-9212-2
- Sternberg, R. J. (2003). Creative thinking in the classroom. *Scandinavian Journal of Educational Research, 47*, 325-338. doi:10.1080/00313830308595
- Swan, M. (2005). Improving learning in mathematics: challenges and strategies. Geraadpleegd op http://www.ncetm.org.uk/files/224/improving_learning_in_mathematicsi. Pdf.
- Urban, K. K. (2005). Assessing Creativity: The Test for Creative Thinking-Drawing Production (TCT-DP). *International Education Journal, 6*, 272-280. Geraadpleegd op <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ854980.pdf>
- Urban, K. K., & Jellen, H. G. (1996). *Test for creative thinking-drawing production (TCT-DP)*. Lisse, Netherlands: Swets & Zeitlinger.
- Van Harpen, X. Y., & Sriraman, B. (2013). Creativity and mathematical problem posing: an analysis of high school students' mathematical problem posing in China and the USA. *Educational Studies in Mathematics, 82*, 201-221. doi:10.1007/s10649-012-9419-5
- Walia, P. (2012). Achievement in relation to mathematical creativity of eighth grade students. *Indian Streams Research Journal, 2*, 1-4. Geraadpleegd op <http://isrj.org>