

Het gebruik van belichaamde metaforen in relatie tot strategiegebruik van kinderen op een tandwieltaak

Target is Source.

(Niebert, Marsch & Treagust, 2012)

Master thesis

Universiteit Utrecht

Masteropleiding Pedagogische Wetenschappen

Masterprogramma Orthopedagogiek

M. W. Böke (4083474)

K. F. de Bruin (3812049)

Thesis begeleider: Drs. P. F. de Bordes

Tweede beoordelaar: Prof. Dr. P. P. M. Leseman

Datum 16-06-2014

Voorwoord

Deze thesis vormt de afsluiting van onze masteropleiding Orthopedagogiek aan de Universiteit van Utrecht. Gaandeweg het thesistrject is er een verdeling ontstaan waarbij M. W. Böke zich met name gericht heeft op de samenvatting, het deel van de inleiding met betrekking tot belichaamde metaforen, de methode en de resultatensectie van onderzoeksvraag 2. K. F. de Bruin heeft zich hoofdzakelijk gericht op het voorwoord, het maatschappelijk belang van het onderzoek en het deel van de inleiding met betrekking tot strategiegebruik. Tevens heeft zij het deel van de methode en resultatensectie van deelvraag 1 op zich genomen. Gezamenlijk is de conclusie en discussie geschreven. Meegenomen moet worden dat onze samenwerking onder andere bestond uit het veelvuldig aanvullen en herschrijven van elkaars stukken om hiermee de kwaliteit van onze thesis te vergroten.

Een grote uitdaging binnen ons onderzoek vonden wij het explorerende karakter. Onze kennis en inzicht over het onderwerp heeft zich gaandeweg moeten ontwikkelen. Dit was een leerzame ervaring. Het heeft ons aan het denken gezet en nieuwe inzichten opgeleverd.

Een woord van dank gaat uit naar onze thesisbegeleider Drs. P. F. de Bordes voor zijn adequate begeleiding, opbouwende feedback en aanstekelijke enthousiasme. Daarnaast willen wij onze tweede beoordeelaar Prof. Dr. P. P. M. Leseman hartelijk danken voor het investeren van zijn tijd, het delen van zijn inzichten en het meedenken met betrekking tot onze tweede onderzoeksvraag. Tenslotte willen wij elkaar en R. A. Betten en M. G. R. Van der Donk bedanken voor de fijne samenwerking en goede inzet.

Utrecht, juni 2014

Maartje Böke en Kim de Bruin.

Samenvatting

In dit onderzoek is gekeken naar de oplossingsstrategieën en verbale uitingen die kinderen ($N = 37$, $M_{leeftijd} = 10.9$ jaar, $SD = 5.8$ maanden) gebruiken op een taak over mechanische aandrijving met tandwielen. Dit onderzoek heeft zich gericht op de vraag of er een relatie is tussen strategiegebruik en prestatie op de taak. Op basis van eerder onderzoek werd er een positief lineair verband verwacht tussen deze variabelen. Daarnaast is gekeken welke belichaamde metaforen kinderen uiten bij de verschillende strategieën. Op basis van de *embodiment cognition* theorie werd verwacht dat sensomotorische strategieën samengaan met meer *generieke* metaforen en dat abstracte strategieën samengaan met meer *specifieke* metaforen. Tijdens een taak met tandwielen zijn zowel het strategiegebruik als het metafoorgebruik gecodeerd op tien evaluatiemomenten. In de lijn der verwachting werd er een positief lineair verband gevonden tussen strategiegebruik en prestatie. Ten aanzien van belichaamd metafoorgebruik werd er een samenhang gevonden met strategiegebruik. De strategie *Forcetracing* hangt samen met generieke metaforen en de strategie *Classificatie* hangt samen met specifieke metaforen. Concluderend presteren kinderen die de strategie *Gokken* gebruiken lager dan kinderen die andere strategieën gebruiken en hangt *Classificatie* samen met betere prestaties dan *Forcetracing*. Met betrekking tot het belichaamd metafoorgebruik blijkt dat er een verschil is in hoe kinderen de verschillende strategieën verwoorden. Hierbij gaan sensomotorische strategieën samen met meer generieke metaforen en meer abstracte strategieën gaan samen met meer specifieke metaforen. In huidig onderzoek wordt geen causaal verband aangetoond. Toekomstig onderzoek zou zich hier op kunnen richten en tevens is meer onderzoek gewenst om de huidige bevindingen te kunnen bevestigen en generaliseren.

Kernwoorden: wetenschap & techniek; verbale uitingen; strategiegebruik; belichaamde metaforen.

Abstract

This study examined the strategies and verbal expressions of children ($N = 37$, $M age = 10.9$ years, $SD = 5.8$ months) on a mechanical task with gears. It focused on the possible relationship between strategy use and performance. Based on previous research a positive linear relationship between these variables was expected. Additionally, the researchers looked at the embodied metaphors expressed by the children when using different strategies. Based on the *embodiment cognition* theory a relation between sensorimotor strategies and more *generic* metaphors and a relation between more abstract strategies and more *specific* metaphors was expected. The use of strategies and metaphors was encoded at ten different times during the gear tasks. As expected a positive linear relation was found between strategy use and performance. Regarding the use of embodied metaphors, a relation was found with strategy use. The strategy *Force-tracing* correlated with generic metaphors and the strategy *Classification* correlated with specific metaphors. In conclusion, children who use the strategy *Guessing* on the gear task perform worse than children who use a different strategy and *Classification* is related to a better performance than *Force-tracing*. Concerning the use of embodied metaphors, results show that there is a difference in the way children verbalize the strategies. A sensorimotor strategy correlates with more generic metaphors and more abstract strategies correlate with more specific metaphors. In the current research there is no control for a causal relation. Future research could investigate a possible causality and more research is required to confirm and generalize current findings.

Keywords: science & technology; verbal expressions; strategy use; embodied metaphors.

Er is een jaarlijks tekort van 30.000 technici op de Nederlandse arbeidsmarkt terwijl de kennismaatschappij deze technici nodig heeft om de huidige economische positie te behouden op de wereldkaart. Om de aansluiting van het onderwijs op de arbeidsmarkt in de technieksector te verbeteren is het “Techniekpact” gesloten tussen werkgevers, onderwijs en werknemersorganisaties (Techniekpact, 2013). Eén van de einddoelen van dit Techniekpact is dat alle basisscholen in Nederland in 2020 structureel wetenschap en techniekonderwijs aanbieden waardoor mogelijk meer leerlingen kiezen voor het vakgebied techniek (Techniekpact, 2013). De Universiteit Utrecht werkt samen met andere universiteiten om te onderzoeken op welke manier men kan zorgen voor de uitstroom van meer bètatalenten op de arbeidsmarkt (Techniekpact, 2013). De Universiteit Utrecht wil achterhalen over welke kwaliteiten ofwel talenten jonge kinderen beschikken en op welke manier talent zich ontwikkelt.

Een kwaliteit is dat jonge kinderen een aangeboren spontaniteit, nieuwsgierigheid en creativiteit laten zien ten aanzien van het ontdekken van de wereld (Curious Minds, 2014). Een andere kwaliteit is dat jonge kinderen al het vermogen hebben om causale verbanden te ontdekken (Gopnik, Sobel, & Schulz, 2001). Dit vermogen biedt mogelijkheden voor het ontwikkelen van mechanisch redeneren. Mechanisch redeneren is het voorspellen, verklaren en beschrijven van natuurkundige systemen wat een vereiste vaardigheid is binnen de technische wetenschap (Bolger, Weinberg, & Lehrer, 2012). De bovenstaande kwaliteiten kunnen helpend zijn bij de vormgeving van het techniekonderwijs voor een gunstige uitstroom naar technische opleidingen.

Voor aanbod van kwalitatief techniekonderwijs is het van belang om te weten hoe kinderen inzicht verwerven binnen de techniek (Talentenkracht, 2013). Er is reeds menig onderzoek gedaan naar hoe kinderen leren waardoor in het onderwijs diverse visies en theorieën hierover zijn ontwikkeld (Gibson, 2000). Een relatief nieuwe benadering ten aanzien van de manier waarop mensen leren is *embodied cognition* ofwel belichaamde kennis (Núñez, 2011). Deze theorie, welke zich sinds de jaren tachtig sterk ontwikkelt, gaat uit van het idee dat ervaring de bron is van alle kennis. In interactie met de omgeving vormt de mens een koppeling tussen perceptie en actie welke wordt opgeslagen in conceptuele schema's in het geheugen zodat deze informatie naderhand in verschillende situaties ingezet kan worden (Anderson, 2003; Barsalou, 2008; Gallese & Lakoff, 2005; Núñez, Edwards & Matos, 1999; Wilson, 2002). De invloed van belichaming op deze concepten gaat niet alleen via bewuste ervaringen van mensen in interactie met hun omgeving maar er is tevens sprake van een grote

onbewuste invloed (Núñez et al., 1999). Zo heeft elk mens te maken met ‘balans’ doordat men fysiek in balans is. Onze kennis over ‘balans’ wordt geconstrueerd door de continue ervaring van het in evenwicht dan wel uit evenwicht zijn van ons lichaam. Dit is zo ingebed in het dagelijkse leven dat men er zelden bewust bij stil staat (Johnson, 1987 in Núñez et al., 1999).

Wanneer een belichaamd concept ligt opgeslagen in ons geheugen kan dit vervolgens gebruikt worden om abstracte concepten te vormen. Voor het vormen van abstracte concepten heeft de mens de beschikking over het mechanisme beter bekend als de *conceptual metaphor theory* (Lakoff & Johnson, 1980; Lakoff & Núñez, 2000; Núñez et al., 1999; Williams, 2012). Conceptuele metaforen vormen een belangrijke reden waarom mensen niet alles hoeven te ervaren om erover te kunnen denken en redeneren. Redeneren is namelijk grotendeels gebaseerd op metaforen en analogieën (Niebert, Marsch, & Treagust, 2012). Een metafoor is een taalkundige vergelijking waarbij het gaat om het begrijpen en ervaren van het ene conceptuele domein in termen van het andere. Een veelvoorkomende metafoor is de “A is B” vorm waarbij (sommige van) de conceptuele associaties die liggen opgeslagen in ons geheugen over B, ook wel het brongebied genoemd, worden gekoppeld aan het doelgebied (A) (Lakoff & Johnson, 2003). Om terug te komen op het voorbeeld met ‘balans’ vormt de concrete ervaring van *het in en uit balans zijn van ons lichaam* het brongebied. Concepten die hieraan geassocieerd zijn kunnen worden geprojecteerd op iets anders zoals *het in balans zijn van de kleuren*. De kleuren die in balans zijn vormen hierbij het doelgebied en worden op deze manier begrepen via indirecte belichaming (Núñez et al., 1999). Het is daarom niet verwonderlijk dat metaforische concepten essentieel zijn voor het denken in de wetenschap. Zonder metaforen zou de mens weinig kunnen begrijpen van de wereld buiten zijn directe ervaring (Lakoff & Johnson, 1980).

In het metafoorgebruik zal een onderscheid gemaakt worden in verschillende typen metaforen. Er zijn meerdere mogelijkheden om metaforen te categoriseren. Zo maakt Boroditsky (2000) onderscheid tussen metaforen in de ruimte en tijd. In het huidige onderzoek wordt er onderscheid gemaakt in ruimte- oriëntatie (*statisch*) en beweging (*dynamisch*) (Van Dale, 2014). Elke metafoor heeft een dynamisch of een statisch component, of bestaat uit een combinatie van beide. Een statische metafoor geeft een richting in de ruimte aan of is oriënterend van aard, bijvoorbeeld *zo, staan, daar of in elkaar*. Een dynamische metafoor geeft een beweging of actie aan, bijvoorbeeld *gaan, volgen, wisselen of verbinden*. Dit zijn in feite alle werkwoorden.

Naast het toekennen van een statisch en/of dynamisch component wordt ook gekeken naar het niveau van de taaluiting. Er is een onderscheid te maken tussen informeel, alledaags taalgebruik en meer academisch taalgebruik door kinderen (Schleppegrell, 2001; Snow & Uccelli, 2009). Informeel taalgebruik heeft betrekking op het gebruik van woorden die meer algemeen en globaal zijn en die verwijzen naar zichtbare objecten zoals *die*, *zo*, *daar*, *gaan*, en *volgen* (Schleppegrell, 2001). Deze woorden worden in huidig onderzoek als *generiek* geclassificeerd. Men kan aannemen dat alle kinderen bekend zijn met deze vorm van taalgebruik omdat ze dit in hun dagelijkse omgeving opdoen (Schleppegrell, 2001). Wanneer men denkt in termen van belichaming dan volgt generiek taalgebruik vrij direct uit ervaring en is het dus op een directe manier belichaamd (Niebert et al., 2012).

Van een hoger niveau is academisch taalgebruik welke meer specifiek en technisch van aard is (Leseman, Mayo, Messer, Scheele, & Van der Heyden, 2009; Schleppegrell, 2001; Snow & Uccelli, 2009). In huidig onderzoek worden deze woorden aangeduid als *specifiek*. In tegenstelling tot de informele taal zullen niet alle kinderen even bekend en vaardig zijn in het gebruik van academische taal omdat dit vraagt om een omgeving waarin deze taalvorm wordt aangeboden (Schleppegrell, 2001). Deze vorm van taalgebruik volgt minder logisch dan generiek taalgebruik uit de directe ervaring met de omgeving. Het omvat meer woorden waarvan de betekenis indirect begrepen wordt door kennis uit eerdere ervaringen. Deze vorm van taalgebruik is meer geassocieerd met abstracte concepten en is dus op een meer indirecte manier belichaamd (Niebert et al. 2012). Voorbeelden hiervan zijn *tandwiel*, *draaien*, *afwisselen* en *verbinden*. De complete indeling om metaforen mee te classificeren bestaat hiermee uit Statisch-generieke, Statisch-specifieke, Dynamisch-generieke en Dynamisch-specifieke metaforen, of uit een combinatie met zowel een Statisch als een Dynamisch component.

Er wordt gekeken naar belichaamd metafoorgebruik van kinderen met betrekking tot het verwerven van inzicht op een technische taak. Als technische taak is er gekozen voor een mechanische aandrijving met tandwielen. De taak is een statische weergave van aaneengeschakelde tandwielen waarbij de participanten de draairichting moeten bepalen van het laatste tandwiel. De draairichting van het eerste tandwiel is reeds aangegeven. Deze tandwieltaak voldoet aan de voorwaarden die kinderen nodig hebben voor het ontwikkelen van technisch inzicht. Het principe van causaliteit is namelijk aanwezig, waardoor logisch redeneren ontwikkeld kan worden (Gopnik et al., 2001).

Er is recentelijk onderzoek gedaan naar de manier waarop mensen een tandwieltaak oplossen met als doel meer inzicht te krijgen in de verschillende strategieën die proefpersonen toepassen (Boncoddo, Dixon, & Kelley, 2010; Dixon & Bangert, 2002, 2004; Dixon, Holden, Mirman, & Stephen, 2012; Metz, 1991; Stephen, Boncoddo, Magnuson, & Dixon, 2009; Stephen & Dixon, 2009). Zo is er in het onderzoek van Dixon en Bangert (2002, 2004) aan schoolkinderen en adolescenten gevraagd hoe zij een digitaal aangeboden tandwieltaak hebben opgelost. Boncoddo et al. (2010) hebben een soortgelijk onderzoek uitgevoerd bij kleuters, waar eerst een explorerende fase was met concrete tandwielen en daarna een digitale tandwieltaak. Over het algemeen houdt de meerderheid van de deelnemers een vaste volgorde aan voor het oplossen van de tandwieltaken. Hierin zijn vier oplossingsstrategieën te onderscheiden: *Forcetracing*, *Classificatie*, *Skipping* en *Pariteit*. Daarnaast zijn er participanten die gebruik maken van een niet-werkende strategie of die voor het oplossen van de taak gokken als strategie toepassen (Boncoddo et al., 2010; Dixon & Bangert, 2002, 2004).

Bij de eerste strategie, *Forcetracing*, volgt de participant met een oog-, hoofd- of vingerbeweging de draairichting van elk tandwiel tot het laatste tandwiel. Participanten simuleren als het ware de kracht (force) van tandwiel naar tandwiel, vandaar ook de naam *Forcetracing* (Stephen & Dixon, 2009). Bij het oplossen van de tandwieltaak helpen gebaren de participanten om nadruk te leggen op bepaalde zaken en structuur aan te brengen in wat ze zien en denken (Alibali, Spencer, Knox, & Kita, 2011). Dit geldt in het bijzonder bij deze strategie. Bij een tandwieltaak weerspiegelt een draaibeweging met de vingers de beweging van de tandwielen en een tikbeweging de plaats van de tandwielen in de ruimte (Alibali et al., 2011; Schwartz & Black, 1996). De strategie *Forcetracing* hangt nauw samen met de directe sensomotorische ervaring met de omgeving (Dixon & Bangert, 2002) en is dus op een directe manier belichaamd (Niebert et al., 2012). *Als een slangetje* of *slalommen* zijn daarbij vrij eenvoudige perceptie en actie ervaringen welke participanten als metafoor aan deze strategie kunnen koppelen.

De volgende strategie is *Classificatie*. Deze strategie kan voortvloeien uit de strategie *Forcetracing* (Boncoddo et al., 2010). Voor de strategie *Classificatie* maken participanten een perceptie omschakeling in hoe ze de tandwielbaan beschouwen (Boncoddo et al., 2010; Dixon & Bangert, 2002, 2004). Het beeld van een overbrengingssysteem via een reeks roterende delen wordt vervangen door het beeld waarin de tandwielen als een afwisselende reeks worden gezien (Stephen & Dixon, 2009). De participanten definiëren per tandwiel de draairichting. Het gebruik van *Classificatie* verhoogt de prestatie op de tandwieltaak

(Boncoddò et al., 2010). Deze strategie volgt minder direct uit de ervaring als de strategie Forcetracing maar er zijn tevens directe perceptie en actie ervaringen welke participanten kunnen koppelen aan de waarneming, zoals *die kant* en *zo gaan*. Bij Classificatie kunnen participanten gebruik maken van zowel een draaibeweging als een tikbeweging om hun uitleg te ondersteunen.

De strategie Skipping volgt uit de strategie Classificatie. Bij Skipping slaan de participanten telkens een tandwiel over. Als zij weten dat het eerste tandwiel met de klok meegaat, slaan zij het tweede tandwiel over omdat zij weten dat het derde tandwiel in dezelfde richting draait. Dit principe wordt tot het laatste tandwiel gehanteerd (Boncoddò et al., 2010; Dixon & Bangert, 2002, 2004). Deze strategie is van een abstracter niveau dan voorgaande strategieën omdat hij minder is af te leiden uit directe ervaring met de omgeving. Het ontdekken van de strategie volgt meestal uit de ervaring met de voorgaande strategie (Dixon & Bangert, 2002). De fysieke ondersteuning is enkel nog een tikbeweging.

Tijdens het toepassen van Classificatie of Skipping zijn participanten in staat de laatste strategie genaamd Pariteit te ontdekken. Hierbij beschouwt de participant het tandwielmechanisme als geheel waarbij wordt begrepen dat het aantal tandwielen bepalend is voor de draairichting van het laatste tandwiel. Bij een oneven aantal zal de draairichting van het eerste en laatste tandwiel overeenkomen. Bij een even aantal zal de draairichting van het eerste en laatste tandwiel verschillen (Dixon & Bangert, 2002; Stephen & Dixon, 2009). Pariteit is een abstract begrip welke niet uit directe ervaring volgt maar wordt begrepen vanuit al bestaande kennis met een belichaamde basis (Niebert et al., 2012). Pariteit wordt hierdoor beschouwd als de meest abstracte strategie.

Met welke strategie een participant aanvangt hangt af van de manier waarop de participant de tandwielbaan op dat moment beschouwt. Succeservaringen bij een bepaalde strategie en de daarbij horende representatie van de tandwielbaan dienen als basis voor het ontdekken van een hogere, meer abstracte strategie (Dixon & Bangert, 2002). Behalve wanneer een participant een niet-werkende strategie gebruikt, zullen faalervaringen juist leiden tot een terugval naar een meer sensomotorische strategie (Dixon & Bangert, 2002).

In dit onderzoek wordt gekeken naar de relatie tussen strategiegebruik en prestatie op de tandwieltaak. Uit eerder onderzoek bij een vergelijkbare leeftijdsgroep is Gokken de meest gebruikte strategie, daarna Forcetracing en ten slotte Classificatie. De overige twee strategieën werden nagenoeg niet gebruikt (Dixon & Bangert, 2002). Vanwege de overeenkomst met de huidige onderzoeksgroep worden dezelfde resultaten verwacht. Er wordt antwoord gezocht op

de vraag: *'Is er een relatie tussen het strategiegebruik en de prestatie op de tandwieltaak?'*

Tussen de strategieën Forcetracing en Classificatie is in eerder onderzoek een positieve toename in prestatie waargenomen (Boncoddò et al., 2010). Tevens lijkt gokken samen te gaan met een lage prestatie (Dixon & Bangert, 2002). Er wordt daarom een positief lineair verband verwacht tussen strategiegebruik en prestatie.

Er zal in huidig onderzoek tevens worden gekeken naar de relatie tussen strategiegebruik en metafoorgebruik om antwoord te krijgen op de vraag: *'Is er een relatie tussen de gebruikte strategie en het belichaamde metafoortype die kinderen gebruiken in de uitleg over een tandwieltaak?'* Deze relatie is nog niet eerder onderzocht. Op basis van literatuur over strategiegebruik en metafoorgebruik wordt verwacht dat sensomotorische strategieën samengaan met meer generieke metaforen en dat abstracte strategieën samengaan met meer specifieke metaforen. Deze verwachting is gebaseerd op de *embodiment cognition* theorie welke stelt dat kennis wordt ontwikkeld door directe ervaringen met de omgeving. Op deze kennis kan worden voortgebouwd door het ontwikkelen van abstracte concepten met behulp van belichaamde metaforen (Gallese & Lakoff, 2005; Niebert et al., 2012; Núñez et al., 1999).

Methode

Participanten

Voor het onderzoek zijn vijf scholen in Nederland benaderd. Eén basisschool in Veenendaal verleende medewerking aan het onderzoek. Op deze school zijn 49 leerlingen uit groep 7 gevraagd deel te nemen. Vier leerlingen kregen geen ouderlijke toestemming voor deelname. Door ziekte vielen drie leerlingen uit en hebben uiteindelijk 41 leerlingen aan het onderzoek meegedaan. Van vier leerlingen zijn de resultaten niet verder verwerkt. Eén leerling praatte niet hard genoeg om de opnames betrouwbaar te coderen, bij twee leerlingen zijn er door de testleider te suggestieve vragen gesteld. Tenslotte had een leerling één van zijn armen in het gips wat een belemmering bleek bij het uitvoeren van de taken. De gemiddelde leeftijd in de uiteindelijke steekproef ($N = 37$) was 10 jaar en 9 maanden met een standaarddeviatie van 5.8 maanden. De groep bestond uit 13 jongens ($M = 10.8$ jaren en $SD = 4.9$ maanden) en 24 meisjes ($M = 10.8$ jaren en $SD = 5.3$ maanden).

Procedure

De leerlingen zijn individueel getest. Het onderzoek bestond uit twee taken met tandwielen. De eerste was een exploratietaak en de tweede een computertaak. Vooraf is de

leerlingen verteld dat ze twee spelletjes zouden gaan spelen en dat de leerling aan het eind mocht vertellen welke het leukste was. De exploratietaak was bedoeld om leerlingen te introduceren met tandwielen. Na een korte uitleg moesten de leerlingen twee tandwielen aan elkaar verbinden door er andere tandwielen tussen te plaatsen. Hierbij is gebruik gemaakt van plastic tandwielen die ze op een mat konden klikken (zie bijlage A).

Na het volbrengen van de exploratietaak is er verder gegaan met de computertaak. Hierbij kreeg elke leerling middels het programma *E-Prime Versie 2.0* (Schneider, Eschman, & Zuccolotto, 2002) 34 keer op het computerscherm een tandwielbaan aangeboden. Deze tandwielbanen werden statisch weergegeven. De lengte van de baan varieerde per trial van drie tot acht tandwielen. Elke leerling heeft dezelfde tandwielbanen aangeboden gekregen echter was de taakvolgorde random ingedeeld. Bij elke trial had het onderste tandwiel een paarse kleur met een gele pijl om de draairichting aan te geven. Het bovenste tandwiel had een gele kleur en een blauwe pijl welke naar beide kanten wees. De tussenliggende tandwielen waren zwart van kleur (zie Bijlage A). Doormiddel van het indrukken van een toets met een pijl naar rechts (de 'L'-toets) of de toets met een pijl naar links (de 'D'-toets) hebben de leerlingen aangeven in welke richting het bovenste tandwiel zou draaien, gegeven dat het onderste tandwiel met de klok meedraait. Bij de laatste vier trials draaide het onderste tandwiel tegen de klok in. Op deze wijziging in draairichting is de leerling geattendeerd. Na elke trial kreeg de leerling feedback over de opgave. Er verscheen een afbeelding, ondersteund door audio, welke aangaf of het antwoord wel of niet goed was (zie Bijlage A). Aan de hand van een voorbeeld met twee tandwielen is de computertaak aan de leerling uitgelegd (zie Bijlage A). Om te beginnen vertelde de testleider de leerling dat de pijl op het onderste tandwiel de draairichting aangeeft. Hierna werd aan de leerling gevraagd welke kant het bovenste tandwiel op zou draaien. De leerling kreeg uitgelegd dat zij middels de aangegeven knoppen antwoord konden geven. Vervolgens liet de testleider zien wat er gebeurt bij het geven van een fout antwoord. Tenslotte werd het juiste antwoord gedemonstreerd. Om de drie trials is de leerling gevraagd uitleg te geven over de manier waarop de leerling de voorgaande taken had opgelost. Deze momenten worden in de rest van het onderzoek aangeduid als *evaluatiemomenten*. De afname van de exploratietaak en de computertaak is met camera's vastgelegd.

Meetinstrumenten

Prestatie. Met het programma E-prime 2.0 zijn de responses, goed/fout, van ieder kind op iedere trial vastgelegd. Er is in dit onderzoek alleen gebruik gemaakt van de eerste 30 trials omdat de overige vier trials een andere draairichting hadden. Het bereik van de scores is hierdoor van 0 tot en met 30.

Strategiegebruik. Voor het meetbaar maken van het strategiegebruik is gebruik gemaakt van een codeboek, ontworpen door drs. P. F. de Bordes (zie Bijlage B). De variabele strategiegebruik is van ordinaal meetniveau met scores tussen 0 en 4. In volgorde zijn de strategieën Gokken/onbekende strategie (0), Forcetracing (1), Classificatie (2), Skipping (3) en Pariteit (4) gehanteerd. Het coderen aan de hand van het codeboek is gedaan door vier onderzoekers. Op de video-opname is per evaluatiemoment gekeken naar de verbale en non-verbale uitingen van het kind om hier de strategie uit op te maken. Elke onderzoeker heeft een kwart van het totaal aantal participanten gecodeerd en het deel van een andere onderzoeker opnieuw gecodeerd. De interbeoordelaarsbetrouwbaarheid van de strategiekeuze is middels een Cohen's Kappa berekend. Er is een uitstekende interbeoordelaarsbetrouwbaarheid gevonden ($\kappa = .80$) (Fleiss, Nee, & Landis, 1979).

Belichaamd metafoorgebruik. Voor het meetbaar maken van het belichaamde metafoorgebruik is een codeboek ontwikkeld door de auteurs in samenwerking met BSc R. A. Betten en BSc M. G. R. Van der Donk en in overleg met drs. P. F. de Bordes en professor dr. P. P. M. Leseman (zie Bijlage C). Het coderen aan de hand van het codeboek is gedaan door de vier onderzoekers. De onderzoekers hebben de volgende stappen doorlopen 1) het maken van transcripties aan de hand van de gemaakte video's; 2) het detecteren van de metaforen in de transcripties; 3) het koppelen van een code aan de gevonden metaforen aan de hand van het codeboek. Bij stap 1 is elke transcriptie gecontroleerd en eventueel aangevuld en verbeterd door een tweede onderzoeker. Voor stap 2 is aangenomen dat alle uitingen die een manier of richting aanduiden waarop de tandwielen "bewegen" worden beschouwd als zijnde een belichaamde metafoor. Deze bewegingen kon het kind niet in werkelijkheid waarnemen omdat de tandwielen op het scherm stil stonden. Tenslotte zijn in stap 3 aan de hand van het codeboek de metaforen gecodeerd. De indeling van het codeboek is gemaakt op basis van een aanwezig statisch (S) en/of dynamisch (D) aspect bij de metafoor. Vervolgens is hier een waarde van generiek (1) of specifiek (2) betreffende het woord aan gekoppeld: generiek voor algemeen taalgebruik, specifiek voor meer specifiek taalgebruik ten aanzien van de tandwieltaak. Hierdoor is een indeling ontstaan in negen categorieën te noemen: *Dynamisch-*

generiek (D1), Statisch-generiek (S1), Dynamisch-specifiek (D2), Statisch-specifiek (S2), Statisch-generiek Dynamisch-generiek (S1D1), Statisch-specifiek Dynamisch-generiek (S2D1), Statisch-generiek Dynamisch-specifiek (S1D2) en Statisch-specifiek Dynamisch-specifiek (S2D2). De negende categorie is de categorie *overig* voor niet te plaatsten belichaamde metaforen (zie bijlage C). Er is twee keer overleg geweest tussen de vier onderzoekers over de categorie waarin bepaalde metaforen zouden moeten worden ingedeeld. Dit om de overeenstemming tussen de onderzoekers te vergroten. Elke onderzoeker heeft van elke andere onderzoeker één transcriptie opnieuw gecodeerd, dit is één derde van de totale data, waarna de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid is berekend. Hiervoor is gebruik gemaakt van Cohen's Kappa ($\kappa = .97$). De overeenstemming tussen de onderzoekers was uitstekend (Fleiss, et al., 1979).

Scoring en datareductie

Alle data is ingevoerd, bewerkt en geanalyseerd via het programma *Statistical Package for Social Sciences*, SPSS Statistics 20 (IBM Corp., 2011). Voor prestatie is per participant het totaal aantal goed op de 30 trials ingevoerd. De codes van het strategiegebruik zijn voor elke participant per evaluatiemoment ingevoerd. Er ontbraken zes van de 370 waarden (1,6%). Voor de analyses van de twee onderzoeksvragen is de variabele strategiegebruik op twee verschillende manieren geprepareerd. Voor onderzoeksvraag 1 is het gemiddelde strategiegebruik per kind berekend en toegevoegd als variabele. Op basis van de aanwezige waarden is ook voor de participanten met één of meer missende waarden een gemiddelde berekend. Voor het beantwoorden van onderzoeksvraag 2 zijn er vijf nieuwe strategievariabelen aangemaakt in SPSS, voor elke strategie één. Deze nieuwe variabelen geven weer hoe vaak een participant de betreffende strategie gebruikt op de tien evaluatiemomenten. De waarde op deze vijf variabelen ligt daarom tussen de 0 en de 10. Gebruikt een leerling de strategie Forcetracing op zes van de tien evaluatiemomenten en op de overige vier evaluatiemomenten Classificatie, dan krijgt de variabele Forcetracing een waarde van 6 en de variabele Classificatie een waarde van 4. Bij deze techniek krijgen de ontbrekende waarden meer gewicht en is er voor gekozen om participant 3, waarbij er drie waarden ontbreken, buiten de analyse te laten. Vanwege het geringe gebruik van de strategieën Skipping en Pariteit is ervoor gekozen om deze strategieën in de analyse verder buiten beschouwing te laten.

De coderingen per leerling per evaluatiemoment van de belichaamde metaforen zijn ingevoerd in SPSS in de vorm van percentages. Per metafoortype is aan de hand van dit

percentage aangegeven hoe vaak deze metafoor door de leerling in het betreffende evaluatiemoment wordt gebruikt in vergelijking met de andere metaforen. Deze data is gebruikt om de verdeling in het metafoorgebruik explorerend te bekijken. Ook hier zijn drie participanten met ontbrekende gegevens. Voor de analyse zijn de percentages omgezet naar dichotome waarden om te coderen of het kind het type metafoor in het betreffende evaluatiemoment wel (1) of niet (0) heeft gebruikt. Tevens is er een nieuwe categorie toegevoegd (categorie 0), welke waarde 1 toegewezen krijgt wanneer het kind géén metaforen in het betreffende evaluatiemoment gebruikt. Hiermee wordt bijgehouden hoe vaak het voorkomt dat een kind helemaal geen metaforen gebruikt. Hierna zijn per kind over alle evaluatiemomenten deze waarden opgeteld zodat er per metafoortype één waarde tussen 0 en 10 verkregen wordt. Dit is ook gedaan voor categorie 0, het niet gebruiken van metaforen. De invloed van de ontbrekende waarden is hierbij gering, daarom is ervoor gekozen om de participanten met ontbrekende waarden mee te nemen in deze omzetting van data. Om meer waardevolle categorieën te maken is ervoor gekozen om de tien metafoortypen te reduceren. Met behulp van een factoranalyse is een indeling in factoren gemaakt. In de resultatensectie is de indeling van de factoren weergegeven.

Data analyse

Er is gekozen voor de analysetechniek Spearman's Rho voor het berekenen van de samenhang tussen de variabelen strategiegebruik en prestatie. Er is voldaan aan de voorwaarden van deze analysetechniek. De variabelen zijn van minimaal ordinaal meetniveau en de participanten hebben geen invloed op elkaar kunnen uitoefenen.

Aangezien bij onderzoeksvraag 2 de data van de variabelen strategiegebruik en metafoorgebruik normaal verdeeld is en er geen multivariabele uitschieters zijn wordt er gekozen voor een Multipiele Regressie. De analyse zal worden uitgevoerd voor het gebruik van de strategie Foretracing en de strategie Classificatie. De onafhankelijke variabelen zullen bestaan uit twee factoren gebaseerd op de metaforen.

Resultaten

Oplossingsstrategieën en Prestatie (Onderzoeksvraag 1)

Voor een overzicht van de manier waarop het gebruik van de vijf strategieën is verdeeld staat in Tabel 1 aangegeven welke strategie het meeste is gebruikt door de participanten (Modus). Tevens staat per strategie aangegeven hoe vaak een participant niet lager dan deze strategie heeft gescoord (minimum) en voor hoeveel participanten het de hoogst behaalde strategie is geweest (maximum).

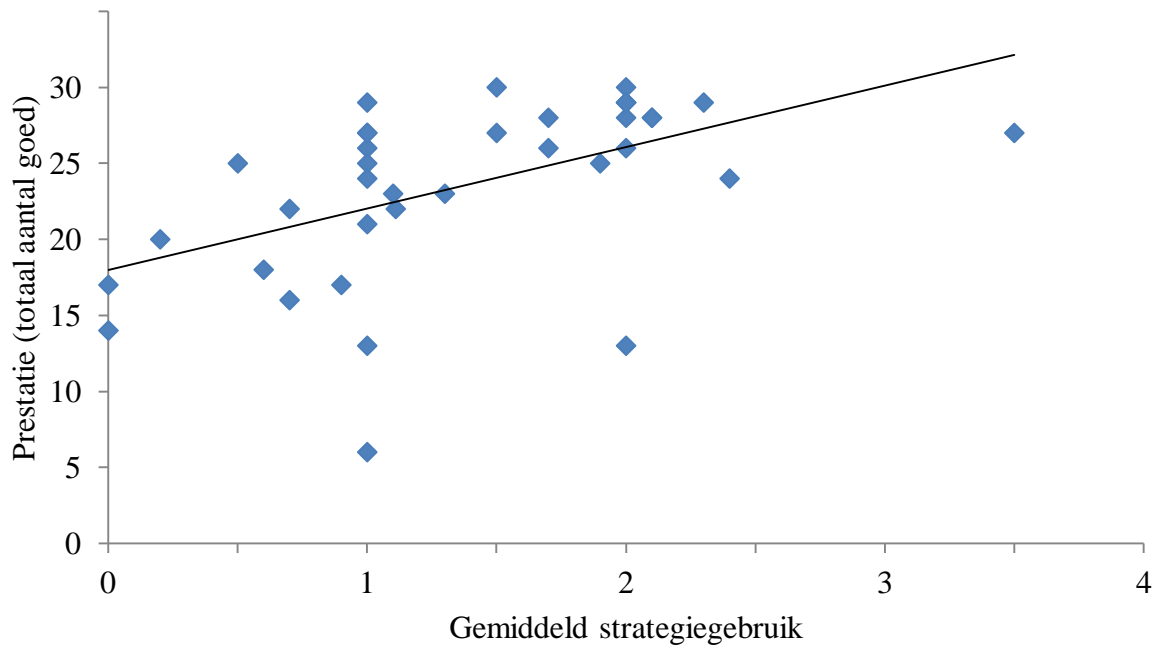
Tabel 1

Frequentietabel (in n) van de Modus, het minimum en maximum van het strategiegebruik

Strategie	Modus	Minimum (Cum. %)*	Maximum (Cum. %)*
Gokken	6	11 (29.7)	2 (5.4)
Forcetracing	19	20 (83.8)	11 (35.1)
Classificatie	11	6 (100)	9 (59.5)
Skipping	0	0 -	10 (86.5)
Pariteit	1	0 -	5 (100)

Note. *Cum. % = het cumulatieve percentage

Ongeveer de helft van de participanten gebruikt het vaakst de strategie Forcetracing bij het oplossen van de tandwieltaak. Ongeveer 35% van de participanten komt ook niet hoger dan deze strategie. Classificatie wordt door ongeveer 30% van de participanten het vaakst gebruikt. Er is één participant die van de tien evaluatiemomenten het vaakst pariteit gebruikt en geen van de participanten gebruiken enkel de strategie Skipping of Pariteit. Van de 37 participanten gebruikt 41% van de participanten ten minste één keer een van deze twee strategieën. De participanten hebben een gemiddelde prestatiescore van 23.54 ($SD = 5.78$) en een gemiddelde score van 1.37 ($SD = 0.74$) op strategiegebruik. In Figuur 1 staat een visuele weergave van de verdeling van prestatie ten opzichte van het strategiegebruik.



Figuur 1. Spreidingsdiagram van de relatie tussen prestatie (totaal aantal goed) en gemiddeld strategiegebruik. Er is een lineair verband, $R^2 = .27$.

De Spearman's rho indiceert een significant sterke positieve relatie tussen prestatie en strategiekeuze, $r_s = .61$, $p < .01$, tweezijdig, $N = 37$. Dit is een groot effect en verklaart 37% van de variantie (Field, 2009). Dit komt overeen met de hypothese.

Oplossingsstrategieën en Belichaamd Metafoorgebruik (Onderzoeksvraag 2)

Voor onderzoeksvraag 2 wordt het belichaamde metafoorgebruik vergeleken met strategiegebruik. In tabel 2 staat een overzicht van de belangrijkste samenvattende maten van deze twee variabelen. Ten aanzien van de strategieën wordt de strategie Forcetracing het meest en de strategie Pariteit het minst gebruikt onder de participanten. Zowel Skipping als Pariteit worden gemiddeld door de participanten in minder dan één evaluatiemoment gebruikt.

Tabel 2

Belangrijkste Samenvattende Maten van de Variabelen Belichaamd Metafoor Gebruik en Strategie Gebruik

Variabele	N	M	SD	Range		Scheefheid
				Potentieel	Werkelijkheid	
Metaforen						
S1	37	2.51	1.82	0 - 10	0 - 8	1.07
S2	37	1.03	1.88	0 - 10	0 - 8	2.51
D1	37	3.05	1.79	0 - 10	0 - 7	0.28
D2	37	3.89	2.57	0 - 10	0 - 9	0.23
S1D1	37	7.12	2.41	0 - 10	1 - 10	-0.60
S2D1	37	1.86	2.95	0 - 10	0 - 10	1.55
S1D2	37	3.73	2.34	0 - 10	0 - 9	0.66
S2D2	37	0.65	1.34	0 - 10	0 - 5	2.31
Overig	37	0.65	1.16	0 - 10	0 - 5	2.21
Geen metaforen	37	2.84	1.54	0 - 10	0 - 5	-0.68
Strategieën						
Gokken	36	1.50	2.95	0 - 10	0 - 10	1.98
Forcetracing	36	4.78	3.97	0 - 10	0 - 10	0.08
Classificatie	36	2.67	3.74	0 - 10	0 - 10	1.06
Skipping	36	0.56	0.91	0 - 10	0 - 3	1.52
Pariteit	36	0.42	1.34	0 - 10	0 - 7	4.01

Note. Voor metaforen is S = statisch, D = dynamisch, 1 = generiek, 2 = specifiek.

Metaforen met zowel een dynamische als een statische component op generiek niveau worden door de participanten in de meeste evaluatiemomenten gebruikt. Gemiddeld gebruiken de participanten deze metafoor in zeven van de tien evaluatiemomenten. Metaforen met zowel een dynamische als een statische component, maar op een specifiek niveau worden het minste door de participanten gebruikt. Net als metaforen die vallen onder de categorie “overig” worden deze gemiddeld in minder dan één evaluatiemoment gebruikt. Gemiddeld maken de participanten in ongeveer drie evaluatiemomenten helemaal geen gebruik van metaforen. Er is een factoranalyse uitgevoerd om de best passende fit te verkrijgen voor een reductie in het aantal metaforen (zie Tabel 3).

Tabel 3

Resultaten van de Factoranalyse: De Verklaarde Variantie van Vier Factoren

Factoren	Variantie (%)	Cumulatieve variantie (%)
1	31.02	31.02
2	18.33	49.35
3	13.57	62.92
4	10.46	73.38

Note. Eventuele rotatie zorgt voor een kleinere verklaarde variantie.

Factor 1 en 2 verklaren samen 49% van de variantie. In tabel 4 is te zien hoe de twee factoren zijn opgebouwd uit de verschillende metaforen. Er is voor gekozen om deze twee factoren mee te nemen in verdere analyse omdat interpretatie op basis van vier factoren niet mogelijk wordt geacht. De metaforen Statisch-specifiek (S2), Statisch-specifiek Dynamisch-generiek (S2D1) en Statisch-specifiek Dynamisch-specifiek (S2D2) hangen positief samen met Factor 1. De metaforen Statisch-generiek (S1), Dynamisch-generiek (D1) en Statisch-generiek Dynamisch-generiek (S1D1) hangen positief samen met Factor 2. De categorie “Overig” hangt positief samen met beide factoren en het niet gebruik van metaforen hangt negatief samen met beide factoren. Bij deze indeling is Factor 1 meer specifiek en Factor 2 meer generiek van aard en zullen ze als zodanig worden geïnterpreteerd.

Tabel 4

De opbouw van de twee gekozen factoren

Metafoor	S1	S2	D1	D2	S1D1	S2D1	S1D2	S2D2	Overig	Géén
Factor 1	.23	.78*	-.17	-.26	-.53	.78*	-.31	.77*	.41*	-.78
Factor 2	.48*	-.23	.63*	.29	.46*	-.28	.22	.18	.70*	-.46

Note. Waarden onder .30 kunnen buiten beschouwing worden gelaten. *Waarden boven .30.

Om de proportie variantie binnen het gebruik van de strategie Forcetracing te verklaren is er een standaard Multipelle Regressie Analyse (MRA) uitgevoerd. Dit is tevens gedaan voor de strategie Classificatie. Uit de analyse blijkt dat Factor 1 en Factor 2 in combinatie een significante 32% van de variantie verklaren in de strategie Forcetracing ($R^2 = .32$, $F(2,33) =$

7.79, $p = .002$). Voor de strategie Classificatie verklaren de twee factoren 25% van de variantie ($R^2 = .25$). Dit is tevens een significant deel ($F(2,33) = 5.43$, $p = .01$).

De ongestandaardiseerde (B) en gestandaardiseerde (β) regressiecoëfficiënten, en de gekwadrateerde semi-partiële correlaties (sr^2) voor de voorspellende factoren in het regressiemodel, staan in Tabel 5. Voor Forcetracing leveren beide factoren een significante bijdrage aan de variantie. De invloed van Factor 1 is negatief en draagt 9% bij van de verklaarde variantie. De invloed van Factor 2 is positief en draagt 20% bij. Ook bij Classificatie leveren beide factoren een significante bijdrage. Bij Classificatie is de invloed van Factor 1 juist positief en van Factor 2 negatief. De bijdrage van beide factoren is 12% en 10%.

Tabel 5

Ongestandaardiseerde (B) en Gestandaardiseerde (β) Regressiecoëfficiënten, en Gekwadrateerde Semi-partiële Correlaties (sr^2) voor elke Voorspellende Factor in een Regressiemodel voor het Voorspellen van het Gebruik van de Strategie Forcetracing en voor de Strategie Classificatie

Variabele (Factor)	B [95 % BI]	β	sr^2
Forcetracing			
Specifiek (Factor 1)	-1.21 [-2.41 – -0.02]*	-.30	.09
Generiek (Factor 2)	1.91 [0.65 – 3.17]**	.45	.20
Classificatie			
Specifiek (Factor 1)	1.35 [0.16 – 2.53]*	.35	.12
Generiek (Factor 2)	-1.26 [-2.51 – -0.01]*	-.31	.10

Note. $N = 36$. BI = Betrouwbaarheidsinterval.

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

Discussie en conclusie

Het belang van het huidige onderzoek was meer inzicht te krijgen in de manier waarop kinderen technisch inzicht ontwikkelen gedurende een techniektaak met tandwielen. Hierbij is gekeken naar het mogelijke effect van het gebruik van belichaamde metaforen voor het ontwikkelen van technisch inzicht. Ten eerste is getracht om antwoord te krijgen op de onderzoeksvraag wat de relatie is tussen het strategiegebruik en de prestatie van kinderen op een tandwieltaak. Ten aanzien van het strategiegebruik maken de participanten het meest

gebruik van de oplossingsstrategie Forcetracing. Daarna wordt, in volgorde, Classificatie en Gokken het meest gebruikt. Dit komt overeen met resultaten uit eerder onderzoek met eenzelfde leeftijdsgroep (Dixon & Bangert, 2002). Echter is in het onderzoek door Dixon en Bangert Gokken meer gebruikt dan Classificatie, wat in huidig onderzoek andersom is. Mogelijk heeft het gebruik van gesloten tandwielsystemen in het onderzoek van Dixon en Bangert invloed gehad. Deze systemen, waarbij de tandwielen in een cirkelformatie zijn opgesteld, worden als moeilijker beschouwd (Stephen & Dixon, 2009). In relatie tot prestatie komt uit het huidige onderzoek naar voren dat het gebruik van een hogere strategie positief samenhangt met een hogere prestatie op de tandwieltaak. Gezien de lage spreiding doet deze conclusie voornamelijk uitspraken over de relatie tussen de eerste drie strategieën, Gokken, Forcetracing en Classificatie, met prestatie. Over de invloed van de strategieën Skipping en Pariteit op prestatie kunnen aan de hand van huidig onderzoek geen uitspraken worden gedaan. In eerder onderzoek door Dixon en Bangert behaalde studenten op deze strategieën vergelijkbare resultaten als bij het gebruik van Classificatie. Schoolkinderen lieten echter wisselende prestaties zien op de strategieën Skipping en Pariteit (Dixon & Bangert, 2002). De invloed van deze strategieën op prestatie zal dus vermoedelijk verschillen naar gelang de leeftijd van de participanten.

Vervolgens is er getracht te beantwoorden wat de relatie is tussen de gebruikte strategie en het belichaamde metafoortype die kinderen gebruiken in de uitleg over een tandwieltaak. Er is nog geen onderzoek gedaan naar de relatie tussen strategiegebruik en belichaamd metafoorgebruik binnen mechanische taken. Over het geheel genomen gebruiken de kinderen voornamelijk metaforen met zowel een dynamische als een statisch component van een generiek niveau. De combinatie van dynamisch en statisch op een specifiek niveau wordt het minst gebruikt. Deze bevinding wordt ondersteund door het gegeven dat specifieke taal voornamelijk in een daarvoor ingerichte omgeving wordt ontwikkeld, terwijl alle kinderen in aanraking komen met generieke taal die daarom veelvuldig zal worden gebruikt (Schleppegrell, 2001). Met betrekking tot strategiegebruik kan geconcludeerd worden dat er een samenhang is tussen strategiegebruik en metafoorgebruik. Forcetracing hangt samen met het gebruik van generieke metaforen en Classificatie hangt samen met het gebruik van specifieke metaforen. Dit bevestigt de hypothese dat sensomotorische strategieën samengaan met meer generieke metaforen en dat meer abstracte strategieën samengaan met meer specifieke metaforen. Deze bevinding is mogelijk te verklaren door de aanname dat meer specifiek taalgebruik, welke abstracter is, een bepaald niveau van belichaamde kennis inhoudt

welke het ontdekken van de meer abstracte strategieën zal vergemakkelijken (Lakoff & Núñez, 2000; Schleppegrell, 2001; Williams, 2012). Echter kan met de huidige onderzoeksopzet geen causale relatie worden aangetoond.

Vanwege het explorerende karakter van dit onderzoek en om praktische redenen is er gekozen voor een kleine, selecte steekproef. Daarbij is de verdeling jongens en meisjes in de steekproef niet evenredig verdeeld. Behoedzaamheid omtrent de generaliserende waarde van de resultaten is daarom geboden.

Over de afname procedure van de tandwieltaak zijn een paar punten van kritiek te noemen welke de data hebben kunnen beïnvloeden. Zo is er tijdens de evaluatiemomenten niet consequent doorgevraagd. Dit is om verschillende redenen een belangrijke tekortkoming. Ten eerste kan de hoeveelheid aan verbale uitingen van een leerling zijn beïnvloed door de mate van doorvragen. Om hier enigszins voor te corrigeren is besloten om te kijken naar het wel of niet voorkomen van een metafoor binnen een evaluatiemoment in plaats van naar hoeveel een metafoor voorkomt binnen een evaluatiemoment. Een nadeel van deze werkwijze is het verlies van data. Ten tweede is er bij sommigen niet genoeg doorgevraagd waardoor de gebruikte strategie niet te herleiden was. Bij leerlingen waarbij de taak te vroeg is hervat zijn de data als missing ingevoerd. Tevens kon de testleider invloed uitoefenen op het belichaamde metafoorgebruik van de leerlingen wanneer de testleider woorden in de mond nam welke nog niet door de leerling zelf waren geuit. De leerlingen waarbij hier duidelijk sprake van was zijn uit het onderzoek verwijderd. Een andere beperking is de mogelijke afhankelijkheid van de twee belangrijkste variabelen. Zowel het strategiegebruik als het metafoorgebruik zijn gecodeerd aan de hand van de verbale uitingen van de leerlingen. De afhankelijkheid blijft mogelijk gewaarborgd doordat tevens de non-verbale uitingen zijn meegenomen voor de codering van het strategiegebruik.

Een aanbeveling voor vervolgonderzoek is het hanteren van een andere onderzoeksopzet. Verbeterpunten in de onderzoeksopzet zijn onder andere het vereenvoudigen van het metaforen codeboek door een reductie in het aantal categorieën te maken. Deze reductie zorgt voor betere interpretatiemogelijkheden. Een voorstel is een herindeling van de metaforen in alleen de losse categorieën S1, S2, D1 en D2. Daarnaast kan de steekproef worden vergroot voor de generaliseerbaarheid van de resultaten.

Toekomstig onderzoek zou zich kunnen richten op het aantonen van een mogelijk causaal verband tussen het gebruik van metaforen en het gebruik van strategieën. Voor het onderbouwen van een verband waarbij metafoorgebruik het ontdekken van strategieën

faciliteert zou de *Verbal Redstriction Theory* aanknopingspunt kunnen bieden (Karmiloff & Smith, 1986). Deze theorie richt zich op de manier waarop taal zich ontwikkelt en wordt ingezet. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat mensen bij het verwerven van taal voortbouwen op reeds bestaande concepten en dat er in ons geheugen een grote onbewuste kennis over taal ligt opgeslagen die mensen inzetten. Dit onderzoek sluit aan op de embodiment cognition theorie (Núñez et al., 1999).

Concluderend heeft dit explorerende onderzoek kennis en inzicht opgeleverd over het gebruik van belichaamde metaforen ten aanzien van het strategiegebruik. Er blijkt een verschil te zijn in de manier waarop kinderen de verschillende strategieën verwoorden. Sensomotorische strategieën gaan samen met meer generieke metaforen en meer abstracte strategieën gaan samen met meer specifieke metaforen. Echter kan met de huidige onderzoeksopzet geen causale relatie worden aangetoond. Daarnaast is tevens de relatie tussen strategiegebruik en prestatie onderzocht waaruit geconcludeerd kan worden dat een sensomotorisch strategie samen gaat met een lagere prestatie dan een meer abstracte strategie. Benadrukt moet worden dat vervolgonderzoek noodzakelijk is om deze resultaten te ondersteunen. De huidige inzichten zijn hopelijk motiverend voor toekomstige onderzoekers om verder onderzoek te doen naar het ontwikkelingsproces bij schoolkinderen binnen het vakgebied wetenschap en techniek. Als inzichten en kennis geïmplementeerd worden in het onderwijs zal dit de uitstroom van bètatalenten bevorderen waarna het tekort op de arbeidsmarkt afneemt.

Literatuur

- Alibali, M. W., Spencer, R. C., Knox, L., & Kita, S. (2011). Spontaneous gestures influence strategy choices in problem solving. *Psychological Science*, 22(9), 1138-1144.
- Anderson, M. L. (2003). Embodied cognition: A field guide. *Artificial Intelligence*, 149, 91-130.
- Barsalou, L.W. (2008). Grounded cognition. *Annual Review of Psychology*, 59, 617-645.
- Bolger, M. S., Kobiela, M., Weinberg, P. J., & Lehrer, R. (2012). Children's mechanistic reasoning. *Cognition and Instruction*, 30, 170-206.
- Boncoddò, R., Dixon, J. A., & Kelley, E. (2010). The emergence of a novel representation from action: Evidence from preschoolers. *Developmental Science*, 13, 370-377.
- Boroditsky, L. (2000). Metaphoric structuring: Understanding time through spatial metaphors. *Cognition*, 75, 1-28.
- Curious Minds. (2008). An innovative interface between scientific disciplines and children's development, *platform betatechniek*.
- Dixon, J. A., & Bangert, A. (2002). The prehistory of discovery: Precursors of representational change in solving gear-system problems. *Developmental Psychology* 38, 918-933.
- Dixon, J. A., & Bangert, A. (2004). On the spontaneous discovery of a mathematical relation during problem solving. *Cognitive Science*, 28, 433-449.
doi:10.1016/j.cogsci.2003.12.004
- Dixon, J. A., Holden J. G., Mirman, D., & Stephen D. G. (2012). Multifractal dynamics in the emergence of cognitive structure. *Topics in Cognitive Science*, 4, 51-62.
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS*. London: SAGE Publications Ltd.
- Fleiss, J. L., Nee, J. C. M., & Landis, J. R. (1979). Large sample variance of kappa in the case of different sets of raters. *Psychological Bulletin*, 84, 974-977.
- Gallese, V., & Lakoff, G. (2005). The brain's concepts: The role of the sensory-motor system in conceptual knowledge. *Cognitive Neuropsychology*, 22(3-4), 455-479.
- Gibson, E. J. (2000). Perceptual learning in development: Some basic concepts. *Ecological Psychology*, 12, 295-302. doi: 10.1207/S15326969ECO1204_04
- Gopnik, A., Sobel, D. M., Schulz, L. E., & Glymour, C. (2001). Causal learning mechanisms in very young children: Two-, three-, and four-year-olds infer causal relations from patterns of variation and covariation. *Developmental Psychology*, 37, 620 – 629.

- IBM Corp. (Released 2011). *IBM SPSS statistics for Windows, version 20.0*. Armonk, NY: IBM Corp.
- Karmiloff-Smith, A. (1986). From meta-processes to conscious access: Evidence from children's metalinguistic and repair data. *Cognition*, 23, 95-147. doi:10.1016/0010-0277(86)90040-5
- Lakoff, G., & Johnsen, M. (1980). The metaphorical structure of the human conceptual system. *Cognitive science*, 4(2), 195-208.
- Lakoff, G., & Johnsen, M. (2003). *Metaphors we live by*. London: The University of Chicago Press.
- Lakoff, G., & Núñez, R. (2000). *Where mathematics comes from: How the embodied mind brings mathematics into being*. New York, NY: Basic Books.
- Leseman, P. P. M., Mayo, A. Y., Messer, M. E., Scheele, A. F., & Van der Heyden, K. M. (2009). De vroege ontwikkeling van schooltaal: het DASH-project. *Tijdschrift voor Orthopedagogiek*, 48, 271-287.
- Metz, K. E. (1991). Development of explanation: Incremental and fundamental change in children's physics knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 785- 797.
- Niebert, K., Marsch, S., & Treagust, D. F. (2012). Understanding needs embodiment: A theory-guided reanalysis of the role of metaphors and analogies. *Science Education*, 96, 849-877. doi 10.1002/sce.21026
- Núñez, R. (2011). On the science of embodied cognition in the 2010s: Research questions, appropriate reductionism, and testable explanations. *Journal of the Learning Sciences*, 21, 324-336.
- Núñez, R. E., Edwards, L. D., & Matos, J. F. (1999). Embodied cognition as grounding for situatedness and context in mathematics education. *Educational Studies in Mathematics*, 39, 45-65.
- Schleppegrell, M. J. (2001). Linguistic Features of the Language of Schooling. *Linguistics and Education* 12(4): 431–459.
- Schneider, W., Eschman, A., & Zuccolotto, A. (2002). *E-prime user's guide*. Pittsburgh: Psychology Software Tools, Inc.
- Schwartz, D. L., & Black, J. B. (1996). Analog imagery in mental model reasoning: Depictive models. *Cognitive Psychology*, 30(2), 154-219.

- Snow, C. E., & Uccelli, P. (2009). The challenge of academic language. In D. R. Olson & N. Torrance (Eds.), *The Cambridge handbook of literacy* (pp. 112-133). New York: Cambridge University Press.
- Stephen, D. G., & Dixon, J. A. (2009). The self-organization of insight: Entropy and power laws in problem solving. *Journal of Problem Solving*, 2, 72-101.
- Stephen, D. G., Boncoddò, R. A., Magnuson, J. S., & Dixon, J. A. (2009). The dynamics of insight: Mathematical discovery as a phase transition. *Memory & Cognition*, 37, 1132-1149.
- Talentenkracht (2013). *Onderzoekprogramma van zeven universiteiten naar de talenten van kinderen (3-14 jaar) op het gebied van wetenschap en techniek*. Op 10 november 2013 ontleend aan: <http://www.talentenkracht.nl/?pid=7&page=Opbrengsten>.
- Techniepact (2013). *Nationaal Techniepact 2020*. Op 10 november 2013 ontleend aan: [http://www.techniepact.nl/over Theory and Research](http://www.techniepact.nl/over%20Theory%20and%20Research), 3, 247-270.
- Van Dale (2014). *Van Dale Nederlands*. Utrecht: Van Dale uitgevers.
- Williams, F. (2012). Image schemas in clock-reading: Latent errors and emerging expertise. *The Journal of the Learning Sciences*, 21, 216-246.
- Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9, 625-636.

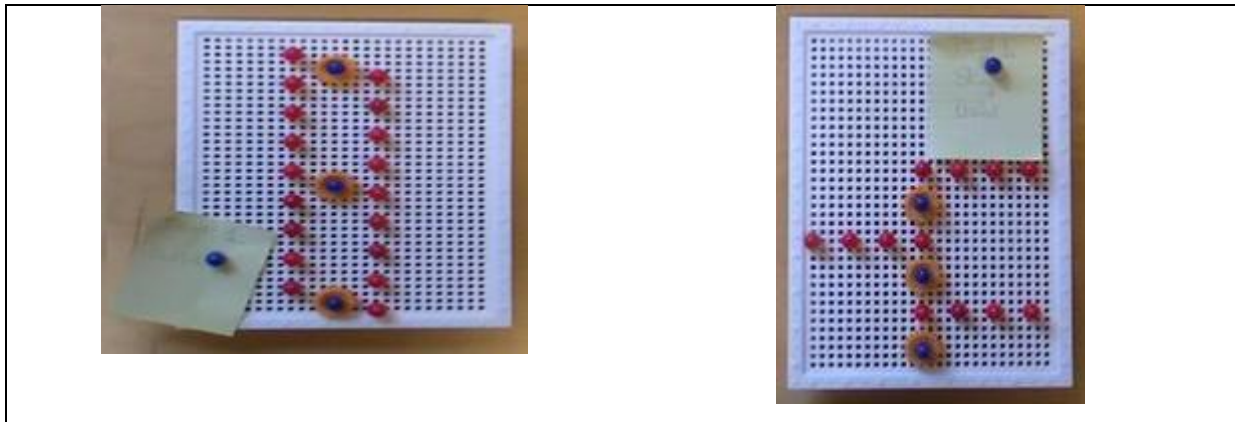
Bijlagen

Bijlage A Afbeeldingen van onderdelen van de Exploratietaak en Computertaak

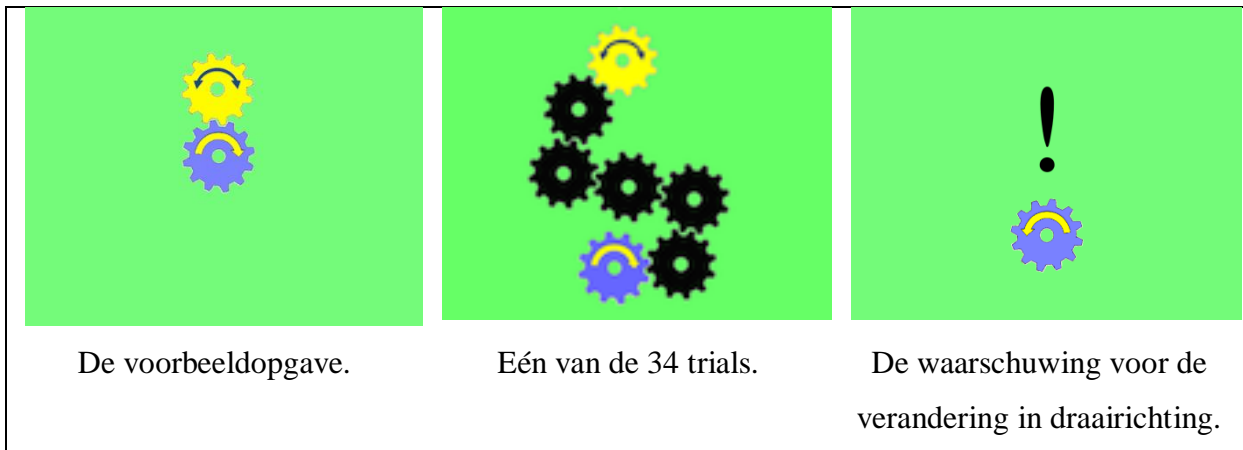
Bijlage B Codeboek strategiegebruik

Bijlage C Codeboek belichaamde metaforen

Bijlage A – Afbeeldingen van onderdelen van de Exploratietaak en Computertaak



Figuur 2. De exploratietaak.



De voorbeeldopgave.

Eén van de 34 trials.

De waarschuwing voor de verandering in draairichting.

Figuur 3. De manier waarop de tandwielbanen zijn aangeboden op de computertaak.



Feedback op een goed antwoord.

Audio: “Heel goed!”.

Feedback op een fout antwoord.

Audio: “Niet goed!”.

Aanduiding van een evaluatiemoment.

Het kind wacht op de vraag van de testleider.

Figuur 4. Afbeeldingen voor feedback en de aanduiding van een evaluatiemoment.

Bijlage B – Codeboek strategiegebruik

Iedere meting moet gecodeerd worden. Daarbij moet er per meting één code worden gegeven. Maak je beslissing aan de hand van de verbale en non-verbale uitingen van het kind. Wanneer een kind twee strategieën toepast wordt de hoogst gebruikte strategie gecodeerd.

1. **Forcetracing:** Bij deze strategie volgt het kind de weg van de kracht langs de verschillende tandwielen. Uit de uitleg van het kind blijkt dat het kind een (continue) weg langst de tandwielen volgt.
Non-verbaal: het kind tekent een S-vorm in de lucht of op het scherm.
2. **Classificatie:** Bij deze strategie classificeert het kind de tandwielen als om en om naar een bepaalde kant draaiend.
Non-verbaal: het kind tekent in de lucht of op het scherm korte halve cirkels van links naar rechts of andersom.
3. **Skipping:** Het kind laat merken dat wanneer het eerste tandwiel met de klok mee draait dit ook geldt voor het derde tandwiel, het vijfde tandwiel etc. Het kind slaat als het ware telkens een tandwiel over en classificeert de tandwielen als zijnde dezelfde kant op draaiend.
Non-verbaal: Het kind tekent in de lucht of op het scherm korte halve cirkels in één richting (uit de verbale uitleg moet duidelijk zijn dat hierbij telkens een tandwiel wordt overgeslagen).
4. **Pariteit:** Het kind laat merken dat het begrijpt dat het eerste en het laatste tandwiel bij een oneven aantal dezelfde kant op draaien en bij een even aantal de andere kant.
Non-verbaal: het kind telt de tandwielen door ze één voor één aan te wijzen (uit de verbale uitleg moet blijken dat het om tellen gaat).
0. **Gokstrategie/ andere strategie** (omschrijf dit kort in opmerkingen, allicht vinden we overeenkomsten wat we samen kunnen voegen tot nieuwe code.) Het kind gebruikt een andere strategie of geeft aan de voorgaande opgaven te hebben gegokt.

Noteer de gegevens in Excel op de volgende manier:

Proefpersoon	Meetmoment	Strategie	opmerking	Strategie Hercodering
1	1	1		
1	2	2		
1	3	4		
1	4	3		
1	5	0	X zegt dat de bocht van invloed is op de draairichting..	
1	6	0		
1	7	0		
1	8	1		
1	9	2		
1	10	3		
1	11	4		

Over coderen:

Het is de bedoeling dat iedere meting een code krijgt toegewezen door 2 verschillende mensen zodat we in een later stadium de betrouwbaarheid kunnen meten. Het is aan te raden om tezamen 2 filmpjes te bekijken en deze samen te coderen. Dan kunnen jullie oefenen en dit vergroot de overeenkomst in de manier waarop jullie coderen.

Bijlage C – Codeboek belichaamde metaforen

S= statisch	1= generiek
D= Dynamisch	2= specifiek

Code	Nummering
S1	1
S2	2
D1	3
D2	4
S1D1	5
S2D1	6
S1D2	7
S2D2	8
OVERIG	9

Voorbeelden

Overig = 9
tegenovergestelde Bochtje voor bochten Patroon (het gaat eigenlijk) om en om Slangetjes Omstebeurt
Statisch generiek = S1
Zo Die, andere, dezelfde (kant) Daar Andersom Omheen Een rondje Staan
Statisch specifiek = S2
In elkaar Aan elkaar vastzitten Rechts Links
Dynamisch generiek= D1
Gaan, Doorgaan, gelijkgaan, verdergaan , heengaan, meegaan, weggaan, Volgen (aan)komen meeslepen
Dynamisch specifiek = D2
Slalommen, slalommetjes maken Wisselen, verwisselen, afwisselen, omwisselen Verbinden

<p>Aanstoten, aansluiten, aanhaken Raken, Aanraken, aantikken, aanduwen, draaien, aandraaien, doordraaien, ronddraaien, wegdraaien. Vastlopen Rollen, meerrollen tegenduwen</p>
<p>Statisch generiek , dynamisch generiek = S1D1</p>
<p>Zo gaan, zo doen, zo bewegen, zo werken weggaan Heen en weer gaan, daarheen gaan, omheen gaan, Kant afkomen Hetzelfde blijven, hetzelfde gaan Rondje maken Tegenaan komen, tegenaan moeten, tegenaan botsen Tegen elkaar botsen In elkaar schuiven Richting op kunnen Een kant op moeten, een kant op zijn</p>
<p>Statisch specifiek , dynamisch generiek = S2D1</p>
<p>Links gaan</p>
<p>Statisch generiek , dynamisch specifiek = S1D2</p>
<p>Kant (op)draaien Rondje draaien</p>
<p>Statisch specifiek , dynamisch specifiek = S2D2</p>
<p>Rechts (op)draaien</p>
<p>Geen metaforen</p>
<p>Bij het einde komen Elkaar Doen alsof</p>