

De relatie tussen non-verbaal gedrag, het begrip dat kinderen verbaal uiten en de prestatie in  
het kennisdomein wetenschap en techniek.

Masterthesis

Universiteit Utrecht

Masteropleiding Pedagogische wetenschappen

Masterprogramma Orthopedagogiek

Kisteman, C. D. (3668045)

Van Deutekom, L. (3624404)

Begeleider: Drs. P. F. de Bordes

2<sup>e</sup> Beoordelaar: Drs. A. Ünlüsoy

Datum: 16-06-2014

### Voorwoord

Voor u ligt de masterthesis van Christel Kisteman en Lotte van Deutekom. Aan de verschillende onderdelen van deze masterthesis hebben beide onderzoekers individueel gewerkt. Christel heeft in vergelijking met Lotte meer aandacht geschonken aan de inleiding. Lotte heeft meer aandacht dan Christel besteedt aan de methode en de resultaten van deze thesis. Verder zijn alle onderdelen gezamenlijk tot stand gekomen en uitgewerkt. Daarbij hebben we elkaar feedback gegeven op de geschreven delen.

Als duo kijken we terug op een prettige samenwerking, waarin het nodige app-, bel-, mail- en ‘face-to-face’ contact is geweest. Door het jaar heen zijn we elkaar tot steun geweest en dit hebben we beide als positief ervaren. We hebben elkaar kunnen motiveren om door te gaan wanneer we dit nodig hebben gehad. Aan het einde van het proces van deze masterthesis kunnen we stellen, dat onze vriendschappelijke relatie significant verbeterd is. We willen elkaar bedanken voor deze samenwerking. Daarnaast willen we onze ouders, vrienden en huisgenoten bedanken voor het geven van steun en motivatie bij het schrijven van de masterthesis.

Ten slotte willen wij Pieter de Bordes bedanken voor zijn begeleiding in de vorm van support en feedback. Zijn enthousiasme en betrokkenheid hebben motiverend gewerkt. We zijn hem dankbaar, dat hij tijd heeft genomen voor het beantwoorden van onze vragen en de overlegmomenten die hebben plaats gevonden.

We wensen u veel leesplezier toe.

Vriendelijke groeten,

Christel Kisteman en Lotte van Deutekom

## Abstract

This study investigated the relationship between non-verbal behavior, the understanding children ( $N = 41$ ,  $M_{age} = 10.8$  years) verbal expressed and their performance while they solved a task about mechanical reasoning with gears. It was expected that encoding based on a codebook that was developed in this study, was reliable to encode non-verbal behavior in terms of strategies. Based on the literature, it was assumed that non-verbal behavior was higher than the understanding children verbal expressed. A relationship between the amount of non-verbal behavior and the performance on the gear task was also expected. Finally, it was assumed that the performance on the gear task was related with non-verbal behavior. Children had to determine the direction of rotation of the last gear by seeing gear chains, in response to the given direction of rotation of the first gear. Results showed that non-verbal expressed behavior on the gear task was reliably coded in terms of strategies. Besides this, it appeared that non-verbal behavior had a higher level than the understanding children verbal expressed. The strategy *classification* was non-verbal most used and the strategy *force tracing* verbal. No relation was found between the amount of non-verbal behavior and performance on the gear task. Finally, there was a positive relation between the non-verbal behavior and the performance expressed on the gear task. In short, the main conclusion was that the expressed non-verbal behavior was higher than the verbal expressed understanding. This research shows that non-verbal behavior gives information about the understanding of children which they cannot express verbally. Non-verbal behavior gives insight into the cognitive state and can support the learning of children. Education must be connected to the non-verbal behavior to encourage verbal understanding.

*Keywords: Dynamic Skill theory, Embodiment theory, understanding, gear task, strategy, non-verbal behavior, verbal behavior, performance*

### Samenvatting

In dit onderzoek werd gekeken naar de relatie tussen non-verbaal gedrag, het begrip dat kinderen ( $N = 41$ ,  $M_{age} = 10.8$  jaar) verbaal uitten en hun prestatie tijdens het oplossen van een taak over mechanische aandrijving met tandwielen. Voor het coderen van non-verbaal gedrag in termen van strategieën, werd verwacht dat het coderen aan de hand van het codeboek dat in dit onderzoek werd opgesteld, betrouwbaar was. Op basis van de literatuur werd verondersteld dat non-verbaal geuite gedrag van hoger niveau is dan het verbaal geuite begrip. Daarnaast werd een verband verwacht tussen de hoeveelheid non-verbaal gedrag en de prestatie op de tandwieltaak. Ten slotte werd verwacht dat de prestatie op de tandwieltaak samenhangt met het non-verbale gedrag. Kinderen moesten bij het zien van aaneengeschakelde tandwielen de draairichting van het laatste tandwiel bepalen, naar aanleiding van de gegeven draairichting van het eerste tandwiel. Uit de resultaten bleek, dat non-verbaal gedrag dat geuit werd op de tandwieltaak betrouwbaar gecodeerd werd in termen van strategieën. Daarnaast bleek dat de strategie geuit in non-verbaal gedrag hoger was dan het begrip dat verbaal geuit werd. Non-verbaal werd de strategie *classificatie* het meest gebruikt en verbaal de strategie *force tracing*. Er werd geen verband gevonden tussen de hoeveelheid non-verbaal gedrag en de prestatie. Ten slotte bleek dat er een positief verband was tussen het non-verbale geuite gedrag en de prestatie op de tandwieltaak. Kortom, de belangrijkste conclusie was dat het non-verbaal geuite gedrag hoger was dan het verbaal geuite begrip. Dit onderzoek laat zien dat non-verbaal gedrag informatie geeft over het begrip dat kinderen verbaal mogelijk nog niet kunnen uiten. Non-verbaal gedrag geeft inzicht in de cognitieve toestand en kan het leerproces van kinderen ondersteunen. Door in het onderwijs aan te sluiten bij het non-verbale gedrag van kinderen kan het verbaal geuite begrip gestimuleerd worden.

*Kernwoorden: Dynamic Skill theorie, Embodiment theorie, begrip, tandwieltaak, strategieën, non-verbaal gedrag, verbaal gedrag, prestatie*

De relatie tussen non-verbaal gedrag, het begrip dat kinderen verbaal uiten en de prestatie in het kennisdomein wetenschap en techniek.

In de huidige maatschappij is er een tekort aan mensen die een technische opleiding hebben gevolgd (Techniepact, 2013). Een oorzaak hiervan is dat tot 2020 meer dan 70.000 werknemers zoals elektrotechnici met pensioen gaan (ROA, 2011). Een andere oorzaak is dat weinig jongeren in vergelijking met de vraag naar technici, kiezen voor een technische opleiding en baan. Oftewel, de vraag naar technici is hoger dan het aanbod (Techniepact, 2013). Een tekort aan technici kan een bedreiging vormen voor de groei van de Nederlandse economie (Techniepact, 2013). Om dit tekort terug te dringen hebben werkgevers, onderwijs, werknemersorganisaties en het kabinet in 2013 het Techniepact ondertekent, zodat de aansluiting van het onderwijs op de arbeidsmarkt in de technieksector verbeterd wordt (Rijksoverheid, 2013; Techniepact 2013). Naast het Techniepact is het ‘Deltaplan’ door de overheid opgesteld met als doel meer kinderen en studenten te interesseren voor techniek dan op dit moment het geval is (Van Keulen, 2009). Een onderdeel van het ‘Deltaplan’ is TalentenKracht (Van Keulen, 2009). TalentenKracht is een onderzoeksprogramma van zeven universiteiten uit Nederland en België naar de ontwikkeling van wetenschappelijk en technisch talent bij kinderen in de leeftijd van 3 tot 14 jaar (TalentenKracht, 2013).

Kinderen lijken in het basisonderwijs onvoldoende in aanraking te komen met techniek, terwijl zij de ideale leeftijd hebben om hier interesse voor te krijgen. Op deze leeftijd worden namelijk toekomstige keuzes met betrekking tot leren en werken in de wetenschap en techniek voorbereid, gemaakt of uitgesloten (Barnett & Belfield, 2006; Eshach & Fried, 2005; Van Keulen, 2009; Van Oers, 2010). Daarnaast kan het stimuleren van de vaardigheden en kennis van kinderen over techniek op jonge leeftijd, in latere jaren leiden tot hogere prestaties op dit gebied (Barnett & Belfield, 2006). Om met het onderwijs aan te kunnen sluiten bij hoe kinderen begrip verwerven in het kennisdomein wetenschap en techniek, is onderzoek naar hoe kinderen leren op dit gebied en hoe hun cognitieve ontwikkeling hierbij verloopt van belang.

Een manier om de cognitieve ontwikkeling te beschrijven is aan de hand van de *Dynamic Skill theorie* (Fischer, 1980). Deze theorie beschrijft de cognitieve ontwikkeling van baby's tot volwassenen waarbij de interactie tussen mensen en hun omgeving centraal staat. Deze theorie geeft aan hoe mensen inzicht verwerven in taken. Volgens deze theorie ontstaat inzicht vanuit de dynamiek binnen deze interactie. Dit omhelst, dat inzicht kan variëren,

afhankelijk van de omgeving waarin kinderen zich bevinden. Een voorbeeld hiervan is dat kinderen die in de klas een wiskundig probleem kunnen oplossen, dit mogelijk in de thuissituatie onvoldoende kunnen (Fischer & Bidell, 2006). Op deze manier is de *Dynamic Skill theorie* anders dan andere ontwikkelingstheorieën die inzicht zien als iets wat statisch is, omdat deze theorie er vanuit gaat dat de omgeving een rol speelt in de cognitieve ontwikkeling (Meindertsma, Van Dijk, Steenbeek, & Van Geert, 2012). Volgens de *Dynamic Skill theorie* is inzicht hiërarchisch georganiseerd, waarbij nieuw inzicht wordt opgebouwd vanuit bestaand inzicht. De inzichtschaal die Fischer (1980) heeft ontworpen aan de hand van de *Dynamic Skill theorie* geeft de hiërarchische ordening in het verwerven van inzicht weer. De *Dynamic Skill theorie* kan een diepgaand en veelzijdig beeld geven van de verschillende aspecten van de cognitieve ontwikkeling van mensen, zoals het oplossen van problemen (Fischer, 1980). In het huidige onderzoek staat het oplossen van een taak over mechanische aandrijving met tandwielen centraal. Deze tandwieltaak is een taak waarbij kinderen een reeks aaneengeschakelde tandwielen te zien krijgen. In de tandwieltaak gaat het er om, dat kinderen causale verbanden tussen de tandwielen leggen. Hierbij moeten kinderen de draairichting van het laatste tandwiel bepalen aan de hand van de draairichting van het eerste tandwiel.

In onderzoek van De Bordes (2013) is het begrip dat kinderen bij het oplossen van de tandwieltaak verbaal uiten, gekoppeld aan de inzichtsniveaus van Fisher (1980). De inzichtschaal van Fischer (1980) onderscheidt in de ontwikkeling van inzicht tien inzichtsniveaus in toenemende complexiteit. Dit betekent dat een specifieke vaardigheid op een bepaald level, voortgebouwd is op de vaardigheden van het vorige level (Fisher, 1980). De inzichtsniveaus zijn verdeeld over drie levels: het *sensomotorische*-, het *representatieve*- en het *abstracte level*. Binnen elk level worden inzichtsniveaus onderscheiden, waarbij het laatste inzichtsniveau van een level tevens het eerste inzichtsniveau van het volgende level is. Het *sensomotorische level* bestaat uit drie inzichtsniveaus: *sensomotorische acties*, *sensomotorische mapping* en *sensomotorisch systeem* (Fischer, 1980). *Sensomotorische acties* zijn omschrijvingen van de taak zonder relaties te leggen. Hierbij kunnen kinderen zeggen: ‘Dit tandwiel gaat die kant op’. Bij *sensomotorische mapping* worden simpele relaties tussen twee objecten/taakeigenschappen zonder causatie omschreven. Een voorbeeld hiervan is: ‘Deze tandwielen gaan dezelfde kant op’. Wanneer omschrijvingen gegeven worden van observeerbare enkele causale relaties is er sprake van het *sensomotorisch systeem*. Een voorbeeld hiervan is: ‘Dit tandwiel drijft dat tandwiel aan’. Het tweede level, het *representatieve level* bestaat uit *enkele representatie*, de *representatieve mapping* en het

*representatieve systeem*. Bij *enkele representatie* wordt een omschrijving gegeven van de koppeling van minimaal twee observeerbare causale relaties of een omschrijving van niet observeerbare relaties. Kinderen zouden dan kunnen zeggen: ‘Als deze die kant op gaat, gaat die deze kant op en dan die deze kant op’. Bij *representatieve mapping* wordt een koppeling gemaakt tussen minimaal twee niet observeerbare relaties. Bij dit inzichtsniveau zouden kinderen kunnen zeggen: ‘Als dit tandwiel die kant op gaat, gaat het volgende tandwiel die kant en de volgende die kant op’. Bij het *representatieve systeem* geven kinderen een omschrijving waaruit blijkt dat zij het hele mechanisme begrijpen. ‘Deze tandwielen (kind wijst naar even/oneven tandwiel) gaan dezelfde kant op’, zouden kinderen dan kunnen zeggen. Het *abstracte level* houdt in dat kinderen het begrip van de wetmatigheid van tandwielen begrijpen (Fischer, 1980). Hierbij begrijpen kinderen dat wanneer het aantal tandwielen een even getal is, het eerste en laatste tandwiel in tegengestelde richting draaien. Tevens begrijpen ze dat wanneer het aantal tandwielen oneven is, ze dezelfde richting op draaien (Schwartz & Black, 1996). Een voorbeeld hiervan is ‘het eerste en het laatste tandwiel gaan dezelfde kant op als het een oneven aantal tandwielen is’ (Fischer, 1980).

In bovenstaande wordt de cognitieve ontwikkeling vanuit de *Dynamic Skill theorie* beschreven waarbij het verbale inzicht, oftewel het verbaal geuite begrip centraal staat. Naast onderzoek dat gedaan is naar het begrip dat verbaal geuit wordt en de cognitieve ontwikkeling weergeeft, geeft het bestuderen van non-verbaal gedrag informatie over hoe kinderen begrip verwerven in technische principes (Meindertsma et al, 2012). Het begrip dat kinderen hebben op een taak uiten zij verbaal en tevens tonen zij non-verbaal door middel van gebaren met de handen. Het non-verbale gedrag, dat kinderen uiten geeft informatie over de cognitieve toestand van kinderen en kan het leerproces ondersteunen (Pine, Lufkin, & Messer, 2004).

Het begrip dat mensen op een taak hebben, ontstaat doordat zij met hun lichaam in interactie staan met de wereld. Hierbij kunnen de geest en het brein van mensen niet los van het lichaam gezien worden (Fischer & Bidell, 2006). Een theorie waarbij het lichaam een belangrijke rol speelt bij het leren en verwerven van begrip is de *Embodiment theorie* (Anderson, 2003). De *Embodiment theorie* gaat er vanuit, dat er sprake is van een voortdurende interactie tussen lichaam en geest van een mens en zijn omgeving. Mensen ontvangen niet alleen informatie vanuit hun ruimtelijke omgeving, maar brengen zelf als reactie op zintuigelijke prikkels veranderingen aan in hun omgeving. In deze interactie tussen lichaam, geest en omgeving ontstaat begrip. Oftewel, het verwerven van begrip is belichaamd (Anderson, 2003; Smith & Gasser, 2005; Wilson, 2002).

Vanuit de *Embodiment theorie* is onderzoek gedaan naar het verwerven van begrip bij het oplossen van taken door te kijken naar de rol van het lichaam (Alibali, Spencer, Knox, & Kita, 2011; Chu & Kita, 2008, 2011). Chu en Kita (2011) hebben tijdens hun onderzoek gekeken naar het aantal gebaren dat participanten maken tijdens het oplossen van een ruimtelijk visueel probleem (een mentale rotatietoets). Uit dit onderzoek komt naar voren, dat het uiten van non-verbaal gedrag in de vorm van gebaren met de handen een functionele rol speelt bij het oplossen van visueel ruimtelijke taken. Gebaren zijn volgens Goldin-Meadow en Singer (2003) concrete uitingen van ideeën die voor anderen te zien zijn. Het gebruik van gebaren lijkt de belasting van het werkgeheugen tijdens het spreken te verminderen (Goldin-Meadow, Nusbaum, Kelly, & Wagner, 2001; Wagner, Nusbaum, & Goldin-Meadow, 2004). Om deze reden lijkt het zo te zijn dat moeilijkere taken meer non-verbaal gedrag uitlokken dan makkelijke taken (Chu & Kita, 2011). Wanneer participanten herhaaldelijk eenzelfde soort probleem moeten oplossen, is de uiting van non-verbaal gedrag ondersteunend voor hun denkprocessen. Hierdoor wordt de manier waarop de taak opgelost moet worden eigen gemaakt (Chu & Kita, 2011). Dat het denkproces door het gebruik van gebaren ondersteund wordt, is wellicht te verklaren met het concept *Cognitieve Offloading* (Goldin-Meadow et al., 2001; Wilson, 2002). Er zit namelijk een grens aan wat mensen aan informatie kunnen verwerken. Door het gebruik van *Cognitieve offloading* wordt vermeden dat informatie actief blijft in het korte termijn geheugen. Informatie wordt namelijk in de omgeving buiten de persoon opgeslagen waardoor de belasting van de cognitieve processen verminderd wordt. Hierdoor wordt het korte termijn geheugen minder belast. De omgeving wordt op deze manier gebruikt als een lange termijn archief. Een voorbeeld hiervan is het opschrijven van informatie zoals bij het gebruiken van een agenda (Dror & Harnad, 2008; Wilson, 2002) en waarschijnlijk ook het gebruiken van gebaren. Gebleken is dat het gebruik van non-verbaal gedrag in de vorm van gebaren een cognitieve functie heeft voor de spreker bij het oplossen van een taak. Het helpt bij het denkproces en het uiten van spraak (Goldin-Meadow et al., 2001).

In onderzoeken naar de rol van non-verbaal gedrag bij het oplossen van taken, wordt het gebruik van gebaren gemanipuleerd door deze toe te staan of te verbieden (Alibali & Kita, 2010; Alibali et al., 2011; Chu & Kita, 2011). Chu en Kita (2011) stellen dat wanneer participanten moeite hebben met een taak, zij meer gebaren gebruiken dan wanneer zij de manier van oplossen eigen hebben gemaakt. Dit zou verklaard kunnen worden doordat het begrip tijdens het eigen maken van de taak vergroot wordt en het gebruik van gebaren minder



wordt ingezet om het denkproces te ondersteunen. Tevens zou dit kunnen betekenen dat bij een lagere mate van begrip meer gebaren worden gebruikt dan bij een hogere mate van begrip (Chu & Kita, 2011). Wanneer participanten spontaan gebaren gebruiken bij het oplossen van een ruimtelijke visualisatie taak dan hebben zij hier voordeel van en verbetert hun prestatie op de taak (Chu & Kita, 2011). Het gebruik van gebaren lijkt dus van positieve invloed te zijn op het zich eigen maken van het oplossen van een probleem en daarmee op de prestatie van personen (Chu & Kita, 2011).

Alibali en Kita (2010) hebben tevens een deel van de participanten verboden om gebaren te maken. Uit het onderzoek concluderen zij dat het uiten van gebaren het gebruik van perceptueel motorische informatie activeert en dat deze informatie meer gebruikt wordt in de uitleg van kinderen. Perceptueel motorische informatie is informatie die te maken heeft met bewegende handelingen. Gebaren zijn betrokken bij het plannen van spraak en wellicht bij het uiten van concepten bij taken in het algemeen (Alibali & Kita, 2010). Alibali en Kita (2010) stellen dat het verbieden van het maken van gebaren effectief is geweest voor het reduceren van de hoeveelheid gebaren. Echter moet opgemerkt worden dat ondanks dat het de participanten verboden is geweest om gebaren te maken, het maken van gebaren nog gedeeltelijk mogelijk is geweest. Sommige kinderen hebben alsnog hun handen, hoofd of ellebogen gebruikt om uitleg te geven over de taak. Gesteld kan worden dat de onderzoeksgegevens hierdoor mogelijk onvoldoende valide zijn.

In het onderzoek van Chu en Kita (2011) is ook het gebruik van gebaren gemanipuleerd. Als onderdeel van dit onderzoek zijn twee visueel ruimtelijke taken door participanten opgelost. Daarbij hebben de onderzoekers twee condities gebruikt, het wel of niet gebruik mogen maken van gebaren. Gebleken is dat wanneer participanten bij de eerste taak gebaren mogen maken zij tot hogere prestaties komen op de tweede taak waarbij geen gebaren gebruikt mogen worden. Resultaten uit dit onderzoek wijzen erop dat het gebruik van gebaren de prestatie op visueel ruimtelijke taken verhoogt. Kortom, gebaren spelen een functionele rol bij het uiten van probleemoplossingen en ondersteunen het leerproces tijdens visueel ruimtelijke taken (Chu & Kita, 2011). Uit onderzoek van Goldin-Meadow en Singer (2003) blijkt tevens dat het gebruik van gebaren een functionele rol heeft bij het overbrengen van informatie. Zij stellen dat als er een discrepantie aanwezig is tussen het uiten van gebaren en het uitspreken van informatie, dit betekent dat kinderen wel een bepaald begrip hebben, maar dat ze dit nog niet onder woorden kunnen brengen.

Alibali en anderen (2011) concluderen in hun onderzoek dat het gebruik van gebaren van invloed is op de strategie die participanten gebruiken bij het oplossen van een tandwieltaak. Wanneer participanten in hun onderzoek gebaren mogen gebruiken, komen zij vaker tot perceptueel motorische strategieën dan tot abstracte strategieën. Wanneer het verboden is om gebaren te maken dan gebruiken de participanten vaker een abstracte strategie dan een perceptueel motorische strategie. Het gebruik maken van deze abstracte strategie wordt in dit onderzoek als meer efficiënt gezien en daarom bestempeld als een betere prestatie. Het gebruiken van gebaren wordt daarom in dit onderzoek als belemmerend gezien voor het komen tot een abstracte strategie. Echter is volgens Chu & Kita (2011) het gebruik maken van gebaren nuttig als perceptueel motorische informatie belangrijk is voor het oplossen van een taak.

Mogelijk is bij het oplossen van de tandwieltaak, het gebruik van gebaren tevens van belang. De strategieën die participanten gebruiken bij het oplossen van deze taak zijn de afgelopen jaren onderzocht (Alibali et al., 2011; Dixon & Bangert, 2002; 2004). De meerderheid van de kinderen en volwassenen lost een tandwieltaak op dezelfde manier op en ontdekken daarbij de strategieën in een vaste volgorde. Hieronder worden de volgende vier oplossingsstrategieën toegelicht: *force tracing*, *classificatie*, *skipping strategie* en *pariteitsregel*. Uit onderzoek blijkt dat participanten in eerste instantie *force-tracing* toepassen bij het oplossen van de tandwieltaak. *Force-tracing* houdt in, dat mensen tot een oplossing van de tandwieltaak komen door de beweging van het eerste roterende tandwiel te volgen en vervolgens de rotatie van de volgende tandwielen volgen. Participanten ‘slalommen’ als het ware om de tandwielen heen. De tweede strategie die wordt toegepast is *classificatie*. Dit is een efficiëntere strategie dan *force-tracing*. Hierbij wordt elk tandwiel gecategoriseerd als met de klok mee of tegen de klok in draaiend zonder naar de beweging van de tandwielen zelf te kijken. Als derde wordt de *skipping* strategie toegepast. Bij de *skipping* strategie worden per tandwiel oorzaak-gevolg relaties gelegd. Hierbij slaat het kind tijdens het oplossen van de taak om en om een tandwiel over, waarbij het tandwiel als dezelfde kant op draaiend geclassificeerd wordt. Hierbij categoriseert het kind bijvoorbeeld het eerste tandwiel als linksdraaiend, slaat vervolgens een tandwiel over en categoriseert het volgende tandwiel als linksdraaiend et cetera. Deze strategie is efficiënter dan de strategieën *force-tracing* en *classificatie*. Als laatste wordt de *pariteitsregel* toegepast. Hierbij wordt een wiskundige representatie van de tandwieltaak ontdekt waarbij de pariteit van het aantal tandwielen (oneven of even) aangeeft welke kant het laatste tandwiel op draait. Bij een oneven aantal

tandwielen gaan het eerste en het laatste tandwiel dezelfde kant op. Wanneer de tandwielen een even aantal zijn dan gaan het eerste en het laatste tandwiel de tegengestelde kant op (Dixon & Bangert, 2002; Dixon & Dohn, 2003). *Force tracing* en *classificatie* zijn bij kinderen in de basisschoolleeftijd de meest gebruikte strategieën (Boncoddò, Dixon & Kelley, 2010; Dixon & Bangert, 2002). Bij het ontwikkelen van een hogere strategie kunnen fouten worden gemaakt. Wanneer dit het geval is vallen mensen terug op de strategie die ze daarvoor hebben gebruikt. Vervolgens proberen mensen de theorie die ze over het probleem hebben te herzien zodat ze een passende representatie van het probleem kunnen maken. Door hierbij te herhalen en te reflecteren kan een participant tot een nieuwe strategie komen (Dixon & Bangert, 2002). Participanten kunnen de oude strategie afwisselend gebruiken met de nieuwe strategie op het moment dat de taak voor hen moeilijker wordt, bijvoorbeeld als een tandwielbaan langer is (Boncoddò et al., 2010).

Het huidige onderzoek richt zich op het begrip dat basisschoolkinderen verwerven op het gebied van wetenschap en techniek. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de eerder genoemde tandwieltaak. Onderzocht wordt wat de relatie is tussen non-verbaal gedrag, het begrip dat kinderen verbaal uiten en de prestatie die zij hebben op de tandwieltaak. Hierbij wordt het non-verbale gedrag en het begrip dat verbaal geuit wordt, gemeten aan de hand van de strategieën van Dixon en Bangert (2002), deze strategieën zijn in eerder onderzoek van De Bordes (2013) gekoppeld aan de inzichtschaal van Fischer (1980). In het onderzoek van De Bordes (2013) zijn de strategieën en de inzichtschaal beiden in een codeboek verwerkt om verbaal geuit begrip dat tijdens de tandwieltaak geuit is te coderen. In het huidige onderzoek wordt dit codeboek als basis gebruikt voor het opstellen van een codeboek voor non-verbaal gedrag, waarbij ook de strategieën en inzichtniveaus verwerkt worden. In het huidige onderzoek zal gekeken worden wat de invloed is van het non-verbaal gedrag tijdens het verwerven van begrip op de tandwieltaak. Dit wordt gedaan door middel van het toewijzen van strategieën aan het non-verbale en verbale gedrag.

Diverse onderzoekers hebben een codeboek voor non-verbaal gedrag opgesteld (Alibali et al., 2011; Schwartz & Black, 1996). Deze codeboeken zijn echter niet specifiek opgesteld voor het coderen van non-verbaal gedrag op een tandwieltaak. In het huidige onderzoek zal daarom een codeboek voor non-verbaal gedrag worden ontwikkeld aan de hand van de strategieën van Dixon en Bangert (2002) waaraan de inzichtschaal van Fischer (1980) wordt gekoppeld. Echter wordt in het huidige onderzoek alleen verder ingegaan op de strategieën van Dixon en Bangert (2002) omdat de strategieën lijken namelijk een meer valide

maat dan inzichtsniveaus om non-verbaal gedrag te meten. Verwacht wordt dat het coderen aan de hand van het codeboek betrouwbaar is. De eerste hypothese luidt als volgt: *‘Het coderen aan de hand het codeboek dat in de huidige studie is opgesteld, is betrouwbaar voor het coderen van non-verbaal gedrag op de tandwieltaak’*.

Uit onderzoek van Goldin-Meadow en Singer (2003) blijkt dat voor kinderen het gebruik van gebaren een middel is om informatie over te brengen. Zij stellen dat als er een discrepantie aanwezig is tussen het uiten van gebaren en het uitspreken van informatie dit betekent dat kinderen wel een bepaald begrip hebben, maar dit nog onvoldoende onder woorden kunnen brengen. Het lijkt dus alsof non-verbaal gedrag vooraf gaat aan verbaal geuit begrip. De tweede hypothese is: *‘Het non-verbaal geuite gedrag is van hoger niveau dan het begrip geuit in verbaal gedrag’*.

Volgens Chu en Kita (2011) ligt het gebruik van gebaren in lijn met de *Embodiment theorie* waarin gesteld wordt, dat het lichaam gebruikt wordt om denkprocessen te ondersteunen. Volgens hen is er een verband tussen de hoeveelheid non-verbaal gedrag dat participanten uiten en het verwerven van begrip bij het oplossen van een visueel ruimtelijk probleem. Zij stellen dat wanneer participanten moeite hebben met een taak zij meer gebaren gebruiken dan wanneer zij de oplossing van een taak eigen hebben gemaakt. Het maken van gebaren zorgt ervoor dat de oplossing geïnternaliseerd kan worden en verbeterd daarmee de prestatie. Is de taak geïnternaliseerd dan neemt het aantal gebaren af en gebruikt de participant een abstracte strategie. Kinderen die een hoger begrip hebben op de tandwieltaak gebruiken meer abstracte strategieën en dit leidt tot afname van de hoeveelheid non-verbaal gedrag. Dit houdt in dat er aanvankelijk een positief verband is tussen de hoeveelheid non-verbaal gedrag en de prestatie. Wanneer echter een bepaald stabiel niveau van begrip bereikt is, ontstaat er een negatief verband tussen de hoeveelheid non-verbaal gedrag en de prestatie (Chu & Kita, 2011). Dit leidt tot de derde hypothese: *‘Er is een verband tussen de hoeveelheid non-verbaal gedrag en de prestatie’*.

Alibali en anderen (2011) hebben gevonden dat wanneer kinderen geen non-verbaal gedrag mogen uitvoeren op de tandwieltaak, deze kinderen op meer abstractere strategieën uitkomen dan wanneer zij wel non-verbaal gedrag mochten uitvoeren. Hierbij benoemden zij dat kinderen die geen gebaren mochten gebruiken tijdens het oplossen van een taak een betere prestatie hadden dan de kinderen die tijdens het onderzoek wel gebaren mochten maken.

Hierdoor wordt verwacht dat er een relatie is tussen non-verbaal gedrag en de prestatie. De vierde hypothese luidt daarom als volgt: *‘De prestatie hangt samen met non-verbaal geuite gedrag’*.

## **Methode**

### **Participanten**

Het onderzoek werd in 2013 verricht op een basisschool te Veenendaal in Nederland. Aan ouders van 49 kinderen uit groep 7 was om toestemming gevraagd. De ouders van 44 kinderen hadden toestemming gegeven om hun kind deel te laten nemen aan het experiment. Drie kinderen waren uitgevallen door ziekte. Uiteindelijk bestond de steekproef uit 41 basisschoolkinderen met een gemiddelde leeftijd van 10,8 jaar ( $M = 129$  maanden,  $SD = 4.86$  maanden). De steekproef bestond uit 14 jongens ( $M = 129$  maanden,  $SD = 5.14$  maanden) en 27 meisjes ( $M = 129$  maanden,  $SD = 4.81$  maanden).

### **Procedure**

De kinderen die deelnamen aan het onderzoek voerden twee taken individueel uit onder begeleiding van een testleider. Hierbij werd de kinderen verteld, dat er twee spelletjes gespeeld zouden worden en dat zij moesten beoordelen welk spelletje het leukste was. De eerste taak was een verkennende taak met fysiek oefenmateriaal om het principe van tandwielen te introduceren. Deze taak met speelgoed bestond uit een tandwielmat, tandwielen en pinnen (zie Bijlage A, Figuur 1, voor een aantal voorbeelden van een speelgoedtaak). De bedoeling hierbij was, dat de kinderen twee tandwielen aan elkaar maakten door er andere tandwielen tussen te zetten. De data voortkomend uit deze verkennende taak werd in dit onderzoek niet meegenomen.

De tweede taak was een computertaak. Hierbij werd het kind gevraagd of het wel eens computerspelletjes speelde. Vervolgens ging het kind voor het beeldscherm op een stoel zitten, waarbij de taak aan de hand van een demonstratie door de onderzoeker werd uitgelegd. Bij deze computertaak kregen kinderen 30 keer een scherm te zien met daarop in willekeurige volgorde een aantal (3 tot 8) aan elkaar geschakelde tandwielen (zie Bijlage B, Figuur 2, 3 en 4 voor een aantal voorbeelden van de computertaak). De richting van het eerste tandwiel was op het tandwiel aangegeven door middel van een gele pijl naar rechts. De kinderen konden op het toetsenbord door het indrukken van een toets met een pijl naar links (de ‘D’-toets) of door het indrukken van een toets met een pijl naar rechts (de ‘L’-toets) aangeven welke richting het laatst geschakelde tandwiel op ging. Na elk antwoord dat de kinderen gaven werd door middel van een plaatje van een muis (met een blij of neutraal gezicht) en een stemmetje (‘heel goed’

of ‘niet goed’) aangegeven of het antwoord goed of fout was. Om de drie opdrachten werd aan het kind gevraagd hoe het de voorgaande opdrachten had opgelost. Hierdoor ontstonden 10 antwoordmomenten. Tijdens het antwoordmoment kregen zij op het computerscherm drie zwarte tandwielen te zien. De computertaak duurde gemiddeld 15 minuten en werd vanuit twee aangezichten op video opgenomen, zodat het non-verbale gedrag en het verbaal geuite begrip waarneembaar was. Op deze manier konden non-verbale en verbale uitingen van de leerlingen achteraf gecodeerd worden en de hoeveelheid non-verbaal gedrag worden bepaald.

### **Meetinstrument**

In het huidige onderzoek werd gekeken naar het non-verbale gedrag, het begrip dat kinderen verbaal uiten en de prestatie op de tandwieltaak. Het non-verbale gedrag dat geuit werd en het begrip dat kinderen verbaal hadden werd gemeten aan de hand van oplossingsstrategieën (Dixon & Bangert, 2004).

**Non-verbaal gedrag.** Onder non-verbaal gedrag vielen de gebaren die kinderen met hun handen uitten. Door middel van de video-opnames was het mogelijk het non-verbale gedrag te coderen. Non-verbaal gedrag werd in de huidige studie op twee manieren onderzocht, door te kijken naar non-verbaal gedrag gemeten in oplossingsstrategieën en naar de hoeveelheid non-verbaal gedrag.

**Strategieën.** Strategieën omvatten de oplossingsstrategieën (verder genoemd strategieën) van Dixon en Bangert (2002). In de inleiding van het huidige onderzoek werd verder ingegaan op deze strategieën. Voor het coderen van de strategieën werd in het huidige onderzoek een codeboek opgesteld voor non-verbaal gedrag (zie Bijlage C voor een weergave van het codeboek). Dit codeboek was een samenvoeging van de theorie van Dixon en Bangert (2002) en de inzichtschaal van Fischer (1980). Het opgestelde codeboek voor non-verbaal gedrag was gebaseerd op het codeboek van De Bordes (2013) om het begrip geuit in verbaal gedrag te coderen (zie Bijlage D voor een weergave van het codeboek). Kinderen konden tijdens de 10 antwoordmomenten de strategieën uitten: *gebaren aanwezig maar niet te classificeren in termen van een strategie* (strategie 0), *force tracing* (strategie 1), *classificatie* (strategie 2), *skipping* (strategie 3) of *pariteit* (strategie 4).

**Hoeveelheid non-verbaal gedrag.** Dit is de hoeveelheid non-verbaal gedrag dat de kinderen uitten. Dit werd gemeten door het aantal seconden non-verbaal gedrag te noteren.

**Het verbaal geuite begrip.** Het begrip dat kinderen verbaal uitten was de gesproken taal die kinderen gebruikten. Dit werd in een eerdere studie onderzocht door te kijken naar de strategieën die kinderen verbaal uitten.

**Strategieën.** De strategieën omvatten hier tevens de strategieën van Dixon en Bangert (2002). Het verbaal geuite begrip werd per kind, per antwoordmoment, gecodeerd aan de hand van het codeboek dat door De Bordes (2013) is opgesteld, (zie Bijlage D voor een weergave van het codeboek). Kinderen konden tijdens de 10 antwoordmomenten de volgende begripsniveaus uiten: *gokstrategie of een andere strategie* (strategie 0), *force tracing* (strategie 1), *classificatie* (strategie 2), *skipping* (strategie 3) of *pariteit* (strategie 4). Eén derde van de data werd in eerder onderzoek opnieuw gecodeerd om de betrouwbaarheid te controleren. Met behulp van Cohen's Kappa is de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid berekend om de consistentie tussen de onderzoekers te beoordelen. De interbeoordelaarsbetrouwbaarheid voor de onderzoekers is  $Kappa = 0.84$  ( $p < .001$ ), 95% CI [0.761, 0.918]. Dit betekent dat er een bijna perfecte overeenstemming bestaat tussen de onderzoekers (Landis & Koch, 1977).

**Prestatie.** De prestatie omvatte het aantal goede antwoorden, dat een kind op de computertaak kon behalen. De computertaak bestond uit 30 opgaven en elke opgave kon het kind goed of fout beantwoorden. Hierdoor kon een minimale score van nul en een maximale score van 30 worden behaald. Met het programma E-prime 2.0 zijn de antwoorden, goed of fout, van ieder kind voor ieder antwoordmoment vastgelegd.

### Scoring en datareductie

Tijdens de computertaak werd ieder kind vanuit twee posities gefilmd, te weten vooraanzicht en zij aanzicht. Per kind werd in eerste instantie per antwoordmoment bekeken of de video van het zij aanzicht geschikt was. Een selectie criterium hierbij was dat de handen van het kind volledig in beeld moesten zijn tijdens het antwoordmoment. Wanneer dit niet of onvoldoende het geval was, werd gekeken of de video-opname vanuit het vooraanzicht voor het desbetreffende antwoordmoment bruikbaar was. Wanneer de video onvoldoende aan het selectie criterium voldeed, werd het specifieke antwoordmoment niet meegenomen in de analyse en werd dit antwoordmoment als 'missing' meegenomen.

Zoals bij meetinstrumenten werd beschreven, werd het non-verbale gedrag op twee manieren beoordeeld. De eerste manier, het coderen van de strategieën werd als volgt gedaan: van ieder kind werd tijdens de 10 antwoordmomenten de strategie genoteerd volgens het opgestelde codeboek voor non-verbaal gedrag. Voor de strategieën werd de modus berekend. Op deze manier ontstond de variabele *modus van de strategieën voor non-verbaal gedrag*, deze variabele omvatte de strategieën die over het algemeen het meest gebruikt werden. Wanneer een kind tijdens een antwoordmoment geen gebaren uitte en/of de gebaren waren

niet of onvoldoende in beeld, werd dit antwoordmoment als ‘missing’ gecodeerd en niet meegenomen in de berekening.

De tweede manier was door de hoeveelheid non-verbaal gedrag die het kind uitte, te berekenen. Er werd gekeken welk percentage van de totale antwoordtijd het kind non-verbaal gedrag uitte, hierbij werd gecorrigeerd voor de doorvraagtijd van de testleider. Om het percentage van de hoeveelheid non-verbaal gedrag te berekenen, werd het aantal opgetelde seconden non-verbaal gedrag van de antwoordmomenten door de totale antwoordtijd gedeeld en vermenigvuldigd met 100. Hierdoor ontstond de variabele *hoeveelheid non-verbaal gedrag*. Ontbrak bij een antwoordmoment de score voor deze variabele, dan werd dit antwoordmoment als ‘missing’ gecodeerd en niet meegenomen in de berekening.

De verbaal geuite strategieën werden in eerder onderzoek per antwoordmoment gecodeerd aan de hand van het codeboek van het verbaal geuite begrip (De Bordes, 2013). Voor de strategieën werd de modus berekend. Op deze manier ontstond de variabele *modus van de strategieën voor verbaal geuit begrip*, deze variabele omvat de strategieën die over het algemeen het meest gebruikt werden. Ontbrak bij een antwoordmoment de score voor deze variabele, dan werd dit antwoordmoment als ‘missing’ gecodeerd en niet meegenomen in de berekening.

De prestatie op de tandwieltaak werd de variabele *prestatie* genoemd. Ontbrak bij een antwoordmoment de score voor deze variabele, dan werd dit antwoordmoment als ‘missing’ gecodeerd en niet meegenomen in de berekening.

Bij de variabelen *modus van de strategieën voor non-verbaal gedrag* en *hoeveelheid non-verbaal gedrag* ontbraken de scores van 4 kinderen. Voor de variabele *modus van de strategieën voor verbaal geuit begrip* ontbraken de scores van 3 kinderen. Voor de variabele *prestatie* ontbrak de score van één kind. Hierdoor kon het aantal kinderen dat per hypothese meegenomen werd, verschillen. Per hypothese werd daarom aangegeven hoeveel kinderen in de analyse werden meegenomen.

### **Data-analyse**

De statistische analyses van de onderzoeksgegevens werden uitgevoerd met SPSS 20.0 voor Windows (IBM SPSS Statistics, 2011). Voor de eerste hypothese ‘*Het coderen aan de hand het codeboek dat in de huidige studie is opgesteld, is betrouwbaar voor het coderen van non-verbaal gedrag op de tandwieltaak*’, werd de overeenstemming tussen de coderingen van de onderzoekers beoordeeld. Eén derde van de video’s werd hiervoor door beide onderzoekers



opnieuw gecodeerd. Cohen's kappa werd gebruikt om de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid te berekenen.

Voor de tweede hypothese '*Het non-verbaal geuite gedrag is van hoger niveau dan het begrip geuit in verbaal gedrag*', werd aan de hand van de Shapiro-Wilk test en een visuele inspectie gekeken of de data normaal verdeeld was. Bij de visuele inspectie werd gekeken naar de histogrammen, boxplots en de beschrijvende statistieken. Voor deze analyse werden 35 kinderen meegenomen ( $N = 35$ ). Uit de Shapiro-Wilk test bleek dat wanneer gekeken werd naar de variabele *modus van de strategieën voor non-verbaal gedrag* deze niet normaal verdeeld was,  $W(35) = .58, p = <.001$ . Daarnaast bleek dat de variabele *modus van de strategieën voor verbaal geuit begrip* tevens niet normaal verdeeld was,  $W(35) = .81, p = <.001$ . Er werd voor de variabele *modus van de strategieën voor verbaal geuit begrip* één uitschieter gevonden. De score van participant 21 was meer dan twee standaard deviaties hoger dan het gemiddelde. Het verwijderen van deze participant uit steekproef leverde geen normaalverdeling op. Daarom is er gekozen voor behoud van deze participant in de steekproef. Tevens werden beide variabelen getransformeerd om mogelijk normaal verdeelde data te creëren. Echter leverden de transformaties geen normaal verdeelde data op, waardoor niet voldaan werd aan de assumpties van een parametrische test. Om deze reden werd de non-parametrische Wilcoxon Signed-ranktoets uitgevoerd. Er werd voldaan aan de assumpties van deze toets. De kinderen konden elkaar niet beïnvloeden, de variabelen waren van ordinaal niveau en er was sprake van symmetrie in de verdeling.

Voor de derde hypothese '*Er is een verband tussen de hoeveelheid non-verbaal gedrag en de prestatie*' was aan de hand van de Shapiro-Wilk test en visuele inspectie gekeken of de data normaal verdeeld was. Bij de visuele inspectie is gekeken de histogrammen, boxplots en de beschrijvende statistieken. Voor deze analyse werden 37 kinderen meegenomen ( $N = 37$ ). Uit de Shapiro-Wilk test bleek dat de variabele *hoeveelheid non-verbaal gedrag* normaal verdeeld was,  $W(37) = .97, p = .444$ . De variabele *prestatie* was niet normaal verdeeld,  $W(37) = .90, p = .002$ . Op de variabele *prestatie* werd één uitschieter gevonden. Participant 2 had een score van meer dan twee standaarddeviaties onder het gemiddelde. Na verwijdering van deze participant uit de steekproef was de variabele *prestatie* tevens niet normaal verdeeld. Daarom werd ervoor gekozen deze participant te behouden in de steekproef en werd geprobeerd door transformatie een normaalverdeling te creëren. Het transformeren van de variabele *prestatie* leidde tot een normaalverdeling  $W(37) = .97, p = .342$ . Er werd gekeken of er sprake was van lineariteit en homoscedasticiteit tussen de

variabelen *hoeveelheid gebaren* en *prestatie*. Dit bleek niet het geval. Tevens kon met behulp van gestandaardiseerde residuen (\*ZRESID) en gestandaardiseerde voorspelde waarden (\*ZPRED) geconcludeerd worden dat er niet voldaan werd aan lineariteit. De hoeveelheid non-verbaal gedrag verklaarde een niet significant deel van de variantie (1.1 %) van prestatie op de tandwieltaak,  $R^2 = .011$ , aangepaste  $R^2 = -.017$ ,  $F(1, 35) = 0.40$ ,  $p = .532$ . Daarbij kon gesproken worden van een zwak verband (Field, 2009). Doordat er geen sprake is van een lineaire relatie tussen *hoeveelheid non-verbaal gedrag* en *prestatie* kon er geen analyse voor deze hypothese uitgevoerd worden.

Voor de vierde hypothese '*De prestatie hangt samen met non-verbaal geuite gedrag*', werd aan de hand van de Shapiro-Wilk test en visuele inspectie gekeken of de data normaal verdeeld was. Bij de visuele inspectie is gekeken naar de histogrammen, boxplots en de beschrijvende statistieken. Voor deze analyse werden 37 kinderen meegenomen ( $N = 37$ ). Uit de Shapiro-Wilk test bleek, de variabele *modus van de strategieën voor non-verbaal gedrag* niet normaal verdeeld was,  $W(37) = .59$ ,  $p < .001$ . Wanneer gekeken werd naar de variabele *prestatie* bleek uit de Shapiro-Wilk test, dat de variabele niet normaal verdeeld was,  $W(37) = .89$ ,  $p < .005$ . Zoals bij de tweede hypothese beschreven werd, leverde het transformeren van de variabele *modus van de strategieën voor non-verbaal gedrag* geen normaal verdeelde data op. Hierdoor werd er niet voldaan aan de assumpties van een parametrische test. Om de beide variabelen met elkaar te kunnen vergelijken werd ervoor gekozen de variabele *prestatie* te verdelen in drie gelijke groepen gebaseerd op percentielen, zodat deze variabele van ordinaal meetniveau werd; lage prestatie (0 – 22 goed), middel prestatie (23 – 27 goed), hoge prestatie (28 – 30 goed). Hierdoor ontstond de variabele *prestatie in categorieën* en kon de Kendall's Tau-B uitgevoerd worden. Er werd voldaan aan de assumpties van deze toets. De kinderen hadden elkaar niet kunnen beïnvloeden en beide variabelen waren van ordinaal niveau.

### Resultaten

Om de eerste hypothese '*Het coderen aan de hand het codeboek dat in de huidige studie is opgesteld, is betrouwbaar voor het coderen van non-verbaal gedrag op de tandwieltaak*' te beantwoorden, werd de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid berekend door middel van Cohen's Kappa. Uit de analyse kwam naar voren, dat er een hoge overeenkomst bestond tussen de beoordeling van de strategieën van non-verbaal gedrag door beide onderzoekers,  $Kappa = 0.88$  ( $p < .001$ ), 95% CI [0.814, 0.944]. Dit betekent, dat er een perfecte overeenstemming bestond tussen de onderzoekers (Landis & Koch, 1977).

Om de tweede hypothese ‘*Het non-verbale geuite gedrag is van hoger niveau dan het begrip geuit in verbaal gedrag*’ te onderzoeken, werd een Wilcoxon Signed-ranktoetst uitgevoerd. Voor deze analyse werden 35 kinderen meegenomen ( $N = 35$ ). Uit de analyse met de variabelen *modus strategie non-verbaal gedrag* ( $M = 1.66$ ,  $SD = 0.64$ ) en *modus van de strategieën voor verbaal geuit begrip*, ( $M = 1.17$ ,  $SD = 0.82$ ) bleek, dat er een significant verschil was ( $Z = -2,78$ ; twee-zijdig,  $p < .05$ ,  $N = 35$ ). Non-verbaal werd de strategie *classificatie* het meest gebruikt en verbaal de strategie *force tracing*. Bij 19 kinderen was de *modus van de strategieën voor non-verbaal gedrag* hoger dan de *modus van de strategieën voor verbaal geuit begrip* (Sum of Ranks = 192.00). Bij twee kinderen was de *modus van de strategieën voor non-verbaal gedrag* lager dan de *modus van de strategieën voor verbaal geuit begrip* (Sum of Ranks 39.00). Bij 14 kinderen waren de strategieën aan elkaar gelijk. De betekenis van dit effect kan beoordeeld worden als ‘gemiddeld’ tot ‘groot’,  $r = .44$  (Field, 2009).

Voor derde hypothese ‘*Er is een verband tussen de hoeveelheid non-verbaal gedrag en de prestatie*’, kan gesteld worden dat er geen sprake is van een lineair verband tussen de *hoeveelheid non-verbaal gedrag* en de *prestatie*.

Om de vierde hypothese ‘*De prestatie hangt samen met non-verbaal geuite gedrag*’ te onderzoeken, werden de variabelen *modus van de strategieën voor non-verbaal gedrag* en de variabele *prestatie in categorieën* gebruikt. De strategie die over het algemeen het meest gebruikt werd voor non-verbaal gedrag was *classificatie*. Deze strategie kwam 27 keer voor, daarnaast kwam *force tracing* 6 keer voor, *gebaren aanwezig maar niet te classificeren in termen van een strategie* kwam 4 keer voor en er waren 4 missing values. Voor deze hypothese werd de analyse Kendall’s Tau-B uitgevoerd. Vanwege de verwachting dat er een verband was, werd tweezijdig getoetst met een significantie van  $\alpha = .05$ . Voor deze analyse werden 37 kinderen meegenomen ( $N = 37$ ). Uit de resultaten van de Kendall’s Tau-B bleek, dat er tussen *modus van de strategieën voor non-verbaal gedrag* en *prestatie in categorieën* een significantie positieve correlatie was,  $\tau = .35$ ,  $p = .024$ ,  $N = 37$ . Hierbij werd gesproken van een ‘gemiddelde’ correlatie (Field, 2009).

### Conclusie en discussie

Het huidige onderzoek was erop gericht meer inzicht te krijgen in hoe kinderen begrip verwerven in wetenschap en techniek. Er werd onderzoek gedaan naar wat de relatie was tussen non-verbaal gedrag, het begrip dat kinderen verbaal uitten en hun prestatie tijdens het oplossen van een taak over mechanische aandrijving met tandwielen. Gesteld kon worden, dat

het coderen aan de hand van het codeboek dat in het huidige onderzoek werd opgesteld betrouwbaar was voor het coderen van non-verbaal gedrag, dat geuit werd op de tandwieltaak. In andere onderzoeken (Alibali et al., 2011; Schwartz & Black, 1996) werd tevens het non-verbale gedrag van participanten, die een taak moesten oplossen, gecodeerd. Echter was deze manier van coderen niet specifiek gericht op het beoordelen van non-verbaal begrip bij het oplossen van de taak, maar om te bekijken in hoeverre het non-verbale gedrag voorkwam bij het oplossen van een taak. In het huidige onderzoek werd daarentegen door het coderen van strategieën betekenis gegeven aan het non-verbale gedrag. Om deze reden kan gesteld worden dat het huidige codeboek vernieuwend is voor de manier van beoordelen van non-verbaal gedrag op de tandwieltaak. Dit biedt voor de toekomst mogelijkheden voor het coderen van het non-verbaal geuite gedrag tijdens de tandwieltaak.

Aan de hand van het codeboek voor non-verbaal gedrag, dat in het huidige onderzoek was opgesteld en het codeboek voor het verbaal geuite begrip (De Bordes, 2013) werd gekeken naar het begrip dat kinderen hebben van de tandwieltaak. Uit de resultaten kwam naar voren, dat het non-verbaal geuite gedrag van hoger niveau was dan het verbaal geuite begrip. Non-verbaal werd de strategie classificatie het meest gebruikt en verbaal de strategie force tracing. Dit is ondersteunend voor de uitkomsten van het onderzoek van Goldin-Meadow en Singer (2003). Zij stelden dat non-verbaal gedrag vooraf gaat aan verbaal gedrag en non-verbaal gedrag dus van een hoger niveau is dan verbaal gedrag (Goldin-Meadow & Singer, 2003).

In het huidige onderzoek werd geen relatie gevonden tussen de hoeveelheid non-verbaal gedrag dat kinderen uitten en de prestatie die zij hadden op de tandwieltaak. Hiermee werd de verwachting dat er een relatie zou zijn tussen de hoeveelheid gebaren en prestatie niet ondersteund. Dit is in tegenstelling tot wat Chu en Kita (2011) in hun onderzoek hadden gevonden. Zij stelden dat er een relatie is tussen de hoeveelheid gebaren en prestatie. Dit verband was voordat het begrip gestabiliseerd was, positief en werd daarna negatief het aantal gebaren nam dan af. Een verklaring voor deze tegenstelling kan zijn dat de manier van het berekenen van de hoeveelheid gebaren in huidig onderzoek verschillend was van de manier waarop Chu en Kita (2011) het non-verbale gedrag berekend hebben. In huidig onderzoek werd door het aantal seconden non-verbaal gedrag dat geuit werd, te noteren de hoeveelheid gebaren namelijk berekend. Chu en Kita (2011) telden echter per minuut het aantal handgebaren die de interactie met de taak representeerden in plaats van het aantal seconden non-verbaal gedrag te meten. Door dit verschil zijn de onderzoeksresultaten mogelijk

onvoldoende vergelijkbaar. Een andere verklaring zou kunnen zijn dat de taken die onderzocht zijn in beide onderzoeken van elkaar verschillen waardoor de onderzoekersresultaten mogelijk tevens onvoldoende vergelijkbaar zijn. In huidig onderzoek werd gekeken naar de tandwieltaak en in het onderzoek van Chu en Kita (2011) naar een mentale rotatietaak. Mogelijk ontlocken beide taken op een andere manier non-verbaal gedrag waardoor de hoeveelheid non-verbaal gedrag van elkaar verschilt. Een andere verklaring is dat de hoeveelheid non-verbaal gedrag dat kinderen in de huidige studie vertoonden mogelijk beïnvloed werd doordat de testleider die tijdens de 10 antwoordmomenten door had gevraagd naar het antwoord van het kind. Een voorbeeld hiervan was: 'Kan je dat eens aanwijzen met behulp van de tandwielen op het computerscherm?'. Dit ontlockte mogelijk meer non-verbaal gedrag dan wanneer deze vragen niet gesteld zouden worden. Geprobeerd is door middel van het corrigeren van de doorvraagtijd de invloed hiervan te beperken. In vervolgonderzoek zou hier rekening mee moeten worden gehouden door vragen te structureren of een vast aantal vragen op te stellen.

In het huidige onderzoek werd gevonden, dat het non-verbaal geuite gedrag positief samenhangt met de prestatie op de tandwieltaak. Dit is in overeenstemming met de onderzoeken van Alibali en anderen (2011) en Dixon en Bangert (2002; 2004). Alibali en anderen (2011) hebben gevonden dat wanneer kinderen geen non-verbaal gedrag mogen uitvoeren op de tandwieltaak, deze kinderen op meer abstractere strategieën uitkomen dan wanneer zij wel non-verbaal gedrag mochten uitvoeren. Hierbij benoemden zij dat kinderen die geen gebaren mochten gebruiken tijdens het oplossen van een taak een betere prestatie hadden dan de kinderen die tijdens het onderzoek wel gebaren mochten maken. Echter benoemen zij de prestatie in hun onderzoek als een efficiëntere strategie en niet zoals in het huidige onderzoek het aantal goed of fout beantwoorde opgaven. Dixon en Bangert (2004) stellen in hun onderzoek dat meer abstracte strategieën leiden tot een betere prestatie op een tandwieltaak. Zij benoemen dat perceptuele motorische strategieën (zoals force tracing) minder efficiënte strategieën zijn in termen van prestatie. Opgemerkt kan worden dat prestatie in deze onderzoeken in vergelijking met het huidige onderzoek anders gemeten werd. In het huidige onderzoek werd prestatie gemeten aan de hand van het aantal goede antwoorden dat kinderen hadden op de tandwieltaak. Alibali en anderen (2011) stelden echter dat een efficiëntere strategie betekent dat er sprake is van een hogere prestatie. Daarnaast beoordelen Dixon en Bangert (2004) prestatie met reactiesnelheid. De abstracte strategieën worden als snellere

strategie beoordeeld en daardoor is de prestatie hoger. Deze verschillen in opzet zou een verklaring kunnen zijn van het verschil in uitkomsten.

Een beperking van het huidige onderzoek is dat de resultaten van het onderzoek vanwege de omvang van de steekproef onvoldoende te generaliseren zijn naar de populatie waaruit de steekproef getrokken is. Daarom is het van belang om dit onderzoek bij een grotere steekproef uit te voeren zodat de onderzoeksresultaten gegeneraliseerd kunnen worden. Voor vervolgonderzoek is het tevens van belang om gebruik te maken van een Random Controlled Trial. Het is gewenst een controlegroep toe te voegen van participanten die geen non-verbaal gedrag mogen uiten. Door deze controlegroep toe te voegen is het mogelijk twee groepen met elkaar te vergelijken, een groep die wel non-verbaal gedrag mag uiten en een groep die geen non-verbaal gedrag mag uiten. Door middel van dit onderzoeksdesign kan de interne validiteit van de onderzoeksresultaten het beste gewaarborgd worden.

Een andere beperking is dat het onderzoek waarin de video's waren opgenomen, gericht was op het coderen van het verbale gedrag van kinderen, waardoor niet specifiek rekening is gehouden met het in beeld brengen van non-verbaal gedrag. Sommige video-opnames waren van minder goede kwaliteit doordat bijvoorbeeld de testleider in beeld zat of de camera niet op de goede hoogte stond afgesteld. Hierdoor kon het zijn dat het non-verbale gedrag van kinderen onvoldoende of niet in beeld was. Vervolgonderzoek is noodzakelijk waarbij het non-verbale gedrag dat kinderen uiten tijdens een tandwieltaak centraal staat. Een andere beperking is de afbeelding die tijdens het antwoordmoment op het computerscherm verschijnt. Op deze afbeelding stonden drie aan elkaar geschakelde tandwielen. De hoeveelheid tandwielen leek van invloed op het non-verbaal gedrag dat de kinderen uitten. Door het aantal tandwielen lieten zij non-verbaal gedrag zien passend bij deze hoeveelheid tandwielen en wezen zij daarbij de tandwielen aan. Hierdoor is mogelijk de strategie *pariteit* minder goed te zien omdat voor het uitleggen van pariteit mogelijk een langere tandwielbaan nodig is.

Concluderend kan gesteld worden dat non-verbaal gedrag van hoger niveau is dan het verbaal geuite begrip. Hierdoor lijkt het of non-verbaal gedrag voorloopt op het verbaal geuite begrip. Tevens is er een positieve relatie tussen non-verbaal gedrag en de prestatie die kinderen hebben op de tandwieltaak. Kortom, laat dit onderzoek zien dat non-verbaal gedrag informatie geeft over het begrip dat kinderen verbaal mogelijk nog niet kunnen uiten. Mogelijk heeft non-verbaal gedrag tevens invloed op het verwerven van begrip van andere technische taken. Onderzoek hierna is van belang om dit te bevestigen. Deze kennis kan

wellicht gebruikt worden om kinderen te interesseren voor wetenschap en techniek. Door in het onderwijs aan te sluiten op wat non-verbaal gedrag zegt over het begrip dat een kind verbaal heeft, kan het verbaal begrip gestimuleerd worden. Wanneer kinderen op jonge leeftijd gestimuleerd worden op dit gebied, bevordert dit mogelijk hun keuze voor een technische opleiding. Hierdoor wordt mogelijk het tekort aan mensen die een technische opleiding hebben gevolgd teruggedrongen.

## Literatuur

- Alibali, M. W., & Kita, S. (2010). Gesture highlights perceptually present information for speakers. *Gesture* 10 (1), 3-28. doi:10.1075/gest.10.1.02ali
- 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. doi:10.1177/0956797611417722
- Anderson, M. L. (2003). Embodied cognition: A field guide. *Artificial Intelligence*, 149, 91-130. doi:10.1016/s0004-3702(03)000547
- Barnett, W. S., & Belfield, C. R. (2006). Early childhood development and social mobility. *The Future of Children*, 16, 73-98. doi:10.1353/foc.2006.0011
- Boncoddo, R., Dixon, J. A., & Kelley, E. (2010). The emergence of a novel representation from action: Evidence from preschoolers. *Developmental Science*, 13, 370-377.
- Chu, M., & Kita, S. (2008). Spontaneous gestures during mental rotation tasks: Insights into the microdevelopment of the motor strategy. *Journal of Experimental Psychology*, 137, 706-723. doi:10.1037/a0013157
- Chu, M., & Kita, S. (2011). The nature of gestures' beneficial role in spatial problem solving. *Journal of Experimental Psychology*, 140, 102-116. doi:10.1037/a0021790
- De Bordes, P. F. (2013). Coderingschema's non-verbaal gedrag. Universiteit van Utrecht.
- De Bordes, P. F. (2013). Protocol Tandwielexperiment. Ongepubliceerde handleiding, Faculteit der Sociale Wetenschappen, Universiteit Utrecht, Utrecht, Nederland.
- Dixon, J. A., & Bangert, A. S. (2002). The prehistory of discovery: precursors of representational change in solving gear system problems. *Developmental Psychology*, 38, 918. doi: 10.1037//0012-1649.38.6.918



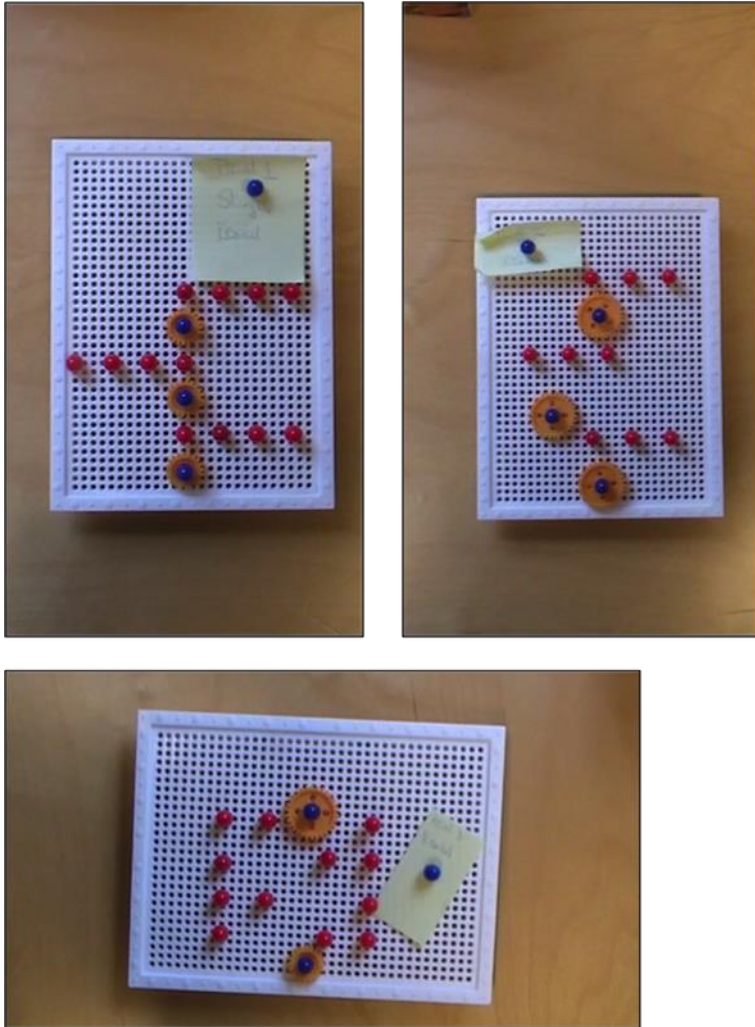
- Dixon, J. A., & Bangert, A. S. (2004). On the spontaneous discovery of a mathematical relation during problem solving. *Cognitive Science*, 28, 433-449. doi:10.1016/j.cogsci.2003.12.004
- Dixon, J. A., & Dohn, M. C. (2003). Redescription disembeds relations: Evidence from relational transfer and use in problem solving. *Memory and Cognition*, 31, 1082-1093. doi:10.3758/BF03196129
- Dror, I. E., & Harnad, S. (2008). *Cognition Distributed: How Cognitive Technology Extends Our Minds*. Amsterdam: John Benjamins.
- Eshach, H., & Fried, M. N. (2005). Should science be taught in early childhood? *Journal of Science Education and Technology*, 14, 315-336. doi:10.1007/S10956-005-7198-9
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS*. London: SAGE Publications Ltd.
- Fischer, K. W. (1980). A theory of cognitive development: The control and construction of hierarchies of skills. *Psychological Review*, 87, 477-531. doi:10.1037/0033-295X.87.6.477
- Fischer, K. W., & Bidell, T. R. (2006). Dynamic development of action, thought, and emotion. In W. Damon & R. M. Lerner (Eds.), *Theoretical models of human development. Handbook of child psychology* (pp. 313-399). New York: Wiley.
- Goldin-Meadow, S., Nusbaum, H., Kelly, S. D., & Wagner, S. (2001). Explaining math: Gesturing lightens the load. *Psychological Science*, 12, 516-522. doi:10.1111/1467-9280.00395
- Goldin-Meadow, S., & Singer, M. A. (2003). From children's hands to adults' ears: Gesture's role in the learning process. *Developmental Psychology*, 39(3), 509-520. doi:10.1037/0012-1649.39.3.509
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159-174.

- Meindersma, H. B., Van Dijk, M. W. G., Steenbeek, H. W., & Van Geert, P. L. C. (2012). Application of skill theory to compare scientific reasoning of young children in different tasks. *Netherlands Journal of Psychology*, *67*, 9-19.
- Pine, K. J., Lufkin, N., & Messer, D. (2004). More gestures than answers: Children learning about balance. *Developmental Psychology*, *40*(6), 1059-1067.  
doi:10.1037/0012-1649.40.6.1059
- RAO (Researchcentrum voor Onderwijs en Arbeidsmarkt) (2011). De arbeidsmarkt naar opleiding en beroep tot 2016. *School of Business and Economics*. Maastricht University
- Rijksoverheid (2013). Geraadpleegd in oktober 2013, van <http://www.rijksoverheid.nl/nieuws/2013/05/13/techniekpact-gezamenlijke-actie-voor-meer-vakmensen.html>
- Smith, L. B., & Gasser, M. (2005). The development of embodied cognition: Six lessons from babies. *Artificial Life*, *11*, 13-29.
- Schwartz, D. L. & Black, J.B. (1996). Shuttling between depictive models and abstract rules: Induction and fallback. *Cognitive Science*, *20*, 457-487.
- TalentenKracht (2013). Geraadpleegd op oktober 30, 2013, van [www.talentenkracht.nl](http://www.talentenkracht.nl).
- Techniekpact (2013). Geraadpleegd op oktober 27, 2013, van [www.techniekpact.nl](http://www.techniekpact.nl).
- Van Keulen, H. (2009). *Drijven en zinken. Wetenschap en techniek in het primair onderwijs*. Limburg: Fontys Hogescholen
- Van Oers, P. (2010). Kinderen in (spiegel)beeld: Bètatalenten van jonge kinderen. *Rekenwiskundeonderwijs: Onderzoek, Ontwikkeling en Praktijk*, *29*(3), 3-11.
- Wagner, S. M., Nusbaum, H. C., & Goldin-Meadow, S. (2004). Probing the mental representation of gesture: Is handwaving spatial? *Journal of memory and language*, *50*, 395– 407. doi:10.1016/j.jml.2004.01.002

Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9, 625-636. doi:10.3758/BF03196322

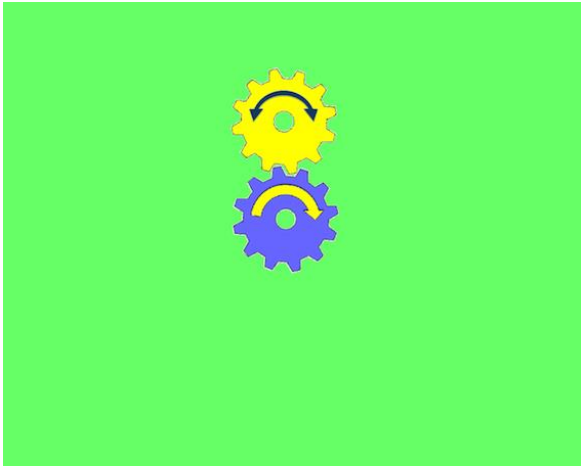
## Bijlagen

Bijlage A; De verkennende (speelgoed) taak

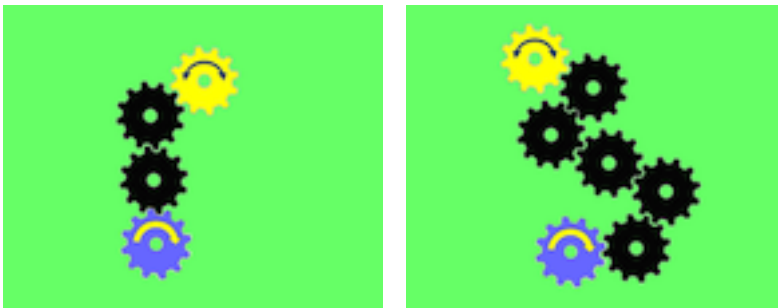


*Figuur 1.* Een aantal voorbeelden van de verkennende (speelgoed) taak (De Bordes, 2013).

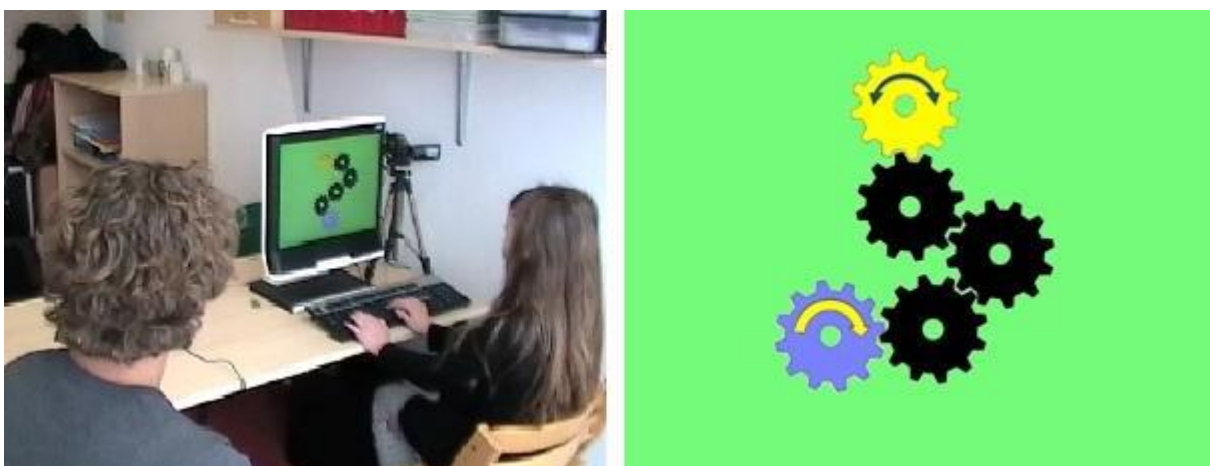
Bijlage B; De computertaak



*Figuur 2.* De demonstratie van de tandwielbaan die tijdens de instructie aan het kind werd getoond (De Bordes, 2013).



*Figuur 3.* Twee voorbeelden van opgaven tijdens de computertaak (De Bordes, 2013).



*Figuur 4.* De opzet tijdens de computertaak en een voorbeeld van de trials.

## Bijlage C; Codeboek non-verbaal geuite gedrag

*Codeboek non-verbaal geuite gedrag aan de hand van de inzichtschaal van Fischer (1980) en toegepast op de video's van de computertaak (De Bordes, 2013)*

Level	Tiers	Strategie	Tiers	Inzichts niveau	Omschrijving	Voorbeeld
	999	-	999	-	Geen gebaren in beeld of er worden geen gebaren gemaakt	De gebaren zijn niet zichtbaar in beeld zijn. De handen zijn bijvoorbeeld onder de tafel of te dicht bij het computerscherm.
			0	Geen inzichtsniveau	Er worden gebaren gemaakt die niet te scoren zijn in termen van inzichtniveau	Geen gebruik van gebaren of bewegingen/ gebaren of bewegingen die niets met het inzichtniveau te maken hebben. Bijvoorbeeld als kinderen aan hun haar zitten.
Sensomotorisch level	0	Geen strategie	1+2	Sensomotorische actie/mapping	Gebaren die de taak omschrijven zonder relaties en/of gebaren die een simpele relatie tussen tandwielen aanduiden zonder causatie of er worden gebaren gemaakt die niet te scoren zijn in termen van strategie	Op één plek in de ruimte wordt met de handen een gebaar gemaakt. Het gebaar is een enkele beweging om een richting aan te geven. Dit is een beweging van links naar rechts of van boven naar beneden.
	1	Force tracing	3+4	Sensomotorisch systeem/Enkele representatieve	Gebaren die een omschrijving weergeven van observeerbare enkele causale relaties, het gebruiken van één sensomotorisch systeem tegelijk en /of gebaren die een koppeling weergeven tussen minimaal 2 observeerbare causale relaties	Met een gebaar wordt aangegeven dat de beweging van het eerste roterende tandwiel gevolgd wordt en de rotaties van de volgende tandwielen vervolgens gevolgd worden/er wordt een beweging met de handen gemaakt waaruit blijkt dat het kind een vloeiende slalom beweging maakt.
Representatieve level	2	Classificatie	5	Representatieve mapping	Gebaren die een koppeling aangeven van minimaal 2 niet observeerbare causale relaties	Met een gebaar wordt aangegeven dat elk tandwiel gecategoriseerd wordt. Het gebaar is een wijzende beweging waarmee een tandwiel als met de klok mee of tegen de klok in draaiend geclassificeerd wordt. Bijvoorbeeld links-rechts of door een haperende slalom.

	3	Skipping	6	Representationele Systeem	Gebaren waaruit blijkt dat het kind het mechanisme begrijpt	Met een gebaar met de handen wordt aangegeven dat de even en oneven tandwielen aangewezen of geteld worden. Het gebaar is een wijzende of tikkende beweging.
Abstracte level	4	Pariteitsregel	7+8	Enkele abstracties/ Abstracte mappings	Begrip van wetmatigheid van de tandwielbaan	Met een gebaar met de handen wordt een tellende of tikkende beweging gemaakt waarbij alle tandwielen worden geteld.

## Bijlage D; Codeboek verbaal geuite begrip

Codeboek en stappen toegepast op de video's van de computertaak (De Bordes, 2013.)

Level	Tiers	Inzichtsniveau	Omschrijving	Voorbeeld
Sensomotorisch level	0	-	Onzin: iets wat je niet kunt scoren in termen van inzichtniveau	'Ik weet het niet/iets onverstaanbaars/heb ik niet al verteld/ik moet naar de WC/dit is niet leuk/deze was moeilijk/waar is Lineke en waarom?'
	1	Sensomotorische actie	Object taak omschrijving(en) zonder relaties	'Dit tandwiel gaat die kant op/deze tandwielen draaien/het blauwe tandwiel/ de gele draait die kant op/ het tandwiel heeft karteltjes/ deze baan is lang/ deze baan is kort.'
	2	Sensomotorische mapping	Omschrijvingen van simpele <i>relaties</i> tussen objecten/ taakeigenschappen zonder causatie ( <i>geen</i> actie → reactie relatie)	'De tandwielen draaien in elkaar/deze tandwielen gaan dezelfde kant op/ de tandwielen zijn aan elkaar verbonden/ de tandwielen vormen tezamen een baan/ tussen de gele en blauwe zitten zwarte tandwielen.'
	3	Sensomotorisch systeem	Omschrijvingen van observeerbare enkele causale relaties	'Dit tandwiel drijft dat tandwiel aan/ deze gaat zo dus deze gaat zo/ Deze gaat die kant op omdat ie in de bocht zit/ dit tandwiel duwt tegen dat tandwiel/ dit tandwiel duwt dat tandwiel op/ goed kijken hoe de tandjes van het ene tandwiel met de tandjes van het andere tandwiel gaan.'
Representatieve level	4	Enkele representatieve (Force tracing)	Omschrijving van <i>koppeling van min 2 observeerbare causale relaties</i> of omschrijvingen van <i>niet-observeerbare relaties</i>	'Als deze die kant opgaat, gaat die deze kant op en dan gaat die deze kant op/ ik volg de bewegingen van de tandwielen met mijn ogen/ ik maak zigzag bewegingen met mijn ogen/ ik slinger met mijn ogen langs de tandwielen.'
	5	Representatieve mapping (Classificatie)	Omschrijving van koppeling tussen min 2 <i>niet observeerbare</i> relaties	'Als dit tandwiel deze kant op gaat dan gaat het volgende tandwiel de andere kant op en de volgende die kant op/ als dit tandwiel zo gaat dan gaat het andere tandwiel de tegengestelde kant op/als deze naar links gaat, gaat de volgende naar rechts.'
	6	Representatieve Systeem (Skipping)	Omschrijving waaruit blijkt dat het kind het gehele mechanisme begrijpt	'Als dit tandwiel deze kant opgaat, gaat deze (3 <sup>de</sup> /5 <sup>de</sup> /7 <sup>de</sup> ) tandwiel t.o.v. eerste tandwiel, dezelfde kant op/ deze tandwielen (wijst naar even oneven) gaan dezelfde kant op.'
Abstracte level	7	Enkele abstracties (Pariteitsregel)	Begrip van wetmatigheid van de tandwielbaan	Het eerste en het laatste tandwiel gaand dezelfde kant op als het een oneven aantal tandwielen zijn/de oneven tandwielen gaan dezelfde kant op/ de even tandwielen gaan dezelfde kant op/ als het aantal tandwielen een even getal is gaan de eerste en laatste tandwielen niet dezelfde kant op.'
	8	Abstracte mappings		