

Exploratiedrag als Leerproces:

Een Empirisch Onderzoek naar de Waarde van Exploratiedrag bij Jonge Kinderen

Universiteit Utrecht

21 juni 2013

Masteropleiding Pedagogische Wetenschappen

Masterprogramma Orthopedagogiek

Auteurs: L. M. C. de Wit 3760820

N. Doelman 3810062

Onderzoeksbegeleider: Drs. P. F. de Bordes

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

### Voorwoord

Met genoegen presenteren wij u onze masterthesis. De vraagstelling in deze thesis sluit aan bij een onderzoek van de Universiteit van Utrecht. De theoretische inleiding vormde een basis voor het onderzoek. Nelleke heeft zich voornamelijk gericht op het schrijven hiervan, alsmede op het uitvoeren van de data analyses, het schrijven van de resultatensectie en de samenvatting. Lindsey heeft zich vooral gericht op het schrijven van het voorwoord, evenals de methodesectie, de discussiesectie en de conclusie. In het afgelopen jaar hebben wij er naar gestreefd om betrokken te zijn bij het werk van de ander. Dit hebben wij gedaan door elkaar via de mail veelvuldig feedback te geven en het plannen van overleg momenten waarbij we samen aan de thesis werkten op de Universiteit van Utrecht.

Na de inspanningen van het afgelopen jaar, zijn wij tevreden over het resultaat. Het is na de bachelorthesis, het tweede onderzoek dat wij hebben uitgevoerd. Wij hebben er beiden veel van geleerd. De samenwerking met de school in Veenendaal verliep goed. Wij hebben het erg leuk en interessant gevonden om het onderzoek bij de kinderen af te nemen. Wij willen de schoolleiding en alle kinderen die hebben meegewerkt dan ook hartelijk bedanken voor hun positieve bijdrage. Tot slot willen wij Pieter de Bordes bedanken voor zijn begeleiding en ondersteuning. Wij hebben dit als zeer prettig ervaren. Pieter was buitengewoon betrokken en heeft veel tijd geïnvesteerd in overleg- en instructiemomenten. Heel hartelijk dank daarvoor!

Met vriendelijke groeten,

Lindsey de Wit & Nelleke Doelman

### Samenvatting

Het doel van dit onderzoek was om inzicht te krijgen in de wijze waarop exploratiegedrag leidt tot inzicht bij kinderen, tijdens de uitvoering van puzzels met tandwielen. Uit voorgaand onderzoek blijkt dat de hoeveelheid handelingen invloed heeft op het inzicht dat men ontwikkelt en dat er een bepaald verloop is in de relatie tussen de hoeveelheid handelingen en de opbouw van inzicht tijdens exploratie (Chu & Kita, 2011). Bovendien blijkt dat wanneer kinderen zelf tot de ontdekking van een bepaald principe komen, zij het opgebouwde inzicht sneller inzetten in een andere situatie (Anderson, 2003). Er is nog weinig bekend over non-verbaal exploratiegedrag en de wijze waarop dit leidt tot inzicht. Kinderen rond de 11 jaar werden gevraagd om tandwielbanen te maken, waarbij het eerste en het laatste tandwiel dezelfde richting op moesten draaien. Het onderliggende principe hierbij was een mathematische relatie tussen de draairichting van het eerste en het laatste tandwiel. Vervolgens werd in een computertaak aan het kind gevraagd om de draairichting van tandwielen te voorspellen. Het aantal handelingen tijdens de exploratiefase bleek niet eenduidig te zijn geteld. Daardoor konden geen analyses worden uitgevoerd met deze data. Het getoonde inzicht tijdens de exploratiefase leidde niet tot een hogere prestatie op de computertaak. De verschillen tussen de omgeving tijdens de exploratiefase en de omgeving tijdens de computertaak hebben hier mogelijk een rol in gespeeld. Toekomstig onderzoek zou zich kunnen richten op de invloed van de omgeving op exploratiegedrag.

*Trefwoorden: dynamic skill theory, embodiment, exploratiegedrag, inzicht, tandwieltaken, bètawetenschap*

### Abstract

The main purpose of this study was to gain understanding about exploration behavior (i.e. gesture frequency and skill acquisition) in the learning process of children. Previous research indicated that children's understanding of science concepts is influenced by the frequency of gestures made and skill acquisition and that a specific course can be identified in the relationship between gesture frequency and skill acquisition (Chu & Kita, 2011). Furthermore, research indicated that when children abstracted a certain science concept themselves, they gained a better understanding of it (Anderson, 2003). Still, little is known about non-verbal exploration behavior and the way this leads to skill acquisition. Children around 11 years old were presented with gear rotation puzzles and were asked to create a gear trial, in which the first and the last gear rotated in the same direction. The underlying concept of these gear puzzles was a mathematic relation between direction of rotation among the first and the last gear. Next, these children were asked to predict the direction of rotation of gear puzzles in a computer task. Because of inconsistencies in scoring gesture frequency, this data was not usable for analysis. Skill acquisition did not influence the computer task performance. Differences in the environment between the exploration tasks and the computer task might be due to these results. Future research needs to examine the influence of environment on exploration behavior.

*Keywords: dynamic skill theory, embodiment, exploration, skill acquisition, gear tasks, science*

## EXPLORATIEGEDRAG ALS LEERPROCES

De Nederlandse kenniseconomie draait voor een groot gedeelte op exacte wetenschap en technologie (bètawetenschap). Daarom is het economische belang van een sterk aanbod aan technisch opgeleide mensen groot (Platform Bèta Techniek, 2013). Nederland kan echter niet voldoen aan de groeiende vraag naar bèta en technisch opgeleide mensen en er ontstaan knelpunten in het bèta en technologie onderwijs. Dit vraagt om een kwaliteitsslag binnen het onderwijs (Topsectoren van de Nederlandse Economie, 2012). In de afgelopen jaren zijn verschillende initiatieven ontstaan, die bijdragen aan deze kwaliteitsslag, zoals Techniekpact, Platform Bèta Techniek en Talentenkracht. Dit is positief, omdat uit onderzoek van Eshach en Fried (2005) blijkt dat het belangrijk is om kennis op het gebied van bètawetenschap al binnen het basisonderwijs te stimuleren. Kinderen ontwikkelen daardoor een positieve houding ten opzichte van bètawetenschap. Bovendien helpt dit hen om op latere leeftijd complexe wetenschappelijke principes beter te begrijpen (Eshach & Fried, 2005).

Exploratiedrag als leerproces blijkt zeer effectief (Hmelo-Silver, Golan Duncan, & Chinn, 2007). Binnen dit onderzoek willen wij hier dieper op in gaan en beogen wij de wijze waarop exploratiedrag leidt tot inzicht bij jonge kinderen in kaart te brengen. Wij hopen dat met deze kennis het onderwijsprogramma op het gebied van bètawetenschap kan aansluiten op het exploratiedrag als leerproces bij jonge kinderen. In deze inleiding wordt allereerst een uitleg gegeven van de twee kerntheorieën binnen dit onderzoek, namelijk de *dynamic skill theory* (Fischer, 1980) en de *embodiment theory* (Anderson, 2003) en zal stil worden gestaan bij recent empirisch onderzoek. Het hoofdstuk zal eindigen met vier hypotheses.

De *dynamic skill theory* is ontwikkeld door Fischer (1980) en bevat ideeën uit bestaande theorieën, zoals die van Piaget (1952), Bruner (1971), Werner (1948) en Skinner (1938). Fischer (1980) ontwikkelde de *dynamic skill theorie* als een maat waarmee de dynamische ontwikkeling van gedrag en de denkwijze van kinderen en volwassenen in kaart kan worden gebracht. In bestaande theorieën van onder andere Piaget (1952), Skinner (1938) en Bronfenbrenner (1979) werd de nadruk gelegd op de mens, of op diens omgeving ten aanzien van onderzoek naar inzichtverwerving. Fischer (1980) wilde daarentegen een theorie ontwikkelen waarin juist de interactie tussen de mens en diens omgeving centraal staat, omdat inzicht ontstaat vanuit deze interactie.

Inzicht vormt een hiërarchische ordening, waarbij nieuw inzicht wordt opgebouwd vanuit bestaand inzicht dat is opgedaan in het voorgaande niveau. Dit wordt zichtbaar in de inzichtschaal die Fischer (1980) ontwierp aan de hand van de *dynamic skill theory*. De inzichtschaal kan als instrument dienen om aan te geven welk inzichtniveau iemand laat zien in een bepaalde omgeving (Meindertsma, Van Dijk, Steenbeek, & Van Geert, 2012). De inzichtschaal onderscheidt tien niveaus, in toenemende complexiteit, in de ontwikkeling van inzicht. De niveaus zijn verdeeld over drie stadia: het sensomotorische-, het representatieve- en het abstracte stadium (Fischer, 1980). In dit onderzoek zal het inzichtniveau worden gemeten tijdens de uitvoering van tandwieltaken. Daarom wordt bij de uitleg van de inzichtschaal van Fischer (1980) een tandwieltaak als voorbeeld gebruikt. Het sensomotorische stadium bevat drie niveaus: de sensomotorische actie, de sensomotorische mapping en het sensomotorische systeem (Fischer, 1980). Sensomotorische acties zijn op zichzelf staande simpele acties, zoals het oppakken van een tandwiel of een pin. Bij sensomotorische mapping worden twee acties met elkaar gecombineerd. Een tandwiel wordt bijvoorbeeld op de mat vastgemaakt met een pin (zonder dat het nog een ander tandwiel raakt). Bij het sensomotorische systeem worden acties of objecten zodanig gecombineerd dat er causatie ontstaat. Een voorbeeld hiervan is het vastmaken van een tandwiel op de mat en het vervolgens aandraaien. Het representatieve stadium bevat eveneens drie niveaus: de enkele representatie, de representatieve mapping en het representatieve systeem (Fischer, 1980). In de enkele representatie worden acties of objecten gecombineerd, wat zorgt voor causatie via het object. Een voorbeeld hiervan is het aandraaien van een tandwiel door aan een ander tandwiel te draaien. Bij representatieve mapping worden acties of objecten gecombineerd wat leidt tot twee causaties, zoals het aandraaien van een tandwiel waardoor een tweede en minstens een derde tandwiel gaan draaien. Bij het representatieve systeem worden acties uitgevoerd waaruit blijkt dat het gehele mechanisme wordt begrepen. Bijvoorbeeld het aandraaien van het eerste tandwiel en tegelijkertijd de draairichting van het derde, vijfde en zevende tandwiel observeren.

Fischer (1980) zag inzicht niet als een statisch gegeven binnen een bepaalde taak of exploratiefase. Er is namelijk geen sprake van een algemeen inzicht, dat overal en altijd geldt. Inzicht is dynamisch: het kan variëren, is in sterke mate afhankelijk van de omgeving (Fischer, 1980; Fischer & Bidell, 2006; Núñez, Edwards, & Matos, 1999) en is tijdsgebonden (Fischer & Bidell, 2006; Meindertsma et al., 2012). Een kind kan bijvoorbeeld in staat zijn om met weinig moeite een wiskundig probleem op te lossen in de klas, maar hiertoe niet in

staat zijn wanneer het alleen thuis is of op een later tijdstip in dezelfde klas (Fischer & Bidell, 2006). Onder bepaalde omstandigheden kan opgedaan inzicht echter wel worden ingezet in een andere situatie. Dit blijkt uit een onderzoek van Dixon en Dohn (2003). Zij lieten een groep participanten verschillende taken uitvoeren. De ene helft van de groep werd vooraf geïnstrueerd met een bepaalde strategie en de andere helft niet. Beide groepen losten het probleem in de eerste taak op door middel van dezelfde strategie. In de vervolgtask bleek dat de groep die de strategie zelf had ontdekt in de eerste taak, de strategie sneller en consistentener toepaste, dan de groep die vooraf instructie had gekregen. Hieruit blijkt dat opgebouwd inzicht niet zonder meer ingezet kan worden in een andere taak, maar dat het afhankelijk is van de omgeving en de wijze waarop het inzicht opgebouwd is (Dixon & Dohn, 2003).

Inzicht varieert echter niet alleen tussen verschillende taken, maar kan ook variëren binnen een taak (Meindertsma et al., 2012; Siegler, 2007; Yan & Fischer, 2007). Dit blijkt onder andere uit onderzoek van Meindertsma et al. (2012) waar in verschillende taken het inzichtniveau van kinderen werd gemeten aan de hand van de inzichtschaal van Fischer (1980). Sommige kinderen lieten gemiddeld een vrij laag inzichtniveau zien, terwijl zij op bepaalde momenten een hoog (maximaal) inzichtniveau lieten zien. Yan en Fischer (2002, 2007) beweren dat deze variabiliteit een aanduiding is voor groei en ontwikkeling. Wanneer de variabiliteit weer afneemt, zou dit er op duiden dat het inzicht is gestabiliseerd op een hoger niveau (Yan & Fischer, 2002, 2007). De variabiliteit geeft dus inzicht in de opbouw van het leerproces (Miller, 2002). Wanneer het inzichtniveau niet op verschillende momenten zou worden gemeten, of wanneer slechts het gemiddelde inzicht zou worden gebruikt, wordt de variabiliteit niet zichtbaar en zou de potentie van het kind kunnen worden onderschat (Meindertsma et al., 2012).

Inzicht ontwikkelt zich vanuit de interactie van de mens met diens omgeving (Smith, 2005; Smith & Gasser, 2005). Binnen de *embodiment theory* worden lichaam en geest als één entiteit gezien, de mens. Lichaam en geest kunnen binnen de *embodiment theory* niet los van elkaar gezien worden in de ontwikkeling van inzicht. Tussen lichaam en geest vindt een continue interactie plaats en in deze interactie ontstaat inzicht. De mens is in staat om de omgeving waarin hij verkeert, waar te nemen en hierop te reageren. Deze omgeving is opgebouwd uit bepaalde personen en objecten, die bepaalde handelingen aan de mens ontlokken (Ellis & Tucker, 2000; Fischer & Bidell, 2006). Doordat de omgeving continu varieert, variëren ook de handelingen die aan de mens worden ontlokt. Tussen de mens en

diens omgeving bestaat dus eveneens een continue interactie, waaruit inzicht ontstaat (Ellis & Tucker, 2000; Fischer & Bidell, 2006). De ontwikkeling van inzicht is dus het gevolg van een interactie in de mens (tussen lichaam en geest) (Smith & Gasser, 2005) en interactie tussen de mens en diens omgeving (Fischer, 1980; Fischer & Bidell, 2006; Schubert & Semin, 2009). Deze gedachtegang vormt de kern van de *embodiment theory* (Smith & Gasser, 2005).

De *embodiment theory* is tegenhanger van traditionele theorieën (Anderson, 2003; Thelen & Schönner, 2001), waarin men de nadruk legt op het denken. Descartes (Anderson, 2003) pleitte voor een scheiding tussen lichaam en geest. Dit wordt ook wel het dualisme genoemd en heeft lange tijd een centrale rol gespeeld in de benadering van cognitie, waarin het denken los van het lichaam werd gezien. Doordat lichaam en geest als afzonderlijke entiteiten werden gezien binnen het dualisme, was men in staat om de geest als afzonderlijke entiteit te bestuderen. In het dualisme was, in tegenstelling tot de *embodiment theory*, weinig aandacht voor de wijze waarop actie en waarneming invloed heeft op -, en beïnvloed wordt door de omgeving (Anderson, 2003).

Vanuit de *embodiment theory* is veel onderzoek gedaan naar inzichtverwerving (Alibali, Spencer, Knox, & Kita, 2011; Chu & Kita, 2008, 2011; Dixon & Bangert, 2002, 2004; Garber & Goldin-Meadow, 2002). Chu en Kita (2011) lieten een groep participanten een ruimtelijke figuur (samengesteld uit kubussen) op een beeldscherm zien. Vervolgens werden nog twee ruimtelijke figuren, geroteerd ten opzichte van de eerste figuur, in beeld gebracht. De participanten werden gevraagd om aan te geven welk van deze twee figuren overeen kwam met de eerst getoonde ruimtelijke figuur. Dit herhaalde zich een aantal keer. Tijdens het oplossen van deze mentale rotatietaken werd het aantal handgebaren dat de participanten maakten vastgelegd door middel van een camera. Het aantal handgebaren tijdens het oplossen van de mentale rotatietaken bleken een positieve relatie te hebben met de prestatie op de taak. Daarnaast bleken participanten tijdens de moeilijke rotatietaken meer handgebaren te maken, dan tijdens de makkelijke rotatietaken. Chu en Kita (2011) suggereren dat dit komt doordat het lichaam wordt gebruikt om denkprocessen te ondersteunen. Dit wordt ook wel cognitieve ontlading (*cognitive offloading*) genoemd (Wilson, 2002). Er zijn talloze voorbeelden van de manier waarop het lichaam wordt gebruikt om het denken te ondersteunen, zoals het tellen op de vingers of het in de juiste richting gaan staan wanneer men de weg wijst (Wilson, 2002). Daarnaast kan het lichaam ook worden gebruikt ter ondersteuning van het leerproces. Handgebaren tijdens het oplossen van taken kunnen namelijk leiden tot inzicht in nieuwe



oplossingsstrategieën (Goldin-Meadow, Nusbaum, Kelly, & Wagner, 2001). De hoeveelheid handelingen blijkt dus gerelateerd aan inzichtverwerving (Alibali et al., 2011; Chu & Kita, 2008, 2011). Daarnaast bleek uit het onderzoek van Chu en Kita (2011) dat naarmate het verworven inzicht stabiliseerde, de hoeveelheid handelingen weer af nam. De oorzaak van deze afname zou zijn gelegen in een toenemend inzicht in het object dat verkend wordt, waardoor de noodzaak tot exploratie hiervan afneemt en het lichaam minder wordt ingezet om het denkproces te ondersteunen (Chu & Kita, 2011). Dit impliceert dat een lage mate van inzicht, leidt tot een toename van het aantal handelingen en dat een hoge mate van inzicht leidt tot een afname van het aantal handelingen (Chu & Kita, 2011). Dit houdt in dat er aanvankelijk een positief verband is tussen het aantal handelingen en inzichtverwerving. Dit is in lijn met de *embodiment theory*, omdat dit laat zien dat denken belichaamd is (Smith & Gasser, 2005). Wanneer echter een bepaald stabiel inzichtniveau bereikt is, ontstaat er een negatief verband tussen inzicht en het aantal handelingen (Chu & Kita, 2011). Over dit verband, wordt echter in de *embodiment theory* geen uitspraak gedaan.

Er is reeds veel onderzoek gedaan naar hoe kinderen leren van wetenschap en techniek aan de hand van tandwieltaken (Dixon & Bangert, 2002, 2004; Dixon & Dohn, 2003; Schulz, Gopnik, & Glymour, 2007). Veel onderzoeken richten zich op het verbaal getoonde inzicht (i.e. wetenschappelijk redeneren; Meindertsma et al., 2012; Van Oers, 2010). Er is tot op heden weinig bekend over het non-verbale exploratiegedrag en de manier waarop dit inzicht weergeeft. Bovendien is het nog niet empirisch getoetst of inzicht in een bepaald principe (zoals begrip van de alternerende draairichting van aaneengeschakelde tandwielen) een relatie heeft met de prestatie (het kunnen voorspellen van de draairichting van het laatste tandwiel van een aaneenschakeling van meerdere tandwielen) op de nameting. Daarom richt dit onderzoek zich op het non-verbale exploratiegedrag tijdens het uitvoeren van drie tandwieltaken (i.e. exploratiefase) en wordt het effect hiervan gemeten aan de hand van de prestatie op een computertaak (i.e. nameting). Het maximale inzichtniveau dat het kind kan bereiken tijdens de exploratiefase, is het ontdekken van de pariteitsregel (elk oneven/even tandwiel ten opzichte van het eerste tandwiel draait in dezelfde richting als het eerste tandwiel). Er zal onderscheid gemaakt worden tussen inzichtverwerving tijdens exploratie (het getoonde inzicht tijdens de exploratiefase) en exploratie intensiteit (de hoeveelheid handelingen tijdens de exploratiefase).

Uit onderzoek van Dixon en Dohn (2003) blijkt dat wanneer men zelf een bepaald principe ontdekt in een taak, men het opgebouwde inzicht (i.e. het begrip van het principe) beter kan inzetten in een andere taak, dan wanneer het principe vooraf wordt uitgelegd. In dit onderzoek, zal het kind vooraf niet worden geïnstrueerd. Daarom wordt verwacht dat wanneer het kind een bepaald inzicht verwerft binnen de tandwieltaak, het ook in staat zal zijn om dit inzicht in te zetten in een andere taak. De inzichtschaal van Fischer (1980) maakt het mogelijk om een vergelijking te maken van verschillende inzichtniveaus in een bepaalde taak (Meindersma et al., 2012). Aangezien dit onderzoek zich richt op exploratiegedrag als leerproces en inzicht gemeten zal worden op meerdere momenten, is deze inzichtschaal zeer bruikbaar. Inzichtverwerving tijdens exploratie zal daarom worden gemeten aan de hand van de inzichtschaal van Fischer (1980). Er wordt verwacht dat wanneer het kind tijdens de exploratiefase een hoge mate van inzichtverwerving op de inzichtschaal van Fischer (1980) vertoont, het kind een hoog inzichtniveau toont op de computertaak (Schulz et al., 2007). Dit leidt tot de hypothese [1] *Inzichtverwerving tijdens exploratie is een goede voorspeller van de prestatie op de computertaak.*

Ten aanzien van de exploratie intensiteit, wordt er verwacht dat er een verband zal zijn tussen exploratie intensiteit en inzicht (Alibali et al., 2011; Chu & Kita, 2008, 2011). Specifiek betekent dit dat er wordt verwacht dat een exploratie intensiteit in de exploratiefase leidt tot een hoog inzichtniveau op de computertaak. Uit de *embodiment theory* (Smith & Gasser, 2005) blijkt dat inzicht ontstaat vanuit de interactie tussen een persoon en diens omgeving. Dit veronderstelt dat een hoge mate van interactie (exploratie intensiteit) zal leiden tot veel inzicht. Dit leidt tot de hypothese [2] *Exploratie intensiteit tijdens de exploratiefase is een goede voorspeller van de prestatie op de computertaak.*

Volgens Chu en Kita (2011) is er een positief verband tussen de hoeveelheid handelingen en inzichtverwerving tijdens de eerste fase van exploratie. Dit zou komen, doordat het lichaam wordt gebruikt om denk- en leerprocessen te ondersteunen (Chu & Kita, 2011; Goldin-Meadow et al., 2001; Wilson, 2002). De eerste fase van exploratie waar Chu en Kita (2011) over schrijven, is geen afgebakend tijdvak. In het huidige onderzoek is het echter wel nodig om gebruik te maken van afgebakende tijdvakken. Daarom wordt met fase één de eerste tandwieltaak bedoeld. Er wordt verwacht dat wanneer het kind weinig inzicht heeft in de eerste tandwieltaak, de hoeveelheid handelingen zullen toenemen. Dit leidt tot de hypothese

[3] *Er is een positieve relatie tussen exploratie intensiteit en inzichtverwerving tijdens tandwieltaak één.*

Chu en Kita (2011) geven daarnaast aan, dat wanneer het inzicht stabiliseert, de exploratie intensiteit weer afneemt. Dit zou komen doordat een toenemend inzicht in de objecten, de noodzaak tot exploratie hiervan verkleint. Bij een hoog en constant inzicht, lijkt het belang van het lichaam bij ondersteuning van denk- en leerprocessen dus af te nemen (Chu & Kita, 2011; Goldin-Meadow et al., 2001). Daarom wordt verwacht dat wanneer het inzicht van het kind in de tandwieltaak stabiliseert, de hoeveelheid handelingen afneemt. Dit zou plaatsvinden in de laatste fase van het exploratieproces (Chu & Kita, 2011). In het huidige onderzoek is dat tandwieltaak drie. Dit leidt tot de hypothese [4] *Er is een negatieve relatie tussen exploratie intensiteit en inzichtverwerving tijdens tandwieltaak drie.* Hoewel er gering onderzoek is om deze laatste twee hypothesen te ondersteunen, is het een interessant vraagstuk, omdat het gericht is op het verloop van inzichtontwikkeling en niet slechts op het effect van exploratiegedrag op de prestatie. Dit sluit aan bij het doel van dit onderzoek om inzicht te krijgen in exploratie als leerproces.

## Methode

### **Participanten**

Het onderzoek is uitgevoerd onder kinderen van Nederlandse afkomst, in groep zeven op een reguliere basisschool te Veenendaal in Nederland. Door middel van een *informed consent* brief werden de ouders van 43 kinderen om toestemming gevraagd voor deelname van hun kind aan het onderzoek. In totaal hebben 41 kinderen deelgenomen (één ouder weigerde deelname van zijn kind en één kind was ziek). Er namen 26 meisjes deel aan het onderzoek. De gemiddelde leeftijd van de meisjes was ongeveer 11 jaar (128,85 maanden; SD = 5.04 maanden) en van de jongens ongeveer 11 jaar (129,23 maanden; SD = 5.15 maanden). Het onderzoek is verdeeld over twee condities, 17 kinderen waren ingedeeld bij conditie één en 20 kinderen waren ingedeeld bij conditie twee.

### **Materiaal**

Voor het onderzoek werd gebruik gemaakt van tandwielbanen, bestaande uit één mat, tandwielen en pinnen. Er werd gebruik gemaakt van zes witte matten van 21,5 x 16 centimeter (cm). Op elke mat konden grote gele tandwielen (3,2 cm) of kleine gele tandwielen (2,1 cm) bevestigd worden met behulp van pinnen. De rode pinnen op de mat

waren van tevoren bevestigd om het kader aan te geven waar binnen de tandwielbaan gemaakt diende te worden. Een aantal tandwielen waren al op de mat bevestigd met blauwe pinnen. De gele pinnen konden worden gebruikt om de tandwielen op de mat te bevestigen.

### **Procedure**

Het onderzoek bestond uit een exploratiefase (bestaande uit drie tandwieltaken) en een computertaak. Tijdens de tandwieltaken was het de bedoeling dat er tandwielbanen werden gemaakt met tandwielen en pinnen. Het onderzoek is verdeeld over twee condities: conditie één betrof een rechte tandwielbaan en conditie twee betrof een gekronkelde tandwielbaan. Alle kinderen werden willekeurig toegewezen aan één van de condities. De experimentele opzet was voor doeleinden buiten dit onderzoek en daarom wordt hier verder niet op in gegaan.

Het deelnemende kind werd door de onderzoeker opgehaald uit de klas. Er vond een kort gesprek plaats om het kind op zijn of haar gemak te stellen, waarna werd overgegaan tot de instructie van de exploratiefase. Alle onderzoekers hanteerden hiervoor hetzelfde script. Er werd een uitleg gegeven waarin het kind werd verteld dat er twee spelletjes bedacht waren en dat uitgetoetst moest worden of het leuke spelletjes waren. Middels een voorbeeld werd uitgelegd dat de tandwielen die met een blauwe pin op de mat bevestigd waren, een indicatie gaven van de route van de baan. Deze konden niet verplaatst worden en moesten aan elkaar verbonden worden door er tandwielen met gele pinnen tussen te plaatsen. Hierbij moesten de tandwielen met de blauwe pin dezelfde richting op draaien en mochten de door het kind geplaatste tandwielen de rode pinnen niet raken. Vervolgens werd de tandwielmat van de betreffende conditie en de bakken met bijbehorende tandwielen en pinnen gepakt. Deze werden voor het kind op tafel gezet. De onderzoeker ging schuin achter het kind zitten en mocht het kind niet informeren over de werking van tandwielen. Wanneer het kind klaar was, werd gevraagd of de ‘tandwielbaan werkte’ en of ‘de tandwielen met de blauwe pinnen dezelfde richting op draaiden’. Hierna werd de mat uit het zicht verwijderd en werd een volgende mat met bijbehorende tandwielen klaargelegd voor het kind. Dit proces herhaalde zich met drie verschillende tandwieltaken (zie bijlage 1 en bijlage 2). Wanneer het kind klaar was met de drie tandwieltaken, werd door de onderzoeker gevraagd welk spel het kind het leukst vond, voordat het kind verder ging met de computertaak.

Na de exploratiefase kreeg het kind 30 opgaven op de computer, waarbij het tandwielbanen te zien kreeg. Er vond een korte introductie plaats waarna er een demonstratie (zie bijlage 3) van de computertaak werd getoond. Het kind werd gevraagd of het wel eens computerspelletjes speelde. Hierna ging het kind voor het beeldscherm op een stoel zitten, waarbij de taak aan de hand van een demonstratie door de onderzoeker werd uitgelegd. Op het scherm was een geel en een paars tandwiel te zien. De draairichting van het paarse tandwiel werd met een pijl aangegeven. Deze ging met de klok mee. Het kind werd gevraagd om de draairichting van het gele tandwiel te voorspellen. Door middel van twee toetsen ('d' en 'l') op het toetsenbord kon het kind de draairichting van het bovenste (gele) tandwiel weergeven. Middels een muisje dat in beeld verscheen, kreeg het kind na elke taak feedback op de prestatie. Als het kind de draairichting juist had voorspeld, verscheen er een muisje in beeld met een groen vinkje. Als het kind de draairichting onjuist had voorspeld, verscheen er een muisje met een kruis in beeld. Tijdens de computertaak werd door de onderzoekers zo min mogelijk gesproken. Na iedere drie tandwielbanen kwam er een muisje in beeld met een vraagteken en werd aan het kind gevraagd om zo precies mogelijk te omschrijven hoe het de puzzel opgelost had middels vragen zoals: 'Hoe heb jij de vorige puzzels opgelost?' en 'Hoe kom jij steeds tot het juiste antwoord?' De onderzoeker moest zelf inschatten welke vragen van toepassing waren. Hierna werd het kind gevraagd de vingers weer op de toetsen te laten rusten en drukte de onderzoeker op de muisknop om de computertaak te vervolgen. Na de computertaak werd kort nagepraat en werd het kind bedankt voor de deelname.

### **Meetinstrumenten**

Om het getoonde inzichtniveau te meten, werd gebruik gemaakt van de inzichtschaal van Fischer (1980). De inzichtschaal van Fischer (1980) bestaat uit tien inzichtniveaus en geeft aan welk inzichtniveau getoond wordt. In dit onderzoek werd het abstracte stadium niet gebruikt, omdat dit moeilijk zichtbaar is in het non-verbale gedrag. Het representatieve stadium, het begrijpen van de pariteitsregel, was het maximale niveau dat een kind met de huidige leeftijd binnen dit onderzoek kon bereiken door middel van non-verbaal gedrag.

De eerste zes inzichtniveaus van Fischer (1980) zijn: (1) sensomotorische acties of eigenschappen: Het kunnen beschrijven van één eigenschap van één object, (2) sensorisch-motorisch toewijzingen, manipulaties en niet causale relaties: Simpel observeerbare relaties kunnen leggen tussen elementen van de taak, (3) sensorisch-motorisch systeem: Observeerbare causale relaties, (4) enkele vertegenwoordigingen: Het gebruik van

enkelvoudige representaties, (5) representatieve toewijzingen: Het leggen van een verband tussen twee of meer koppelingen van causale relaties en (6) representatieve systemen: Blijk van alle relevante representaties die een rol spelen binnen het systeem dat op dat moment bevraagd wordt en de relaties daartussen (Steen, Steenbeek, & Van Geert, 2010). Op basis van de inzichtschaal van Fischer (1980) en de vertaling hiervan door Meindertsma et al. (2012) werd door De Bordes (2013) een coderingsschema ontwikkeld dat gebruikt werd als meetinstrument voor niveau van inzichtverwerving tijdens exploratie (zie bijlage 4). Het kind kon op deze schaal minimaal nul en maximaal zes scoren.

De exploratie intensiteit werd gemeten door het tellen van het aantal handelingen dat het kind uitvoerde. Onder handeling werd elke aanraking met de materialen verstaan. Als het kind al iets vast had op het moment dat het fragment begon, telde dit niet als een nieuwe aanraking aangezien dit al in het vorige fragment was geteld. Het aantal aanrakingen per fragment werden in het softwareprogramma Mediacoder (Steenbeek & Bos, 2009) gecodeerd. Tijdens de exploratiefase werden drie camera's (Panasonic SDR-S50) geplaatst, die gericht waren op het kind en de tandwielmat, zodat de handelingen vanuit meerdere hoeken te volgen waren.

De computertaak bestond uit 30 opgaven. Hierdoor kon een minimale score van nul en een maximale score van 30 worden behaald. Het kind had de vragen wel of niet goed, waardoor een range van 30 (0-30) werd gecreëerd. Tijdens de computertaak werd gebruik gemaakt van een computer met het softwareprogramma E-prime 2 (Schneider, Eschmann, & Zuccolotto, 2002), om de goede en de foute responses te registreren.

### **Scoring en datareductie**

De opnames van vier kinderen waren mislukt, omdat het aantal handelingen onduidelijk was of de video-opname voortijdig gestopt werd en zijn verwijderd uit de uiteindelijke analyse. Daarom zijn van 37 kinderen de data gebruikt voor analyse. De opnames zijn opgedeeld per tandwieltaak. Een opname startte op het moment dat het kind voor het eerst interacteerde met de materialen en eindigde vlak voordat het kind de gehele tandwielbaan liet draaien of interacteerde met de testleider. Zodoende ontstonden er drie fragmenten per kind. Elk fragment werd vervolgens opgedeeld in tijdsfragmenten van zes seconden. Per tijdsfragment werd vervolgens het aantal handelingen geteld en gecodeerd in het softwareprogramma Mediacoder (Steenbeek & Bos, 2009). Per tijdsfragment is het gemiddelde aantal handelingen per minuut over de drie tandwieltaken berekend. Hiervoor werd een variabele

aangemaakt in het softwareprogramma SPSS (IBM Corp., 2012) welke gebruikt werd voor de analyses. Vervolgens werd een score toegekend aan het maximaal getoonde inzichtniveau binnen het betreffende tijdsfragment. Hiervoor werd een variabele aangemaakt in SPSS (IBM Corp., 2012).

Er werd door alle betrokken onderzoekers een coderingstraining gevolgd om de consistentie in coderingen te vergroten. Er is een inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid analyse door middel van Cohen's Kappa uitgevoerd om de consistentie van de coderingen tussen de onderzoekers te meten. De inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid voor exploratie intensiteit was Kappa = .10 ( $p < .01$ ). Dit is een kleine consistentie (Landis & Koch, 1977). Deze variabele kan daarom niet meegenomen worden in de analyses, omdat het geen betrouwbaar beeld schetst van de werkelijkheid. De inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid voor inzichtverwerving tijdens exploratie was Kappa = .49 ( $p < .01$ ). Dit is een matige consistentie (Landis & Koch, 1977). Daarom wordt deze variabele wel gebruikt voor de analyses.

Voorafgaand aan de analyses werden de assumpties voor multiple regressie getoetst. Aan de assumpties van onafhankelijkheid en multicollineariteit werd voldaan. De data bevatte geen uitschieters ( $> 3 SD$ 's). Uit visuele inspectie van de *scatterplots* van alle voorspellende variabelen, waarbij de voorspellende variabele op de x-as werd afgezet en het gestandaardiseerde residu op de y-as werd afgezet, bleek dat de residuen normaal verdeeld waren en dat aan de assumptie van lineariteit en homoscedasticiteit werd voldaan. Uit de Shapiro-Wilk test is gebleken dat de prestatie op de computertaak (conditie één) en gemiddeld inzichtniveau (conditie twee) niet normaal verdeeld zijn. Door middel van data transformatie (Howell, 2007; Tabachnick & Fidell, 2007) in SPSS, werd alsnog een normale verdeling gecreëerd. Dit bleek geen positieve invloed te hebben op de uitkomsten van de analyses. Daarom werd de 'ongetransformeerde' data gebruikt voor de analyses. Dit betekent dat de data niet voldeed aan de assumptie van normaliteit. Daarom zullen de resultaten met voorzichtigheid moeten worden geïnterpreteerd. Een reden hiervoor is dat bij een niet normale verdeling uitschieters een grotere, onevenredige impact hebben op de relatie tussen twee variabelen, dan de overige data. Wanneer wel aan de assumptie van normaliteit was voldaan, zou dit effect in mindere mate aanwezig zijn geweest.

### Data analyse

Middels een multiple regressie analyse werd het effect van inzichtverwerving tijdens exploratie op de prestatie op de computertaak gemeten. Hiervoor werd een regressie analyse uitgevoerd tussen inzichtverwerving tijdens exploratie (onafhankelijke variabele) en de prestatie op de computertaak (afhankelijke variabele). Conditie, sekse en leeftijd werden meegenomen in de regressie analyse, ter controle van het effect op de data.

### Resultaten

De gemiddelde tijdsduur van de drie tandwieltaken in de eerste conditie was 2.74 minuten per taak. In de tweede conditie was de gemiddelde tijdsduur 8.57 minuten per taak. Van inzichtverwerving tijdens exploratie en de prestatie op de computertaak werd een analyse gedaan van de beschrijvende statistieken (zie tabel 1). Van de schaal inzichtverwerving tijdens exploratie zijn zowel het gemiddeld getoond inzichtniveau (aangeduid als gemiddeld inzichtniveau), als het gemiddeld maximaal getoond inzichtniveau (aangeduid als maximaal inzichtniveau) over de drie tandwieltaken opgenomen als variabele in de analyses.

Tabel 1. *Beschrijvende statistieken*

	Conditie 1					Conditie 2				
	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Gemiddeld inzichtniveau	17	3.33	.50	2.71	4.74	20	3.26	.28	2.69	3.63
Maximaal inzichtniveau	17	4.61	.72	3.33	5.67	20	4.68	.61	3.67	5.67
Prestatie computertaak	17	24.65	4.32	14	29	20	21.40	7.06	6	30

*Noot.* *N* = aantal waarnemingen; *M* = gemiddelde; *SD* = standaard deviatie; *Min* = minimale score; *Max* = maximale score.

Om de proportie verklaarde variantie van gemiddeld en maximaal inzichtniveau, sekse en leeftijd in de prestatie op de computertaak te berekenen, werd een multiple regressie uitgevoerd. Om de grootte van de gevonden (significante) effecten vast te stellen werd gebruik gemaakt van de Cohen's  $f^2$ . Hierbij werden de volgende vuistregels voor de regressie analyses gehanteerd:  $f^2 = .02$  is een klein effect,  $f^2 = .15$  is een middelgroot effect, en  $f^2 = .35$  is een groot effect (Allen & Bennett, 2010). Het resultaat van de analyses werd significant bevonden bij  $p < .05$  van de *F*-toets.



Gemiddeld inzichtniveau, conditie, sekse en leeftijd verklaarden gezamenlijk een niet significant (NS) deel van 10.60 % van de variantie in de prestatie op de computertaak,  $R^2 = .10$ , aangepaste  $R^2 = -.01$ ,  $F(4, 32) = .94$ ,  $p = .45$ . De ongestandaardiseerde (B) en gestandaardiseerde ( $\beta$ ) regressie coëfficiënten voor elke onafhankelijke variabele worden vermeld in tabel 2.

Tabel 2. *Ongestandaardiseerde (B) en gestandaardiseerde ( $\beta$ ) regressie coëfficiënten voor elke onafhankelijke variabele in het regressiemodel waarin de prestatie op de nameting wordt voorspeld aan de hand van gemiddeld inzichtniveau.*

	B [95 % BI]	$\beta$
Gemiddeld inzichtniveau	.17 [-5.39 - 5.74]	.01
Conditie	-3.74 [7.99 - .52]	-.31
Sekse	.84 [-3.88 - 5.55]	.06
Leeftijd	-.22 [-.64 - .21]	-.18

*Noot.*  $N = 37$ . BI = betrouwbaarheidsinterval. \*  $p < .05$ .

Maximaal inzichtniveau, conditie, sekse en leeftijd verklaarden gezamenlijk een NS deel van 10.70 % van de variantie in de prestatie op de computertaak,  $R^2 = .10$ , aangepaste  $R^2 = -.01$ ,  $F(4, 32) = .96$ ,  $p = .44$ . De ongestandaardiseerde (B) en gestandaardiseerde ( $\beta$ ) regressie coëfficiënten voor elke onafhankelijke variabele worden vermeld in tabel 3. Op basis van de resultaten van de regressie analyses voor zowel het gemiddelde inzichtniveau als het maximaal inzichtniveau, wordt hypothese [1] dat inzichtverwerving tijdens exploratie een goede voorspeller is van de prestatie op de computertaak, niet aangenomen.

Tabel 3. *Ongestandaardiseerde (B) en gestandaardiseerde ( $\beta$ ) regressie coëfficiënten voor elke onafhankelijke variabele in het regressiemodel waarin de prestatie op de nameting wordt voorspeld door maximaal inzichtniveau.*

	B [95 % BI]	$\beta$
Maximaal inzichtniveau	-.37 [-3.62 - 2.88]	-.04
Conditie	-3.72 [-7.95 - .52]	-.31
Sekse	.94 [-3.62 - 5.51]	.07
Leeftijd	-.21 [-.64 - .22]	-.17

*Noot.*  $N = 37$ . BI = betrouwbaarheidsinterval. \*  $p < .05$ .

### Discussie

De eerste hypothese die onderzocht werd, was dat inzichtverwerving tijdens exploratie een goede voorspeller is van de prestatie op de computertaak. Dixon en Dohn (2003) concluderen namelijk dat wanneer men zelf een bepaald principe of strategie ontdekt in een taak, men het opgebouwde inzicht beter kan inzetten in een andere taak, dan wanneer men dit principe of deze strategie niet zelf heeft ontdekt. Uit voorgaand onderzoek wordt het bovendien aannemelijk geacht dat er een verband is tussen zowel verbale (Fischer, 1980) als non-verbale (Schubert & Semin, 2009) inzichtverwerving tijdens exploratie en prestatie.

Inzichtverwerving tijdens exploratie werd gemeten met behulp van de inzichtschaal van Fischer (1980). Uit dit onderzoek is gebleken dat er geen effect is van inzichtverwerving tijdens exploratie op de computertaak en op basis van dit resultaat wordt de hypothese niet aangenomen. Een mogelijke verklaring voor dit resultaat zou de complexiteit van de taken kunnen zijn. Een aantal kinderen deed namelijk zeer lang over de exploratietaken waardoor het proces af en toe leek te stagneren, doordat kinderen bijvoorbeeld lange tijd naar de materialen starden of herhaaldelijk een verkeerde strategie toepasten. Wanneer een taak een te hoog inzicht vereist van het kind, kan het moeilijk worden om van de taak te leren en het inzicht te vergroten (Yan & Fischer, 2007). Vygotsky (1963) stelt daarentegen dat wanneer een kind een bepaald inzichtniveau heeft, deze juist uitgedaagd moet worden in de zone van naaste ontwikkeling. Het kind krijgt dan een taak die uitstijgt boven het eigen niveau zodat het extra uitgedaagd wordt om te leren (Kozulin, Gindis, Ageyev, & Miller, 2003). Mogelijk waren de tandwieltaken in dit onderzoek voor sommige kinderen te complex en vielen deze qua niveau niet meer binnen de zone van naaste ontwikkeling, maar juist ver daar buiten. Daarnaast zou het kunnen zijn dat ondanks dat in de exploratiefase en de computertaak hetzelfde principe werd nagestreefd, de taken teveel van elkaar verschilden, waardoor het opgedane inzicht in de exploratiefase moeilijk toe te passen was in de computertaak. Toekomstig onderzoek zou zich kunnen richten op de invloed van de omgeving op exploratiegedrag. Het is hierbij belangrijk dat de omgeving zodanig ingericht wordt, dat een inzicht uitlokkend effect ontstaat.

Er bestaat tot op heden nog weinig onderzoek naar de relatie tussen de ontwikkeling van inzicht en prestatie binnen het techniekonderwijs. Er zou meer onderzoek gedaan kunnen worden om ondersteuning te vinden voor de samenhang tussen het non-verbale exploratiegedrag en inzicht. Non-verbaal exploratiegedrag zou namelijk wel degelijk invloed

hebben op het verkrijgen van inzicht als gevolg van de interactie van de mens met diens omgeving (Smith & Gasser, 2005). In tegenstelling tot het huidige onderzoek keek Fischer (1980) naar het verbale gedrag met betrekking tot het verband tussen inzichtverwerving tijdens exploratie en prestatie. Het coderen van non-verbaal gedrag zoals in het huidige onderzoek is lastiger, maar heeft een vernieuwend karakter op het gebied van onderzoek binnen techniekonderwijs.

De tweede hypothese die onderzocht werd, was dat de mate van exploratie intensiteit een goede voorspeller is van de prestatie op de computertaak. Er werd verwacht dat een hoge mate van interactie met de omgeving een goede voorspeller is van de prestatie in een andere situatie. Dus dat hoe meer het kind interacteert met de tandwielen, des te meer inzicht het zou verwerven in de tandwieltaak en des te hoger de prestatie op de computertaak zou zijn (Alibali et al., 2011; Chu & Kita, 2008, 2011; Wilson, 2002). Uit voorgaand onderzoek blijkt namelijk dat de hoeveelheid handelingen een positief effect hebben op prestatie (Chu & Kita, 2011; Fischer, 1980; Fischer & Bidell, 2006; Schubert & Semin, 2009; Smith & Gasser, 2005). Door een te kleine consistentie tussen de onderzoekers in het tellen van het aantal handelingen, was de data van de variabele exploratie intensiteit niet bruikbaar voor analyse. Daarom werd deze variabele verwijderd uit het onderzoek en kon er geen onderzoek worden gedaan naar deze hypothese.

Een verklaring voor deze kleine consistentie zou kunnen zijn gelegen in de onderlinge afspraken tussen de onderzoekers over de definitie van 'een handeling' of 'een aanraking'. Daardoor zou het kunnen zijn dat de ene onderzoeker bepaalde handelingen als één handeling heeft geteld, terwijl een andere onderzoeker dit misschien als twee handelingen heeft geteld. Een voorbeeld hiervan is het pakken van een tandwiel uit de bak en het overbrengen naar de andere hand. Over het aantal aanrakingen binnen deze handeling is discussie mogelijk. Het overbrengen naar de andere hand kan als een tweede handeling worden gezien, omdat er met de andere hand een nieuwe aanraking plaatsvindt. Desondanks kan dit ook worden gezien als één handeling, omdat er geen aanraking met nieuwe materialen plaatsvindt. In toekomstig onderzoek is het dan ook raadzaam dat men vooraf tot een eenduidige definitie komt van het begrip 'aanraking' en 'handeling'.

Vervolgens is getracht om een uitspraak te doen over de grootte en de richting van de samenhang tussen exploratie intensiteit en inzichtverwerving tijdens exploratie. De derde

hypothese die onderzocht werd, was dat er een positieve relatie is tussen exploratie intensiteit en inzichtverwerving tijdens exploratie in tandwieltaak één. Chu en Kita (2011) geven namelijk aan dat er een positief verband bestaat tussen het aantal handelingen en inzichtverwerving tijdens de eerste fase van exploratie. Bovendien blijkt uit het onderzoek van Chu en Kita (2011) dat wanneer een bepaald inzichtniveau wordt bereikt en het inzicht stabiliseert, de exploratie intensiteit in de laatste fase van het exploratieproces afneemt. Hieruit werd de vierde hypothese afgeleid, namelijk dat er een negatieve relatie is tussen exploratie intensiteit en inzichtverwerving tijdens exploratie in tandwieltaak drie. Beide hypothesen konden echter niet onderzocht worden ten gevolge van de lage consistentie van de variabele exploratie intensiteit.

Een tweede verklaring voor de kleine consistentie in de variabele exploratie intensiteit zou kunnen zijn gelegen in de complexiteit en de duur (exploratietijd) van de tandwieltaken. Op het videomateriaal van de filmpjes met een lange tijdsduur was te zien dat er soms passief gedrag ontstond bij het kind, waarbij gedurende langere tijd materialen in de hand werden gehouden en minuscule bewegingen met de vingers werden gemaakt. Sommige kinderen deden mogelijk langer over een bepaalde tandwieltaak door de complexiteit van die taak. De complexiteit van de derde tandwieltaak was mogelijk voor sommige kinderen zo hoog dat de handelingen willekeurig en niet doelgericht waren en er nauwelijks sprake was van inzichtverwerving tijdens exploratie, waardoor het leerproces stagneerde. Door die minuscule handelingen werd het tellen van het aantal handelingen bemoeilijkt. Daarnaast gebruikte een aantal kinderen zowel de linker als de rechterhand tegelijkertijd. Het programma Mediacoder (Steenbeek & Bos, 2009) bevatte weliswaar een '*slow motion*' functie, maar deze functie werkte niet. Doordat het videomateriaal in normale snelheid werd afgespeeld, was het soms nauwelijks mogelijk om alle handelingen van beide handen tegelijkertijd te tellen. Dit zou een derde verklaring kunnen zijn voor de kleine consistentie in de variabele exploratie intensiteit.

In vervolgonderzoek zou het interessant zijn om de tandwieltaken uit het huidige onderzoek uit te breiden naar versnellingen. Het is dan van belang dat deze de juiste mate van complexiteit bevat, zodat deze niet te makkelijk of juist te moeilijk wordt, maar juist uitdagend is. Dit sluit aan bij de theorie van Vygotsky (1963), die stelt dat het uitdagen van een kind met een bepaald inzichtniveau in de zone van naaste ontwikkeling belangrijk is voor het leerproces (Kozulin et al., 2003).

### **Sterke kanten en beperkingen**

Eén van de sterke kanten van dit onderzoek is dat het is uitgevoerd in een, voor alle onderzochte kinderen, identieke omgeving (Meindersma et al., 2012). Met een identieke omgeving beoogden wij de verschillen in testsituaties te verkleinen en er voor te zorgen dat de oorzaak van inconsistenties niet te wijten is aan een verschillende testomgeving van de kinderen. Daarnaast is door de operationalisatie van het non-verbale gedrag volgens de inzichtschaal van Fischer (1980) door De Bordes (2013) en het volgen van een coderingstraining door alle onderzoekers, getracht om de consistentie van het coderen te vergroten. Voorafgaand aan het onderzoek was een protocol opgesteld, dat ertoe heeft geleid dat alle onderzoekers dezelfde informatie ontvingen. Een laatste sterke kant is dat het onderzoek vernieuwend is als het gaat om de invloed van non-verbale inzichtverwerving tijdens exploratie op de prestatie in een andere situatie.

Het huidige onderzoek heeft echter ook een aantal beperkingen. Zoals eerder genoemd was de consistentie voor de variabele exploratie intensiteit klein. De onderzoekers gaven bijvoorbeeld aan dat het beeld van het videomateriaal niet scherp genoeg was, waardoor het moeilijk zichtbaar was welke handeling werd uitgevoerd. Hierbij gaven de onderzoekers aan dat het beter zou zijn om de camera's lager te plaatsen en van de voorzijde te filmen, zodat de handelingen beter zichtbaar zijn. De consistentie voor de variabele inzichtverwerving tijdens exploratie was matig. De uiteenlopende interpretatie van het codeboek (met name op inzichtniveau vier, vijf en zes) zou hiervoor een verklaring kunnen zijn. Achteraf bleek er onduidelijkheid over het toekennen van een score wanneer het kind meerdere tandwielen in beweging bracht. Hiervoor kon zowel de score vier, vijf als zes worden toegekend, afhankelijk van de interpretatie van het codeboek. De matige consistentie in het gecodeerde videomateriaal bevestigt mogelijk deze veronderstelling. Dit heeft waarschijnlijk invloed gehad op de data. Tot slot wordt binnen dit soort onderzoek de data normaliter door ongeveer twee mensen gecodeerd. In het huidige onderzoek werd de data echter door vijf onderzoekers gecodeerd. Dit kan invloed hebben gehad op de betrouwbaarheid. Toekomstige onderzoekers wordt sterk aanbevolen om vooraf tot een eenduidige definitie van het begrip 'aanraking' en 'handeling' te komen.

### **Conclusie**

Door middel van dit onderzoek beoogden wij inzicht te krijgen in het exploratieproces als leerproces. Wij wilden de wijze waarop exploratiegedrag tot inzicht leidt in kaart brengen.

Binnen het huidige onderzoek is dit niet gelukt, vanwege een gebrek aan ondersteuning voor de hypothese. Op basis van voorgaand onderzoek, waaruit blijkt dat exploratiegedrag als leerproces zeer effectief is (Hmelo-Silver et al., 2007), geloven wij in de noodzaak van meer kennis op dit gebied. De positieve ontwikkelingen op het gebied van bètawetenschap binnen het onderwijs, zoals het ontstaan van verschillende initiatieven die bijdragen aan de kwaliteitsslag binnen het (basis)onderwijs, ondersteunen dit.

In toekomstig onderzoek is het van belang dat er wordt nagegaan hoe men tot een grotere consistentie van de variabele exploratie intensiteit kan komen. Daarnaast zouden toekomstige onderzoekers in kunnen gaan op het exploratiegedrag als leerproces en de manier waarop dit exploratiegedrag leidt tot inzicht, door te onderzoeken wat de invloed van de omgeving op het non-verbale exploratiegedrag van kinderen is. Daarbij is het van belang dat de omgeving zodanig ingericht wordt dat effectief onderzocht kan worden binnen welke omgeving het exploratiegedrag wordt bevorderd. Het opbouwen van inzicht kan niet buiten de context van het onderwijs die hier een bijdrage toe heeft (Valzeno, Alibali, & Klatzky, 2003; Van Geert & Steenbeek, 2005). Bovendien is gebleken dat het uitdagen van een kind door de leerkracht effectief is (Van de Pol, Volman, & Beishuizen, 2010). De leerkracht kan bijvoorbeeld het kind vragen verbaal te beredeneren wat het aan het doen is en waar dit toe leidt, om het exploratiegedrag te bevorderen.

Met die kennis hopen we dat het onderwijsprogramma op het gebied van wetenschap en techniek beter zal aansluiten op het leerproces van kinderen. Mogelijk zal de nieuwe generatie daardoor worden gemotiveerd en gestimuleerd om hun competenties op het gebied van wetenschap en techniek te ontwikkelen. Wij hopen dat dit zal leiden tot een grotere uitstroom van het aantal bèta afgestudeerden en een toename van het aantal technici op de arbeidsmarkt.

## Referenties

- Alibali, M. W., Spencer, R. C., Knox, L., & Kita, S. (2011). Spontaneous gestures influence strategy choices in problem solving. *Psychological Science, 22*, 1138-1144.  
doi:10.1177/0956797611417722
- Allen, P., & Bennett, K. (2010). *PASW Statistics by SPSS. A practical guide*. Cengage Learning Emea.
- Anderson, M. L. (2003). Embodied cognition: A field guide. *Artificial Intelligence, 149*, 91-130. doi:10.1016/s0004-3702(03)000547
- Bronfenbrenner, U. (1979). *The ecology of human development: Experiments by nature and design*. Harvard university press.
- Bruner, J. S. (1971). The growth and structure of skill. In: K. J. Connolly (Ed.), *Mechanisms of motor skill development*. New York: Academic press.
- De Bordes, P. F. (2013). Coderingschema's non-verbaal gedrag. Universiteit van Utrecht.
- De Bordes, P. F. (2013). Protocol tandwielexperiment. Universiteit van Utrecht.
- 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
- Dixon, J. A., & Bangert, A. S. (2002). The prehistory of discovery: Precursors of representational change in solving gear system problems. *Developmental Psychology, 38*, 918-933. 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.
- Ellis, R., & Tucker, M. (2000). Micro-affordance: The potentiation of components of action by seen objects. *British Journal of Psychology, 91*, 451-471.
- 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
- Fischer, K. W. (1980). Theory of cognitive development: The control and construction of hierarchies of skills. *Psychological Review, 87*, 477-531.
- Fischer, K. W., & Bidell, T. R. (2006). Dynamic development of action and thought. In: *Handbook of Child Psychology, 1*, 313-399.
- Garber, P., & Goldin-Meadow, S. (2002). Gestures offers insight into problem-solving in adults and children. *Cognitive Science, 26*, 817-831.
- Goldin-Meadow, S., Nusbaum, H., Kelly, S. D., & Wagner, S. (2001). Explaining math: Gesturing lightens the load. *Psychological Science, 12*, 516-522.
- Hmelo-Silver, C. E., Golan Duncan, R., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychology, 42*, 99-107.
- Howell, D. C. (2007). *Statistical methods for psychology* (6th ed.). Belmont, CA: Thomson Wadsworth.
- IBM Corp. (2012). *IBM SPSS Statistics for Windows*, version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Kozulin, A., Gindis, B., Ageyev, V. S., & Miller, S. M. (2003). *Vygotsky's educational theory in cultural context*. Cambridge University press, 39-63.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics 33*, 159-174.



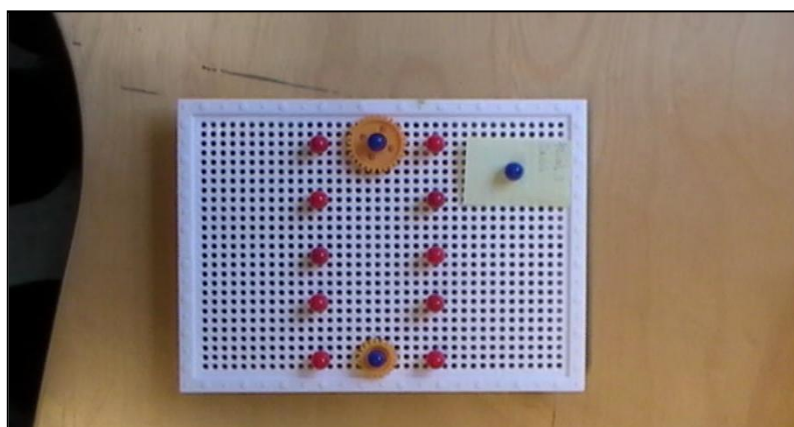
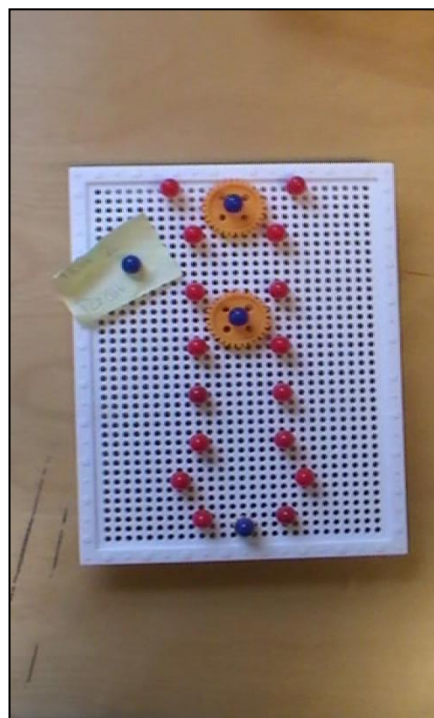
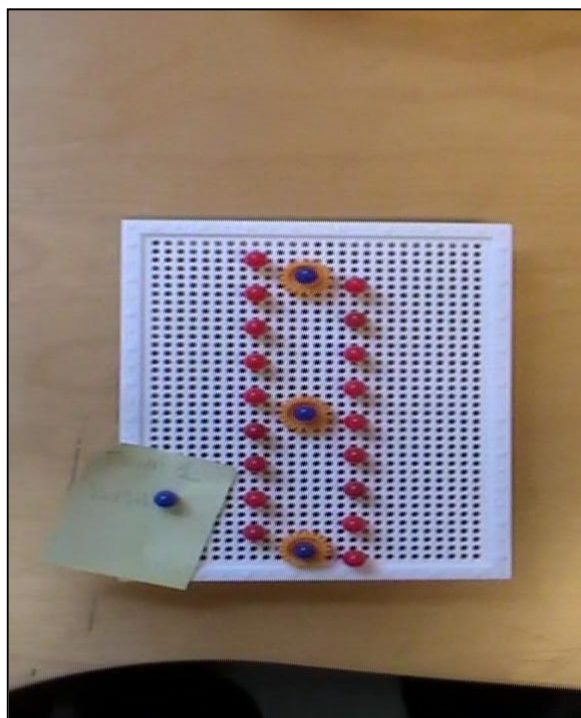
- Meindertsma, H. B., Dijk, M. W. G., Steenbeek, H. W., & Geert, P. L. C. (2012). Application of skill theory to compare scientific reasoning of young children in different tasks. *Netherlands Journal of Psychology*, *67*, 9-19.
- Miller, P. H. (2002). Order in variability, variability in order. Why it matters for theories of development. *Human Development*, *45*, 161-166.
- 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.
- Piaget, J. (1952). *The origins of intelligence in children* (Translated by M. Cook). New York: International Universities Press.
- Schneider, W., Eschmann, A., & Zuccolotto, A. (2002). *E-Prime user's guide*. Pittsburgh: Psychology Software Tools Inc.
- Schubert, T. W., & Semin, G. R. (2009). Embodiment as a unifying perspective for psychology. *European Journal of Social Psychology*, *39*, 1135-1141.  
doi:10.1002/ejsp.670
- Schulz, L. E., Gopnik, A., & Glymour, C. (2007). Preschool children learn about causal structure from conditional interventions. *Developmental Science*, *10*, 322-332.  
doi:10.1111/j.1467-7687.2007.00587.x
- Siegler, R. S. (2007). Cognitive variability. *Developmental Science*, *10*, 104-109.  
doi:10.1111/j.1467-7687.2007.00571.x
- Skinner, B. F. (1938). *The behavior of organisms*. New York: Appleton Century Crofts.
- Smith, L. B. (2005). Cognition as a dynamic system: Principles from embodiment. *Developmental Review*, *25*, 278-298. doi:10.1016/j.dr.2005.11.001
- Smith, L. B., & Gasser, M. (2005). The development of embodied cognition: Six lessons from babies. *Artificial Life*, *11*, 13-29.

- Steenbeek, H., & Bos, J. (2009). *Mediacoder*. Rijksuniversiteit Groningen: Instrumentatiedienst Psychologie (computer software).
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2007). *Using multivariate statistics* (5th ed.). Boston: Allyn and Bacon.
- Techniekpact (2013). Geraadpleegd op mei 16, 2013, van [www.techniekpact.nl](http://www.techniekpact.nl).
- Thelen, E., & Schönner, G. (2001). The dynamics of embodiment: A field theory of infant perseverative reaching. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 1-86.
- Topsectoren van de Nederlandse Economie (2012). *Masterplan Bèta en Technologie*, 7-8.
- Valenzeno, L., Alibali, M. W., & Klatzky, R. (2003). Teachers' gestures facilitate students' learning. A lesson in symmetry. *Contemporary Educational Psychology*, 28, 187-204.
- Van de Pol, J., Volman, M., & Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in teacher-student interaction: A decade of research. *Educational Psychological Review*, 22, 271-296.
- Van Geert, P., & Steenbeek, H. (2005). The dynamics of scaffolding. *New Ideas in Psychology*, 23, 115-128.
- Van Oers, P. (2010). Kinder in (spiegel)beeld – videoanalyse van bètatalenten van jonge kinderen. *Panama-Post*, 3, 3-11.
- Vygotsky, L. S. (1963). Learning and mental development at school age. In: B. Simon, & J. Simon (Eds.), *Educational Psychology in the U. S. S. R*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Werner, H. (1948). *Comparative psychology of mental development*. New York: Science Editions.
- Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9, 625-636.
- Yan, Z., & Fischer, K. (2002). Always under construction. Dynamic variations in adult

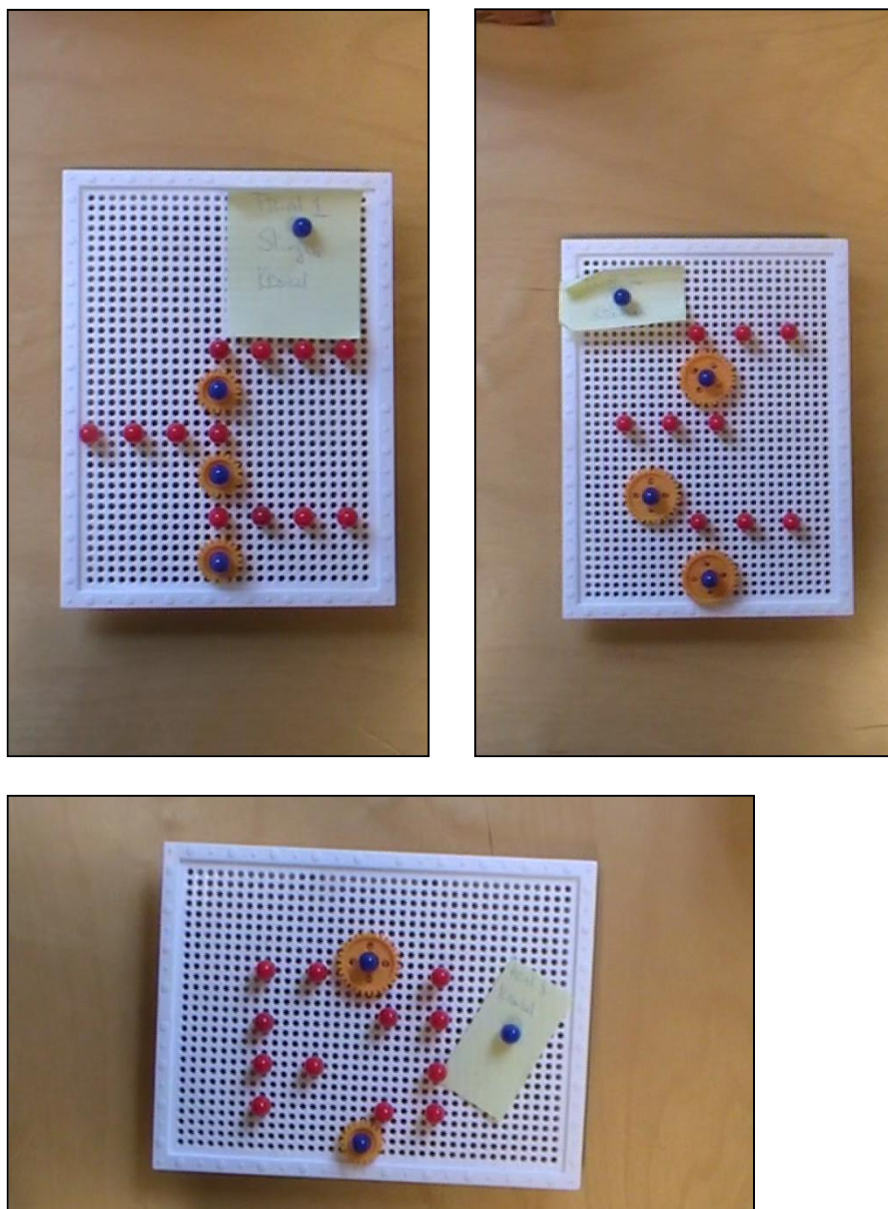
cognitive microdevelopment. *Human Development*, 45, 141-160.

doi:10.1159/000057070

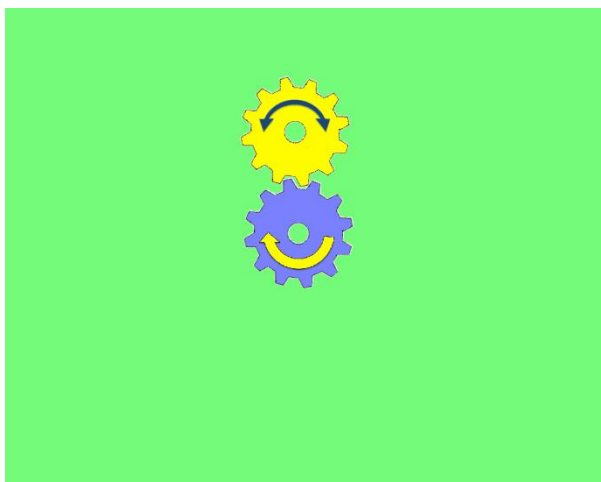
Yan, Z., & Fischer, K. (2007). Pattern emergence and pattern transition in microdevelopmental variation: Evidence of complex dynamics of developmental processes. *Journal of Developmental Processes*, 2, 39-62.

**Bijlage 1** Rechte tandwielbaan

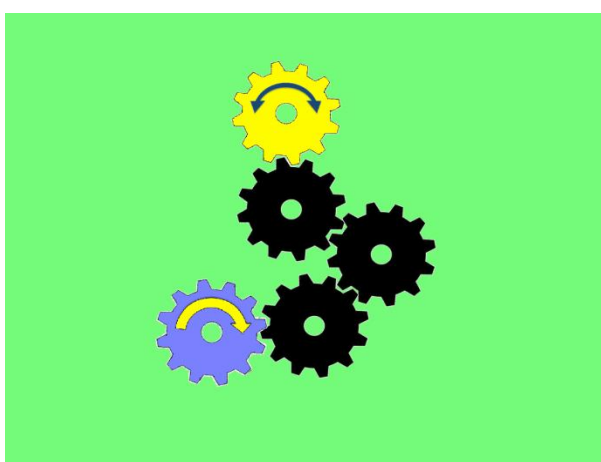
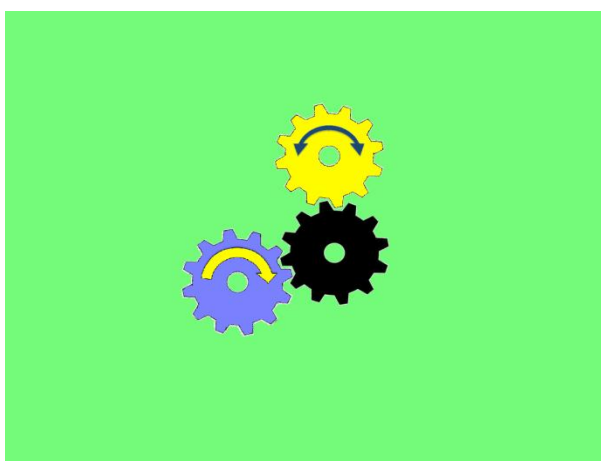
*Afbeelding 1.* Opzet van trial 1, 2 en 3 van de rechte tandwielbaan (conditie één; De Bordes, 2013).

**Bijlage 2** Gekronkelde tandwielbaan

*Afbeelding 2.* Opzet van trial 1, 2 en 3 van de gekronkelde tandwielbaan (conditie twee; De Bordes, 2013).

**Bijlage 3** Computertaak

*Afbeelding 3.* De demonstratie van de tandwielbaan die tijdens de instructie aan het kind werd getoond (De Bordes, 2013).



*Afbeelding 4.* Twee voorbeelden van opgaven tijdens de computertaak (De Bordes, 2013).

**Bijlage 4** Coderingsschema's non-verbaal gedrag op basis van de inzichtschaal van Fischer (1980; De Bordes, 2013).

---

Sensomotorische stadium

---

Inzichtlevel	Omschrijving	Voorbeeld
0: Niets doen/kijken	Als ze geen acties uitvoeren	Ze doen niets, ze kijken alleen. <i>Als een kind blijft friemelen (krijgt bijvoorbeeld de pin er niet in) met twee handen en gedurende één fragment of over meerdere fragmenten zonder te stoppen/onderbreken bezig blijft met deze handeling, krijgt dit code nul. Aan het inzicht niveau zie je dan dat ze nog bezig is op hetzelfde niveau.</i>
1: Sensomotorische actie	Op zichzelf staande simpele acties	Een tandwiel of pin of mat vastpakken of neerleggen.
2: Sensomotorische mapping	Het combineren van acties/objecten zonder causatie (geen 'actie → reactie')	Een tandwiel vastmaken op de mat met een pin zonder dat het een ander tandwiel raakt.
3: Sensomotorisch systeem	Het combineren van acties/objecten wat zorgt voor causatie door actie zelf (actie → reactie object)	Een tandwiel op de mat zetten tegen een tandwiel aan die er al staat.
4: Enkele representatie	Het combineren van acties/objecten wat zorgt voor causatie via object (actie - reactie object → reactie object)	Eén tandwiel laten draaien door aan een ander tandwiel te draaien (met of zonder pinnen erin).

---

*Noot.* Toevoegingen van de onderzoekers ten aanzien van het coderen worden cursief weergegeven.

---

 Representatieve stadium
 

---

Inzichtlevel	Omschrijving	Voorbeeld
4: Enkele representatie	Het combineren van acties/objecten wat zorgt voor causatie via object (actie - reactie object → reactie object)	Eén tandwiel laten draaien door aan een ander tandwiel te draaien (met of zonder pinnen erin).
5: Representationele mapping	Het combineren van acties/objecten wat zorgt voor causatie met tussenstap (actie → reactie → reactie) of twee causaties (actie één → reactie één en actie twee → reactie twee)	Een tandwiel aandraaien zodat een tweede en minstens een derde tandwiel gaan draaien. <i>Er moeten minimaal vier tandwielen aangedreven worden; draaien aan de twee uiterste tandwielen van de baan om te kijken of deze in dezelfde richting draaien.</i>
6: Representationele systeem	Acties waaruit blijkt dat het kind het gehele mechanisme begrijpt.	Aan een eerste tandwiel draaien en tegelijkertijd de draairichting van een derde, vijfde en zevende tandwiel observeren (door bijvoorbeeld met de vingers te voelen). <i>Het kind laat de tandwielbaan draaien en met de andere hand raakt het ook de baan/tandwiel aan.</i> <i>Het kind heeft het even-oneven principe door en is te zien aan:</i> <i>- Terwijl ze draait de oneven tandwielen voelt</i>

---



- *Terwijl ze draait met  
handbewegingen de  
alternerende draaibeweging  
van de tandwielen laat zien.*
- *Een tandwiel weghalen  
waardoor 'de bochten'  
oneven worden en de baan  
klopt (de drie wielen draaien  
dezelfde kant op).*
- *Of wanneer het kind  
halverwege trial drie  
(kronkelbaan) aan het eerste  
en tweede blauwe tandwiel  
draait. Dus een deel van de  
baan is af en het even/oneven  
principe wordt begrepen.*
- *Draaien aan de twee  
uiterste tandwielen van de  
baan terwijl ze dezelfde kant  
op gaan.*

---

*Noot.* Toevoegingen van de onderzoekers ten aanzien van het coderen worden cursief weergegeven.