

**Inzichtverwerving in wetenschap en techniek;**

Verbaal inzichtniveau, prestatie, taalvaardigheid en rekenvaardigheid

Masterthesis

Universiteit Utrecht

Masteropleiding Pedagogische wetenschappen

Masterprogramma Orthopedagogiek

Lineke J. H. Spiele, 3794636

Suzanne van Vliet, 3347982

Begeleider: Drs. P. F. de Bordes

2<sup>o</sup> Beoordelaar: Prof. P.P.M. Leseman

Inleverdatum: 21-06-2013

### ***Voorwoord***

*Beide auteurs waren verantwoordelijk voor het schrijven van de masterthesis. Zij hebben goed samengewerkt en het merendeel van de onderdelen samen geschreven. L. Spiele heeft de vraagstelling met betrekking tot taalvaardigheid ontworpen en de bijbehorende literatuur beschreven in de inleiding en discussie. S. van Vliet heeft de vraagstelling met betrekking tot rekenvaardigheid ontworpen en de bijbehorende literatuur beschreven in de inleiding en discussie. De 'Skill Theory' is uitgewerkt door S. van Vliet en de 'Representational Redescriptive Theory' is uitgewerkt door L. Spiele. In de methode zijn voor de eerste versie de kopjes onderverdeeld, S. van Vliet schreef de onderdelen participanten en meetinstrumenten en L. Spiele de onderdelen procedure en data-analyse. Daarna is de methode echter geheel aangepast, wat volledig gezamenlijk is gebeurd. Verder zijn alle onderdelen gezamenlijk bedacht en uitgeschreven. De auteurs hebben het een leerzame ervaring gevonden en hebben veel aan de begeleiding van drs. P.F. de Bordes gehad. Het uitvoeren van het experiment op de school vonden de auteurs het leukste gedeelte. De data analyse in SPSS was de grootste uitdaging gezien het feit dat de verworven kennis op dit gebied ietwat was weggezaakt. De auteurs zijn drs. P.F. de Bordes erg dankbaar voor alle opbouwende feedback, de school in Veenendaal voor zijn gastvrijheid en medewerking, Field (2009) voor hulp bij de analyses en tot slot elkaar voor de fijne samenwerking.*

### Samenvatting

De huidige studie heeft zich gericht op inzichtverwerving op het gebied van wetenschap en techniek bij kinderen op de basisschool. Er werd onderzocht of er een relatie bestaat tussen twee maten van inzicht; verbale uitingen gemeten met de inzichtschaal van Fischer, en prestatie op een wetenschap en techniek taak waarbij mechanische aandrijving met tandwielen centraal stond. Daarnaast werden de schoolse vaardigheden taal en rekenen meegenomen in de analyses. Als maat hiervoor werden de Cito Begrijpend lezen en de Cito Rekenen-wiskunde gebruikt. Er werd verondersteld dat taalvaardigheid gerelateerd was aan verbaal inzichtniveau en dat rekenvaardigheid gerelateerd was aan de prestatie op de taak. Voor deze studie zijn 34 kinderen in de leeftijd van 10 jaar getest op een reguliere basisschool. Deze kinderen voerden op de computer een tandwieltaak uit en moesten vervolgens vertellen hoe de taak was opgelost. Er werd een relatie gevonden tussen verbale uitingen gemeten met de inzichtschaal van Fischer en prestatie op de tandwieltaak. Tevens werd er een relatie gevonden tussen rekenvaardigheid en prestatie op de taak. Er werd geen relatie gevonden tussen taalvaardigheid en verbale uitingen gemeten met de inzichtschaal van Fischer. Dit onderzoek levert kennis over de relatie tussen het verbale inzichtniveau en prestatie en de relatie tussen mechanische redenering en schoolse vaardigheden. Dit kan gebruikt worden bij het stimuleren van W&T in het onderwijs.

*Kernwoorden:* Inzicht, verbale uitingen, inzichtschaal van Fischer, Wetenschap en Techniek, prestatie, schoolse vaardigheden

### Abstract

The current study focussed on the question how children in primary schools learn to understand the mechanical rotation of gear wheels. It examined the relationship between two measures of insight: verbal reporting measured with the Fisher scale and performance on a scientific task that required mechanical rotation using gear wheels. The standardized tests ‘Cito Begrijpend lezen’ and ‘Cito Rekenen-wiskunde’ were used as measures for language and arithmetic, as they are taught in primary schools. It was presumed that there was a relationship between language and verbal reporting about the scientific task that required mechanical rotation using gear wheels, and between arithmetic and performance on the scientific task. The study examined 34 children aged 10 years old that attended a regular primary school. These children were asked to execute a scientific task on a computer, after which they had to verbally explain how they solved this task. A relationship was found between verbal reporting measured with the Fisher scale and performance on a scientific task that required mechanical rotation. There was also a relationship between arithmetic and performance on the scientific task. No relationship was found between language and verbal reporting about the scientific task. This study contributes to the knowledge of the relationship between verbal reporting and performance on a scientific task that required mechanical rotation using gear wheels, and the relationship mechanical reasoning and educational subjects. This knowledge might be beneficial for stimulating science education in primary schools.

*Keywords:* Perception, verbal reports, Fisher scale, science task, performance, educational subjects

Er is in het basisonderwijs momenteel te weinig aandacht voor techniek. Het beeld dat leerlingen ontwikkelen van techniek in hun dagelijks leven en als mogelijkheid voor vervolgonderwijs blijft daardoor te beperkt (Van Graft, 2009). Als gevolg hiervan dreigt een tekort aan technisch opgeleide krachten te ontstaan, terwijl technisch onderwijs in Nederland belangrijk is voor de economie (Redactie Trouw, 2012). Het kabinet en het bedrijfsleven nemen daarom maatregelen om het tekort aan technisch personeel te verminderen. Hierbij kan gedacht worden aan het stimuleren van techniekonderwijs op de basisschool. Onderzoek wijst namelijk uit dat wanneer kinderen al vroeg in hun ontwikkeling onderwijs krijgen op het gebied van wetenschap en techniek, dit hun interesse vergroot en tot betere prestaties leidt op dit gebied (Eshach & Fried, 2005; Barnett & Belfield, 2006).

Om de vraag te beantwoorden hoe talent voor wetenschap en techniek (W&T) bevorderd kan worden is het belangrijk antwoord te krijgen op de vraag hoe kinderen leren binnen dit vakgebied. Onderzoek van Yan & Fischer (2002) toonde aan dat er verschillende betekenisvolle patronen in de ontwikkeling van leren zijn en er niet altijd sprake is van een eenvoudige lineaire progressie van een laag niveau naar een hoger niveau. Wanneer kinderen met een nieuwe taak geconfronteerd worden is er sprake van een tijdelijke terugval van inzichtniveau, waarna ze de vaardigheid voor de nieuwe taak opbouwen en zo op een hoger inzichtniveau komen. Dit patroon waarin toename van inzicht gepaard gaat met tijdelijke terugval vlak voor de toename wordt 'scalping' genoemd (Yan & Fischer, 2002). Met betrekking tot de inzichtverwerving in W&T taken is er echter weinig onderzoek gedaan. Onderzoek toont wel aan dat kinderen spontaan hun representatie van fysieke, sociale en formele domeinen veranderen, maar ook hun strategieën om problemen op te lossen in deze domeinen (Siegler & Jenkins, 1989; Siegler, 1996, 1999). De vraag blijft echter hoe deze nieuwe inzichten tot stand komen. In het huidige onderzoek wordt nagegaan hoe kinderen inzicht verwerven in de principes van aandrijving, om een beter beeld te krijgen van de manier waarop talent voor wetenschap en techniek het beste bevorderd kan worden in het basisonderwijs.

Om te bekijken hoe kinderen inzicht verwerven is het belangrijk om te kijken naar de cognitieve ontwikkeling. Er is door de jaren heen veel onderzoek gedaan naar de processen die cognitieve ontwikkeling bij kinderen tot stand brengen (Siegler, 1994; Fischer, 1980; Karmiloff-Smith, 1992). Onderzoek naar het proces van conceptuele verandering in specifieke

wetenschappelijke fenomenen is daar een onderdeel van (Schwartz & Black, 1996; Dixon & Dohn, 2003).

Een theorie die een model heeft geboden om de cognitieve ontwikkeling (en daarmee samenhangend het verkrijgen van nieuwe inzichten) in kaart te brengen is de 'Skill Theory' van Fischer (1980). Deze theorie beschrijft de cognitieve ontwikkeling van personen, van baby tot volwassene, in een dynamisch kader en beschrijft ook het leerproces binnen leertaken. In tegenstelling tot de gedachte van Piaget (1983, 1985) ontwikkelen vaardigheden zich volgens de 'Skill theory' niet via vastgelegde algoritmes, maar via interactiepatronen binnenin een specifieke omgeving. De 'Skill theory' laat niet zien op wel niveau een kind *is*, maar wat een kind *kan* in deze situatie, hier en nu. Volgens deze theorie verloopt de cognitieve ontwikkeling door een reeks van tien hiërarchisch geordende niveaus die verdeeld kunnen worden over drie lagen. Hoe hoger het niveau, hoe meer inzicht het kind laat zien in de taak. De lagen specificeren vaardigheden op vaste verschillende domeinen: 'senso-motorische vaardigheden', 'representatie vaardigheden' en 'abstracte vaardigheden'. Niveau 1 tot en met 4 vormen samen de senso-motorische laag. In deze laag bestaan vaardigheden uit senso-motorische sets voor actie met betrekking tot objecten, personen en gebeurtenissen in de wereld. Er wordt begrepen hoe men zich moet gedragen met betrekking tot specifieke dingen in de wereld, maar men kan hier niet onafhankelijk van het gedrag over nadenken. Niveau 4 tot 7 maken samen de tweede laag, die van de representaties. Deze tweede laag is een cumulatie van de niveaus op de eerste laag; er ontstaat een set van representaties over de eigenschappen van objecten, gebeurtenissen en mensen waar onafhankelijk van direct gedrag over gedacht kan worden. De laatste laag, niveau 7 tot en met 10, is de cumulatie van senso-motorische vaardigheden en representaties en maakt de abstracte laag. Hier kan een persoon verbanden leggen tussen twee zogenoemde representatie systemen. Het kind kan verschillende systemen van de vorige niveaus integreren, hier controle over uitvoeren en een abstracte denk set over een algemeen object formuleren. Een vaardigheid op het hoogste niveau is genest in de vaardigheden op de lagere niveaus. De niveaus lopen dus op in complexiteit. Een hoger niveau betekent meer vaardigheid, maar er kan ook wel gezegd worden dat hoe hoger het niveau, hoe meer inzicht in de taak. De context wordt binnen de 'Skill theory' gezien als een intrinsiek belangrijk deel van het niveau van prestatie. In een omgeving waarbinnen weinig ondersteuning geboden wordt, presteert een persoon op een lager niveau.

Daarentegen kan een persoon in een omgeving waar er veel ondersteuning geboden wordt zijn optimale prestatieniveau behalen. Deze afstand tussen het functionele niveau en het optimale niveau wordt de ‘developmental range’ genoemd. Leren vindt volgens de ‘Skill theory’ binnen dit gebied plaats. Wanneer een persoon geconfronteerd wordt met een nieuwe taak, kan deze weer terecht komen op een lager niveau en vaardigheid opbouwen voor die nieuwe taak. Context beïnvloedt het verwerven van vaardigheden dusdanig, dat een nieuwe taak kan resulteren in een lager vaardigheidsniveau dan bij een bekende taak. Dit vormt ook een tegenstelling tot het vroegere model van cognitieve ontwikkeling van Piaget (1970), die stelde dat kinderen niet meer terugvallen naar een eerder ontwikkelingsstadium wanneer ze een hoger stadium bereikt hebben.

De ‘Representational Redescription Theory’ van Karmiloff-Smith (1986) geeft tevens een model om de ontwikkeling van kennis in kaart te brengen, maar betreft hierbij ook verbalisering. Dit model onderscheidt impliciete en verschillende niveaus van expliciete kennis. Hoe hoger het niveau, hoe bewuster een kind zich is van de kennis die toegepast kan worden en hoe meer de kennis gegeneraliseerd kan worden naar andere problemen. Het correct verbaliseren van de kennis die expliciet aanwezig is, is volgens dit model pas mogelijk op het hoogste niveau. Een verbale uiting kan dan gezien worden als een weergave van het inzichtniveau van het kind (Karmiloff-Smith, 1986). Er zijn meerdere studies geweest die geprobeerd hebben inzicht te meten aan de hand van verbale uitingen bij kinderen (Chien, Hsiung en Chen, 2009; Hsin en Wu, 2011; Butts, Hofman en Anderson, 1993). In dit onderzoek wordt getracht met behulp van de hierboven besproken ‘Skill Theory’ van Fischer inzicht te meten aan de hand van verbale rapportage (Fischer, 1980). Alle verbale uitingen van een persoon kunnen door middel van de ‘Skill theory’ gecodeerd worden met een complexiteitsniveau op een interval schaal. Hoe hoger de score op de inzichtschaal van Fischer, des te hoger is het getoonde inzicht. Daarnaast krijgen fouten en misverstanden hetzelfde complexiteitsniveau toegewezen als de correcte, omdat deze ook een complexiteitsniveau in zich hebben en het begin zijn voor complexer inzicht (Schwartz & Fischer, 2004). Onderzoek van Kapur (2010) toont namelijk aan dat fouten maken tijdens een taak niet automatisch leidt tot een slechtere prestatie. Dit wordt in de literatuur een ‘productieve fout’ genoemd. Door het maken van fouten, komen kinderen zelf tot een oplossingsstrategie waardoor het leerproces bevorderd wordt.

In dit onderzoek wordt nagegaan hoe kinderen inzicht verwerven in de principes van mechanische aandrijving. Het verwerven van dit inzicht over mechanische aandrijving is belangrijk aangezien het noodzakelijk is dat kinderen deze mechanismen begrijpen om uiteindelijk het gedrag van fysieke systemen te kunnen uitleggen en voorspellen. Het inzicht in mechanische aandrijving staat namelijk centraal in alle wetenschappelijke vraagstukken en technieken. Door te leren over mechanische aandrijving, leren kinderen werken met mechanismes in het algemeen (Machamer, Darden, & Craver, 2000; Russ, Scherr, Hammer, & Mikeska, 2008). In dit onderzoek wordt een computertaak gebruikt waarbij kinderen werken met mechanismes van tandwielen. Kinderen krijgen plaatjes te zien van tandwielen die aaneengeschakeld waren. Voor het eerste tandwiel wordt aangegeven welke kant hij opdraait, de proefpersonen moeten vervolgens bepalen welke kant het laatste tandwiel op draait. Dit onderzoek is soortgelijk aan het onderzoek van Dixon en Bangert (2002, 2004) en Dixon & Kelley (2006, 2007). Zij toonden aan dat er een spontane verandering in de cognitieve representatie (spontane inzichtverwerving) plaatsvond tijdens deze taak. Nadat participanten eerst gebruik maakten van strategieën behorende bij een lager niveau om de taak op te lossen, kwamen verschillende participanten spontaan op een wiskundige relatie als oplossing, een oplossingsstrategie behorende bij een hoger niveau. Het aantal tandwielen bepaald namelijk de richting van het laatste tandwiel gegeven de draairichting van het eerste tandwiel. Bij een oneven aantal tandwielen gaat het laatste tandwiel dezelfde kant op als het eerste tandwiel, bij een even aantal gaat het laatste tandwiel de andere kant op. Dit staat bekend als de pariteitsregel (Dixon & Bangert, 2004; Dixon & Kelley, 2006, 2007; Schwartz & Black, 1996).

Met betrekking tot de inzichtschaal van Fischer is de verwachting dat elke laag en niveau van de inzichtschaal van Fischer verschillend strategiegebruik met zich meebrengt die samenhangt met een bepaalde verbale uiting. Er zijn namelijk verschillende met elkaar samenhangende strategieën, die goed lijken te corresponderen met verschillende niveaus op de inzichtschaal van Fischer. De hierboven genoemde pariteitsregels is daar een van. Een ander voorbeeld is de 'Force-Tracing' strategie. Hierbij volgt de participant de richting van de kracht om de tandwielen heen in een zogenaamde 8 vorm. Deze strategie van richting volgen is ook evident in eerdere onderzoeken (Dixon & Bangert, 2004; Dixon & Dohn, 2003; Schwartz & Black, 1996) in termen van oogbewegingen, handbewegingen en verbale rapportage. Er wordt



vanuit gegaan dat deze strategie zich voordoet op de eerste laag op de inzichtschaal van Fischer, en eventueel ook in de lagen erna. Verwacht wordt dat het gebruik van de ‘Force-Tracing’ strategie participanten tot het gebruik van de tweede strategie leidt. Dit is de ‘Tandwiel-Classificatie’ strategie: Bij deze strategie classificeren de participanten de radars als met de klok meedraaiend of tegen de klok indraaiend zonder het vaststellen van de beweegrichting (Dixon & Bangert, 2004). Er wordt vanuit gegaan dat deze strategie zich voor zal doen op laag 2. Ten slotte kan er dus gebruik gemaakt worden van de ‘Pariteitsregel’, de laatste en meest hoogwaardige strategie die toegepast kan worden. Deze strategie zal corresponderen met laag 2 en laag 3 van de inzichtschaal.

De hoofdvraag in dit onderzoek is de vraag of het inzicht dat kinderen verbaal uiten overeen komt met de prestatie die ze leveren op de tandwiel taak. Er wordt dus gekeken of er een relatie is tussen twee maten van inzicht: kwaliteit van verbale uiting, gemeten aan de hand van een gemiddelde score op de inzichtschaal van Fischer, en prestatie op de taak. Dit onderzoek is een van de eerste die verbale uitingen gemeten met de inzichtschaal van Fischer onderzoekt in relatie tot prestatie. Hiermee kan er gekeken worden naar een interessante vraagstelling: Zeggen kinderen wat ze doen? De implicatie hiervan zou zijn dat de prestatie die kinderen leveren op een taak overeenkomt met hun verbale uiting over de taak. Eerder onderzoek toonde aan dat prestatie alleen niet altijd een voldoende beeld geeft van leren in termen van het verwerven van vaardigheden (Siegler & Svetina, 2002). Het is daarom belangrijk om het verbaal inzichtniveau te bekijken in relatie tot prestatie, er wordt verwacht dat er een relatie bestaat tussen deze variabelen. Wanneer een kind meer inzicht heeft in een taak is de verwachting dat het kind hier immers ook beter weet te presteren. Als deze relatie naar voren komt valideert dit mogelijk de toepassing van de inzichtschaal van Fisher. Daarnaast zullen beide maten van inzicht bekeken worden in relatie tot schoolse vaardigheden. De twee deelvragen binnen dit onderzoek hebben betrekking op taalvaardigheid en rekenvaardigheid. De veronderstelling is dat wat kinderen zeggen (verbale uiting gemeten met inzichtschaal van Fischer) in relatie staat tot hun schoolse taalvaardigheid en wat kinderen doen (de prestatie die ze leveren op deze taak) in relatie staat tot schoolse rekenvaardigheid. Er wordt gekeken of er een relatie bestaat tussen deze twee vaardigheden en talent op het gebied van W&T.

De taalkennis en het taalgebruik van een kind spelen een belangrijke rol in het onderwijs. Kinderen gebruiken taalkennis om te leren wat er op school aan leerstof wordt aangeboden. De taalkennis van kinderen maakt het mogelijk om informatie op te slaan en op te roepen, om concepten te vormen en problemen op te lossen op verschillende academische gebieden (Menyuk, 1995). Er kan dus gesteld worden dat de taalvaardigheid van een kind van invloed is op verschillende leergebieden, waaronder W&T. Rincke (2011) beschrijft dat taal van invloed is op het ontwikkelen van wetenschappelijke kennis en wetenschappelijk taalgebruik. Eshach and Fried (2005) geven daarnaast aan dat taalvaardigheid en het ontwikkelen van kennis en inzicht op wetenschappelijk gebied gerelateerd zijn. In dit onderzoek zal taal dan ook worden onderzocht in relatie tot inzicht in de W&T taak. De ‘Representational Redescriptive Theory’ van Karmiloff-Smith (1986) is hierbij van belang. Deze theorie gaat er vanuit dat naarmate de kennis van een kind explicieter wordt, ook het verbaal rapporteren van het kind over deze kennis beter wordt. Het inzichtniveau wordt gemeten aan de hand van de ‘Skill Theory’ van Fisher (1980). Middels de inzichtschaal van Fischer zullen de verbale uitingen van de kinderen over de taak worden gecodeerd. Er wordt verondersteld dat er een relatie is tussen taalvaardigheid van een kind en wat er door de kinderen gezegd wordt over de uitgevoerde W&T taak; het inzichtniveau. Wanneer kinderen een hoog taalniveau hebben en dus vaardig zijn in taal, is de verwachting dat dit ten goede zal komen aan de verbale uiting van het kind over de W&T taak. Als een kind zich verbaal goed kan uiten zou dit namelijk kunnen leiden tot de toebedeling van een hoger niveau op de inzichtschaal van Fisher. Het is echter niet gewenst dat er een heel sterke samenhang is tussen taalvaardigheid en de inzichtschaal van Fisher. Dit zou namelijk betekenen dat de inzichtschaal van Fisher ook taalvaardigheid meet, wat niet de meetpretentie is van deze schaal. Een zwakke relatie tussen beide variabelen wordt echter wel verwacht aangezien taal van invloed lijkt te zijn op W&T. Wanneer er geen sterke relatie tussen taalvaardigheid en het verbaal inzichtniveau blijkt te zijn toont dit aan dat de inzichtschaal van Fisher niet onbedoeld taalvaardigheid meet.

Wanneer taal wordt benaderd vanuit het Nederlands basisonderwijs vallen hier de schoolse vaardigheden spellen, technisch lezen en begrijpend lezen onder. Begrijpend lezen is een samenspel van taalkennis en technisch lezen, en is een complexe vaardigheid waarbij sprake is van een ingewikkeld samenspel van uiteenlopende deelvaardigheden en kennisbronnen

(Leseman & Hamers, 2007). De Cito Begrijpend lezen zal daarom in dit onderzoek gehanteerd worden als de operationalisatie van taal. Er wordt verwacht dat wanneer er naar de Citoscore Begrijpend lezen gekeken wordt, een hoge score gerelateerd is aan een hoge Fisherschaal score voor de verbale uiting.

Naast taal speelt rekenen ook een belangrijke rol in het basisonderwijs. De literatuur geeft aan dat rekenvaardigheid en W&T sterk met elkaar verbonden zijn (Matthews, Adams & Goos, 2009). Er wordt soms zelfs beargumenteerd dat rekenvaardigheid de basis is van alle wetenschap (Kumar, 2012). In het onderwijs is echter vaak een strikt onderscheid tussen rekenvaardigheid en W&T (Matthews, Adams & Goos, 2009). Dit terwijl onderzoek aantoont dat wanneer rekenvaardigheid verwerkt wordt in een wetenschappelijke les, de twee disciplines elkaar complementeren zodat het leren op het gebied van wetenschap en rekenen toeneemt (Sherrod, Dwyers & Narayan, 2009; Wilhelm & Walters, 2006). Het veelvuldig volgen van lessen op deze gebieden leidt tot positieve uitkomsten; meer van deze leerlingen studeren af en gaan verder studeren na de middelbare school (Schneider, Swanson, & Riegle-Crumb, 1998). Tyson, Lee en Hanson (2007) stellen daarnaast dat meerdere studies hebben aangetoond dat er een sterke relatie bestaat tussen gevorderde wetenschap en rekenvaardigheid en prestatie op testen die wetenschap en rekenvaardigheid meten. Studenten die goed zijn op het gebied van rekenvaardigheid profiteren hiervan in hun W&T vakken (Hudson & Rottmann, 1981; Linder & Hudson, 1989; Okpala & Onocha 1988). Studenten die rekenvakken volgen scoren bijvoorbeeld een punt hoger op natuurkunde vakken dan studenten die geen rekenvakken volgen (Rutter, 1994). Bovenstaande zou kunnen betekenen dat kinderen die goed zijn in rekenen wellicht ook beter presteren op de W&T taak.

Daarnaast speelt ruimtelijk inzicht een rol in de oplossingsstrategieën die gebruikt kunnen worden om de W&T taak op te lossen. Diverse onderzoeken hebben aangetoond dat er een positieve relatie bestaat tussen rekenvaardigheid en ruimtelijk inzicht (Reuhkala, 2001; Hegarty en Kozhevnikov, 1999; Oehlert, 2010). Voor het volgen van de richting van de tandwielen is mentale rotatie nodig, een belangrijke component van ruimtelijk inzicht. Tevens kunnen participanten ruimtelijk inzicht toepassen om een mathematische representatie van de tandwielenbaan te maken (Stephen, Boncodda, Magnuson & Dixon, 2009). Er kan bijvoorbeeld

vastgesteld worden of de tandwielbaan uit een even of een oneven aantal tandwielen bestaat om de draairichting te bepalen.

Aangezien er een relatie bestaat tussen rekenvaardigheid en W&T en tussen rekenvaardigheid en ruimtelijk inzicht, kan er verondersteld worden dat er mogelijk een relatie zal bestaan tussen (schoolse) rekenvaardigheid en prestatie op de W&T taak. De implicatie van dit resultaat zou zijn dat wanneer rekenvaardigheid gestimuleerd wordt, dit mogelijk ook een effect heeft op prestatie op W&T. Daarom zal er in dit onderzoek gekeken worden naar hoe rekenvaardigheid samenhangt met de prestatie op de W&T taak. Schoolse rekenvaardigheid wordt gedefinieerd als de score op de Cito 'Rekenen-wiskunde'.

Samenvattend zal er in dit onderzoek gekeken worden naar de relatie tussen inzicht gemeten aan de hand van de verbale uiting, gemeten met de 'inzichtschaal van Fischer' en inzicht gemeten door middel van prestatie op de taak. Dit vormt de hoofdvraag. Daarnaast zal er gekeken worden naar de relatie tussen taalvaardigheid en verbaal inzichtniveau en de relatie tussen rekenvaardigheid en de prestatie op de W&T taak. De volgende hypothesen zullen in de huidige studie getoetst worden: (1) Er is een relatie tussen scores op de inzichtschaal van Fischer en prestatie op de taak. (2) Er is een positieve relatie tussen scores op de Cito Begrijpend lezen en kwaliteit van verbaliseren over de taak. (3) Er is een positieve relatie tussen de scores op de Cito Rekenen-Wiskunde en prestatie op de taak.

## **Methode**

### *Participanten*

Voor dit onderzoek zijn vijf scholen telefonisch benaderd voor mogelijke deelname. Het onderzoek is uitgevoerd op één Nederlandse basisschool in Veenendaal die schriftelijke toestemming verleende. Ouders van 49 leerlingen uit groep 7 werden schriftelijk geïnformeerd en om toestemming gevraagd. Uiteindelijk hebben 41 leerlingen uit groep 7 deelgenomen aan dit onderzoek. Er was een 83% responsiviteit. De gemiddelde leeftijd van de steekproef is 128 maanden, afgerond 11 jaar, met een standaarddeviatie (SD) van 5,2 maanden. Van de 33 leerlingen waren er 13 jongen met een gemiddelde leeftijd van 10,8 jaar (SD 5 maanden) en 20 meisje met een gemiddelde leeftijd van 10,8 jaar (SD 5,6 maanden).

### *Procedure*

De leerlingen werden vooraf verteld dat er met elke leerling een spelletje gespeeld zou worden. Er werd verteld dat er twee spelletjes bedacht waren en dat er met de leerling gekeken werd of het leuke spelletjes waren en welk spelletje het leukste is. De leerlingen werden één voor één door een van de onderzoekers uit de klas gehaald. Met de leerling werd vooraf een praatje gemaakt waarin de onderzoeker zich voorstelde en opnieuw vertelde dat er twee spelletjes gespeeld zouden worden om te kijken welke de leerling het leukste vond. Per leerling werden er twee testen afgenomen: één met speelgoed en één op de computer. De gehele testafname werd op video opgenomen. Met het speelgoed (de tandwielmat en materiaal) werden door de leerlingen drie tandwielbanen gemaakt. De leerlingen werden willekeurig in een van de twee verschillende condities geplaatst. Deze condities waren niet van belang voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen, maakten onderdeel uit van een groter onderzoek waar de huidige studie een onderdeel van is. Afhankelijk van de conditie, maakten de leerlingen een rechte of een kronkelende tandwielbaan. Hierbij was het de bedoeling dat de leerling twee tandwielen met blauwe pinnen aan elkaar maakte door er andere tandwielen tussen te zetten. De twee tandwielen met de blauwe pinnen moesten hierbij dezelfde kant opgaan en de tandwielen mochten de rode pinnen, die het kader op de mat vormden, niet raken. In deze fase konden de leerlingen ervaring opdoen met tandwielen, deze fase is echter niet meegenomen in de analyse. De testleider demonstreerde bij aanvang het maken van één tandwielbaan. Hierna gingen de leerlingen aan de slag met het computerspel. Er werd met een tandwielbaan op de computer aan de leerling uitgelegd wat de bedoeling was. De vraag die de leerlingen werd gesteld is naar welke kant het laatste tandwiel, het gele, draaide (zie figuur 1).

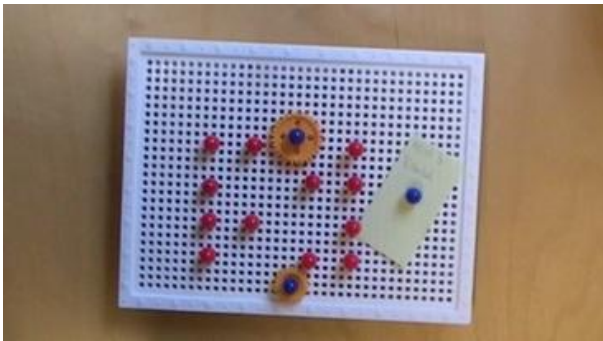


*Figuur 1.* De opzet tijdens de computertaak en een voorbeeld van de trials.

Na elk antwoord werd door middel van een plaatje van een muis (blij of neutraal) en een stemmetje (met de frases “heel goed” of “niet goed”) aangegeven of het antwoord goed of fout was. Om de drie trials kwam er een muis met een vraagteken in beeld en werd het kind gevraagd hoe ze de voorgaande trials hadden opgelost of hoe ze tot hun antwoorden gekomen waren. De gehele test nam gemiddeld 20 minuten in beslag. Na afloop werd gevraagd welk spelletje ze het leukste vonden en werd de leerling hartelijk bedankt voor zijn/haar deelname. Naast het experiment werd voor de beantwoording van de deelvragen ook de resultaten van de leerlingen op de Cito rekenen-wiskunde en de Cito begrijpend lezen opgevraagd. De basisschool leverde deze resultaten in een digitaal bestand via de mail aan.

### *Materiaal*

Er zijn drie camera's geplaatst (genummerd 1 t/m 3) voor opname. Eén camera werd gericht op de leerling wanneer hij/zij met het materiaal bezig was, één camera werd gericht op het kind terwijl die achter de computer zat en de laatste camera werd zo gericht dat beide situaties zichtbaar waren. De verbale uitingen van de leerlingen zijn via de beelden achteraf gecodeerd met behulp van het programma Media Coder (ontwikkeld door Bos & Steenbeek; 2007). Tijdens de taak met het speelgoed is er gebruik gemaakt van witte matten waarop tandwielen bevestigd konden worden met gele pinnen (zie figuur 2). Er was één demonstratiemat met grote gele, blauwe en rode pinnen en zes witte tandwielmatten die gebruikt zijn, drie per conditie (kronkel of recht). Per tandwielmat waren er twee tandwielen op bevestigd met een blauwe pin en zaten er een aantal rode pinnen op (zie figuur 2). Er was één doos met grote tandwielen, één doos met kleine tandwielen en één doos met gele pinnen. De computertaak is getoond met behulp van het programma E-prime 2 (Schneider, Eschmann, & Zuccolotto; 2002). De draairichting van de tandwielen op de computertaak kon aangegeven worden met behulp van twee toetsen, D (linksom) en L (rechtsom). Er werden 34 trials getoond waarbij bij de eerste 30 het onderste tandwiel met de klok meedraaide. Er waren banen met 3,4,5,6,7 of 8 tandwielen, van iedere hoeveelheid zijn er 5 aangeboden in de eerste 30 trials. In de laatste vier trials draaide het eerste tandwiel tegen de klok in. Deze laatste vier trials zijn gebruikt voor onderzoeksdoeleinden die buiten het bereik van het huidige onderzoek liggen. De verschillende trials zijn gerandomiseerd aangeboden. Bij iedere trial was een tandwielbaan te zien waarvan het eerste, paarse, tandwiel met de klok mee gaat (aangegeven met een gele pijl).



*Figuur 2.* Opzet van trial 3 van de conditie kronkelbaan

### *Meetinstrumenten*

De kernbegrippen van de onderzoeksvragen kunnen als volgt worden geoperationaliseerd:

- *Prestatie.* Bij iedere trial konden kinderen een goed of fout antwoord geven. Aangezien er 30 trials waren is de range van de scores 0-30.

- *Verbale uitingen.* Om inzicht aan de hand van de verbale uiting te meten, werd er na elke drie trials op de computertaak aan de proefpersoon gevraagd hoe ze tot hun antwoord gekomen waren. De vragen werden zo min mogelijk suggestief gesteld. Deze verbale uitingen bij de taak konden gecodeerd worden met behulp van de inzichtschaal van Fischer, om het inzicht van de proefpersonen te meten. Hierbij zijn de niveaus 1 tot en met 7 van de inzichtschaal van Fischer meegenomen. Er werd een code boek vervaardigd voor deze specifieke taak, op basis van de schaal van Fischer. In bijlage 1 is een schematische weergave te vinden van de verschillende lagen en inzichtniveaus, met omschrijving en voorbeelden voor coderen van verbaal gedrag. Het experiment is op video opgenomen om de verbale uiting naderhand te coderen.

- *Taalvaardigheid.* Voor het bepalen van de taalvaardigheid van de leerlingen werd gebruik gemaakt van de toetsscore op de Cito Begrijpend lezen (2012) LOVS 4.5b afgenomen in januari 2013. De psychometrische kwaliteit van deze test is door de COTAN (2012) als goed beoordeeld. Deze toets wordt afgenomen bij leerlingen in groep 3 t/m 8. Er is gekozen voor het gebruik van de toetsscore in verband met het meetniveau voor de analyse. In Nederland hangt elke toetsscore samen met een normscore. Elke toetsscore krijgt een bepaalde classificatie. Een hoge toetsscore is dus gerelateerd aan een hoog landelijk percentiel en dus een hoger niveau.

- *Rekenvaardigheid.* Voor het bepalen van de rekenvaardigheid van de leerlingen werd ook gebruik gemaakt van de toetsscore op de Cito Rekenen-Wiskunde (2012) LOVS 4.5b afgenomen

in januari 2013. De psychometrische kwaliteit van deze test is nog niet beoordeeld door de COTAN, de oudere versies van deze test zijn echter allemaal als goed beoordeeld door de COTAN(2010). Deze toets wordt afgenomen bij leerlingen in groep 3 t/m 8.

#### *Data preparatie*

Alle onderzoekers hebben voor het individueel coderen samen enkele filmpjes bekeken om overeenstemming te bereiken. Daarnaast is ook één van de te coderen filmpjes door alle onderzoekers afzonderlijk gecodeerd, zodat de coderingen vergeleken konden worden. Dit alles had als doel om de overeenstemming tussen de onderzoekers te vergroten. Discrepanties tussen de coderingen van de onderzoekers zijn besproken totdat overeenstemming bereikt was. Op basis hiervan zijn enkele aanpassingen gemaakt aan het codeboek. Daarnaast is 1/3<sup>e</sup> van data opnieuw gecodeerd door een andere onderzoeker dan voorheen om de betrouwbaarheid te controleren. De interbeoordelaarsbetrouwbaarheid is geanalyseerd met behulp van Cohen's Kappa 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).

Voor aanvang van het coderen van de data zijn een aantal proefpersonen uit het bestand verwijderd. Er zijn acht leerlingen afgefallen door technisch mankement. Dit waren leerlingen die onder andere slecht verstaanbaar waren of waarbij er te suggestieve vragen gesteld moesten worden om een verbale uiting uit te lokken, en leerlingen waarbij de video-opname niet was gelukt. Hierdoor bleven 33 kinderen over voor de uiteindelijke analyse.

De assumpties zijn gecontroleerd. Dit is van belang aangezien er gebruik gemaakt wordt van een parametrische statistische techniek.

#### *Data analyse*

De data is geanalyseerd met de hulp van SPSS. De gehele testafname is opgenomen en de gegeven verbalisatie is naderhand gecodeerd. Per hypothese zijn er statistische analyses uitgevoerd om de onderzoeksvragen te beantwoorden.

*Hypothese 1: Er is een relatie tussen scores op de inzichtschaal van Fischer en prestatie op de taak.*

De afhankelijke variabele werd gedefinieerd als de prestatie op de taak en de onafhankelijke variabele als verbaal inzichtniveau gemeten met de inzichtschaal van Fischer. Deze hypothese is



geanalyseerd aan de hand van het gemiddelde niveau op de inzichtschaal van Fischer per kind en het aantal goede antwoorden op de computertaak (prestatie). De niveaus van de inzichtschaal van Fischer bouwen op elkaar voort, een vaardigheid op het hoogste level is een accumulatie van de vaardigheden van de lagere levels. Dit betekent dat een gemiddelde score een correcte weergave geeft van de door het kind gebruikte niveaus, ook al is deze score wellicht niet gecodeerd bij dit kind. Voor het beantwoorden van deze hypothese is een Spearman bivariate correlatie uitgevoerd.

*Hypothese 2. Er is een positieve relatie tussen scores op begrijpend lezen en scores op de inzichtschaal van Fischer*

De afhankelijke variabele werd gedefinieerd als verbaal inzichtniveau gemeten met de inzichtschaal van Fischer en de onafhankelijke variabele als de toetscore op de Cito begrijpend lezen. Er is vervolgens gekeken of er sprake was van een positieve relatie tussen de variabelen door middel van een Spearman bivariate correlatie.

*Hypothese 3. Er is een positieve relatie tussen een hoge score op rekenvaardigheid en prestatie op de taak.*

De afhankelijke variabele werd bij deze hypothese werd gedefinieerd als de prestatie op de taak (aantal goede antwoorden) en de onafhankelijke variabele als de rekenvaardigheid toets score. Er is gekeken of er sprake was van een positieve relatie tussen deze variabelen door middel van een Spearman bivariate correlatie.

### Resultaten

Gemiddelden en standaarddeviaties van de afhankelijke variabelen en onafhankelijke variabelen zijn weergegeven in tabel 1.

Tabel 1. *Beschrijvende statistieken van de steekproef: Verbaal inzichtniveau, Prestatie (aantal goed), toets score Cito Begrijpend lezen en toets score Cito Rekenen-Wiskunde.*

	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>SD</b>
<b>Verbaal inzichtniveau</b>	32	4.1	.78
<b>Prestatie (aantal goed)</b>	32	24.75	4.56
<b>Cito Begrijpend lezen</b>	32	41.19	6.9
<b>Cito Rekenen-wiskunde</b>	31	73.1	13

Voor de analyse wordt gebruik gemaakt van de toets scores. De verdeling van toets scores binnen de steekproef op de Cito Begrijpend Lezen en Rekenen-Wiskunde is bekeken aan de hand van de normscores. Op de Cito Begrijpend Lezen behaalt 47% van de steekproef een A score. Een A-score is de hoogste normscore en houdt in dat deze leerlingen behoren tot 25% hoogst scorende leerlingen. 3% behaalde een B score, 31% een C score, 19% een D score. Op de Cito Rekenen-Wiskunde behaalt 55% een A score, 26% een B score, 13% een C score en 6% een D score. Dit betekent dat het grootste gedeelte van de steekproef bovengemiddelde resultaten behaald op Begrijpend Lezen en Rekenen-Wiskunde.

#### *Assumpties.*

De variabelen waren van interval meetniveau. De spreiding van de data werd gecontroleerd zodat eventuele uitschieters verwijderd konden worden. Proefpersoon nr. 8 bleek een uitschieter (Field, 2009), deze had een score die meer dan twee standaarddeviaties van het gemiddelde afweek (0,30) op de variabele verbaal inzichtniveau en is om deze reden uit de dataset verwijderd. Er is gekeken of er sprake was van een lineaire relatie tussen de variabelen met behulp van een scatterplot.

Er was sprake van een lineair verband tussen de variabelen inzicht-verbale uiting en inzicht-prestatie,  $R^2$ : .205. Met behulp van de Kolmogorov-Smirnov-test is gekeken of de data normaal verdeeld was. De Kolmogorov-Smirnov test gaf aan dat de variabele 'verbaal inzichtniveau',  $D(33) = .156$ ,  $p < .05$  significant niet normaal verdeeld was. De variabele 'prestatie',  $D(33) = .171$ ,  $p < .05$  was ook significant niet normaal verdeeld.

Er was geen lineair verband tussen de variabelen begrijpend lezen en verbaal inzichtniveau,  $R^2$ : .06. 6% van de totale spreiding in de scores op het verbaal inzichtniveau wordt verklaard door de lineaire relatie met de toets score op Cito Begrijpend lezen (Field, 2009). De Kolmogorov-Smirnov test gaf aan dat de variabele Cito Begrijpend lezen,  $D(33) = .179$ ,  $P < .05$  significant niet normaal verdeeld was.

Er was een lineair verband tussen de variabelen Rekenen-Wiskunde en prestatie,  $R^2$ : .29. 29% van de totale spreiding in de prestatie scores wordt verklaard door de lineaire relatie met de toets score op Cito Rekenen-Wiskunde (Field, 2009). De Kolmogorov-Smirnov test gaf aan dat de variabele Cito Rekenen-Wiskunde,  $D(33) = .123$ ,  $P > .05$  niet significant was, de variabele Cito Rekenen-Wiskunde is normaal verdeeld.

*Primaire resultaten*

Er is met een Spearman bivariate correlatie geanalyseerd of er een relatie is tussen verbaal inzichtniveau gemeten met de inzichtschaal van Fischer en inzicht gemeten aan de hand van de prestatie op de taak. Er bleek een significante relatie,  $r = .48$ ,  $p = .003$  (tabel 2). Dit is een groot effect en het effect verklaard 25% van de variantie (Field, 2009). Dit bevestigt de hypothese dat er een relatie is tussen het verbaal inzichtniveau en prestatie.

Tabel 2. *Correlatie tussen verbaal inzichtniveau en prestatie op de taak*

	<b>Prestatie</b>
<b>Verbaal inzichtniveau</b>	.48*

\* $p = .003$ 

Aangezien er bij het controleren van de assumpties geconstateerd werd dat er geen lineair verband bestond tussen de toetsscore op de Cito Begrijpend lezen en inzicht gemeten aan de hand van verbale uiting met behulp van de inzichtschaal van Fischer, kon er geen parametrische toets worden uitgevoerd. Daarom verwerpen we de hypothese dat er een positieve relatie is tussen de toetsscore op de Cito Begrijpend lezen en inzicht gemeten aan de hand van verbale uiting.

Ten slotte is er een Spearman correlatie uitgevoerd om te analyseren of er een positieve relatie is tussen de toetsscore op Cito Rekenen-Wiskunde en inzicht gemeten aan de hand van prestatie. Er bleek een significante relatie,  $r = .61$ ,  $p = .01$  (tabel 3). Dit is een groot effect en het effect verklaard 25% van de variantie (Field, 2009). Dit bevestigt de hypothese dat er een positieve relatie is tussen de toetsscore op de Cito Rekenen-wiskunde en prestatie op de taak.

Tabel 3. *Correlatie tussen Cito Rekenen-Wiskunde en prestatie op de taak*

	<b>Prestatie</b>
<b>Cito Rekenen-Wiskunde</b>	.61*

\* $p = .01$ **Conclusie en discussie**

In de huidige studie stond de inzichtverwerving met betrekking tot de mechanische redenering centraal. De relatie tussen twee maten van inzicht werd onderzocht; verbale uiting gemeten met de inzichtschaal van Fischer, gebaseerd op de 'Skill theory' van Fischer (1980), en

prestatie op de taak. Er werd hiermee getracht een antwoord te krijgen op de vraag: ‘zeggen kinderen wat ze doen?’. Zoals verwacht bleek er een significante relatie tussen inzicht gemeten aan de hand van verbale uiting en prestatie op de taak. Dit betekent dat de prestatie die kinderen leveren op de taak overeenkomt met hun verbale uiting over de taak. Dit is in overeenstemming met de conclusies van Karmiloff-Smith (1986) die al aangaven dat een verbale uiting gezien kan worden als een weergave van het begripsniveau van het kind. Het codeer systeem gebaseerd op de ‘Skill theory’, de inzichtschaal van Fischer lijkt dan ook een goede maat om inzicht te meten aan de hand van verbale uiting. Dit is in overeenstemming met eerder onderzoek waarin geconcludeerd werd dat dit codeersysteem gebruikt kan worden om inzicht in W&T taken te meten (Meindertma, van Dijk, Steenbeek, van Geert, 2012; Fischer & Bidell, 2006; Yan & Fischer, 2002; 2007).

Tegen de verwachtingen in bleek er geen positieve relatie te zijn tussen de Cito Begrijpend Lezen en verbaal inzichtniveau. Onderzoek van Rincke (2011) en Eshach en Fried (2005) toonde eerder aan dat taalvaardigheid van invloed is op het ontwikkelen van kennis en inzicht op wetenschappelijk gebied. Er werd verondersteld dat er een relatie was tussen taalvaardigheid van een kind en wat er door de kinderen gezegd wordt over de uitgevoerde W&T taak; het inzichtniveau. Er was geen lineair verband tussen de twee variabelen. Dit laat zien dat het getoonde inzicht van kinderen middels verbale uiting onafhankelijk is van taalvaardigheid. Inzicht is dus goed meetbaar met de inzichtschaal van Fischer, en wordt niet beïnvloed door de taalvaardigheid van een kind. De uitkomst, in combinatie met de sterke relatie tussen inzicht en prestatie, valideert het gebruik van de inzichtschaal van Fisher voor het in kaart brengen van inzicht in een W&T taak.

Ten slotte is er gekeken naar de relatie tussen de toetsscore op de cito Rekenen-Wiskunde en prestatie op de taak. Zoals verwacht bleek er een significante positieve relatie tussen de toetsscore op de Cito Rekenen-Wiskunde en prestatie op de taak. Dit betekent dat kinderen die een hoge score behalen op de Cito Rekenen-Wiskunde ook een betere prestatie op een W&T taak leveren. De resultaten zijn daarmee in overeenstemming met eerdere onderzoeken die aangaven dat rekenvaardigheid en W&T sterk met elkaar verbonden zijn (Matthews, Adams & Goos, 2009) en aantoonde dat studenten die goed zijn op het gebied van rekenvaardigheid hiervan profiteren in de W&T vakken (Hudson & Rottmann, 1981; Linder & Hudson, 1989; Okpala &

Onocha 1988). Naar aanleiding van de resultaten kan gesteld worden dat hoe beter een kind is op het gebied van rekenvaardigheid, hoe beter de prestatie op de W&T taak. Dit impliceert dat wanneer rekenvaardigheid gestimuleerd wordt dit de prestatie verbeterd op taken die mechanisch inzicht vereisen, en hiermee wellicht het talent op W&T verbeterd.

Eerder onderzoek van (Meindersma et al, 2012) richtte zich al op inzichtverwerving gemeten aan de hand van verbale uiting op de inzichtschaal van Fischer op W&T taken bij basisschoolleerlingen. De huidige studie is echter de eerste die de verbale uiting gemeten met de inzichtschaal van Fischer gerelateerd heeft aan prestatie. Deze studie heeft aangetoond dat er een relatie is tussen de verbale uiting van een kind en zijn/haar prestatie. Hiermee biedt dit onderzoek onder andere een bijdrage aan kennis over de meetpretentie van de inzichtschaal van Fischer. Dit onderzoek toont namelijk aan dat de inzichtschaal van Fischer een goede maatstaf is om het inzicht van een kind te meten. Tevens bleek dat inzicht gemeten met de inzichtschaal van Fischer onafhankelijk is van taalvaardigheid. Hiermee draagt deze studie bij aan de validiteit van de inzichtschaal van Fischer. Dit biedt mogelijkheden voor het gebruik van de inzichtschaal van Fischer als diagnostisch instrument voor het vaststellen van het inzichtniveau van een kind. Hoewel er sprake was van een sterke correlatie tussen inzicht gemeten aan de hand van verbale uiting met de inzichtschaal van Fischer en prestatie zat er variantie in prestatiescores. Kinderen met hetzelfde inzichtniveau scoorden enkele keren verschillend op de W&T taak. Het is daarom wellicht beter om op een inzichtniveau van een kind af te gaan met betrekking tot het aanbieden van lesinstructie op niveau. Wanneer een leerkracht het inzichtniveau van een kind weet, kan deze daarop inspelen met zijn instructie. Hierbij kan gedacht worden aan de theorieën over de zone van naaste ontwikkeling (Vygotsky, 1994). Deze theorie gaat ervan uit dat er een verschil bestaat tussen het actuele niveau van een kind en wat een kind kan bereiken met hulp. Een leerkracht kan dan door aanmoediging en ondersteuning een kind naar een hoger inzichtniveau helpen. Door het onderzoeken van schoolse vaardigheden in relatie tot inzicht en prestatie levert deze studie een bijdrage aan de kennis over de relatie tussen mechanische redenering en schoolse vaardigheden. Hiermee wordt duidelijk welke schoolse vaardigheden in relatie staan tot W&T en welke mogelijk bijdragen aan het talent en interesse voor W&T. Aangezien het ontwikkelen van inzicht in mechanische redenering belangrijk is om uiteindelijk gedrag van fysieke systemen te kunnen uitleggen en voorspellen en dit centraal staat in alle wetenschappelijke vraagstukken en

technieken (Machamer, Darden, & Craver, 2000; Russ, Scherr, Hammer, & Mikeska, 2008) is het belangrijk dat W&T in het onderwijs gestimuleerd wordt. Dit verhoogt namelijk de interesse van leerlingen in W&T (Eshach & Fried, 2005; Barnett & Belfield, 2006), waardoor ze eerder geneigd zullen zijn hier iets mee te gaan doen en wellicht een technische studie kiezen. Dit zou een manier zijn om het tekort aan technisch opgeleide mensen tegen te gaan.

Een beperking van de huidige studie is het feit dat de W&T taak uitgevoerd in een één-op-één situatie. Dit verschilt van een klassikale setting waarbij kinderen inzicht moeten verwerven in een groep met één leerkracht. Daarnaast was er in de steekproef een grote groep bovengemiddeld presterende leerlingen. Negen leerlingen behoorden tot een zogenaamde PLUS klas. Bovendien had een hoog percentage leerlingen op de CITO's A-scores. De classificatie A betekent dat de leerling een score heeft behaald horende bij de 25% hoogst scorende leerlingen vergeleken met andere leerlingen in Nederland.

Er is in dit onderzoek gebruik gemaakt van het codeersysteem van Fischer. Hierbij lag de focus op de verbale uiting van kinderen. Dit betekent dat kinderen hun gedachten moeten verbaliseren, wat niet voor elk kind even gemakkelijk is. Onderzoek van Siegler en Chen (1998) toonde echter aan dat kinderen de gebruikte strategieën onmiddellijk goed konden verwoorden na het oplossen van een probleem. Incorrecte verbale uitingen werden echter op hetzelfde niveau op de inzichtschaal van Fischer gecodeerd als correcte, omdat deze incorrecte verbale uitingen ook van invloed kunnen zijn op het leerproces. Een incorrecte verbale uiting kan namelijk ook leiden tot een hoger inzichtniveau, echter wellicht via een andere weg (Schwartz and Fischer, 2004). Onderzoek van Kapur (2010) toont namelijk aan dat fouten maken tijdens een taak niet automatisch leidt tot een slechtere prestatie. Dit wordt in de literatuur een 'productieve fout' genoemd. Door het maken van fouten, komen kinderen namelijk zelf tot een oplossingsstrategie waardoor het leerproces bevorderd wordt. Dit alles laat zien dat het van belang is om kinderen de ruimte te geven voor het ontwikkelen van inzicht aangezien het maken van fouten hoort bij het komen tot een hoger inzichtniveau. Het geven van directe en gerichte instructie voorafgaand aan een taak heeft namelijk niet altijd een positieve uitwerking op de prestaties (zie Kirschner, Sweller & Clark, 2006, maar ook Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2007; Schmidt, Loyens, van Gog & Paas, 2007), een kind kan dus ook leren van fouten door deze zelfstandig op te lossen.

Een interessante vraag voor vervolgonderzoek hierbij is of het voorkomen van deze ‘productieve fouten’ in relatie staat tot een stijging van inzicht.

Onderzoek van Yan & Fischer (2002) toonde aan dat er verschillende betekenisvolle patronen in de ontwikkeling van leren, probleemoplossing en cognitieve ontwikkeling te vinden zijn en dat deze ontwikkeling niet lineair verloopt. Ze gebruiken hierbij de term ‘Scalloping’ om te refereren aan het typische patroon waarin het patroon van vaardigheidsniveau aanvankelijk varieerde om uiteindelijk te stabiliseren op een hoger niveau. Om meer inzicht te krijgen in de inhoudelijke relatie tussen een score op de Fischerschaal en een prestatie op dat moment, is verdere analyse nodig. Een analyse van dit non-lineaire leerpatroon is echter buiten het bereik van dit onderzoek. Binnen dit onderzoek is een relatie aangetoond tussen verbaal inzichtniveau en prestatie. Met behulp van deze analyse kan dan bekeken worden hoe prestatie in de taak en inzicht zich tot elkaar verhouden door de tijd heen. Het gebruik van de inzichtschaal van Fischer biedt daarmee de mogelijkheid een inhoudelijke analyse te maken van de leerontwikkeling van kinderen. Door te kijken naar stabiliteit en variabiliteit in de leerontwikkeling van kinderen kan er inzicht verworven worden in hoe kinderen komen tot mechanische redenering (Fischer & Bidell, 2006).

Concluderend kan gesteld worden dat kinderen zeggen wat ze doen, er bestaat een relatie bestaat tussen inzicht gemeten aan de hand van verbale uiting en prestatie. Tevens is er een relatie tussen rekenvaardigheid en prestatie op de W&T taak. Kinderen die goed zijn in rekenen presteren beter op de W&T taak dan kinderen die minder goed zijn in rekenen. Dit onderzoek levert daarmee een bijdrage aan kennis over de validiteit van de inzichtschaal van Fischer en de relatie tussen verbaal inzichtniveau en prestatie. Daarnaast levert het ook een bijdrage aan de kennis over de relatie tussen mechanische redenering en schoolse vaardigheden. Deze kennis kan wellicht gebruikt worden bij het stimuleren van W&T in het onderwijs. Wanneer talent voor W&T bij kinderen al vroeg gestimuleerd wordt bevordert dit namelijk hun interesse, waardoor er mogelijk meer kinderen een technische opleiding gaan volgen. Hierdoor biedt dit mogelijk een oplossing voor het tekort aan technisch geschoold personeel waar de maatschappij de vruchten van kan plukken. Aandacht voor W&T is daarom de boodschap!

### Referenties

- Barnett, W. S. & Belfield, C. R. (2006). Early childhood development and social mobility. *The Future of Children*, 16, 73-98.
- Bos, J. & Steenbeek, H. (2007). Mediacoder; a simple application for coding behavior within media files. Faculteit voor Gedrags- en Maatschappijwetenschappen, Groningen, Rijksuniversiteit Groningen.
- Butts, D. P., Hofman, H. M., & Anderson, M. (1993). Is hands-on experience enough? A study of young children's views of sinking and floating objects. *Journal of Elementary Science Education*, 5, 50-64. doi:10.1007/BF03170644
- Chien, S. C. , Hsiung, C. T., & Chen, S. F. (2009). The development of young children 's science-related concept regarding "floating and sinking." *Asia-Pacific Journal of Research in Early Childhood Education*, 3, 73-88.
- Chu, M., & Kita, S. (2011). The nature of gestures' beneficial role in spatial problem solving. *Journal of Experimental Psychology: General*, 140, 102-115.
- Dixon, J. A., & Bangert, A. (2002). The prehistory of discovery: Precursors of representational change in solving gear-system problems. *Developmental Psychology*, 38, 918–933.
- Dixon, J. A., & Bangert, A. 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 & Cognition*, 31, 1082–1093.
- Dixon, J. A., & Kelley, E. A. (2006). The probabilistic epigenesis of knowledge. In R. V. Kail (Ed.), *Advances in child development and behavior*, 34, 323-361. New York: Academic Press.
- Dixon, J. A., & Kelley, E. A. (2007). Theory revision and redescription: Complementary processes in knowledge acquisition. *Current Directions in Psychological Science*, 16, 111-115. doi:10.1111/j.1467-8721.2007.00486.x
- Eshach, H., & Fried M. N. (2005). Should science be taught in early childhood? *Journal of Science Education and Technology*, 14, 315-336.
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS*. London: SAGE Publications Ltd.



- Fisher, 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.
- Hegarty, M. & Kozhevnikov, M. (1999). Types of visual-spatial representations and mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology*, 91, 684-689. DOI: 10.1037/0022-0663.91.4.684
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R.G., & Chinn, C.A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: a response to Kirschner, Sweller and Clark (2006). *Educational psychologist*, 42, 99–107. doi: 10.1080/00461520701263368.
- Hsin, C. T., & Wu, H. K. (2011). Using scaffolding strategies to promote young children's scientific understandings of floating and sinking. *Journal of Science Education and Technology*, 20, 656-666. doi:10.1007/s10956-011-9310-7.
- Hudson, H. T., & Rottmann, R. M. (1981). Correlation between performance in physics and prior mathematics knowledge *Journal of Research in Science Teaching*, 18, 1-4.
- Humphreys, L. G., Lubinski, D., & Yao, G. (1993). Utility of predicting group membership: Exemplified by the role of spatial visualization for becoming an engineer, physical scientist, or artist. *Journal of Applied Psychology*, 78, 250–261. doi:10.1037/0021-9010.78.2.250
- Kapur, M. (2010). Productive failure in mathematical problem solving. *Instructional science*, 38, 523-550. doi: 10.1007/s11251-009-9093-x.
- Karmiloff-Smith, A. (1986). From meta-processes to conscious access: Evidence from children's metalinguistic and repair data. *Cognition*, 23, 95–147. DOI:10.1016/0010-0277(86)90040-5
- Karmiloff-Smith, A. (1992). *Beyond modularity: A developmental perspective on cognitive science*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: an analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based,

- experimental, and inquiry-based teaching. *Educational psychologist*, 41, 75-86.  
doi:10.1207/s15326985ep4102\_1
- Kumar, V. (2012). Mathematics is science: a topic revisited in context of FCS of India. *Modern Education and Computer Science*, 6, 17-26. doi: 10.5815/ijmecs.2012.06.03
- Landis, J. R., Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 33, 159-174.
- Leseman, P., & Hamers, J. (2007). Begrijpend lezen. In K. Verschueren & H. Koomen (Red.), *Handboek diagnostiek in de leerlingbegeleiding* (pp. 73-88). Antwerpen/Apeldoorn: Garant.
- Linn, M. C. & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences spatial ability: a meta-analysis. *Child Development*, 56, 1479-1498. doi: 0009-3920/85/5606-0020
- Linder, C. J., & Hudson, H. T. (1989). A comparison of mathematical backgrounds between American and South African physics students. *Science Education*, 73, 459-65.
- Machamer, P., Darden, L., & Craver, C. (2000). Thinking about mechanisms. *Philosophy of Science*, 67, 1-25.
- Matthews, K.E., Adams, P. & Goos, M. (2009). Putting it into perspective: mathematics in the undergraduate science curriculum. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 7, 891-902. doi: 10.1080/00207390903199244
- Meindertsma, 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.
- Menyuk, P. (1995). Language development and education. *Journal of education*, 177, 39-62.
- Oehlert, J. (2010). *Mental image manipulation and math: an investigation into the influence of visualization and mental rotation on math performance*. Unpublished manuscript. Department of Psychology. Case Western Reserve University.
- Okpala, P. & Onocha, C. (1988). Students factors as correlates of achievement in physics. *Physics Education*, 25, 189-195.
- Piaget, J. (1970). Piaget's Theory. In P. H. Mussen (Ed.), *Handbook of Child Psychology*, 1 (pp. 103-128). New York, NY, US: John Wiley & Sons.

- Piaget, J. (1983). Piaget's theory. In W. Kessen (Ed.), *History, theory, and methods, 1* (pp. 103–126). New York: Wiley.
- Piaget, J. (1985). *The equilibration of cognitive structures: The central problem of cognitive development*. Chicago: University of Chicago Press.
- Reuhkala, M. (2001). Mathematical Skills in Ninth-graders: Relationship with visuo-spatial abilities and working memory. *Educational Psychology: An International Journal of Experimental Educational Psychology, 21*, 387-399. DOI: 10.1080/01443410120090786
- Redactie Trouw (2012). Werkgevers vrezen tekort aan technisch personeel. Trouw. Verkregen op 15-10-2012 van <http://www.trouw.nl/tr/nl/6700/Wetenschap/article/detail/3263743/2012/05/31/Werkgevers-vrezen-tekort-technisch-personeel.dhtml>
- Rincke, K. (2011). It's Rather like Learning a Language: Development of talk and conceptual understanding in mechanics lessons. *International journal of science education, 33*, 229. doi:10.1080/09500691003615343
- Russ, R. S., Scherr, R. E., Hammer, D., & Mikeska, J. (2008). Recognizing mechanistic reasoning in student scientific inquiry: A framework for discourse analysis developed from philosophy of science. *Science Education, 92*, 499–524.
- Rutter, P. (1994). The effect of studying A-level mathematics on performance in A-level physics. *Physics Education, 29*, 8-13.
- Schmidt, H.G., Loyens, S.M.M, van Gog, T., & Paas, F. (2007). Problem-Based Learning is Compatible with Human Cognitive Architecture: Commentary on Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational psychologist, 42*, 91–97. doi:10.1080/00461520701263350
- Sherrod, S.E., Dwyer, J. & Narayan, R. (2009). Developing science and math integrated activities for middle school students. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 40*, 247-257. 10.1080/00207390802566923
- Siegler, R. S. (1994). Cognitive variability: A key to understanding cognitive development. *Current Directions in Psychological Science, 3*, 1-5.
- Siegler, R. S. (1996). *Emerging minds: The process of change in children's thinking*. New York: Oxford Press.

- Siegler, R. S. (1999) Strategic Development. *Trends in Cognitive Science*, 3, 430–435.  
doi:S1364-6613(99)01372-8
- Siegler, R. S., & Chen, Z. (1998). Developmental differences in rule learning: A microgenetic analysis. *Cognitive Psychology*, 36, 273-310.
- Siegler, R. S., & Jenkins, E. (1989). *How children discover new strategies*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Siegler, R.S. & Svetina, M. (2002). A Microgenetic/Cross-sectional study of Matrix Completion: Comparing Long-term and Short-term Change. *Child Development*, 73, 793-809.
- Schneider, B., Swanson, C. B., & Rieggle-Crumb, C. (1998). Opportunities for learning: Course sequences and positional advantages. *Social Psychology of Education*, 2, 25–53. doi: 10.1023/A:1009601517753.
- Schneider W, Eschmann A, Zuccolotto A. E-Prime user's guide. (2002). Psychology Software Tools, Inc.; Pittsburgh, PA.
- Stephen, D.G., Boncoddio, R.A., Magnuson, J. S., & Dixon, J. A. (2009) The dynamics of insight: Mathematical discovery as a phase transition. *Memory & Cognition*, 37, 1132-1149 doi:10.3758/MC.37.8.1132
- Schwartz, D. L., & Black, J. B. (1996). Shuttling between depictive models and abstract rules: Induction and fallback. *Cognitive Science*, 20, 457–497.
- Schwartz, M., & Fischer, K. W. (2004). Building general knowledge and skill: cognition and microdevelopment in science learning. In: A. Demetriou & A. Raftopoulos (Eds.) (pp. 157-185). New York, NY US: Cambridge University Press.
- Tyson, W., Lee, R., Borman, K. M., & Hanson, M. A. (2007). Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) pathways: High school science and math coursework and postsecondary degree attainment. *Journal of Education for Students Placed at Risk (JESPAR)*, 12, 243-270. doi: 10.1080/10824660701601266
- Van Graft, M. (2009). *De concept-contextbenadering in het primair onderwijs: Een conceptueel kader voor natuur en techniek*. Stichting leerplanontwikkeling. Verkregen op 15-10-2012 van [http://www.slo.nl/downloads/2009/Conceptueel\\_20kader\\_20Natuur\\_20en\\_20Techniek\\_20deel\\_20I.pdf/](http://www.slo.nl/downloads/2009/Conceptueel_20kader_20Natuur_20en_20Techniek_20deel_20I.pdf/)

- Vygotsky, L. S. (1994, originally published in 1934). The development of academic concepts in school aged children. In Van der Veer, R. & Valsiner, J. (Eds.), *The Vygotsky Reader* (pp. 355-370). Hoboken, US: New Jersey: Wiley-Blackwell.
- Wilhelm, J. & Walters, K. (2006). Pre-service mathematics teachers become full participants in inquiry investigations, *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 37, 793–804. doi: 10.1080/00207390600723635
- Yan, Z., & Fischer, K. W. (2002). Always under construction: Dynamic variations in adult cognitive microdevelopment. *Human Development*, 45, 141–160. doi: 10.1159/000057070
- Yan, Z., & Fischer, K. W. (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** – Schematische weergave van de lagen en inzichtniveaus, met omschrijving en voorbeelden voor coderen van verbaal gedrag tijdens het tandwiel computerspel.

Levels	Tiers	Omschrijving	Voorbeelden	
Sensomotorische level	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	Omschrijving 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	Omschrijving van <i>observeerbare</i> 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 die kant op/ goed kijken hoe de tandjes van het ene tandwiel met de tandjes van het andere tandwiel gaan”
Representatieve level	4	Enkele representatie (Force tracing)	Omschrijving van <i>koppeling van min 2 observeerbare causale relaties</i> of omschrijving van <i>niet-observeerbare</i> relaties	“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 een zigzagbeweging 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> causale relaties	Als dit tandwiel die kant opgaat gaat het volgende tandwiel de andere kant op en de volgende die kant op / Als dit tandwiel zo gaat dan gaat deze de tegengestelde kant op/ Als deze naar links gaat gaat de volgende naar rechts
	6	Representatieve systeem (Classificatie)	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 gaan 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		