

Technische leesvaardigheid, werkgeheugen en kijktijd bij rekenopgaven met illustraties  
opgelost door leerlingen uit groep 6

Masterthesis

Universiteit Utrecht

Masteropleiding Pedagogische Wetenschappen

Masterprogramma Orthopedagogiek

Lisanne G. Hagebeuk, 3339327

Begeleider: Claudia van Kruistum

Tweede beoordelaar: Evelyn Kroesbergen

Datum: 6 juni 2014

## Voorwoord

Deze individuele thesis belicht enkele onderdelen van een onderzoek naar het kijkproces bij rekenopgaven met illustraties. Voor andere bevindingen met betrekking tot deze onderzoeksgroep, verwijs ik u graag naar de mastertheses van mijn medestudenten, Jolijn Altena, Anouk Dieterman en Laura de Jong. Samen met deze medestudenten heb ik scholen geworven, data verzameld en de resultaten verwerkt. Mijn dank gaat uit naar hen voor hun hulp hierbij en de inspiratie die ik van hen gekregen heb tijdens de brainstormsessies over de thesis. Het werken met de eye-tracker was zeer interessant en heeft veel bruikbare informatie opgeleverd met betrekking tot de vraag hoe het kijkproces verloopt bij contextopgaven met illustraties. Hierdoor was het lastig om een keuze te maken voor de specifieke onderzoeksvragen. Het werven van participanten was lastig en bij het verzamelen van de data werden wij soms gehinderd door technische mankementen. Desondanks was het erg leuk om tijdens het data te werken met kinderen. Op alle scholen zijn we hartelijk ontvangen en de leerkrachten hebben geprobeerd zo optimaal mogelijke omstandigheden voor ons onderzoek te creëren. Mijn dank gaat dan ook uit naar de scholen en de leerkrachten die meegewerkt hebben aan dit onderzoek.

Graag wil ik Claudia van Kruistum bedanken voor haar inspirerende ideeën, feedback, ondersteuning en beschikbaarheid. Zij heeft mij geholpen deze thesis naar een hoger niveau te brengen. Daarnaast wil ik Evelyn Kroesbergen bedanken voor ondersteuning op de achtergrond en feedback. Bovendien wil ik Eva van de Weijer-Bergsma bedanken voor de informatie over de werkgeheugentaak en de hulp bij het afnemen hiervan. Tot slot wil Jos Jaspers bedanken, voor de hulp en uitleg bij het gebruik van de eye-tracker en zijn flexibiliteit met betrekking tot het uitlenen van de eye-tracker.

De masterperiode is een hectische periode geweest voor mij, maar misschien nog wel meer voor mijn man en mijn familie. Ik wil mijn man bedanken voor zijn niet-aflatende steun, bemoediging en hulp. Mijn familie wil ik bedanken voor hun bemoediging. Boven alles wil ik God bedanken. Op de moeilijkste momenten heeft hij me laten merken dat ik op hem mag vertrouwen. Hij heeft mij gedragen door deze hectische periode heen, met onder andere deze thesis als resultaat.

### Samenvatting

In de realistische rekenmethodes in het Nederlandse rekenonderwijs wordt gebruikgemaakt van contextopgaven. Illustraties kunnen bijdragen aan de oplossing hiervan, doordat zij helpen informatie te selecteren en elimineren, maar illustraties vormen ook een extra belasting voor het werkgeheugen. Het is daarom de vraag of zwakke lezers profiteren van illustraties. In dit eye-tracking onderzoek is gekeken of leesvaardigheid de tijd die leerlingen uit groep 6 van het regulier basisonderwijs naar illustraties kijken voorspelt, en of dit effect gemodereerd wordt door het werkgeheugen. Om te controleren of illustratiegebruik op basis van kijktijd van invloed is op de oplossing van de opgaven, is onderzocht of kijktijd voorspelt of leerlingen de rekenopgaven juist oplossen. Uit de resultaten blijkt dat leesvaardigheid geen voorspeller is van kijktijd. Kijktijd blijkt een voorspeller van de oplossing bij een informatieve en een tegenstrijdige illustratie. De resultaten worden bediscussieerd en er worden suggesties voor toekomstig onderzoek gegeven.

### Abstract

The Dutch realistic mathematics curriculum uses context problems. Illustrations make a contribution in correctly solving these problems, by selecting and eliminating information. On the other hand, illustrations place extra demands on working memory. This gives rise to the question if poor readers profit from illustrations. This eye-tracking study investigates whether reading capacity predicts the time that students from the fourth grade look at illustrations, and if this effect is moderated by working memory. It is also investigated whether the time that students look at illustrations predicts the solution of the problem, to check whether the use of illustrations predicts the solution of a problem. The results show that reading capacity does not predict the time that students look at illustrations. The time that students look at illustrations predicts how the problem is solved for an informative and a contradictory illustration. Results are discussed and suggestions for further research are given.

## Technische leesvaardigheid, werkgeheugen en kijktijd bij rekenopgaven met illustraties opgelost door leerlingen uit groep 6

In de realistische rekenmethodes van het Nederlandse rekenonderwijs wordt gebruikgemaakt van contextopgaven om de probleemsituatie aan te laten sluiten bij de beleving van het kind (Gravemeijer & Doorman, 1999; Van Lieshout, 2010). Om contextopgaven op te lossen maken leerlingen mentale representaties van het probleem (Goldin, 1998; Gravemeijer & Doorman, 1999). Illustraties kunnen bijdragen aan het maken van geschikte representaties en daardoor tot betere prestaties leiden (Ainsworth, 2006; Zahner & Corter, 2010). Desondanks leidt het toevoegen van illustraties dikwijls niet tot betere prestaties (Dewolf, Van Dooren, Cimen, & Verschaffel, 2014; Seufert, Jänen, & Brunken, 2007). De mate waarin leerlingen profiteren van illustraties lijkt beïnvloed te worden door het type illustratie en persoonlijkheidsfactoren, zoals werkgeheugencapaciteit. Het toevoegen van illustraties aan contextopgaven verhoogt de werkgeheugenbelasting (Ainsworth, 2006; Berends & Van Lieshout, 2009).

Voor het maken van geschikte representaties is bovendien voldoende technische leesvaardigheid nodig (Glenberg, Willford, Gibson, Goldberg, & Zhu, 2012). Wanneer het op basis van leesvaardigheid niet lukt een geschikte representatie te maken van het probleem, zouden illustraties hiervoor kunnen compenseren. Het decoderen van woorden neemt echter veel werkgeheugencapaciteit in beslag (Araújo, Faisca, Bramão, & Reis, 2013; Chiappe, Hasher, & Siegel, 2000). Het is dus de vraag of zwakke lezers genoeg werkgeheugencapaciteit beschikbaar hebben om de illustratie goed te integreren in de tekst. In dit onderzoek zal gekeken worden of technische leesvaardigheid van invloed is op de mate waarin leerlingen gebruikmaken van illustraties en of het werkgeheugen dit effect modereert. De kijktijd naar de illustratie vormt hierbij een indicator voor illustratiegebruik (Lenzner, Schnotz, & Müller, 2013). Om te controleren of illustratiegebruik op basis van kijktijd van betekenis is voor de oplossing van de opgaven, zal onderzocht worden of kijktijd voorspelt of leerlingen de rekenopgaven juist oplossen.

### **Contextopgaven**

Het Nederlandse rekenonderwijs wordt gekenmerkt door realistische rekenmethodes. Deze hanteren een constructivistisch uitgangspunt: kennisverwerving is een zelfontdekkend leerproces waarin actief nieuwe kennisstructuren worden geconstrueerd (Van Lieshout, 2010; Vygotsky, 1978). In een realistisch curriculum stimuleert de leerkracht de leerlingen om zelf oplossingswijzen te bedenken. Hierbij wordt gebruikgemaakt van contextopgaven om de

probleemsituatie aan te laten sluiten bij de beleving van de leerlingen (Gravemeijer & Doorman, 1999; Van Lieshout, 2010). Doordat de probleemsituatie aansluit bij de beleving van de leerlingen, worden oplossingen uitgelokt die niet door het onderwijs aangeleerd zijn. Dit speelt in op de behoefte van leerlingen: zij gebruiken bij voorkeur hun eigen, situatiegebonden rekenstrategieën. Pas wanneer deze niet tot een oplossing leiden, vallen leerlingen terug op door het onderwijs aangeleerde rekenstrategieën (Brissiaud & Sander, 2010; Van Dijk, Van Oers, Terwel en Eeden, 2003).

Om een strategie te vinden om de contextopgave op te lossen, maken leerlingen een mentale representatie van het probleem (Goldin, 1998; Gravemeijer & Doorman, 1999). Deze mentale representatie wordt gevormd door relevante numerieke informatie te selecteren en vervolgens de relevante numerieke achtergrondinformatie te activeren (Glenberg et al., 2012). Geschikte mentale representaties leiden tot betere prestaties (Ainsworth, 2006; Zahner & Corter, 2010). Illustraties kunnen hieraan bijdragen doordat zij verschillende aspecten van het probleem benadrukken (Ainsworth, 2006; Elia, Gagatsis, & Demetriou, 2007). Daarnaast helpen illustraties leerlingen irrelevante informatie te herkennen en te elimineren (Ainsworth, 2006; Glenberg et al., 2012; Zahner & Corter, 2010). Ondanks deze theoretische voordelen van het toevoegen van illustraties, blijkt in de praktijk dat het toevoegen van illustraties dikwijls niet tot betere prestaties leidt (Crisp & Sweiry, 2006; Dewolf et al., 2014; Elia et al., 2007; Seufert et al., 2007). Uit onderzoek blijkt dat het type opgave mogelijk van invloed is op de mate waarin illustraties bijdragen aan het vormen van geschikte representaties (Ainsworth, 2006; Filippatou & Pumfrey, 1996; Shorrocks-Taylor & Hargreaves, 1999). In de realistische rekenmethodes in het Nederlandse rekenonderwijs zijn volgens van Lieshout (2010) drie typen illustraties te onderscheiden:

1. Decoratieve illustraties
2. Illustraties die dezelfde informatie bevatten als de tekst
3. Illustraties die nodig zijn om de opgaven op te lossen

De mate waarin de verschillende typen illustraties bijdragen aan het vormen van geschikte mentale representaties, wordt mogelijk beïnvloed door de mate waarin zij het werkgeheugen belasten (Berends & Van Lieshout, 2009).

### **Werkgeheugencapaciteit**

Het werkgeheugen omvat de capaciteit om gelijktijdig informatie te verwerken en op te slaan. Eén van de componenten van het werkgeheugen is de fonologische lus. De fonologische lus is betrokken bij het verwerken van verbale informatie en wordt daarom ook wel aangeduid als het verbaal werkgeheugen (Baddeley & Hitch, 1974). Het verbale

werkgeheugen speelt een rol bij het oplossen van verbale rekenproblemen, zoals contextopgaven (Rasmussen & Bisanz, 2005). Berends en Van Lieshout (2009) hebben onderzoek gedaan naar de belasting van het verbale werkgeheugen bij het oplossen van contextopgaven met illustraties. Hieruit blijkt dat leerlingen langer doen over het oplossen van opgaven met illustraties. Dit vormt een indicatie dat het werkgeheugen meer belast wordt tijdens het oplossen van deze opgaven (Paas, Tuovinen, Tabbers & Van Gerven, 2003). Opgaven waarin de illustratie gebruikt moet worden om tot een oplossing te komen, worden minder nauwkeurig gemaakt dan opgaven waarbij de illustratie decoratief is of dezelfde informatie bevat als de tekst (Berends & Van Lieshout, 2009). Dit vormt een indicatie dat dit type opgaven het werkgeheugen nog meer belast dan de overige typen opgaven met illustraties (Paas et al., 2003). Deze resultaten zouden verklaard kunnen worden doordat het aanbieden van opgaven op verschillende manieren zorgt voor flexibiliteit in de manier waarop informatie verdeeld is (Ainsworth, 2006; Berends & Van Lieshout, 2009). Berends en Van Lieshout hebben naar het oplossen van de rekenopgaven gekeken, maar zij hebben niet het kijkproces onderzocht. Onderzoek naar het kijkproces bij contextopgaven met illustraties kan meer inzicht bieden waarom leerlingen langer doen over het oplossen van deze opgaven en deze opgaven minder nauwkeurig oplossen.

### **Het kijkproces**

Leerlingen geven aan bij voorkeur informatie uit een illustratie te gebruiken om opgaven op te lossen (Crisp & Sweiry, 2006). Dit is in overeenstemming met eye-tracking onderzoek naar het toevoegen van illustraties aan natuurkunde-leerteksten (Lenzner et al., 2013). Uit dit onderzoek van Lenzner en collega's (2013) blijkt dat leerlingen langer naar illustraties kijken wanneer deze dezelfde informatie bevatten als de tekst. Dit vormt een indicatie dat zij de informatie uit de illustratie proberen te integreren in de tekst (Hegarty & Just, 1993). Bij decoratieve illustraties is dit niet het geval: deze worden kort bestudeerd als oriëntatie op de tekst en daarna vrijwel genegeerd (Lenzner et al., 2013). Lenzner en collega's (2013) hebben niet onderzocht hoe het kijkproces verloopt wanneer informatie uit de illustratie in de tekst noodzakelijk is om de opgave op te lossen. Uit onderzoek van Berends en Van Lieshout (2009) blijkt dat dit type opgave het meest belastend is voor het werkgeheugen. Daarom zullen leerlingen waarschijnlijk langer naar de illustratie kijken bij dit type opgave, voordat zij de informatie uit de illustratie geïntegreerd hebben in de tekst (Hegarty & Just, 1993; Paas et al., 2003). Het toevoegen van een opgave waarin de illustratie informatie bevat die tegenstrijdig is aan de informatie in de tekst, kan meer inzicht verschaffen in hoeverre leerlingen gebruikmaken van de aangeboden illustraties. Het

integreren van de informatie uit illustratie in de tekst is niet mogelijk voor dit type opgave. Het is daarom de vraag hoe lang leerlingen naar de illustratie zullen kijken voor zij kiezen de opgave op te lossen op basis van informatie uit de illustratie of op basis van de informatie uit de tekst. Mogelijk speelt leesvaardigheid een rol in de snelheid waarmee die keuze wordt gemaakt.

### **Technisch lezen**

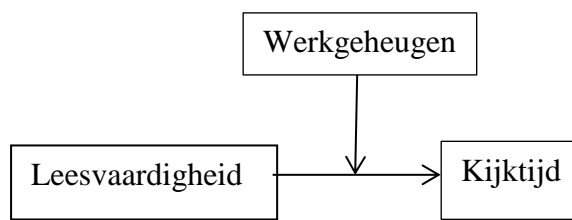
Voor het juist oplossen van contextopgaven, moeten leerlingen geschikte mentale representaties maken van het probleem (Ainsworth, 2006; Zahner & Corter, 2010). Hiervoor is voldoende leesvaardigheid nodig (Glenberg et al., 2012). Wanneer het vormen van een geschikte representatie op basis van de tekst niet lukt, kunnen illustraties helpen irrelevante informatie te herkennen en te elimineren (Ainsworth, 2006; Glenberg et al., 2012; Zahner & Cortner, 2010). Hierbij moet opgemerkt worden dat het integreren van illustraties in de tekst belastend is voor het werkgeheugen (Araújo et al., 2013; Chiappe et al., 2000; Wang & Gathercole, 2013). Het is de vraag of leerlingen die moeite hebben met technisch lezen voldoende werkgeheugencapaciteit vrij hebben voor het integreren van de illustraties in de tekst. Het decoderen van woorden neemt veel werkgeheugencapaciteit in beslag (Araújo et al., 2013; Chiappe et al., 2000; De Jong, 2006). Bovendien hebben leerlingen die moeite hebben met technische lezen vaak een zwak werkgeheugen (De Jong, 2006; Nevo & Breznitz, 2013; Wang en Gathercole, 2013). Het is dus de vraag of deze leerlingen profiteren van illustraties bij het vormen van geschikte representaties.

### **Huidig onderzoek**

In dit onderzoek wordt onderzocht of leesvaardigheid van invloed is op de mate waarin leerlingen gebruikmaken van een illustratie en of dit effect gemodereerd wordt door de werkgeheugencapaciteit van de leerlingen. In navolging van het onderzoek van Lenzner en collega's (2013) zal het illustratiegebruik beoordeeld worden aan de hand van de kijktijd naar de illustratie. De onderzoeksvraag zal beantwoord worden voor typen opgaven met illustraties die leerlingen in het Nederlands rekenonderwijs tegenkomen:

1. Decoratieve illustraties
2. Informatieve illustraties: illustraties die dezelfde informatie bevatten als de tekst
3. Noodzakelijke illustraties: illustraties die nodig zijn om de opgaven op te lossen

Er wordt verwacht dat naarmate de leesvaardigheid toeneemt, leerlingen minder moeite zullen hebben om de illustratie te integreren in de tekst, omdat zij minder werkgeheugencapaciteit kwijt zijn aan het decoderen van de opgave. Op basis hiervan wordt verwacht dat de kijktijd



*Figuur 1.* Moderator-model van de verwachting van het effect van leesvaardigheid op kijktijd

afneemt naarmate de leesvaardigheid toeneemt en dat dit effect het grootst is voor leerlingen met een zwak werkgeheugen (zie figuur 1).

Om meer zicht te krijgen op de mate waarin zwakke lezers profiteren van een illustratie, wordt een vierde type opgave toegevoegd:

4. Tegenstrijdige illustratie: illustraties die informatie bevatten die tegenstrijdig is aan de tekst

Er wordt verwacht dat naarmate leesvaardigheid toeneemt, leerlingen meer werkgeheugencapaciteit overhebben voor het integreren van de illustratie in de tekst, waardoor zij sneller beseffen dat dit niet mogelijk is bij deze opgave en een keuze maken welke informatie zij gebruiken om de opgave op te lossen. Op basis hiervan wordt verwacht dat de kijktijd afneemt naarmate de leesvaardigheid toeneemt en dat dit effect het grootst is voor leerlingen met een zwak werkgeheugen (zie figuur 1). Er wordt verwacht dat de leerlingen het meeste moeite hebben om de informatie uit de tegenstrijdige illustratie te integreren uit de tekst, gevolgd door de informatie uit de noodzakelijke illustratie, de informatie uit de informatieve illustratie en de decoratieve illustratie, in die volgorde. Op basis hiervan worden de sterkste effecten verwacht voor de opgaven met de tegenstrijdige illustratie, gevolgd door de opgaven met de noodzakelijke illustratie, de opgaven met de informatieve illustratie en de opgaven met de decoratieve illustratie, in die volgorde.

Om te controleren of illustratiegebruik op basis van kijktijd van betekenis is voor de oplossing van de opgaven, zal onderzocht worden of kijktijd voorspelt of leerlingen de rekenopgaven juist oplossen. Er wordt verwacht dat leerlingen die korter naar de illustratie kijken minder moeite hebben de informatie uit de illustratie te integreren in de tekst. Op basis hiervan wordt voor de opgaven met de decoratieve illustratie, de opgaven met de informatieve illustratie en de opgaven met de noodzakelijke illustratie verwacht dat leerlingen die korter naar de illustratie kijken vaker het antwoord goed hebben. Voor de tegenstrijdige conditie wordt verwacht dat naarmate de kijktijd toeneemt leerlingen vaker de informatie uit de



illustratie gebruiken om de opgaven op te lossen dan de informatie uit de tekst, dus dat leerlingen die langer naar de illustratie kijken vaker het antwoord goed hebben op basis van de illustratie.

## Methode

### Participanten

Voor het onderzoek zijn diverse basisscholen in Utrecht benaderd. Drie scholen hebben meegewerkt aan het onderzoek. De ouders van de leerlingen zijn geïnformeerd over het onderzoek via informed consent. De leerlingen kregen een brief mee naar huis waarop de ouders konden aangeven dat zij niet mee wilden werken aan het onderzoek. De aselecte steekproef bestond uit 70 leerlingen uit groep 6 van het reguliere basisonderwijs, waarvan 32 jongens (45.7%) en 38 meisjes (54.3%). De leeftijd van de participanten varieerde van 9 tot 11 jaar ( $M = 9.54$ ,  $SD = 0.59$ ). Er waren 26 leerlingen met Nederlands als eerste taal (37.1%) en 44 leerlingen met Nederlands als tweede taal (62.9%). Van één leerling zijn geen ruwe scores van technische leesvaardigheid bekend. Zes leerlingen hebben de werkgeheugentaak niet gemaakt. Tijdens de onderzoeksdagen was het niet mogelijk alle leerlingen de werkgeheugentaak te laten maken. Met de leerkrachten was afgesproken dat de leerlingen die de taak nog moesten maken, hier op een ander moment de gelegenheid voor zouden krijgen van de leerkracht. Voor de leerkrachten bleek het niet mogelijk genoeg ruimte te vinden op de reguliere lesdagen om alle leerlingen de taak te laten maken.

Op basis van het aantal participanten is het maximaal mogelijk een middelgroot effect vast te stellen van leesvaardigheid op kijktijd. Er is maximaal een klein effect vast te stellen van werkgeheugen als moderator van het effect van leesvaardigheid op kijktijd. Er is maximaal een middelgroot effect vast te stellen van kijktijd op oplossing van de opgave (Miles & Shevlin, 2001; zoals geciteerd in Field, 2009, p. 223).

### Meetinstrumenten

**Technische leesvaardigheid** De technische leesvaardigheid is beoordeeld aan de hand van het totaal aantal gelezen woorden op de drie kaarten van de Drie-minuten-toets (DMT), een betrouwbare en valide test voor technische leesvaardigheid (Jongen & Krom, 2010). De DMT meet technische leesvaardigheid aan de hand van drie kaarten van verschillende moeilijkheidsgraden. De leerlingen kregen per kaart één minuut de tijd om zo veel mogelijk woorden foutloos te lezen.

**Rekenopgaven** In dit onderzoek is gebruikgemaakt van de typen opgaven met illustraties die in Nederlands rekenonderwijs voorkomen (Van Lieshout, 2010):

1. Decoratieve illustraties
2. Informatieve illustraties: illustraties die dezelfde informatie bevatten als de tekst
3. Noodzakelijke illustraties: illustraties die nodig zijn om de opgaven op te lossen

Deze typen illustraties zijn ook gebruikt in onderzoek van Berends en Van Lieshout (2009) naar het effect van illustraties op het oplossen van rekenopgaven. Daarnaast is er in dit onderzoek een type opgave toegevoegd waarbij de informatie in de illustratie tegenstrijdig is aan de tekst:

4. Tegenstrijdige illustratie: illustraties die informatie bevatten die tegenstrijdig is aan de tekst

De leerlingen hebben van elk type opgave twee opgaven opgelost. De opgaven die gebruikt zijn, zijn gebaseerd op opgaven uit de realistische rekenmethodes Pluspunt (Van Beusekom et al., 2000), Rekenrijk (Bokhove et al., 2009) en Wereld in Getallen (Van Grootheest et al., 2011). Er is gebruikgemaakt van opgaven van het niveau eind groep5/begin groep 6. De opgaven zijn opgenomen in bijlage 1. Voor de analyses is de kijktijd gemiddeld tot één score per type illustratie. De betrouwbaarheid hiervan is nagegaan met correlatieanalyses. Wat betreft kijktijd, was er sprake van een significante correlatie voor de opgaven met een decoratieve illustratie ( $r = .35, p = .003$ ) en de opgaven met een informatieve illustratie ( $r = .55, p < .001$ ). Voor de opgaven met een noodzakelijke illustratie ( $r = .22, p = .06$ ) en de opgaven met een tegenstrijdige illustratie ( $r = .13, p = .28$ ) bleek er geen significante correlatie. Op basis hiervan zijn de analyses waarin getoetst wordt of leesvaardigheid een voorspeller is van kijktijd uitgevoerd met één van de opgaven met een noodzakelijke illustratie en één van de opgaven met een tegenstrijdige illustratie. Voor de opgaven met een noodzakelijke illustratie gekozen voor opgave 5 (zie bijlage 1), omdat in deze opgave de informatie uit de illustratie geïntegreerd moet worden in de tekst. In de andere opgave met een noodzakelijke illustratie hoeft er na het lezen van de tekst niet naar de tekst teruggekeken te worden om de opgave op te lossen. Voor de opgaven met een tegenstrijdige illustratie is gekozen voor opgave 7 (zie bijlage 1), omdat geen enkele leerling opgave 8 opgelost heeft op basis van de illustratie.

**Werkgeheugen** Het verbale werkgeheugen is gemeten met Het Apenspel (Van de Weijer-Bergsma, 2013). Dit is een verbale 'word recall backwards' taak. Kinderen kregen tijdens elk item een aantal woorden achter elkaar te horen en moesten vervolgens de woorden in omgekeerde volgorde aanklikken in een 3x3 matrix. Er is gebruikgemaakt van de woorden:

vis, maan, roos, oog, huis, vuur, ijs, poes, jas. In ieder item is elk woord maximaal één keer gebruikt. De taak is in moeilijkheid opgebouwd doordat kinderen steeds meer woorden moesten onthouden. Dit is opgebouwd van twee tot zes woorden, waarbij in elk level één woord toegevoegd is. Binnen elk level hebben de kinderen vier items gemaakt. De betrouwbaarheid en validiteit van dit instrument zijn nog onbekend. De betrouwbaarheid en validiteit van een vergelijkbare werkgeheugentaak voor het visueel-ruimtelijk werkgeheugen zijn goed (Van de Weijer-Bergsma, Kroesbergen, Prast, & Van Luit, 2014).

### **Procedure**

Voor dit onderzoek zijn de DMT-scores uit het leerlingvolgsysteem gebruikt. De DMT is twee maanden voor de start van de dataverzameling afgenomen door de leerkrachten. De rekenopgaven zijn aan de leerlingen individueel gepresenteerd via een computerscherm met daarin een eye-tracker. De eye-tracker bevat camera's met een infrarood volgsysteem. Via een kalibratieprocedure is het beste oog om opgenomen te worden automatisch geselecteerd. De kalibratie is geaccepteerd wanneer voor elk oog niet meer dan twee van de negen kalibratiepunten afweken. Nadat de leerling een opgave beantwoord had, werd de volgende opgave gepresenteerd, doordat één van de proefleiders op een willekeurige toets van het toetsenbord drukte. De eye-tracker heeft per illustratie de totale tijd die de leerlingen naar de illustratie gekeken hebben geregistreerd. De leerlingen is verteld dat zij rekenopgaven te zien krijgen die zij uit het hoofd moeten oplossen, waarbij zij naar het computerscherm moeten blijven kijken. Sommige leerlingen keken naar de proefleiders bij het geven van het antwoord. Na herhaling van de instructie, bleven zij naar het scherm kijken. Zodra de leerlingen het antwoord wisten, mochten zij het antwoord tegen de proefleiders zeggen. Het antwoord werd genoteerd door de proefleider die niet het toetsenbord bediende.

Om de werkgeheugentaak te maken zijn er zoveel leerlingen uit de klas gehaald als er beschikbare computers met koptelefoons waren. De leerlingen kregen de volgende instructie: 'Jullie gaan een apenspel maken. Iedereen heeft een eigen plaatje met zijn naam, je kunt het spel spelen door op je naam te klikken. Je moet de koptelefoon gebruiken, zodat je kunt horen wat je moet doen. Het spel is ook bedoeld voor oudere kinderen en wordt steeds wat moeilijker. Het geeft dus niets als je het moeilijk vindt of een antwoord niet meer weet. Het belangrijkste is om je best te doen. Maak het spel af zonder pauze te nemen.' Zodra een leerling klaar was met de taak, haalde de leerling de volgende leerling uit de klas om de taak te maken.

## Data-analyse

Statistische analyses zijn uitgevoerd met SPSS versie 20.0 (2011). Of leesvaardigheid een voorspeller is van kijktijd is onderzocht met behulp van een lineaire regressieanalyse per type opgave. Vervolgens is getoetst of werkgeheugencapaciteit dit effect modereert met behulp van een multiple regressieanalyse per type opgave. Om te onderzoeken of kijktijd een voorspeller is voor de oplossing van de opgave zijn voor de opgaven met de decoratieve, informatieve en noodzakelijke illustratie binaire logistische regressieanalyses uitgevoerd. Om te onderzoeken of kijktijd een voorspeller is voor de oplossing van de tegenstrijdige opgave, is een multinomiale regressieanalyse uitgevoerd.

## Resultaten

### Beschrijvende statistieken

Tabel 1 toont de beschrijvende statistieken voor leesvaardigheid, werkgeheugencapaciteit en kijktijd. Opvallend is dat de leerlingen korter naar de noodzakelijke illustratie hebben gekeken dan naar de tegenstrijdige illustratie. Daarnaast is het opvallend dat het minimum bij de decoratieve en tegenstrijdige illustratie 0.00 is. Dit betekent dat sommige leerlingen bij deze opgaven niet naar de illustratie gekeken hebben. Tabel 2 toont de antwoorden op de opgaven per type opgave. Opvallend is dat er een groot verschil is in de oplossing van de twee decoratieve opgaven. Daarnaast valt op dat opgave 2 en opgave 5 veel vaker fout beantwoord werden dan de overige opgaven.

Tabel 1

*Beschrijvende statistieken leesvaardigheid, werkgeheugencapaciteit en kijktijd*

|                        | <i>n</i> | <i>M</i> | <i>Minimum</i> | <i>Maximum</i> | <i>SD</i> |
|------------------------|----------|----------|----------------|----------------|-----------|
| Leesvaardigheid        | 69       | 86.45    | 51             | 130            | 14.72     |
| Werkgeheugencapaciteit | 64       | .49      | .09            | .77            | .15       |
| Kijktijd decoratief    | 70       | 1.07     | 0.00           | 4.70           | 1.05      |
| Kijktijd informatief   | 70       | 2.84     | 0.04           | 19.19          | 3.61      |
| Kijktijd noodzakelijk  | 70       | 6.46     | 0.07           | 35.18          | 6.19      |
| Kijktijd tegenstrijdig | 70       | 5.36     | 0.00           | 30.55          | 5.74      |

Tabel 2

*Antwoorden per type opgave*

|                          | <i>n</i> | Fout       | Goed       | Goed volgens illustratie |
|--------------------------|----------|------------|------------|--------------------------|
| Opgave 1 (decoratief)    | 70       | 17 (24.3%) | 53 (75.7%) |                          |
| Opgave 2 (decoratief)    | 70       | 39 (55.7%) | 31 (44.3%) |                          |
| Opgave 3 (informatief)   | 70       | 8 (11.4%)  | 62 (88.6%) |                          |
| Opgave 4 (informatief)   | 70       | 8 (11.4%)  | 62 (88.6%) |                          |
| Opgave 5 (noodzakelijk)  | 70       | 31 (44.3%) | 39 (55.7%) |                          |
| Opgave 7 (tegenstrijdig) | 70       | 14 (20.0%) | 31 (44.3%) | 25 (35.7%)               |

### Technische leesvaardigheid als voorspeller van kijktijd

Er werd verwacht dat de kijktijd af zou nemen naarmate de leesvaardigheid toe zou nemen en dat dit effect het grootst zou zijn voor leerlingen met een zwak werkgeheugen. De sterkste effecten werden verwacht voor de opgave met de tegenstrijdige illustratie, gevolgd door de opgave met de noodzakelijke illustratie, de opgaven met de informatieve illustratie en de opgaven met de decoratieve illustratie, in die volgorde. In tegenstelling tot de hypothesen, is gebleken dat leesvaardigheid geen voorspeller was van kijktijd voor de opgaven met een decoratieve illustratie,  $F(1,67) = 2.26$ ,  $p = .138$ , voor de opgaven met een informatieve illustratie,  $F(1,67) = 0.85$ ,  $p = .361$ , voor de opgave met een noodzakelijke illustratie,  $F(1,67) = .42$ ,  $p = .520$ , en voor de opgave met een tegenstrijdige illustratie,  $F(1,67) = 2.76$ ,  $p = .101$ . Wanneer er gecontroleerd werd voor werkgeheugen, is gebleken dat leesvaardigheid kijktijd niet significant voorspelde bij de opgaven met een decoratieve illustratie,  $F(1,62) = 1.73$ ,  $p = .185$ , en voor de opgave met een noodzakelijke illustratie,  $F(1,62) = 1.05$ ,  $p = .358$ . Dit komt niet overeen met de hypothesen. Leesvaardigheid bleek kijktijd wel significant te voorspellen wanneer er gecontroleerd werd voor werkgeheugen bij de opgaven met een informatieve illustratie en de opgave met een tegenstrijdige illustratie. Voor de opgaven met een informatieve illustratie verklaarde het model 33.8% van de variantie in kijktijd, een middelgroot effect,  $R^2 = .34$ ,  $F(1,62) = 3.93$ ,  $p = .025$ . Er bleek echter geen significant effect van leesvaardigheid bovenop het werkgeheugen ( $\beta = -0.02$ ,  $t = -0.66$ ,  $p = .514$ ), in tegenstelling tot de hypothese. Voor de opgave met een tegenstrijdige illustratie verklaarde het model 30.9% van de variantie, een middelgroot effect,  $R^2 = .31$ ,  $F(1,62) = 3.23$ ,  $p = .047$ . Er bleek echter geen significant effect van leesvaardigheid bovenop het werkgeheugen ( $\beta = -0.07$ ,  $t = -1.35$ ,  $p = .182$ ), in tegenstelling tot de hypothese

### Kijktijd als voorspeller van de oplossing van de opgave

Om te controleren of een illustratiegebruik op basis van kijktijd van invloed is op de oplossing van de opgaven, is onderzocht of kijktijd voorspelde of leerlingen de rekenopgaven juist oplossen. Er werd verwacht dat leerlingen die korter naar de illustratie kijken vaker het antwoord goed hadden bij de opgave met de decoratieve illustratie, de opgave met de informatieve illustratie en de opgave met de noodzakelijke illustratie. In tegenstelling tot de hypothesen is gebleken dat kijktijd geen voorspeller was van de oplossing van beide opgaven met een decoratieve illustratie,  $\chi^2(1) = 2.45, p = .118$  voor opgave 1,  $\chi^2(1) = 0.31, p = .576$  voor opgave 2 (zie bijlage 1). Daarnaast is gebleken dat, in tegenstelling tot de hypothesen, kijktijd geen voorspeller is van de oplossing van één van de opgaven met een informatieve illustratie (opgave 4, zie bijlage 1),  $\chi^2(1) = 0.03, p = .874$ . Kijktijd voorspelde wel significant de oplossing van de andere opgave met een informatieve illustratie (opgave 3, zie bijlage). Kijktijd verklaarde 8,0-15,8% van de variantie in de oplossing van de opgave 3 met een informatieve illustratie, een klein effect,  $R^2_{Cox\&Snell} = .08, R^2_{Nagelkerke} = 0.16, \chi^2(1) = 5.85, p = .016$ . Kijktijd voorspelde significant of een leerling opgave 3 goed beantwoordt,  $b = -0.20$ , Wald  $\chi^2(1) = 4.91, p = .027$ . Leerlingen die korter naar de illustratie keken, losten de opgave vaker goed op, overeenkomstig de hypothese. In tegenstelling tot de hypothese, is kijktijd geen significante voorspeller van de oplossing van de opgave met een noodzakelijke illustratie gebleken,  $\chi^2(1) = 1.62, p = .203$ .

Voor de tegenstrijdige conditie werd verwacht dat leerlingen die langer naar de illustratie keken vaker het antwoord goed zouden hebben op basis van de illustratie. Kijktijd voorspelde significant de oplossing van de opgave,  $\chi^2 = 9.68, p = .008$ . De resultaten met betrekking tot de goodness-of-fit van het model waren echter tegenstrijdig ( $p_{Deviance} = .34, p_{Pearson} < .001$ ), daarom is gecontroleerd voor overdispersion ( $\phi_{Pearson} = 1.79, \phi_{Deviance} = 1.05$ ). Beide parameters lagen tussen 1 en 2, dus waren er geen indicaties voor overdispersion (Field, 2009, p. 276). Op basis hiervan is de Deviance statistiek aangehouden. Het model verklaarde 12.9% van de variantie, een klein effect,  $R^2 = .13$ . Kijktijd voorspelde significant of een leerling de opgave beantwoordde aan de hand van de illustratie of aan de hand van de tekst,  $b = -0.19$ , Wald  $\chi^2(1) = 6.52, p = .011$ . Leerlingen die langer naar de illustratie keken, baseerden vaker hun antwoord op de illustratie, overeenkomstig de hypothese.

## Discussie

### Technische leesvaardigheid als voorspeller van kijktijd

Dit onderzoek was erop gericht meer te weten te komen over het gebruik van illustraties in contextopgaven, het type opgave dat gebruikt wordt in de realistische rekenmethodes in het Nederlandse onderwijs (Gravemeijer & Doorman, 1999; Van Lieshout, 2010). Er is onderzocht of leesvaardigheid van invloed was op het gebruik van illustraties op basis van kijktijd en of het werkgeheugen dit effect modereert. In tegenstelling tot de hypothesen, is uit de resultaten gebleken dat dit niet het geval is. Dat de hypothesen niet bevestigd zijn, wordt mogelijk veroorzaakt door de operationalisatie van leesvaardigheid. Leesvaardigheid is geoperationaliseerd als technische leesvaardigheid. Hier is voor gekozen omdat technische leesvaardigheid één van de voorwaarden voor begrijpend lezen is (De Jong, 1998; Glenberg et al., 2012). Het is mogelijk dat begrijpend lezen een betere voorspeller is van illustratiegebruik. Uit onderzoek van Vukovic, Lesaux en Siegel (2010) blijkt dat kinderen die moeite hebben met begrijpend lezen moeite hebben met contextopgaven, in tegenstelling tot kinderen die moeite hebben met technisch lezen. Kinderen die moeite hebben met technisch lezen scoren gemiddeld op contextopgaven wanneer er gecontroleerd wordt voor kennis van rekenfeiten. Deze twee typen leesproblemen leiden dus tot verschillende moeilijkheden waar leerlingen tegenaan lopen bij het oplossen van contextopgaven. Dit kan van invloed zijn op het illustratiegebruik door de leerlingen. Bovendien is het mogelijk dat kinderen die enkel zwak zijn in begrijpend lezen meer moeite doen om de informatie uit de illustratie te integreren in de tekst, omdat zij minder werkgeheugencapaciteit kwijt zijn aan het decoderen van de tekst (Araújo et al., 2013; Chiappe et al., 2000; De Jong, 2006). De operationalisatie van leesvaardigheid als begrijpend lezen zou mogelijk andere resultaten opleveren dan dit onderzoek. Dit lijkt echter niet waarschijnlijk, aangezien technisch lezen een voorwaarde is voor begrijpend lezen en een sterke samenhang heeft met begrijpend lezen (De Jong, 1998; Glenberg et al., 2012; Nevo & Breznitz, 2013).

Wat betreft leesvaardigheid, moet opgemerkt worden dat er in dit onderzoek gebruik is gemaakt van een aselechte steekproef, waarbij leerlingen die Nederlands als tweede taal hadden (NT2) hoger scoorden op technische leesvaardigheid (De Jong, 2014). Deze resultaten komen overeen met het onderzoek van Droop en Verhoeven (2003), waarin NT2-leerlingen hoger scoorden op decodeertaken dan leerlingen die Nederlands als eerste taal hebben (NT1). De NT1-leerlingen uit dit onderzoek kwamen uit de lagere sociaal-economische klassen, waardoor de resultaten van dit onderzoek minder valide zijn. Uit ander onderzoek blijkt echter eveneens dat NT2-leerlingen geen achterstand hebben ten opzichte van NT1-leerlingen wat

betreft technische leesvaardigheid (Verhoeven, 2000). Hoewel de resultaten wat betreft verschillen in technische leesvaardigheid overeenstemmen met eerder onderzoek, moet vermeld worden dat de steekproef niet representatief was qua verdeling van NT1- en NT2-leerlingen. Van de participanten die deelgenomen hebben aan het meest recente normeringsonderzoek van de DMT, was 14% van de leerlingen een NT2-leerling (Jongen & Krom, 2010). In onze populatie was 62.9% van de leerlingen een NT2-leerling (De Jong, 2014). Daarnaast was van de leerlingen de sociaal-economische status niet bekend. Het is dus onbekend of de NT1-leerlingen uit de lagere sociaal-economische klasse komen, net zoals in het onderzoek van Droop en Verhoeven (2003).

Naast het feit dat de steekproef niet representatief was qua verdeling van NT1- en NT2-leerlingen, is de steekproef ook niet representatief gebleken qua verdeling van leesvaardigheid. De steekproef is scheef verdeeld: meer dan de helft van de leerlingen haalde schaalscore I of II op de DMT. Leerlingen die schaalscore I halen behoren tot de 20% beste lezers op de DMT, leerlingen die schaalscore II halen behoren tot de 40% beste lezers op de DMT (Jongen & Krom, 2010).

### **Kijktijd als voorspeller van de oplossing van de opgave**

Er is gecontroleerd of illustratiegebruik op basis van kijktijd van invloed was op de oplossing van de opgaven doordat onderzocht is of kijktijd voorspelde of leerlingen de rekenopgaven juist oplosten. In tegenstelling tot de hypothesen voorspelde kijktijd niet de oplossing van de opgaven met een decoratieve illustratie. Dit kan verklaard worden doordat leerlingen een plaatje bestuderen als oriëntatie op de tekst, maar daarna vrijwel negeren (Lenzner et al., 2013). Er is echter niet onderzocht of dit proces inderdaad zo verlopen is aan de hand van de kijkfrequentie.

Opvallend is dat de resultaten met betrekking tot de informatieve illustratie tegenstrijdig waren. In tegenstelling tot de hypothesen, was kijktijd geen voorspeller van de oplossing van opgave 4 (zie bijlage 1). Voor opgave 3 (zie bijlage 1) is de hypothese wel bevestigd: leerlingen die langer naar de illustratie keken, hadden vaker het antwoord fout. Dat de resultaten tegenstrijdig zijn zou verklaard kunnen worden door het ontwerp van de opgaven. De informatie in de illustratie van opgave 3 bood meer hulp, doordat er sprake was van duplicatie van de informatie. De illustratie van opgave 4 was mogelijk meer decoratief van aard. Dit wordt bevestigd doordat de resultaten bij de decoratieve opgaven eveneens niet significant waren. Dat leerlingen die langer naar de illustratie gekeken hebben bij opgave 3 de opgave vaker fout beantwoordden, zou verklaard kunnen worden door het redundancy effect. Volgens deze theorie leidt het dupliceren van informatie in twee verschillende bronnen leidt



tot extra werkgeheugenbelasting (Sweller, 1994; 2005). Hierdoor blijft er minder ruimte over in het werkgeheugen voor het oplossen van de rekenopgave, waardoor deze minder nauwkeurig opgelost wordt (Dewolf et al., 2014; Elia et al., 2007; Rasmussen & Bisanz, 2005).

Voor de opgave met de noodzakelijke illustratie is het mogelijk dat de hypothesen niet bevestigd zijn doordat de leerlingen per definitie de informatie uit de illustratie moesten gebruiken om de opgaven op te lossen en er daarom minder grote verschillen waren tussen de leerlingen. Dit wordt bevestigd doordat uit de scatterplot weinig spreiding in kijktijd blijkt.

Voor de tegenstrijdige conditie is gevonden dat leerlingen die langer naar de illustratie kijken vaker het antwoord goed hebben op basis van de illustratie. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de ene leerling de opgave volledig op basis van de tekst oplost en de illustratie daarbij vrijwel negeert (Lenzner et al., 2013), terwijl de andere leerling zich na het lezen van de tekst op de illustratie concentreert en nauwelijks terugkijkt naar de tekst. Of dit inderdaad het geval is, zou nader onderzocht kunnen worden aan de hand van de kijkfrequentie en het kijkproces. Daarnaast is het de vraag welke factoren deze keuze beïnvloeden. Uit dit onderzoek blijkt dat leesvaardigheid het illustratiegebruik niet beïnvloedt, wanneer illustratiegebruik geoperationaliseerd wordt als kijktijd. Verder onderzoek is nodig om te ontdekken welke factoren van invloed zijn op het illustratiegebruik door leerlingen en op welke wijze zij illustraties gebruiken.

### **Beperkingen**

Dit onderzoek is een kleinschalig onderzoek met een kleine, selecte steekproef. Zoals reeds opgemerkt, is deze steekproef niet representatief gebleken voor de Nederlandse populatie. Hierdoor zijn de resultaten nauwelijks generaliseerbaar. Een beperking wat betreft de betrouwbaarheid van dit onderzoek, zijn de hoge standaarddeviaties bij de kijktijd naar de opgaven. Deze zijn hoger dan het gemiddelde, wat ongebruikelijk is bij eye-tracking onderzoek (bijvoorbeeld Liossi, Schoth, Godwin, & Liversedge, 2014; Welsh, Clerkin, Ellis, & Beevers, 2014). Dit zou verklaard kunnen worden door de kleine steekproefgrootte, waardoor extremen de standaarddeviatie meer beïnvloed hebben. Een andere verklaring is dat er een grote diversiteit is in de mate waarin leerlingen twee stimuli kunnen integreren. Replicatie van dit onderzoek met een grotere steekproef is nodig om vast te stellen in hoeverre deze hoge standaarddeviaties ongebruikelijk zijn.

Een andere beperking van dit onderzoek, is dat de werkgeheugentaak die gebruikt is om het verbale werkgeheugen te meten, nog in ontwikkeling is. Er zijn nog geen gegevens over de betrouwbaarheid en validiteit bekend, hoewel de eerste analyses positief zijn (E. Van

de Weijer-Bergsma, persoonlijke communicatie, 26 februari, 2014). Daarnaast zijn de betrouwbaarheid en validiteit van een vergelijkbare werkgeheugentaak voor het visueel-spatieel werkgeheugen goed (Van de Weijer-Bergsma et al., 2014).

Er bleek niet altijd een correlatie te zijn wat betreft kijktijd tussen de rekenopgaven met hetzelfde type illustratie. Bij het theoretisch analyseren van de opgaven, bleken er verschillen te zijn in de definitie van de typen opgaven en bleken niet alle opgaven van vergelijkbare moeilijkheid. Hierdoor zijn één opgave met een noodzakelijke illustratie en één opgave met een tegenstrijdige illustratie niet meegenomen in de analyses. Daarnaast blijkt uit analyses waarin gecontroleerd is of kijktijd een voorspeller is van de oplossing van de opgave een verschil tussen beide opgaven met een informatief plaatje. Hieruit blijkt dat er grote verschillen zijn binnen de typen contextopgaven met illustraties die in het Nederlands rekenonderwijs gebruikt worden. Verder onderzoek is nodig om te ontdekken welke kenmerken van illustraties van invloed zijn op de mate waarin illustraties gebruikt worden bij het oplossen van contextopgaven en of de effecten hiervan verschillen per type opgave.

In dit onderzoek is het illustratiegebruik beoordeeld aan de hand van de kijktijd naar de illustraties. Een andere manier om illustratiegebruik te beoordelen die mogelijk andere resultaten oplevert, is de kijkfrequentie. Zwakke lezers wisselen vaker van mentale representatie waardoor zij informatie kwijtraken (Gernsbacher, Varner, & Faust, 1990). Bovendien geeft kijkfrequentie een indicatie van de moeite die het een leerling kost om de informatie uit de illustratie te integreren in de tekst (Hegarty & Just, 1993).

### **Conclusie**

Dit onderzoek bevestigt dat het toevoegen van illustraties aan contextopgaven de nauwkeurigheid van de oplossing niet altijd verhoogt ondanks de theoretische voordelen. Er is gebleken dat technische leesvaardigheid geen invloed heeft op illustratiegebruik op basis van kijktijd. Er is echter wel gebleken dat de kenmerken van de illustratie en het type opgaven een rol spelen in de mate waarin de illustratie behulpzaam is bij het oplossen van de opgaven. Verder onderzoek is nodig naar de kenmerken van illustraties die een rol spelen in de mate waarin leerlingen gebruikmaken van een illustratie en de mate waarin een illustratie bijdraagt aan het correct oplossen van de opgaven.

### **Referenties**

Araújo, S., Faísca, L., Bramão, I., Petersson, K. M., & Reis, A. (2013). Lexical and

- phonological processes in dyslexic readers: Evidence from a visual lexical decision task. *Dyslexia*. Advance online publication. doi: 10.1002/dys.1461
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction, 16*, 183-198. doi: 10.1016/j.learninstruc.2006.03.001
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. A. Bower (Ed.), *Recent advances in learning and motivation*, Vol. 8 (pp. 47-90). New York: Academic.
- Berends, I. E., & Van Lieshout, E. C. D. M. (2009). The effect of illustrations in arithmetic problem-solving: Effect of increased cognitive load. *Learning and Instruction, 19*, 345-353. doi: 10.1016/j.learninstruc.2008.06.012
- Brissiaud, R., & Sander, E. (2010). Arithmetic word problem solving: A Situation Strategy First framework. *Developmental Science, 13*, 92-107. doi: 10.1111/j.1467-7687.2009.00866.x
- Bokhove, J., Borghouts, C., Buter, A., Kuipers, K., Veltman, A., & Swart, E. (2009). Rekenrijk 6a. Groningen / Houten: Noordhoff Uitgevers
- Chiappe, P., Hasher, L., & Siegel, L. S. (2000). Working memory, inhibitory control and reading disability. *Memory & Cognition, 28*, 8-17. doi: 10.3758/BF03211570
- Crisp, V., & Sweiry, E. (2006). Can a picture ruin a thousand words? The effects of visual resources in exam questions. *Educational Research, 48*, 139-154. doi: 10.1080/00131880600732249
- De Jong, L. (2014). Een onderzoek naar het gebruik van illustraties bij reken-/wiskundige opgaven en de invloed van taalachtergrond, leesvaardigheid en werkgeheugen van NT2-leerlingen in groep 6 (master's thesis). Universiteit Utrecht: Utrecht.
- De Jong, P. F. (2006). Understanding Normal and Impaired Reading Development: A Working Memory Perspective. In S. Pickering (Eds), *Working Memory and Education* (pp. 33-60). doi: 10.1016/B978-012554465-8/50004-1
- Dewolf, T., Van Dooren, W., Cimen, E. E., & Verschaffel, L. (2014). The impact of illustrations and warnings on solving mathematical word problems realistically. *Learning, Instruction, and Cognition, 82*, 103-120. doi: 10.1080/00220973.2012.745468
- Droop, M., & Verhoeven, L. (2003). Language proficiency and reading ability in first- and second-language learners. *Reading Research Quarterly, 38*, 78-103. doi: 10.1598/RRQ.38.1.4

- Elia, I., Gagatsis, A., & Demetriou, A. (2007). The effects of different modes of representation on the solution of one-step additive problems. *Learning and Instruction, 17*, 658-672. doi: 10.1016/j.learninstruc.2007.09.011
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS. Third edition*. Londen/Californië/New Delhi/Singapore: SAGE Publications.
- Filippatou, D., & Pumfrey, P. D. (1996). Pictures, titles, reading accuracy and reading comprehension: A research review (1973-95). *Educational Research, 38*, 259-291. doi: 10.1080/0013188960380302
- Gernsbacher, M. A., Varner, K. R., & Faust, M. E. Investigating differences in general comprehension skill. *Journal of Experimental Psychology, 16*, 430-445. doi: 10.1037/0278-7393.16.3.430
- Glenberg, A., Willford, J., Gibson, B., Goldberg, A., & Zhu, X. (2012). Improving reading to improve math. *Scientific Studies of Reading, 16*, 316-340. doi: 10.1080/10888438.2011.564245
- Goldin, G. A. (1998). Representational systems, learning, and problem solving in mathematics. *Journal of Mathematical Behavior, 17*, 137-165. Doi: 10.1016/S0364-0213(99)80056-1
- Gravemijer, K., & Doorman, M. (1999). Context problems in realistic mathematics education: A calculus course as an example. *Educational Studies in Mathematics, 39*, 112-129. doi 10.1023/A:1003749919816
- Hegarty, M., Just, M. A. (1993). Constructing mental models of machines from text and diagrams. *Journal of Memory and Language, 32*, 717-742. doi: 10.1006/jmla.1993.1036
- Jongen, I., & Krom, R. (2010). *Drie-Minuten-Toets. Handleiding. Gebaseerd op de handleiding Drie-Minuten-Toets van Ludo Verhoeven (1995)*. Arnhem, Nederland: Cito.
- Lenzner, A., Schnotz, W., & Müller, A. (2013). The role of decorative pictures in learning. *Instructional Science, 41*, 811-831. doi: 10.1007/s11251-012-9256-z
- Lioffi, C., Schoth, D. E., Godwin, H. J., & Liversedge, S. P. (2014). Using eye movements to investigate selective attention in chronic daily headache. *Pain, 155*, 503-510. doi: 10.1016/j.pain.2013.11.014
- Nationaal Referentiecentrum Dyslexie. (2013). *Protocol dyslexie diagnostiek en behandeling 2.0*. Arnhem
- Nevo, E., & Breznitz, Z. (2013). The development of working memory from kindergarten to

- first grade in children with different decoding skills. *Journal of Experimental Child Psychology*, *114*, 217-228. doi: 10.1016/j.jecp.2012.09.004
- Paas, F., Tuovinen, J. E., Tabbers, H., & Van Gerven, P. W. M. (2003). Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educational Psychologist*, *38*, 63-71. doi: 10.1207/S15326985EP3801\_8
- Rasmussen, C., & Bisanz, J. (2005). Representation and working memory in early arithmetic. *Journal of Experimental Child Psychology*, *91*, 137-157. doi: 10.1016/j.jecp.2005.01.004
- Seufert, T., Jänen, I., & Brünken, R. (2007). The impact of intrinsic cognitive load on the effectiveness of graphical help for coherence information. *Computers in Human Behavior*, *23*, 1055-1071. doi: 10.1016/j.chb.2006.10.002
- Shorrocks-Taylor, D., & Hargreaves, M. (1999). Making it clear: A review of language issues in testing with special reference to the National Curriculum mathematics tests at key stage 2. *Educational Research*, *41*, 123-136. doi: 10.1080/0013188990410201
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, *4*, 295-312. doi: 10.1016/0959-4752(94)90003-5
- Sweller, J. (2005). *Implications of cognitive load theory for multimedia learning*. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 19–30). New York, NY: Cambridge University Press.
- Van Beusekom, N., Schuelers, L., Boersma, G., Van Gool, A., Groen, J., & Van der Straaten, H., & De Weerd-Fourdraine, A. (2000). *Pluspunt-rekenwiskundemethode voor de basisschool*. Den Bosch: Malmberg.
- Van Dijk, I. M. A. W., Van Oers, B., Terwel, J., & Van den Eeden, P. (2003). Strategic learning in primary mathematics education: Effects of an experimental program in modelling. *Educational Research and Evaluation*, *9*, 161-187. doi: 10.1076/edre.9.2.161.14213
- Van de Weijer-Bergsma, E. (2013). Handleiding online werkgeheugentaak voor kinderen. Ontvangen van E. van der Weijer-Bergsma.
- Van de Weijer-Bergsma, E. (2014, 26 februari). Re: Er is een account voor uw klas aangemaakt in de Online Werkgeheugentaak [Elektronisch emailbericht].
- Van de Weijer-Bergsma, E., Kroesbergen, E. H., Prast, E. J., Van Luit, J. E. H. (2014). Validity and reliability of an online visual-spatial working memory task for self-reliant administration in school-aged children.. Advance online publication. doi: 10.3758/s13428-014-0469-8

- Van Dijk, I. M. A. W., Van Oers, B., Terwel, J., & Van Eeden, P. (2003). Strategic Learning in primary mathematics education: Effects of an experimental program in modelling. *Educational Research and Evaluation: An International Journal on Theory and Practice*, 9, 161-187. doi: 10.1076/edre.9.2.161.14213
- Van Grootheest, L., Huitema, S., Van Hijum, R., Nillesen, C., Osinga, H., Veltman, H., & Van de Wetering, M. (2011). *De wereld in getallen*. Den Bosch: Malmberg.
- Van Lieshout, E. C. D. M. (2010, maart). *Enkele lijnen in het onderzoek naar basale rekenvaardigheden*. Rede uitgesproken ter gelegenheid van zijn afscheid als hoogleraar Orthopedagogiek met betrekking tot onderwijsleerproblemen aan de faculteit der Psychologie en Pedagogiek van de Vrije Universiteit Amsterdam. Opgehaald van: <http://dare.uvu.nl/bitstream/handle/1871/15835/Afscheidsrede%20Van%20Lieshout.pdf?sequence=1>
- Verhoeven, L. (2000). Components in early second language reading and spelling. *Scientific Studies of Reading*, 4, 313-330. doi: 10.1207/S1532799XSSR0404\_4
- Vukovic, R. K., Lesaux, N. K., & Siegel, L. S. (2012). The mathematics skills of children with reading difficulties. *Learning and Individual Differences*, 20, 639-643. doi: 10.1016/j.lindif.2010.08.004
- Vygotsky, L.S., 1978. *Mind in Society*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Wang, S., & Gathercole, S. E. (2013). Working memory deficits in children with reading difficulties: Memory span and dual task coordination. *Journal of Experimental Child Psychology*, 115, 188-197. doi: 10.1016/j.jecp.2012.11.015
- Wells, T. T., Clerkin, E. M., Ellis, A. J., & Beevers, C. G. (2014). Effect of antidepressant medication use on emotional information processing in major depression. *American Journal of Psychiatry*, 171, 195-200. doi± 10,1176/appi.ajp.2013,12091243
- Zahner, D., & Corter, J. E. (2010). The process of probability problem solving: Use of external visual representations. *Mathematical Thinking and Learning*, 12, 177-204. doi: 10.1080/10986061003654240

**Bijlage 1: Rekenopgaven**

Merel heeft 466 knikkers. Ze geeft er 35 aan Freek. Hoeveel knikkers houdt Merel over?



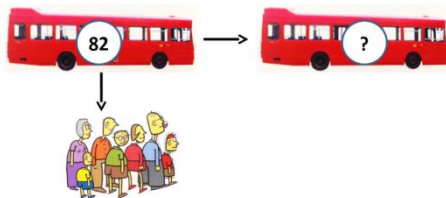
*Figuur 1. Opgave 1 (Decoratief)*

Joost heeft €40,- gespaard. Hij koopt twee boeken van €14,- per stuk. Hoeveel geld blijft er in zijn spaarvarken zitten?



*Figuur 2. Opgave 2 (Decoratief)*

Er zitten 82 mensen in de bus. 7 mensen stappen uit. Hoeveel mensen blijven in de bus?



*Figuur 3. Opgave 3 (Informatief)*

Er kunnen 6 potjes in 1 doos. Hoeveel dozen heb je nodig om 18 potjes op te ruimen?



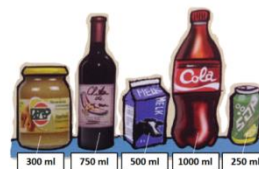
*Figuur 4. Opgave 4 (Informatief)*

Boer Piet kan in zijn roeiboot 150 kg zand meenemen. Alle zakken moeten mee. Hoe vaak moet Boer Piet varen?



*Figuur 5. Opgave 5 (Noodzakelijk)*

De moeder van Pim koopt boodschappen in de supermarkt. Zij koopt een pot appelmoes, een fles wijn, een pakje melk, een fles cola en een blikje sap. Hoeveel milliliter (ml) heeft zij in totaal?



*Figuur 6. Opgave 6 (Noodzakelijk)*

Sef vangt 4 vissen. Elke vis weegt 250 gram. Hoeveel gram heeft Sef in totaal gevangen?



*Figuur 7. Opgave 7 (Tegenstrijdig)*

Mila en Fatima gaan samen op vakantie naar Griekenland. De vliegticket kost €1275,- en het hotel kost €715,-. Hoeveel is dit samen?



*Figuur 8. Opgave 8 (Tegenstrijdig)*