

MODALITEITSPRINCIPE EN AUTISME

**EEN ONDERZOEK NAAR HET GEBRUIK VAN HET MODALITEITSPRINCIPE IN MULTIMEDIA VOOR
LEERLINGEN MET EEN STOORNIS IN HET AUTISTISCH SPECTRUM**

AUTEUR:

ROSANNE DUBBELD

INSTITUUT VOOR PSYCHOLOGIE

FACULTEIT DER SOCIALE WETENSCHAPPEN

ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM

BEGELEIDERS:

ALFONS TEN BRUMMELHUIS, STICHTING KENNISNET

HUIB TABBERS, ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM

31 AUGUSTUS 2009

VOORWOORD

Een vader en een zoon besluiten een bordspel te gaan spelen. De vader zegt tegen zijn zoon: "Wie het hoogst gooit mag beginnen!"; wijzend naar de twee dobbelstenen die bij het spel horen. De zoon pakt de dobbelstenen op, gooit ze zo hard als hij kan tegen het plafond, en kijkt triomfantelijk naar zijn vader. Hij weet immers zeker dat hij de dobbelstenen het hoogst heeft gegooid.

Deze anekdote vertel ik vaak als ik probeer duidelijk te maken waarom het fenomeen 'autisme' me zo ontzettend boeit. Het maakt duidelijk hoe anders mensen met autisme naar de wereld kijken: wij begrijpen dat 'wie het hoogst gooit' betekent dat de persoon die met twee dobbelstenen bij elkaar twaalf gooit, waarschijnlijk het spel mag beginnen. Voor de jongen met autisme betekent hoog gooien... hoog gooien. Heel letterlijk, zonder gevoel voor context of begrip voor de nuances die mensen vaak hanteren in hun taalgebruik.

Tijdens het vak '(digital) learning environments' vroeg Huib Tabbers waar wij, studenten Onderwijs- en Ontwikkelingspsychologie, stage zouden gaan lopen, of wat voor onderzoek wij zouden gaan doen. Ik reageerde dat ik hoopte tijdens zijn blok inspiratie op te doen. Digitale leeromgevingen klonk mij met mijn interesse voor ICT en onderwijs als muziek in de oren.

Toen Alfons ten Brummelhuis tijdens een van de gastcolleges vertelde over Stichting Kennisnet en de onderzoeken die zij uitvoeren naar ICT in onderwijs, wist ik dat ik die inspiratie niet verhoefde te zoeken. Het contact was snel gelegd, en Alfons moedigde mij aan vooral mijn eigen ambities waar te maken in het onderzoek dat ik zou gaan doen.

En dat heb ik gedaan. Een onderzoek met leerlingen met autisme op de Pleysierschool in Den Haag, een van de scholen die vooruitloopt als het gaat om het toepassen van ICT binnen het onderwijs. Het welkom daar door de enthousiaste docenten Dennis Verhagen en Esther Geenen was heel bijzonder, net als het contact met de leerlingen. Sommigen nieuwsgierig, anderen bang voor het onderwerp van de animatie, en zelfs een leerling die zonder een woord te spreken besloot mij tijdens het experiment te gaan helpen met het opnieuw klaarzetten van de laptops. En hoe blij ik ook was met Martijn Vet, de persoon die voor de audioversie van de animatie met een prachtige rustige stem tekstjes insprak, vond een van de leerlingen 'die stem en dat geluid hoogst irritant'.

De docenten op de school hoefde ik niet enthousiast te maken over deze bijzondere doelgroep. Wel hoop ik onder andere Alfons ten Brummelhuis, Huib Tabbers en alle andere lezers van mijn onderzoek enigszins aan te hebben gestoken met mijn enthousiasme over deze doelgroep. Leerlingen met autisme bezitten vaak veel potentie, maar hebben soms een klein steuntje in de rug nodig om dit optimaal tot uiting te kunnen laten komen.

SAMENVATTING

In dit onderzoek worden eerst de *Cognitive Theory of Multimedia Learning* en cognitieve kenmerken van leerlingen met een Autisme Spectrum Stoornis beschreven. Op basis van deze theorie en deze geheugenkenmerken wordt verwacht dat leerlingen met Autisme Spectrum Stoornis meer leren (gemeten met een retentie- en transfertest) van een multimedia-instructie wanneer deze ontworpen is volgens het modaliteitsprincipe dan wanneer deze niet ontworpen is volgens dit principe. Twee t-tests met retentiescore en transferscore als afhankelijke variabele en 'groep' als between-subjectsfactor bevestigen deze verwachtingen niet. Het belang van verder onderzoek naar deze, maar ook andere populaties binnen het onderwijs wordt benadrukt. Materiaal dat voor de ene leerling 'passend' is, is dit wellicht voor een andere leerling niet.

INLEIDING

In Rotterdam hebben het Albeda College en Zadkine besloten een klas speciaal voor autistische ICT-leerlingen te beginnen (van Heur, 2009). De ROC's geven aan dat 'computers structuur en duidelijkheid geven', wat past bij leerlingen met een Autisme Spectrum Stoornis (ASS). De noodzaak voor een aparte klas voor deze leerlingen is groot: de leerlingen zijn vaak in het reguliere onderwijs vastgelopen. Ook buiten de scholen zelf is op dit moment aandacht voor leerlingen met ASS. Recentelijk is bijvoorbeeld vanuit het Landelijk Netwerk Autisme PASSER (Platform ASS Eindonderwijs in de Regio) opgericht, waar scholen in een landelijk netwerk samenwerken om een aangepast lespakket aan te kunnen bieden aan leerlingen met ASS op het VMBO, HAVO en VWO (LNA, 2009).

De Autisme Spectrum Stoornis komt bij ruim een (1,3) op de 1.000 kinderen voor (Fombonne, 2005), cijfers die voornamelijk op buitenlands onderzoek zijn gebaseerd. Volgens het Trimbos Instituut (z.d.) hebben in Nederland 4.000 kinderen tot 20 jaar een autistische stoornis, 6.000 kinderen PDD-NOS, en 1.000 kinderen een stoornis van Asperger. Recente cijfers zouden grotere en groeiende aantallen aangeven, voornamelijk omdat de diagnostische criteria met betrekking tot ASS zijn verbeterd (Taylor, 2006).

De Autisme Spectrum Stoornis is een verzamelnaam voor vijf subtypes van autisme, namelijk de meest bekende Autistische Stoornis, Stoornis van Asperger, PDD-NOS, en de minder bekende desintegratiestoornis van de kinderleeftijd en het Syndroom van Rett (Filipek, Accardo, Baranek, Cook, Dawson, Gravel, et al. (1999). De Autistische Stoornis wordt gediagnosticeerd wanneer zich problemen voordoen op het gebied van sociale interactie en communicatie, en wanneer sprake is van gebrekkige en/of stereotype interesses en gedragingen. Van een Stoornis van Asperger is sprake wanneer de taalontwikkeling normaal verloopt. PDD-NOS wordt vaak gezien als een 'restgroep', waar niet voldoende atypische gedragingen aanwezig zijn om tot een 'volledige' diagnose van een Autistische of Asperger Stoornis te kunnen spreken, maar waar wel veel autistische gedragingen te zien zijn.

Buiten de diagnostische criteria van ASS zijn er nog andere kenmerken van deze doelgroep. Zo suggereert Baron-Cohen (2001) dat deze groep een 'extreem mannelijk brein' heeft, waardoor zij de wereld vooral 'systematisch' (tegenover 'empathisch') bekijken. Ook heeft deze groep volgens Baron-Cohen, Leslie en Frith (1985) een gebrekkige Theory of Mind: ze kunnen zich slechter dan niet-autistische personen inleven in de denkwereld van andere mensen.

Verder lijkt de doelgroep ook op cognitief gebied specifieke kenmerken te hebben. Uit een review van literatuur van Kenworthy, Yerys, Gutermuth en Wallace (2008) blijkt dat mensen met ASS problemen ervaren tijdens het uitvoeren van executieve functies. Meer specifiek wordt gevonden dat verschillende studies uitwijzen dat deze problemen zich voordoen op taken

die gericht zijn op het ruimtelijk werkgeheugen.

Als laatste hebben mensen met ASS een grote behoefte aan structuur, helderheid en voorspelbaarheid. Dit laatste is iets dat de computer hen kan bieden: volgens Murray, Lesser en Lawson (2005) is een computer voorspelbaar, en creëert het een 'tunnel van aandacht', specifiek bij mensen met ASS. Deze 'tunnel van aandacht' leidt tot een hoge mate van bewustzijn van alles wat op het beeldscherm zichtbaar is, en juist tot een vermindering van bewustzijn van alles wat buiten het beeldscherm is. Dit is een groot voordeel, omdat zij op deze manier verwarrende (sociale) prikkels buiten kunnen sluiten, en meer aandacht creëren waardoor zij minder last hebben van de gebrekkige informatieverwerking waar zij mee kampen.

Leerlingen met ASS lijken dus profijt te werken van het werken achter een computer. Het is echter niet zo dat de eerder beschreven problemen met het werkgeheugen opgelost worden alléén door de leerlingen achter een computer te zetten. Ook de instructie die via een computer wordt aangeboden zou een rol kunnen spelen bij het oplossen van de problemen die leerlingen met ASS ervaren tijdens het leren op school.

Mayer (2003) houdt zich in zijn onderzoeken bezig met twee dingen die op voorgaande paragrafen aansluiten: 1) multimedia-instructies en 2) het werkgeheugen. In zijn onderzoeken worden natuurwetenschappelijke fenomenen uitgelegd met behulp van multimedia-instructies. Een voorbeeld van zo'n multimedia-instructie is een visuele animatie waarin zichtbaar gemaakt wordt hoe bliksem ontstaat. Aan deze animatie kan een combinatie van tekst en/of geluid worden toegevoegd.

Interessant aan het onderzoek van Mayer en zijn collega's is dat zij in de loop der jaren met behulp van een serie onderzoeken erin zijn geslaagd een aantal duidelijk omschreven 'multimediaprincipes' op te stellen waar een multimedia-instructie aan zou moeten voldoen om beperkingen van het werkgeheugen te ondervangen. Deze beperkingen van het werkgeheugen worden bijvoorbeeld door Sweller, Merriënboer en Paas (1998) omschreven. Een voorbeeld van zo'n beperking is dat er slechts een beperkte hoeveelheid informatie binnen kan komen en verwerkt kan worden via een visuele of auditieve weg.

Een voorbeeld van een multimediaprincipe dat een oplossing biedt voor de beperkte capaciteit van het visuele kanaal is het verminderen van het aanbieden van visuele informatie door een deel van de aangeboden informatie auditief aan te bieden. Onderzoek bij voornamelijk psychologiestudenten (Moreno & Mayer, 1999; Moreno & Mayer, 2000; Moreno & Mayer, 2002) laat zien dat wanneer in het ontwerp van een multimedia-instructie rekening gehouden wordt met dit soort multimediaprincipes betere testcores op metingen van bijvoorbeeld geheugen en begrip behaald worden dan wanneer de multimediaprincipes niet in het ontwerp zijn

verwerkt.

Soms wordt ook onderzoek gedaan naar multimediaprincipes in andere populaties dan de psychologiestudenten die Mayer vaak vaak onderzoekt. In een onderzoek worden de multimediaprincipes van Mayer onderzocht bij de populatie 'ouderen', een groep met specifieke geheugenkenmerken (Van Gerven, Paas, Van Merriënboer, Hendriks & Schmidt, 2003). Van Gerven noemt drie cognitieve gebieden waarop ouderen minder presteren, waaronder een daling in de capaciteit van het werkgeheugen, de snelheid waarmee zij informatie kunnen activeren en verwerken, en als laatste de mogelijkheid informatie te onderdrukken die niet relevant is voor een taak. Van Gerven verwachtte dat ouderen met deze cognitieve beperkingen voordeel zouden hebben van multimediaprincipes (modaliteit en *spatial contiguity*) tijdens een training met behulp van *worked examples*. De ouderen werden hierin vergeleken met jongeren. De resultaten van het onderzoek lieten zien dat het gebruik van multimediaprincipes in de *worked examples* een positieve invloed had op de ouderen: ondanks hun geheugenbeperkingen staken zij minimaal evenveel op van de training als de jongeren.

Dit soort onderzoek laat zien dat multimediaprincipes ook geschikt zouden kunnen zijn voor andere doelgroepen dan alleen psychologiestudenten, en zelfs voor doelgroepen met zwaardere geheugenbeperkingen dan de 'gemiddelde' populatie. Een andere 'speciale doelgroep' waar de multimediaprincipes tot nu toe nog niet bij zijn getest is de doelgroep 'leerlingen met een Autisme Spectrum Stoornis'. Omdat deze doelgroep net als de doelgroep 'ouderen' meer beperkt is in het werkgeheugen, én zij sowieso al voordeel lijken te hebben van werken met een computer, is het interessant ook bij deze doelgroep te kijken naar de effecten van de multimediaprincipes van Mayer. Een beter leerresultaat door het toepassen van multimediaprincipes zou een deel van de problemen die deze leerlingen door hun werkgeheugen hebben op school op kunnen lossen.

De vraag die daarom in het volgende onderdeel, de theoriebeschrijving, centraal staat is: welk(e) multimediaprincipe(s) zouden de geheugenbeperkingen van leerlingen met ASS tijdens het leren kunnen ondersteunen, op basis van de multimediatheorie van Mayer en de specifieke geheugenkenmerken die deze leerlingen hebben?

LITERATUURBESCHRIJVING

In de volgende sectie wordt een overzicht gegeven van literatuur over *Cognitive Load Theory*, multimediatheorie en geheugenkenmerken binnen de Autisme Spectrum Stoornissen, namelijk executieve functies, het werkgeheugen en meer specifiek ook het ruimtelijk werkgeheugen. Een overzicht van deze literatuur zal duidelijk maken waar de focus van het onderzoek zal liggen: met welke geheugenkenmerken (van leerlingen met ASS) dient tijdens het leren rekening gehouden te worden? Welk multimediaprincipe uit de *Cognitive Theory of Multimedia*

Learning sluit aan op deze geheugenkenmerken? Vervolgens zullen op basis van deze kennis een onderzoeksvraag en bijbehorende hypothese opgesteld worden.

COGNITIVE LOAD THEORY

Cognitive Load Theory (CLT), zoals beschreven door Sweller et al. (1998) is ontworpen om inzicht te geven in hoe informatie aangeboden zou moeten worden om de leerprestaties van een lerende te optimaliseren, onder andere door een lerende 'leeractiviteiten' uit te laten voeren. Volgens CLT kunnen optimale leerprestaties worden bereikt wanneer de belasting van het werkgeheugen zo laag mogelijk gehouden wordt, en schemaconstructie wordt aangemoedigd.

Op basis van een *review* van literatuur omschrijven Sweller et al. (1998) de menselijke cognitieve architectuur. Onder deze cognitieve architectuur wordt het werkgeheugen en het langetermijngeheugen verstaan, ondersteund door schemaconstructie. Wanneer informatie wordt aangeboden wordt het werkgeheugen gebruikt om (delen van) deze informatie beschikbaar te houden. Het werkgeheugen is een (theoretisch) construct binnen de cognitieve architectuur met een beperkte opslagcapaciteit, een deel van het geheugen waar informatie dus niet voor langere tijd in bewaard kan blijven. Om het probleem van deze beperkte opslagcapaciteit te overkomen worden schema's gebruikt. Schemaconstructie zorgt ervoor dat delen van de informatie uit het werkgeheugen in een schema kunnen worden gevoegd. Zo'n schema kan bijvoorbeeld bestaan uit een verzameling van vormen die bij elkaar lettercategorieën weergeven, die weer in bepaalde combinaties een woord kunnen vormen. Een geconstrueerd schema kan worden opgeslagen in het langetermijngeheugen, welke wel een onbeperkte capaciteit heeft. Eenmaal opgeslagen in het langetermijngeheugen zijn de schema's 'beschikbaar'; met behulp van het werkgeheugen kunnen de schema's uit het langetermijngeheugen weer worden opgehaald en verder gemanipuleerd of gebruikt. In het geval van lettercategorieën kan een 'letterschema' er bijvoorbeeld voor zorgen dat het lezen sneller gaat, omdat niet eerst nagedacht hoeft te worden over de vorm van de letter, en over het soort letter waar de lezer mee te maken krijgt.

Wat binnen CLT wordt beschreven is hoe een van de onderdelen van de cognitieve architectuur, namelijk het werkgeheugen, belast wordt tijdens het verwerken van informatie die iemand bijvoorbeeld tijdens het leren aangeboden krijgt. CLT gaat ervan uit dat er drie soorten belasting van het werkgeheugen zijn. Deze drie soorten belasting worden *intrinsic cognitive load*, *extraneous cognitive load* en *germane cognitive load* genoemd.

Intrinsic cognitive load is de belasting die voortvloeit uit de intrinsieke eigenschappen van het te leren materiaal. Deze vorm van belasting is een gevolg van de moeilijkheidsgraad van informatie die bijvoorbeeld in een multimedia-instructie wordt aangeboden. Sweller et al. (1998) stellen dan ook dat deze vorm van belasting niet ondervangen kan worden door het te

leren materiaal op een andere manier aan te bieden. De inhoud van de te leren stof is immers van een bepaald niveau, en kan niet minder moeilijk of makkelijk gemaakt worden door het ontwerp van de instructie te veranderen. Dit in tegenstelling tot de belasting die voortvloeit uit de vormgeving van het te leren materiaal, of datgene wat de leerlingen moeten doen met het materiaal, twee aspecten van leermateriaal die *wel* beïnvloed kunnen worden. *Extraneous cognitive load*, een gevolg van het ontwerp van instructiemateriaal, kan direct beïnvloed worden door het ontwerp van de instructie. Hoe meer belasting het ontwerp van een bepaalde instructie legt op het werkgeheugen, hoe meer werkgeheugencapaciteit die nodig is om te leren verloren gaat. *Extraneous cognitive load* dient dus zo laag mogelijk gehouden te worden. Dit in tegenstelling tot *germane cognitive load*: deze vorm van belasting kan gezien worden als de moeite die de lerende moet doen om informatie te begrijpen, en leidt tot schemaconstructie, en 'dus' tot het uiteindelijke leren. Uit voorgaande kan geconcludeerd worden dat het ontwerp van instructie zeer belangrijk is voor leren: een goed ontwerp van instructie kan leiden tot een verlaagde *extraneous cognitive load*. Wanneer de *extraneous cognitive load* laag is is er meer capaciteit in het werkgeheugen over voor *germane cognitive load*. Meer *germane cognitive load* leidt tot meer schemaconstructie en meer leren.

MULTIMEDIATHEORIE

Ook Mayer (en collega's) richt zich op de menselijke cognitieve architectuur, en de manier waarop multimedia-instructies door lerenden verwerkt worden. Met betrekking tot de vraag hoe instructie ontworpen moet worden om de hierboven beschreven *extraneous cognitive load* zo laag mogelijk te houden hebben Mayer en Moreno (2003) negen manieren beschreven om *cognitive load* te verminderen tijdens het leren met behulp van een multimedia-instructie. Deze negen manieren zijn gebaseerd op drie assumpties over het menselijk brein, namelijk de *dual-channel assumption*, de *limited capacity assumption* en de *active processing assumption*. Deze assumpties zijn op hun beurt weer gebaseerd op de *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (CTML), die bijvoorbeeld in Moreno en Mayer (2002) beschreven wordt.

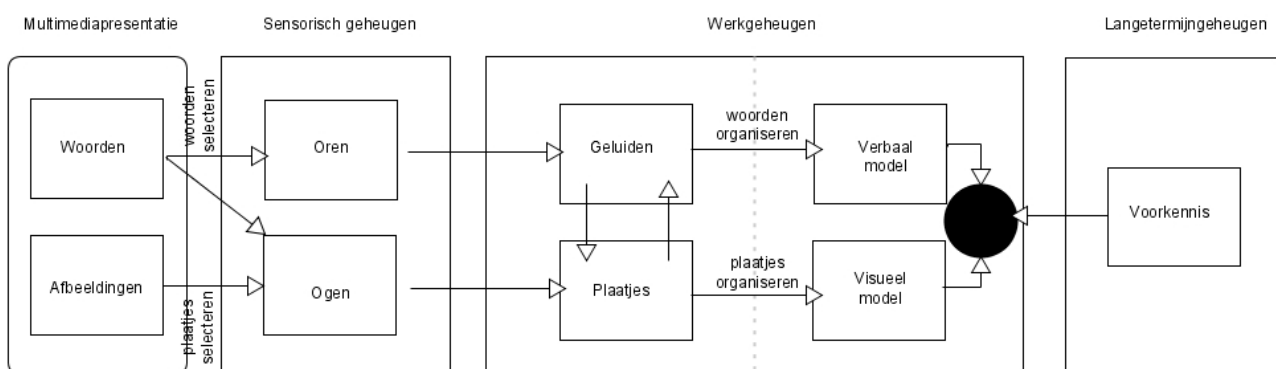
Dual-channel: de *dual-channel assumption* gaat ervan uit dat het werkgeheugen bestaat uit twee aparte kanalen. Eén kanaal verwerkt auditieve en auditief-verbale input, het andere kanaal verwerkt visuele en beeldende input. Het visuele kanaal krijgt informatie binnen via de ogen, waar het verbale kanaal de input vooral via de oren binnen krijgt. Het visuele kanaal is gebaseerd op wat Baddeley (1992) noemt het *visuospatial sketchpad*. Het auditieve kanaal is gebaseerd op wat Baddeley (1992) noemt de *phonological loop*.

Limited capacity: de *limited capacity assumption* stelt dat het werkgeheugen een beperkte capaciteit heeft. Dit betekent dat het *visuele* kanaal slechts een beperkte hoeveelheid informatie cognitief kan vasthouden op een bepaald moment, en dat het *verbale* kanaal slechts een beperkte hoeveelheid informatie cognitief kan vasthouden op een bepaald moment. Wanneer te veel informatie binnenkomt in één van de kanalen ontstaat overbelasting. Volgens

CLT zou de capaciteit van het werkgeheugen vergroot kunnen worden door schema's (Sweller et al., 1998), omdat informatie zich dan in het langetermijngeheugen bevindt, en makkelijk naar het werkgeheugen gehaald kan worden.

Active processing: volgens de *active processing assumption* vindt betekenisvol leren pas plaats wanneer in het visuele en verbale kanaal aandacht wordt besteed aan het gepresenteerde materiaal, wanneer deze informatie in een coherente structuur wordt georganiseerd, en wanneer deze zelfde informatie geïntegreerd wordt met bestaande kennis. Wanneer delen van informatie door overbelasting niet verwerkt worden, kan de juiste informatie niet geselecteerd worden, en zal geen of incomplete constructie van kennis tot stand komen. Binnen CLT is ruimte voor betekenisvol leren wanneer de *intrinsic cognitive load* en de *extraneous cognitive load* laag gehouden worden. Wanneer deze beiden laag gehouden worden blijft ruimte over voor cognitieve activiteiten die positief bijdragen aan leren.

In Figuur 1 is te zien hoe deze *cognitive theory of multimedia learning* samengevat kan worden. Woorden en beelden uit een multimedia-instructie kunnen via de oren en/of de ogen in het werkgeheugen terechtkomen. Afhankelijk van de activiteiten binnen het werkgeheugen kunnen deze woorden en/of beelden in een model geïntegreerd worden en gekoppeld aan voorkennis (in de vorm van een schema) die beschikbaar is in het langetermijngeheugen.



Figuur 1: Cognitive theory of multimedia learning. Gebaseerd op: Mayer (2003).

Op basis van bovenstaande theorie kan voor het ontwerp van multimedia een aantal principes opgesteld worden, die leiden tot verminderde belasting van het werkgeheugen (Mayer & Moreno, 2002). Een voorbeeld van zo'n multimediatechniek is het modaliteitsprincipe. Het modaliteitsprincipe legt uit hoe aangeboden multimedia-instructies verwerkt worden in beide verwerkingskanalen in het werkgeheugen, in plaats van slechts in één van de kanalen. Wanneer een afbeelding (visueel kanaal) en een visueel aangeboden tekst (visueel kanaal) tegelijkertijd worden aangeboden wordt het visueel werkgeheugen overbelast. Wanneer een afbeelding (visueel kanaal) en een gesproken tekst (auditief kanaal) in het werkgeheugen vast moeten worden gehouden wordt het werkgeheugen minder belast, omdat nu dezelfde hoeveelheid informatie verdeeld wordt over twee kanalen, in plaats van slechts één kanaal.

In een onderzoek van Moreno en Mayer (1999) werden twee experimenten uitgevoerd met in het ene experiment een animatie over het ontstaan van bliksem, en in het tweede experiment een animatie over het remsysteem van auto's. In beide experimenten werden twee condities gevormd: een waarin tegelijk de tekst behorend bij de animatie auditief werd aangeboden, en een waarin de bijbehorende tekst visueel werd aangeboden. Psychologiestudenten in conditie AN (*animation and narration*) scoorden in beide experimenten hoger op tests van matching, transfer en retentie dan psychologiestudenten in conditie AT (*animation and text*), een resultaat dat overeenkwam met de *dual-channel assumption*. Uit zes verschillende onderzoeken met een vergelijkbare opzet bleek dat wanneer een animatie samen aangeboden werd met gesproken tekst studenten betere scores op een transfertest (een manier om 'leren' te meten) behaalden dan wanneer de animatie samen gepresenteerd werd met een geschreven tekst (Mayer & Moreno, 2002).

De kern van het modaliteitsprincipe is dus dat overbelasting van de kanalen in het werkgeheugen voorkomen kunnen worden door meerdere kanalen te gebruiken in plaats van slechts één kanaal. Mayer en Moreno hebben nog meer van dit soort duidelijke 'richtlijnen' opgesteld waar ontwerpers tijdens de vormgeving van multimedia-instructies rekening mee dienen te houden (bijvoorbeeld na te lezen in Mayer & Moreno, 2002). Het ontwerpen aan de hand van deze richtlijnen zal leiden tot verminderde belasting van het werkgeheugen, waardoor betere integratie van informatie tot stand kan komen, en meer wordt geleerd. De vraag is nu hoe de verschillende multimediaprincipes gerelateerd kunnen worden aan de cognitieve kenmerken van leerlingen met ASS. Hier wordt in het volgende onderdeel op ingegaan.

COGNITIEVE KENMERKEN EN ASS

Een aantal paragrafen terug werd de *Cognitive Load Theory* beschreven, waarin kenmerken van het werkgeheugen werden uitgelegd. Maar wat is bekend over het werkgeheugen bij mensen met een stoornis in het Autistisch Spectrum? Werkt hun werkgeheugen hetzelfde als het werkgeheugen van mensen zonder ASS? Of hebben personen met ASS andere cognitieve eigenschappen waar bijvoorbeeld ontwerpers van multimedia-instructies rekening mee dienen te houden?

Executief disfunctioneren en autisme – De term executieve functies wordt gebruikt als een verzamelnaam voor functies als planning, werkgeheugen, impulsbeheersing en inhibitie (Stuss & Knight, 2002). Vaak zijn deze executieve functies beperkt bij patiënten met schade aan de frontale hersengebieden, of bij mensen met neuro-ontwikkelingsstoornissen waarbij defecten in dezelfde frontale hersengebieden een rol spelen (Hill, 2004). ADHD, OCD, schizofrenie en autisme zijn voorbeelden van dit soort neuro-ontwikkelingsstoornissen. In de literatuur heeft het executief functioneren van mensen met ASS vrij veel aandacht gehad, onder andere in

combinatie met *Theory of Mind* (Rowe, Bullock, Polkey & Morris, 2001). Theory of Mind (ToM) is een belangrijk kenmerk binnen de Autisme Spectrum Stoornissen, en wordt omschreven als 'het onvermogen een mentale staat te representeren' (Baron-Cohen, 1985). Dit heeft tot gevolg dat deze groep zich niet in de mentale staat van andere personen kan verplaatsen, en geen inzicht heeft in wat anderen zouden kunnen denken, waardoor zij moeite hebben met het voorspellen van het gedrag van anderen en 'sociaal beperkt' overkomen.

De executieve functies hebben echter ook onafhankelijk van ToM aandacht gekregen, en lijken ook apart dan alleen in combinatie met ToM bij te dragen aan de kenmerken van deze doelgroep. In een onderzoek wordt gevonden dat het executief functioneren van kinderen met ASS slechter is dan het executief functioneren van kinderen met een andere klinische stoornis, en dat deze slechtere executieve functies gelden voor zowel de groep binnen ASS met een laag IQ als de groep met een normaal tot hoog IQ (namelijk de groep met Asperger) (Ozonoff, Pennington & Rogers, 1991). Het werkgeheugen is een specifiek onderdeel van de executieve functies die blijkbaar beperkt zijn bij leerlingen met ASS. Russel, Jarrold en Henry (1996) suggereren zelfs dat de executieve functies afhankelijk zijn van het werkgeheugen. Welke kenmerken het werkgeheugen van mensen met ASS precies heeft wordt in het volgende onderdeel beschreven.

Werkgeheugen en autisme – In een onderzoek van Bennetto, Pennington en Rogers (1996) werd een groep personen met ASS vergeleken met een groep met letsel in de frontale hersengebieden, waar de executieve functies zich bevinden. Verschillende executieve functies werden gemeten met behulp van de Wisconsin Card Sorting Test (welke probleemoplossend vermogen en cognitieve flexibiliteit meet), en de Tower of Hanoi (welke planning en probleemoplossend vermogen meet). Aanvullende geheugenmetingen werden gedaan, waaronder twee tests voor werkgeheugen: *sentence span* en *counting span*, twee tests waarmee het opslaan en ophalen van informatie wordt gemeten. De resultaten lieten zien dat de groep met autisme slechter presteerde op bepaalde geheugentaken dan de groep met letsel in de frontale hersengebieden, waaronder op de taken die een beroep deden op het werkgeheugen. Dat de groep met autisme 'slechter functioneerde' op taken voor het werkgeheugen was iets wat de auteurs op basis van de literatuur ook hadden voorspeld. Ander onderzoek, van Russel, Jarrold en Henry (1996), laat zien dat de groep met ASS minder goed in staat is informatie in het werkgeheugen te houden dan 'normale controlepersonen', en even 'goed' als kinderen met leerproblematiek. Het functioneren van het werkgeheugen werd in dit onderzoek gemeten met behulp van het *worth length effect*: woorden die meer tijd nodig hebben om uit te spreken (helikopter) en dus meer capaciteit van het werkgeheugen innemen worden minder vaak onthouden dan woorden die minder tijd nodig hebben om uit te spreken (kat). Ook een derde onderzoek naar het werkgeheugen van kinderen met ASS laat zien dat kinderen met ASS minder goed zijn in het vasthouden van informatie in het werkgeheugen dan 'normale controles' en kinderen met een vorm van mentale retardatie (Reed, 2002). De

onderzoekers manipuleerden in dit onderzoek de hoeveelheid informatie die gelijktijdig in het geheugen gehouden moest worden. Deze taak doet een direct beroep op het werkgeheugen, en op deze taak scoorden de kinderen met autisme slechter dan zowel normaal ontwikkelde kinderen als kinderen met mentale retardatie.

In de sectie die uitleg geeft over Mayers multimediatheorie hebben we al gezien dat het werkgeheugen bestaat uit een visueel/ruimtelijk en een auditief/verbaal deel. Specifiek onderzoek naar deze twee onderdelen van het werkgeheugen bij ASS laten zien dat het werkgeheugen bij mensen met ASS vooral visueel/ruimtelijk beperkt is.

In een eerste studie wordt met behulp van de WRAML (*Wide Range Assessment of Memory and Learning*, een testbatterij voor het meten van geheugenfuncties) het geheugen van 38 hoogfunctionerende autistische kinderen en 38 normaal ontwikkelende kinderen getest (Williams, Goldstein & Minshew, 2006). Mensen met hoogfunctionerend autisme (HFA) hebben een Autisme Spectrum Stoornis maar met een gemiddeld of zelfs hoog IQ (Filipek et al., 1995). Negen subtests, die ieder verschillende geheugenfuncties meten, werden geanalyseerd. De subtests deden onder andere een beroep op het verbaal geheugen en het ruimtelijk geheugen. Nadat significante verschillen werden gevonden in de scores op de WRAML tussen kinderen met autisme en normaal functionerende kinderen werd een *stepwise discriminant function analyses* toegepast. Uit de resultaten van deze analyse werd geconcludeerd dat de sterkst discriminerende test de *Finger Windows*-subtest was, een meting van ruimtelijk werkgeheugen. Verder werd door Steele, Minshew, Luna en Sweeney (2007) gevonden dat hoogfunctionerende autisten meer beperkt zijn in hun ruimtelijk werkgeheugen wanneer de belasting van de ruimtelijk/visuele taak een bepaalde ondergrens bereikt.

Een andere klinische groep die ook veel problemen ondervindt met het executief functioneren is de groep mensen met ADHD (Houghton, Douglas, West, Whiting, Wall, Langsford et al., 1999). Een vergelijking tussen personen met ADHD, HFA en 'normale controles' laat zien dat het ruimtelijk werkgeheugen zowel in de ADHD- als in de autismegroep beperkter is dan die van 'normale controles', maar dat niettemin de groep met autisme het sterkst beperkt is (Goldberg, Mostofsky, Cutting, Mahone, Astor, Denckla et al., 2005).

Ruimtelijk werkgeheugen en multimediatheorie - Hoewel soms ook gevonden wordt dat het juist het verbale werkgeheugen is dat beperkt is bij personen met ASS (Gabig, 2008), of zelfs dat het werkgeheugen bij personen met ASS intact is (Ozonoff & Strayer, 2001), wordt in een recente review (Kenworthy et al., 2008) geconcludeerd dat het enige resultaat dat overeind blijft binnen het onderzoek naar het executief functioneren van personen met ASS, het slechter functionerend ruimtelijk werkgeheugen is. Het ruimtelijk werkgeheugen van personen met autisme is beperkter in vergelijking met niet-autistische personen. Uit ander onderzoek blijkt dat het ruimtelijk werkgeheugen beïnvloed wordt door *visueel zoeken* (Oh & Kim, 2004), en

dat *visueel zoeken* interfereert met het ruimtelijk werkgeheugen. In een experiment onderzoeken zij het verband tussen visueel zoeken en een ruimtelijk werkgeheugentaak en een niet-ruimtelijk werkgeheugentaak. Waar visueel zoeken negatief interfereert met de scores op de ruimtelijke werkgeheugentaak, interfereert visueel zoeken niet met de niet-ruimtelijke werkgeheugentaak. Zij stellen dat visueel zoeken niet alleen beïnvloed wordt door aandacht, maar ook in sterke mate door het werkgeheugen, en andersom. Het feit dat leerlingen met ASS beperkingen hebben in het ruimtelijk werkgeheugen in combinatie met het feit dat visueel zoeken hier een negatieve invloed op heeft doet vermoeden dat het interessant is om te kijken naar het multimediaprincipe dat visueel zoeken vermindert en daardoor het ruimtelijk werkgeheugen ontlast.

In onderzoeken van Mayer en Moreno (1998) en Clark & Chandler (1992) wordt het *split-attention effect* genoemd. Het *split-attention effect* ontstaat wanneer verschillende vormen van informatie (bijvoorbeeld afbeelding en tekst) binnen hetzelfde 'scherm' in dezelfde modaliteit (bijvoorbeeld allebei visueel) wordt aangeboden. Wanneer dit gebeurt wordt de lerende als het ware gedwongen om visueel te zoeken: wanneer zowel een afbeelding als een visuele tekst in één scherm wordt aangeboden, moet de lerende visuele informatie uit de afbeelding in het werkgeheugen vasthouden wanneer hij naar de tekst kijkt, en andersom. Omdat het visuele kanaal beperkt is, ontstaat door visueel zoeken overbelasting van het werkgeheugen.

Zoals beschreven in de eerdere paragrafen over de multimediatheorie beschrijven Mayer en Moreno als oplossing om visueel zoeken te verminderen het modaliteitsprincipe. Volgens het modaliteitsprincipe dienen visueel aangeboden woorden vervangen te worden door gesproken woorden. Het aanbieden van auditieve tekst in plaats van visuele tekst zorgt ervoor dat informatie via twee kanalen (visueel en auditief) verwerkt kan worden. Dit vermindert het visueel zoeken, waardoor het (visueel) werkgeheugen ontlast wordt, zoals ook wordt gevonden in Mayer en Moreno (1998). De vraag is nu of het aanbieden van een multimedia-instructie die ontworpen is volgens het modaliteitsprincipe nog meer een positieve invloed zal hebben op het leren van leerlingen binnen het Autistisch Spectrum dan op leerlingen zonder ASS, omdat leerlingen met ASS meer beperkt zijn in het visueel/ruimtelijk werkgeheugen.

In dit onderzoek wordt eerst gekeken of het modaliteitsprincipe een positieve invloed heeft op het leren van middelbaar scholieren met ASS, zoals dit al is gebleken bij studenten zonder ASS. In de onderzoeken van Mayer en Moreno (o.a. 1998, 1999) worden de multimediaprincipes vaak onderzocht bij eerstejaars psychologiestudenten. Omdat een steekproef studenten met ASS niet eenvoudig gevonden kan worden binnen het onderwijs in Nederland wordt in dit onderzoek gekeken naar de iets jongere doelgroep 'middelbaar scholieren' met ASS van een school voor Speciaal Onderwijs.

ONDERZOEKSVRAAG

De vraag die in dit onderzoek centraal staat luidt als volgt: zullen middelbaar scholieren die gediagnosticeerd zijn met een stoornis binnen het Autistisch Spectrum beter presteren op metingen van leren die afgenomen worden na het kijken van een multimedia-instructie die voldoet aan het modaliteitsprincipe van Moreno en Mayer (1999) dan op metingen van leren die afgenomen worden na het kijken van een multimedia-instructie die niet voldoet aan dit modaliteitsprincipe?

HYPOTHESE

De hypothese van dit onderzoek is op basis van de eerder beschreven literatuur als volgt: middelbaar scholieren, gediagnosticeerd met een Autisme Spectrum Stoornis, zullen betere prestaties behalen op metingen van leren wanneer de multimedia-instructie op basis waarvan de metingen worden afgenomen voldoet aan het modaliteitsprincipe dan leerlingen die een multimedia-instructie bekijken die niet aan het modaliteitsprincipe voldoet. De verklaring die hiervoor wordt gegeven op basis van de eerder beschreven literatuur is dat deze leerlingen een beperkt ruimtelijk werkgeheugen hebben, en visueel zoeken een negatieve invloed heeft op het ruimtelijk werkgeheugen. Visueel zoeken wordt verminderd door gebruik te maken van meerdere modaliteiten. Door auditieve tekst naast een afbeelding aan te bieden in plaats van visuele tekst wordt de overbelasting van het visueel kanaal verminderd. Grossman, Schnepfs & Tager-Flusberg (2009) geven aan dat integratie van auditieve en visuele informatie geen probleem is bij adolescenten met ASD, evenals Williams, Massaro, Peel, Bosseler & Suddendorf (2004). Geconcludeerd kan worden dat het aanbieden van zowel visuele als auditieve informatie geen problemen op hoeft te leveren bij het leren dat tijdens het bekijken van de multimedia-instructie plaatsvindt.

In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van twee metingen van leren; de meting van retentie met behulp van een retentietest en de meting van transfer, met behulp van een transfertest. De retentietest meet wat de leerlingen hebben onthouden, terwijl de transfertest meer een meting van begrip is. Zowel retentie als transfer zijn in studies van Mayer en Moreno (1998, 1999) gebruikt als metingen van leren, en in staat gebleken verschillen te vinden tussen audio- en tekstgroepen.

De twee hypothesen per afhankelijke meting luiden als volgt:

Hypothese 1: Leerlingen die een multimedia-instructie bekijken met audio zullen hier meer van onthouden en er meer van begrijpen dan leerlingen die een multimedia-instructie bekijken met tekst.

Hypothese 2: leerlingen die een multimedia-instructie bekijken met tekst zullen hier meer van onthouden en er meer van begrijpen dan leerlingen die een multimedia-instructie bekijken met audio.

METHODE

DEELNEMERS

Aan het experiment hebben 30 leerlingen deelgenomen die afkomstig waren van een Cluster 4-school voor Voortgezet Speciaal Onderwijs (VSO) in Den Haag. Op deze school wordt zowel op VMBO-, HAVO- als VWO-niveau lesgegeven. De school geeft les aan leerlingen in de leeftijd van 12 tot 20 jaar. Meer dan 95% van de leerlingen op de school heeft een stoornis binnen het Autistisch Spectrum, zoals gediagnosticeerd door NIP-gecertificeerde psychologen. De overige leerlingen zonder diagnose ASS werden uitgesloten van deelname aan het onderzoek. De leerlingen die deelnamen aan het onderzoek waren allemaal hooguit vijf jaar eerder gediagnosticeerd met PDD-NOS, Stoornis van Asperger, of (hoogfunctionerend) autisme (HFA) en zijn afkomstig uit 3, 4 en 5 HAVO en VWO. De leeftijd varieerde van 12 tot 19 jaar (M=16 jaar). Vijftien leerlingen bevonden zich in de audiogroep (M=16 jaar) en vijftien leerlingen bevonden zich in de tekstgroep (M=16,5 jaar). Achtentwintig van de dertig leerlingen waren man, twee leerlingen waren vrouw. De leerlingen deden mee op vrijwillige basis, tijdens schooluren.

MATERIALEN

Animatie - Om het modaliteitsprincipe te testen is een aangepaste versie van de multimedia-instructie gebruikt die Moreno en Mayer (1998) hebben gebruikt in hun onderzoek naar dit principe. Deze multimedia-instructie bestaat uit een animatie die gebouwd is in Macromedia Flash. De originele multimedia-instructie is op enkele punten aangepast: de tekst werd eerder vertaald (Tabbers, 2006) naar het Nederlands. Deze vertaalde tekst is in het huidige experiment op enkele punten inhoudelijk aangepast (bijlage 1) om de tekst meer consistent te maken. Leerlingen met ASS kunnen bijvoorbeeld snel verward raken wanneer begrippen niet continue hetzelfde worden gebruikt. Ook is de tekst opnieuw ingesproken, zodat de tekst en de auditieve versie van de tekst gelijk bleven. Uiteindelijk werden twee versies van dezelfde multimedia-instructie gemaakt: een met een visuele tekst, en een met een auditieve tekst.

De multimedia-instructie bestond uit een visuele uitleg over het ontstaan van bliksem. In de animatie wordt stap voor stap (in een continue presentatie van bewegende elementen) uitgelegd hoe bliksem ontstaat. De animatie begint met een uitleg van warme lucht die zich boven het aardoppervlak bevindt, waarna het proces van positief en negatief geladen deeltjes wordt uitgelegd, die uiteindelijk tot bliksem leidt. De multimedia-instructie is eenvoudig vormgegeven: alleen elementen die bijdragen aan de uitleg over het ontstaan van bliksem worden weergegeven. Er is geen sprake van overbodige details. Afbeelding 1 laat een *still* zien van een deel van de animatie.



Koude vochtige lucht
verplaatst zich over een
warmer oppervlak en
wordt opgewarmd.



Afbeelding 1: afbeelding uit animatie (tekstversie) over het ontstaan van bliksem.

Tegelijk met de animatie werd tekst gepresenteerd. Deze tekst wordt in de tekstconditie visueel aangeboden. De tekst is dan zichtbaar in hetzelfde veld waar de animatie zich afspeelt, zoals te zien is in afbeelding 1. In de audioconditie is deze visuele tekst niet zichtbaar, in plaats daarvan is een auditieve versie van dezelfde tekst hoorbaar. De tekst is in beide condities inhoudelijk precies gelijk.

Hardware - De animatie werd afgespeeld op laptops die op de school beschikbaar waren. Al deze laptops beschikten over een internetverbinding. De antwoorden op de vragen die vooraf en achteraf aan de leerlingen gesteld werden zijn via een script van Google Docs weggeschreven naar een online spreadsheetbestand.

Leerlingen in de audioconditie gebruikten koptelefoons. Deze koptelefoons waren beschikbaar bij de proefleider, of waren (wanneer de leerling hier de voorkeur aan gaf) persoonlijk eigendom van de leerling.

Toetsen – Om te meten wat de leerlingen geleerd hadden van de multimedia-instructie werd gemeten hoeveel zij onthouden hadden, en in hoeverre de informatie uit de animatie begrepen werd en toegepast kon worden op nieuwe situaties. Hiervoor werden respectievelijk een retentietest en een transfertest afgenomen.

De retentietest bestond uit een open vraag: 'Wat heb je precies onthouden van de animatie over het ontstaan van bliksem?', waarna de leerlingen uitgedaagd werden zo uitgebreid en precies mogelijk te vertellen wat ze in de animatie gezien hadden.

De transfertest bestond uit zestien meerkeuzevragen (zie bijlage 2) die zich meer richten op wat er van de uitleg begrepen is, en niet 'slechts' retentie meten. De transfertest bestond uit 16 meerkeuzevragen, en waren dus andere vragen dan de vier open vragen die door Mayer (1998) gebruikt werden. De transfervragen hadden ieder drie antwoordmogelijkheden. Een voorbeeld van een transfervraag is: 'Wat heeft de temperatuur van de lucht met bliksem te maken?'

Demografische gegevens – Gegevens over IQ, leeftijd en diagnose werden verkregen uit de (psychologische) dossiers die aanwezig waren op de school waar de leerlingen van afkomstig waren.

PROCEDURE

Het experiment werd afgenomen op de school waar de leerlingen normaal gesproken les hebben. Een vast lokaal was gedurende het hele experiment beschikbaar. In dit lokaal stonden 12 laptops, zodanig opgesteld dat de leerlingen niet op het beeldscherm van een andere leerling konden kijken. Per sessie werden tussen de 5 en 9 leerlingen tegelijkertijd getest.

Vooraf werd een startscherm geopend met de instructie te wachten op een startsein van de proefleider. De laptops (die opgesteld stonden in een U-vorm) bevatten van links naar rechts een startscherm met een versie van de multimedia-instructie, op de ene laptop een audioversie en op de andere laptop een tekstversie. De leerlingen kozen zelf achter welke laptop zij wilden gaan zitten, en deelden op deze manier zichzelf in een audio- of tekstconditie in.

De leerlingen in de audioconditie maakten gebruik van een koptelefoon, bij hen werd eerst de geluidsterkte getest. Nadat alle leerlingen geïnstalleerd waren kregen zij een startsein, en konden zij beginnen.

Na het klikken op 'start' werd eerst een open vraag gesteld die inventariseerde hoeveel kennis de leerlingen al hebben over het onderwerp 'ontstaan van bliksem'. Bekend is dat de leerlingen een soortgelijk onderwerp nog niet eerder hebben behandeld tijdens een van de lessen, maar om te voorkomen dat vertekende resultaten worden verkregen doordat enkele leerlingen zich eerder in dit onderwerp hadden verdiept, werd vooraf vastgesteld of de kennis van de leerling op het gebied van meteorologie laag of hoog is. Dit werd gemeten met de open vraag 'Wat weet je precies over het ontstaan van bliksem?'. De leerlingen werden aangemoedigd het antwoord op deze vraag zo nauwkeurig mogelijk te beantwoorden.

Vervolgens kreeg de leerling de animatie twee keer te zien. De keuze om da animatie twee keer te laten zien is gemaakt vanwege de moeilijkheidsgraad van de uitleg in de animatie. Na afloop van het bekijken van de animatie werd in beide condities de opgedane kennis getoetst, met behulp van de retentie- en transfertest.

SCORING

De retentietest is gescoord met behulp van het scoringssysteem dat Moreno en Mayer (1998) gebruikt hebben in hun onderzoek naar het modaliteitsprincipe en contiguiteitsprincipe. Dit scoringssysteem bestaat uit negentien hoofdideeën (bijlage 3). Ieder hoofdidee dat terug te vinden is in het antwoord op de retentievraag krijgt een punt toegekend, en de som van die punten bepaalt de transferscore van iedere leerling. De retentievragen (zowel voorafgaand als na het zien van de animatie) zijn twee keer nagekeken: een keer door de proefleider, en een keer door een tweede beoordelaar. De overeenstemming tussen de beoordelaars was in eerste instantie vrij groot met een correlatie van $r=.99$. Wanneer een verschil werd gevonden tussen de twee retentiescores werd in overleg bepaald wat de uiteindelijke retentiescore werd.

De transfertest bestond uit 16 meerkeuzevragen (bijlage 2): ieder goed antwoord kreeg een punt toegekend, voor ieder fout antwoord werd geen punt toegekend. Ook hier geldt dat de som van de punten de uiteindelijke transferscore heeft bepaald.

DESIGN

Dertig leerlingen krijgen een multimedia-instructie te zien. De onafhankelijke variabele is groep (tekst, audio), waardoor twee condities ontstaan: de tekstconditie en de audioconditie. De afhankelijke variabelen waren retentiescore en transferscore. Het verschil tussen de twee groepen per afhankelijke variabele werd getest met behulp van een *independent t-test*. Omdat er een grote spreiding was in IQ-scores is met behulp van twee ANCOVA's gekeken of IQ een deel van de variantie binnen de groepen kan verklaren. Omdat het verband tussen voorkennisscore en retentiescore ($r=.17$) en tussen voorkennisscore en transferscore ($r=.05$) laag te noemen was is voorkennis niet meegenomen als covariaat.

BEOORDELING DATA

Voorafgaand aan het uitvoeren van de t-tests en ANCOVA's is de data bekeken. Zo is er gekeken of er sprake is van onafhankelijke observaties, en of de varianties binnen de groepen gelijk zijn. Ook is gekeken naar de covariaat IQ: hoe correleert deze met de verschillende afhankelijke variabelen? Door deze stappen te doorlopen wordt voordat de analyses uitgevoerd worden duidelijk of er bijzonderheden in de data zijn waar tijdens de interpretatie van de t-tests en de ANCOVA's rekening mee gehouden dient te worden.

Allereerst is in het huidige onderzoek sprake geweest van onafhankelijke observaties: de leerlingen zijn in twee groepen verdeeld doordat zij zelf achter een laptop hebben plaatsgenomen. Op deze laptops was vooraf al een opstartscherm geopend die bepaalde of de leerlingen in de audio- of tekstconditie zouden plaatsnemen.

Ten tweede zijn de varianties binnen de groepen gelijk: *Levene's test of Equality of Error Variances* laat voor de afhankelijke variabele 'retentiescore' zien dat $F(1,28)=0,64, p=.43$. Voor transferscore is dit $F(1,28)=1,59, p=.22$. Wanneer de p -waarde groter is dan .05 kan aangenomen worden dat de varianties in de groepen gelijk zijn, wat in beide gevallen zo is.

Wanneer als laatste de covariaat IQ bekeken wordt blijkt dat wanneer in SPSS wordt gekeken naar de homogeniteit van regressie voor retentie de volgende waarden worden gevonden: $F(2,27)= 1,42, p=.26$. IQ is 'homogeen' in beide condities wanneer wordt gekeken naar de afhankelijke variabele retentiescore.

Voor de transferscore geldt $F(2,27)=4,67, p=.02$. Deze resultaten lijken er op te wijzen dat IQ in de ene conditie anders correleert met transferscore dan in de andere conditie. Wanneer gekeken wordt naar correlaties tussen (T)IQ en transferscore blijkt dat deze correlatie in de audioconditie $r=.37$ is, en in de tekstconditie $r=.50$ is. IQ en transferscore hangen in de tekstconditie sterker met elkaar samen dan in de audioconditie.

RESULTATEN

In Tabel 1 worden de gemiddelde scores en standaarddeviaties weergegeven van de twee groepen op de retentie- en transfertest. Ook zichtbaar zijn de scores die op de voormeting werden behaald. Voor twee afhankelijke metingen (de retentietest en de transfertest) is een *independent samples t-test* uitgevoerd, met als *between-subjectsfactor* 'groep', die bestond uit de audiogroep (waar de animatie samenging met auditieve tekst) en de tekstgroep (waar de animatie samenging met visuele tekst).

Tabel 1:

Gemiddelde voorkennis- retentie- en transferscores en bijbehorende standaardafwijkingen voor de audio- en tekstconditie

Afhankelijke meting	Voormeting		Retentie		Transfer	
	M	SE	M	SE	M	SE
Audio (n=15)	1.20	0.37	8.40	1.21	12.13	0.50
Tekst (n=15)	0.53	0.22	10.20	1.48	10.87	0.78

Voetnoot: De range van scores was 0-17 voor de retentietest, waar 0-19 mogelijk was. De range van scores was 7-15 voor de transfertest waar 0-16 mogelijk was.

Hypothese 1: Leerlingen die een multimedia-instructie bekijken met audio zullen hier meer van onthouden en er meer van begrijpen dan leerlingen die een multimedia-instructie bekijken met tekst.

In Tabel 1 is te zien dat leerlingen in de audioconditie op retentie lager scoren ($M=8.40$) dan leerlingen in de tekstconditie ($M=10.20$). Een *independent samples t-test* (eenzijdig) laat zien dat er geen significant verschil is tussen beide condities op de behaalde retentiescore: $t(28)=0.94$; $p=.18$. Er is dus geen verschil tussen de tekst- en audioconditie in de scores op de retentietest. De effect-size (Cohen's d) is 0.36, wat betekent dat de factor 'groep' een gemiddeld effect heeft op retentiescore.

Omdat de IQ-scores van de leerlingen een grote spreiding laten zien (variërend van 78 tot 156) is gekeken of IQ een deel van de variantie binnen de groepen zou kunnen verklaren. De correlatie tussen (T)IQ en retentiescore was zwak te noemen: $r=.23$. Uit een ANCOVA bleek dat de onafhankelijke variabelen (groep, (T)IQ) samen geen significant effect hebben op de retentiescore ($F(2,27)=1,27$; $p=.09$). In de steekproef geldt voor groep $F(1,27)=0,91$; $p=.35$, en voor (T)IQ $F(1,27)=1,63$; $p=.21$.

Op basis van bovenstaande resultaten wordt hypothese 1 niet bevestigd. IQ hing niet samen met de behaalde retentiescore. De nulhypothese 'er is geen verschil' blijft in stand.

Hypothese 2: leerlingen die een multimedia-instructie bekijken met tekst zullen hier meer van onthouden en er meer van begrijpen dan leerlingen die een multimedia-instructie bekijken met audio.

In Tabel 1 is te zien dat de leerlingen in de audioconditie op transfer hoger scoren ($M=12,13$) dan leerlingen in de tekstconditie ($M=10.87$). Een *independent samples t-test* (eenzijdig) laat zien dat de audioconditie geen positief effect heeft ten opzichte van de tekstconditie op transferscore: $t(28)=1.37$; $p=.09$. Er is dus geen verschil tussen de tekst- en audioconditie in de scores op de transfertest. Wel de t-test wellicht een trend zien: bij een alfa van 10% (0.1) zouden de resultaten significant zijn. De Cohen's d is 0.52, wat een gemiddeld effect laat zien van conditie op transferscore.

Ook nu is gekeken of de IQ-scores van de leerlingen een groot deel van de variantie binnen de groepen kan verklaren. De correlatie tussen (T)IQ en de transferscore was significant maar 'matig' te noemen, namelijk $r=.45$. Uit een ANCOVA bleek dat de onafhankelijke variabelen (groep, (T)IQ) samen een significant effect hebben op de retentiescore ($F(2,27)=4,77$, $p=.02$). In de steekproef geldt voor groep $F(1,27)=2,28$, $p=.14$. Voor (T)IQ geldt $F(1,27)=7,25$, $p=.01$.

Op basis van bovenstaande resultaten wordt hypothese 2 niet bevestigd. De factor 'groep' heeft geen significant effect op transferscore. Wel hing IQ samen met de behaalde

transferscore.

CONCLUSIE RESULTATEN

Op basis van bovenstaande resultaten zijn de twee hypothesen niet bevestigd. Dit betekent dat in dit onderzoek niet wordt gevonden dat middelbaar scholieren met een diagnose ASS beter presteren op metingen van leren nadat zij een multimedia-instructie bekijken met auditieve tekst dan wanneer zij een multimedia-instructie bekijken met visuele tekst. IQ lijkt op basis van dit onderzoek niet samen te hangen met de behaalde retentiescore, maar wel met de behaalde transferscore.

DISCUSSIE

De vraag die in het huidige onderzoek centraal stond luidt als volgt: zullen middelbaar scholieren die gediagnosticeerd zijn met een stoornis binnen het Autistisch Spectrum beter presteren op metingen van leren die afgenomen worden na het kijken van een multimedia-instructie die voldoet aan het modaliteitsprincipe van Moreno en Mayer (1999) dan op metingen van leren die afgenomen worden na het kijken van een multimedia-instructie die niet voldoet aan dit modaliteitsprincipe? Om een antwoord te vinden op deze vraag kreeg een groep leerlingen met ASS tussen 12 en 19 jaar een multimedia-instructie over het ontstaan van bliksem te zien met ofwel een visueel aangeboden tekst ofwel een auditief aangeboden tekst. Het leren van de leerlingen werd gemeten met behulp van een retentietest (hoeveel hadden de leerlingen van de animatie over bliksem onthouden?) en een transfertest (hoeveel hadden de leerlingen van de animatie begrepen?). Verwacht werd dat leerlingen die de multimedia-instructie zagen en daarbij de tekst auditief aangeboden kregen meer zouden leren en dus hoger zouden scoren op de twee metingen van leren.

De data die verkregen werd met behulp van de twee tests werden met behulp van twee t-tests geanalyseerd. Uit de resultaten bleek dat er geen verschil was tussen de audio- en tekstgroep op de retentietest. Ook werd geen verschil gevonden tussen de audio- en tekstgroep op de transfertest. Wel is tussen de twee groepen een verschil gevonden die als 'trend' omschreven kan worden: bij een alfa van 10% werd gevonden dat de leerlingen in de audiogroep hoger scoorden op de transfertest dan de leerlingen in de tekstgroep.

Een aantal verklaringen voor deze resultaten zijn mogelijk. Allereerst verschilde het huidige onderzoek op enkele punten met die van Mayer & Moreno (1998, 1999), waardoor wellicht niet direct hun resultaten gerepliceerd konden worden. Zo waren er enkele verschillen in methode en procedure, werd een andere doelgroep onderzocht, en is er wellicht sprake van culturele verschillen.

Transfertest – Hoewel wel een 'trend' in de resultaten werd gevonden op de transfertest, zijn

de resultaten van het huidige onderzoek niet significant bij een alfa van 5%. Dit in tegenstelling tot verschillende onderzoeken van Mayer en Moreno (1998, 1999), waarin wel significante resultaten werden gevonden op de transfertest. Een mogelijke verklaring is dat in het huidige onderzoek een andere toets werd gebruikt. Waar Mayer en Moreno een transfertest gebruikten die bestond uit vier open vragen, werden in het huidige onderzoek 16 meerkeuzevragen gebruikt om het begrip van de animatie van de leerlingen te meten. De leerlingen konden een groot aantal van de vragen goed beantwoorden (de range van scores op de transfertoets lag tussen 7-15 waar 0-16 mogelijk was), en blijkbaar konden de leerlingen in beide groepen een groot deel van de vragen correct beantwoorden. De manipulatie in het huidige onderzoek is niet groot (immers, het enige dat verschil maakte tussen de audio- en tekstconditie was de manier waarop tekst werd aangeboden). Het is mogelijk dat de transfervragen die gebruikt werden in het huidige onderzoek niet moeilijk genoeg waren, waardoor zij niet geschikt waren om een verschil tussen beide groepen te vinden. Met andere woorden: het is mogelijk dat de bescheiden manipulatie beter tot uiting komt met moeilijkere transfervragen, die een groter beroep doen op het werkgeheugen, waardoor het belang van het ontlasten van het werkgeheugen met behulp van het modaliteitsprincipe groter wordt.

Animatie – Voorafgaand aan het onderzoek werd de gebruikte animatie over het ontstaan van bliksem voorgelegd aan docenten die lesgeven aan de school waar het huidige onderzoek is afgenomen. Het vermoeden was dat de animatie inhoudelijk vrij moeilijk zou zijn. De docenten bevestigden dit vermoeden. Omdat het aantal keer dat de animatie bekeken werd geen invloed zou moeten hebben op de manipulatie, werd ervoor gekozen de leerlingen de animatie twee keer te laten zien in plaats van een enkele keer, zoals in onderzoeken van Mayer en Moreno naar het modaliteitsprincipe wel wordt gedaan. Wellicht is deze keuze niet juist geweest. Enkele leerlingen gaven aan de animatie 'saai' te vinden, en hadden hem liever slechts één keer gezien. Hoewel dit niet voor alle leerlingen gold (sommigen vonden de animatie juist interessant, of gaven aan hem redelijk moeilijk te vinden), kan het zijn dat doordat de leerlingen de animatie twee keer hebben bekeken veel geleerd hebben, onafhankelijk van de modaliteit waarmee de animatie bekeken werd. Het is mogelijk dat hierdoor geen verschil is gevonden tussen de twee condities en de resultaten die zij hebben behaald op de retentie- en transfertest.

Doelgroep – Hoewel door verschillende onderzoekers (Goldberg et al., 2005; Houghton et al., 1999; Steele et al., 2007; Williams et al., 2004) werd gevonden dat het werkgeheugen van leerlingen met ASS, en meer specifiek het ruimtelijk werkgeheugen (Kenworthy et al., 2008), is dit in het huidige onderzoek niet gecontroleerd. Er waren vooraf geen duidelijke gegevens beschikbaar over het (ruimtelijk) werkgeheugen, ook is er vooraf geen meting van het werkgeheugen afgenomen. Bovendien is er geen gebruik gemaakt van een controlegroep. Wanneer een controlegroep eveneens aan het onderzoek had meegedaan, en alle deelnemers vooraf een meting van werkgeheugen zouden moeten doorlopen, zou meer gezegd kunnen

worden over de daadwerkelijke verschillen in het werkgeheugen van leerlingen met ASS en leerlingen zonder ASS. Het is mogelijk dat het werkgeheugen van leerlingen met ASS niet slechter is dan dat van leerlingen zonder ASS, en dat zij daarom geen (of: niet méér) profijt hebben van het bekijken van een multimedia-instructie die ontworpen is volgens het modaliteitsprincipe.

Nationaliteit – De hypothese van het huidige onderzoek is deels gebaseerd op resultaten die met het modaliteitsprincipe zijn behaald in de Verenigde Staten. Een verschil tussen Nederland en de Verenigde Staten is de manier waarop onder andere naar films en televisie wordt gekeken: waar in de VS de wereldtaal Engels gesproken wordt, en kinderen en volwassenen films vaak in eigen taal kunnen bekijken, is dat in Nederland heel anders. Nederlandse kinderen en volwassenen bekijken films en televisieseries vaak in het Engels, en deze teksten worden ondersteund door Nederlandse ondertiteling. Waar Mayer en Moreno vaak sterke effecten vinden voor het modaliteitseffect (Ginns, 2005) hoeft dit in Nederland niet te gelden. Het is mogelijk dat Nederlandse mensen zo sterk gewend zijn aan auditieve tekst die samengaat met beeld én met visuele tekst, dat het modaliteitseffect niet snel bij een Nederlandse steekproef gevonden wordt.

Element interactivity – In een meta-analyse van Ginns (2005) wordt gevonden dat mensen van verschillende doelgroepen meer leren van instructiemateriaal waarbij visueel materiaal samenging met gesproken tekst dan wanneer visueel materiaal samenging met visuele tekst. Dit effect wordt volgens Ginns echter wel gemodereerd door *element interactivity*: het aantal eenheden dat tijdens het leren tegelijkertijd in het werkgeheugen moet worden vastgehouden. Instructiemateriaal met een lage *element interactivity* heeft een lage *intrinsic cognitive load*, terwijl materiaal met een hoge *element interactivity* een hoge *intrinsic cognitive load* heeft. Een combinatie van lage *intrinsic cognitive load* die samengaat met een hoge *extraneous cognitive load* (het visuele materiaal dat samengaat met visuele tekst) overbelast het werkgeheugen niet 'voldoende' om een negatieve invloed te veroorzaken op leren. Een hoge *intrinsic cognitive load* zal daarentegen wél in combinatie met een hoge *extraneous cognitive load* het werkgeheugen voldoende overbelasten, waardoor het in dit geval een negatieve invloed heeft op leren. Omdat de leerlingen in het huidige onderzoek minimaal 7 van de 16 transfervragen goed hadden, en de leerlingen dus vrij veel leerden, zou het zo kunnen zijn dat de huidige multimedia-instructie een lage *element interactivity* had. Deze lage *element interactivity* kan ervoor hebben gezorgd dat het werkgeheugen van de leerlingen niet sterk genoeg overbelast werd, waardoor het modaliteitseffect niet kon worden aangetoond.

Een vervolgonderzoek naar het modaliteitsprincipe bij leerlingen met ASS zou op een aantal punten verbeterd kunnen worden. Belangrijk is om van tevoren vast te stellen hoe het werkgeheugen van de leerlingen met ASS in vergelijking met leerlingen zonder ASS. Hiervoor zouden dus twee groepen gevormd moeten worden, die ieder in een audio- of tekstconditie

plaats zouden moeten nemen. Door deze opzet kan gecontroleerd worden of de leerlingen met ASS daadwerkelijk een meer beperkt werkgeheugen hebben dan leerlingen zonder ASS. Is dit het geval kan gekeken worden of leerlingen met ASS dan inderdaad meer profijt hebben dan leerlingen zonder ASS van het modaliteitsprincipe. Ook interessant is om te kijken hoe leerlingen van verschillende nationaliteiten presteren op metingen van leren na het zien van een multimedia-instructie die wel of niet voldoet aan het modaliteitsprincipe. Zoals eerder beschreven zou het zo kunnen zijn dat mensen die opgroeien in een land waar ondertiteling veel wordt gebruikt minder moeite hebben met het switchen tussen tekst en beeld en geluid dan mensen die opgroeien in een land waar ondertiteling nauwelijks voorkomt. Als laatste is het mogelijk dat *element interactivity* in dit onderzoek een rol heeft gespeeld. Een andere multimedia-instructie met een hogere *element interactivity* zou sneller overbelasting van het werkgeheugen tot gevolg kunnen hebben, waardoor eerder een effect van het modaliteitsprincipe gevonden kan worden.

Op basis van het huidige onderzoek kan niet worden aangenomen dat het modaliteitsprincipe leerlingen met ASS zou kunnen ondersteunen tijdens het leren. Waar op basis van de onderzoeken van Mayer en Moreno geconcludeerd kan worden dat ontwerpers van multimedia-instructies er goed aan zouden doen visuele tekst te vervangen door auditieve tekst, is dit resultaat nog niet gegeneraliseerd naar de doelgroep leerlingen met ASS. Wellicht komt dit doordat in het huidige onderzoek enkele verschillen in methode en procedure zijn geweest, maar ook nationaliteit kan een rol spelen. In ieder geval is het belangrijk voor de onderwijspraktijk rekening te houden met het ontwerp van instructie. Op basis van dit onderzoek lijkt het immers zo te zijn dat aanpassingen in ontwerp van multimedia-instructies voor een bepaald deel van de populatie effectief kan zijn, terwijl ditzelfde ontwerp wellicht niet passend is voor leerlingen met ASS.

Met dit onderzoek is een eerste stap gezet om multimediacprincipes te onderzoeken bij leerlingen met een ASS. Hoewel de verwachtingen niet door de resultaten zijn bevestigd, is het onderzoek van belang geweest om duidelijk te maken in welk opzicht deze leerlingen tijdens het leren van multimedia-instructies anders zijn of juist overeenkomen met leerlingen zonder ASS. In het onderwijs zijn nog meer doelgroepen denkbaar met eigen geheugenkenmerken. Tijdens het ontwerpen van digitaal leermateriaal (een vakgebied waar ook steeds meer docenten zich mee bezighouden) zou rekening gehouden moeten worden met deze kenmerken. Materiaal dat voor leerling 1 geschikt is, is wellicht veel minder geschikt voor leerling 2. Meer onderzoek naar multimediacprincipes bij leerlingen met ASS of andere diagnoses kan een bijdrage leveren aan het onderwijs. Wie weet kunnen we over enkele jaren multimedia-instructies aanbieden die op maat gemaakt zijn voor alle leerlingen, onafhankelijk van of zij wel of geen beperkt werkgeheugen hebben.

REFERENTIES

- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255 (5044), 556-559.
- Baron-Cohen, S. (2001). The extreme male brain theory of autism. *Trends in Cognitive Sciences*, 6 (6), 248-254.
- Baron-Cohen, S., Leslie, A.M., & Frith, U. (1985). Does the autistic child have a "theory of mind"? *Cognition*, 21 (1), 37-46.
- Bennetto, L., Pennington, B.F., & Rogers, S.J. (1996). Intact and impaired memory functions in autism. *Child Development*, 67, 1816-1835.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1992). The split-attention effect as a factor in the design of instruction. *British Journal of Educational Psychology*, 62 (2), 233-246.
- Clark, P., & Sweller, J. (1992). The split-attention effect as a factor in the design of instruction. *British Journal of Educational Psychology*, 62 (2), 233-246.
- Filipek, P.A., Accardo, P.J., Baranek, G.T., Cook Jr., E.H., Dawson, G., Gordon, B., Gravel, J.S., Johnson, C.P., Kallen, R.J., Levy, S.E., Minshew, N.J., Prizant, B.M., Rapin, I., Roger, S.J., Stone, W.L., Teplin, S., Tuchman, R.F., Volkmar, F.R. (2006). The screening and diagnosis of Autistic Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 6 (29), 439-484.
- Fombonne, E. (2005). Epidemiology of autistic disorders and other pervasive developmental disorders. *Journal of Clinical Psychiatry*, 66, 3-8.
- Gabig, C. (2008). Verbal working memory and story retelling in school-age children with autism. *Language, speech and hearing services in schools*, 39, 498-511.
- Gerven, P.W.M. van, Paas, F., Merriënboer, J.J.G. van, Hendriks, M. & Schmidt, H. (2003). The efficiency of multimedia learning into old age. *British Journal of Educational Psychology*, 73, 489-505.
- Ginns, P. (2005). Meta-analysis of the modality effect. *Learning and instruction*, 15, 313-331.
- Goldberg, M.C., Mostofsky, S.H., Cutting, L.E., Mahone, E.M., Astor, B.C., Denckla, M.B., & Landa, R.J. (2005). Subtle executive impairment in children with autism and children with ADHD. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 35 (3), 279-293.
- Grossman, R.B., Schneps, M.H., & Tager-Flusberg, H. (2009). Slipped lips: Onset asynchrony detection of auditory-visual language in autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 50 (4), 491-497.
- Heur, R. van. (2009). *ROC's starten ICT-klas voor autisten*. Gevonden op 13 augustus 2009, op HYPERLINK http://www.computable.nl/artikel/ict_topics/loopbaan/2984831/1458016/rocs-starten-ictklas-voor-autisten.html
- Hill, E.L., (2004). Executive dysfunction in autism. *Trends in Cognitive Sciences*, 8 (1), 26-32.
- Houghton, S., Douglas, G., West, J., Whiting, M., Wall, M., Langsford, S., Powell, L., & Carroll, A. (1999). Differential Patterns of Executive Function in Children With Attention-Deficit Hyperactivity Disorder According to Gender and Subtype. *Journal of Child Neurology*, 14

(12), 801-805.

- Kenworthy, L., Yerys, B.E., Guterma, A., & Wallace, G.L. (2008). Understanding executive control in Autism Spectrum Disorder in the lab and in the real world. *Neuropsychological Review, 18*, 320-338.
- Landelijk Netwerk Autisme (2009). *Passer*. Gevonden op 31 maart 2009, op HYPERLINK <http://www.landelijknetwerkautisme.nl/index.php?pid=167>
- Mayer, R.E. (2003). The promise of multimedia learning: Using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction, 13*, 125-139.
- Mayer, R.E., & Moreno, R. (1998). A Split-Attention Effect in Multimedia Learning: Evidence for Dual Processing Systems in Working Memory. *Journal of Educational Psychology, 90* (2), 312-320.
- Mayer, R.E., & Moreno, R. (2002). Aids to computer-based multimedia learning. *Learning and Instruction, 12*, 107-119.
- Mayer, R.E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist, 38* (1), 43-52.
- Moreno, R. & Mayer, R.E. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology, 91* (2), 358-368.
- Moreno, R. & Mayer, R.E. (2000). A coherence effect in multimedia learning: The case for minimizing irrelevant sounds in the design of multimedia instructional messages. *Journal of Educational Psychology, 92* (1), 117-125.
- Moreno, R. & Mayer, R.E. (2002). Verbal redundancy in multimedia learning: When reading helps listening. *Journal of Educational Psychology, 94* (1), 156-163.
- Murray, D., Lesser, M., & Lawson, W. (2005). Attention, monotropism and the diagnostic criteria for autism. *SAGE Publications, 9* (2), 139-156.
- Oh, S., & Kim, M. (2004). The role of spatial working memory in visual search efficiency. *Psychonomic Bulletin & Review, 11* (2), 275-281.
- Ozonoff, S., Pennington, B.F., & Rogers, S.J. (1991). Executive function deficits in high-functioning autistic individuals: Relationship to theory of mind. *Journal of Child Psychology & Psychiatry, 32*, 1081-1105.
- Ozonoff, S., & Strayer, D.L. (2001). Further evidence of intact working memory. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 31* (3), 257-263.
- Reed, T. (2002). Visual perspective taking as a measure of working memory in participants with autism. *Journal of Developmental and Physical Disabilities, 14* (1), 63-76.
- Rowe, A.D., Bullock, P.R., Polkey C.E., & Morris, R.G. (2001). 'Theory of mind' impairments and their relationship to executive functioning following frontal lobe excisions. *Brain, 124* (3), 600-616.
- Russell, J., Jarrold, C., & Henry, L. (1996). Working memory in children with autism and with moderate learning difficulties. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 37* (6), 673-686.
- Steele, S.D., Minshew, N.J., Luna, B., & Sweeney, J.A. (2007). Spatial working memory deficits

- in Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37, 605-612.
- Stuss, D.T., & Knight, R.T. (2002). *Principles of frontal lobe function*. New York: Oxford University Press.
- Sweller, J., Merriënboer, J.J.G. van, & Paas, F.G.W.C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10 (3), 251-296.
- Tabbers, H. (2006). *Where did the modality effect go? A failure to replicate of one of Mayer's multimedia learning effects and why this still might make some sense*. Paper gepresenteerd op de SIG2 2, 30 Augustus-01 September 2006. Verkregen van de University of Nottingham website:
<http://www.lsri.nottingham.ac.uk/SIG2/proceedings.pdf>
- Taylor, B. (2006). Vaccines and the changing epidemiology of autism. *Child: Care, Health and Development*, 32 (5), 511-519.
- Trimbos Instituut. (n.d.). *Wat zijn autismspectrum-stoornissen?* Gevonden op 30 maart 2009, op HYPERLINK <http://www.trimbos.nl/default19430.html>
- Williams, D.L., Goldstein, G., & Minshew, N.J. (2006). The profile of memory function in children with autism. *Neuropsychology*, 20 (1), 21-29.
- Williams, J.H.G., Massaro, D.W., Peel, N.J., Bosseler, A., & Suddendorf, T. (2004). Visual-auditory integration during speech imitation in autism. *Research in Developmental Disabilities*, 25, 559-575.

BIJLAGEN

BIJLAGE 1: TEKST BLIKSEMANIMATIE

Koude vochtige lucht verplaatst zich over een warmer oppervlak en wordt opgewarmd. De opgewarmde vochtige lucht boven de aardoppervlakte stijgt snel op. Als deze opstijgende lucht afkoelt verandert de waterdamp in waterdruppels. Deze waterdruppels vormen een wolk. Het topje van deze wolk komt boven de bevroeringshoogte, waardoor in het bovenste gedeelte van de wolk de waterdruppels bevriezen en kleine ijskristallen ontstaan. Uiteindelijk zijn de ijskristallen te zwaar om nog gedragen te worden door de opstijgende luchtstromen. Hierdoor ontstaat regen of hagel. Wanneer de regendruppels en ijskristallen door de wolk vallen, slepen ze een deel van de lucht in de wolk mee naar beneden, waardoor er luchtstromen richting de grond ontstaan. Wanneer deze luchtstromen de grond raken, verspreiden ze zich in alle richtingen en produceren zo de vlagen koude wind die mensen voelen, vlak voordat het begint te regenen. Binnen in de wolk zorgen de opstijgende en dalende luchtstromen voor de opbouw van elektrisch geladen deeltjes. Deze elektrisch geladen deeltjes zijn het resultaat van de botsing van stijgende waterdruppels in de wolk tegen de zwaardere vallende stukjes ijs. De negatief geladen deeltjes vallen naar de bodem van de wolk en de positief geladen deeltjes stijgen naar de top. Een kanaal van negatief geladen deeltjes verplaatst zich stapsgewijs naar beneden en nadert de grond. Dit kanaal wordt het ontladingskanaal genoemd. Een positief geladen kanaal stijgt op vanaf objecten zoals bomen en gebouwen. Over het algemeen komen de twee kanalen elkaar tegen op zo'n 50 meter boven de grond. Negatief geladen deeltjes dalen vervolgens snel van de wolk naar de grond langs het pad dat is ontstaan door de kanalen. Deze neerdalende neerslag is niet erg goed te zien. Als de inslag via het ontladingskanaal de grond nadert, veroorzaakt dit een tegengestelde lading, waardoor positief geladen deeltjes vanaf de grond snel naar boven stijgen langs hetzelfde pad. Deze opstijgende beweging van elektrisch geladen deeltjes is de terugkerende inslag. Het produceert het felle licht dat mensen herkennen als een bliksemflits.

BIJLAGE 2: VRAGEN TRANSFERTEST

Het juiste antwoord op iedere vraag is onderstreept.

1) Het elektrisch spanningsveld in een onweerswolk ontstaat doordat:

- a) de ontladingskanalen op ongeveer 50 meter hoogte met elkaar botsen
- b) vallende ijskristallen botsen met stijgende waterdruppels
- c) de stijgende wolk botst met de bevroeringshoogte

2) Wanneer de opwaartse luchtstroom van warme vochtige lucht afkoelt:

- a) ontstaan de vlagen koude wind die mensen voelen vlak voordat het gaat regenen
- b) condenseert de lucht in waterdruppels en vormt zich een wolk
- c) is de bevroeringshoogte bereikt

3) De natuurkunde stelt dat een elektrische stroom zich altijd verplaatst van een positieve naar een negatieve pool. Dus hoe stroomt de elektriciteit tussen een onweerswolk en de grond?

- a) Van de grond naar de wolk
- b) Van de wolk naar de grond
- c) In beide richtingen

4) Een terugkerende inslag is altijd onvertakt. Toch heeft een bliksemflits die je ziet vaak meerdere vertakkingen. Hoe kan dit?

- a) De inslagen en de terugkerende inslagen volgen elkaar zo snel op, dat het één flits met meerdere vertakkingen lijkt
- b) Je ziet meerdere losse terugkerende inslagen, die vanuit het perspectief van de waarnemer één bliksemflits lijken te vormen
- c) Je ziet meerdere terugkerende inslagen die in het ontladingskanaal samenkomen en vervolgens als één flits naar boven gaan

5) Stel je hebt een enorme ventilator waarmee je verschillende soorten lucht omhoog kunt blazen. Met welke lucht heb je de grootste kans dat je een onweersbui veroorzaakt?

- a) Koude, droge lucht
- b) Koude, vochtige lucht
- c) Warme, vochtige lucht

6) Waarom ontstaat er geen bliksem als een wolk onder de bevroeringshoogte blijft?

- a) Er is geen neerwaartse luchtstroom in de wolk
- b) Er zit niet genoeg neerslag in de wolk
- c) Er zijn geen botsende deeltjes in de wolk

7) Wanneer ontstaat er een ontladingskanaal vanaf het aardoppervlak naar boven?

- a) Als de negatieve deeltjes via het ontladingskanaal naar beneden snellen
- b) Als de positieve deeltjes via hoge gebouwen naar boven snellen
- c) Als het negatieve ontladingskanaal stapsgewijs van de wolk naar beneden gaat

8) Wat is de koude wind die mensen voelen vlak voor een onweersbui?

- a) De koude vochtige lucht die over het aardoppervlak waait voordat deze opgewarmd wordt
- b) De dalende luchtstroom die door de vallende ijsdeeltjes wordt veroorzaakt
- c) De vallende ijsdeeltjes en waterdruppels uit de onweerswolk die in hun val verdampen

9) Een onweerswolk ontwikkelt zich. De ijskristallen in deze wolk worden groter en groter. Hoe komt dit?

- a) De onweerswolk stijgt steeds verder boven de bevroeringshoogte
- b) De opwaartse luchtstroom blijft vochtige lucht aanleveren
- c) De temperatuur in de onweerswolk wordt steeds lager

10) Vallende stukjes ijs in een onweerswolk botsen met stijgende waterdruppels. Wat voor soort lading krijgen de stukjes ijs hierdoor?

- a) Geen lading
- b) Positieve lading
- c) Negatieve lading

11) Hoe zou de intensiteit van een bliksemstorm verlaagd kunnen worden?

- a) Door positief geladen deeltjes van het aardoppervlak weg te halen
- b) Door negatief geladen deeltjes bij de wolk te plaatsen
- c) Door het temperatuurverschil tussen de oceaan en de aarde groter te maken

12) Er zijn wel wolken aan de lucht te zien, maar geen bliksem. Wat kan de verklaring zijn dat je geen bliksem ziet?

- a) De bovenkant van de wolk is boven het bevroeringsniveau gekomen
- b) Er worden geen ijskristallen gevormd in de wolk
- c) Omdat er negatief geladen deeltjes zijn opgebouwd in de wolk, en positief geladen deeltjes op de grond

13) Wat heeft de temperatuur van de lucht met bliksem te maken?

- a) Zonder een verschil in temperatuur tussen het aardoppervlak en de luchtstroom stijgt de lucht niet op
- b) Zonder koude opstijgende lucht ontstaan er geen ijskristallen
- c) Zonder warme lucht condenseert opstijgende lucht niet in waterdruppels

14) Wat is nu eigenlijk de oorzaak van bliksem?

- a) Het feit dat er negatieve lading ontstaat in de wolk door de vallende ijskristallen
- b) Doordat er koude vochtige lucht van zee komt
- c) Het verschil tussen negatieve lading in de wolk en positieve lading op het aardoppervlak

15) Tijdens een onweersbui gaat het plotseling hard regenen. Deze regen zorgt voor een afkoeling van het aardoppervlak. Wat betekent dit voor de hevigheid van de bliksem?

- a) Die neemt af
- b) Die blijft gelijk
- c) Die neemt toe

16) Het is al dagen windstil en Nederland wordt geteisterd door een hittegolf. Plotseling begint het te waaien. Bij welke windrichting is de kans het kleinst dat er bliksem ontstaat boven Nederland?

- a) Van oost naar west
- b) Van west naar oost
- c) Van noord naar zuid

BIJLAGE 3: INSTRUCTIE SCOREN RETENTIEVRAAG

Om de retentievragen te scoren (die zowel voor als na het zien van de bliksemanimatie door de leerlingen is ingevuld) wordt gebruik gemaakt van een door Moreno & Mayer ontwikkeld scoringsysteem. Dit scoringsysteem gaat uit van negentien 'idea units', dus negentien kernideeën die in de animatie over het ontstaan van bliksem voorbijkomen.

Voor ieder hoofdidee in de keten van opeenvolgende gebeurtenissen kan een punt gegeven worden. Hierbij is de precieze bewoording van het hoofdidee niet van belang.

Hieronder de negentien punten die in de antwoorden op de retentievraag gescoord kunnen worden.

ALTERNATIEF SCORINGSSYSTEEM MORENO & MAYER (1998):

1. koude lucht beweegt
2. wordt opgewarmd
3. stijgt op
4. water condenseert
5. wolk komt boven bevroeringshoogte
6. ijskristallen vormen zich
7. water en kristallen vallen
8. produceren luchtstromen (omhoog en omlaag)
9. mensen voelen koude wind voordat de regen valt
10. elektrische lading bouwt op
11. negatief geladen deeltjes vallen naar de bodem van de wolk of positief geladen deeltjes stijgen naar de top
12. een ontladingskanaal daalt neer
13. stapsgewijs
14. de ontladingskanalen ontmoeten elkaar
15. op ongeveer 50 meter boven de grond
16. negatief geladen deeltjes snellen naar beneden
17. produceren licht dat niet zo helder is (in huidige animatie: lucht is niet zo helder)
18. positieve deeltjes snellen naar boven
19. produceren helder licht dat mensen herkennen als bliksem

Op de achterzijde van dit blad staat de scoringstabel weergegeven. Plaats een 'x' in de rechterkolom wanneer het betreffende kernidee in het antwoord op de retentievraag teruggevonden kan worden.

BIJLAGE 3 (VERVOLG): SCORINGSTABEL

Idea units	Aanwezig
Koude lucht beweegt	
Wordt opgewarmd	
Stijgt op	
Water condenseert	
Wolk komt boven bevroeringshoogte	
IJskristallen vormen zich	
Water en kristallen vallen	
Produceren luchtstromen (omhoog en omlaag)	
Mensen voelen koude wind voordat de regen valt	
Elektrische lading bouwt op	
Negatief geladen deeltjes vallen naar de bodem van de wolk of positief geladen deeltjes stijgen naar de top	
Een ontladingskanaal daalt neer	
Stapsgewijs	
De ontladingskanalen ontmoeten elkaar	
Op ongeveer 50 meter boven de grond	
Negatief geladen deeltjes snellen naar beneden	
Produceren licht dat niet zo helder is (licht is nog niet zichtbaar)	
Positieve deeltjes snellen naar boven	
Produceren helder licht dat mensen herkennen als bliksem	
Totaal aantal kernideeën	