

# **SPLIT ATTENTION OF OVERBELASTING**

## **onderzoek naar verklaringen voor het modaliteitseffect**

**UNIVERSITEIT VAN TILBURG**  
FACULTEIT COMMUNICATIE EN CULTUUR  
BEDRIJFSCOMMUNICATIE EN DIGITALE MEDIA



Scriptiebegeleider: dr. J.P.M. Arts  
Tweede lezer: dr. C.H. van Wijk

Mick Roovers  
Studentnummer: 772201  
April 2007



## Voorwoord

In maart 2006 ben ik, samen met studiegenoot en vriend Stefan Goossens, gestart met het afstudeerproces. Helaas verliep deze samenwerking van beide kanten te vrijblijvend, waarna we ieder onze eigen weg gegaan zijn. Bijna een jaar later ligt hier het product van het afstudeerproces voor u: mijn Masterscriptie.

Het schrijven van deze scriptie vereiste meer dan alleen de cognitieve capaciteiten die benodigd zijn voor het succesvol volgen van een universitaire opleiding. Doorzettingsvermogen, overtuiging en het nodige overzicht zijn misschien nog wel belangrijker dan de capaciteiten die je bezit. Dat heb ik me de afgelopen maanden meer dan eens gerealiseerd. Wanneer het te vrijblijvend wordt, getuige de start die Stefan en ik gemaakt hebben, valt het niet mee om tot een gedegen eindresultaat te komen.

Gelukkig heb ik vrij snel, na de beslissing om individueel verder te gaan, de draad van mijn scriptie opgepakt samen met mijn scriptiebegeleidster dr. Anja Arts, waarvoor veel dank. Van de overvloed aan ideeën die ik had zijn we tot een, naar mijn mening, zeer interessant en leuk onderzoek gekomen.

In het kader van het onderzoek wil ik dan ook dr. Huib Tabbers bedanken voor het beschikbaar stellen van de animaties en de onderzoeksvragen en daarnaast voor de nuttige tips en steun die ik van zijn kant heb ontvangen. Ook wil ik de Faculteit Communicatie en Cultuur bedanken voor het beschikbaar stellen van het BDM-laboratorium en de proefpersoonpunten waarmee ik tot een mooi aantal proefpersonen ben gekomen.

Mijn tweede lezer en statistiekspecialist dr. Carel van Wijk wil ik ook hartelijk danken voor de ondersteuning en sturing bij met name het verwerken van de resultaten.

Daarnaast wil ik ING Car Lease Nederland B.V. bedanken voor het mogelijk maken van een part-time baan als Marketing- en Communicatiemedewerker naast mijn scriptie gedurende het gehele traject. Ik heb hier kennis opgedaan die ik in een toekomstige baan zeer goed zal kunnen gebruiken.

Natuurlijk, en heel cliché, is één pagina te klein om iedereen te bedanken die mij geholpen heeft te komen waar ik nu sta, maar als ik mijn ouders, broer, vriendin, vrienden, familie en collega's bedank denk ik dat ik een significant deel van jullie bereikt heb.

Mick Roovers, 1 april 2007



## Samenvatting

In dit onderzoek wordt het modaliteitsprincipe nader bekeken. Het modaliteitsprincipe stelt dat gesproken tekst tot een beter leerresultaat leidt dan geschreven tekst in een multimedia instructie. In dit onderzoek worden twee theoretische onderbouwingen voor het modaliteitsprincipe besproken: die van Mayer (2001) en die van Tabbers (2002).

Volgens Mayer wordt het modaliteitseffect verklaard door de dubbele belasting van het visueel/pictorale verwerkingskanaal in het werkgeheugen bij een animatie met geschreven tekst. In dit geval wordt het visuele kanaal namelijk enerzijds belast door de beelden van de animatie en anderzijds door de geschreven tekst. De dubbele belasting ontstaat omdat, volgens de Cognitive Theory of Multimedia Learning (Mayer, 2001), geschreven tekst voor een deel actief verwerkt wordt in het visueel/pictorale verwerkingskanaal van het werkgeheugen.

De onderbouwing van Tabbers (2002) is gebaseerd op het werkgeheugenmodel van Baddeley en Hitch (1974). Volgens Tabbers (2002) wordt het modaliteitseffect niet verklaard door de dubbele belasting van het visueel/pictorale verwerkingskanaal in het werkgeheugen. Dit omdat geschreven tekst, volgens het werkgeheugenmodel van Baddeley en Hitch (1974), geen actieve verwerking behoeft in het visueel/pictorale verwerkingskanaal, maar rechtstreeks in het auditief/verbale verwerkingskanaal verwerkt wordt. Zodoende kan het visueel/pictorale verwerkingskanaal niet dubbel belast worden door geschreven tekst in een multimedia instructie.

Tabbers (2002) verklaart het modaliteitseffect op basis van het *split-attention effect* (Chandler & Sweller, 1992). De aandacht moet bij een multimedia instructie verdeeld worden over de beelden in de animatie en de tekst. Zodoende wordt er altijd informatie gemist in zo'n instructie. Vanwege de beperking van het visueel/pictorale verwerkingskanaal (het kan slechts 1 beeld per keer opslaan) ten opzichte van het auditief/verbale verwerkingskanaal (kan informatie tot 2 seconden opslaan) zal het *split-attention effect* sterker optreden bij een instructie met geschreven tekst.

In dit onderzoek wordt door middel van een auditieve loading task (een taak met als enige doel een extra last te leggen op het auditieve werkgeheugen) onderzocht welke van de twee onderbouwingen de meest plausibele verklaring voor het modaliteitseffect geeft. Deze auditieve loading task zou volgens de CTML (Mayer, 2001) meer effect hebben op gesproken tekst dan op geschreven tekst. Volgens het werkgeheugenmodel heeft deze auditieve loading task evenveel effect op zowel de gesproken als de geschreven tekst. Er worden twee soorten loading tasks aangeboden, te weten: een passieve loading task (geen actieve verwerking) en een actieve loading task (wel actieve verwerking).

De resultaten in dit onderzoek laten geen effecten zien op de onthoudtaken, maar op de toepassingstaak scoort gesproken tekst beter dan geschreven tekst en daarnaast blijft dit effect in stand bij een actieve loading task. Dit levert bewijs om aan te nemen dat de onderbouwing van Tabbers (2002) de meest plausibele verklaring levert voor het modaliteitseffect.



# Inhoudsopgave

|                                                        |           |
|--------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Voorwoord .....</b>                                 | <b>1</b>  |
| <b>Samenvatting .....</b>                              | <b>3</b>  |
| <b>Inhoudsopgave .....</b>                             | <b>5</b>  |
| <b>Inleiding.....</b>                                  | <b>7</b>  |
| <b>1 Theoretisch kader.....</b>                        | <b>11</b> |
| 1.1 Werkgeheugenmodel (Baddeley & Hitch, 1974).....    | 11        |
| 1.2 Cognitive Load Theory (Sweller, 1988) .....        | 13        |
| 1.3 Modaliteitsprincipe volgens Mayer (2001) .....     | 14        |
| 1.3.1 Empirische onderbouwing.....                     | 14        |
| 1.3.2 Theoretische onderbouwing .....                  | 15        |
| 1.4 Modaliteitsprincipe volgens Tabbers (2002).....    | 18        |
| 1.4.1 Empirische onderbouwing.....                     | 18        |
| 1.4.2 Theoretische onderbouwing .....                  | 19        |
| 1.5 Samenvatting: Mayer (2001) vs. Tabbers (2002)..... | 20        |
| 1.6 Auditieve last in multimedia instructies.....      | 20        |
| <b>2 Onderzoeksopzet .....</b>                         | <b>25</b> |
| 2.1 Centrale onderzoeksvraag .....                     | 27        |
| 2.2 Hypotheses .....                                   | 27        |
| <b>3 Materiaal en methode .....</b>                    | <b>31</b> |
| 3.1 Materiaal.....                                     | 31        |
| 3.2 Instrumentatie.....                                | 32        |
| 3.3 Participanten.....                                 | 33        |
| 3.4 Procedure.....                                     | 35        |
| 3.5 Statistische verwerking van de gegevens .....      | 35        |
| 3.5.1 Controlevariabelen .....                         | 35        |
| 3.5.2 Afhankelijke variabelen .....                    | 36        |
| <b>4 Resultaten.....</b>                               | <b>39</b> |
| 4.1 Mentale inspanning .....                           | 39        |
| 4.2 Relatie tussen de testtaken.....                   | 40        |
| 4.3 Onthoudtaak passief .....                          | 40        |
| 4.4 Onthoudtaak actief .....                           | 41        |
| 4.5 Toepassingstaak .....                              | 41        |
| <b>5 Conclusie en discussie .....</b>                  | <b>45</b> |
| <b>Literatuurlijst .....</b>                           | <b>53</b> |
| Bibliografie.....                                      | 53        |
| URL .....                                              | 55        |
| <b>Bijlage I: Scenario animatie .....</b>              | <b>59</b> |
| <b>Bijlage II: Voorkennistoets.....</b>                | <b>63</b> |
| <b>Bijlage III: Onthoudtaak actief.....</b>            | <b>65</b> |
| <b>Bijlage IV: Toepassingstaak.....</b>                | <b>67</b> |
| <b>Bijlage V: Onthoudtaak passief .....</b>            | <b>69</b> |
| <b>Bijlage VI: Instructie proefpersonen.....</b>       | <b>73</b> |



## Inleiding

De hersenen hebben in theorie een onbegrensde capaciteit om informatie op te slaan. Toch wordt niet alle informatie die aangeboden wordt opgeslagen. Mensen leren continu. Om dit leerproces te optimaliseren, zal het instructiemateriaal dat gebruikt wordt, aangepast moeten worden aan de manier waarop mensen informatie verwerken.

Met name in multimedia instructies zijn de mogelijkheden om informatie aan te bieden vrijwel ongelimiteerd. Ontwerpers bieden informatie aan die vol zit met geluidseffecten, muziek, kleuren, bewegingen, animaties enzovoorts. Uiteraard ziet dit er prachtig uit, maar de vraag rijst of deze manier van informatie-aanbod ook tot een efficiënt leerproces leidt. De kennisverwerking wordt immers nog steeds aan banden gelegd door de karakteristieken van menselijke informatieverwerking.

In dit onderzoek staat het modaliteitseffect (Sweller, 1999), ook wel het modaliteitsprincipe (Mayer, 2001) genoemd, centraal. Volgens dit principe zijn de leerprestaties in een multimedia instructie beter wanneer de tekst in de instructie wordt aangeboden als gesproken tekst, dan wanneer de tekst in de instructie wordt aangeboden als geschreven tekst.

De onderzoeksresultaten tot nu toe bevestigen dit principe. Een afbeelding, of animatie met gesproken tekst levert meer begrip op dan een afbeelding of animatie met geschreven tekst (o.a. Mayer & Moreno, 1998, 1999; Kalyuga, Chandler & Sweller, 1999; Tabbers, Martens & Van Merriënboer, 2001).

In dit onderzoek worden twee onderbouwingen voor het modaliteitseffect met elkaar vergeleken. Deze onderbouwingen zijn van Mayer (2001) en Tabbers (2002). Door middel van een experiment wordt in dit onderzoek de meest plausibele van de twee verklaringen voor het modaliteitseffect aangewezen.

De eerste onderbouwing die in dit onderzoek besproken wordt is die van Mayer (2001) en is gebaseerd op de Cognitive Theory of Multimedia Learning (Mayer, 2001). Volgens Mayer wordt het modaliteitseffect verklaard door de dubbele belasting van het visueel/pictorale verwerkingskanaal in het werkgeheugen bij een animatie met geschreven tekst. In dit geval wordt het visuele kanaal namelijk enerzijds belast door de beelden van de animatie en anderzijds door de geschreven tekst. De dubbele belasting ontstaat omdat, volgens de Cognitive Theory of Multimedia Learning (Mayer, 2001), geschreven tekst voor een deel actief verwerkt wordt in het visueel/pictorale verwerkingskanaal van het werkgeheugen.

De tweede onderbouwing die besproken wordt is die van Tabbers (2002) en is gebaseerd op het werkgeheugenmodel van Baddeley en Hitch (1974). Volgens Tabbers (2002) wordt het modaliteitseffect niet verklaard door de dubbele belasting van het visueel/pictorale verwerkingskanaal in het werkgeheugen. Dit omdat geschreven tekst, volgens het werkgeheugenmodel van Baddeley en Hitch (1974), geen actieve verwerking behoeft in het visueel/pictorale verwerkingskanaal, maar rechtstreeks in het auditief/verbale verwerkingskanaal verwerkt wordt. Zodoende kan het visueel/pictorale verwerkingskanaal niet dubbel belast worden door geschreven tekst in een multimedia instructie. Tabbers (2002) wijt het modaliteitseffect aan *split-attention* (Chandler & Sweller, 1992), oftewel gespleten aandacht, bij een multimedia instructie met geschreven tekst. De aandacht moet verdeeld worden over de beelden in de animatie en de geschreven tekst. Zodoende wordt er altijd informatie gemist in zo'n instructie, hetgeen bij gesproken tekst niet het geval is.

In deze scriptie wordt getoetst welke theoretische onderbouwing van het modaliteitsprincipe het meest waarschijnlijk is. Dit wordt gedaan aan de hand van een experiment waarin het auditieve geheugen extra wordt belast met een zogenaamde *loading task* (O'Donnell & Eggemeier, 1986): een taak die als enige doel heeft een extra belasting te leggen op het werkgeheugen.

Volgens Mayer (2001) zou door de extra belasting van het auditief/verbale verwerkingskanaal van het werkgeheugen het modaliteitseffect in mindere mate, of niet, moeten optreden. Met andere woorden: gesproken tekst wordt meer beïnvloed door een auditieve loading task dan geschreven tekst. Volgens Tabbers (2002) zou het modaliteitseffect echter in stand moeten blijven. Dit als gevolg van het verschil van de verwerking van de geschreven tekst tussen de Cognitive Theory of Multimedia Learning (Mayer, 2001) en het werkgeheugenmodel (Baddeley & Hitch, 1974). Geschreven en gesproken tekst wordt volgens het werkgeheugenmodel (Baddeley & Hitch, 1974) immers in hetzelfde verwerkingskanaal van het werkgeheugen verwerkt, waardoor een loading task evenveel effect zou moeten hebben op geschreven en gesproken tekst.

# **Theoretisch kader**

---



# 1 Theoretisch kader

Centraal in dit theoretisch kader staat het modaliteitsprincipe, en hoe dit van invloed is op het multimediale leerproces. In paragraaf 1.1 en 1.2 worden de theorieën besproken waarop het modaliteitsprincipe gebaseerd is. In paragraaf 1.3 en 1.4 worden de onderbouwingen voor het modaliteitsprincipe besproken van respectievelijk Mayer (2001) en Tabbers (2002). Paragraaf 1.5 is een samenvatting van de onderbouwingen van Mayer (2001) en Tabbers (2002) en paragraaf 1.6 bespreekt auditieve last in combinatie met het modaliteitsprincipe.

## 1.1 Werkgeheugenmodel (Baddeley & Hitch, 1974)

Volgens Atkinson en Shiffrin (1968) beschikt de mens over een tijdelijk opslagsysteem waarin een gelimiteerde hoeveelheid informatie kan worden opgeslagen: het korte termijngeheugen. Daarnaast beschikt men over een, in theorie, oneindige opslagcapaciteit in het lange termijngeheugen. Door informatie actief te herhalen kan deze van het korte termijngeheugen overgeheveld worden naar het lange termijngeheugen. De mens beschikt dus over twee opslagsystemen: het ‘korte termijngeheugen’ en het ‘lange termijngeheugen’.

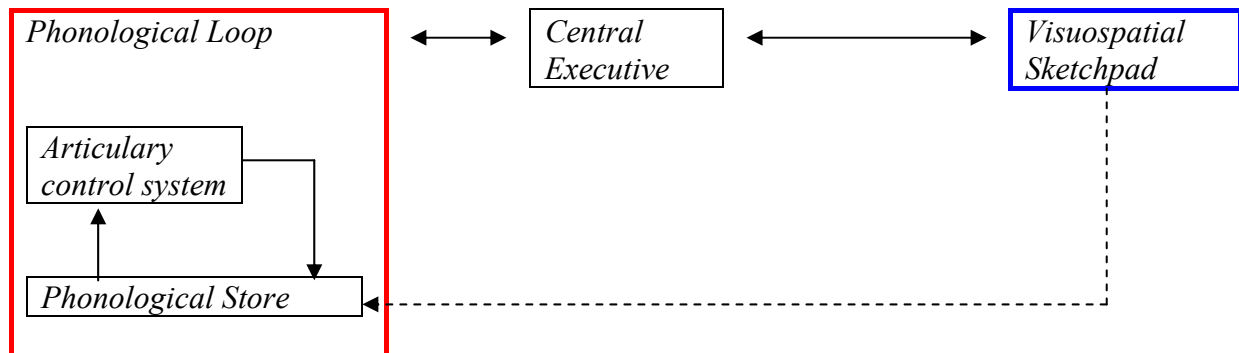
Het belangrijkste bewijs voor het bestaan van het korte en het lange termijngeheugen werd gevonden bij patiënten met een neuropsychologische aandoening. Bij deze patiënten, met een aandoening aan de mediale temporale kwabben, werd ontdekt dat deze schade aan het lange termijngeheugen geen invloed had op prestaties in het korte termijngeheugen (Baddeley & Warrington, 1970).

Baddeley en Hitch (1974) introduceerden een verfijning van het concept ‘korte termijngeheugen’: het werkgeheugen. Het werkgeheugen is een systeem dat verantwoordelijk is voor het onderhouden van informatie die relevant is voor het uitvoeren van een cognitieve taak. Het is meer dan een tijdelijk opslagsysteem: het is de poort tussen de externe wereld en de bestaande cognitieve structuren in het lange termijngeheugen.

Shallice en Warrington (1970) testten patiënten met conductie-afasie. Dit houdt in dat de verbinding tussen het Broca- en Wernickegedeelte in de hersenen beschadigd is; dit is het talige deel van de hersenen. Deze beschadiging heeft, in tegenstelling tot de hersenbeschadiging in het onderzoek van Baddeley & Warrington (1970), invloed op het korte termijngeheugen: patiënten met deze aandoening kunnen wel taal produceren, maar kunnen niet herhalen wat zij kort daarvoor hebben gehoord. Wanneer het korte termijngeheugen ook als een werkgeheugen werkt, zou dit moeten betekenen dat men met andere complexe cognitieve taken ook problemen zou hebben, dit was echter niet het geval in het experiment van Shallice en Warrington (1970).

Baddeley en Hitch (1974) deden een poging om deze paradox te tackelen door het werkgeheugen van normale proefpersonen te verstoren in een experiment. De proefpersonen moesten series van getallen onthouden die varieerden van 0 (= geen belasting), tot 80 cijfers, terwijl ze een aantal taken moesten uitvoeren die op het werkgeheugen steunen. Er ontstond inderdaad een langzame achteruitgang naarmate de hoeveelheid getallen in de serie toenam, maar het effect was niet dramatisch. Op basis van dit resultaat en resultaat uit eerdere onderzoeken, ontstond de hypothese dat het werkgeheugen bestaat uit drie verschillende subsystemen.

Volgens dit driecomponenten model (zie Figuur 1) van het werkgeheugen van Baddeley en Hitch (1974) bestaat het werkgeheugen uit een *central executive* en twee systemen die hier afhankelijk van zijn: het *visuospatial sketchpad*, voor het verwerken van visuele en ruimtelijke informatie (via de ogen), en de *phonological loop*, voor het verwerken van akoestische en verbale informatie (via de oren). De belangrijkste functie van de *central executive* is het coördineren van de informatie naar het juiste onderliggende systeem.



**Figuur 1** Driecomponenten model van het werkgeheugen (Baddeley & Hitch, 1974)

Alle drie de systemen zijn beperkt in capaciteit. De *central executive* kan slechts enkele zaken tegelijkertijd de aandacht geven, deze zaken liggen tijdelijk opgeslagen in de andere twee subsystemen. De *central executive* koppelt de informatie in de beide systemen tot een betekenisvol geheel, waarna het opgeslagen wordt in het lange termijn geheugen.

Via het *visuospatial sketchpad* komt alle visueel waargenomen informatie binnen. Dit systeem kan slechts één beeld per keer opslaan. Lezen is dus niet mogelijk via dit systeem. Hiervoor wordt de *phonological loop* ingeschakeld, die meerdere woorden simultaan kan verwerken. Woorden uit het *visuospatial sketchpad* worden dus omgezet van visueel naar verbaal, om zo verwerkt te kunnen worden in de *phonological loop*. Geschreven en gesproken woorden worden dus op dezelfde manier verwerkt, ook al komen ze via verschillende zintuigen binnen.

Woorden die via de *phonological loop* binnen komen, worden tijdelijk opgeslagen in de *phonological store*. Deze opslag heeft ruimte voor 5 tot 7 woorden en kan deze ongeveer 2 seconden opslaan voordat ze vervagen. Wanneer de *central executive* meer tijd nodig heeft om de woorden te verwerken, dan worden ze via het *articulatory control system* herhaald, waarna ze weer een tweetal seconden opgeslagen worden in de *phonological store* totdat de woorden weer vervagen, of verwerkt worden door de *central executive*.

Hoewel er verschillende opvattingen bestaan in de wetenschap over de onderliggende systemen van het werkgeheugen, zijn er een aantal aspecten waarover consensus is: (1) het werkgeheugen bevat een auditief en een visueel werkgeheugen (Baddeley & Hitch, 1974; Baddeley, 1986, 1992), (2) elk onderdeel van het werkgeheugen heeft een gelimiteerde capaciteit (Sweller, 1988, 1989; Chandler & Sweller, 1991), en (3) leren met verbale en non-verbale informatie treedt op wanneer relevante informatie uit beide kanalen wordt geselecteerd, georganiseerd en geïntegreerd in een coherente representatie (Clark & Paivio, 1991; Moreno & Mayer, 2000; Paivio, 1986).

## 1.2 Cognitive Load Theory (Sweller, 1988)

De Cognitive Load Theory (CLT; Paas, Renkl & Sweller, 2004; Sweller 1988, 1999) houdt zich vooral bezig met het leren van complexe cognitieve taken, waarin veel informatie-elementen voorgeschoteld worden (bv. een multimedia instructie), die daarnaast ook nog met elkaar gecombineerd moeten worden om het geheel betekenis te geven.

Het onder controle krijgen van deze (te) hoge cognitieve last is de focus van de CLT. De theorie stelt dat leren het beste plaatsvindt onder condities die aangepast zijn aan de menselijke cognitieve architectuur (Paas, Renkl & Sweller, 2004).

De CLT neemt aan dat de menselijke cognitieve architectuur uit een werkgeheugen bestaat dat gelimiteerd is wanneer het met nieuwe informatie te maken krijgt. De CLT neemt daarnaast aan dat de gelimiteerde capaciteit ongelimiteerd wordt wanneer men te maken krijgt met materiaal waarmee men bekend is. ‘Bekend’ betekent in dit geval dat men te maken krijgt met informatie die al eerder opgeslagen is in het lange termijngeheugen, wat vele schemata bevat die variëren in hun mate van automatisering.

Deze schemata categoriseren elementen van informatie volgens de manier waarop ze gebruikt zullen worden (Chi, Glaser & Rees, 1982). Complexe schemata worden opgebouwd uit minder complexe schemata. Goede prestaties nemen toe naarmate de automatisering van de schemata toeneemt. Dit heeft grote invloed op het werkgeheugen; wanneer schemata volledig geautomatiseerd zijn, en dus onbewust uitgevoerd kunnen worden, komt er in het werkgeheugen ruimte vrij om andere informatie op te nemen.

De CLT onderscheidt twee verschillende cognitieve lasten, te weten: intrinsiek en extrinsiek. De last wordt intrinsiek genoemd wanneer deze veroorzaakt wordt door het aantal informatie-elementen of door de interactiviteit van deze elementen. De intrinsieke last bestaat dus alleen uit informatie uit de leertaak.

Wanneer de last veroorzaakt wordt door de manier waarop de informatie gepresenteerd wordt en door de benodigde leeractiviteiten, wordt de last extrinsiek genoemd. Deze extrinsieke last wordt opgedeeld in twee componenten, de ‘extraneous load’ en de ‘germane load’.

‘Extraneous load’, ofwel ineffectieve last, wordt veroorzaakt door informatie en activiteiten die niet bijdragen aan de processen van schemaconstructie en automatisering. ‘Germane load’, ofwel effectieve last, is gerelateerd aan de informatie en activiteiten die deze processen juist bevorderen.

Deze drie cognitieve lasten (intrinsieke last, ineffectieve last en effectieve last) werken opsoappend. Dit wil zeggen dat de som van de drie lasten kleiner of gelijk is aan de beschikbare geheugencapaciteit. Wanneer de beschikbare geheugencapaciteit overschreden wordt, kan er geen ‘leren’ plaatsvinden (Paas, Tuovinen, Tabbers en Van Gerven, 2003).

Verder is de expertise van een student van belang. Kalyuga, Ayres, Chandler & Sweller (2003) geven aan dat een cognitieve last die effectief is voor een beginner, voor een expert al ineffectief kan zijn. Schrijvers van instructieteksten moeten daarom rekening houden met het niveau van de doelgroep.

### 1.3 Modaliteitsprincipe volgens Mayer (2001)

*‘Students learn better from animation and narration than from animation and on-screen text; that is, students learn better when words in a multimedia message are presented as spoken text rather than printed text.’ (Mayer, 2001, p.134)*

Mayer onderbouwt zijn modaliteitsprincipe zowel empirisch als theoretisch. De empirische onderbouwing is gebaseerd op verschillende (eigen) onderzoeken. De theoretische onderbouwing is gebaseerd op drie theorieën: het werkgeheugenmodel (Baddeley & Hitch, 1974), de Dual Coding Theory (Paivio, 1986; Clark & Paivio, 1991) en op de Cognitive Load Theory (Paas, Renkl & Sweller, 2004; Sweller 1988, 1999). In deze paragraaf wordt zowel de empirische als de theoretische onderbouwing besproken.

#### 1.3.1 Empirische onderbouwing

Mayer (2001) onderbouwt het modaliteitsprincipe empirisch aan de hand van een aantal (eigen) onderzoeken.

In experimenten van Mayer en Moreno (1998, 1999) kregen de proefpersonen een animatie met betrekking tot de werking van onweer te zien. De leerprestaties van de proefpersonen werden gemeten aan de hand van een retentietest (= onthouden) en een transfertest (= begrijpen).

Volgens Mayer (2001) zijn er drie uitkomsten mogelijk voor multimedia leren: geen leerresultaat, onthouden en begrijpen (zie Tabel 1).

**Tabel 1** Uitkomsten bij het leren met multimediale informatie volgens Mayer (2001, p.17)

| <i>Learning outcome</i>    | <i>Cognitive description</i> | <i>Retention test score</i> | <i>Transfer test score</i> |
|----------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| <b>No learning</b>         | <i>No knowledge</i>          | <i>Poor</i>                 | <i>Poor</i>                |
| <b>Rote learning</b>       | <i>Fragmented knowledge</i>  | <i>Good</i>                 | <i>Poor</i>                |
| <b>Meaningful learning</b> | <i>Integrated knowledge</i>  | <i>Good</i>                 | <i>Good</i>                |

Wanneer het doel van het leren dus ‘Meaningful learning’ is, moeten de scores zowel op de retentietest als op de transfertest hoog zijn. Wanneer de student slechts uit het hoofd leert hoeft alleen de score op de retentietest goed te zijn.

In de animaties van Mayer en Moreno (1998, 1999) lag het presentatietempo vast, het tempo van de animatie met geschreven tekst was gelijk aan het tempo van de animatie met gesproken tekst.

Via een retentietest werd gemeten hoeveel de proefpersonen hadden onthouden van de animatie. De proefpersonen kregen direct na afloop van de animatie 6 (1998) of 5 (1999) minuten de tijd om zo nauwkeurig mogelijk te beschrijven hoe bliksem ontstaat. Deze beschrijvingen werden op kwaliteit beoordeeld aan de hand van 8 (1998) of 19 (1999) idea-units die voor moesten komen in de beschrijvingen. Het aantal idea-units dat aanwezig was in de beschrijving, vormde de score op de retentietest. Uit de scores op de retentietest bleek dat proefpersonen in de gesproken tekstconditie meer van de uitleg hadden onthouden.

Via een transfertest werd gemeten hoeveel de proefpersonen hadden begrepen van de animatie. Er werden 4 vragen gesteld waarop de proefpersonen de geleerde kennis moesten toepassen, het aantal correcte antwoorden vormde de score op de test. Uit deze transfertest bleek dat proefpersonen in de gesproken tekstconditie de uitleg beter hadden begrepen.

De hogere scores op de retentie- en transfertests in deze onderzoeken (Mayer & Moreno, 1998, 1999) duiden op een modaliteitseffect: mensen presteren beter wanneer tekstuele informatie gesproken wordt aangeboden dan wanneer deze geschreven wordt aangeboden.

Het modaliteitseffect werd niet alleen gevonden in experimenten van het bovenstaande type, er is nog veel meer onderzoek dat het modaliteitseffect onderbouwt. Onder andere onderzoek naar schematische illustraties (Tindall-Ford, Chandler & Sweller, 1997; Brünken, Plass & Leutner, 2004), tabellen (Tindall-Ford et al, 1997), diagrammen (Mousavi, Low & Sweller, 1995) en grafieken (Leahy, Chandler & Sweller, 2003) laten een modaliteitseffect zien. Deze experimenten wijzen uit dat het doelmatig gebruik van meerdere modaliteiten leidt tot een beter leerresultaat. Deze resultaten worden in de volgende paragraaf theoretisch onderbouwd aan de hand van Mayer (2001).

### **1.3.2 Theoretische onderbouwing**

Samenvattend kunnen er, volgens Mayer (2001), drie veronderstellingen onderscheiden worden voor wat betreft het multimediale leerproces en de werking van het menselijke werkgeheugen hierbij:

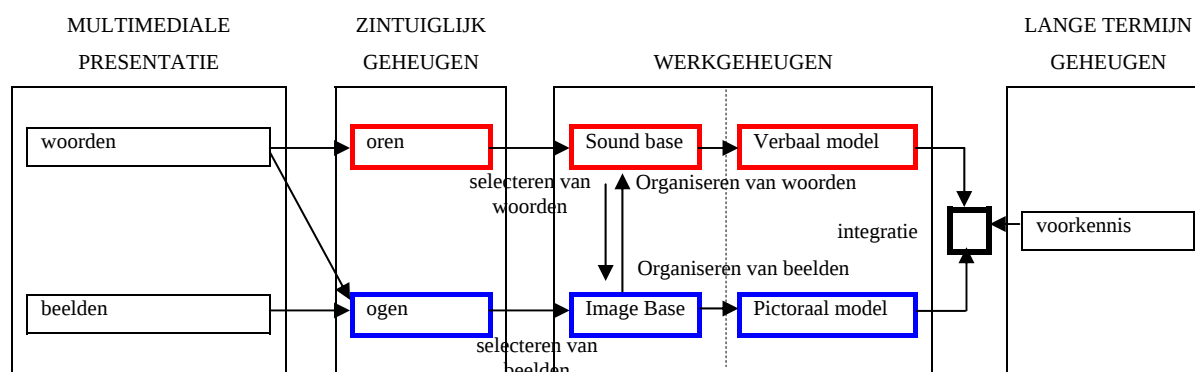
- (1) Het werkgeheugen beschikt over twee kanalen.  
Het menselijk geheugen bestaat uit een lange termijngeheugen en een werkgeheugen. De tweekanalen veronderstelling gaat er vanuit dat het werkgeheugen twee kanalen bevat: een auditief en een visueel verwerkingskanaal.
- (2) Deze kanalen zijn beperkt in hun verwerkingscapaciteit.  
Het werkgeheugen heeft een beperkte capaciteit om informatie te verwerken (zie paragraaf 1.2, p.13).
- (3) Er is sprake van actieve verwerking.  
Het multimediale leerproces behelst een aanzienlijke hoeveelheid cognitieve processen. Een succesvol verloop hiervan vereist voldoende capaciteit van het werkgeheugen. Leren met verbale en non-verbale informatie treedt dus op wanneer relevante informatie uit beide kanalen wordt geselecteerd, georganiseerd en geïntegreerd in een coherente representatie.

In de Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML: Mayer, 2001) worden een vijftal actieve cognitieve processen besproken die van invloed zijn op het leren met multimediale informatie. Wanneer deze essentiële verwerkingsprocessen meer capaciteit van het werkgeheugen vereisen dan beschikbaar is, ontstaat er cognitieve overbelasting. Er kan dan geen 'leren' plaatsvinden.

Deze actieve cognitieve processen zijn de volgende:

- selecteren van relevante woorden
- selecteren van relevante afbeeldingen
- organiseren van relevante woorden
- organiseren van relevante afbeeldingen
- integreren van op woorden en op afbeeldingen gebaseerde representaties

In Figuur 2 is deze theorie uiteengezet in een schema. Het oranje gedeelte beschrijft het auditief/verbale verwerkingskanaal, het blauwe gedeelte beschrijft het visueel/pictorale verwerkingskanaal.



**Figuur 2** Cognitive Theory of Multimedia Learning (Mayer, 2001, p.44)

De linkerzijde van het gedeelte 'werkgeheugen' bevat grof materiaal dat het werkgeheugen binnenkomt – visuele representaties van afbeeldingen en auditieve representaties van woorden. Dit is het ruwe materiaal dat via de ogen en de oren binnenkomt. De rechterzijde van het gedeelte 'werkgeheugen' representeert de geconstrueerde kennis in het werkgeheugen – visuele en verbale mentale modellen en de verbanden die daartussen liggen (Mayer, 2001).

Beelden worden opgenomen via de ogen. De relevante beelden worden geselecteerd, waarna ze in de 'image base' opgeslagen worden. De 'image base' is een verzamelplaats voor alle geselecteerde beelden. Deze onsamenhangende verzameling van beelden wordt vervolgens georganiseerd, deze georganiseerde representatie van beelden is het pictoraal model.

Geluiden worden opgenomen via de oren. De relevante geluiden worden geselecteerd, waarna ze in de 'sound base' opgeslagen worden. De 'sound base' is een verzamelplaats voor alle geselecteerde geluiden. Deze onsamenhangende verzameling van beelden wordt vervolgens georganiseerd, deze georganiseerde representatie van geluiden is het verbaal model.

Woorden kunnen op twee manieren gepresenteerd worden, gesproken en geschreven. Gesproken woorden komen binnen via de oren, geschreven woorden via de ogen. Volgens de CTML verloopt de verwerking van gesproken en geschreven woorden niet op dezelfde manier; de verwerking van geschreven woorden verloopt complexer.

Uit de gesproken woorden worden de relevante woorden geselecteerd en opgeslagen in de 'sound base', de verzamelplaats voor alle geselecteerde woorden. Deze onsamenhangende verzameling van woorden wordt vervolgens georganiseerd, deze georganiseerde representatie van woorden vormt samen met de overige geluiden het verbale model. Het verbale model en het pictorale model worden vervolgens, samen met reeds bestaande kennis, geïntegreerd. Zodra alle componenten zijn geïntegreerd tot een volledig geïntegreerd model van uitleg, is de instructie of uitleg begrepen.

De verwerking van geschreven woorden verloopt complexer en verklaart daarmee volgens Mayer (2001) het modaliteitseffect. Woorden die visueel worden aangeboden, worden na het selectieproces overgeheveld naar het auditief/verbale verwerkingskanaal (beelden van woorden worden geverbaliseerd; met andere woorden: ze worden herleid tot een verbale klank van het woord, waardoor ze van de 'image base' naar de 'sound base' verplaatst kunnen worden). Vervolgens doorlopen ze hetzelfde pad als de gesproken woorden.

De selectie van de woorden en beelden vindt dus volledig plaats in het visueel/pictorale verwerkingskanaal. In de veronderstelling, dat beide kanalen een beperkte verwerkingscapaciteit hebben, is de kans dus groter op overbelasting van het visueel/pictorale verwerkingskanaal bij het gebruik van beelden en geschreven woorden. Geschreven woorden leggen dus een grotere last op het werkgeheugen dan auditief gepresenteerde (lees: gesproken) woorden, daar het werkgeheugen bij gebruik van gesproken tekst minder beslag hoeft te leggen op het visueel/pictorale verwerkingskanaal.

Een aanvullende verklaring die voortkomt uit de CTML is, dat bij een multimedia instructie met geschreven tekst de aandacht continu verdeeld moet worden tussen de verschillende visuele stimuli. Studenten moeten in dat geval één informatiebron in het visueel/pictorale werkgeheugen vasthouden terwijl ze hun aandacht vestigen op de andere informatiebron. Dit geldt niet bij een multimedia instructie met gesproken tekst. Hierbij zijn studenten in staat om tegelijkertijd beelden op te slaan in het visueel/pictorale verwerkingskanaal en woorden in het verbale verwerkingskanaal, zodoende hebben ze meer capaciteit beschikbaar om deze te integreren (Mayer & Moreno, 1999).

Mayer (2001) baseert zijn tweekanalen-assumptie, behalve op de *phonological loop* en het *visuospatial sketchpad* van het werkgeheugen model (Baddeley & Hitch, 1974; Baddeley, 1992; 1997), ook op de Dual Coding Theory (Paivio, 1986; Clark & Paivio, 1991). In deze theorie bestaan verschillende representatiesystemen voor verbale en non-verbale informatie. Dat impliceert dat geschreven woorden en gesproken woorden in eerste instantie door aparte kanalen verwerkt worden, maar uiteindelijk tezamen gerepresenteerd worden in hetzelfde verbale systeem (Tabbers, 2002).

Buiten de vijf essentiële actieve processen (Paragraaf 1.3.2, p.15) omvat het multimediale leerproces nog meer cognitieve processen, deze processen worden samengevat onder de noemers *representational holding* en *incidental processing*. *Representational holding* is de last van alle cognitieve processen die nodig zijn om verbale of pictorale representaties op te slaan in het betreffende kanaal. *Incidental processing* is de last van alle overige cognitieve processen die niet bijdragen aan direct begrip van een instructie of uitleg.

## 1.4 Modaliteitsprincipe volgens Tabbers (2002)

Tabbers (2002) onderkent net als Mayer (2001) het bestaan van het modaliteitsprincipe. Tabbers baseert zijn empirische onderbouwing dan ook deels op dezelfde onderzoeken als Mayer (2001). De theoretische onderbouwing van Tabbers (2002) verschilt echter van die van Mayer (2001). In paragraaf 1.4.1 en 1.4.2 worden respectievelijk de empirische en theoretische onderbouwing van Tabbers (2002) uiteengezet.

### 1.4.1 Empirische onderbouwing

Tabbers, Martens en Van Merriënboer (2001) onderzochten het bereik van het modaliteitsprincipe. In eerdere experimenten van onder andere Mayer en Moreno (1998, 1999) en Kalyuga et al. (1999) werden korte multimedia instructies gebruikt met een technisch onderwerp (o.a. werking van de bloedcirculatie, werking van onweer, werking van autoremmen enz.). De afspeelsnelheid van de instructies bepaald door de onderzoekers.

Tabbers et al. (2001) gebruikten in hun eerste experiment (experiment 1) een lange multimedia instructie betreffende een niet-technisch onderwerp (ontwerpstrategie voor het trainen van complexe cognitieve vaardigheden). Daarnaast werd onderzocht wat de invloed van de snelheid van de instructie op het modaliteitseffect is (experiment 2).

In experiment 1 onderzochten zij of het gebruik van een langere instructie invloed had op het modaliteitseffect. Dit bleek niet het geval: alhoewel proefpersonen niet beter scoorden op de retentie- en transfertest in de *gesproken tekstconditie* dan in de *geschreven tekst conditie*, bleek dat de proefpersonen in de *gesproken tekstconditie* minder mentale inspanning nodig hadden om hetzelfde resultaat te behalen dan de proefpersonen in de *geschreven tekstconditie*. Daarnaast blijkt uit experiment 1 dat het onderwerp van de instructie geen invloed heeft op het modaliteitseffect.

In experiment 2 onderzochten Tabbers et al. (2001) of de snelheid van de instructie van invloed was op het modaliteitseffect. De proefpersonen kregen een presentatie met geschreven of gesproken tekst en werden per instructietype verdeeld over twee condities: de *system paced conditie* en de *user paced conditie*. In de *system paced conditie* was het presentatietempo gelijk voor beide instructies. In de *user paced conditie* bepaalde de gebruiker zelf het tempo van de instructie: de geschreven tekst bleef in beeld staan totdat men verder klikte, de gesproken tekst werd zo vaak herhaald als men wilde.

Het modaliteitseffect werd gemeten aan de hand van een mentale inspanningsschaal, een transfertest en een retentietest. Uit de resultaten bleek dat in de *user paced* variant de proefpersonen in de gesproken tekstconditie significant meer tijd gebruikt hadden om de animatie te bekijken dan de proefpersonen in de geschreven tekstconditie. De mentale inspanning leverde geen verschil op tussen de condities en er werd in de *user paced* variant geen verschil op leerprestaties gevonden.

De resultaten in de *system paced* variant waren verschillend ten opzichte van de resultaten in het eerste experiment: de mentale inspanning was deze keer gelijk tussen de gesproken en de geschreven tekstconditie, maar de score op de retentietest was beter in de gesproken tekstconditie.

Tabbers (2002) verklaart het verdwijnen van het modaliteitseffect in *user paced* multimedia instructies door het afnemen van de invloed van het *split-attention effect* op het begrip van de uitleg. De woorden en beelden die gemist worden vanwege het *split-attention effect* in de *system spaced conditie* kunnen in de *user spaced conditie* wel opgenomen worden. Hieruit concludeert Tabbers (2002) dat het bereik van het modaliteitsprincipe van Mayer (2001) beperkt is tot *system paced* multimedia instructies: instructies waar *split-attention* een grote rol speelt.

#### 1.4.2 Theoretische onderbouwing

Mayer (2001) neemt als basis voor het modaliteitsprincipe de CTML, die gebaseerd is op de Dual-Coding Theory (Paivio, 1986), de CLT (Sweller, 1988) en het werkgeheugenmodel (Baddeley & Hitch, 1974). Tabbers (2002) neemt alleen het werkgeheugenmodel van Baddeley & Hitch (1974) als theoretisch uitgangspunt. Het verschil tussen deze beide theorieën zit in de verwerking van geschreven woorden.

De CTML (Mayer, 2001) veronderstelt dat het visueel/pictorale verwerkingskanaal relevante (beelden en) woorden selecteert. Dit impliceert dat het visueel/pictorale verwerkingskanaal de geschreven woorden actief verwerkt. In het werkgeheugenmodel (Baddeley & Hitch, 1974) wordt echter gesteld dat de verwerking van de geschreven woorden in het *visuospatial sketchpad* en verplaatsing van de woorden van het *visuospatial sketchpad* naar de *phonological loop* geen actieve cognitieve processen vereist.

Samengevat kunnen we stellen dat de door Mayer (2001) veronderstelde extra cognitieve last in het visuele kanaal van het werkgeheugen volgens het werkgeheugenmodel (Baddeley & Hitch, 1974) niet kan bestaan, omdat de geschreven tekst niet actief in het *visuospatial sketchpad* verwerkt wordt.

Tabbers (2002) gebruikt het concept overbelasting dan ook niet als uitgangspunt voor het modaliteitsprincipe, hij neemt hiervoor het *split-attention effect* (Chandler & Sweller, 1992). Het effect beschrijft dat een multimedia instructie leidt tot een verdeling van de aandacht over woord en beeld, ongeacht de modaliteit van de tekst (geschreven of gesproken).

Tabbers (2002) richt zich bij het verklaren van het modaliteitseffect op de beperkingen van het *visuospatial sketchpad*, dat slechts 1 beeld per keer kan opslaan. Er worden dus altijd woorden en beelden gemist wanneer beiden visueel gepresenteerd worden, omdat de aandacht verdeeld moet worden over twee visuele stimuli. De *phonological loop* kan volgens Baddeley en Hitch 5 tot 7 informatie-eenheden voor 2 seconden vasthouden voordat ze vervagen. Tabbers (2002) stelt als gevolg van de beperking van het *visuospatial sketchpad* dat luisteren naar tekst en tegelijkertijd kijken naar een plaatje een efficiënter proces is dan het switchen tussen geschreven tekst en plaatje op het scherm.

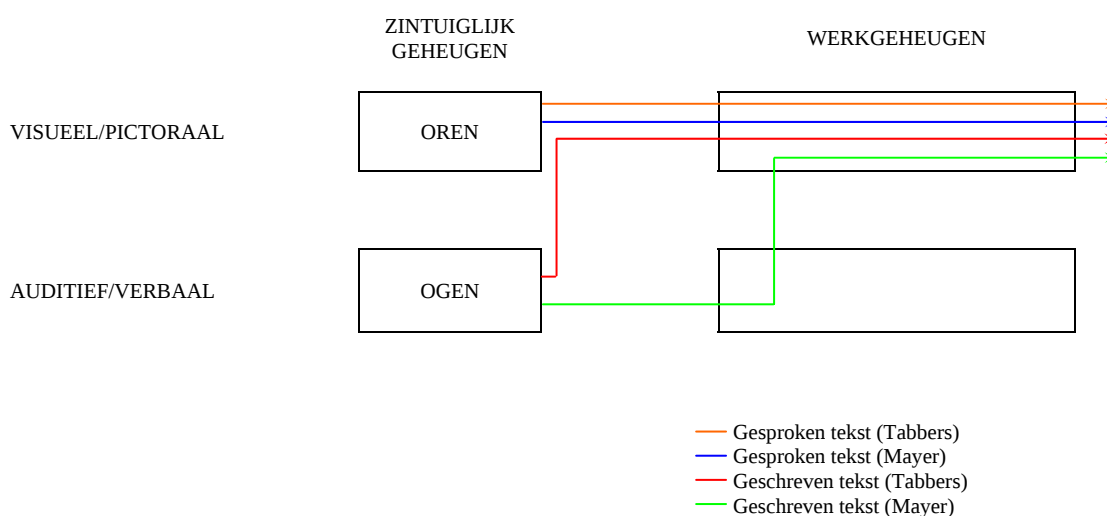
Vertaald naar het verschil tussen gesproken tekst en geschreven tekst in een multimedia instructie, kan dus gesteld worden dat geschreven tekst te allen tijde meer *split-attention* oplevert dan gesproken tekst. Gesproken tekst resulteert immers in een efficiëntere integratie omdat studenten naar een plaatje of animatie kijken en tegelijkertijd naar een verteller luisteren minder last van *split-attention* hebben, omdat ze meer capaciteit hebben om de tekstuele informatie te verwerken.

## 1.5 Samenvatting: Mayer (2001) vs. Tabbers (2002)

Volgens Mayer (2001) wordt geschreven tekst voor een deel in het visueel/pictorale verwerkingskanaal van het werkgeheugen verwerkt, waardoor geschreven tekst bij een multimedia instructie het werkgeheugen zwaarder belast dan gesproken tekst.

Volgens Tabbers (2002) wordt geschreven tekst direct van het *visuospatial sketchpad* naar de *phonological loop* verplaatst, waardoor het *visuospatial sketchpad* niet dubbel belast kan worden bij een multimedia instructie met geschreven tekst. Het modaliteitseffect wordt volgens Tabbers (2002) verklaard door het *split-attention effect*, dit effect beschrijft dat de aandacht in een multimedia instructie altijd verdeelt moet worden over woord en beeld. Dit effect treedt het sterkst op voor geschreven tekst, omdat het *visuospatial sketchpad* slechts één beeld per keer kan verwerken. Het effect treedt minder sterk op bij gesproken tekst, aangezien de *phonological loop* meer informatie tegelijkertijd vast kan houden, waardoor de aandacht beter verdeeld kan worden tussen de beelden en de gesproken tekst.

In Figuur 3 is het verschil in verwerking van geschreven en gesproken tekst tussen Mayer (2001) en Tabbers (2002) schematisch weergegeven. De onderbouwing van Mayer is gebaseerd op de CTML (Mayer, 2001); de onderbouwing van Tabbers is gebaseerd op het werkgeheugenmodel van Baddeley en Hitch (1974).



**Figuur 3** Schematische weergave van de verwerking van tekst (Tabbers vs. Mayer); het weergegeven schema is een conceptuele schets van de beide werkgeheugenmodellen, geen exacte weergave.

## 1.6 Auditieve last in multimedia instructies

Volgens het modaliteitsprincipe zijn de leerprestaties bij een multimedia instructie beter wanneer de tekst in de instructie als gesproken tekst wordt aangeboden dan wanneer de tekst in de instructie als geschreven tekst wordt aangeboden.

Volgens de CTML (Mayer, 2001) wordt in een conditie met geschreven tekst het visueel/pictorale kanaal van het werkgeheugen extra belast ten opzicht van een conditie met gesproken tekst. De verwachting is dus dat het toevoegen van een last (in de vorm van een tweede taak) op het auditief/verbale verwerkingskanaal meer effect zal hebben op een

conditie met gesproken tekst dan op een conditie met geschreven tekst, omdat de proefpersonen in de conditie met gesproken tekst minder auditieve capaciteit vrij hebben voor het verwerken van de tweede taak (Brünken et al., 2004).

Mayer (2001) weegt de voordelen van het toevoegen van interessante geluiden en muziek af tegen de nadelen hiervan. De reden om interessante geluiden en muziek toe te voegen aan een multimedia presentatie is gebaseerd op de *arousal theory*. Het idee hierachter is dat men door het toevoegen van muziek en geluiden meer betrokken raakt bij de instructie, waardoor het leerresultaat beter wordt. Volgens de Yerkes-Dodson wet (Yerkes & Dodson, 1908), onderdeel van de *arousal theory*, nemen de prestaties toe naarmate de betrokkenheid toeneemt. Dit werkt echter maar tot op zekere hoogte, wanneer de *arousal* namelijk te hoog wordt, nemen de prestaties af.

Mayer (2001) stelt dat de interessante geluiden en muziek extra beslag leggen op het auditief/verbale verwerkingskanaal van het werkgeheugen. Wanneer dit kanaal gebruikt wordt om de geluiden en muziek te verwerken, is er minder capaciteit aanwezig om naar de gesproken tekst te luisteren, deze te organiseren, en te integreren met de visuele informatie. Op basis van deze theorie kan dus gesteld worden dat interessante geluiden en muziek leiden tot een verminderde leerprestatie: het *Coherence Principle 2* (Mayer, 2001).

Dit principe wordt empirisch onderbouwd op basis van onderzoek van Moreno en Mayer (2000). In het experiment dat zij uitvoerden kregen de proefpersonen een animatie met gesproken tekst voorgelegd in twee condities: met interessante achtergrondgeluiden en zonder achtergrondgeluiden. De proefpersonen in de conditie met interessante achtergrondgeluiden voltooiden de taak beduidend slechter dan de groep zonder achtergrondgeluiden.

Volgens Mayer (2001) werd het auditief/verbale kanaal van het werkgeheugen van de proefpersonen in de conditie met interessante achtergrondgeluiden zwaarder belast dan het auditief/verbale kanaal van het werkgeheugen van de proefpersonen in de conditie zonder achtergrondgeluiden. Dit had tot gevolg dat zij minder presteerden. Mayer (2001) ziet dit als bewijs voor zijn theorie. Hij stelt dat dit resultaat consistent is met de CTML (Mayer, 2001) en niet met de *arousal theory*.

De verminderde prestatie kan, volgens de Yerkes-Dodson wet (Yerkes & Dodson, 1908), echter ook te wijten zijn aan een te hoge *arousal*, als gevolg waarvan de prestatie bij de proefpersonen in de conditie met achtergrondgeluiden afnam.

Brünken et al. (2004) onderzochten op basis van Mayer (2001) en Moreno en Mayer (2000) of (1) een audiovisuele presentatie bestaande uit auditieve en visuele leermaterialen een groter beslag zou leggen op de cognitieve capaciteiten dan een puur visuele presentatie van hetzelfde materiaal en of (2) achtergrondmuziek bij een audiovisuele presentatie de auditieve last doet toenemen.

Tien vrouwelijk studenten namen deel aan deze studie (het betrof een tussenproefpersoon ontwerp). De afhankelijke variabele in dit onderzoek was de prestatie op de tweede taak, een reactietijdopdracht. De eerste taak, een leertaak, werd gebruikt als controlevariabele. De onafhankelijke variabele was de auditieve last. Dit experiment werd twee keer uitgevoerd, met als enige verschil het experimentele materiaal in de eerste taak. In experiment 1 betrof het een uitleg betreffende de bloedcirculatie en in experiment 2 betrof het een toeristengids over Florence met plaatjes en tekst.

De deelnemers kregen in de instructie 22 (experiment 1) of 14 (experiment 2) verschillende beelden te zien met steeds een andere samenstelling waarin gevarieerd werd in de hoeveelheid auditieve last. Dit leverde de volgende schermen (= condities) op: *beeld + geschreven tekst*,

*beeld + geschreven tekst + achtergrondmuziek, beeld + gesproken tekst + achtergrondmuziek.* De volgorde van deze schermen in de instructie was willekeurig.

Uit de resultaten blijkt dat de prestatie op de reactiesnelheidopdracht afneemt wanneer gesproken tekst en achtergrondmuziek wordt toegevoegd. Alleen achtergrondmuziek, of geen verdere auditieve belasting laat geen effect zien. Daarnaast is een sterk modaliteitseffect te zien, de prestatie op de eerste taak is beter bij gesproken tekst dan bij geschreven tekst.

Echter, het feit dat de score op de eerste taak bij *beeld + gesproken tekst + achtergrondmuziek* significant beter is dan de andere twee condities en de score op de tweede taak bij *beeld + gesproken tekst + achtergrondmuziek* significant lager is dan de andere twee condities, doet vermoeden dat hier een verband tussen bestaat. Wanneer de tweede taak als controlevariabele op de eerste taak behandeld wordt in dit onderzoek, dan kan geconstateerd worden dat de hoge score op de leertaak mogelijkwijze (mede) veroorzaakt wordt door de lage score op de tweede taak.

# Onderzoeksopzet

---



## 2 Onderzoeksopzet

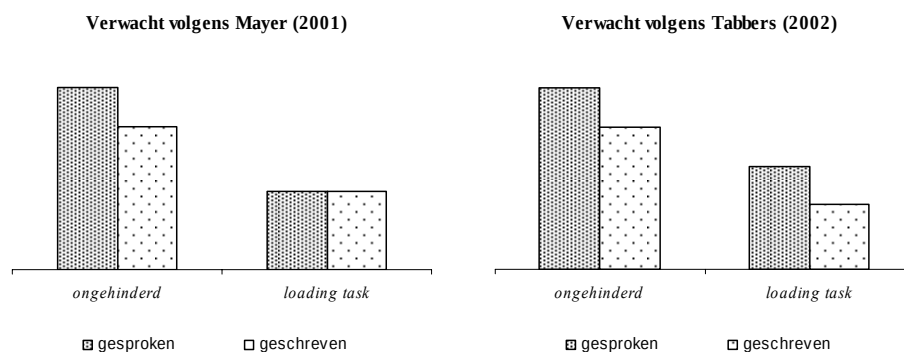
Mayer (2001) en Tabbers (2002) verklaren het modaliteitseffect op een verschillende manier, zoals uitgebreid besproken in hoofdstuk 1. Samengevat is het belangrijkste verschil de manier waarop geschreven tekst verwerkt wordt: volgens Mayer (2001) wordt geschreven tekst deels in het visueel/pictorale verwerkingskanaal van het werkgeheugen verwerkt, volgens Tabbers (2002) wordt zowel geschreven als gesproken tekst volledig in het auditief/verbale verwerkingskanaal van het werkgeheugen verwerkt.

Om te bewijzen welke onderbouwing van het modaliteitsprincipe het meest waarschijnlijk is, wordt in dit onderzoek een experiment uitgevoerd waarbij het auditief/verbale verwerkingskanaal van het werkgeheugen extra belast wordt. Deze extra belasting wordt het *loading task paradigma* (O'Donnell & Eggemeier, 1986) genoemd. Tabbers en Van der Spoel (2006) voerden een gelijksoortig experiment uit, maar vonden geen hoofdeffect op modaliteit, waardoor zij geen uitspraak konden doen over de plausibiliteit van de onderbouwingen van Mayer (2001) en Tabbers (2002).

Volgens de CTML (Mayer, 2001) zal een extra belasting van het auditief/verbale verwerkingskanaal meer effect hebben op de gesproken tekstversie, aangezien het auditief/verbale verwerkingskanaal meer betrokken is bij het verwerken van gesproken tekst dan bij het verwerken van geschreven tekst. Het proces van selectie van geschreven tekst vindt immers plaats in het visueel/pictorale verwerkingskanaal (zie Figuur 2, p.16). Het leerresultaat zal dus sterker afnemen bij de gesproken tekstconditie (met extra auditieve belasting) dan bij de geschreven tekstconditie (met extra auditieve belasting).

Volgens het werkgeheugenmodel (Baddeley & Hitch, 1974) vindt de verwerking van zowel gesproken als geschreven tekst volledig plaats in het auditief/verbale verwerkingskanaal. Volgens Tabbers (2002) zal dus vanzelfsprekend een extra belasting van het auditief/verbale verwerkingskanaal in de gesproken tekstconditie en de geschreven tekstconditie even veel effect hebben.

Samengevat kunnen we stellen dat een loading task volgens de CTML (Mayer, 2001) een vermindering van het modaliteitseffect oplevert, terwijl het modaliteitseffect gelijk blijft volgens het werkgeheugenmodel (Baddeley & Hitch, 1974). In Figuur 4 zijn deze verwachtingen grafisch weergegeven.



**Figuur 4** Verwachtingen volgens Mayer (2001) en Tabbers (2002) (grafieken zijn conceptuele schetsen, geen weergave van onderzoeksresultaten)

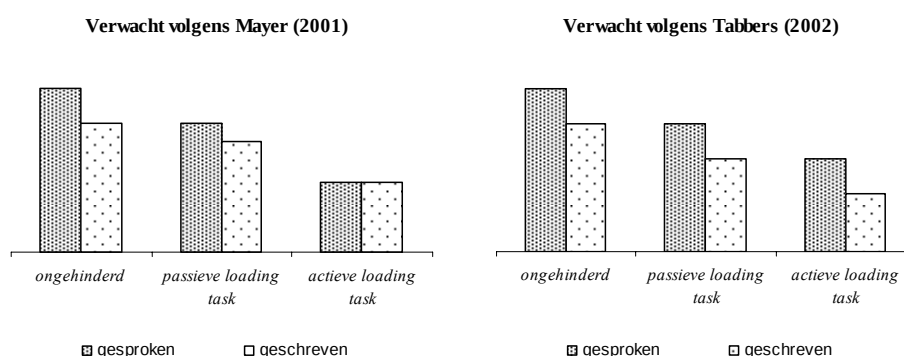
In dit onderzoek worden twee verschillende loading tasks aangeboden: een loading task die passieve verwerking inhoudt en een loading task die actieve verwerking inhoudt. In de passieve verwerkingsconditie krijgen de proefpersonen achtergrondmuziek te horen. In de actieve verwerkingsconditie krijgen proefpersonen piepjes te horen en moeten ze deze piepjes tellen.

Er is voor achtergrondmuziek gekozen omdat dit geen actieve verwerking behoeft, maar volgens Moreno en Mayer (2000) wel een last legt op het auditief/verbale verwerkingskanaal van het werkgeheugen.

Er is voor een telopdracht met piepjes gekozen omdat de cognitieve last die ontstaat door het aanbieden van deze taak uitsluitend toe te wijzen is aan het auditief/verbale verwerkingskanaal, omdat de proefpersonen het aantal piepjes continu vast moeten houden in het auditieve geheugen door middel van subvocale herhaling (Logie & Baddeley, 1987).

Een loading task zal volgens Moreno en Mayer (2000) altijd een belasting leggen op het werkgeheugen en dus effect hebben op de prestaties op de leertaak. Echter, een passieve loading task zal naar verwachting minder effect hebben op de prestaties op de leertaak dan een actieve loading task. Verwachting in dit onderzoek is, dat de passieve loading task een effect in de richting van de actieve loading task laat zien. Met andere woorden, het effect van de loading task is hetzelfde bij de passieve en de actieve loading task, maar in de actieve loading task is het effect sterker.

In Figuur 5 is de verwachte score op de passieve loading task in dit onderzoek weergegeven. De verwachtingen met betrekking tot de passieve loading task worden noch door Mayer (2001), noch door Tabbers (2002) uitgesproken, maar zijn gebaseerd op het CTML (Mayer, 2001) en het werkgeheugenmodel (Baddeley & Hitch, 1974).



**Figuur 5** Verwachting van de score op de passieve loading task in dit onderzoek op basis van Mayer (2001) en Tabbers (2002) (grafieken zijn conceptuele schetsen, geen weergave van onderzoeksresultaten)

Dit onderzoek bevat 6 condities:

- gesproken tekst ongehinderd
- gesproken tekst passieve loading task
- gesproken tekst actieve loading task
- geschreven tekst ongehinderd
- geschreven tekst passieve loading task
- geschreven tekst actieve loading task

In hoofdstuk 3 wordt de inhoud van deze condities verder besproken.

## 2.1 Centrale onderzoeksvraag

Het bewijzen van de juiste onderbouwing van het modaliteitseffect vindt plaats aan de hand van één centrale onderzoeksvraag en een drietal hypotheses (zie Paragraaf 2.2).

Centraal in dit onderzoek staat de volgende onderzoeksvraag:

*Heeft een loading task bij een multimedia instructie effect op (de grootte van) het modaliteitseffect?*

## 2.2 Hypotheses

Uit onderzoek van onder andere Mayer en Moreno (1998, 1999) is gebleken dat een multimedia instructie met gesproken tekst een beter resultaat oplevert dan een multimedia instructie met geschreven tekst. In dit onderzoek wordt met hetzelfde materiaal gewerkt als in de onderzoeken van Mayer en Moreno (1998; 1999). De verwachting is dat het modaliteitseffect ook in dit onderzoek gevonden wordt. Dit leidt tot hypothese 1.

- 1 *Een multimedia instructie met gesproken tekst levert een beter leerresultaat op dan eenzelfde instructie met geschreven tekst (= modaliteitseffect).*

Het aanbieden van een belasting op het auditieve kanaal in de vorm van een loading task zal naar verwachting de prestaties van de proefpersonen beïnvloeden. Uit onderzoek van Tabbers en Van der Spoel (2006) blijkt dat een loading task met actieve verwerking de prestaties van de proefpersonen negatief beïnvloedt. Daarnaast vinden ook Brünken et al. (2004) een afname van prestaties naarmate de belasting toeneemt. Dit leidt tot hypothese 2a.

- 2 a. *Het aanbieden van een auditieve loading task bij een multimedia instructie, leidt tot een verminderd leerresultaat.*

In dit onderzoek worden twee verschillende auditieve loading tasks aangeboden, een passieve en een actieve loading task. Brünken et al. (2004) vonden in hun onderzoek dat een kleine extra belasting van het verbaal/auditieve verwerkingskanaal van het werkgeheugen in de vorm van achtergrondmuziek geen invloed had op de prestaties van de proefpersonen. Uit onderzoek van Moreno en Mayer (2000) blijkt echter dat interessante achtergrondgeluiden bij een multimedia instructie tot een slechter leerresultaat leiden. Dit leidt in dit onderzoek tot hypothese 2b.

- 2 b. *Een actieve loading task leidt tot een sterkere vermindering van het leerresultaat dan een passieve loading task.*

Volgens de CTML (Mayer, 2001) wordt geschreven tekst voor een deel verwerkt in het visueel/pictoriale verwerkingskanaal van het werkgeheugen. Dit betekent dat het toevoegen van een auditieve loading task meer effect heeft op gesproken tekst dan op geschreven tekst, omdat het auditief/verbale verwerkingskanaal bij gesproken tekst zwaarder belast wordt dan bij geschreven tekst. Dit betekent dat het modaliteitseffect in verminderde mate, of niet, zal

optreden. De invloed van de loading task op het leerresultaat is immers groter in de gesproken tekstconditie dan in de geschreven tekstconditie.

Echter, volgens het werkgeheugenmodel (Baddeley & Hitch, 1974) wordt alle tekst, geschreven en gesproken, volledig verwerkt via de *phonological loop*. De *phonological loop* wordt dus, bij zowel gesproken als geschreven tekst, even zwaar belast. In dat geval zou dus geen verminderd modaliteitseffect moeten optreden. Gesproken tekst en geschreven tekst leggen een gelijke belasting op het werkgeheugen.

Dit leidt tot hypothese 3a en 3b.

- 3 a. *Een auditieve loading task vermindert het leerresultaat in hogere mate in een multimedia instructie met gesproken tekst dan in een multimedia instructie met geschreven tekst.*
- 3 b. *Multimedia instructies worden in gelijke mate beïnvloed door een auditieve loading task, ongeacht de modaliteit van de tekst (gesproken of geschreven).*

Wanneer hypothese 3a bevestigd wordt, dan is het modaliteitseffect te verklaren aan de hand van de CTML (Mayer, 2001) en dus Mayer (2001). Wanneer hypothese 3b bevestigd wordt in dit onderzoek, dan is het modaliteitseffect te verklaren aan de hand van het werkgeheugenmodel (Baddeley & Hitch, 1974) en dus Tabbers (2002).

## **Materiaal en methode**

---



### 3 Materiaal en methode

Het doel van dit onderzoek is om de meest plausibele onderbouwing aan te wijzen voor het modaliteitseffect. Om dit doel te verwezenlijken is een experiment opgezet dat in dit hoofdstuk besproken wordt.

#### 3.1 Materiaal

In dit onderzoek kregen de proefpersonen een multimedia instructie te zien. Na het zien van deze instructie moesten de proefpersonen een aantal vragen beantwoorden over deze instructie.

De multimedia instructie in dit onderzoek bestond uit een animatie over het ontstaan van onweer (zie Bijlage I). Deze animatie is ontleend aan eerdere onderzoeken van Moreno & Mayer (1998, 1999) en aangepast voor dit onderzoek.

De animaties zijn bewerkt in Macromedia Flash 7.0. Vanzelfsprekend zijn de animaties in het Nederlands aangeboden, de vertaling van deze animatie is van Tabbers (2006). De animaties zijn daarnaast een fractie versneld. In de onderzoeken van Moreno & Mayer (1998, 1999) werd een framerate van 12 frames per seconde gebruikt, in dit onderzoek werd een framerate van 13 frames per seconde gebruikt. Middels deze wijziging zou een versterking van het modaliteitseffect optreden, daar enerzijds de *split-attention* toeneemt, en anderzijds het visueel/picturale kanaal zwaarder belast wordt, omdat er meer informatie in een korter tijdsbestek aangeboden wordt. De animatie duurt met deze aanpassing, zowel in de gesproken als in de geschreven tekstversie, 126 seconden en bestaat uit 16 tekstfragmenten.

Er werden voor dit onderzoek 6 variaties op de animatie ontwikkeld voor de 6 verschillende condities.

De proefpersonen in de conditie gesproken tekst ongehinderd kregen alleen gesproken tekst te horen bij de animatie. In de conditie gesproken tekst passieve loading task kregen de proefpersonen gesproken tekst met achtergrondmuziek te horen bij de animatie en in de conditie gesproken tekst actieve loading task kregen de proefpersonen gesproken tekst en piepjes te horen bij de animatie, ze moesten hierbij het aantal piepjes tellen gedurende de animatie (66 stuks).

De proefpersonen in de conditie geschreven tekst ongehinderd kregen alleen geschreven tekst te zien bij de animatie. In de conditie geschreven tekst passieve loading task kregen de proefpersonen geschreven tekst met achtergrondmuziek gepresenteerd bij de animatie en in de conditie geschreven tekst actieve loading task kregen de proefpersonen geschreven tekst en piepjes gepresenteerd bij de animatie, ze moesten hierbij het aantal piepjes tellen gedurende de animatie (66 stuks).

De achtergrondmuziek in de passieve loading task bestond uit instrumentale muziek (the Shadows – Dance On). De piepjes in de telopdracht in de actieve loading task waren om de 1,5 tot 2,5 seconde te horen. De interval is gekozen omdat de *phonological loop* geluiden ongeveer 2 seconden kan vasthouden voordat ze vervagen.

## 3.2 Instrumentatie

Voorafgaand aan het onderzoek kregen de proefpersonen een instructie voorgelegd (zie Bijlage IV), hierbij moesten zij een vragenlijst betreffende de persoonsgegevens en een voorkennistoets betreffende de meteorologie invullen.

De persoonsgegevens bestonden uit sekse, leeftijd en opleidingsniveau. De voorkennistoets bestond uit een zelfrapportagevraag, een interessevraag en 6 voorkennisvragen.

- Bij de zelfrapportage moesten de proefpersonen zelf hun kennis van de meteorologie op een 5-puntsschaal beoordelen (1=heel weinig kennis, 5=heel veel kennis);
- De interessevraag bevroeg in hoeverre de proefpersonen interesse hadden in het weerbericht in de krant (ja of nee);
- De voorkennisvragen (6 vragen, antwoorden: ja of nee) bevroegen de werkelijke kennis van de proefpersonen. In Bijlage II staat de volledige voorkennistoets uitgewerkt.

Er werden in dit onderzoek drie testen gemaakt door de proefpersonen: de onthoudtaak actief, de toepassingstaak en de onthoudtaak passief.

De onthoudtaak actief (Bijlage III, in Mayer & Moreno (1998, 1999): retentie) in dit onderzoek betrof een open vraag. De proefpersonen werd in de open vraag gevraagd, aan de hand van de animatie die ze zojuist gezien hadden, zo goed en volledig mogelijk uit te leggen hoe bliksem werkt. Deze open vraag werd gecontroleerd aan de hand van de 19 idea-units zoals deze bij dezelfde animatie gebruikt werden door Moreno en Mayer (1999).

De toepassingstaak (Bijlage IV; in Mayer & Moreno (1998, 1999): transfer) in dit onderzoek betrof vier open vragen. Deze vragen testten het begrip van de proefpersonen. De antwoorden op de vragen waren niet rechtstreeks in de animatie gepresenteerd, maar waren, wanneer de animatie goed begrepen was, te beantwoorden. Deze open vragen werden gecontroleerd aan de hand van Mayer en Moreno (1998).

De onthoudtaak passief (Bijlage V; in Tabbers & Van der Spoel (2006): transfer) bestond uit meerkeuzevragen. Deze vragen zijn gelijk aan de vragen van Tabbers en Van der Spoel (2006). Noot hierbij is dat Tabbers en Van der Spoel de kwaliteit van deze meerkeuzevragen ter discussie stellen, aangezien zij zeer tegenstrijdige resultaten kregen op deze vragen. Echter, de meerkeuzevragen worden door Tabbers en Van der Spoel (2006) aangemerkt als zijnde transfervragen, maar dit is niet correct. Meerkeuzevragen testen in hoeverre informatie onthouden is, en niet in hoeverre men bepaalde informatie begrepen heeft. De meerkeuzevragen zijn dus eerder te typeren als retentievragen (= onthouden), dan als transfervragen (= begrijpen).

Naast de drie testen, werd de proefpersonen gevraagd naar de geleverde mentale inspanning. De mentale inspanningsschaal betrof een 9-puntsschaal, zoals ontwikkeld door Paas (1992), waarop de proefpersonen moesten aangeven hoeveel mentale inspanning een bepaald onderdeel van het experiment hen kostte. Deze vraag werd 4 keer gesteld: na de animatie, na de onthoudtaak actief, na de toepassingstaak en na de onthoudtaak passief.

### 3.3 Participanten

Aan dit onderzoek namen 103 studenten en werknemers van de Universiteit van Tilburg deel. De groep bestond uit 38 mannen en 65 vrouwen. De gemiddelde leeftijd van de deelnemers was 22.4 jaar ( $SD=5,78$ ), met een minimale leeftijd van 18 jaar en een maximale leeftijd van 43 jaar.

Het experiment betrof een tussen-proefpersoon ontwerp. De proefpersonen werden willekeurig verdeeld over de condities.

De interesse, voorkennis en de taak zijn in dit onderzoek controlevariabelen voor de proefpersoongroepen. In tabel 2 tot en met 7 worden deze variabelen besproken.

#### *Interesse*

In tabel 2 is de interesse in relatie met belasting en modaliteit weergegeven (“Ik lees regelmatig de weerkaartjes in de krant” “ja/nee”).

**Tabel 2** Interesse in relatie met belasting en modaliteit (in percentages)

|                   | <i>ongehinderd</i> | <i>passieve loading task</i> | <i>actieve loading task</i> |
|-------------------|--------------------|------------------------------|-----------------------------|
| <i>gesproken</i>  | 29,4               | 52,9                         | 17,6                        |
| <i>geschreven</i> | 50,0               | 52,9                         | 70,6                        |

Logistische regressie liet zien dat er verschil was op modaliteit ( $X^2(1)=6.36, p<.025$ ) en een interactie tussen modaliteit en belasting ( $X^2(5)=12.99, p<.025$ ). Vanwege de ongelijke verdeling over de condities is interesse als aparte factor meegenomen in de verdere statistische verwerking.

#### *Voorkennis*

In tabel 3 is de voorkennis zelfrapportage in relatie met belasting en modaliteit weergegeven (“Hoeveel kennis heb je van de wetenschap van het weer (meteorologie)?” “heel weinig/weinig/gemiddeld/veel/heel veel”).

**Tabel 3** Voorkennis zelfrapportage in relatie met belasting en modaliteit (score is minimaal 0, maximaal 5; standaardafwijking tussen haakjes)

|                   | <i>ongehinderd</i> | <i>passieve loading task</i> | <i>actieve loading task</i> |
|-------------------|--------------------|------------------------------|-----------------------------|
| <i>gesproken</i>  | 2.06 (0.17)        | 2.12 (0.17)                  | 2.35 (0.17)                 |
| <i>geschreven</i> | 2.11 (0.17)        | 2.41 (0.17)                  | 2.00 (0.17)                 |

Bij voorkennis zelfrapportage waren er geen effecten (*belasting*:  $F<1$ ; *modaliteit*:  $F<1$ ; *B\*M*:  $F(2,97)=1.82, p=.17$ ).

In tabel 4 is de voorkennis testscore in relatie met belasting en modaliteit weergegeven.

**Tabel 4** Voorkennis testscore in relatie met belasting en modaliteit (score is minimaal 0, maximaal 6; standaardafwijking tussen haakjes)

|                   | <i>ongehinderd</i> | <i>passieve loading task</i> | <i>actieve loading task</i> |
|-------------------|--------------------|------------------------------|-----------------------------|
| <i>gesproken</i>  | 1.77 (0.31)        | 1.47 (0.31)                  | 2.35 (0.31)                 |
| <i>geschreven</i> | 1.83 (0.30)        | 2.41 (0.31)                  | 1.71 (0.31)                 |

Bij voorkennis testscore was er een interactie tussen belasting en modaliteit ( $F(2,97)=3.27$ ,  $p<.05$ ),  $\eta^2=.06$ ; *belasting*:  $F<1$ ; *modaliteit*:  $F<1$ ). De feitelijke voorkennis was niet geheel gelijk verdeeld over de condities. Deze score is daarom als covariaat meegenomen in de verdere analyse.

In tabel 5 is de voorkennis zelfrapportage in relatie met interesse weergegeven.

**Tabel 5** Voorkennis zelfrapportage in relatie met interesse (score is minimaal 0, maximaal 5; standaardafwijking tussen haakjes)

|                                  | <i>Interesse</i> |             |
|----------------------------------|------------------|-------------|
|                                  | <i>ja</i>        | <i>nee</i>  |
| <i>voorkennis zelfrapportage</i> | 2.19 (0.10)      | 2.16 (0.95) |

Er is geen relatie tussen interesse en voorkennis zelfrapportage ( $F<1$ ).

In tabel 6 is de voorkennis testscore in relatie met interesse weergegeven.

**Tabel 6** Voorkennis testscore in relatie met interesse (score is minimaal 0, maximaal 6; standaardafwijking tussen haakjes)

|                             | <i>Interesse</i> |             |
|-----------------------------|------------------|-------------|
|                             | <i>ja</i>        | <i>nee</i>  |
| <i>voorkennis testscore</i> | 1.98 (0.19)      | 1.88 (0.17) |

Er is geen relatie tussen interesse en voorkennis testscore ( $F<1$ ).

#### *Teltaak*

In tabel 7 is de teltaak weergegeven in relatie met modaliteit.

**Tabel 7** Teltaak in relatie met modaliteit (correcte aantal getelde piepjes=66)

|                        | <i>gesproken</i> | <i>geschreven</i> |
|------------------------|------------------|-------------------|
| <i>getelde piepjes</i> | 66.1 (9.6)       | 70.9 (14.4)       |

Uit de t-toets voor onafhankelijke metingen blijkt dat het aantal getelde piepjes niet verschilt per modaliteit ( $t(32)=1.17$ ,  $p=.25$ ). Gezien de score kunnen we stellen dat men de teltaak zorgvuldig heeft uitgevoerd, hetgeen er op duidt dat men continu belast is geweest met de actieve loading task. Opmerkelijk is wel dat er bij zowel gesproken als geschreven tekst meer

dan het correcte aantal piepjes geteld wordt, de proefpersonen hebben een neiging tot dubbeltellen van piepjes.

### 3.4 Procedure

De proefpersonen werd een computerplek toegewezen waar zij een document aantroffen met de instructies voor het experiment (zie Bijlage VI). Dit document was als volgt opgebouwd:

- Algemeen: introductie en inhoud van het experiment, persoonsgegevens en een vragenlijst betreffende de voorkennis van de meteorologie.
- Animatie: instructie voor het afspelen van de animatie, invulveld voor de getelde piepjes (in de condities gesproken tekst actieve loading task en geschreven tekst actieve loading task) en een 9-puntsschaal voor de mentale inspanning die benodigd was voor het volgen van de animatie.
- Onthoudtaak actief: instructie voor het maken van de onthoudtaak actief, één open vraag en een 9-puntsschaal voor de mentale inspanning die benodigd was voor het maken van de onthoudtaak actief.
- Toepassingstaak: instructie voor het maken van de toepassingstaak, vier open vragen en een 9-puntsschaal voor de mentale inspanning die benodigd was voor het maken van de toepassingstaak.
- Onthoudtaak passief: instructie voor het maken van de onthoudtaak passief, 17 meerkeuzevragen en een 9-puntsschaal voor de mentale inspanning die benodigd was voor het maken van de onthoudtaak passief.

De proefpersonen startten de animatie op teken van de experimentleider en werkten vervolgens het document door. Zij kregen voldoende tijd om alle vragen rustig te beantwoorden.

De instructies verschilden enigszins per conditie, maar de vragen waren exact hetzelfde. De proefpersonen werden na afronding van het experiment gevraagd te wachten totdat alle andere deelnemers de taak hadden afgerond, waarna zij bedankt werden voor hun deelname.

### 3.5 Statistische verwerking van de gegevens

#### 3.5.1 Controlevariabelen

Bij de voorkennis zelfrapportage werd de proefpersonen gevraagd hoe goed hun kennis over het weer was, hierbij werd 1 punt uitgedeeld bij het antwoord “heel weinig”, 2 punten bij het antwoord “weinig”, 3 punten bij het antwoord “gemiddeld”, 4 punten bij het antwoord “veel” en 5 punten bij het antwoord “heel veel”. Met een drie-weg Anova werden de scores berekend.

Als score op de voorkennis testscore werd het aantal bevestigende antwoorden op de vragen geteld. Bij deze 6 vragen werd bij het antwoord “ja” één punt toebedeeld en bij het antwoord “nee” geen punten. Vervolgens werden alle punten opgeteld om zo een totale score van de voorkennis op de kennisvragen te kunnen definiëren. De scores werden berekend met een twee-weg Anova met als factoren: belasting (ongehinderd, passieve loading task, actieve loading task) en modaliteit (gesproken, geschreven).

De interesse in de meteorologie werd gemeten aan de hand van de vraag ‘Ik lees regelmatig weerkaartjes in de krant’. Bij het antwoord “ja” werd één punt toebedeeld en bij het antwoord “nee” geen punten. Middels Crosstabs werden de percentages voor de verschillende condities berekend.

### **3.5.2 Afhankelijke variabelen**

De scores op de afhankelijke variabelen zijn geëvalueerd met een drie-weg Anova met als factoren: belasting (*ongehinderd*, *passieve loading task*, *actieve loading task*), modaliteit (*gesproken*, *geschreven*) en interesse (*ja*, *nee*) en met als covariaat voorkennis testscore.

Voor de leesbaarheid is het effect op interesse alleen gerapporteerd indien er een significante interactie met één van de andere factoren was.

#### *Mentale inspanning*

De proefpersonen werd vier keer gevraagd om hun mentale inspanning weer te geven op een 9-puntsschaal. Dit deden zij na de animatie, na de onthoudtaak actief, na de toepassingstaak en na de onthoudtaak passief.

#### *Onthoudtaak actief*

De score op de onthoudtaak actief (zie Bijlage III) werd gemeten aan de hand van Moreno & Mayer (1999). De proefpersonen schreven zo uitgebreid mogelijk op wat ze zich van het bliksemp proces herinnerden. Dit werd gecontroleerd aan de hand van 19 idea-units. Vanzelfsprekend was de minimale score op de onthoudtaak actief dus 0 en de maximale score 19.

#### *Toepassingstaak*

De score op de toepassingstaak (zie Bijlage IV) werd gemeten aan de hand van Mayer en Moreno (1998; 1999). De proefpersonen gaven zo uitgebreid mogelijk antwoord op de vier vragen. Hiervoor waren 3 mogelijke goede antwoorden per vraag opgesteld, aan de hand van deze antwoorden werden de uitwerkingen van de proefpersonen beoordeeld. Zijn konden een minimale score van 0 punten en een maximale score van 3 punten behalen per vraag, hetgeen leidt tot een maximale score van 12 punten op de toepassingstaak.

#### *Onthoudtaak passief*

De score op de onthoudtaak passief (zie Bijlage V) bestond uit het totaal aantal correcte gegeven antwoorden op de 17 meerkeuzevragen. Hierbij was de minimale score 0 punten en de maximale score 17 punten.

# Resultaten

---



## 4 Resultaten

Dit hoofdstuk bevat alleen de resultaten op de afhankelijke variabelen. De resultaten op de controlevariabelen zijn reeds besproken in paragraaf 3.3.

### 4.1 Mentale inspanning

In tabel 8 is de gerapporteerde mentale inspanning in relatie met belasting en modaliteit weergegeven.

**Tabel 8** Op vier tijdstipmomenten gerapporteerde mentale inspanning in relatie met belasting en modaliteit (score is minimaal 0, maximaal 9)

|                              |                   | <i>ongehinderd</i> | <i>loading task passief</i> | <i>loading task actief</i> |
|------------------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------|----------------------------|
| <i>na animatie</i>           | <i>gesproken</i>  | 5.00 (0.46)        | 5.54 (0.43)                 | <u>7.65 (0.56)</u>         |
|                              | <i>geschreven</i> | 5.19 (0.41)        | 6.57 (0.43)                 | <u>7.56 (0.47)</u>         |
| <i>na onthoudtaak actief</i> | <i>gesproken</i>  | 6.40 (0.43)        | 6.33 (0.40)                 | 6.64 (0.51)                |
|                              | <i>geschreven</i> | 6.37 (0.38)        | 6.37 (0.40)                 | 6.21 (0.43)                |
| <i>na toepassingstaak</i>    | <i>gesproken</i>  | 6.86 (0.36)        | 6.82 (0.34)                 | 7.32 (0.44)                |
|                              | <i>geschreven</i> | 6.88 (0.32)        | 6.96 (0.34)                 | 7.01 (0.37)                |
| <i>na onthoudtaak actief</i> | <i>gesproken</i>  | 6.67 (0.38)        | 6.96 (0.36)                 | 7.18 (0.46)                |
|                              | <i>geschreven</i> | 7.10 (0.34)        | 6.85 (0.36)                 | 7.05 (0.39)                |

Na animatie was er een effect van belasting ( $F(2,90)=13.90$ ,  $p<.001$ ,  $\eta^2=.24$ ; modaliteit:  $F(1,90)= 1.01$ ,  $p=.32$ ; B\*M:  $F<1$ ). Gesplitste analyse voor modaliteit liet zien dat bij paarsgewijze vergelijkingen zowel bij geschreven als gesproken tekst de actieve loading task hoger scoorde dan beide andere condities.

Na onthoudtaak actief waren er geen effecten (belasting:  $F<1$ ; modaliteit:  $F<1$ ; B\*M:  $F<1$ ).

Na toepassingstaak waren er geen effecten (belasting:  $F<1$ ; modaliteit:  $F<1$ ; B\*M:  $F<1$ ).

Na onthoudtaak actief waren er geen effecten (belasting:  $F<1$ ; modaliteit:  $F<1$ ; B\*M:  $F<1$ ).

## 4.2 Relatie tussen de testtaken

In tabel 9 is de correlatie tussen de verschillende testtaken weergegeven.

**Tabel 9** Correlatie tussen de verschillende testtaken

|                              | <i>onthouden<br/>passief</i> | <i>onthouden<br/>actief</i> | <i>toepassen</i> | <i>Gebruikt in:</i>                              | <i>Dit onderzoek</i> |
|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------|--------------------------------------------------|----------------------|
| <i>onthouden<br/>passief</i> | -                            | .36***                      | .16              | Tabbers (2002)                                   |                      |
| <i>onthouden actief</i>      |                              | -                           | .27**            | Tabbers (2002)<br>Mayer & Moreno (1998,<br>1999) |                      |
| <i>toepassen</i>             |                              |                             | -                | Mayer & Moreno (1998,<br>1999)                   |                      |
|                              |                              |                             |                  |                                                  |                      |
| ** <i>p</i> <.005            |                              |                             |                  |                                                  |                      |
| *** <i>p</i> <.001           |                              |                             |                  |                                                  |                      |

Onthouden passief vertoont een sterke correlatie met onthouden actief ( $r = .36$ ,  $p < .001$ ). Dit betekent dat de resultaten op de onthoudtaak actief en de onthoudtaak passief sterk samenhangen. Daarnaast wordt op toepassen een correlatie gevonden met onthouden actief ( $r = .27$ ,  $p < .01$ ). De actieve onthoudtaak vertoont dus samenhang met de toepassingstaak.

## 4.3 Onthoudtaak passief

In tabel 10 is de onthoudtaak passief in relatie met belasting en modaliteit weergegeven.

**Tabel 10** Onthoudtaak passief in relatie met belasting en modaliteit (score is minimaal 0, maximaal 17)

|                   | <i>ongehinderd</i> | <i>loading task<br/>passief</i> | <i>loading task actief</i> |
|-------------------|--------------------|---------------------------------|----------------------------|
| <i>gesproken</i>  | 9.27 (0.54)        | 9.79 (0.49)                     | 6.70 (0.64)                |
| <i>geschreven</i> | 9.30 (0.47)        | 9.04 (0.49)                     | 8.54 (0.54)                |

Op de onthoudtaak passief was een effect van belasting ( $F(2,90) = 6.42$ ,  $p < .01$ ,  $\eta^2 = .125$ ; modaliteit:  $F < 1$ ; B\*M:  $F(2,90) = 2.76$ ,  $p = .07$ ). Gesplitste analyse voor modaliteit liet zien dat bij paarsgewijze vergelijkingen geen verschillen op belasting tussen de verschillende condities zijn.

#### 4.4 Onthoudtaak actief

In tabel 11 is de score op de onthoudtaak actief in relatie met belasting en modaliteit weergegeven.

**Tabel 11** Onthoudtaak actief in relatie met belasting en modaliteit (score is minimaal 0, maximaal 19)

|                   | <i>ongehinderd</i> | <i>loading task<br/>passief</i> | <i>loading task actief</i> |
|-------------------|--------------------|---------------------------------|----------------------------|
| <i>gesproken</i>  | 6.50 (0.66)        | 7.32 (0.61)                     | <u>4.55 (0.78)</u>         |
| <i>geschreven</i> | 7.10 (0.58)        | 6.97 (0.61)                     | <u>3.82 (0.66)</u>         |

Op de onthoudtaak actief was een effect van belasting ( $F(2,90)=11.23$ ,  $p<.001$ ,  $\eta^2=.20$ ; modaliteit:  $F<1$ ; B\*M:  $F<1$ ). Gesplitste analyse voor modaliteit liet zien dat bij paarsgewijze vergelijkingen zowel bij geschreven als gesproken tekst de actieve loading task lager scoorde dan beide andere condities.

#### 4.5 Toepassingstaak

In tabel 12 is de score op de toepassingstaak in relatie met belasting en modaliteit weergegeven.

**Tabel 12** Toepassingstaak in relatie met belasting en modaliteit (score is minimaal 0, maximaal 12)

|                   | <i>ongehinderd</i> | <i>loading task passief</i> | <i>loading task actief</i> |
|-------------------|--------------------|-----------------------------|----------------------------|
| <i>gesproken</i>  | 2.20 (0.31)        | 1.70 (0.28)                 | 1.60 (0.37)                |
| <i>geschreven</i> | 1.46 (0.27)        | 1.45 (0.28)                 | 0.86 (0.31)                |

Op de toepassingstaak was een effect van modaliteit ( $F(1,90)=5.44$ ,  $p<.025$ ,  $\eta^2=.057$ ; belasting:  $F(2,90)=1.83$ ,  $p=.17$ ; B\*M:  $F<1$ ). Gesplitste analyse voor belasting liet zien dat bij paarsgewijze vergelijkingen geen verschillen op modaliteit tussen de verschillende condities zijn.



## **Conclusie en discussie**

---



## 5 Conclusie en discussie

Mayer en Moreno (1998, 1999) en Tabbers en Van der Spoel (2006) gebruikten in hun onderzoeken verschillende vragen om het leerresultaat te meten.

Mayer en Moreno (1998, 1999) gebruikten in hun onderzoek een retentietest (in dit onderzoek: onthoudtaak actief) en een transfertest (in dit onderzoek: toepassingstaak) die beide bestonden uit één of meerdere open vragen.

Tabbers en Van der Spoel (2006) gebruikten dezelfde retentietest, maar hebben in hun onderzoek de vier vragen in de transfertest van Mayer en Moreno (1998, 1999) vervangen door 17 meerkeuzevragen (in dit onderzoek: onthoudtaak passief).

Enerzijds is het gebruiken van meerkeuzevragen een goed alternatief, aangezien de open vragen veel motivatie vereisen van de proefpersonen. Anderzijds is het doel van een transfertest om het begrip te meten van de proefpersonen. Meerkeuzevragen testen echter niet het begrip van de proefpersonen, maar de mate waarin ze de informatie hebben onthouden.

Dit blijkt ook uit de resultaten (zie tabel 9, p.40): de leerresultaten op de onthoudtaak passief vertonen sterke gelijkenissen met de leerresultaten op de onthoudtaak actief. De onthoudtaak passief lijkt dus meer een retentietaak dan een transfertaak te zijn. De leerresultaten op de onthoudtaak actief vertonen daarnaast samenhang met de leerresultaten op de toepassingstaak, terwijl de toepassingstaak geen samenhang vertoont met de onthoudtaak passief.

Tabbers en Van der Spoel trekken bovendien de kwaliteit van hun eigen vragen in twijfel vanwege de tegenstrijdige resultaten. Echter, doordat het doel van de vragen en de manier van vragen niet met elkaar overeenkomen, is het niet vreemd dat de resultaten op deze vragen in het onderzoek van Tabbers en Van der Spoel (2006) een foutieve voorstelling van de zaken geven.

In dit onderzoek is, voor de volledigheid, zowel de transfertest van Mayer en Moreno (1998, 1999) als die van Tabbers en Van der Spoel (2006) gebruikt.

Om verder een goed beeld van de last te krijgen die een loading task op het werkgeheugen legt, is in dit onderzoek naast een actieve loading task ook een passieve loading task opgenomen.

Hypothese 1:

*Een multimedia instructie met gesproken tekst levert een beter leerresultaat op dan eenzelfde instructie met geschreven tekst (= modaliteitseffect).*

Hypothese 1 wordt op één leertaak bevestigd: de toepassingstaak, hierdoor kan deze uitspraak alleen toegespitst worden op het toepassen van verkregen kennis. Echter, volgens Mayer (2001) treedt er pas betekenisvol leren op, wanneer zowel de score op retentie, als op transfer van de proefpersoon goed is (zie tabel 1, p.14).

In dit onderzoek wordt op de retentietaken (onthoudtaak passief en actief) een even hoog leerresultaat behaald door proefpersonen in de geschreven en de gesproken tekstconditie. Op de transfertaak (toepassingstaak) wordt echter door proefpersonen in de gesproken tekstconditie een beter leerresultaat behaald (vanwege de kleine groep proefpersonen was dit resultaat niet significant). Concluderend kan dus gesteld worden dat gesproken tekst in een multimedia instructie een beter leerresultaat oplevert dan geschreven tekst, waarmee hypothese 1 bevestigd wordt.

### Hypothese 2:

- a. *Het aanbieden van een auditieve loading task bij een multimedia instructie, leidt tot een verminderd leerresultaat.*
- b. *Een actieve loading task leidt tot een sterkere vermindering van het leerresultaat dan een passieve loading task.*

In hypothese 2a wordt gesteld dat het aanbieden van een auditieve loading task bij multimedia instructies leidt tot een verminderd leerresultaat. Daarnaast wordt in hypothese 2b gesteld dat een actieve loading task leidt tot een sterkere afname van het leerresultaat dan een passieve loading task. Uit de resultaten blijkt dat een multimedia instructie met een actieve loading task meer mentale inspanning vereist en minder leerresultaat oplevert dan ongehinderde instructie en een instructie met een passieve loading task.

Er wordt echter op geen enkele taak een verschil gevonden tussen een ongehinderde multimedia instructie en een multimedia instructie met een passieve loading task. Dit leidt tot de conclusie dat alleen een actieve loading task effect heeft.

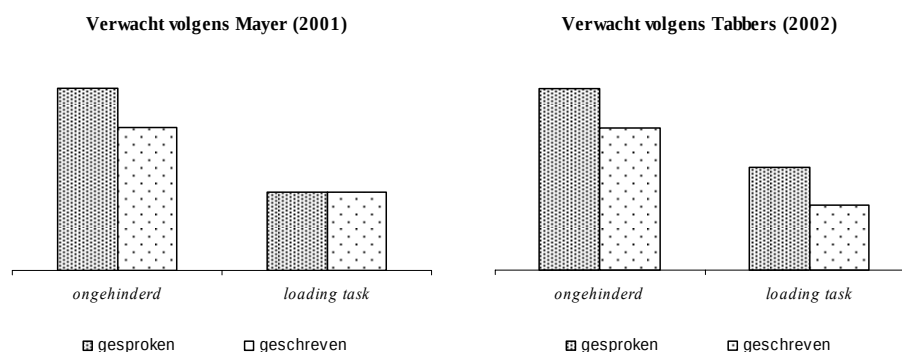
Hypothese 2a wordt in dit onderzoek bevestigd: een auditieve loading task leidt tot een verminderd leerresultaat (zie tabel 10, 11 en 12, p.40-41). Dit geldt echter alleen bij een actieve loading task. Aangezien er bij de passieve loading task geen afname van het leerresultaat geconstateerd wordt ten opzichte van de ongehinderde condities, moet hypothese 2b verworpen worden.

In hypothese 3 worden de verklaringen van het modaliteitseffect van Mayer (2001) en Tabbers (2002) tegenover elkaar geplaatst. Een bevestiging van hypothese 3a leidt tot een verwerping van hypothese 3b en andersom.

### Hypothese 3:

- a. *Een auditieve loading task vermindert het leerresultaat in hogere mate in een multimedia instructie met gesproken tekst dan in een multimedia instructie met geschreven tekst.*
- b. *Multimedia instructies worden in gelijke mate beïnvloed door een auditieve loading task, ongeacht de modaliteit van de tekst (gesproken of geschreven).*

De verwachtingen van Mayer (2001) en Tabbers (2002) zijn in Figuur 6 weergegeven.



**Figuur 6** Verwachtingen volgens Mayer (2001) en Tabbers (2002) (grafieken zijn conceptuele schetsen, geen weergave van onderzoeksresultaten)

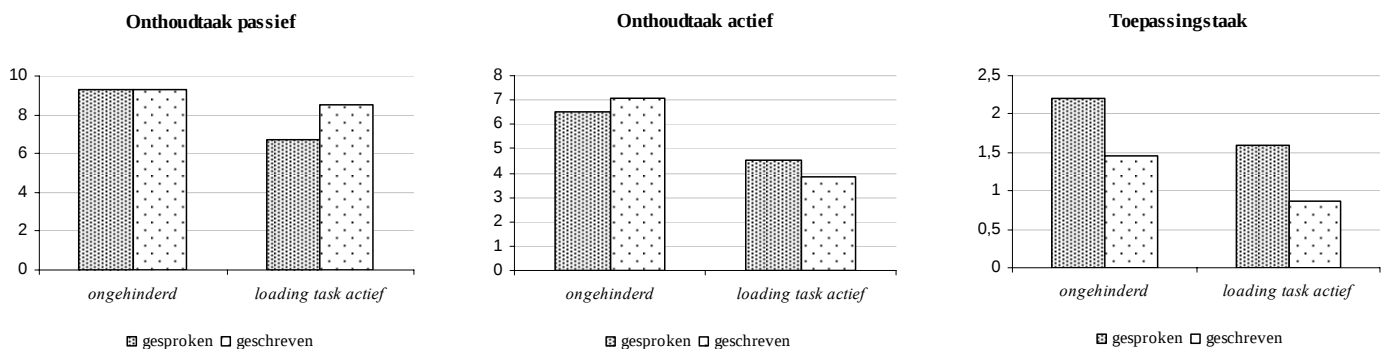
Volgens de CTML (Mayer, 2001) zal een auditieve loading task meer effect hebben op de gesproken tekstversie, aangezien het auditief/verbale verwerkingskanaal meer betrokken is bij

het verwerken van gesproken tekst dan bij het verwerken van geschreven tekst. Het proces van selectie van geschreven tekst vindt immers plaats in het visueel/pictorale verwerkingskanaal (zie Figuur 2, p.16). Het leerresultaat zal dus sterker verminderen bij de gesproken tekstconditie (met extra auditieve belasting) dan bij de geschreven tekstconditie (met extra auditieve belasting).

Volgens het werkgeheugenmodel vindt de verwerking van zowel gesproken als geschreven tekst volledig plaats in het auditief/verbale verwerkingskanaal. Vanzelfsprekend zal een auditieve loading task in de gesproken tekstconditie en de geschreven tekstconditie even veel effect hebben.

Samengevat kunnen we stellen dat een loading task volgens de CTML (Mayer, 2001) een vermindering van het modaliteitseffect oplevert, terwijl het modaliteitseffect in stand blijft volgens het werkgeheugenmodel (Baddeley & Hitch, 1974).

De uiteenzetting van de diverse testtaken voor de belastingen ongehinderd en loading task actief laten het eerder beschreven patroon zien: op alle drie de taken is een effect van belasting te zien en alleen in de toepassingstaak wordt een modaliteitseffect gevonden. Deze resultaten zijn weergegeven in Figuur 7.



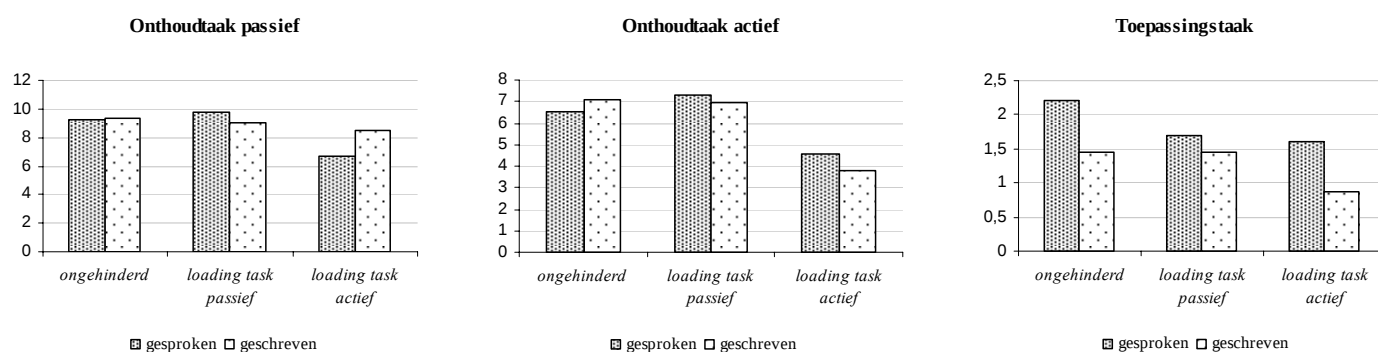
**Figuur 7** Resultaten op onthoudtaak passief, onthoudtaak actief en toepassingstaak in de condities ongehinderd en loading task actief (grafische weergave van tabel 10, 11 en 12, p.40-41)

In de toepassingstaak blijft het modaliteitseffect in stand, ondanks de invloed van de actieve loading task. Daarnaast heeft de actieve loading task niet méér invloed op de gesproken tekst dan op de geschreven tekst. Deze twee argumenten bieden voldoende reden om de verklaring van Mayer (2001) voor het modaliteitseffect tegen te spreken, en daarmee hypothese 3a te verwerpen. De resultaten in deze taak zijn niet significant, maar dit wordt naar alle waarschijnlijkheid veroorzaakt door de (te) kleine proefpersoongroep.

Volgens Tabbers (2002) blijft het modaliteitseffect in stand wanneer een auditieve loading task wordt toegevoegd. Daarnaast wordt een instructie met gesproken tekst niet méér beïnvloed door deze loading task, dan een instructie met geschreven tekst. Daar de toepassingstaak de enige taak is waar in beginsel een modaliteitseffect gevonden wordt, kunnen we alleen hier een oordeel vellen over het in stand blijven van het modaliteitseffect. In Figuur 7 is te zien dat het modaliteitseffect in stand blijft wanneer een actieve loading task wordt toegevoegd. Gegeven deze resultaten kan hypothese 3b bevestigd worden.

In dit onderzoek is naast een actieve loading task, ook een passieve loading task meegenomen. Deze taak zou, volgens de verwachtingen, in mindere mate een gelijk effect moeten vertonen met de actieve loading task.

De resultaten op de onthoudtaak passief, de onthoudtaak actief en de toepassingstaak voor de belastingen ongehinderd, loading task passief en loading task actief, zijn weergegeven in Figuur 8.



**Figuur 8** Resultaten op onthoudtaak passief, onthoudtaak actief en toepassingstaak voor de condities ongehinderd, loading task passief en loading task actief (grafische weergave van tabel 10, 11 en 12, p.40-41)

Zoals te zien is in Figuur 8, volgt de passieve loading task het beeld van de ongehinderde instructie in de onthoudtaken. Hier heeft de passieve loading task dus geen invloed op de prestaties van de proefpersonen. Echter in de toepassingstaak heeft de passieve loading task meer effect op de gesproken tekst dan op de geschreven tekst.

In de toepassingstaak heeft de passieve loading task dus meer invloed op het leerresultaat in de gesproken tekstconditie dan in de geschreven tekstconditie. Dit zou kunnen duiden op een hogere cognitieve last in de gesproken tekstconditie. Echter, wanneer we kijken naar het verdere verloop van de resultaten in de toepassingstaak, blijkt dat een zwaardere taak, namelijk de loading task actief, evenveel invloed heeft in de geschreven tekst als in de gesproken tekstconditie. Dit is echter te verklaren door de vorm van de passieve loading task: doordat de proefpersonen in de passieve loading task met gesproken tekst een ruis ervaren in de vorm van achtergrondmuziek, zijn zij minder goed in staat om de tekst te verstaan: de receptie (ontvangst van informatie) is minder, terwijl in de geschreven tekstconditie de receptie niet gehinderd wordt door de vorm van de passieve loading task. De passieve loading task levert in de gesproken tekstconditie een ineffectieve last op (zie Paragraaf 1.2, p.13) die de opname van de informatie verstoort.

Wanneer we dit zouden vertalen naar een animatie met geschreven tekst, dan zou de ruis daarin kunnen bestaan uit (doorzichtige) inktvlekken over de tekst, waardoor het moeilijker wordt om alles te lezen.

Kortom: het omslagpunt (waarop het leerresultaat minder wordt) ligt eerder in de passieve loading task gesproken tekst, omdat de receptie van de gesproken tekst bemoeilijkt wordt. De informatie is bij binnenkomst al minder compleet dan in de geschreven tekstversie. Daardoor ligt het omslagpunt voor geschreven tekst pas in de actieve loading task, waar de belasting voor beide condities weer gelijk is.

Concluderend kan worden gesteld dat een animatie met gesproken tekst een beter leerresultaat oplevert dan een animatie met geschreven tekst: het modaliteitsprincipe. Wanneer er bij de animatie een loading task wordt aangeboden, dan levert deze loading task alleen een

verminderd leerresultaat op wanneer deze actieve verwerking behoeft. De invloed van deze loading task op het leerresultaat is net zo groot voor gesproken als voor geschreven tekst: het modaliteitsprincipe blijft in stand. Deze resultaten leiden tot de conclusie dat de onderbouwing van Tabbers (2002) voor het modaliteitseffect de meest plausibele verklaring voor het effect biedt.

#### *Suggesties voor vervolgonderzoek*

Het experiment dat gebruikt is in dit onderzoek is van Mayer en Moreno (1998, 1999). Van dit experiment zijn, naast de animatie, twee taken overgenomen. Deze taken, in dit onderzoek de onthoudtaak actief en de toepassingstaak, bevatten open vragen. Deze open vragen vereisen een grote motivatie van de proefpersonen wanneer ze uitputtend willen zijn in het geven van de antwoorden. Dit geldt met name voor de onthoudtaak actief, die uit één vraag bestaat. Suggestie is dan ook om deze vragen in een vervolgonderzoek op te splitsen in kleinere delen, zodat de scores minder afhankelijk worden van de motivatie van de proefpersonen.

Het is verder aan te raden een soortgelijk onderzoek uit te voeren met langere animaties. Wanneer de animatie lang duurt met eenzelfde presentatietempo zal het effect naar verwachting toenemen. Hierbij is het verder interessant om met een eye-tracker te werken. Met deze apparatuur is te meten waar de proefpersonen op een bepaald moment naar kijken. Hiermee is het *split-attention effect* namelijk concreet zichtbaar te maken. De *split-attention* zou dan het sterkst zichtbaar moeten zijn in de geschreven tekstconditie, wanneer dit het geval is, zal dit ook blijken uit het leerresultaat. Het leerresultaat zal afnemen in de geschreven tekstconditie naarmate de *split-attention* toeneemt.

Daarnaast kan het zijn dat het verschil in modaliteit van invloed is op het type vraag dat een proefpersoon in staat is te beantwoorden. In dit onderzoek wordt wel een verschil gevonden op de toepassingstaak, maar niet op de onthoudtaken. Dit leidt tot het idee dat proefpersonen in een geschreven tekstconditie goed in staat zijn om informatie te onthouden, maar niet goed in staat zijn om het geleerde ook toe te passen op nieuwe situaties.

In dit onderzoek wordt verder geen verschil gevonden tussen een multimedia instructie met achtergrondmuziek en een multimedia instructie zonder achtergrondmuziek. Dit zou er op kunnen duiden dat leren met muziek over het algemeen geen verlies van begrip hoeft op te leveren. Het verschil tussen gesproken en geschreven leertaken met achtergrondmuziek is een interessant vervolg op dit onderzoek.

Tot slot duiden de resultaten in dit onderzoek op een voorkeur voor de verklaring van Tabbers (2002) voor het modaliteitseffect. De beperkte grootte van de proefpersoongroep beperkt de generaliseerbaarheid van de resultaten, daarom is het te adviseren het onderzoek nogmaals uit te voeren met een grotere proefpersoongroep.



# Literatuurlijst

---



# Literatuurlijst

## Bibliografie

Atkinson, R.C. & Shiffrin, R.M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In K.W. Spence & J.T. Spence (Eds.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (Vol. 2, p. 89-195). New York: Academic Press.

Baddeley, A.D. (1986). *Working Memory*. Oxford, Engeland: Oxford University Press.

Baddeley, A.D. (1992). Working Memory. *Science*, 255, 556-559.

Baddeley A.D. & Hitch, G.J. (1974). Working Memory. In G.A. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (Vol. 8, p. 47-89). New York, Academic Press.

Baddeley, A.D. & Warrington, E.K. (1970). Amnesia and the distinction between long- and short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 9, 176-189.

Brünken, R., Plass, J.L. & Leutner D. (2004). Assessment of Cognitive Load in Multimedia Learning with Dual-Task Methodology: Auditory Load and Modality effects. *Instructional Science*, 32, 115-132.

Chandler, P. & Sweller, L. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8, 293-332.

Chandler, P. & Sweller, L. (1992). The Split-attention Effect as a Factor in the Design of Instruction. *British Journal of Educational Psychology*, 2, p. 233.

Clark, J.M. & Paivio, A. (1991). Dual Coding theory and education. *Educational Psychology Review*, 4, 149-210.

Chi, M.T.H., Glaser, R. & Rees, E. (1982). Expertise in problem solving. In R.J. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence* (p. 7-75). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Kalyuga, S., Chandler, P. & Sweller, J. (1999). Levels of expertise and instructional design. *Human Factors*, 40, 1-17.

Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P., Sweller, J. (2003). The expertise reversal effect. *Educational-Psychologist*, 38, 23-31.

Leahy, W. M., Chandler, P., & Sweller, J., (2003). When auditory presentations should and should not be a component of multimedia instructions. *Applied Cognitive Psychology*, 17, 401-418.

Logie, L.H. & Baddeley A.D. (1987). Cognitive processes in counting. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 13, 310-326.

- Mayer, R.E. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R.E., Bove, W., Bryman, A., Mars, R. & Tapangco, L. (1996). When less is more: Meaningful learning from visual and verbal summaries of science textbook lessons. *Journal of Educational Psychology*, 88, 64-73.
- 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, No. 2, 312-320.
- Mayer, R. E. & Moreno, R. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology*, 91, 358-368.
- 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. (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, No. 1, 117–125.
- Moreno, R., & Mayer, R.E. (2002). Verbal redundancy in multimedia learning: When reading helps listening. *Journal of Educational Psychology*, 1, 156-163.
- Mousavi, S., Low, R. & Sweller, J. (1995). Reducing cognitive load by mixing auditory and visual presentation modes. *Journal of Educational Psychology*, 87, 319-334.
- O'Donnell, R. D., & Eggemeier, F. T. (1986). Workload assessment methodology. In K.R. Boff, L. Kaufman & J. Thomas (Eds.), *Handbook of perception and human performance*, vol. 2: *Cognitive processes and performance* (p. 42.41-42.49). New York: Wiley.
- Paas, F.; Renkl, A.; Sweller, J. (2004). Cognitive Load Theory: Instructional Implications of the Interaction between Information Structures and Cognitive Architecture. *Instructional science*. 32, No.1-2, 1-8.
- Paas, F., Tuovinen, J. E., Tabbers, H. K., & Van Gerven, P. W. M. (2003). Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educational Psychologist*, 38, 63-71.
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. New York: Oxford University Press.
- Shallice, T. & Warrington, E.K. (1970). Independent functioning of verbal memory stores: A neuropsychological study. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 22, 261-273.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science: A Multidisciplinary Journal*, 12, 257-285.
- Sweller, J. (1989). Cognitive technology: some procedures for facilitating learning and problem solving in mathematics and science. *Journal of educational psychology*, 81, 457-466.

Sweller, J. (1999). *Instructional design in technical areas*. Camberwell, Australië: ACER Press.

Tabbers, H.K. (2002). *The modality of text in multimedia instructions: Refining the design guidelines*. Maastricht, Nederland: Datawyse Maastricht.

Tabbers, H.K., Martens, R.L., & Van Merriënboer, J.J.G. (2001). *The modality effect in multimedia instructions*. In J.D. Moore & K. Stenning (Eds.), *Proceedings of the 23rd annual conference of the Cognitive Science Society* (p. 1024-1029). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Tabbers, H.K., Van der Spoel, W. (2006). Explaining why animations need narrations: A loading task paradigm. *TICL symposium - Enhancing computer-based animations to facilitate effective learning environments*.

Tindall-Ford, S., Chandler, P. & Sweller, J. (1997). When two sensory modes are better than one. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 3, 257-287.

Van Wijk, C.H. (2000). *Toetsende statistiek: basistechnieken. Een praktijkgerichte inleiding voor onderzoekers van taal, gedrag en communicatie*. Bussum: Uitgeverij Coutinho.

Yerkes, R.M. & Dodson J.D. (1908). The Relation of Strenght of Stimulus to Rapidity of Habit-formation. *Journal of Comparative Neurology and Psychology*, 18, 459-482.

## URL

- [1] [www.oit.umd.edu/as/speaker\\_series/2004-2005/Multimedia\\_Learning.ppt](http://www.oit.umd.edu/as/speaker_series/2004-2005/Multimedia_Learning.ppt), geraadpleegd op 26 april 2006.
- [2] <http://psychclassics.yorku.ca/Yerkes/Law/>, geraadpleegd op 7 oktober 2006.



## Bijlagen

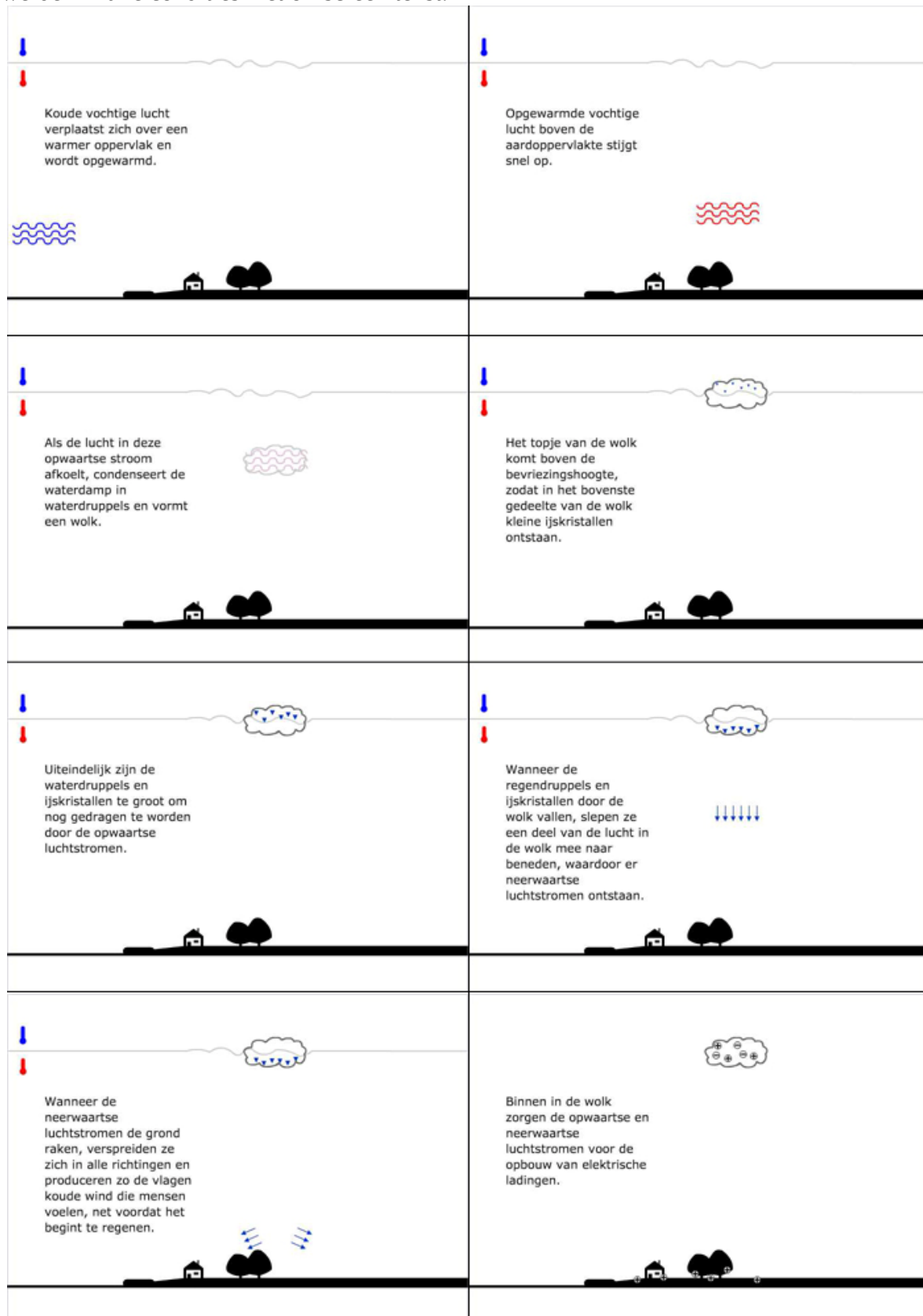
---

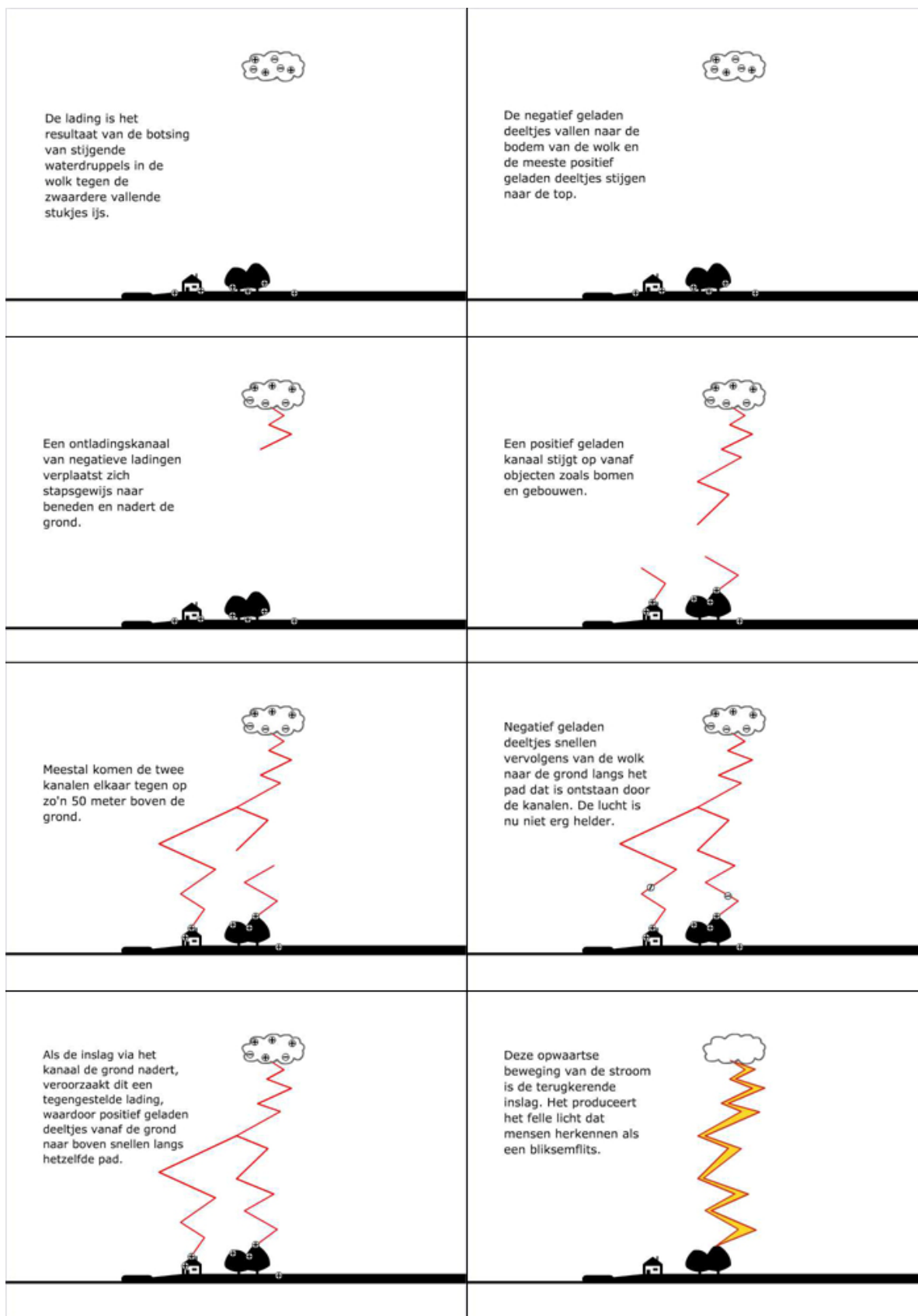


## Bijlage I: Scenario animatie

1. Koude vochtige lucht verplaatst zich over een warmer oppervlak en wordt opgewarmd.
2. Opgewarmde vochtige lucht boven de aardoppervlakte stijgt snel op.
3. Als de lucht in deze opwaartse stroom afkoelt, condenseert de waterdamp in waterdruppels en vormt een wolk.
4. Het topje van de wolk komt boven de bevroeringshoogte, zodat in het bovenste gedeelte van de wolk kleine ijskristallen ontstaan.
5. Uiteindelijk zijn de waterdruppels en ijskristallen te groot om nog gedragen te worden door de opwaartse luchtstromen.
6. Wanneer de regendruppels en ijskristallen door de wolk vallen, slepen ze een deel van de lucht in de wolk mee naar beneden, waardoor er neerwaartse luchtstromen ontstaan.
7. Wanneer de neerwaartse luchtstromen de grond raken, verspreiden ze zich in alle richtingen en produceren zo de vlagen koude wind die mensen voelen, net voordat het begint te regenen.
8. Binnen in de wolk zorgen de opwaartse en neerwaartse luchtstromen voor de opbouw van elektrische ladingen.
9. De lading is het resultaat van de botsing van stijgende waterdruppels in de wolk tegen de zwaardere vallende stukjes ijs.
10. De negatief geladen deeltjes vallen naar de bodem van de wolk en de meeste positief geladen deeltjes stijgen naar de top.
11. Een ontladingskanaal van negatieve ladingen verplaatst zich stapsgewijs naar beneden en nadert de grond.
12. Een positief geladen kanaal stijgt op vanaf objecten zoals bomen en gebouwen.
13. Meestal komen de twee kanalen elkaar tegen op zo'n 50 meter boven de grond.
14. Negatief geladen deeltjes snellen vervolgens van de wolk naar de grond langs het pad dat is ontstaan door de kanalen. De lucht is nu niet erg helder.
15. Als de inslag via het kanaal de grond nadert, veroorzaakt dit een tegengestelde lading, waardoor positief geladen deeltjes vanaf de grond naar boven snellen langs hetzelfde pad.
16. Deze opwaartse beweging van de stroom is de terugkerende inslag. Het produceert het felle licht dat mensen herkennen als een bliksemflits.

Onderstaand zijn de 16 scenarioframes van de animatie weergegeven, zoals deze vertoont werden in alle condities met on-screen tekst.







## Bijlage II: Voorkennistoets

De voorkennis toets in dit onderzoek is gebaseerd op Mayer, Steinhoff, Bower & Mars (1995). Vraag 1 geldt in dit onderzoek als voorkennis zelfrapportage, vraag 2 geldt in dit onderzoek als interesse en vraag 3 tot en met 8 gelden als voorkennis testscore.

1. Hoeveel kennis heb je van de wetenschap van het weer (meteorologie)?  
(heel weinig/ weinig/gemiddeld/veel/heel veel)
2. Ik lees regelmatig de weerkaartjes in de krant: (ja/nee)
3. Ik weet wat een koudefront is: (ja/nee)
4. Ik kan een cumuluswolk van een nimbuswolk onderscheiden: (ja/nee)
5. Ik weet wat een lagedruksysteem is: (ja/nee)
6. Ik kan verklaren hoe wind ontstaat: (ja/nee)
7. Ik weet wat dit symbool betekent: (ja/nee)



8. Ik weet wat dit symbool betekent: (ja/nee)



### *Procedure*

Vragenlijst werd afgenomen vóór het experiment.

### *Scoringsprocedure*

Op vraag 1 kon een score van 1 tot en met 5 worden behaald. Op de vragen 2 tot en met 8 kreeg het antwoord “ja” een score van 1 punt toebedeeld en het antwoord “nee” een score van 0 punten. Indien er verschillen bestaan op voorkennis zelfrapportage, interesse of voorkennis testscore tussen de diverse condities, worden deze verschillen meegenomen als covariaat of factor in de verdere berekeningen.



## Bijlage III: Onthoudtaak actief

De onthoudtaak actief is een retentietest en is gebaseerd op Mayer, Bove, Bryman, Mars & Tapangco (1996).

### *Retentietest*

“beschrijf hoe bliksem ontstaat.” (“Please write down an explanation of how lightning works”)

### *Procedure*

De proefpersonen kregen in dit onderzoek 5 minuten om een antwoord op te schrijven (6 minuten in Mayer & Moreno, 1998; 5 minuten in Moreno & Mayer, 1999).

### *Scoringsprocedure*

Originele procedure zoals Mayer en Moreno (1998) deze gebruikten (1 punt voor elk hoofdidee dat in het antwoord te vinden was, precieze bewoording maakte niet uit. Hoofdideeën zijn belangrijkste acties in oorzaak-gevolg keten. Maximaal 8 punten):

1. warme vochtige lucht stijgt op
2. waterdamp condenseert (of vormt wolken)
3. regendruppels en ijskristallen vallen
4. lucht wordt naar beneden getrokken
5. negatief geladen deeltjes vallen (of bewegen) naar de bodem van de wolk
6. twee ontladingskanalen ontmoeten elkaar
7. negatief geladen deeltjes snellen (of bewegen) van wolk naar grond (of beneden)
8. positief geladen deeltjes bewegen van grond omhoog langs zelfde pad

In dit onderzoek werd een alternatief scoringssysteem gebruikt, zoals Mayer en Moreno (1999) dit gebruikten (maximale score: 19 punten):

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. de lucht is niet zo helder
18. positieve deeltjes snellen naar boven
19. produceren helder licht dat mensen herkennen als bliksem



## Bijlage IV: Toepassingstaak

### *Open vragen:*

De toepassingstaak is een transfertest zoals gebruikt in Mayer en Moreno (1998, 1999) en bestaat uit vier vragen.

### *Transfertest*

1. Wat zou je kunnen doen om de intensiteit van een bliksemstorm te verlagen?
2. Stel je ziet wel wolken in de lucht, maar geen bliksem. Waarom niet?
3. Wat heeft de temperatuur van de lucht met bliksem te maken?
4. Wat is nu eigenlijk de oorzaak van bliksem?

### *Procedure:*

De deelnemers kregen 3 minuten om elke vraag te beantwoorden. De instructie was om zoveel mogelijk (verschillende) goede antwoorden te geven.

### *Scoringsprocedure:*

De proefpersonen kregen 1 punt voor elk acceptabel antwoord. De antwoorden waren goed, zolang ze maar te beredeneren waren op basis van de uitleg uit de animatie. Antwoorden die puur op kennis daarbuiten berusten (dus niet beredeneerd zijn) kregen geen punten. Er waren maximaal 3 punten te verdienen per vraag. In totaal waren er voor de transfertest 12 punten te verdienen.

### *Correcte antwoorden:*

#### **Wat zou je kunnen doen om de intensiteit van een bliksemstorm te verlagen?**

- De positieve ionen van het aardoppervlak verwijderen
- Positieve ionen dicht bij de wolk plaatsen
- De temperatuursverschillen tussen de zee en de aarde verminderen
- De wolk verwarmen om bevrozing te voorkomen
- **Niet juist:** weghalen hoge objecten van de grond of plaatsen bliksemafleiders

#### **Stel je ziet wel wolken in de lucht, maar geen bliksem. Waarom niet?**

- Het topje van de wolken is nog niet boven de bevrozingshoogte (het topje moet boven de bevrozingshoogte zijn en de onderkant niet)
- Er hebben zich geen ijskristallen gevormd
- Positieve en negatieve ladingen zijn nog niet opgebouwd
- Er zijn niet genoeg negatieve ladingen in de wolk. Er moeten negatieve ladingen in de wolk zijn en positieve ladingen aan de grond
- **Niet juist:** de wolk was geen regenwolk

#### **Wat heeft de temperatuur van de lucht met bliksem te maken?**

- Het aardoppervlak is warm en de binnenkomende lucht is koud
- De lucht moet kouder zijn dan de grond
- Het topje van de wolk is boven de bevrozingshoogte en de onderkant van de wolk is er onder

- De temperatuur moet laag genoeg zijn om de top van de wolk tot bevrozing te brengen
- **Niet juist:** warme lucht stijgt op

**Wat is nu eigenlijk de oorzaak van bliksem?**

- Het verschil in elektrische lading in de wolk (een wolk bevat positieve en negatieve ladingen)
- Het verschil in elektrische lading tussen de wolk en het aardoppervlak (de aarde bevat positieve ladingen en de wolk bevat negatieve ladingen)
- Het verschil in temperatuur tussen de boven- en onderkant van de wolk
- Het verschil in temperatuur tussen de binnenkomende lucht en het aardoppervlak
- **Niet juist:** slechts een stap-voor-stap beschrijving van animatie zonder specificatie van bepaalde oorzaak

## Bijlage V: Onthoudtaak passief

### *Meerkeuze vragen:*

De onthoudtaak passief is een retentietest zoals gebruikt in Tabbers en Van der Spoel (2006) en bestaat uit 17 vragen.

### *Procedure:*

De deelnemers kregen voldoende tijd om alle vragen te beantwoorden.

### *Scoringsprocedure:*

De proefpersonen kregen 1 punt voor elk correct antwoord. Alle correcte antwoorden vormden de totaalscore op de onthoudtaak passief.

### *Meerkeuzevragen:*

**1. Donkere wolken pakken zich samen. Een onweersbui dreigt. Je bent boven in een hoge boom geklommen en je haren gaan recht overeind staan. Wat zal er nu als eerste gebeuren?**

- a. Een felle bliksemschicht raakt jouw hoofd
- b. Een negatief geladen kanaal raakt jouw hoofd
- c. Een positief geladen kanaal ontwikkelt zich vanaf jouw hoofd

**2. 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

**3. Een positief en een negatief ontladingskanaal ontmoeten elkaar op 50 meter boven de grond. Wat gebeurt er nu als eerste?**

- a. Een ontlading vindt plaats in de vorm van een bliksemflits
- b. Negatief geladen deeltjes snellen van de wolk naar de grond
- c. Positief geladen deeltjes snellen van de grond naar de wolk

**4. Een terugkerende inslag is altijd onvertakt. Toch zie je vaak bliksemflitsen met meerdere vertakkingen. Hoe kan dit?**

- a. Je ziet de inslag en de terugkerende inslag die elkaar heel snel opvolgen
- b. Je ziet de negatief geladen deeltjes die zich vertakken in het negatieve ontladingskanaal
- c. Je ziet meerdere terugkerende inslagen die in het ontladingskanaal samenkomen

**5. Elektrische stroom verplaatst zich per definitie van een positieve naar een negatieve pool. Dus in welke richting stroomt de elektriciteit tussen een onweerswolk en het aardoppervlak?**

- a. In dezelfde richting als de bliksemflits
- b. Tegen de richting van de bliksemflits in
- c. In beide richtingen

**6. 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 noord naar zuid
- b. Van oost naar west
- c. Van west naar oost

**7. Opgewarmde vochtige lucht stijgt op. Welk proces vindt nu als eerste plaats?**

- a. De bevroeringshoogte wordt bereikt
- b. De lucht koelt af
- c. De waterdamp condenseert

**8. Soms lijkt het wel alsof je een bliksemflits ziet knipperen. Hoe komt dat?**

- a. De wolk moet na elke inslag opnieuw opgeladen worden
- b. Je ziet de herhaalde afwisseling van inslag en terugkerende inslag
- c. Het ontladingskanaal wordt telkens opnieuw gevormd

**9. Stel je haalt de positieve deeltjes uit de onweerswolk weg en je verplaatst deze naar het aardoppervlak. Wat betekent dit voor de intensiteit van de onweersbui?**

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

**10. 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

**11. Tijdens een onweer gaat het plotseling hard regenen. Deze regen zorgt voor een afkoeling van het aardoppervlak. Wat betekent dit voor de intensiteit van de onweersbui?**

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

**12. Vaak is het spanningsverschil binnen een onweerswolk zo groot dat er bliksemflitsen in de wolk zelf ontstaan. In welke richting gaan deze flitsen?**

- a. Van de bovenkant naar de onderkant van de wolk
- b. Van de onderkant naar de bovenkant van de wolk
- c. In beide richtingen

**13. 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

**14. Waarom ontstaat er geen bliksem als een wolk onder de bevroeringshoogte blijft?**

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

**15. 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 neerwaartse luchtstroom die door de vallende deeltjes in de wolk wordt veroorzaakt
- c. De vallende ijsdeeltjes en waterdruppels uit de onweerswolk die in hun val verdampen

**16. Waarom is de kans op een blikseminslag groter bij hoge gebouwen?**

- a. Een bliksemflits zoekt altijd de kortste weg tussen aardoppervlak en onweerswolk
- b. Een negatief ontladingskanaal dat van de wolk naar beneden gaat raakt hoge gebouwen eerder dan de grond
- c. De aantrekkingskracht van het negatieve kanaal maakt dat hoge gebouwen positiever zijn geladen dan de grond

**17. Welk ontladingskanaal bepaalt nu het pad van een bliksemflits?**

- a. Het neerdalende ontladingskanaal
- b. Het stijgende ontladingskanaal
- c. Beide ontladingskanalen

*Correcte antwoorden:*

- |      |       |
|------|-------|
| 1. C | 10. C |
| 2. B | 11. A |
| 3. B | 12. A |
| 4. C | 13. C |
| 5. A | 14. C |
| 6. B | 15. B |
| 7. C | 16. C |
| 8. B | 17. C |
| 9. C |       |



## Bijlage VI: Instructie proefpersonen

Bedankt voor je deelname aan dit experiment. Het onderzoek duurt ongeveer 25 minuten. Op de volgende pagina staan eerst wat vragen die je vooraf moet beantwoorden voordat je de animatie op het beeldscherm mag starten.

### **Persoonlijke gegevens:**

Ik ben een:

- ☐ Man
- ☐ Vrouw

Ik ben ... jaar oud

Mijn hoogste opleidingsniveau is:

*(als je nog aan het studeren bent kies je het niveau van de studie die je aan het volgen bent)*

- ☐ VMBO
- ☐ HAVO
- ☐ VWO
- ☐ MBO
- ☐ HBO
- ☐ WO
- ☐ Anders, namelijk .....

**Voorkennistoets**

V1 Hoeveel kennis heb je van de wetenschap van het weer (meteorologie)?

☐ heel weinig      ☐ weinig      ☐ gemiddeld      ☐ veel      ☐ heel veel

V2 Ik lees regelmatig de weerkaartjes in de krant:

☐ ja  
☐ nee

V3 Ik weet wat een koudefront is:

☐ ja  
☐ nee

V4 Ik kan een cumuluswolk van een nimbuswolk onderscheiden:

☐ ja  
☐ nee

V5 Ik weet wat een lagedruksysteem is:

☐ ja  
☐ nee

V6 Ik kan verklaren hoe wind ontstaat:

☐ ja  
☐ nee

V7 Ik weet wat dit symbool betekent:



☐ ja  
☐ nee

V8 Ik weet wat dit symbool betekent:



☐ ja  
☐ nee

Je krijgt zo een animatie te zien over de werking van bliksem.

Bij deze animatie hoort een uitleg die je als gesproken tekst door je koptelefoon hoort.

Probeer de animatie zo **goed** mogelijk te bestuderen, want na afloop krijg je hier een aantal vragen over.

Je krijgt tijdens deze animatie piepjes te horen, het is de bedoeling dat je deze telt. Nadat je de animatie gezien hebt moet je het aantal piepjes dat je gehoord hebt invullen in het vakje onder aan deze pagina. LET OP: het is niet de bedoeling dat je de piepjes gaat turven of anderszins op gaat schrijven!

**Let op:** het is van groot belang dat je het juiste aantal piepjes telt.

Klik nu op **Versie NT** in de website. **Start de animatie pas op teken van de experimentsleider.**

**SLA DEZE BLADZIJDE PAS OM WANNEER DE ANIMATIE AFGELOPEN IS!!!**



Vul hier in hoeveel piepjes je geteld hebt:

## Hoeveel mentale inspanning kostte het je om de animatie te volgen?

heel weinig      1      2      3      4      5      6      7      8      9      heel veel

**Leg aan de hand van de animatie die je net gezien hebt zo goed mogelijk uit hoe bliksem werkt (je hebt hiervoor 5 minuten).**

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

**Hoeveel mentale inspanning kostte het je om de bovenstaande vraag te beantwoorden?**

heel weinig      1      2      3      4      5      6      7      8      9      heel veel

Je krijgt nu 4 vragen over de animatie die je gezien hebt. Op deze vragen zijn meerdere goede antwoorden mogelijk, probeer er dus **zoveel mogelijk** te geven! Je krijgt 3 minuten de tijd per vraag.

**Wat zou je kunnen doen om de intensiteit van een bliksemstorm te verlagen?**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Stel je ziet wel wolken in de lucht, maar geen bliksem. Waarom niet?**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Wat heeft de temperatuur van de lucht met bliksem te maken?**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Wat is nu eigenlijk de oorzaak van bliksem?**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Hoeveel mentale inspanning kostte het je om de vragen te beantwoorden?**

heel weinig      1      2      3      4      5      6      7      8      9      heel veel

Tot slot krijg je nog 17 meerkeuzevragen over het ontstaan van bliksem. Kies telkens het antwoord dat het beste past bij wat je in de animatie hebt geleerd.

**1. Donkere wolken pakken zich samen. Een onweersbui dreigt. Je bent boven in een hoge boom geklommen en je haren gaan recht overeind staan. Wat zal er nu als eerste gebeuren?**

- d. Een felle bliksemschicht raakt jouw hoofd
- e. Een negatief geladen kanaal raakt jouw hoofd
- f. Een positief geladen kanaal ontwikkelt zich vanaf jouw hoofd

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

- d. De onweerswolk stijgt steeds verder boven de bevroeringshoogte
- e. De opwaartse luchtstroom blijft vochtige lucht aanleveren
- f. De temperatuur in de onweerswolk wordt steeds lager

**3. Een positief en een negatief ontladingskanaal ontmoeten elkaar op 50 meter boven de grond. Wat gebeurt er nu als eerste?**

- d. Een ontlading vindt plaats in de vorm van een bliksemflits
- e. Negatief geladen deeltjes snellen van de wolk naar de grond
- f. Positief geladen deeltjes snellen van de grond naar de wolk

**4. Een terugkerende inslag is altijd onvertakt. Toch zie je vaak bliksemflitsen met meerdere vertakkingen. Hoe kan dit?**

- d. Je ziet de inslag en de terugkerende inslag die elkaar heel snel opvolgen
- e. Je ziet de negatief geladen deeltjes die zich vertakken in het negatieve ontladingskanaal
- f. Je ziet meerdere terugkerende inslagen die in het ontladingskanaal samenkomen

**5. Elektrische stroom verplaatst zich per definitie van een positieve naar een negatieve pool. Dus in welke richting stroomt de elektriciteit tussen een onweerswolk en het aardoppervlak?**

- d. In dezelfde richting als de bliksemflits
- e. Tegen de richting van de bliksemflits in
- f. In beide richtingen

**6. 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?**

- d. Van noord naar zuid
- e. Van oost naar west
- f. Van west naar oost

**7. Opgewarmde vochtige lucht stijgt op. Welk proces vindt nu als eerste plaats?**

- d. De bevezingshoogte wordt bereikt
- e. De lucht koelt af
- f. De waterdamp condenseert

**8. Soms lijkt het wel alsof je een bliksemflits ziet knippen. Hoe komt dat?**

- d. De wolk moet na elke inslag opnieuw opgeladen worden
- e. Je ziet de herhaalde afwisseling van inslag en terugkerende inslag
- f. Het ontladingskanaal wordt telkens opnieuw gevormd

**9. Stel je haalt de positieve deeltjes uit de onweerswolk weg en je verplaatst deze naar het aardoppervlak. Wat betekent dit voor de intensiteit van de onweersbui?**

- d. Die neemt af
- e. Die blijft gelijk
- f. Die neemt toe

**10. 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?**

- d. Koude, droge lucht
- e. Koude, vochtige lucht
- f. Warme, vochtige lucht

**11. Tijdens een onweer gaat het plotseling hard regenen. Deze regen zorgt voor een afkoeling van het aardoppervlak. Wat betekent dit voor de intensiteit van de onweersbui?**

- d. Die neemt af
- e. Die blijft gelijk
- f. Die neemt toe

**12. Vaak is het spanningsverschil binnen een onweerswolk zo groot dat er bliksemflitsen in de wolk zelf ontstaan. In welke richting gaan deze flitsen?**

- d. Van de bovenkant naar de onderkant van de wolk
- e. Van de onderkant naar de bovenkant van de wolk
- f. In beide richtingen

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

- d. Geen lading
- e. Positieve lading
- f. Negatieve lading

**14. Waarom ontstaat er geen bliksem als een wolk onder de bevroeringshoogte blijft?**

- d. Er is geen opwaartse luchtstroom in de wolk
- e. Er zit niet genoeg neerslag in de wolk
- f. Er zijn geen botsende deeltjes in de wolk

**15. Wat is de koude wind die mensen voelen vlak voor een onweersbui?**

- d. De koude vochtige lucht die over het aardoppervlak waait voordat deze opgewarmd wordt
- e. De neerwaartse luchtstroom die door de vallende deeltjes in de wolk wordt veroorzaakt
- f. De vallende ijsdeeltjes en waterdruppels uit de onweerswolk die in hun val verdampen

**16. Waarom is de kans op een blikseminslag groter bij hoge gebouwen?**

- d. Een bliksemflits zoekt altijd de kortste weg tussen aardoppervlak en onweerswolk
- e. Een negatief ontladingskanaal dat van de wolk naar beneden gaat raakt hoge gebouwen eerder dan de grond
- f. De aantrekkingskracht van het negatieve kanaal maakt dat hoge gebouwen positiever zijn geladen dan de grond

**17. Welk ontladingskanaal bepaalt nu het pad van een bliksemflits?**

- d. Het neerdalende ontladingskanaal
- e. Het stijgende ontladingskanaal
- f. Beide ontladingskanalen

**Hoeveel mentale inspanning kostte het je om deze 17 vragen te beantwoorden?**

heel weinig      1      2      3      4      5      6      7      8      9      heel veel

-----EINDE EXPERIMENT-----