



Universiteit  
Leiden  
The Netherlands

## Limitations in dual-task performance

Pannebakker, M.M.

### Citation

Pannebakker, M. M. (2009, December 3). *Limitations in dual-task performance*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/14475>

Version: Not Applicable (or Unknown)

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/14475>

**Note:** To cite this publication please use the final published version (if applicable).

# **Appendix A**

## **Summary in Dutch (Samenvatting)**

In onze hersenen vinden verschillende processen plaats, zoals bijvoorbeeld het reguleren van autonome activiteiten als ademen, coördinatie van bewegingen, maar ook perceptie (zien, horen) en zogenaamde hogere hersenprocessen als taal, plannen, en geheugen. Het werkgeheugen is onderdeel van het geheugen en heeft als functie het onderhouden en het actief verwerken van informatie. Het wordt geactiveerd als informatie relevant is voor een bepaalde situatie of taak. Het wordt ook gebruikt bij processen als het ophalen, bewerken en het combineren van informatie. Werkgeheugen heeft een beperkte capaciteit, wat tot uiting komt bij overbelasting, bijvoorbeeld bij het onthouden van een lange boodschappenlijst, of bij het doen van meerdere taken tegelijkertijd (multitasken) waarbij we snel dingen vergeten. Bij de bestudering van het werkgeheugen maken we gebruik van een systematische overbelasting van het werkgeheugen om zo de invloed op prestatie te onderzoeken. In het onderzoek dat ten grondslag ligt aan dit proefschrift wordt het werkgeheugen overbelast door twee taken tegelijkertijd uit te voeren.

Het doen van twee dingen tegelijkertijd ofwel het uitvoeren van een dubbeltaak is iets wat we iedere dag doen, bijvoorbeeld wanneer we autorijden en tegelijkertijd 'handsfree' bellen. Dit is relatief makkelijk als het bellen gebeurt op een lege snelweg, maar een stuk moeilijker op een drukke rotonde. Een omgeving waar weinig gebeurt, zoals thuis op de bank, is de makkelijkste manier om iemand te bellen. Twee dingen tegelijkertijd doen kost altijd meer tijd dan één ding tegelijk doen (bv. Bertelson, 1967; Gottsdanker, Broadbent, & Van Sant, 1963) omdat het werkgeheugen beperkt is. De vertraging die optreedt wanneer je twee taken tegelijkertijd uitvoert hangt niet alleen af van de moeilijkheid van de taak, maar ook van de combinatie van verschillende taken (bv. Hommel, 1998; Logan & Schulkind, 2000). De oorzaak van deze vertraging, en omstandigheden waaronder de vertraging ontstaat, is nog onduidelijk. Wel is bekend dat deze beperkingen vooral afhangen van aandacht en werkgeheugen.

Veelgebruikte dubbeltaken zijn de psychological refractory period (PRP) taak en de attentional blink (AB) taak. In de PRP taak worden twee stimuli kort na elkaar gepresenteerd; het tijdsinterval tussen beide stimuli wordt gevarieerd. De respons wordt direct gegeven en de reactiesnelheid is belangrijk. De reactiesnelheid op de eerste stimulus is over het algemeen onafhankelijk van het tijdsinterval tussen stimulus 1 en stimulus 2. De reactietijd op stimulus 2 wordt echter langer als het tijdsinterval kleiner wordt. Dit effect wordt het PRP effect genoemd (Pashler, 1994; Welford, 1952) en wordt gebruikt als een maat voor dubbeltaakvertraging. In de AB taak worden twee stimuli gepresenteerd in een reeks van één voor één gepresenteerde distractoren: het aantal distractoren tussen beide stimuli wordt gevarieerd. De responses worden gegeven aan het einde van een trial en alleen de proportie correct wordt gemeten;

reactietijd is niet belangrijk op deze taak. De prestatie op beide stimuli is over het algemeen vrij goed, behalve als de tweede stimulus tussen de 100 ms en 500 ms na stimulus 1 wordt gepresenteerd met minimaal één distractor tussen beide stimuli: dan is prestatie slechter. Deze verminderde prestatie wordt de blink – ofwel knipper – genoemd (Raymond, Shapiro, & Arnell, 1992) omdat het net is alsof de aandacht even weg is, net zoals wanneer het zicht even weg is als je met je ogen knippert.

Beperkingen die optreden tijdens het uitvoeren van twee parallele taken kunnen veroorzaakt worden door beperkte capaciteit van het werkgeheugen of door beperkingen in de combinaties van stimuluskenmerken of –processen. Structurele verwerkingsbeperkingen worden veroorzaakt door de beperkte capaciteit, en het onderzoek daarnaar richt zich op de verhouding tussen taakmoeilijkheid (belasting) en de verwerkingscapaciteit. Wanneer meer capaciteit nodig is dan op dat moment beschikbaar, dan wordt bijvoorbeeld het encoderen van informatie vertraagd, wat leidt tot een verlaagde taakprestatie. Theorieën van functionele verwerkingsbeperkingen schrijven de beperking toe aan het conflict dat ontstaat tussen gelijktijdig geactiveerde kenmerken of processen (Hommel, 1998), aan de controle die nodig is (Luria & Meiran, 2005) of aan de strategische opzet tijdens een taak (Meyer & Kieras, 1997a, 1997b). Het is bijvoorbeeld makkelijker om twee taken met helemaal overlappende responsen en kenmerken uit te voeren dan twee taken met gedeeltelijk overlappende responsen en kenmerken. De oorzaak hiervan kan erin liggen dat stimuluskenmerken pas in een nieuwe combinatie verbonden kunnen worden nadat eerder gevormde combinaties van die stimuli zijn ontbonden (Müsseler & Hommel, 1997; Stoet & Hommel, 1999). Eén van de doelen van dit proefschrift was om de bijdrage van deze functionele beperkingen op het verwerken van dubbeltaken te bestuderen.

### **Doel van dit proefschrift**

Eerder onderzoek heeft uitgewezen dat dubbeltaken gebruikt kunnen worden om beperkingen in het werkgeheugen te bestuderen. Verder heeft onderzoek laten zien dat de vertraging die optreedt wanneer twee taken tegelijkertijd worden uitgevoerd, wordt veroorzaakt door structurele verwerkingsbeperkingen. Naast structurele verwerkingsbeperkingen zijn ook enkele functionele verwerkingsbeperkingen vastgesteld. Dit betekent echter niet dat we precies weten waar deze beperkingen vandaan komen. Het algemene doel van dit proefschrift was om de rol van functionele beperkingen in dubbeltaken te onderzoeken, om een beter idee te krijgen van de oorzaak van deze beperkingen en in hoeverre deze gelden. Meer specifiek omschreven is in een dubbeltaak de invloed van compatibiliteit tussen processen op taakprestatie gemeten. Deze compatibiliteit werd onafhankelijk van responscategorie gevarieerd om interferentie van een match in categorieën te

onderscheiden van het effect van procescompatibiliteit (Hoofdstuk 2). Daarnaast is onderzocht in welke mate de beperkingen van verschillende dubbeltaken konden worden toegeschreven aan vergelijkbare mechanismen. Hierbij zijn de individuele werkgeheugen operation span en IQ gemeten en hun samenhang met de individuele dubbeltaakprestatie (Hoofdstuk 3). Vervolgens is de rol van visueel-spatieële aandacht in de verwerking van dubbeltaken onderzocht. De vraag hierbij was of visueel-spatieële aandacht en andere belastende processen onderhevig zijn aan dezelfde capaciteitsbeperking. Daartoe zijn event-related potentials gemeten. Een event-related potential is een elektrische potentiaal geassocieerd met een specifieke gebeurtenis (Luck, 2003). De event-related potential wordt toegepast om het gebruik van visueel-spatieële aandacht te meten en de encoding van deze visueel-spatieële informatie in het visueel korte-termijn geheugen (Hoofdstuk 4). Een laatste doel was de invloed van een extra werkgeheugenbelasting op de verwerking van compatibele processen te meten en om de specifieke locatie van de dubbeltaakvertraging beter te bepalen (hoofdstuk 5). Een samenvatting van de resultaten en de implicaties daarvan wordt hieronder beschreven.

### **Samenvatting van de resultaten**

#### *Compatibiliteit van processen en dubbeltaakvertraging*

Het doel van hoofdstuk 2 was om te onderzoeken of het vermogen om twee stimuli tegelijkertijd te verwerken alleen afhankelijk is van de moeilijkheid van de taak – zoals gesuggereerd in structurele modellen over dubbeltaakbeperkingen (bv. Pashler, 1994; Tombu & Jolicoeur, 2002; 2003) – of dat andere factoren als compatibiliteit tussen taken ook een rol speelt – zoals gesuggereerd in functionele modellen (bv. Hommel, 1998; Logan & Gordon, 2001; Meyer & Kieras, 1997a; 1997b). De invloed van compatibiliteit van processen op de snelheid van de respons werd gemeten in de PRP.

In de dubbeltaak in hoofdstuk 2 werd in beide taken een letter of een cijfer aangeboden. Dit alfanumerieke karakter kon normaal of in spiegelbeeld weergegeven zijn, en kon met de klok mee of tegen de klok in gedraaid staan. De taak voor de proefpersoon was om te beoordelen of de tekens normaal of in spiegelbeeld stonden. Het lukt de proefpersoon alleen om dit te beoordelen door eerst het teken mentaal naar de normale stand te roteren. Als deze tekens allebei normaal of allebei in spiegelbeeld afgebeeld zijn dan matchen zowel de responscategorieën (ze zijn allebei normaal of allebei in spiegelbeeld gepresenteerd) als de processen (beide stimuli draaien via de kortste weg tegen de klok in naar rechtopstaand). Er zijn ook andere combinaties mogelijk: als het ene teken normaal en het andere teken in spiegelbeeld is gepresenteerd, dan is er een mismatch tussen de responscategorieën. Wanneer het

ene teken klokwaarts de snelste weg naar rechtop volgt, en het andere teken tegen de klok in, dan zijn de processen niet compatibel.

Het voornaamste resultaat van dit experiment is facilitatie van de respons op stimulus 1 als de responscategorieën matchen, maar alleen als de bijbehorende processen compatibel zijn. Deze facilitatie van de respons op stimulus 1 bij matchende responscategorieën suggereert dat de reactiesnelheid op een taak niet alleen afhangt van de moeilijkheidsgraad, maar ook van de combinatie van taakprocessen. De compatibiliteit van processen heeft geen gevolgen voor de werkgeheugenbelasting en de moeilijkheid van de taak verschilt dus niet. Dit resultaat gaat in tegen de structurele dubbeltaakmodellen waarin dubbeltaakvertraging alleen wordt verklaard door de taakmoeilijkheid. Het resultaat is een argument vóór functionele dubbeltaakmodellen waarin niet alleen de taakmoeilijkheid maar ook de combinatie van taakkenmerken of – processen van invloed is op taakprestatie.

In het tweede experiment werd de compatibiliteit tussen een proces (mentale rotatietask) van stimulus 1 en een irrelevante, fysieke beweging van stimulus 2 bekeken. De beweging van stimulus 2 rondom stimulus 1 is niet belastend voor het werkgeheugen aangezien de beweging van stimulus 2 irrelevant voor de respons is. Het experiment laat weer facilitatie zien van de respons op stimulus 1 als de responscategorieën matchen, maar alleen als de bijbehorende processen compatibel zijn. Dit suggereert een conflict tussen de richting die het teken in taak 1 via de kortste weg naar rechtop draait en de richting van de fysieke rotatie in taak 2. Omdat de combinatie van een proces (mentale rotatie) met een fysieke beweging geen verschil introduceert in de taakmoeilijkheid, is dit een argument voor functionele beperkingsmodellen.

#### *Overeenkomsten tussen de PRP en de AB*

Het doel in hoofdstuk 3 was om te onderzoeken of de vertraging die optreedt in verschillende dubbeltaken een volledige gezamenlijke functionele basis heeft (Jolicoeur, 1999; Jolicoeur & Dell'Acqua, 1999) of slechts gedeeltelijk (Arnell et al., 2004; Duncan & Arnell, 2002; Wong, 2002). Dit onderzoek kan bijdragen aan een beter begrip van de onderliggende mechanismen van dubbeltaakprocessen. We hebben de samenhang tussen de AB (Raymond et al., 1992) en de PRP (Telford, 1931; Welford, 1952) onderzocht. De vraag hierbij was of de vermindering in prestatie bij de AB en de vertraging in reactiesnelheid bij de PRP een gezamenlijke of een verschillende basis hebben. Naast deze twee taken zijn ook IQ en werkgeheugen operation span (een maat voor de grootte van het actieve gedeelte van het werkgeheugen) gemeten. De samenhang tussen IQ en werkgeheugen operation span met zowel AB en PRP helpt bij het beantwoorden van bovenstaande vraag.

De resultaten laten zien dat een hoge blink in de AB samenhangt met een groot PRP effect. Daarnaast hing een goede prestatie op beide dubbeltaakeffecten (bij AB iets meer) samen met een hoge score op werkgeheugen operation span. Deze twee bevindingen wijzen op een functionele relatie tussen AB en PRP. Correctie voor IQ zorgde voor een kleine reductie van de samenhang zowel tussen de AB en werkgeheugen operation span als tussen de PRP en werkgeheugen operation span. De eerste correlatie bleef bestaan maar de tweede correlatie verdween doordat deze tweede correlatie vóór de correctie al iets zwakker was. Dit suggereert dat werkgeheugen operation span meer gebruikt wordt tijdens de AB dan tijdens de PRP. Een oorzaak hiervan zou het hogere aantal distractoren in de AB kunnen zijn en de noodzaak voor de proefpersonen om deze weg te filteren. Samenvattend is er aan de ene kant bewijs voor een gezamenlijke functionele basis voor de vertraging die optreedt tijdens het uitvoeren van een dubbeltaak. Aan de andere kant laten de resultaten zien dat de werkgeheugen operation span sterker correleert met de AB dan de PRP en dat er nog steeds een deel onverklaarde variantie is.

#### *Het effect van twee niet-responsselectie processen op dubbeltaakvertraging*

In hoofdstuk 4 zijn dubbeltaakprocessen en –beperkingen verder onderzocht, deze keer met behulp van electrofysiologische metingen. In eerder onderzoek is gesuggereerd dat responsselectie de voornaamste oorzaak van de dubbeltaakvertraging is (e.g., Pashler, 1994; Tombu & Jolicoeur, 2003). Resultaten in dit hoofdstuk wijzen er op dat dubbeltaakvertraging ook kan ontstaan bij het uitvoeren van twee processen waarbij géén responsselectie gebruikt wordt. In dit geval werd een vertraging van het verplaatsen van visueel-spatiële aandacht en het arriveren van die informatie in het visueel korte-termijn geheugen van taak 2 door een capaciteitsbeperkend proces (mentale rotatie) in taak 1 gemeten door twee componenten van de event-related potential. Allereerst werd de N2pc gebruikt als maat voor het gebruik van spatiële aandacht. Als tweede werd de sustained posterior contralateral negativity (SPCN) gemeten als maat voor het encoderen van informatie in visueel korte-termijn geheugen. Deze resultaten wijzen er op dat de processen mentale rotatie en visueel-spatiële aandacht - die beiden voorafgaan aan responsselectie - niet tegelijkertijd kunnen plaatsvinden en dat responsselectie niet de enige oorzaak is van dubbeltaakbeperkingen. Verder laten de resultaten zien dat responsselectie, mentale rotatie en visueel-spatiële aandacht waarschijnlijk alledrie een beroep doen op cognitieve controle. De organisatie van cognitieve controle heeft een beperkte capaciteit of zorgt ervoor dat de processen achter elkaar plaatsvinden waardoor er dubbeltaakvertraging optreedt. Deze resultaten kunnen worden verklaard met functionele modellen (bv. Logan & Gordon, 2001; Meyer & Kieras, 1997a; 1997b).

*Compatibiliteit tussen processen, werkgeheugen en dubbeltaakvertraging*

Het doel in hoofdstuk 5 was tweeledig. Allereerst is in experiment 1 de bijdrage van functionele verwerkingsbeperkingen aan dubbeltaakbeperkingen verder onderzocht. Ten tweede is in experiment 2 gespecificeerd welke processen nu precies capaciteitsbeperkend zijn. In experiment 1 werd een extra werkgeheugentaak toegevoegd aan het eerste experiment in hoofdstuk 2 die er op gericht was een substantieel gedeelte van de werkgeheugenruimte in beslag te nemen tijdens de uitvoering van de PRP taak. Het doel was te onderzoeken of deze extra werkgeheugentaak invloed had op de snelheid van de respons op stimulus 1 als de responscategorieën matchten en de processen van taak 1 en taak 2 compatibel waren.

De resultaten laten zien dat alhoewel een aanzienlijk gedeelte van het werkgeheugen inderdaad werd ingenomen door de extra taak, er nog steeds facilitatie was van de respons op stimulus 1 in het geval van een match tussen de responscategorieën en de processen van taak 1 en taak 2 compatibel waren. Dit resultaat suggereert dat de invloed van stimulus 2 processen op de respons op stimulus 1 niet afhankelijk is van werkgeheugenopslag. Het zijn waarschijnlijk niet de processen zelf die worden opgeslagen in het werkgeheugen maar juist de uitkomsten van deze processen zodat deze actief blijven en niet vergeten worden. In het algemeen onderstrepen deze resultaten de noodzaak om een functionele component in dubbeltaak beperkingsmodellen toe te voegen.

In het tweede experiment is de aandacht gericht op de vondst dat een match tussen de responscategorieën de respons op stimulus 1 faciliteert maar alleen bij compatibele processen. De beperking van het tegelijkertijd uitvoeren van twee processen kan liggen in de implementatie of in de uitvoering van een taak. De resultaten laten zien dat het implementeren van verschillende parameters van hetzelfde proces mogelijk is, maar dat de uitvoering daarvan serieel plaatsvindt. Deze uitkomst suggereert dat implementatie geen capaciteitsbeperkingen heeft en geen werkgeheugenruimte inneemt. De capaciteitsbeperking zou veroorzaakt kunnen worden door het actieve gebruik van werkgeheugenruimte door de uitvoeringsprocessen.

**Afsluiting**

De resultaten van de experimenten over dubbeltaken, werkgeheugen en visueel-spatieële aandacht beschreven in dit proefschrift laten het belang zien van een uitleg van dubbeltaakprestaties aan de hand van functionele beperkingen. Allereerst werd aangetoond dat compatibiliteit tussen processen de responsnelheid faciliteert (Hoofdstuk 2). Daarnaast toonde onderzoek in dit proefschrift aan dat de dubbeltaken



PRP en AB capaciteitsbeperkingen een gemeenschappelijke oorsprong hebben. Deze oorsprong wordt gedeeld met werkgeheugen operation span en niet met IQ (Hoofdstuk 3). Tegelijkertijd werd in dit proefschrift aannemelijk gemaakt dat visueel-spatiële aandacht, mentale rotatie en responsselectie waarschijnlijk alledrie een beroep doen op cognitieve controle (Hoofdstuk 4). Als laatste toonde onderzoek in dit proefschrift aan dat de facilitatie tussen processen geen beroep doet op werkgeheugenopslag, en dat deze facilitatieprocessen wel tegelijkertijd geïmplementeerd maar niet tegelijkertijd uitgevoerd kunnen worden (Hoofdstuk 5). Concluderend kunnen beperkingen in het uitvoeren van dubbeltaken ons de grenzen van het werkgeheugen laten zien.

Op een luchtigere toon, als laatste wat advies voor iedereen die te weinig tijd heeft (en wie heeft dat tegenwoordig niet): neem de wijze woorden van Lord Chesterfield (1694-1773) ter harte die zei: *“Er is genoeg tijd in de dag als je alles achter elkaar doet maar er is niet genoeg tijd in een jaar als je twee dingen tegelijk doet”* en beperk jezelf tot het doen van één ding tegelijk!