

GEBRUIKEN MENSEN INFORMATIE UIT HUN OMGEVING? ONTHULLINGEN MET BEHULP VAN DE EYETRACKER

Bachelorproject

Nienke van Tellingen, 1162926
Begeleiders: Prof. dr. Niels Taatgen & MSc Jelmer Borst

Samenvatting: Het doel van dit onderzoek is om uit te zoeken of mensen bij het uitvoeren van meerdere taken tegelijkertijd gebruik maken van de problem state of van aanwijzingen in hun omgeving. Dit onderzoek is gebaseerd op experimenten van Borst, Taatgen en Van Rijn (2010) waarbij proefpersonen tegelijkertijd een aftrektaak en een typtaak moesten uitvoeren. Reactietijden bleken hoger te liggen als beide taken moeilijk waren. Op basis van fMRI-onderzoek van Borst, Taatgen, Stocco en Van Rijn (in preparation), waaruit kwam dat er meer visuele verwerking was als de aftrektaak moeilijk was, voorspellen wij dat er meer oogbewegingen zullen zijn als de aftrektaak moeilijk is. Met behulp van een eyetracker hebben wij de experimenten uitgevoerd en hierbij hebben wij drie varianten van de aftrektaak gepresenteerd. Een variant met twee kolommen, een variant met één kolom en een variant met één kolom met signaal. De reactietijden bleken significant hoger te zijn als beide taken moeilijk waren, maar niet in de variant met één kolom met signaal. Ook maakten proefpersonen significant meer fixaties als de aftrektaak moeilijk was. In de variant met één kolom met signaal waren er minder fixaties als de aftrektaak moeilijk was dan in de andere varianten. Hieruit kan geconcludeerd worden dat mensen gebruik maken van het signaal.

1 Inleiding

Multitasking is een van de meest indrukwekkende aspecten van het menselijk cognitief systeem (Salvucci & Taatgen, 2008). We doen het de hele dag door. We typen een verslag terwijl we naar muziek luisteren, we zetten koffie en praten ondertussen met onze partner en we doen de afwas en zingen tegelijkertijd wat voor ons uit. Sommige taken gaan gemakkelijk samen, zoals de hiervoor genoemde, maar andere taken zijn moeilijk tegelijk te doen, zoals luisteren naar twee verhalen tegelijk. Een uitdaging voor theorieën over multitasking is om te voorspellen wanneer en hoe taken met elkaar interfereren.

Om deze interferentie te onderzoeken zijn er al meerdere artikelen geschreven over multitasking. Hierbij is vooral gekeken naar dynamische taken, zoals autorijden. Dan werd er bijvoorbeeld aan mensen gevraagd om tijdens het rijden in een simulator navigatiegegevens in te voeren in een navigatiesysteem (Salvucci, Taatgen & Kushleyeva, 2006). In dit artikel gaan we kijken naar het serieel uitvoeren van statische taken.

Salvucci en Taatgen (2008) ontwikkelden een theorie van *concurrent multitasking*, *threaded cognition*. Gedachtestromen kunnen worden voorgesteld als *threads* door een aantal beschikbare *resources* in de hersenen. Taken kunnen verschillende cognitieve resources, zoals zicht en gehoor, gebruiken. Deze resources kunnen maar een ding tegelijk doen,

maar er kunnen wel meerdere verschillende resources tegelijk actief zijn. Conflicten kunnen ontstaan als verschillende taken dezelfde cognitieve resource nodig hebben. Ze hebben bijvoorbeeld beide het gehoor nodig of hebben beide een feit nodig uit het declaratieve geheugen, of verschillende taken vereisen aandacht van de centrale procedurele resource. Zolang de verschillende taken niet tegelijkertijd dezelfde resources nodig hebben, zal er volgens de threaded cognition theorie geen interferentie plaatsvinden. Maar zodra twee of meer taken tegelijkertijd dezelfde resource nodig hebben, zal dit de uitvoer van de gecombineerde taak vertragen.

Het experiment dat wij gaan uitvoeren, is gebaseerd op experimenten die zijn uitgevoerd door Borst et al. (2010). In deze experimenten moesten proefpersonen tegelijkertijd een aftreksom oplossen en een tekst invoeren en beide taken konden moeilijk of gemakkelijk zijn. Zoals verwacht waren de reactietijden en het aantal fouten hoger als beide taken moeilijk waren.

Het model dat Borst et al. (2010) gebruikten verklaarde deze resultaten aan de hand van een *problem state bottleneck*. Beide taken vereisen in de moeilijke variant dat de tussentijdse toestand van het probleem, de problem state, wordt bijgehouden. De problem state resource is het deel van het werkgeheugen dat verantwoordelijk is voor het opslaan van tussentijdse informatie bij het uitvoeren van een taak. In het model kost informatie

uit de problem state halen geen tijd, maar er kan maar een informatiedeel tegelijkertijd in zitten en het wisselen van informatie in de problem state kost wel tijd. De twee taken in het experiment zijn geïmplementeerd als twee threads. Beide threads gebruiken de visuele module om de stimuli waar te nemen en de manuele module om de muis en het toetsenbord te bedienen. Verder gebruiken beide threads de problem state als er een moeilijke taak wordt uitgevoerd, omdat de proefpersoon dan moet bijhouden bij welke letter hij is en of hij net wel of niet geleend heeft.

In een vervolgonderzoek is ook gekeken naar een neurale onderbouwing voor deze theorie (Borst et al., in preparation). In dit onderzoek moesten de proefpersonen ook de aftrektaak en de typtaak uitvoeren. Met dit onderzoek vonden de onderzoekers ondersteuning in de hersenen voor de problem state bottleneck. Ook werd door fMRI-scans duidelijk dat er meer visuele verwerking is als de aftrektaak moeilijk is, maar het is nog onduidelijk waarom dit het geval is en waarnaar wordt gekeken door de proefpersonen.

Om te onderzoeken waar de extra visuele verwerking vandaan komt als de aftrektaak moeilijk is, hebben wij in ons onderzoek een eyetracker gebruikt om naar de oogbewegingen van de proefpersonen te kijken. Oogbewegingen kunnen worden verdeeld in twee belangrijke activiteiten, namelijk fixaties en saccades (Land, 2006). Fixaties zijn momenten waarbij de ogen zijn gefixeerd op één punt. Saccades zijn de bewegingen waarbij het oog naar een nieuwe plek in de omgeving gaat. Informatie over de omgeving wordt tijdens fixaties opgenomen (Dodge, 1900). Tijdens saccades wordt er geen informatie opgenomen en vindt er geen visuele verwerking plaats.

In dit onderzoek zijn wij dus geïnteresseerd in fixaties. Wij verwachtten op basis van het onderzoek van Borst et al. (in preparation) dat mensen meer fixaties maken als de aftrektaak moeilijk is.

Uit eerder onderzoek is ook gebleken dat er aanwijzingen uit de omgeving gebruikt worden om een taak uit te voeren. Zo is het voor mensen minder nodig om zelf bij te houden waar ze zijn, dit kunnen ze zien in hun omgeving (Taatgen, 2007). In ons onderzoek hebben we daarom drie varianten van de aftreksom getoond. Een variant waarin één kolom van de som zichtbaar was, een variant met één kolom met een signaal dat aangaf of er net geleend was en een variant met twee kolommen.

Met deze drie varianten hebben we met behulp van de eyetracker gekeken of mensen gebruik maken van de problem state of gebruik maken van de aanwijzingen in hun omgeving, zoals het signaal. Omdat er in de variant met één kolom met signaal in de moeilijke conditie geen problem state nodig is, verwachtten wij dat het aantal oogbewegingen in



Figuur 2.1: Een overzicht van het scherm

deze conditie lager ligt dan in de moeilijke conditie van de andere varianten.

2 Methode

In dit onderzoek hebben wij drie varianten van de aftrektaak uitgevoerd in combinatie met de tekst-invoertaak. Hierbij hebben wij gekeken naar de oogbewegingen die mensen maken tijdens het uitvoeren van de taken. Wij wilden er zo achterkomen of mensen gebruik maken van aanwijzingen uit hun omgeving bij het uitvoeren van deze taken.

2.1 Experimentele apparatuur

De eyetracker die we in dit experiment gebruikten is de EyeLink 1000. Om accurater te kunnen meten gebruikten we een *chin rest*, zodat de proefpersonen hun hoofd niet vrij konden bewegen. Het experiment werd full-screen gepresenteerd op een 20 inch monitor. De breedte van de interface voor de aftreksommen was 7 cm in de varianten met één kolom en 12 cm in de variant met twee kolommen. De breedte van de interface van de tekstinvoer was 9 cm en de ruimte tussen de twee taken was 18 cm in de varianten met één kolom en 13 cm in de variant met twee kolommen. De hoogte van beide interfaces was 6 cm in alle varianten (Figuur 2.1). Deelnemers zaten op een normale afstand van het beeldscherm, ongeveer 75 cm.

2.2 Deelnemers

16 studenten (7 vrouwen; leeftijd: 19 – 28 jaar; gemiddelde leeftijd = 22,7) van de Rijksuniversiteit Groningen namen deel aan dit onderzoek. Zij deden dit vrijwillig. Alle deelnemers hadden goede ogen of droegen een bril of lenzen om hun zicht te corrigeren. Alle deelnemers spraken Nederlands. Ze moesten een informed consent invullen, zoals goedgekeurd door de Ethical Committee Psychology van de Rijksuniversiteit Groningen, voordat ze getest werden.

2.3 Procedure

Gedurende het experiment moesten proefpersonen tegelijkertijd een aftreksom en een tekstinvoer uit-

voeren. De aftreksom werd aan de linkerkant van het scherm gepresenteerd, de tekstinvoertaak aan de rechterkant (Figuur 2.1). De proefpersonen moesten de taken steeds afwisselen.

Elke trial startte met een fixatiekruis gedurende 2 seconden. Daarna kwam er aan de linker- en rechterkant een cirkel tevoorschijn die de moeilijkheidsgraad van beide taken aangaf. Een rode cirkel betekende dat de taak moeilijk was, een groene dat de taak gemakkelijk was. Vervolgens werden de twee interfaces zichtbaar, waarvan alleen de interface van de aftreksommen geactiveerd was, zodat de proefpersonen daar mee moesten beginnen. De proefpersoon trok de eerste twee getallen van elkaar af, klikte met de muis het goede getal aan, waarna deze interface geblokkeerd werd. Nu werd de interface van de tekstinvoer geactiveerd en klikte de proefpersoon met de muis de eerste letter aan. Hierna werd deze interface geblokkeerd en de interface van de aftreksommen weer geactiveerd. Dit ging zo door totdat de proefpersoon aan het eind van de aftreksom en het woord was gekomen. In beide interfaces stond nu hoeveel fouten de proefpersoon had gemaakt en de proefpersoon kon doorgaan naar de volgende trial.

De proefpersonen werden geïnstrueerd om zo snel en accuraat mogelijk te reageren.

2.4 Stimuli

Er waren twee soorten stimuli in dit onderzoek, aftreksommen en woorden van tien letters. De woorden voor de moeilijke conditie kwamen uit de CELEX database (Baayen, Piepenbrock & Van Rijn, 1993). Het waren hoog-frequente Nederlandse tien-letterwoorden, waarbij er gecontroleerd was dat er weinig overeenkomsten waren tussen de woorden. In de gemakkelijke conditie van de tekstinvoertaak zijn deze stimuli ook gebruikt, maar hier waren de letters van de woorden in willekeurige volgorde gezet. Hierbij is er op gecontroleerd dat een letter nooit twee keer direct achter elkaar voorkwam.

De getallen voor de aftreksommen werden willekeurig voor elke deelnemer gegenereerd. Het waren getallen van tien cijfers en hierbij werd er op gecontroleerd dat er niet twee dezelfde getallen onder elkaar stonden.

Bij aftreksommen in de moeilijke conditie moesten proefpersonen zes van de tien keer lenen.

2.5 Design

Het experiment bevatte drie verschillende varianten. In de eerste variant kregen de proefpersonen van elke aftreksom twee kolommen te zien (2.2a). De proefpersonen konden dan zien of ze in de vorige stap hadden moeten lenen, zodat ze niet per se zelf hoefden te onthouden of ze net geleend hadden of niet.

In de tweede variant kregen ze maar één kolom van beide getallen te zien met daaronder ruimte voor het antwoord. Ook was er een signaal aanwezig dat aangaf of er net geleend was (Figuur 2.2b, Figuur 2.2c). In de linkerbovenhoek van de interface van de aftreksommen stond een klein vierkantje en daarin verscheen een uitroepteken als er net geleend was en een streepje als er niet net geleend was.

In de derde variant kregen de proefpersonen weer maar één kolom te zien van beide getallen, maar nu was er geen signaal aanwezig dat aangaf of ze net geleend hadden of niet (Figuur 2.2d). In deze conditie moesten de proefpersonen dit dus zelf onthouden.

De volgorde van de varianten verschilde per proefpersoon. De varianten werden gecounterbalanced over de proefpersonen aangeboden. Voordat er met een nieuwe variant begonnen werd, werd de eye-tracker gekalibreerd.

In elke conditie kon de aftreksom moeilijk of gemakkelijk zijn, net als in de experimenten van Borst et al. (2010). Ook de tekstinvoertaak kon moeilijk of gemakkelijk zijn.

Per variant waren er 16 trials, voorafgegaan door 4 oefentrials, waarbij de aftreksommen geoefend werden in combinatie met de tekstinvoertaak. In totaal waren er tijdens het experimentele blok dus 3 x 20 trials, waarvan er 3 x 4 oefentrials waren.

Voordat het experimentele blok begon, was er een oefenblok. Tijdens het oefenblok werden alle taken apart geoefend.

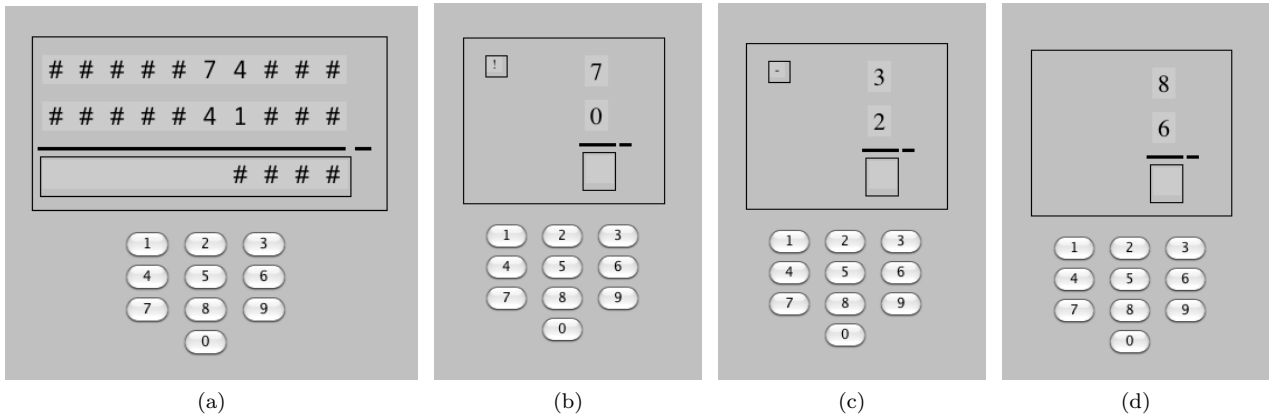
De proefpersonen kregen eerst een blok met vier trials waarbij ze de twee gehele tiencijferige getallen te zien kregen onder elkaar, zodat ze het gevoel bleven houden dat het om een grote som ging. Hiervan waren twee trials gemakkelijk en twee trials moeilijk.

Bij het volgende blok van vier oefentrials kregen de proefpersonen van elk getal twee kolommen te zien. Eerst kregen ze hier twee gemakkelijke trials van en vervolgens twee moeilijke.

Bij het volgende blok van vier oefentrials kregen de proefpersonen maar één kolom van elk getal te zien. Ook hier waren er twee gemakkelijke en twee moeilijke trials.

Bij het volgende blok van vier oefentrials kregen de proefpersonen van elke getal maar één kolom te zien en werd er met een signaal aangegeven of er net geleend was. Van deze trials waren er alleen twee moeilijke trials, want de gemakkelijke trials waren hetzelfde als die van één kolom zonder signaal.

Bij het laatste blok van vier oefentrials werd er geoefend met de tekstinvoer. De proefpersonen oefenden ook hierbij met twee gemakkelijke en twee moeilijke trials.



Figuur 2.2: De verschillende varianten. a: De variant met twee kolommen. b: De variant met één kolom met signaal waarbij het uitroepteken te zien is. c: De variant met één kolom met signaal waarbij het streepje te zien is. d: De variant met één kolom.

3 Resultaten

Alleen de data uit de experimentele blokken zijn geanalyseerd. Bij drie proefpersonen is er een technische fout opgetreden bij het opnemen van de data, deze zijn verwijderd uit de dataset. Outliers in de reactietijden die sneller zijn dan 250 ms of langzamer dan 10000 ms zijn verwijderd. Hierna is de data verwijderd die meer dan drie standaarddeviaties was verwijderd van het gemiddelde per conditie per proefpersoon. In totaal is 1.9% van de data verwijderd. De helft van de gedragsdata is verloren gegaan vanwege technische moeilijkheden in de code. Alle genoemde F en p waarden zijn verkregen door een herhaalde metingen variantieanalyse (ANOVA's). Alle error bars laten standaarderrors zien en effecten zijn significant als ze een significantieniveau bereiken dat kleiner dan of gelijk is aan .05. Eerst worden de gedragsdata besproken, vervolgens de eyetrackingdata.

3.1 Reactietijden

De reactietijden in de aftrektaak zijn gedefinieerd als de tijd tussen het klikken op een letter in de typtaak en het klikken op een getal in de aftrektaak. De eerste respons in elke trial is verwijderd, omdat deze responsen niet overeenkomen met de rest van de taak. Bij de eerste respons in de moeilijke aftrektaak hoeft er nog niet nagedacht te worden of er net geleend is of niet. De reactietijden van de aftrektaak zijn te zien in figuur 3.1a. De moeilijkheid van beide taken staat onder de grafieken, de eerste aanduiding is de moeilijkheid van de aftrektaak, de tweede aanduiding is de moeilijkheid van de typtaak, dus als er hard/easy staat is de aftrektaak moeilijk en de typtaak gemakkelijk.

De drieweginteractie tussen de variant, de moeilijk-

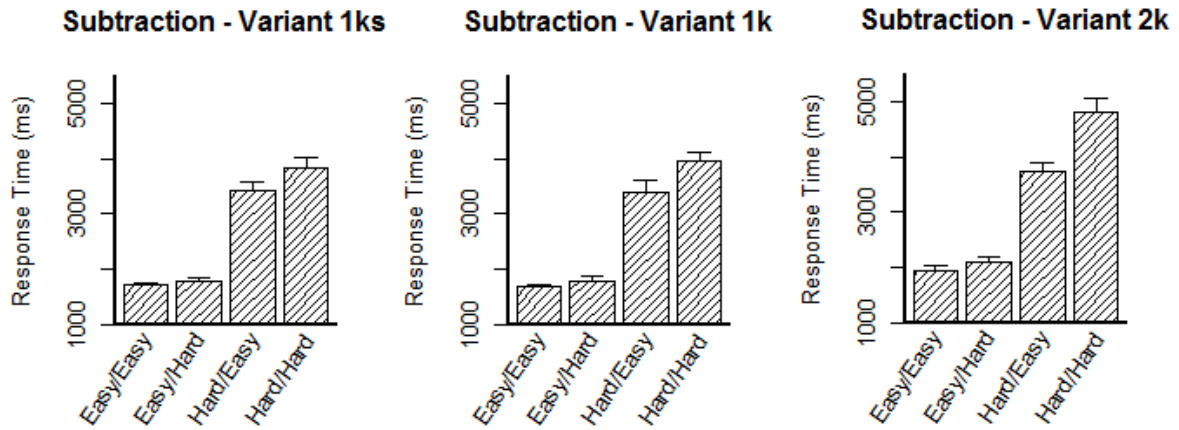
heid van de typtaak en de moeilijkheid van de aftrektaak op de reactietijden van de aftrektaak was net niet significant ($F(2, 24) = 2.9287, p = .07$).

In de variant met één kolom met signaal was het effect van de moeilijkheid van de aftrektaak op de reactietijden van de aftrektaak significant (Tabel 3.1a). Het effect van de moeilijkheid van de typtaak op de reactietijden van de aftrektaak was ook significant. Het interactie-effect van de moeilijkheid van de aftrektaak en de typtaak op de reactietijden van de aftrektaak was niet significant.

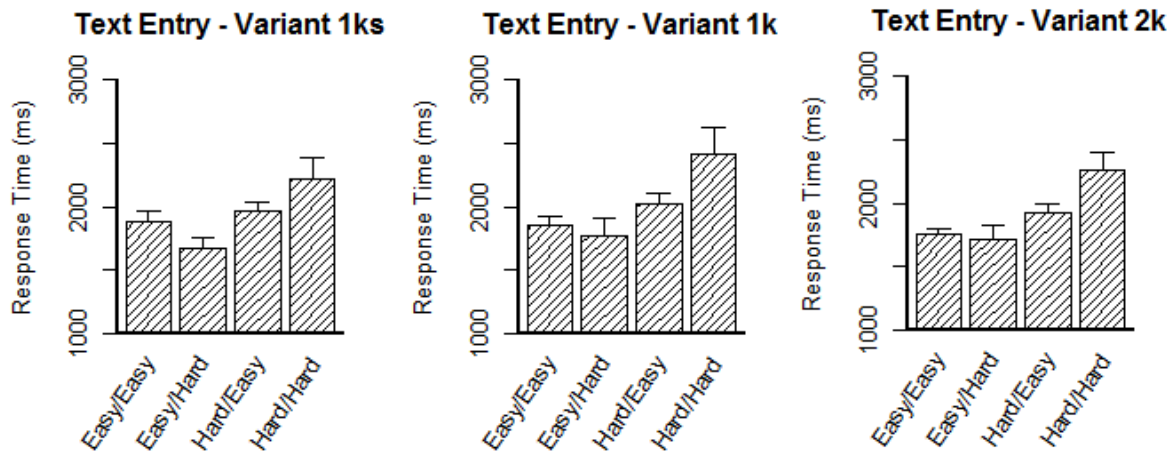
In de variant met één kolom was het effect van de moeilijkheid van de aftrektaak op de reactietijden van de aftrektaak significant (Tabel 3.1b). Het effect van de moeilijkheid van de typtaak op de reactietijden van de aftrektaak was ook significant. Het interactie-effect van de moeilijkheid van de aftrektaak en de typtaak was in deze variant wel significant.

In de variant met twee kolommen was het effect van de moeilijkheid van de aftrektaak op de reactietijden van deze taak significant (Tabel 3.1c). Het effect van de moeilijkheid van de typtaak op de reactietijden van de aftrektaak was ook significant. Het interactie-effect van de moeilijkheid van de aftrektaak en de typtaak was ook hier wel significant.

De reactietijden op de typtaak zijn gedefinieerd als de tijd tussen het invoeren van een getal in de aftrektaak en het klikken op een letter in de typtaak. Hier is ook de eerste respons in elke trial verwijderd, omdat bij de eerste invoer in de moeilijke typtaak het hele woord is te zien. Deze is dus anders dan de andere invoeren in deze taak. De reactietijden op de typtaak zijn te zien in figuur 3.1b. De aanduiding van de moeilijkheid is hetzelfde als bij de reactietijden van de aftrektaak, dus de eerste aanduiding slaat



(a) Aftreksaak/Typtaak



(b) Aftreksaak/Typtaak

Figuur 3.1: Reactietijden op de taken. In de figuren met 1ks zijn de reactietijden van de variant met één kolom met signaal te zien, in de figuur met 1k zijn de reactietijden van de variant met één kolom te zien en in de figuur met 2k zijn de reactietijden van de variant met twee kolommen te zien. De moeilijkheid van de taken wordt onder elke figuur aangegeven. a: De reactietijden op de aftreksaak. b: De reactietijden op de typtaak.

Tabel 3.1: Effecten op de reactietijden van de aftrektaak. a: De effecten in de variant met één kolom met signaal. b: De effecten in de variant met één kolom. c: De effecten in de variant met twee kolommen.

(a)

één kolom met signaal		
moeilijkheid aftrektaak	$F(1, 12) = 140.31$	$p < .001$
moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 6.7753$	$p = .03$
moeilijkheid aftrektaak en moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 2, 5338$	$p = .14$

(b)

één kolom		
moeilijkheid aftrektaak	$F(1, 12) = 116.63$	$p < .001$
moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 23.447$	$p = .03$
moeilijkheid aftrektaak en moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 5.8012$	$p = .03$

(c)

twee kolommen		
moeilijkheid aftrektaak	$F(1, 12) = 145.03$	$p < .001$
moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 21.320$	$p < .001$
moeilijkheid aftrektaak en moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 19.185$	$p < .001$

Tabel 3.2: Effecten op de reactietijden van de typtaak. a: De effecten in de variant met één kolom met signaal. b: De effecten in de variant met één kolom. c: De effecten in de variant met twee kolommen.

(a)

één kolom met signaal		
moeilijkheid aftrektaak	$F(1, 12) = 22.27$	$p < .001$
moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 0.1009$	$p = .7562$
moeilijkheid aftrektaak en moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 12.767$	$p = .004$

(b)

één kolom		
moeilijkheid aftrektaak	$F(1, 12) = 23.286$	$p < .001$
moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 3.495$	$p = .09$
moeilijkheid aftrektaak en moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 11.135$	$p = .006$

(c)

twee kolommen		
moeilijkheid aftrektaak	$F(1, 12) = 18.935$	$p < .001$
moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 3.4161$	$p = .09$
moeilijkheid aftrektaak en moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 6.3204$	$p = .03$

steeds op de moeilijkheid van de aftrektaak en de tweede aanduiding slaat op de moeilijkheid van de typtaak.

De drieweginteractie van de variant, de moeilijkheid van de aftrektaak en de moeilijkheid van de typtaak op de reactietijden van de typtaak was niet significant ($F(2, 24) = 0.5312, p = .59$). In de variant met één kolom met signaal was het effect van de moeilijkheid van de aftrektaak op de reactietijden van de typtaak significant (Tabel 3.2a). Het effect van de moeilijkheid van de typtaak op deze reactietijden was niet significant. Het interactie-effect van de moeilijkheid van de aftrektaak en de moeilijkheid van de typtaak op de reactietijden van de typtaak was significant.

In de variant met één kolom was het effect van de moeilijkheid van de aftrektaak op de reactietijden van de typtaak significant (Tabel 3.2b). Het effect van de moeilijkheid van de typtaak op de reactietijden van de typtaak was niet significant. Het interactie-effect van de moeilijkheid van de typtaak en de moeilijkheid van de aftrektaak was wel significant.

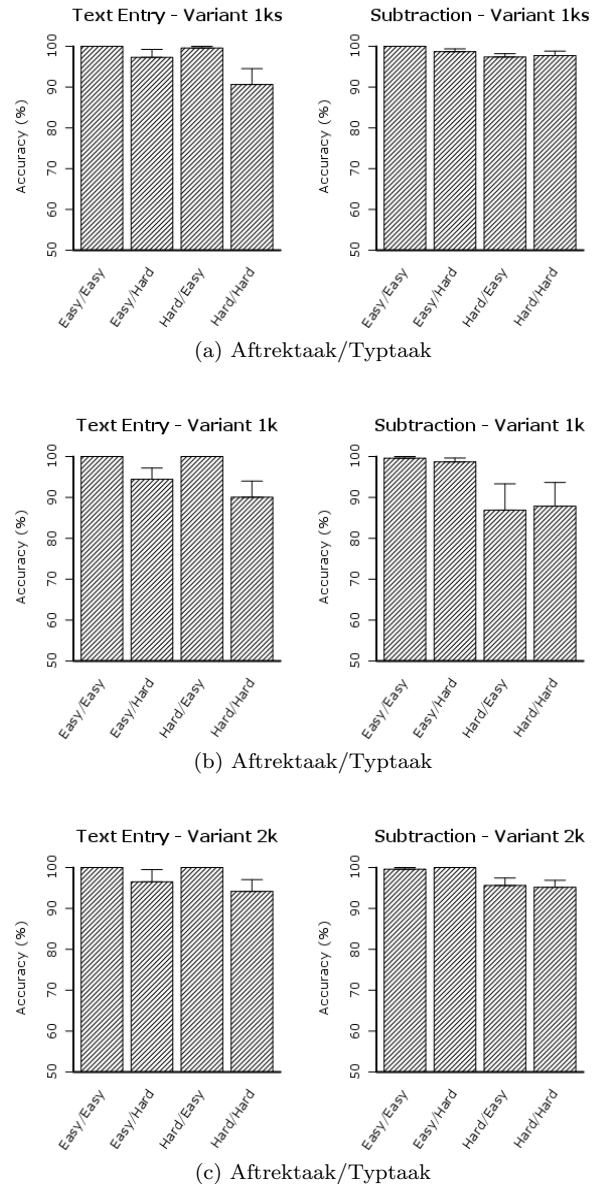
In de variant met twee kolommen was het effect van de moeilijkheid van de aftrektaak op de reactietijden van de typtaak significant (Tabel 3.2c). Het effect van de moeilijkheid van de typtaak op de reactietijden van de typtaak was niet significant. Het interactie-effect van de moeilijkheid van de typtaak en de moeilijkheid van de aftrektaak op de reactietijden van de typtaak was significant.

3.2 Accuraatheid

De figuren 3.2a, 3.2b en 3.2c laten zien hoe accuraat de proefpersonen de aftrektaak en de typtaak hebben uitgevoerd in de verschillende varianten. De figuren laten het percentage correct ingevoerde getallen en het percentage correct ingevoerde letters zien per variant. De moeilijkheid van beide taken staat onder de grafieken. De eerste aanduiding is de moeilijkheid van de aftrektaak, de tweede aanduiding is de moeilijkheid van de typtaak.

De drieweginteractie van de variant, de moeilijkheid van de typtaak en de moeilijkheid van de aftrektaak op de accuraatheid van de aftrektaak was niet significant ($F(2, 24) = 1.5747, p = .23$).

In de variant met één kolom met signaal was het effect van de moeilijkheid van de aftrektaak op de accuraatheid van de aftrektaak significant (Tabel 3.3a). Het effect van de moeilijkheid van de typtaak op de accuraatheid van de aftrektaak was niet significant. Het interactie-effect van de moeilijkheid van de typtaak en de moeilijkheid van de aftrektaak op de accuraatheid van de aftrektaak was niet significant.



Figuur 3.2: Accuraatheid van de taken. De moeilijkheid van de taken wordt onder elke figuur aangegeven. a: In de figuur met 1ks is de accuraatheid van de variant met één kolom met signaal te zien. b: In de figuur met 1k is de accuraatheid van de variant met één kolom te zien. c: In de figuur met 2k is de accuraatheid van de variant met twee kolommen te zien.

In de variant met één kolom liet het effect van de moeilijkheid van de aftreksom op de accuraatheid van de aftrektaak een trend richting significantie zien (Tabel 3.3b). De moeilijkheid van de typtaak had geen invloed op de accuraatheid van de aftrektaak en er was ook geen interactie-effect van de moeilijkheid van de typtaak en de moeilijkheid van de aftrektaak op de accuraatheid van de aftrektaak.

In de variant met twee kolommen was het effect

Tabel 3.3: Effecten op de accuraatheid van de aftrektaak. a: De effecten in de variant met één kolom met signaal. b: De effecten in de variant met één kolom. c: De effecten in de variant met twee kolommen.

(a)

één kolom met signaal		
moeilijkheid aftrektaak	$F(1, 12) = 5.2903$	$p = .04$
moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 0.2033$	$p = .6601$
moeilijkheid aftrektaak en moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 2.1413$	$p = .1691$

(b)

één kolom		
moeilijkheid aftrektaak	$F(1, 12) = 4.5972$	$p < .0532$
moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 0.023$	$p = .882$
moeilijkheid aftrektaak en moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 1.1561$	$p = .3034$

(c)

twee kolommen		
moeilijkheid aftrektaak	$F(1, 12) = 11.336$	$p = .006$
moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) < 0.001$	$p = .98$
moeilijkheid aftrektaak en moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 0.6256$	$p = .4443$

Tabel 3.4: Effecten op de accuraatheid van de typtaak. a: De effecten in de variant met één kolom met signaal. b: De effecten in de variant met één kolom. c: De effecten in de variant met twee kolommen.

(a)

één kolom met signaal		
moeilijkheid aftrektaak	$F(1, 12) = 2.8668$	$p = .12$
moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 6.3907$	$p = .03$
moeilijkheid aftrektaak en moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 1.427$	$p = .26$

(b)

één kolom		
moeilijkheid aftrektaak	$F(1, 12) = 0.7478$	$p = .4$
moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 13.845$	$p = .003$
moeilijkheid aftrektaak en moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 0.7478$	$p = .4$

(c)

één kolom met signaal		
moeilijkheid aftrektaak	$F(1, 12) = 0.4928$	$p = .5$
moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 8.4776$	$p = .01$
moeilijkheid aftrektaak en moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 0.4928$	$p = .5$

van de moeilijkheid van de aftreктаak op de accurateheid van de aftreктаak significant (Tabel 3.3c). Het effect van de moeilijkheid van de typtaak op de accurateheid van de aftreктаak was niet significant. Het interactie-effect van de moeilijkheid van de typtaak en de moeilijkheid van de aftreктаak op de accurateheid van de aftreктаak was niet significant.

De drieweginteractie van de variant, de moeilijkheid van de typtaak en de moeilijkheid van de aftreктаak op de accurateheid van de typtaak was niet significant ($F(2, 24) = 0.0538, p = .95$).

In de variant met één kolom met signaal was het effect van de moeilijkheid van de aftreктаak op de accurateheid van de typtaak niet significant (Tabel 3.4a). Het effect van de moeilijkheid van de typtaak op de accurateheid van de typtaak was significant. Het interactie-effect tussen de moeilijkheid van de typtaak en de moeilijkheid van de aftreктаak op de accurateheid van de typtaak was niet significant.

In de variant met één kolom had de moeilijkheid van de aftreksommen geen significant effect op de accurateheid van de typtaak (Tabel 3.4b). De moeilijkheid van de typtaak had wel een significant effect op de accurateheid van de typtaak. Er was geen significant interactie-effect van de moeilijkheid van de typtaak en de moeilijkheid van de aftreктаak op de accurateheid van de typtaak. In de variant met twee kolommen was het effect van de moeilijkheid van de aftreктаak op de accurateheid van de typtaak niet significant (Tabel 3.4c). Het effect van de moeilijkheid van de typtaak op de accurateheid van de typtaak was significant. Het interactie-effect tussen de moeilijkheid van de typtaak en de moeilijkheid van de aftreктаak op de accurateheid van de typtaak was niet significant.

3.3 Eyetrackingdata

In figuur 3.3a is het aantal fixaties in de variant met één kolom met signaal te zien, in figuur 3.3b is het aantal fixaties in de variant met één kolom te zien en in figuur 3.3c is het aantal fixaties in de variant met twee kolommen te zien. De moeilijkheid van beide taken staat onder elke staaf aangegeven. De eerste aanduiding is de moeilijkheid van de aftreктаak, de tweede aanduiding is de moeilijkheid van de typtaak.

De drieweginteractie van de variant, de moeilijkheid van de typtaak en de moeilijkheid van de aftreктаak op het aantal fixaties was significant ($F(2, 24) = 5.4594, p = .0111$).

In de variant met één kolom met signaal was het effect van de moeilijkheid van de aftreктаak op het aantal fixaties significant (Tabel 3.5a). Het effect

van de moeilijkheid van de typtaak op het aantal fixaties was niet significant. Het interactie-effect van de moeilijkheid van de typtaak en de moeilijkheid van de aftreктаak op het aantal fixaties was significant.

In de variant met één kolom was het effect van de moeilijkheid van de aftreктаak op het aantal fixaties significant (Tabel 3.5b). Het effect van de moeilijkheid van de typtaak op het aantal fixaties was niet significant. Het interactie-effect van de moeilijkheid van de aftreктаak en de moeilijkheid van de typtaak op het aantal fixaties was significant.

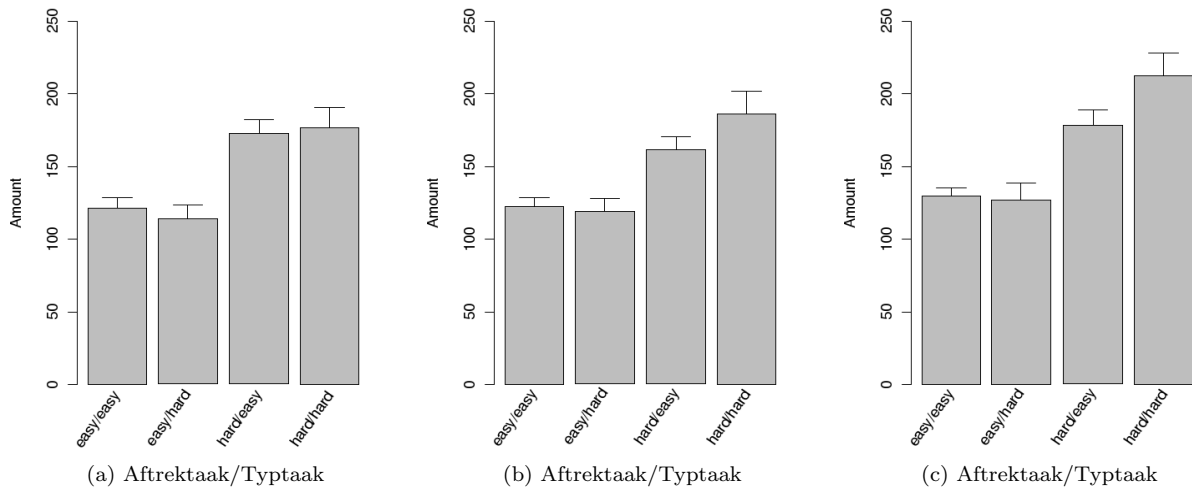
In de variant met twee kolommen was het effect van de moeilijkheid van de aftreктаak op het aantal fixaties significant (Tabel 3.5c). Het effect van de moeilijkheid van de typtaak op het aantal fixaties was ook significant. Het interactie-effect van de moeilijkheid van de aftreктаak en de moeilijkheid van de typtaak op het aantal fixaties was significant.

4 Discussie

Eerst worden de resultaten van de gedragsdata en de eyetrackingdata besproken en met elkaar in verband gebracht. Vervolgens wordt getracht de onderzoeksvraag te beantwoorden: maken mensen gebruik van de problem state of van aanwijzingen in hun omgeving, zoals het signaal? Omdat er in de variant met één kolom met signaal in de moeilijke conditie geen problem state nodig is, verwachtten wij dat het aantal oogbewegingen hier lager ligt dan in de moeilijke conditie van de andere varianten.

4.1 Resultaten gedragsdata

De resultaten van de experimenten van Borst et al. (2010) lieten zien dat als beide taken moeilijk waren, de reactietijden van de proefpersonen hoger werden. Hun experiment lijkt het meest op onze variant met één kolom en ook in ons experiment is te zien dat er een significant interactie-effect te zien was van de moeilijkheid van de aftreктаak en de moeilijkheid van de typtaak op de reactietijden van de aftreктаak. Als beide taken moeilijk zijn nemen de reactietijden dus significant toe. Ook in de variant met twee kolommen is dit interactie-effect te zien, maar in de variant met één kolom met signaal valt dit interactie-effect weg. Dit duidt erop dat de proefpersonen gebruik maken van het signaal dat op het scherm staat. Hierdoor is het als de aftreктаak moeilijk is niet meer nodig om een tussentijds antwoord op te slaan in de problem state en worden de reactietijden lager. Toch is de drieweginteractie tussen de variant, de



Figuur 3.3: Het aantal fixaties in de verschillende varianten. De moeilijkheid van de taken staat onder elke figuur aangegeven. a: Het aantal fixaties in de variant met één kolom met signaal. b: Het aantal fixaties in de variant met één kolom. c: Het aantal fixaties in de variant met twee kolommen.

Tabel 3.5: Effecten op het aantal fixaties. a: De effecten in de variant met één kolom met signaal. b: De effecten in de variant met één kolom. c: De effecten in de variant met twee kolommen.

(a)		
één kolom met signaal		
moeilijkheid aftreksaak	$F(1, 12) = 97.631$	$p < .001$
moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 0.2119$	$p = .65$
moeilijkheid aftreksaak en moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 6.1947$	$p = .03$

(b)		
één kolom		
moeilijkheid aftreksaak	$F(1, 12) = 40.135$	$p < .001$
moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 2.7056$	$p = .13$
moeilijkheid aftreksaak en moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 12.286$	$p = .005$

(c)		
twee kolommen		
moeilijkheid aftreksaak	$F(1, 12) = 111.13$	$p < .001$
moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 4.7792$	$p = .05$
moeilijkheid aftreksaak en moeilijkheid typtaak	$F(1, 12) = 30.318$	$p < .001$

moelijkheid van de typtaak en de moelijkheid van de aftrektaak op de reactietijden van de aftrektaak niet significant en dit duidt erop dat er geen significant verschil is tussen de verschillende varianten wat betreft het interactie-effect van de moelijkheid van de typtaak en de moelijkheid van de aftrektaak op de reactietijden van de aftrektaak. Deze drieweginteractie laat echter wel een trend zien richting significantie, met een significantieniveau van .07, dus wij verwachten dat met meer data deze interactie wel gevonden wordt. In dit onderzoek hadden wij maar dertien proefpersonen, waarvan ook nog eens de helft van de gedragsdata miste. Het interactie-effect van de variant en de moelijkheid van de aftrektaak op de reactietijden van de aftrektaak is wel significant. Er zijn dus wel significante verschillen tussen de varianten wat betreft de reactietijden op de aftrektaak.

Aan de reactietijden van de typtaak is ook te zien dat deze in elke variant significant toenemen als beide taken moeilijk zijn. Voor alle varianten geldt dat het interactie-effect van de moelijkheid van de typtaak en de moelijkheid van de aftrektaak op de reactietijden van de typtaak significant is. Dit betekent dat de reactietijden op de typtaak significant hoger liggen wanneer beide taken moeilijk zijn. Er is geen significant verschil in de reactietijden op de typtaak tussen de varianten. Maar de typtaak verandert ook niet, die is in elke variant hetzelfde.

4.2 Resultaten eyetrackingdata

In de figuren 4.1a, 4.1b en 4.1c is van drie proefpersonen in scatterplots te zien waar ze keken tijdens het uitvoeren de taken tijdens de verschillende varianten. In figuur 4.1a, waar de scatterplot van één kolom met signaal is afgebeeld, is duidelijk een uitstulping te zien waar het signaal was afgebeeld. De scatterplot van de variant met twee kolommen (4.1c) laat een bredere range zien van waar gekeken is naar de aftreksom dan de scatterplot van de variant met één kolom (4.1b). Deze scatterplots zijn gemaakt over slechts drie proefpersonen, omdat de plots erg onoverzichtelijk worden als ze gemaakt worden over alle proefpersonen, vanwege verschuivingen in de data.

De resultaten van Borst et al. (in preparation) lieten zien dat er meer visuele verwerking was als de aftrektaak moeilijk was. Met de eyetracker hebben wij gekeken of er inderdaad meer fixaties worden gemaakt als de aftrektaak moeilijk is. De variant met een kolom lijkt het meest op het experiment van Borst et al. (in preparation) en in deze variant is het effect van de moelijkheid van de typtaak op het aantal fixaties significant. Als de aftrektaak

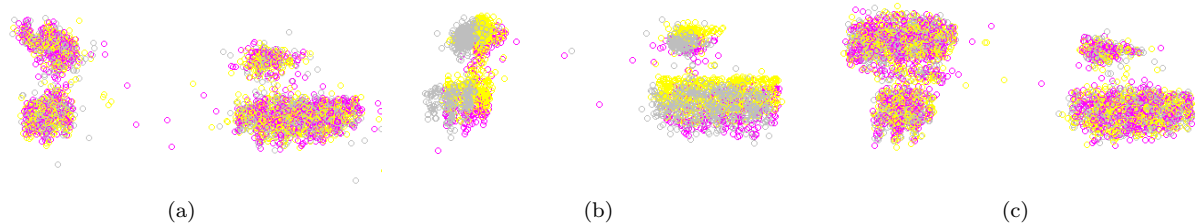
moelijk is, worden er dus significant meer fixaties gemaakt. Ook in de variant met één kolom met signaal en de variant met twee kolommen worden er significant meer fixaties gemaakt als de aftrektaak moeilijk is.

De drieweginteractie tussen de variant, de moelijkheid van de typtaak en de moelijkheid van de aftrektaak is ook significant. Ook de interactie van de moelijkheid van de aftrektaak en de variant is significant. Er is dus wel een verschil tussen de varianten in het aantal fixaties. In de variant met twee kolommen worden er meer fixaties gemaakt dan in de andere varianten. Dit zou kunnen komen doordat er in deze variant twee berekeningen gedaan kunnen worden per keer. Eerst moet er berekend worden of er in de vorige stap geleend is, vervolgens moet de berekening zelf nog gedaan worden.

Het aantal fixaties in de variant met één kolom met signaal lijkt in het plaatje iets lager te zijn dan het aantal fixaties in de variant met één kolom. Er is nog niet gekeken of dit verschil significant is, maar het lijkt erop van niet. Misschien met meer data wel. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat een deel van de proefpersonen wel naar het signaal kijkt en een ander deel niet. De proefpersonen die het signaal niet gebruiken, maken het verschil tussen beide varianten minder groot. Als we alleen de proefpersonen bekijken die het signaal daadwerkelijk gebruikt hebben, zou het aantal fixaties in de variant met één kolom met signaal best wel eens significant lager kunnen liggen dan in de variant met één kolom. Dit is iets waar nog naar gekeken moet worden. Het effect van variant op het aantal fixaties is wel significant.

Een andere verklaring is dat het signaal zo'n duidelijke aanwijzing is, dat de aftreksom daardoor gemakkelijker wordt. Om hier meer over te kunnen zeggen, zal er eerst gekeken moeten worden naar de plaatsen op het scherm waar de fixaties gedaan worden.

De resultaten van Taatgen (2007) laten zien dat mensen gebruik maken van aanwijzingen uit hun omgeving bij het uitvoeren van taken. In figuur 3.1a is te zien dat de reactietijden op de aftrektaak in de variant met één kolom met signaal iets lager zijn dan de reactietijden in de variant met één kolom zonder het signaal. Dit wijst erop dat mensen gebruik maken van het signaal en daardoor sneller de aftreksom kunnen oplossen. In de variant met twee kolommen neemt de reactietijd op de aftrektaak daarentegen juist toe. Dit zou kunnen komen door de extra berekening die de proefpersonen hier moeten maken, die in de variant met één kolom met signaal niet gemaakt hoeft te worden, omdat het signaal zo'n duidelijke aanwijzing is. De aanwijzing in de variant met twee kolommen kost dus juist extra tijd. Proefpersonen maken in de



Figuur 4.1: Scatterplots van de verschillende varianten. a: Scatterplot van de variant met één kolom met signaal. b: Scatterplot van de variant met één kolom. c: Scatterplot van de variant met twee kolommen.

variant met één kolom met signaal niet significant minder fouten dan in de andere varianten. Het gebruik maken van aanwijzingen uit de omgeving heeft blijkbaar alleen invloed op de reactietijden, niet op het aantal fouten dat proefpersonen maken. In de variant met één kolom zien we het effect dat Borst et al. (2010) vonden, het interactie-effect van de moeilijkheid van de taken, dus ook. In de variant met twee kolommen neemt dit effect zelfs toe, maar in de variant met één kolom met signaal neemt het iets af ten opzichte van de variant met één kolom. Deze verschillen kunnen we bekijken aan de hand van de eyetrackingdata.

In de variant met één kolom met signaal is er nauwelijks een verschil te zien in het aantal fixaties tussen de hard/easy en hard/hard conditie. In de variant met één kolom en de variant met twee kolommen is het aantal fixaties in de hard/hard conditie wel groter dan de fixaties in de hard/easy conditie. Er is een significante drieweginteractie te zien van de variant, de moeilijkheid van de typtaak en de moeilijkheid van de aftrektaak. Deze significante drieweginteractie betekent dat de tweeweginteractie van de moeilijkheid van de typtaak en de moeilijkheid van de aftrektaak verschilt per variant. De variant met één kolom met signaal verschilt duidelijk van de andere varianten in het aantal fixaties. Hieruit kan geconcludeerd worden dat het signaal gebruikt wordt.

4.3 Conclusie

De vraag die aan het begin van dit artikel werd gesteld luidde als volgt: “Maken mensen gebruik van de problem state of maken ze gebruik van de aanwijzingen in hun omgeving, zoals het signaal, als dit mogelijk is?”

Deze vraag kan op dit moment gedeeltelijk beantwoord worden. Het aantal fixaties hebben we alleen bekeken voor het gehele scherm, nog niet voor de regions of interest. Maar het aantal fixaties verdeeld over het gehele scherm laat wel zien dat er significant meer fixaties worden gemaakt als beide taken moeilijk zijn. Er is dus een verschil in het aantal fixaties tussen moeilijke en gemakkelijke ta-

ken. We hebben al wel gekeken naar de fixaties aan alleen de linkerkant van het scherm (de kant van de aftrektaak) en deze vertonen hetzelfde patroon als de fixaties op het gehele scherm. Dit wijst erop dat de extra fixaties die gemaakt worden veroorzaakt worden door de aftrektaak, maar hier hebben we nog geen statistische analyse van gemaakt.

Het lijkt er inderdaad op dat mensen gebruik maken van aanwijzingen in hun omgeving. De reactietijden in de aftrektaak in de variant met één kolom met signaal zijn lager dan de reactietijden in de variant met één kolom zonder signaal. De aftreksom wordt dus sneller opgelost als er een signaal aanwezig is dat aangeeft of er net geleend is. Dit duidt erop dat er gebruikt wordt gemaakt van het signaal. Ook verschilt de variant met één kolom met signaal van de andere varianten in het aantal fixaties dat er gemaakt wordt. Dit duidt er ook op dat het signaal gebruikt wordt.

4.4 Beperkingen

Een beperking van dit onderzoek is dat een deel van de data verloren is gegaan door technische moeilijkheden. Met meer data kunnen er misschien meer significante resultaten gevonden worden.

Wat ook kan meespelen is dat dualtasking meestal niet zo gecontroleerd is als het in ons experiment werd aangeboden. Je wordt nu niet gestoord en er wordt voor je bepaald welke taak je op welk moment moet doen.

4.5 Suggesties voor vervolgonderzoek

Er zal nog gekeken moeten worden naar het aantal fixaties in de regions of interest op het scherm. Er kan hierbij eerst een onderscheid worden gemaakt tussen het aantal fixaties aan de linkerkant van het scherm en het aantal fixaties aan de rechterkant van het scherm, omdat dan het aantal fixaties in de typtaak en het aantal fixaties in de aftrektaak wordt verkregen. We hebben al wel gekeken naar de fixaties aan de linkerkant van het scherm, maar hier moet nog een statistische analyse over gedaan

worden. Er zal ook gekeken kunnen worden naar de lengte van de fixaties in verschillende delen van het scherm.

Een aantal resultaten in dit onderzoek zijn net niet significant. We zouden het experiment nog bij meer proefpersonen kunnen uitvoeren om te zien of de resultaten dan misschien wel significant zijn. Juist omdat een deel van de data verloren is gegaan door technische moeilijkheden.

Een suggestie voor vervolgonderzoek is om dit onderzoek uit te voeren met proefpersonen die een betere subset zijn van de bevolking, zodat de resultaten ook gegeneraliseerd kunnen worden.

Voor een vervolgonderzoek zou er een taak kunnen worden bedacht die zich afspeelt in de buitenwereld en dus niet alleen in een afgesloten experimenteer-ruimte.

Referenties

- Baayen, R., Piepenbrock, R. & Van Rijn, H. (1993). *The celex lexical database*. [CD-ROM]. Philadelphia, PA: University of Pennsylvania, Linguistic Data Consortium.
- Borst, J. P., Taatgen, N. A., Stocco, A. & Van Rijn, H. (in preparation). The neural correlates of problem states: Testing fmri predictions of a computational model of multitasking.
- Borst, J. P., Taatgen, N. A. & Van Rijn, H. (2010). The problem state: A cognitive bottleneck in multitasking. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 36(2), 363 – 382.
- Dodge, R. (1900). Visual perception during eye movement. *Psychological Review*, 7, 454 – 465.
- Land, M. F. (2006). Eye movements and the control of actions in everyday life. *Progress in Retinal and Eye Research*, 25, 296 – 324.
- Salvucci, D. D. & Taatgen, N. A. (2008). Threaded cognition: An integrated theory of concurrent multitasking. *Psychological Review*, 115(1), 101 – 130.
- Salvucci, D. D., Taatgen, N. A. & Kushleyeva, Y. (2006). Learning when to switch tasks in a dynamic multitasking environment. proceedings of the seventh international conference on cognitive modeling. , 268 – 273.
- Taatgen, N. A. (2007). The minimal control principle. in gray w. (ed.),. *Integrated Models of Cognitive Systems*, 368 – 379.